|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Σχολή Οικονομίας και Διοίκησης**  **Τμήμα Διοίκησης Οργανισμών, Μάρκετινγκ & Τουρισμού** |  |

**Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στη Διοίκηση & ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ**

Διπλωματική Εργασία

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΧΡΗΣΗΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ**

**ΜΑΘΗΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΕΠΑΛ**

του

ΧΑΤΖΟΠΟΥΛΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ

ΤΟΥ ΧΡΗΣΤΟΥ

Επιβλέπων Καθηγητής

Μπάμνιος Γεώργιος

Υποβλήθηκε ως απαιτούμενο για την απόκτηση του μεταπτυχιακού διπλώματος ειδίκευσης στη διοίκηση & οργάνωση εκπαιδευτικών μονάδων

Θεσσαλονίκη, Ιανουάριος 2020



Η παρούσα Διπλωματική Εργασία καλύπτεται στο σύνολό της νομικά από δημόσια άδεια πνευματικών δικαιωμάτων Creative Commons:

Αναφορά Δημιουργού - Μη Εμπορική Χρήση - Παρόμοια Διανομή



**Μπορείτε να:**

* **Μοιραστείτε**: αντιγράψετε και αναδιανέμετε το παρόν υλικό με κάθε μέσο και τρόπο
* **Προσαρμόστε**: αναμείξτε, τροποποιήστε και δημιουργήστε πάνω στο παρόν υλικό

**Υπό τους ακόλουθους όρους:**

* **Αναφορά Δημιουργού**: Θα πρέπει να καταχωρίσετε αναφορά στο δημιουργό, με σύνδεσμο της άδειας, και με αναφορά αν έχουν γίνει αλλαγές. Μπορείτε να το κάνετε αυτό με οποιονδήποτε εύλογο τρόπο, αλλά όχι με τρόπο που να υπονοεί ότι ο δημιουργός αποδέχεται το έργο σας ή τη χρήση που εσείς κάνετε.
* **Μη Εμπορική Χρήση**: Δε μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το υλικό για εμπορικούς σκοπούς.
* **Παρόμοια Διανομή**: Αν αναμείξετε, τροποποιήσετε, ή δημιουργήσετε πάνω στο παρόν υλικό, πρέπει να διανείμετε τις δικές σας συνεισφορές υπό την ίδια άδεια Creative Commons όπως και το πρωτότυπο.

Αναλυτικές πληροφορίες νομικού κώδικα στην ηλεκτρονική διεύθυνση:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode>

**Υπεύθυνη Δήλωση**

Με ατομική μου ευθύνη και γνωρίζοντας τις κυρώσεις που προβλέπονται από τον Κανονισμό Σπουδών του Μεταπτυχιακού Προγράμματος στη Διοίκηση & Οργάνωση Εκπαιδευτικών Μονάδων του Δ, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

* Η παρούσα Διπλωματική Εργασία αποτελεί έργο αποκλειστικά δικής μου δημιουργίας, έρευνας, μελέτης και συγγραφής.
* Για τη συγγραφή της Διπλωματικής μου Εργασίας δεν χρησιμοποίησα ολόκληρο ή μέρος έργου άλλου δημιουργού ή τις ιδέες και αντιλήψεις άλλου δημιουργού χωρίς να γίνεται σαφής αναφορά στην πηγή προέλευσης (βιβλίο, άρθρο από επιστημονικό περιοδικό, ιστοσελίδα κλπ.).

Θεσσαλονίκη, 15 Ιανουαρίου 2020

Ο Δηλών: Χατζόπουλος Δημήτριος

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η εργαστηριακή άσκηση κατέχει κεντρική θέση στην Τεχνική Επαγγελματική Εκπαίδευση. Ο ρόλος της είναι όχι μόνο να διδάξει στους μαθητές τις απαραίτητες τεχνικές δεξιότητες, αλλά και να τους βοηθήσει να εμπεδώσουν τις θεωρητικές αρχές στις οποίες βασίζεται η ειδικότητά τους.

Παράλληλα με την εκτέλεση των ασκήσεων με τον κλασσικό - μέσα σε φυσικά εργαστήρια - τρόπο, ο οποίος δε μπορεί, ούτε και πρέπει, να εγκαταλειφτεί, η χρήση προσομοιώσεων μπορεί να απαλλάξει διδασκόμενους και διδάσκοντες από χρονοβόρες προετοιμασίες και ελέγχους της εκτελούμενης άσκησης και να τους επιτρέψει να εστιάσουν την προσοχή τους στην επίτευξη των υπόλοιπων διδακτικών στόχων. Στην περίπτωση ιδιαίτερα των εργαστηριακών μαθημάτων του Τομέα Ηλεκτρολογίας, Ηλεκτρονικών και Αυτοματισμού των ΕΠΑΛ, ορισμένα από τα διαθέσιμα λογισμικά προσομοίωσης αποτελούν πλήρη εικονικά εργαστήρια και προσφέρονται απόλυτα για την εκπλήρωση του παραπάνω ρόλου.

Στη δευτεροβάθμια τεχνική και επαγγελματική εκπαίδευση της χώρας μας δεν υποστηρίζεται επισήμως η υποκατάσταση του κλασσικού εργαστηρίου από αντίστοιχο προσόμοιο, παρόλο που κατά περιπτώσεις προτείνεται να γίνεται, με πρωτοβουλία του διδάσκοντα, κάτι τέτοιο. Έτσι δεν υπάρχει συσσωρευμένη εμπειρία πάνω στο θέμα και ούτε έχει γίνει κάποια έρευνα που να εξετάζει την επίδραση της χρήσης των προσομοιωτών στα μαθησιακά αποτελέσματα. Για την κάλυψη αυτού του κενού έγινε στην παρούσα εργασία, ως πρώτο βήμα, μια προσπάθεια να καταγραφεί η άποψη των μαθητών για τη χρησιμότητα, την ευκολία χρήσης, την ευκολία εκμάθησης και την ικανοποίηση που προσφέρει η χρήση ενός προσομοιωτή στην υποκατάσταση ενός ηλεκτρονικού – ηλεκτρολογικού εργαστηρίου.

Η έρευνα έγινε με την ανώνυμη συμπλήρωση ερωτηματολογίων κλειστού τύπου, τα οποία διανεμήθηκαν σε πέντε διαφορετικά τμήματα μαθητών, που φοιτούσαν σε τρία διαφορετικά ΕΠΑΛ, με δύο διαφορετικούς τομείς και τρεις διαφορετικές ειδικότητες. Τα ερωτηματολόγια προήλθαν από την προσαρμογή ενός τυποποιημένου ερωτηματολογίου αξιολόγησης της ευχρηστίας λογισμικών, βασισμένου στην κλίμακα Likert.

Η επεξεργασία των απαντήσεων αποκάλυψε μια στάση σε μεγάλο βαθμό θετική προς τη χρήση προσομοιώσεων, ανεξαρτήτως της τάξης, του τομέα, της ειδικότητας, της κοινωνικής προέλευσης ή της σχολικής επίδοσης των συμμετεχόντων.

**ABSTRACT**

Laboratory exercises play an important role in any Vocational Education curriculum. They aim not only to assist the establishment of necessary technical skills by the students, but also to help them consolidate the main theoretical principles associated with their studies.

While execution of laboratory exercises in the traditional manner – in physical laboratories – is a practice that cannot, and should not be abandoned, the use of simulations can relieve both learners and teachers from time-consuming preparation work and safety checks on the exercises performed, while allowing both parties freedom to focus on the mainstream teaching objectives. Some of the available simulation software on laboratory courses in the electrical, electronics and automation domain comprise complete virtual laboratories, which are absolutely suitable to fulfill the above role.

In the Greek vocational education system, substitution of a traditional laboratory course by a simulated one is not officially mandated nor supported, though it is occasionally suggested that it could be deployed on the teacher's own initiative. Thus, there isn’t enough practical experience accumulated in this domain, nor has there been any research works done, examining the impact of using simulators during the learning process. To remedy this lack of information, an attempt is made by this thesis to record the students' point of view on the usefulness, the ease of use, the ease of learning, and the satisfaction drawn from using simulation software to substitute a physical electronics / electricity laboratory.

A survey was conducted by filling out anonymous, closed-format questionnaires, which were distributed to five different classes of students, who were enrolled in three different secondary-level vocational schools, in two different domains and three different disciplines. The questionnaires were derived from an adaptation of a standard Likert-scale software usability assessment questionnaire.

Processing of the collected responses revealed an attitude largely positive towards the use of simulations, observed regardless of class, domain, discipline, social origin or school performance of the participating students.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

[**ΕΙΣΑΓΩΓΗ** 11](#_Toc30187211)

[**1ο** **ΚΕΦΑΛΑΙΟ :** Οιθεωρίες μάθησης 15](#_Toc30187212)

[1.1. Ιστορική αναδρομή 15](#_Toc30187213)

[1.2. Η Συμπεριφορική προσέγγιση της μάθησης 16](#_Toc30187214)

[1.2.1. Τύποι μάθησης συμβατοί με τη Συμπεριφορική προσέγγιση 17](#_Toc30187215)

[1.3. Η Γνωστική προσέγγιση της μάθησης 17](#_Toc30187216)

[1.3.1. Τύποι μάθησης συμβατοί με τη Γνωστική προσέγγιση 18](#_Toc30187217)

[1.4. Η Εποικοδομητική προσέγγιση της μάθησης 19](#_Toc30187218)

[1.4.1. Τύποι μάθησης συμβατοί με την Εποικοδομητική προσέγγιση 20](#_Toc30187219)

[1.5. Η Θεωρία της Μετασχηματιστικής Μάθησης 21](#_Toc30187220)

[1.5.1. Τύποι μάθησης συμβατοί με τη Μετασχηματιστική μάθηση 22](#_Toc30187221)

[1.6. Σύγκριση των θεωριών μάθησης 22](#_Toc30187222)

[**2ο** **ΚΕΦΑΛΑΙΟ :** Το εργαστήριο στην εκπαίδευση 23](#_Toc30187223)

[2.1. Γενικά 23](#_Toc30187225)

[2.1.1. Ιστορική αναδρομή 24](#_Toc30187226)

[2.2. Η χρήση του εργαστηρίου στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών 25](#_Toc30187227)

[2.3. Εργαστήριο και θεωρίες μάθησης 26](#_Toc30187228)

[2.3.1. Μια εργαστηριακή διδασκαλία κατά τη συμπεριφορική προσέγγιση 27](#_Toc30187229)

[2.3.2. Μια εργαστηριακή διδασκαλία κατά την εποικοδομητική προσέγγιση 28](#_Toc30187230)

[2.4. Η εργαστηριακή διδασκαλία στα ΕΠΑΛ 29](#_Toc30187231)

[2.5. Εργαστήριο και ΤΠΕ 30](#_Toc30187232)

[**3ο** **ΚΕΦΑΛΑΙΟ :** Οι προσομοιώσεις 31](#_Toc30187233)

[3.1. Τι είναι προσομοίωση 31](#_Toc30187235)

[3.1.1. Μοντέλα και κατηγορίες προσομοιώσεων 31](#_Toc30187236)

[3.1.2. Εφαρμογές των προσομοιώσεων 32](#_Toc30187237)

[3.1.3. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των προσομοιώσεων 33](#_Toc30187238)

[3.2. Οι προσομοιώσεις στην εκπαίδευση 34](#_Toc30187239)

[3.2.1. Χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών προσομοιώσεων 35](#_Toc30187240)

[3.2.2. Τύποι εκπαιδευτικών προσομοιώσεων 36](#_Toc30187241)

[3.3. Τα εικονικά εργαστήρια ηλεκτρονικών 37](#_Toc30187242)

[3.4. Τα λογισμικά προσομοίωσης ηλεκτρονικού εργαστηρίου 38](#_Toc30187243)

[3.5. Ιστορική αναδρομή 39](#_Toc30187244)

[3.5.1. Το λογισμικό SPICE και οι επίγονοί του 39](#_Toc30187245)

[3.5.2. Το λογισμικό Electronics Workbench (EWB) 40](#_Toc30187246)

[3.5.3. Το λογισμικό Tina Pro 41](#_Toc30187247)

[3.5.4. Το παρελθόν του EWB και του Tina Pro στην Ελληνική εκπαίδευση 42](#_Toc30187248)

[**4ο** **ΚΕΦΑΛΑΙΟ :** Το ερευνητικό πλαίσιο 43](#_Toc30187249)

[4.1. Γενικά 43](#_Toc30187251)

[4.2. Το είδος της έρευνας 43](#_Toc30187252)

[4.3. Στόχοι και υποθέσεις εργασίας της έρευνας 44](#_Toc30187253)

[4.4. Οι εργαστηριακές ασκήσεις της έρευνας 46](#_Toc30187254)

[**5ο** **ΚΕΦΑΛΑΙΟ :** Η ερευνητική μεθοδολογία 49](#_Toc30187255)

[5.1. Γενικά 49](#_Toc30187257)

[5.2. Το δείγμα της έρευνας 49](#_Toc30187258)

[5.3. Ο σχεδιασμός της έρευνας 51](#_Toc30187259)

[5.3.1. Η επιλογή του λογισμικού προσομοίωσης 52](#_Toc30187260)

[5.3.2. Τα διαθέσιμα εργαλεία μέτρησης για την έρευνα 53](#_Toc30187261)

[5.3.3. Το ερωτηματολόγιο της έρευνας 57](#_Toc30187262)

[5.3.4. Η διαδικασία της παρέμβασης και οι περιορισμοί της έρευνας 58](#_Toc30187263)

[**6ο** **ΚΕΦΑΛΑΙΟ :** Τα αποτελέσματα της έρευνας 61](#_Toc30187264)

[6.1. Εισαγωγικές παρατηρήσεις 61](#_Toc30187266)

[6.1.1. Η επεξεργασία των απαντήσεων 61](#_Toc30187267)

[6.2. Παρουσίαση και σχολιασμός των αποτελεσμάτων 62](#_Toc30187268)

[6.3. Έλεγχος των υποθέσεων εργασίας 74](#_Toc30187269)

[6.3.1. Συσχέτιση των απαντήσεων με την τάξη φοίτησης 75](#_Toc30187270)

[6.3.2. Συσχέτιση των απαντήσεων με τον Τομέα φοίτησης 78](#_Toc30187271)

[6.3.3. Συσχέτιση των απαντήσεων με την οικιστική προέλευση 81](#_Toc30187272)

[6.4. Γενικός σχολιασμός 83](#_Toc30187273)

[**7ο** **ΚΕΦΑΛΑΙΟ :** Συμπεράσματα και προτάσεις 85](#_Toc30187274)

[7.1. Ανακεφαλαιωτικές παρατηρήσεις 85](#_Toc30187276)

[7.2. Διαπιστώσεις και συμπεράσματα 86](#_Toc30187277)

[7.3. Προτάσεις 90](#_Toc30187278)

[**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ – ΔΙΚΤΥΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ** 93](#_Toc30187279)

[**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ** 96](#_Toc30187280)

[**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α’:** Το ερωτηματολόγιο της έρευνας 97](#_Toc30187281)

[Ερωτηματολόγιο αξιολόγησης του "Electronics Workbench" 97](#_Toc30187282)

[**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β’:** Τα φύλλα εργασίας των ασκήσεων της έρευνας 99](#_Toc30187283)

[**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ’:** Το EWB 5.12 και το Tina Pro 6.0 154](#_Toc30187284)

[ΠΓ1. Γενική περιγραφή του EWB. 154](#_Toc30187285)

[ΠΓ2. Γενική περιγραφή του Tina Pro. 167](#_Toc30187286)

**ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΩΝ**

[Πίνακας 5‑1. Στατιστικά στοιχεία του μαθητικού δείγματος 50](#_Toc30053550)

[Πίνακας 6‑1: Οι συχνότητες των απαντήσεων του τμήματος ΒΗ\_ΑΣ 62](#_Toc30053551)

[Πίνακας 6‑2. Οι συχνότητες των απαντήσεων του τμήματος ΒΗ\_ΗΜ 65](#_Toc30053552)

[Πίνακας 6‑3. Οι συχνότητες των απαντήσεων του τμήματος ΒΜ\_ΗΜ 67](#_Toc30053553)

[Πίνακας 6‑4. Οι συχνότητες των απαντήσεων του τμήματος ΓΗ\_ΑΣ 69](#_Toc30053554)

[Πίνακας 6‑5. Οι συχνότητες των απαντήσεων του τμήματος ΓΗ\_ΗΜ 72](#_Toc30053555)

[Πίνακας 6‑6. Δείκτες αποδοχής του προσομοιωτή ανά τάξη φοίτησης 75](#_Toc30053556)

[Πίνακας 6‑7. Έλεγχοι στατιστικής σημαντικότητας ανά τάξη φοίτησης 76](#_Toc30053557)

[Πίνακας 6‑8. Δείκτες αποδοχής του προσομοιωτή ανά Τομέα φοίτησης 79](#_Toc30053558)

[Πίνακας 6‑9. Έλεγχοι στατιστικής σημαντικότητας ανά Τομέα φοίτησης 80](#_Toc30053559)

[Πίνακας 6‑10. Δείκτες αποδοχής του προσομοιωτή ανά οικιστική προέλευση 81](#_Toc30053560)

[Πίνακας 6‑11. Έλεγχοι στατιστικής σημαντικότητας ανά οικιστική προέλευση 82](#_Toc30053561)

[Πίνακας 6‑12. Συχνότητα απαντήσεων στην έρευνα. 84](#_Toc30053562)

[Πίνακας 6‑13. Συχνότητα απαντήσεων της Γ’ τάξης 84](#_Toc30053563)

[*Εικόνα 5‑1. Φύλλο του δείγματος* 50](#_Toc30053572)

[*Εικόνα 5‑2. Τάξη φοίτησης του δείγματος* 50](#_Toc30053573)

[*Εικόνα 5‑3. Οικιστική προέλευση του δείγματος* 51](#_Toc30053574)

[*Εικόνα 5‑4. Τομέας φοίτησης του δείγματος* 51](#_Toc30053575)

[*Εικόνα 6‑1. Διαγράμματα συχνοτήτων των απαντήσεων του τμήματος ΒΗ\_ΑΣ* 63](#_Toc30053576)

[*Εικόνα 6‑2.**Ολικές απαντήσεις του ΒΗ\_ΑΣ* *Εικόνα 6‑3. Σχολική επίδοση του ΒΗ\_ΑΣ* 64](#_Toc30053577)

[*Εικόνα 6‑4. Διαγράμματα συχνοτήτων των απαντήσεων του τμήματος ΒΗ\_ΗΜ* 65](#_Toc30053578)

[*Εικόνα 6‑5. Ολικές απαντήσεις του ΒΗ\_ΗΜ* *Εικόνα 6‑6. Σχολική επίδοση του ΒΗ\_ΗΜ* 66](#_Toc30053579)

[*Εικόνα 6‑7. Διαγράμματα συχνοτήτων των απαντήσεων του τμήματος ΒΜ\_ΗΜ* 67](#_Toc30053580)

[*Εικόνα 6‑8. Ολικές απαντήσεις του ΒΜ\_ΗΜ* *Εικόνα 6‑9. Σχολική επίδοση του ΒΜ\_ΗΜ* 69](#_Toc30053581)

[*Εικόνα 6‑10. Διαγράμματα συχνοτήτων των απαντήσεων του τμήματος ΓΗ\_ΑΣ* 70](#_Toc30053582)

[*Εικόνα 6‑11. Ολικές απαντήσεις του ΓΗ\_ΑΣ* *Εικόνα 6‑12. Σχολική επίδοση του ΓΗ\_ΑΣ* 71](#_Toc30053583)

[*Εικόνα 6‑13. Διαγράμματα συχνοτήτων των απαντήσεων του τμήματος ΓΗ\_ΑΣ* 73](#_Toc30053584)

[*Εικόνα 6‑14. Ολικές απαντήσεις του ΓΗ\_ΗΜ* *Εικόνα 6‑15. Σχολική επίδοση του ΓΗ\_ΗΜ* 74](#_Toc30053585)

[*Εικόνα 6‑16. Δείκτες αποδοχής του προσομοιωτή ανά τάξη φοίτησης* 75](#_Toc30053586)

[*Εικόνα 6‑17. Δείκτες αποδοχής του προσομοιωτή ανά Τομέα φοίτησης* 79](#_Toc30053587)

[*Εικόνα 6‑18. Δείκτες αποδοχής του προσομοιωτή ανά οικιστική προέλευση* 81](#_Toc30053588)

[*Εικόνα 6‑19. Γενικοί δείκτες αποδοχής του προσομοιωτή ανά τμήμα συμμετεχόντων* 83](#_Toc30053589)

[*Εικόνα 6‑20. Γενική κατανομή των απαντήσεων της έρευνας* 84](#_Toc30053590)

[*Εικόνα 6‑21. Κατανομή των απαντήσεων της Γ’ τάξης* 84](#_Toc30053591)

**ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Από τη θέση αυτή επιθυμώ να ευχαριστήσω θερμά όλους όσους με βοήθησαν να διανύσω και να ολοκληρώσω το γοητευτικό ταξίδι που ήταν η συγγραφή αυτής της διπλωματικής εργασίας:

* Τον εποπτεύοντα καθηγητή της διπλωματικής μου κ. Μπάμνιο Γεώργιο, για την αμέριστη, σταθερή και διακριτική καθοδήγηση που μου παρείχε σ’ αυτό που για μένα ήταν είσοδος σε μια άγνωστη χώρα.
* Τους αγαπητούς μου συναδέλφους ηλεκτρονικούς της Δευτεροβάθμιας Τ.Ε.Ε. κ.κ. Αμοιρίδη Γεώργιο και Καλαϊτζόγλου Κυριάκο για την ανεπιφύλακτη και αδιαπραγμάτευτη συμμετοχή τους στη διδακτική παρέμβαση, την επίβλεψη της συμπλήρωσης από τους μαθητές των ερωτηματολογίων της έρευνας και τη μέριμνα της προώθησής τους σ’ εμένα.
* Τον κ. Χατζηκρανιώτη Ευριπίδη, Διευθυντή του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Διδακτικής της Φυσικής και Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας της Σχολής Θετικών Επιστημών του Α.Π.Θ. για τους δρόμους που μου φανέρωσε στην έρευνα της χρήσης των προσομοιώσεων στην εκπαίδευση.
* Τον κ. Θοδωρή Πιερράκο Υπεύθυνο του Ε.Κ.Φ.Ε. Ευόσμου για τις εύστοχες και χρήσιμες υποδείξεις του σε θέματα εργαστηριακής διδασκαλίας στη Δευτεροβάθμια Γενική, αλλά και Τεχνική Επαγγελματική Εκπαίδευση.
* Τον κ. Γκέτσιο Βασίλειο Διευθυντή του Δ.Ι.Ε.Κ. Κουφαλίων και Μαθηματικό για τη διαφωτιστική του ξενάγηση στα μυστήρια της Στατιστικής και του SPSS.
* Τέλος τον αδελφό μου κ. Γιάννη Χατζόπουλο, χωρίς τη συμβολή του οποίου η απόδοση στα Αγγλικά της περίληψης αυτής της εργασίας θα ήταν σαφώς λιγότερο ευπρόσωπη.

Δημήτρης Χατζόπουλος

Ιανουάριος, 2020

# **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Είναι γνωστή και αδιαμφισβήτητη η θέση που κατέχει η εργαστηριακή άσκηση στην Τεχνική Επαγγελματική Εκπαίδευση. Κατά κύριο λόγο αποσκοπεί στην απόκτηση εκείνων των δεξιοτήτων που είναι απαραίτητες για την καθημερινή πρακτική της εργασίας στο μελλοντικό επάγγελμα των μαθητών/τριών. Παράλληλα όμως, η εργαστηριακή διδασκαλία αποσκοπεί και στην εμπέδωση των θεωρητικών αρχών στις οποίες βασίζεται η μελέτη της ακολουθούμενης ειδικότητας. Κάτι τέτοιο γίνεται ιδιαίτερα σημαντικό στην περίπτωση των μαθημάτων του Ηλεκτρονικού και του Ηλεκτρολογικού Τομέα των ΕΠΑΛ, όπου το θεωρητικό υπόβαθρο είναι σαφώς περισσότερο εκτεταμένο και περίπλοκο σε σχέση μ’ αυτό κάποιων άλλων ειδικοτήτων.

Το πρόβλημα που δημιουργείται εν προκειμένω, αφορά στην κατάλληλη αξιοποίηση του διατιθέμενου χρόνου των μόλις δύο σχολικών ετών, ώστε να καλυφθούν επαρκώς και οι δυο διδακτικοί στόχοι. Στο σημείο αυτό η χρήση προσομοιώσεων μέσω Η/Υ για τη διδασκαλία εργαστηριακών μαθημάτων μπορεί να προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα, χάρη στην καλύτερη εκμετάλλευση του διδακτικού χρόνου και στην ευχερέστερη ενσωμάτωση προηγμένων διδακτικών μοντέλων που προσφέρει.

Το γεγονός ότι για τις ειδικότητες της ηλεκτρολογίας και των ηλεκτρονικών διατίθενται λογισμικά προσομοίωσης που δεν είναι μόνο απλές εφαρμογές, αλλά αποτελούν ολοκληρωμένα περιβάλλοντα σχεδιασμού και ανάπτυξης, βοηθά ιδιαίτερα προς αυτή την κατεύθυνση. Δυστυχώς στη χώρα μας δεν υποστηρίζεται επισήμως η χρήση προσομοιώσεων στην εργαστηριακή εκπαίδευση. Εντούτοις πολλοί εκπαιδευτικοί της ΤΕΕ, του γράφοντος συμπεριλαμβανομένου, τις χρησιμοποιούν εδώ και πολλά χρόνια παράλληλα με τον κλασσικό τρόπο διδασκαλίας, εκτιμώντας τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η χρήση τους.

Η αναζήτηση στοιχείων στη διεθνή βιβλιογραφία για την εκπόνηση αυτής της εργασίας αποκάλυψε πολλές έρευνες που καταδεικνύουν τα οφέλη της χρήσης προσομοιώσεων στη διδασκαλία των φυσικών, κυρίως, επιστημών. Γενικά καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι ο συνδυασμός της διδασκαλίας σε φυσικά και εικονικά εργαστήρια, εξασφαλίζει καλύτερα παιδαγωγικά αποτελέσματα απ’ ότι η διδασκαλία μόνο σε φυσικά ή μόνο σε εικονικά εργαστήρια. Εντούτοις στην ίδια αναζήτηση δεν έγινε δυνατό να εντοπιστεί κάτι που να εξετάζει τη χρήση των προσομοιώσεων για την εργαστηριακή διδασκαλία ειδικοτήτων στην Τεχνική και Επαγγελματική Εκπαίδευση.

Αυτή η έλλειψη, σε συνδυασμό με την εμπλοκή του γράφοντος στη διδακτική αξιοποίηση των εικονικών εργαστηρίων, ήταν το αίτιο που οδήγησε στην επιλογή του συγκεκριμένου θέματος για την παρούσα εργασία. Ωστόσο μια έρευνα που θα επιχειρούσε να εξετάσει την επίδραση της χρήσης των προσομοιώσεων στα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών της ΤΕΕ, κρίθηκε ότι θα απαιτούσε δυσανάλογα πολλούς πόρους για τους σκοπούς μιας τέτοιας εργασίας. Αντί γι’ αυτό, αποφασίστηκε να διερευνηθεί ο βαθμός στον οποίο αυτοί οι μαθητές αποδέχονται συγκεκριμένο λογισμικό προσομοίωσης, το οποίο χρησιμοποιείται για την υποκατάσταση κάποιων φυσικών εργαστηρίων της ειδικότητάς τους.

Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε έρευνα παρέμβασης σε 62 μαθητές (και δύο μαθήτριες) από διάφορες τάξεις και τμήματα της Δευτεροβάθμιας Τεχνικής και Επαγγελματικής Εκπαίδευσης. Στα πλαίσια της έρευνας δόθηκαν στους μαθητές ερωτηματολόγια βασισμένα σε προσαρμογή τυποποιημένου ερωτηματολόγιου αξιολόγησης της ευχρηστίας λογισμικών, προκειμένου να αξιολογήσουν τη χρησιμότητα, την ευκολία χρήσης, την ευκολία εκμάθησης και την ικανοποίηση που προσφέρει η χρήση ενός λογισμικού προσομοίωσης στην υποκατάσταση ενός κλασσικού εργαστηρίου ηλεκτρολογίας και ηλεκτρονικών.

Οι μαθητές και οι μαθήτριες συμπλήρωσαν τα ερωτηματολόγια, αφού πρώτα ολοκλήρωσαν εναλλάξ μια σειρά από πέντε εργαστηριακές ασκήσεις, οι οποίες γίνονταν πρώτα στο φυσικό εργαστήριο και μετά στο εικονικό, με τη χρήση του λογισμικού προσομοίωσης. Οι ασκήσεις λήφθηκαν απ’ ευθείας από τα σχολικά εγχειρίδια, προκειμένου να μην αλλοιωθεί η άποψη του Ινστιτούτου Εκπαιδευτικής Πολιτικής για τον τρόπο της εργαστηριακής διδασκαλίας των σχετικών μαθημάτων και τα ζητούμενά τους μεταφέρθηκαν αναλλοίωτα για εκτέλεση στο περιβάλλον του προσομοιωτή, έτσι ώστε να διευκολυνθεί η σύγκριση μεταξύ των δυο μεθόδων.

Σκοπός της έρευνας ήταν να διαπιστωθεί το αν και κατά πόσο η αποδοχή της χρήσης του προσομοιωτή σχετίζεται, ή δε σχετίζεται, με τα δημογραφικά χαρακτηριστικά, την κοινωνική προέλευση, την τάξη φοίτησης, την ειδικότητα ή/και τις σχολικές επιδόσεις των μαθητών – μαθητριών.

Η επεξεργασία των απαντήσεων αποκάλυψε μια στάση σε μεγάλο ως πολύ μεγάλο βαθμό θετική προς τη χρήση του προσομοιωτή, ανεξαρτήτως του υποβάθρου των συμμετεχόντων στην έρευνα, η οποία βεβαίως δεν είναι σε θέση να αποκαλύψει καθολικές τάσεις λόγω του μικρού πλήθους του δείγματος. Εντούτοις μπορεί να χρησιμεύσει ως οδηγός, δεδομένου του ότι το μείγμα των σχολείων και των μαθητών που συμμετείχαν, είναι αρκετά αντιπροσωπευτικό του συνόλου των φοιτούντων στη Δευτεροβάθμια Τεχνική και Επαγγελματική Εκπαίδευση της χώρας μας.

Η εργασία αναπτύσσεται σε επτά κεφάλαια και τρία παραρτήματα, ως εξής:

* Στο 1ο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι βασικότερες θεωρίες μάθησης, οι οποίες κυριάρχησαν από τις αρχές του 19ου αιώνα, καθ’ όλο τον 20ο αιώνα και μέχρι σήμερα. Γίνεται μνεία των τύπων μάθησης που είναι περισσότερο συμβατοί με την κάθε θεωρία και στο τέλος παρατίθεται μια σύντομη σύγκριση μεταξύ όλων των θεωριών.
* Στο 2ο κεφάλαιο παρουσιάζεται ο ρόλος της εργαστηριακής άσκησης στην εκπαίδευση, κατά το παρελθόν και σήμερα. Αναλύονται τα διάφορα μοντέλα της εργαστηριακής διδασκαλίας σύμφωνα με τις βασικές θεωρίες μάθησης και στο τέλος παρουσιάζεται η χρήση των τεχνολογιών πληροφορίας και επικοινωνιών στην εργαστηριακή εκπαίδευση, στις οποίες τεχνολογίες ανήκουν και οι προσομοιώσεις, με τον τρόπο που εφαρμόζονται σήμερα.
* Στο 3ο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι προσομοιώσεις σε ηλεκτρονικό υπολογιστή και οι χρήσεις τους στην εκπαίδευση. Αναλύονται τα διάφορα μοντέλα και οι κατηγορίες των προσομοιώσεων, οι τύποι και τα χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών προσομοιώσεων, καθώς και τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους. Τέλος παρουσιάζονται ορισμένα λογισμικά εικονικού ηλεκτρονικού εργαστηρίου, τα οποία είναι διαθέσιμα στην τεχνική και επαγγελματική εκπαίδευση της χώρας μας και τα οποία αποτελούν αντικείμενο ενδιαφέροντος της παρούσας εργασίας.
* Στο 4ο κεφάλαιο παρουσιάζεται το σκεπτικό για την επιλογή του θέματος της παρούσας εργασίας. Προσδιορίζεται η θεματική της κατηγορία, οι στόχοι και οι ερευνητικές της υποθέσεις και στο τέλος σχολιάζεται η προετοιμασία των φύλλων έργου των εργαστηριακών ασκήσεων που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα.
* Στο 5ο κεφάλαιο παρουσιάζεται η ερευνητική μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στην παρούσα εργασία. Αναλύονται το δείγμα των συμμετεχόντων, ο σχεδιασμός της έρευνας, τα χαρακτηριστικά των διαθέσιμων λογισμικών προσομοίωσης και οι λόγοι που οδήγησαν στην επιλογή του συγκεκριμένου λογισμικού για την έρευνα και τα διάφορα τυποποιημένα ερωτηματολόγια αξιολόγησης λογισμικών, τα οποία οδήγησαν στη σύνταξη του ερωτηματολογίου της έρευνας. Στο τέλος περιγράφονται τα προβλήματα που ανέκυψαν κατά την προετοιμασία και τη διεξαγωγή της έρευνας, καθώς και ο τρόπος που αυτά αντιμετωπίστηκαν.
* Στο 6ο κεφάλαιο γίνονται η παρουσίαση, η ανάλυση και ο σχολιασμός των αποτελεσμάτων της έρευνας
* Στο 7ο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας σε σχέση με τις ερευνητικές υποθέσεις και τονίζονται οι περιορισμοί που προέκυψαν κατά τη διαδικασία. Στο τέλος διατυπώνονται προτάσεις για την εφαρμογή της έρευνας, καθώς και για διεξαγωγή μελλοντικών ερευνών σχετικών με το θέμα της παρούσης.
* Στο Παράρτημα Α’ παρατίθεται το ερωτηματολόγιο που διαμοιράστηκε στους μαθητές και μαθήτριες που συμμετείχαν στην έρευνα.
* Στο Παράρτημα Β’ παρατίθενται τα φύλλα εργασίας που διανεμήθηκαν στους συμμετέχοντες και συμμετέχουσες στην έρευνα, τα οποία περιείχαν τις οδηγίες για την εκτέλεση των ασκήσεων που επέτρεψαν να αξιολογηθεί το λογισμικό προσομοίωσης του εικονικού εργαστηρίου σε σχέση με το αντίστοιχο φυσικό.
* Στο Παράρτημα Γ’ περιγράφονται οι διεπαφές χρήστη των δύο περισσότερο διαδεδομένων λογισμικών προσομοίωσης ηλεκτρονικού – ηλεκτρολογικού εργαστηρίου απ’ αυτά που υπάρχουν στα εργαστήρια της ΤΕΕ στη χώρα μας. Η περιγραφή του λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα στηρίχθηκε στη μετάφραση των αρχείων βοήθειας του λογισμικού και χρησίμευσε και ως εγχειρίδιο χρήσης στη διδακτική παρέμβαση της έρευνας, δεδομένου του ότι δεν υφίσταται παρόμοιο, ούτε στη γλώσσα προέλευσης του κατασκευαστή του.

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ :** Οιθεωρίες μάθησης

## Ιστορική αναδρομή

Η έλευση του 19ου αιώνα και η διάδοση των αρχών του Διαφωτισμού ώθησαν σταδιακά τις κυβερνήσεις να ενδιαφερθούν για τη μόρφωση των πολιτών τους. Η εκπαίδευση αναγνωρίστηκε ως μοχλός για τη βελτίωση του πνευματικού και του βιοτικού επιπέδου των λαών και αυτό οδήγησε στη θέσπιση κρατικής παροχής ισότιμης παιδείας σε όλους τους πολίτες. Βέβαια εκτός από την επιθυμία για βελτίωση του βιοτικού επιπέδου, κυρίως των κατωτέρων τάξεων, ένας άλλος παράγοντας που οδήγησε στην προσπάθεια παροχής παιδείας σε όλους τους πολίτες ήταν η ανάγκη για εξασφάλιση επαρκώς εκπαιδευμένου εργατικού δυναμικού, ικανού να παρακολουθήσει τις τεχνολογικές εξελίξεις που πυροδότησε η βιομηχανική επανάσταση (Χαρίλα, 2006). Αυτό οδήγησε στην ανάγκη κατανόησης των μηχανισμών που διέπουν τη μάθηση με σκοπό να καταστούν αποδοτικότερες οι μέθοδοι διδασκαλίας.

Έχουν υπάρξει πολλοί ορισμοί της μάθησης, που όλοι περιστρέφονται γύρω από κάποια κοινά στοιχεία. Κατά τον D. H. Shunk (Shunk, 1991) «Η μάθηση είναι μια διαρκής αλλαγή στη συμπεριφορά ή στην ικανότητα συμπεριφοράς με ορισμένο τρόπο, που προκύπτει από την εξάσκηση ή άλλες μορφές εμπειρίας». Οι Θεωρίες της Μάθησης (Learning Theories) έχουν πολύ βαθιές ιστορικές ρίζες και εμπίπτουν σε δυο βασικά ρεύματα: τον Εμπειρισμό και τον Ορθολογισμό. Ο Εμπειρισμός πρεσβεύει ότι κάθε πηγή γνώσης είναι η εμπειρία. Τα όντα γεννιούνται χωρίς καμιά γνώση και την αποκτούν μέσω των αισθήσεών τους με την παρατήρηση και την αλληλεπίδραση με το περιβάλλον. Κλασσικός εκπρόσωπος του εμπειρισμού υπήρξε ο Αριστοτέλης. Ο Ορθολογισμός αντιτείνει ότι η γνώση προέρχεται από τη λογική, χωρίς τη βοήθεια των αισθήσεων. Οι άνθρωποι μαθαίνουν «ανακαλύπτοντας» αυτό που έχουν ήδη στο νου. Κλασσικός εκπρόσωπος του ορθολογισμού υπήρξε ο Πλάτων (Ertmer & Newby, 1993).

Από τη σύνθεση αυτών των ρευμάτων προέκυψαν οι σύγχρονες Θεωρίες Μάθησης, που αναπτύχθηκαν από ψυχολόγους του 20ου αιώνα και περιγράφουν πώς οι πληροφορίες απορροφούνται, υφίστανται επεξεργασία και διατηρούνται κατά τη διάρκεια της μάθησης. Αναπτύχθηκαν δύο βασικές θεωρίες, η Συμπεριφορική προσέγγιση της μάθησης (Behaviorism) και η Γνωστική (Cognitivism), από την οποία προέκυψαν άλλες δύο, η Εποικοδομητική προσέγγιση (Constructivism), και η θεωρία της Μετασχηματιστικής μάθησης (Transformative learning theory).

## Η Συμπεριφορική προσέγγιση της μάθησης

Η Συμπεριφορική προσέγγιση είναι κατ’ αρχήν μια θεωρία για την κατανόηση της συμπεριφοράς των ανθρώπων και των ζώων (Araiba, 2019). Υποθέτει ότι όλες οι συμπεριφορές ενός υποκειμένου είναι, είτε αντανακλαστικά που παράγονται από αντίδραση σε συγκεκριμένα περιβαλλοντικά ερεθίσματα, είτε συνέπεια παρελθόντων ερεθισμάτων, ιδίως της ενθάρρυνσης και της τιμωρίας, μαζί με τα τρέχοντα κίνητρα και τα ερεθίσματα ελέγχου του ατόμου. Παρόλο που οι επιστήμονες του συμπεριφορισμού γενικά αποδέχονται το σημαντικό ρόλο της κληρονομικότητας στη διαμόρφωση της συμπεριφοράς, θεωρούν ότι η συμπεριφορά του ατόμου ελέγχεται και διαμορφώνεται κυρίως από περιβαλλοντικούς παράγοντες.

Η Συμπεριφορική προσέγγιση ξεκίνησε από μελέτες της συμπεριφοράς των ζώων και κατόπιν επεκτάθηκε και στους ανθρώπους. Θεμελιωτές του υπήρξαν οι Edward Thorndike και Ivan Pavlov, οι οποίοι είναι επίσης και εκφραστές των δύο βασικών ρευμάτων της θεωρίας, της Κλασσικής προσέγγισης και της Θεμελιακής (Radical) προσέγγισης. (Πηλιούρας & al, 2013)

Η Κλασσική προσέγγιση, που ονομάζεται και S – R θεωρία (Stimulus – Response), αναπτύχθηκε από τον Ivan Pavlov και επεκτάθηκε από τον John Watson. Βασίστηκε σε πειράματα που συνέδεσαν την πρόοδο της εκπαίδευσης των ζώων με φυσικές αλλαγές σε συστήματα του οργανισμού τους. Απ’ αυτό κατέληξε στη θέση ότι η πειραματική ανάλυση της συμπεριφοράς είναι η μόνη αντικειμενική μέθοδος για την κατανόηση των ανθρώπινων ενεργειών και προσανατόλισε την ψυχολογία στη μελέτη της συμπεριφοράς του ατόμου και όχι της συνείδησής του.

Η Θεμελιακή (Radical) προσέγγιση στηρίχτηκε στις εργασίες του Edward Thorndike, μέσα από τις οποίες διατύπωσε την αρχή ότι οι αντιδράσεις που παράγουν ικανοποιητικό αποτέλεσμα σε μια κατάσταση, έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να επαναληφθούν σε ανάλογη κατάσταση στο μέλλον, ενώ εκείνες που παράγουν ανεπιθύμητο αποτέλεσμα είναι λιγότερο πιθανό να επαναληφθούν (McLeod, 2018). Εισηγήθηκε έτσι τη χρήση αμοιβών και ποινών για την προώθηση της μάθησης (Law of Effect) μέσω μιας διαδικασίας ενίσχυσης (reinforcement). Τη θεωρία αυτή επέκτεινε και βελτίωσε ο B. F. Skinner. Ο Skinner διακρίνει τη θετική ή αρνητική ενίσχυση, όπως και τη θετική ή αρνητική ποινή. Θετική ενίσχυση σε μια αντίδραση προκαλεί η εφαρμογή μιας ευχάριστης στο υποκείμενο κατάστασης, ενώ αρνητική ενίσχυση προκαλεί η απόσυρση μιας δυσάρεστης κατάστασης. Αυτά καθιστούν πιθανότερη την επανάληψη της επιθυμητής αντίδρασης. Αντιστοίχως θετική ποινή είναι η εφαρμογή μιας δυσάρεστης κατάστασης, ενώ αρνητική ποινή είναι η απόσυρση μιας ευχάριστης κατάστασης. Αυτά καθιστούν λιγότερο πιθανή την επανάληψη της ανεπιθύμητης αντίδρασης.

Η Συμπεριφορική προσέγγιση της μάθησης κυριάρχησε στα εκπαιδευτικά συστήματα των προηγμένων χωρών κατά το μεγαλύτερο μέρος του 20ου αιώνα. Οδήγησε στην οργάνωση της διδασκαλίας μέσω λεπτομερών αναλυτικών προγραμμάτων βασισμένων σε σαφείς παιδαγωγικούς και διδακτικούς στόχους, έτσι ώστε οι πληροφορίες να παρουσιάζονται σταδιακά και ιεραρχικά δομημένες. Η διδασκαλία είναι «δασκαλοκεντρική» με τους διδασκόμενους να μην έχουν την ευκαιρία αναστοχασμού πάνω στη μαθησιακή διαδικασία. Σημασία δίνεται στις εξωτερικές αλλαγές συμπεριφοράς και αγνοούνται οι νοητικές διεργασίες που οδηγούν σ’ αυτή. Στην προσέγγιση αυτή βασίζονται και τα περισσότερα λογισμικά διδασκαλίας μέσω υπολογιστή (Ράπτης & Ράπτη, 2013). Η αγνόηση των εσωτερικών νοητικών διεργασιών απετέλεσε το κυριότερο σημείο κριτικής σ’ αυτή τη θεωρία και οδήγησε στο δεύτερο μισό του 20ου αιώνα στην ανάπτυξη των θεωριών της Γνωστικής προσέγγισης της μάθησης.

## Τύποι μάθησης συμβατοί με τη Συμπεριφορική προσέγγιση

Οι αρχές Συμπεριφορικής προσέγγισης έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικές για τη διευκόλυνση της μάθησης που περιλαμβάνει ταξινομήσεις και διακρίσεις αρχών ή αντικειμένων, γενικεύσεις εννοιών, συσχετίσεις καταστάσεων και αυτοματοποίηση διαδικασιών. Ωστόσο, είναι γενικά αποδεκτό ότι δεν μπορούν να εξηγήσουν επαρκώς την απόκτηση δεξιοτήτων υψηλότερου επιπέδου ή εκείνων που απαιτούν μεγαλύτερο βάθος επεξεργασίας όπως γλωσσική ανάπτυξη, επίλυση προβλημάτων, εξαγωγή συμπερασμάτων, κριτική σκέψη κλπ. (Ertmer & Newby, 1993).

## Η Γνωστική προσέγγιση της μάθησης

Η Γνωστική προσέγγιση της μάθησης έχει τις ρίζες της στη μορφολογική ψυχολογία, η οποία αναπτύχθηκε στη Γερμανία και μεταφέρθηκε στην Αμερική στις αρχές του 20ου αιώνα. Στο δεύτερο μισό του αιώνα απέκτησε προβάδισμα έναντι της συμπεριφοριστικής προσέγγισης, όταν οι ψυχολόγοι της γνωστικής προσέγγισης κατέκριναν την αποκλειστική θεώρηση των εξωτερικών αλλαγών συμπεριφοράς από τους συμπεριφοριστές για την ερμηνεία της μάθησης. Αντέτειναν ότι η μάθηση είναι μια εσωτερική νοητική διεργασία σε μεγάλο βαθμό βασισμένη στην ήδη υπάρχουσα γνώση και στην οργανωμένη επεξεργασία της πληροφορίας από το σύστημα μνήμης του ατόμου. Η Γνωστική προσέγγιση δεν απορρίπτει τον Συμπεριφορισμό, αλλά τον επεκτείνει. Παραδέχεται την αξία του συστήματος των ανταμοιβών και ποινών και δίνει ιδιαίτερη σημασία στη διέγερση της προσοχής των εκπαιδευόμενων. Υποστηρίζει ότι για την κατανόηση της μάθησης απαιτείται, εκτός από τη μελέτη της συμπεριφοράς και η μελέτη των μηχανισμών της μνήμης και καταλήγει στο ότι οι μαθητές αποκτούν νέα γνώση όταν, χρησιμοποιώντας την υπάρχουσα γνώση τους, κατορθώνουν να κατανοήσουν το νέο αντικείμενο.

Ενώ οι ακόλουθοι της συμπεριφορικής προσέγγισης χρησιμοποιούν την ανατροφοδότηση για να επηρεάσουν τη συμπεριφορά των εκπαιδευόμενων προς την επιθυμητή κατεύθυνση, οι ακόλουθοι της γνωστικής, τη χρησιμοποιούν για να τους καθοδηγήσουν στην ανάπτυξη των κατάλληλων νοητικών συσχετίσεων (Thomson, Simonson, & Hargrave, 1992). Έτσι οι πρώτοι ενδιαφέρονται να ανακαλύψουν τους καλύτερους τρόπους ενίσχυσης, ενώ οι δεύτεροι, τους καλύτερους τρόπους να ενεργοποιήσουν, να διατηρήσουν και να κατευθύνουν τη μάθηση των εκπαιδευόμενων.

Σύμφωνα με τις θεωρίες της γνωστικής προσέγγισης η διδασκαλία πρέπει να στηρίζεται στις προϋπάρχουσες γνώσεις. Η οργάνωση της πληροφορίας πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να συνδέει τη νέα γνώση με την παλιά με κάποιο τρόπο που να σημαίνει κάτι για τους εκπαιδευόμενους. Όταν συμβεί αυτό, η ενσωμάτωση της νέας γνώσης γίνεται με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Έτσι πχ. μπορούν να χρησιμοποιηθούν παραδείγματα από τις καθημερινές χρηματικές συναλλαγές των μαθητών/τριών με τις οποίες είναι εξοικειωμένοι/ες, ώστε να διδαχθούν βασικές αρχές των μαθηματικών (Lampert, 1986).

## Τύποι μάθησης συμβατοί με τη Γνωστική προσέγγιση

Εξαιτίας της έμφασης στις νοητικές διεργασίες, η γνωστική προσέγγιση θεωρείται καταλληλότερη από τη συμπεριφορική για την ερμηνεία πολύπλοκων μορφών μάθησης (αιτιολόγηση, επίλυση προβλημάτων, επεξεργασία πληροφοριών). Εντούτοις οι βασικές μέθοδοι και των δύο είναι παρόμοιες. Τέτοιες είναι η απλούστευση και η τυποποίηση, με τις οποίες η γνώση αποδομείται στα βασικά της στοιχεία και η μεταφορά της επιταχύνεται, αφού εξαλείφονται οι άχρηστες πληροφορίες. Η διαφορά βρίσκεται στο ότι η συμπεριφορική προσέγγιση επικεντρώνεται στο σχεδιασμό του περιβάλλοντος για να βελτιστοποιήσει τη μεταφορά, ενώ η γνωστική, στην αναζήτηση περισσότερο αποτελεσματικών στρατηγικών επεξεργασίας (Ertmer & Newby, 1993).

## Η Εποικοδομητική προσέγγιση της μάθησης

Η Εποικοδομητική (Οικοδομιστική, Κονστρουκτιβιστική) προσέγγιση της μάθησης βασίστηκε στις θεωρίες των Jean Piaget και Jerome Bruner (Ertmer & Newby, 1993). Τονίζει τη σημασία της ενεργού εμπλοκής των εκπαιδευόμενων στην κατασκευή της νέας γνώσης, βάσει της αρχής ότι οι άνθρωποι κατασκευάζουν τις δικές τους κατανοήσεις για τον κόσμο γύρω τους μέσα από την εμπειρία και τον στοχασμό πάνω στην εμπειρία αυτή. (Brooks J.G., Brooks M.G., 2001, Shapiro A., 2002 από (Βλαχοκυριάκου, Πανέτσος, Τσαρτσόλης, & Μαυροπούλου, 2015)) Αντίθετα με τη γνωστική προσέγγιση, η εποικοδομητική θεωρεί ότι οι εκπαιδευόμενοι χρησιμοποιούν τις γνώσεις που ήδη κατέχουν, όχι ως υπόβαθρο όπου ενσωματώνουν τις νέες πληροφορίες που τους προσφέρονται, αλλά ως βοήθημα για να «κατασκευάσουν» από μόνοι τους τη νέα γνώση. Το αντικείμενο της μάθησης δεν προσεγγίζεται από τα επιμέρους προς το συνολικό, αλλά από το συνολικό προς τα επιμέρους (Αποκαλυπτική μάθηση, Bruner). Στον εποικοδομητική προσέγγιση ο εκπαιδευτικός δεν ενεργεί ως πάροχος γνώσης, αλλά ως διευκολυντής και οδηγός στη διαδικασία κατασκευής της γνώσης από τους μαθητές του.

Υπάρχουν ποικίλες παραλλαγές της εποικοδομητικής προσέγγισης, όπως ο γνωστικός (cognitive) εποικοδομησμός του Piaget, ο κοινωνικός (social) εποικοδομησμός του Vygotsky, ή ο θεμελιακός (radical) εποικοδομησμός του Glasersfeld κλπ. Η πρώτη μορφή εστιάζει στη γνωστική επεξεργασία της μάθησης, η δεύτερη στο ρόλο της κουλτούρας και της κοινωνικής αλληλεπίδρασης για την επίτευξη της μάθησης και η τρίτη στην υποκειμενική ερμηνεία της εμπειρίας σε αντίθεση με την αντικειμενική «πραγματικότητα» για την κατάκτηση της γνώσης (Βλαχοκυριάκου, Πανέτσος, Τσαρτσόλης, & Μαυροπούλου, 2015). Όλες τους συμφωνούν στα εξής κοινά σημεία:

* Οι εκπαιδευόμενοι κατασκευάζουν ενεργά τις γνώσεις τους χτίζοντας τις νέες ιδέες τους πάνω στην προϋπάρχουσα γνώση.
* Η γνώση ενός ατόμου δε μπορεί να μεταφερθεί εξ ολοκλήρου σε άλλο άτομο, επειδή η γνώση είναι αποτέλεσμα της προσωπικής ερμηνείας της εμπειρίας του. Τόσο η εμπειρία, όσο και η ερμηνεία της είναι μοναδική στον καθένα.
* Το γεγονός ότι κάθε άτομο αντιλαμβάνεται τον κόσμο με το δικό του τρόπο, δε σημαίνει ότι διαφωνεί αναγκαστικά με τα άλλα άτομα. Τα συμπεράσματα κάποιου από τις προσωπικές του παρατηρήσεις μπορεί να είναι ίδια μ’ αυτά των άλλων μέσα από κοινές κοινωνικοπολιτιστικές επιρροές.
* Η συζήτηση βοηθά στη δόμηση των νέων ιδεών. Γι αυτό οι εκπαιδευόμενοι/ες πρέπει να έχουν την ευκαιρία να συζητούν και να ανταλλάσσουν απόψεις πάνω στις διαφορετικές τους εμπειρίες.

Παρά τη μεγάλη αξία της εποικοδομητικής προσέγγισης στο χώρο των θεωριών μάθησης, η εφαρμογή της στη διδακτική πράξη εμφανίζει αρκετά προβλήματα (Βλαχοκυριάκου, Πανέτσος, Τσαρτσόλης, & Μαυροπούλου, 2015):

* Είναι δύσκολο να προετοιμαστεί σχέδιο μαθήματος αφού η εξέλιξη της διδασκαλίας εξαρτάται από τις ανταποκρίσεις των εκπαιδευομένων.
* Σε τέτοιου είδους διδασκαλία απαιτείται περισσότερος διαθέσιμος χρόνος και υποδομές, αφού οι απαιτήσεις από τους μαθητές/τριες είναι πολύ περισσότερες από ότι σε ένα παραδοσιακό μάθημα.
* Είναι δύσκολη η πιστοποίηση των αποκτηθέντων γνώσεων και δεξιοτήτων.
* Η διδασκαλία προϋποθέτει προϋπάρχουσα γνώση.
* Δεν προσεγγίζονται όλα τα διδακτικά αντικείμενα με την ίδια ευκολία.

## Τύποι μάθησης συμβατοί με την Εποικοδομητική προσέγγιση

Η εποικοδομητική προσέγγιση απορρίπτει την ιεραρχική ανάλυση της γνώσης και αντιπροτείνει μια προσέγγιση από το γενικό στα επιμέρους υποστηρίζοντας ότι, παρόλο που αυτή η ανάλυση εφαρμόζεται εύκολα σε σχετικά δομημένους τομείς γνώσης, μεγάλο μέρος απ’ όσα χρειάζεται να μάθει κανείς περιλαμβάνουν προηγμένη γνώση ενταγμένη σε κακώς δομημένους τομείς. Ο D. H. Jonassen περιέγραψε τρία στάδια απόκτησης γνώσης (εισαγωγικό, προηγμένο και εξπέρ) και υποστηρίζει ότι τα εποικοδομητικά περιβάλλοντα μάθησης είναι πιο αποτελεσματικά κατά το μεσαίο στάδιο, όπου μπορούν να ανακαλυφθούν οι αρχικές παρερμηνείες και προκαταλήψεις που αποκτήθηκαν κατά την εισαγωγική φάση, να συζητηθούν και, εάν χρειάζεται, να τροποποιούνται ή να εξαλειφθούν. Συμφωνεί ότι η απόκτηση εισαγωγικής γνώσης υποστηρίζεται καλύτερα από την συμπεριφορική ή την γνωστική προσέγγιση, αλλά προτείνει τη μετάβαση σε εποικοδομητικές προσεγγίσεις καθώς οι μαθητές/τριες αποκτούν περισσότερη γνώση που τους παρέχει την απαραίτητη ικανότητα να αντιμετωπίσουν πολύπλοκα και ημιδομημένα προβλήματα (Ertmer & Newby, 1993).

## Η Θεωρία της Μετασχηματιστικής Μάθησης

Η θεωρία της μετασχηματιστικής μάθησης αναπτύχθηκε από τον Jack Mezirow το 1991 ύστερα από τις μελέτες του πάνω σε γυναίκες που αποφάσισαν να ακολουθήσουν την ανώτατη εκπαίδευση σε προχωρημένη ηλικία. Ο ίδιος την περιγράφει ως «εποικοδομητική, μια άποψη που θεωρεί ότι ο τρόπος με τον οποίο οι εκπαιδευόμενοι ερμηνεύουν και επαναπροσδιορίζουν την αισθητηριακή τους εμπειρία, είναι καθοριστικός στο να εξάγουν το νόημα των πραγμάτων και έτσι, να μάθουν» (Mezirow, Transformative dimensions of adult learning, 1991).

Κατά τον Mezirow η μετασχηματιστική μάθηση είναι η γνωστική διαδικασία πρόκλησης αλλαγής σε ένα πλαίσιο αναφοράς. Τα πλαίσια αναφοράς είναι δομές υποθέσεων μέσα από τις οποίες οι ενήλικοι αντιλαμβάνονται τον κόσμο. Περιλαμβάνουν νοητικές έξεις (πχ. πολιτικό προσανατολισμό) και νοητικές απόψεις, και συντίθενται απ’ όλες τις εμπειρίες, τις αρχές, τις αξίες, τα συναισθήματα, τις συσχετίσεις κλπ. που έχουν συγκεντρωθεί στη διάρκεια μιας ζωής. Οι ενήλικοι τείνουν να απορρίπτουν τις ιδέες που δεν ταιριάζουν στο δικό τους πλαίσιο, αλλά όταν διαπιστώνουν ότι κάποιες παρεμβάσεις δεν λειτουργούν με τον αναμενόμενο τρόπο, οι νοητικές τους απόψεις μπορούν να αλλάξουν μέσω κοινωνικών αλληλεπιδράσεων, οικειοποίησης και ανατροφοδότησης. Απ’ αυτή τη διαδικασία προκύπτει ένα ευρύτερο πλαίσιο αναφοράς που ενσωματώνει και τη νέα γνώση. Το ίδιο μπορεί να συμβεί και με τις νοητικές έξεις, αλλά όχι εξίσου εύκολα (Mezirow, Transformative Learning: Theory to Practice, 1997).

Σύμφωνα με τον Jürgen Habermas (1981 από (Mezirow, Transformative Learning: Theory to Practice, 1997)) η επίλυση προβλημάτων και η μάθηση μπορεί να είναι: εργαλειακή (instrumental – κατανόηση του ελέγχου και του χειρισμού του περιβάλλοντος), εντυπωσική (impressionistic – κατανόηση του τρόπου να βελτιώνει κανείς την εντύπωση που προκαλεί στους άλλους), κανονιστική (normative – προσανατολισμένη σε κοινές αξίες και το δικαίωμα του ανήκειν) ή επικοινωνιακή (communicative – κατανόηση του νοήματος του αντικειμένου της επικοινωνίας). Η πρώτη επικεντρώνεται στην εκμάθηση μέσω της επίλυσης προβλημάτων προσανατολισμένων στο έργο και στον προσδιορισμό των σχέσεων αιτίου-αποτελέσματος. Η τελευταία σχετίζεται με το πώς οι άνθρωποι κοινοποιούν τα συναισθήματα, τις ανάγκες και τις επιθυμίες τους (Culatta & Kearsley).

## Τύποι μάθησης συμβατοί με τη Μετασχηματιστική μάθηση

Η προσέγγιση της μετασχηματιστικής μάθησης είναι η πλέον κατάλληλη για την εκπαίδευση ενηλίκων. Για να επιτευχθεί, πρέπει οι εκπαιδευτές να διευκολύνουν τους εκπαιδευόμενους στο να αντιμετωπίζουν κριτικά τις δικές τους υποθέσεις και αυτές των άλλων, να εξασκηθούν στο να αναγνωρίζουν τα πλαίσια αναφοράς των άλλων και να επαναδιατυπώνουν τα προβλήματα από τη σκοπιά των άλλων. Η μάθηση προωθείται μέσα από ομαδικές δράσεις, όπου ο εκπαιδευτής ενθαρρύνει τους εκπαιδευόμενους να αναλαμβάνουν ρόλους και πρωτοβουλίες, να επιχειρηματολογούν, να κρίνουν τις υποθέσεις και να δέχονται όλες τις απόψεις. Η νέα πληροφορία είναι απλά ένας ακόμη εκπαιδευτικός πόρος που πρέπει να ενσωματωθεί στα πλαίσια αναφοράς των εκπαιδευομένων μέσα από τις διαδικασίες του επανακαθορισμού των πλαισίων. Η μάθηση εγκαθίσταται μέσω ανακάλυψης και χρήσης μεταφορών που βοηθούν στον επανακαθορισμό και τη λύση των προβλημάτων που τίθενται. (Mezirow, Transformative Learning: Theory to Practice, 1997).

## Σύγκριση των θεωριών μάθησης

Με δεδομένη την πληθώρα θεωριών για τη μάθηση προκύπτει το ερώτημα του ποια προσέγγιση είναι η καλύτερη ή η πλέον ενδεδειγμένη για κάθε περίπτωση. Κατηγορηματική απάντηση δεν είναι δυνατό να υπάρξει. Η επιλογή εξαρτάται από τις παραμέτρους του προβλήματος, οι οποίες είναι πολλές και διαρκώς μεταβαλλόμενες. Η ενδεδειγμένη αντιμετώπιση σε ένα τμήμα αρχαρίων δε μπορεί να είναι ίδια μ’ αυτή ενός τμήματος προχωρημένων, ούτε να είναι απαράλλακτη στην αρχή και στο τέλος μιας πολύμηνης εκπαιδευτικής περιόδου. Ο σχεδιαστής της εκπαίδευσης έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει την πλέον πρόσφορη λύση χωρίς να είναι υποχρεωμένος να περιοριστεί σε μια «καθαρή» επιλογή. Μπορεί κάλλιστα να επιλέξει ένα συνδυασμό προσεγγίσεων με γνώμονα την καλύτερη επίτευξη των διδακτικών στόχων. Έτσι η κρίσιμη ερώτηση δεν είναι το «ποια είναι η καλύτερη θεωρία», αλλά το «ποια θεωρία είναι πιο αποτελεσματική στην κατάκτηση της γνώσης από συγκεκριμένους εκπαιδευόμενους» (Ertmer & Newby, 1993).

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ :** Το εργαστήριο στην εκπαίδευση



## Γενικά

Η πρακτική εφαρμογή των όσων διδάσκονται σε μια τάξη κατέχει κεντρική θέση σε όλες τις θεωρίες μάθησης που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Σε γενικές γραμμές αντανακλά μια καθολική αντίληψη, που εκφράζεται μέσα από την κινεζική ρήση: «ακούω και ξεχνώ, βλέπω και θυμάμαι, κάνω και καταλαβαίνω» (Ζαβλανός, 1987). Αυτή την αντίληψη ακολουθεί και το ωρολόγιο πρόγραμμα σπουδών στα ΕΠΑΛ, στους Τομείς και τις Ειδικότητες των οποίων οι ώρες διδασκαλίας των εργαστηριακών μαθημάτων αφορούν περίπου το 60% του εβδομαδιαίου προγράμματος της Β’ τάξης (esos, 2017) και το 50% του εβδομαδιαίου προγράμματος της Γ’ τάξης (esos, 2018).

Σε άρθρο της η ερευνήτρια Cristina Cuppi (Cuppi, 2012) γράφει: «Στα επαγγελματικά σχολεία τα εργαστήρια είναι επιφορτισμένα µε την εφαρμογή θεωρητικών αντιλήψεων, προσφέροντας εμπειρία κατάρτισης» και παρακάτω: «… η θεωρητική γνώση και η πρακτική δεν είναι ξεχωριστές στιγμές. Οι δραστηριότητες στο εργαστήριο οδηγούν τόσο σε γνωστικές όσο και χειρωνακτικές διαδικασίες, σε σύνθετη γνώση η οποία ενσωματώνει το μυαλό και το χέρι». Στην Τεχνική Επαγγελματική Εκπαίδευση αυτή η διαπίστωση εκφράζεται ιδιαίτερα εμφατικά: τα εργαστηριακά μαθήματα στοχεύουν τόσο στο να διδάξουν στους μαθητές/τριες τις δεξιότητες που είναι απαραίτητες για την εξάσκηση του μελλοντικού τους επαγγέλματος, όσο και να τους εξοικειώσουν με τις βασικές θεωρητικές αρχές του αντικειμένου των σπουδών τους.

Μια ματιά στο αναλυτικό πρόγραμμα των ΕΠΑΛ πχ. (ΥΠΑΙΘ, 2017) δείχνει ότι τα εργαστήρια που προορίζονται για να διδάξουν κυρίως δεξιότητες, είναι γενικά συγκεντρωμένα στη Γ’ τάξη (όπου υφίστανται Ειδικότητες, όπως Τεχνικών Οχημάτων, Βρεφονηπιοκόμων, κλπ), ενώ εκείνα που προορίζονται για να διδάξουν και θεωρητικές αρχές, είναι συγκεντρωμένα στη Β’ τάξη, όπου υπάρχουν γενικοί Τομείς (πχ. Μηχανολογικός, Υγείας – Πρόνοιας και Ευεξίας κλπ), πχ. (Δ.Δ.Ε. ΦΛΩΡΙΝΑΣ, 2016). Αυτά τα τελευταία είναι κατ’ ουσία εργαστήρια επιστημών εστιασμένα στο πεδίο ενδιαφέροντος του εκάστοτε Τομέα. Έτσι πολλά από τα εργαστήρια του Τομέα Ηλεκτρονικής, Ηλεκτρολογίας και Αυτοματισμού (που εμπλέκονται σ’ αυτή την εργασία), είναι κατ’ ουσία εργαστήρια φυσικών επιστημών.

## Ιστορική αναδρομή

Για το ρόλο του εργαστηρίου στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, πολλοί διδάσκοντες έχουν επισημάνει κατά τα τελευταία περίπου διακόσια χρόνια ότι η χρήση του μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν το φυσικό κόσμο (Clough, 2007). Κατά τον ίδιο, ένας κλασσικός ορισμός των δραστηριοτήτων του σχολικού εργαστηρίου επιστημών παραδεκτός κατά τον 19ο και σχεδόν όλο τον 20ο αιώνα θα ήταν: «μαθησιακές εμπειρίες κατά τις οποίες οι σπουδαστές αλληλεπιδρούν με αντικείμενα ή δευτερογενείς πηγές δεδομένων, για να παρατηρήσουν και να κατανοήσουν τη φύση του κόσμου». Αυτές ξεκίνησαν ως δραστηριότητες όπου δεδομένα συλλέγονταν για τη επαλήθευση μιας εκ των προτέρων γνωστής σχέσης και εξελίχτηκαν σε δραστηριότητες όπου οι σπουδαστές αναζητούν μοτίβα και συσχετίσεις στα δεδομένα που συλλέγουν.

Η παραπάνω αλλαγή συντελέστηκε σταδιακά στο δεύτερο μισό του 20ου αιώνα με την ενσωμάτωση των θεωριών μάθησης του Jerome Brunner, του Robert Gagne και του Jean Piaget στην εργαστηριακή διδακτική. Αυτό αντανακλά το πέρασμα από το Συμπεριφορισμό στις Γνωστικές θεωρίες μάθησης που προβλέπουν την ενεργό συμμετοχή των εκπαιδευόμενων στις διαδικασίες απόκτησης της γνώσης και μεθοδεύουν την ανάπτυξη ικανοτήτων επίλυσης προβλημάτων (Clough, 2007). Εντούτοις, σύντομα προέκυψαν αμφιβολίες στο κατά πόσο τα σχολικά εργαστήρια ήταν αποτελεσματικά στην προώθηση της μάθησης των επιστημών (Hofstein & Lunetta, 1982). Διαπιστώθηκαν σοβαρές αποκλίσεις μεταξύ των ακαδημαϊκών στόχων και των μαθησιακών αποτελεσμάτων και αναντιστοιχίες ανάμεσα στους σκοπούς των μαθητών που ακολουθούσαν τα εργαστηριακά προγράμματα και τους επιστημονικούς στόχους αυτών που σχεδίασαν τα προγράμματα. Επιπλέον παρόμοιες αναντιστοιχίες διαπιστώθηκαν στα εργαστηριακά εγχειρίδια πολλών προγραμμάτων σπουδών μεταξύ των δηλωμένων διδακτικών στόχων και των προτεινόμενων δραστηριοτήτων επίτευξης αυτών των στόχων (Tamir & Lunetta, 1981). Έτσι, παρά τις πολλές προσπάθειες αναμόρφωσης των εργαστηριακών διδακτικών μεθόδων, ερευνητές έχουν διαπιστώσει ότι ακόμη και ως πρόσφατα πολλά σχολικά εργαστηριακά προγράμματα εξακολουθούν να δίνουν έμφαση σε μια τελετουργική διαδικασία επαλήθευσης συμπερασμάτων εκ των προτέρων γνωστών, προκρίνοντας την κάλυψη ύλης σε βάρος της ανάπτυξης δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων (Clough, 2007).

Ανεξαρτήτως όμως των τρόπων διεξαγωγής της εργαστηριακής διδασκαλίας και των ακολουθούμενων θεωριών μάθησης, ανασκοπήσεις ερευνών έδειξαν ότι οι μαθητές/τριες γενικά απολάμβαναν την ενασχόληση στο εργαστήριο και ότι οι εργαστηριακές εμπειρίες είχαν ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη θετικής στάσης και την αύξηση του ενδιαφέροντός τους για τις επιστήμες (Hofstein & Lunetta, 1982). Η τρέχουσα τάση πάντως είναι προς την κατεύθυνση της διερευνητικής χρήσης των εργαστηρίων. Έρευνα του 2005 από τους Kipnis & Hofstein σε δυο ομάδες μαθητών που ολοκλήρωσαν ένα πρόγραμμα εργαστηριακής διδασκαλίας χημείας η μεν πρώτη με τον διερευνητικό τρόπο, η δε δεύτερη με τον επαληθευτικό, κατέληξε στο ότι η πρώτη ομάδα ανέπτυξε περισσότερο θετική στάση απέναντι στην εκμάθηση χημείας.

## Η χρήση του εργαστηρίου στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών

Στο βιβλίο του «Διδακτική Φυσικών Επιστημών» ο Μύρων Ζαβλανός αναφέρει ότι «Το εργαστήριο […] αποτελεί την καρδιά ενός αποτελεσματικού προγράμματος διδασκαλίας φυσικών επιστημών» (Ζαβλανός, 1987). Εκεί διακρίνει τις εξής πέντε βασικές λειτουργίες που συντελούνται σ’ αυτό και συμβάλλουν στην καλύτερη κατανόηση και εμπέδωση του μαθήματος:

1. «*Το εργαστήριο συμβάλλει στη μάθηση και στην κατανόηση της φύσης, των φυσικών επιστημών και της τεχνολογίας*». Στο εργαστήριο εμπεδώνεται η σχέση μεταξύ αιτίου και αποτελέσματος στα μελετώμενα φαινόμενα και η εφαρμογή τους στην πράξη θεμελιώνει την τεχνολογική τους διάσταση.
2. «*Το εργαστήριο συμβάλλει στη μάθηση και στην κατανόηση των δεξιοτήτων που είναι απαραίτητες για την επίλυση προβλημάτων*». Από τις παρατηρήσεις μπορούν να προκύψουν νέες ερμηνείες των φαινομένων. Μέσα από αυτές οι μαθητές/τριες μπορούν να αναπτύξουν κριτική σκέψη και να εξασκήσουν την ικανότητά τους στην επίλυση προβλημάτων.
3. «*Το εργαστήριο συμβάλλει στη μάθηση και στην κατανόηση πρακτικών δεξιοτήτων*». Τέτοιες δεξιότητες είναι, για παράδειγμα, ο χειρισμός οργάνων, η λήψη μετρήσεων κλπ.
4. «*Το εργαστήριο συμβάλλει στη μάθηση και στην κατανόηση των κυριότερων εννοιών και αρχών*». Οι εμπειρίες από τις παρατηρήσεις, τις ταξινομήσεις, τις συσχετίσεις και την εξαγωγή συμπερασμάτων οδηγούν στην καλύτερη κατανόηση των εννοιών και των επιστημονικών αρχών.
5. «*Το εργαστήριο συμβάλλει στην ανάπτυξη των ενδιαφερόντων και των αξιών*». Το ενδιαφέρον των μαθητών/τριών για τις επιστήμες αυξάνεται όταν τους δίνεται η ευκαιρία να πραγματοποιήσουν μόνοι τους πειράματα. Αυτό διαφαίνεται από έρευνες που προαναφέρθηκαν.

Στη συνέχεια ο συγγραφέας (Ζαβλανός, 1987) προτείνει έξι διαφορετικά είδη εργαστηριακών δραστηριοτήτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση:

1. «*Επαλήθευση στο εργαστήριο*». Οι μετρήσεις χρησιμοποιούνται για πειραματική επαλήθευση γνωστών φυσικών νόμων με σκοπό η αποκτούμενη εμπειρία να προωθήσει το ενδιαφέρον των μαθητών/τριών για την επιστήμη.
2. «*Εξερεύνηση στο εργαστήριο*». Οι μετρήσεις χρησιμοποιούνται για διερεύνηση των επιστημονικών σχέσεων και επέκταση των αρχικών παρατηρήσεων.
3. «*Επαγωγική δραστηριότητα στο εργαστήριο*». Επαληθεύονται ή διερευνώνται στοιχειώδεις σχέσεις μεταξύ απλών φαινομένων, από τις οποίες οι μαθητές/τριες καλούνται να πραγματοποιήσουν συνθέσεις με σκοπό να καταλήξουν σε κάποιο γενικότερο νόμο. Οδηγούνται έτσι από τα μέρη στο όλον.
4. «*Παραγωγική δραστηριότητα στο εργαστήριο*». Αναλύεται εξαρχής κάποιος γενικός νόμος και πάνω στις νέες πληροφορίες οι μαθητές/τριες καλούνται να μεθοδεύσουν πειράματα με σκοπό τη διερεύνηση των εκφράσεων του νόμου σε επιμέρους περιπτώσεις. Οδηγούνται έτσι από το όλον στα μέρη.
5. «*Ανάπτυξη δεξιοτήτων στο εργαστήριο*». Βεβαιώνεται η γνώση του χειρισμού και της χρήσης συσκευών και οργάνων. Σχετίζεται άμεσα με την επάρκεια του διαθέσιμου χρόνου για τέτοιες δραστηριότητες.
6. «*Ανάπτυξη μεθόδων και διαδικασιών στο εργαστήριο*». Γίνεται εξοικείωση με τις ερευνητικές επιστημονικές διαδικασίες, όπως η παρατήρηση, η μέτρηση, η ταξινόμηση, η αναγνώριση και ο έλεγχος των μεταβλητών κλπ.

## Εργαστήριο και θεωρίες μάθησης

Οι παραπάνω λειτουργίες και δραστηριότητες βρίσκουν εφαρμογή σε όλα τα μοντέλα εργαστηριακής εκπαίδευσης τα συμβατά με τις τρέχουσες και τις παλιότερες θεωρίες μάθησης. Για παράδειγμα, η σχεδίαση μιας εργαστηριακής διδασκαλίας σύμφωνης με τη συμπεριφορική προσέγγιση, περιλαμβάνει ένα φύλλο εργασίας με σαφείς, βήμα προς βήμα, οδηγίες εκτέλεσης των απαραίτητων δραστηριοτήτων, οι οποίες στοχεύουν στην επαλήθευση των μελετώμενων αρχών και νόμων που έχουν διδαχθεί στο θεωρητικό μέρος του μαθήματος. Οι εκπαιδευτικοί παρακολουθούν από κοντά την εξέλιξη των εργασιών, καθοδηγούν τους μαθητές/τριες στη διεξαγωγή τους και εφαρμόζουν ενίσχυση υπό μορφή ενθάρρυνσης, αποφεύγοντας τα αρνητικά σχόλια.

Η ίδια διδασκαλία σύμφωνα με τη γνωστική προσέγγιση ξεκινά με λεπτομερή παρουσίαση των στόχων και του αντικειμένου της άσκησης, όπου γίνεται προσπάθεια να συνδεθούν με τις καθημερινές εμπειρίες των μαθητών/τριών (πχ. σύγκριση της ροής του ηλεκτρικού ρεύματος στους αγωγούς με τη ροή του νερού στους σωλήνες – υδραυλικό ανάλογο). Οι δραστηριότητες εξελίσσονται όπως στο συμπεριφορισμό, όμως στο τέλος οι μαθητές καλούνται και να ερμηνεύσουν τα αποτελέσματα χρησιμοποιώντας τις αναλογίες που τέθηκαν στην εισαγωγή της άσκησης.

Η εργαστηριακή διδασκαλία σύμφωνα με την εποικοδομητική προσέγγιση βασίζεται στον συνεργατικό τρόπο εργασίας και ζητείται από τους μαθητές/τριες να συναποφασίσουν για τον τρόπο αντιμετώπισης ενός προβλήματος που απαιτεί ανάλυση και σχεδιασμό. Εφαρμόζονται παραγωγικές δραστηριότητες και οι εκπαιδευτικοί βοηθούν τους εκπαιδευόμενους/ες σ’ αυτή τη διαδικασία, αποφεύγοντας όμως να προτείνουν έτοιμες λύσεις, ή καθοδήγηση προς την «ενδεδειγμένη» κατεύθυνση.

Τέλος ένα εργαστήριο κατά τη μετασχηματιστική θεωρία είναι ίδιο μ’ ένα εργαστήριο εποικοδομητικής προσέγγισης, με τη διαφορά ότι στην εισαγωγή οι (μάλλον ενήλικες) εκπαιδευόμενοι χρειάζεται να έρθουν αντιμέτωποι με κάποιο πρόβλημα που να καταδεικνύει την ανεπάρκεια των κατεστημένων απόψεών τους, ώστε να οδηγηθούν σε διαπραγμάτευση μέσα στις ομάδες τους για να καταλήξουν σε κοινά αποδεκτή λύση. Οι εκπαιδευτικοί συντονίζουν τη διαδικασία, αλλά αποφεύγουν να καθοδηγούν.

## Μια εργαστηριακή διδασκαλία κατά τη συμπεριφορική προσέγγιση

Η εργαστηριακή διδασκαλία σύμφωνα με την προσέγγιση του συμπεριφορισμού βασίζεται στο μοντέλο της «κατευθυνόμενης διδασκαλίας». Ο εκπαιδευτικός είναι ο κύριος υπεύθυνος της διδακτικής διαδικασίας και αυτός που κατέχει και παρουσιάζει τη γνώση, ενώ οι μαθητές/τριες απλώς την αποδέχονται, όπως τους προσφέρεται. Οι εργασίες ολοκληρώνονται κατά βήματα, ακολουθώντας λεπτομερείς οδηγίες κάτω από συνεχή ανατροφοδότηση και στο τέλος τα συμπεράσματα συνθέτονται για την επίτευξη των γενικών στόχων της διδασκαλίας. Από τις δραστηριότητες που παρατέθηκαν στην προηγούμενη ενότητα, οι πλέον συμβατές μ’ αυτό το μοντέλο είναι η επαλήθευση στο εργαστήριο, η επαγωγική δραστηριότητα και η ανάπτυξη δεξιοτήτων. Όσο για την ίδια τη διδασκαλία, αυτή διακρίνεται σε τρεις φάσεις: τη φάση του προσανατολισμού, που αποσκοπεί στη διέγερση του ενδιαφέροντος των μαθητών, τη φάση της παρουσίασης, όπου αναλύονται ο τρόπος διεξαγωγής της άσκησης και οι απαραίτητες δραστηριότητες και τη φάση της δομημένης, καθοδηγούμενης και ανεξάρτητης πρακτικής, όπου εκτελούνται οι εργασίες του κύριου κορμού της εργαστηριακής διδασκαλίας (Joyce, Weil, & Calhoun, 2004) από (Βλαχοκυριάκου, Πανέτσος, Τσαρτσόλης, & Μαυροπούλου, 2015). Τα παραπάνω δίνονται στην τάξη και σε γραπτή μορφή, είτε απευθείας από το σχολικό εργαστηριακό εγχειρίδιο, είτε μέσω φύλλων εργασίας που προετοιμάζουν οι εκπαιδευτικοί του εργαστηρίου. Ένα τέτοιο κείμενο θα περιέχει τα εξής:

1. Φάση προσανατολισμού. Οι μαθητές ενημερώνονται για το τι θα μάθουν, γιατί πρέπει να το μάθουν και πώς αυτό που θα μάθουν συνδέεται με όσα γνωρίζουν.
2. Φάση παρουσίασης. Αναλύεται βήμα προς βήμα, με πολλά παραδείγματα και με κάθε διαθέσιμο εποπτικό μέσο το περιεχόμενο της άσκησης, λύνονται απορίες και οι εκπαιδευτικοί υποβάλλουν ερωτήσεις για να διαπιστώσουν και να αποκαταστήσουν το επιθυμητό επίπεδο κατανόησης στην τάξη.
3. Φάση δομημένης, καθοδηγούμενης και ανεξάρτητης πρακτικής. Στη δομημένη φάση οι μαθητές/τριες εκτελούν τις προτεινόμενες εργασίες καθοδηγούμενοι διαρκώς από τους εκπαιδευτικούς, οι οποίοι τους ενθαρρύνουν με θετικά σχόλια και τους διορθώνουν άμεσα τα λάθη. Στην καθοδηγούμενη φάση οι μαθητές λαμβάνουν λιγότερη βοήθεια και τα λάθη τους διορθώνονται στο τέλος. Στην ανεξάρτητη φάση περνούν όταν έχουν ελαχιστοποιήσει τα λάθη τους (κάτω του 15%) και πλέον μπορούν να εργαστούν μόνοι τους με ελάχιστη, ή καθόλου βοήθεια. Τότε γίνεται και η αξιολόγησή τους, η οποία βασίζεται στην ποιότητα των εκτελούμενων έργων, στην ακρίβεια των μετρήσεων, στην επάρκεια των εξαγόμενων συμπερασμάτων κλπ.

## Μια εργαστηριακή διδασκαλία κατά την εποικοδομητική προσέγγιση

Σύμφωνα με την εποικοδομητική προσέγγιση η εργαστηριακή διδασκαλία αποσκοπεί στο να μπορέσουν οι μαθητές/τριες να κατασκευάσουν μόνοι τους τη νέα τους γνώση, συνδυάζοντας τις προϋπάρχουσες εμπειρίες τους με τις εμπειρίες που αποκτούν από την εκτέλεση της άσκησης. Οι εργασίες γίνονται κατά ομάδες, ώστε να ενισχυθούν οι δυνατότητες κοινωνικής αλληλεπίδρασης μεταξύ τους. Η ευθύνη της διδακτικής ολοκλήρωσης μεταφέρεται σ’ αυτούς και ο εκπαιδευτικός δεν λειτουργεί πλέον ως πάροχος της γνώσης, αλλά ως καθοδηγητής στη διαδικασία οικοδόμησης της νέας γνώσης. Από τις δραστηριότητες που παρατέθηκαν στην προηγούμενη ενότητα, οι πλέον συμβατές μ’ αυτό το μοντέλο διδασκαλίας είναι η εξερεύνηση στο εργαστήριο και η παραγωγική δραστηριότητα. Σύμφωνα με κάποιες από τις προτάσεις του Shiland για την εποικοδομητική προσέγγιση, η μάθηση απαιτεί διανοητική επεξεργασία, επηρεάζεται από τις προσωπικές θεωρίες των μαθητών, προκύπτει από την έλλειψη ικανοποίησης από την τρέχουσα γνώση τους, έχει κοινωνική διάσταση και χρειάζεται εφαρμογή για να εμπεδωθεί (Shiland, 1999). Βάσει των παραπάνω, το εργαστήριο καλό είναι να διδάσκεται στην αρχή του σχετικού κεφαλαίου, ώστε να διεγείρει το ενδιαφέρον της τάξης και τα φύλλα εργασίας που το συνοδεύουν να εξασφαλίζουν τα εξής (IQST, 1999):

* Ενημέρωση για το γενικό αντικείμενο της εργασίας και τη γνωστική περιοχή που αφορά.
* Εμπλοκή των μαθητών/τριών στη σχεδίαση, την τροποποίηση ή την απλοποίηση των διαδικασιών της άσκησης.
* Εμπλοκή των μαθητών/τριων στην πρόβλεψη και ερμηνεία των αποτελεσμάτων βάσει της τρέχουσας γνώσης τους, με σκοπό την ανάδειξη της ανεπάρκειάς της.
* Παρουσίαση της άσκησης ως πρόβλημα χωρίς προφανή τρόπο επίλυσης και αποφυγή της ανάλυσης των εργασιών σε λεπτομερή βήματα προς εκτέλεση.
* Συνεργατική επίλυση του προβλήματος της άσκησης μέσω συζήτησης και αλληλεπιδράσεων μεταξύ των μελών των ομάδων. Ο εκπαιδευτικός αποφεύγει να επεξηγεί, να υποδεικνύει ή να δίνει άμεσες απαντήσεις και περιορίζεται στο να διεγείρει τη συζήτηση και να καθοδηγεί σε εναλλακτικούς τρόπους λύσης.
* Εκτέλεση των συμφωνηθέντων έργων και ομαδική εξαγωγή συμπερασμάτων. Παρουσίαση των συμπερασμάτων στην τάξη.
* Δυνατότητα παρουσίασης στην τάξη διαφόρων εφαρμογών, στηριγμένων πάνω στη νεοαποκτηθείσα γνώση.
* Η (αυτο)αξιολόγηση γίνεται με τη μέθοδο portfolio (φάκελος επιτευγμάτων).

## Η εργαστηριακή διδασκαλία στα ΕΠΑΛ

Ποιο λοιπόν από τα παραπάνω μοντέλα διδασκαλίας εφαρμόζεται στην τρέχουσα εργαστηριακή πρακτική της Τεχνικής Επαγγελματικής Εκπαίδευσης της χώρας μας; Μια ματιά στα αναλυτικά και ωρολόγια προγράμματα των τομέων και ειδικοτήτων των ΕΠΑΛ πχ. (esos, 2017), (esos, 2018) και στα αντίστοιχα εργαστηριακά εγχειρίδια πχ. (Ψηφιακό Σχολείο, 2018), δείχνει ότι στις προτεινόμενες ασκήσεις κυριαρχεί εξ ολοκλήρου το μοντέλο της συμπεριφορικής προσέγγισης της μάθησης. Αυτό, βέβαια, δεν είναι τυχαίο. Σε μαθήματα όπου διδάσκονται δεξιότητες, όπως π.χ. οι Εσωτερικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις ή η Τεχνολογία Μηχανολογικών Κατασκευών, η καθοδηγητική διδασκαλία είναι μονόδρομος. Δεν είναι δυνατό να αποκτηθούν διαφορετικά δεξιότητες όπως η πραγματοποίηση ασφαλών ηλεκτρικών συνδέσεων, ή η κατεργασία μεταλλικών δοκιμίων. Στα υπόλοιπα εργαστηριακά μαθήματα η εφαρμογή του εποικοδομητικού μοντέλου εμποδίζεται κυρίως από την έλλειψη, ή την ανεπάρκεια, προϋπάρχουσας γνώσης.

## Εργαστήριο και ΤΠΕ

Ο όρος Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) καλύπτει οτιδήποτε σχετίζεται με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, τα δίκτυα υπολογιστών, το διαδίκτυο, τον παγκόσμιο ιστό, τις υπηρεσίες πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών και γενικά ότι αφορά το υλικό και το λογισμικό των ηλεκτρονικών υπολογιστών (Βλαχοκυριάκου, Πανέτσος, Τσαρτσόλης, & Μαυροπούλου, 2015). Η χρήση των ΤΠΕ στην εκπαίδευση έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη πολλών εκπαιδευτικών εφαρμογών, που γενικά μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες (Πηλιούρας & al, 2013):

* τα συστήματα καθοδηγούμενης ανακάλυψης,
* τα περιβάλλοντα αναζήτησης πληροφορίας, επικοινωνίας και συνεργασίας,
* τα περιβάλλοντα μάθησης μέσω διερεύνησης και ανακάλυψης.

Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν λογισμικά εξάσκησης (drill and practice), που υποστηρίζουν ασκήσεις πάνω σε θεωρητικά θέματα, και τα λογισμικά αυτοδιδασκαλίας (tutorials) τα οποία είναι εικονικοί εκπαιδευτές που παρέχουν και αξιολόγηση.

Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα ολοκληρωμένα εκπαιδευτικά λογισμικά μάθησης. Αυτά περιέχουν εκπαιδευτικό υλικό, πληροφορίες για τους χρήστες και ένα ευφυές σύστημα διαχείρισης, που επιτρέπει τη δημιουργία εικονικών τάξεων, συνεργατικών ομάδων, αλληλεπίδραση μεταξύ των χρηστών, διαμοίραση υλικού και γενικά υποστήριξη εξ αποστάσεως εκπαίδευσης.

Στην τρίτη κατηγορία, μαζί με τα εκπαιδευτικά παιχνίδια και τα λογισμικά επίλυσης προβλημάτων, ανήκουν και τα λογισμικά προσομοίωσης (simulators), τα οποία βρίσκουν μεγάλη εφαρμογή στην εργαστηριακή διδασκαλία και εξετάζονται διεξοδικά στο επόμενο κεφάλαιο.

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ :** Οι προσομοιώσεις



## Τι είναι προσομοίωση

Για την επιστημονική μελέτη των φυσικών, οικονομικών, κοινωνιολογικών ή άλλων συστημάτων, οι ερευνητές συχνά χρησιμοποιούν τον πειραματισμό, που είναι η αναπαραγωγή της λειτουργίας των συστημάτων κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες. Κατόπιν επινοούν μαθηματικά μοντέλα, στα οποία ενσωματώνουν τις εξεταζόμενες ιδιότητες του συστήματος και τα υποβάλουν σε έλεγχο. Εφόσον αποδειχτούν επιτυχή, μπορούν εφεξής να χρησιμοποιούνται για την αναλυτική επίλυση και πρόβλεψη των αποκρίσεων του πραγματικού συστήματος. Όπου η αναλυτική επίλυση δεν είναι εφικτή ή πρόσφορη, μπορεί η πραγματική κατάσταση να αναπαραχθεί τεχνητά με τη βοήθεια κάποιου μοντέλου που επιλύεται προσεγγιστικά με αριθμητικές μεθόδους και τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή. Η διαδικασία αυτή λέγεται προσομοίωση. (Διαμαντοπούλου & Χιωτίδης, 2010). Το μοντέλο αντιπροσωπεύει το εξεταζόμενο φαινόμενο, ενώ η προσομοίωση αντιπροσωπεύει τη λειτουργία του. Έτσι λοιπόν «προσομοίωση είναι η προσεγγιστική απομίμηση της λειτουργίας μιας πραγματικής διεργασίας, ή ενός φυσικού συστήματος». (Banks, Carson, Nelson, & Nickol, 2001).

Στο σημείο αυτό πρέπει να γίνει διάκριση ανάμεσα στον όρο «προσομοίωση» (simulation) και στον όρο «εξομοίωση» (emulation). Η προσομοίωση είναι η απομίμηση της λειτουργίας ενός συστήματος με τη βοήθεια ενός άλλου συστήματος (συνήθως ηλεκτρονικού υπολογιστή), ενώ εξομοίωση είναι η αναπαραγωγή της λειτουργίας του συστήματος με ένα άλλο σύστημα παρόμοιο με το αρχικό (Διαμαντοπούλου & Χιωτίδης, 2010).

## Μοντέλα και κατηγορίες προσομοιώσεων

Η στρατηγική που ακολουθείται από το λογισμικό που εκτελείται σε κάποιον ηλεκτρονικό υπολογιστή για την εκτέλεση μιας προσομοίωσης, εξαρτάται από το είδος του μοντέλου που έχει ενσωματωθεί σ’ αυτό. Τα μοντέλα διακρίνονται σε στατικά, δυναμικά, καθοριστικά και στοχαστικά. Τα στατικά μοντέλα δεν εμφανίζουν μεταβολές συναρτήσει του χρόνου, ενώ τα δυναμικά μοντέλα μεταβάλλονται με την πάροδο του χρόνου και επιπλέον διακρίνονται σε διακριτού χρόνου, συνεχούς χρόνου και υβριδικά. Τα καθοριστικά (ντετερμινιστικά) μοντέλα δεν έχουν μεταβλητές που μπορούν να πάρουν τυχαίες τιμές, ενώ τα στοχαστικά μοντέλα περιλαμβάνουν μια τουλάχιστον μεταβλητή που παίρνει τυχαίες τιμές. Έτσι, αναλόγως των μοντέλων τους οι προσομοιώσεις διακρίνονται σε συνεχείς, διακριτών γεγονότων, υβριδικές ή μεικτές, καθοριστικές και στοχαστικές (Διαμαντοπούλου & Χιωτίδης, 2010).

* Οι συνεχείς προσομοιώσεις είναι εκείνες στις οποίες ο χρόνος εξελίσσεται με συνεχή τρόπο, στο βαθμό βεβαίως που αυτή η συνέχεια προσεγγίζεται από τον τρόπο λειτουργίας ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή. Αυτές οι προσομοιώσεις βασίζονται στη λύση των ολοκληρωτικών – διαφορικών εξισώσεων που περιγράφουν τη λειτουργία του συστήματος, η οποία γίνεται με αριθμητικές – προσεγγιστικές μεθόδους.
* Οι προσομοιώσεις διακριτών γεγονότων είναι εκείνες στις οποίες ο χρόνος εξελίσσεται ασυνεχώς σε χαρακτηριστικά βήματα και οι τιμές των μεταβλητών δεν έχουν νόημα μεταξύ αυτών των βημάτων.
* Οι μεικτές προσομοιώσεις είναι συνδυασμός των συνεχών προσομοιώσεων και των προσομοιώσεων διακριτών γεγονότων. Βασίζονται στη λύση των εξισώσεων του συστήματος με αριθμητικές μεθόδους μεταξύ δύο διαδοχικών γεγονότων, έτσι ώστε να μειώνεται το πλήθος των ασυνεχειών.
* Οι καθοριστικές προσομοιώσεις είναι εκείνες στις οποίες οι σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών καθορίζονται από αιτιοκρατικούς αλγόριθμους, με αποτέλεσμα αλλεπάλληλες προσομοιώσεις που ξεκινούν από τις ίδιες αρχικές συνθήκες, να καταλήγουν πάντοτε στα ίδια αποτελέσματα.
* Οι στοχαστικές προσομοιώσεις είναι εκείνες στις οποίες κάποιες μεταβλητές, ή κάποιες διαδικασίες λαμβάνουν τιμές οι οποίες προκύπτουν από γεννήτριες ψευδοτυχαίων αριθμών και βασίζονται στις στατιστικές μεθόδους Monte Carlo. Μ’ αυτό τον τρόπο αλλεπάλληλες προσομοιώσεις που ξεκινούν από τις ίδιες αρχικές συνθήκες, δεν καταλήγουν στα ίδια αποτελέσματα.

## Εφαρμογές των προσομοιώσεων

Η γενικότητα που χαρακτηρίζει ως μέθοδο την προσομοίωση, της επιτρέπει να βρίσκει εφαρμογή σε ευρύτατο φάσμα προβλημάτων, τόσο σε επιστημονικά πεδία, όσο και στην καθημερινή ζωή. Μεταξύ αυτών συμπεριλαμβάνονται προσομοιώσεις οικονομικών διεργασιών, ιατρικών πράξεων, μηχανικών συστημάτων, διαδραστικών συστημάτων χειρισμού (π.χ. προσομοιωτές οδήγησης ή πτήσης), κυκλοφοριακών συστημάτων επίγειων, θαλάσσιων ή εναέριων μεταφορών, συστημάτων εξυπηρέτησης κοινού κ.α.

Γενικά προσομοιώσεις χρησιμοποιούνται για τη μελέτη της συμπεριφοράς των συστημάτων, τον έλεγχο υποθέσεων ή θεωριών που μπορούν να εξηγήσουν αυτή τη συμπεριφορά και τη διατύπωση προβλέψεων για τη συμπεριφορά τους στο μέλλον. Επίσης προσομοιώσεις χρησιμοποιούνται εξ ανάγκης, όταν τα μελετώμενα συστήματα είναι απρόσιτα, επικίνδυνα, ή κατά το χρόνο της μελέτης, ακόμη ανύπαρκτα. Στην περίπτωση αυτή οι προσομοιώσεις επιτρέπουν την αξιολόγηση της απόδοσης των συστημάτων, πριν αυτά κατασκευαστούν, με σκοπό τη βελτιστοποίηση της σχεδίασης και της χρήσης τους (Διαμαντοπούλου & Χιωτίδης, 2010). Η αξία όλων αυτών έγκειται κυρίως στο ότι παρέχουν τη δυνατότητα να δοκιμάζονται εναλλακτικές λύσεις σε δεδομένα προβλήματα σχεδόν χωρίς πρόσθετο κόστος.

Τέλος οι προσομοιώσεις αποτελούν ένα πολύ σημαντικό μέρος των Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνιών που χρησιμοποιούνται στην εκπαίδευση. Κάποιες από αυτές αποτελούν αντικείμενο μελέτης της παρούσας εργασίας και παρουσιάζονται παρακάτω.

## Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των προσομοιώσεων

Οι προσομοιώσεις έχουν ευρύ πεδίο εφαρμογών, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κάθε περίπτωση. Μαζί με το είδος του προβλήματος που καλούνται να αντιμετωπίσουν πρέπει να συνεκτιμώνται και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που παρουσιάζουν. Αυτά είναι τα εξής (Κόμης & al, 2008):

Πλεονεκτήματα:

* Αποτελούν συχνά τη μόνη λύση για τη μελέτη απροσπέλαστων συστημάτων.
* Το κόστος της χρήσης τους είναι γενικά μικρότερο από το κόστος χρήσης των πραγματικών συστημάτων.
* Διευκολύνουν την αντίληψη των σχέσεων ανάμεσα στις μεταβλητές των προβλημάτων χάρη στον ευκολότερο χειρισμό των μεταβλητών.
* Παρέχουν πάντοτε ασφαλές περιβάλλον χρήσης, σε αντίθεση με πολλά από τα πραγματικά πειράματα που προσομοιώνουν.
* Δίνουν τη δυνατότητα επανάληψης του ιδίου φαινομένου κατά βούληση.
* Δίνουν τη δυνατότητα πολύπλευρης εξέτασης των συστημάτων, επιτρέποντας πχ. προσαρμογή της χρονικής κλίμακας, ή παρέχοντας πρόσβαση και σε μη παρατηρήσιμες παραμέτρους.

Μειονεκτήματα:

* Απαιτούν συχνά σημαντικό χρόνο και μεγάλο κόστος ανάπτυξης.
* Δεν είναι πάντοτε η καταλληλότερη μέθοδος αντιμετώπισης του μελετώμενου προβλήματος
* Δεν υπάρχει εγγύηση ότι θα οδηγήσουν στην καλύτερη δυνατή λύση.
* Μπορεί να μην προσομοιώνουν με ακρίβεια τη μελετώμενη κατάσταση.
* Ενίοτε τα μοντέλα που διέπουν τη λειτουργία τους, μπορεί να υπόκεινται σε περιορισμούς λόγω πνευματικών δικαιωμάτων.

## Οι προσομοιώσεις στην εκπαίδευση

Τα πλεονεκτήματα των προσομοιώσεων είναι τέτοια, που καθιστούν πολύτιμη την εφαρμογή τους στην εκπαίδευση, ενώ τα μειονεκτήματά τους είναι μικρής σημασίας σ’ αυτόν τον τομέα. Η ευρεία διάδοση των ψηφιακών τεχνολογιών από τα τέλη του 20ου αιώνα και εφεξής έχει προσφέρει σημαντικούς νέους πόρους προσομοίωσης για τη διδασκαλία και την εκμάθηση των επιστημών (Lunetta, Hoffstein, & Clough, 2005). Διαπιστώνεται ότι «η προσομοίωση σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, ως παιδαγωγική μέθοδος, διαδραματίζει ουσιαστικό ρόλο στην εκπαιδευτική διαδικασία, επιδρώντας στο ρόλο του εκπαιδευτικού και των μαθητών/τριών, στην παροχή των γνώσεων στο σχολείο και στην ηθική και κοινωνική διάσταση της εκπαίδευσης» (Holberg, Midoro, & Κούτρα, 2001). Έχει διατυπωθεί ακόμη η άποψη ότι οι εργαστηριακές δραστηριότητες στα σχολεία είναι και αυτές ένα είδος προσομοιώσεων κάποιων δραστηριοτήτων που συμβαίνουν στα εργαστήρια των ερευνητών επιστημόνων (Κουλαϊδής & Τσατασαρώνη, 2001από (Βρατσάλης, 2018)).

Εντούτοις, η εφαρμογή των προσομοιώσεων στην εκπαίδευση προκαλεί και κάποιον προβληματισμό. Καθώς τα παιδιά στις τεχνολογικά προηγμένες κοινωνίες της εποχής μας κατακλύζονται από τις εικονικές εμπειρίες των ψηφιακών βιντεοπαιχνιδιών, έχουν συνηθίσει να μεταπηδούν από την πραγματική στην εικονική πραγματικότητα και πίσω, χωρίς να προσέχουν τη διαφορά. Τα νέα ψηφιακά εργαλεία θολώνουν το όριο μεταξύ της μάθησης με πραγματικά εργαστήρια και της μάθησης μέσω προσομοιώσεων, που είναι αναπαραστάσεις της πραγματικότητας (Lunetta, Hoffstein, & Clough, 2005). Αυτό ενέχει τον κίνδυνο σύγχυσης μεταξύ προσόμοιου και πραγματικού, και επιπλέον η ευκολία χειρισμού των μεταβλητών στις προσομοιώσεις μπορεί να δημιουργήσει την ψευδαίσθηση ότι και οι μεταβλητές σε μια φυσική διαδικασία μπορούν εξίσου εύκολα να ελεγχθούν (Δημητρακοπούλου, 1999). Έτσι μπορεί να προκύψουν λαθεμένες αντιλήψεις γι’ αυτές τις ίδιες τις πραγματικές καταστάσεις και κατ’ επέκταση και για τις προσόμοιές τους. Δεν αποτελεί όμως αυτό λόγο για να εξοβελιστούν οι προσομοιώσεις από την εκπαίδευση. Απλώς είναι απαραίτητο να αποσαφηνίζεται στο πλαίσιο της εκπαιδευτικής διαδικασίας ο συμπληρωματικός ρόλος τους στη μάθηση (Βρατσάλης, 2018).

Τα εικονικά πειράματα πλεονεκτούν απέναντι στα φυσικά, γιατί απαιτούν μικρότερο χρόνο προετοιμασίας, δίνουν πρόσβαση σε μη παρατηρήσιμα μεγέθη και παρέχουν τα ερευνητικά αποτελέσματα αμέσως, δίνοντας χρόνο στους μαθητές/τριες να συγκεντρώσουν περισσότερες πληροφορίες. Παράλληλα όμως μειονεκτούν στο ότι δεν τους επιτρέπουν να αντιληφθούν τους φυσικούς περιορισμούς των πειραματισμών και να αναπτύξουν τις απαραίτητες πρακτικές δεξιότητες. Έτσι αποδεικνύεται πλεονεκτικότερος ο συνδυασμός της διδασκαλίας με φυσικά και εικονικά εργαστήρια, τόσο απέναντι στη διδασκαλία με μόνο φυσικά, όσο και στη διδασκαλία με μόνο εικονικά εργαστήρια (de Jong, Linn, & Zacharia, 2013).

## Χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών προσομοιώσεων

Σε μια εκπαιδευτική προσομοίωση, αλλά γενικότερα και σε κάθε προσομοίωση διακρίνουμε τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

* Το περιβάλλον διεπαφής του χρήστη (user interface). Αυτό σχετίζεται με την επιλογή των πολυμέσων που καθορίζουν τη μορφή με την οποία παρουσιάζεται η προσομοίωση στο χρήστη, αλλά και τους απαραίτητους χειρισμούς που αυτός πρέπει να εκτελεί, προκειμένου να ελέγχει το προσόμοιο.

Τα σύγχρονα περιβάλλοντα προσομοίωσης είναι πολύ φιλικά προς το χρήστη και προσφέρουν μεγάλη αληθοφάνεια αναπαραστάσεων. Ένας μεγάλος όμως όγκος προσφερόμενων πληροφοριών μπορεί να επισκιάσει στοιχεία που έχουν κεντρικό ενδιαφέρον και γι’ αυτό, η κατάλληλα αφαιρετική σχεδίαση είναι σημαντική για τη διδακτική λειτουργικότητα της προσομοίωσης. Αυτή η αφαίρεση δεν πρέπει όμως να υποβαθμίζει την πιστότητα της προσομοίωσης (simulation fidelity), η οποία ορίζεται ως ο βαθμός στον οποίο ο προσομοιωτής αναπαράγει την πραγματικότητα. Μια προσομοίωση υψηλής πιστότητας μπορεί να γίνει αρκετά πειστική στους εκπαιδευόμενους, ώστε να τους κάνει να συμπεριφερθούν όπως και στον πραγματικό κόσμο (Τσιραντωνάκη, 2013).

* Τη διαδικασία μετασχηματισμού. Αφορά τις παραδοχές και τις απλοποιήσεις που έχουν εφαρμοστεί στην επιστημονική θεωρία, προκειμένου από τον πολύπλοκο φυσικό κόσμο να προκύψει ένα λειτουργικό πληροφοριακό σενάριο κατάλληλο για την ανάπτυξη του λογισμικού του προσομοιωτή.

Ο πηγαίος κώδικας του λογισμικού προκύπτει από τα μαθηματικά μοντέλα που αναπαράγουν τους φυσικούς, οικονομικούς κ.α. νόμους στους οποίους στηρίζεται η προσομοίωση και καθορίζει τη ρεαλιστική συνέπεια, με την οποία οι χειρισμοί προκαλούν επιστημονικά αποδεκτές αποκρίσεις. Επιδιώκεται να είναι επιστημονικά συνεπής η λειτουργία της προσομοίωσης, ώστε να αποφεύγονται οι ασύμφωνες με τη θεωρία εξελίξεις των εικονικών φαινομένων, που μπορούν να δημιουργήσουν εσφαλμένες αντιλήψεις στους εκπαιδευόμενους.

* Την ελευθερία ελέγχου του χρήστη. Αφορά τις δυνατότητες που δίνονται στο χρήστη, προκείμενου να παρεμβαίνει στη συμπεριφορά και τις λειτουργικές παραμέτρους του λογισμικού.

Αυτός ο έλεγχος είναι καθοριστικός για τη μορφή της αλληλεπίδρασης του χρήστη με το προσόμοιο. Στην απλούστερη μορφή ο χρήστης περιορίζεται στο να εκκινεί την προσομοίωση και να παρακολουθεί την εξέλιξη του φαινομένου. Στην πλέον σύνθετη μορφή, έχει πλήρη ελευθερία ελέγχου και μπορεί να συνθέτει πειραματικές διατάξεις, να ρυθμίζει παραμέτρους και να δοκιμάζει διάφορα σενάρια εξέλιξης των φαινομένων. Μπορεί ακόμη να συνθέτει δικά του εντελώς φανταστικά περιβάλλοντα, ορίζοντας τους νόμους και τις σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων του εικονικού κόσμου. Οι διάφοροι βαθμοί ελευθερίας ελέγχου της προσομοίωσης καθορίζουν και τη διδακτική προσέγγιση της χρήσης της.

## Τύποι εκπαιδευτικών προσομοιώσεων

Βάσει των βαθμών ελευθερίας ελέγχου που προσφέρουν στο χρήστη οι εκπαιδευτικές προσομοιώσεις διακρίνονται σε κλειστού τύπου, σε παραμετρικές και σε εικονικά εργαστήρια ανοικτού τύπου, ή μικρόκοσμους.

* Ο προσομοιώσεις κλειστού τύπου είναι απλές επιδείξεις φαινομένων και εννοιών. Ο κατασκευαστής τους έχει επιλέξει τα όργανα και τις συσκευές που τις απαρτίζουν και έχει καθορίσει τους νόμους βάσει των οποίων εξελίσσονται τα φαινόμενα. Ο χρήστης διαθέτει ελάχιστο έλεγχο και μπορεί μόνο να εκκινήσει ή να διακόψει την προσομοίωση. Σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να του παρέχεται η δυνατότητα να ορίσει την αρχική τιμές κάποιας μεταβλητής, προκειμένου να εξετάσει την επίδρασή της στην εξέλιξη του φαινομένου (Leutner, 1993).
* Οι παραμετρικές προσομοιώσεις προσφέρουν στο χρήστη τη δυνατότητα να μεταβάλλει την τιμή μιας οι περισσότερων προκαθορισμένων μεταβλητών, από τις οποίες εξαρτάται η εξέλιξη του φαινομένου. Η μεταβολή μπορεί να είναι είτε συνεχής, είτε κλιμακωτή. Η εικόνα της προσομοίωσης, το πεδίο των φαινομένων και η λειτουργικότητα των αντικειμένων είναι εξίσου αυστηρά καθορισμένα, όπως και στις προσομοιώσεις κλειστού τύπου (De Jong & Van Joolingen, 1992). Οι προσομοιώσεις αυτές είναι κατάλληλες για τη διερεύνηση των φαινομένων με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων για τις θεωρητικές σχέσεις μεταξύ των μεγεθών που εμπλέκονται σ’ αυτά.
* Τα εικονικά εργαστήρια ανοικτού τύπου, που για τις φυσικές επιστήμες ονομάζονται και μικρόκοσμοι, είναι ανοικτά υπολογιστικά περιβάλλοντα, τα οποία επιτρέπουν την κατασκευή εικονικών κόσμων και τη διερεύνηση της συμπεριφοράς των αντικειμένων που περιέχουν, κάτω από την επίδραση των νόμων που τα διέπουν. Αυτό το είδος των προσομοιώσεων παρέχει πολύ μεγάλη ελευθερία χειρισμών. Τα προς προσομοίωση συστήματα δεν είναι συγκεκριμένα, αλλά δημιουργούνται από το χρήστη κατά τη στιγμή και σύμφωνα με τις ανάγκες της χρήσης τους. Τα μέσα για την κατασκευή του προσόμοιου λαμβάνονται από «εργαλειοθήκες» αντικειμένων και από εικονίδια που αντιπροσωπεύουν τις λειτουργίες διαχείρισης και ελέγχου του προσομοιωμένου περιβάλλοντος. Με τη βοήθειά τους ο χρήστης συνθέτει και διερευνά τη δική του εργαστηριακή εφαρμογή, χρησιμοποιώντας τις πολλαπλές δυνατότητες αναπαράστασης των αποτελεσμάτων που του παρέχει το εικονικό περιβάλλον. Σ’ αυτή την κατηγορία λογισμικών ανήκουν και τα εικονικά εργαστήρια ηλεκτρονικών, που αφορούν και την παρούσα εργασία.

## Τα εικονικά εργαστήρια ηλεκτρονικών

Τα λογισμικά των εικονικών εργαστηρίων ηλεκτρονικών αποτελούν ιδιαίτερη περίπτωση προσομοιώσεων, καθώς έλκουν την καταγωγή τους από τα πρώιμα συστήματα σχεδίασης μέσω υπολογιστή (Computer Aided Design – CAD). Με την εξέλιξη των υπολογιστών και την ανάπτυξη των πολυμέσων απέκτησαν πολύ λειτουργικά περιβάλλοντα διεπαφής, πράγμα που τους επέτρεψε να χρησιμοποιηθούν και ως εκπαιδευτικά λογισμικά. Πλέον είναι διαθέσιμα ακόμη και σε δωρεάν εκδόσεις, όπως πχ. το XSPICE, το LT Spice Simulator, το Ngspice, το MultiSim, το Proteus, το Tina Cloud, το CircuitLogix κ.α. (Best Free electronics Circuit Simulation Software, 2016).

Η χρήση των εικονικών εργαστηρίων διευκολύνει σε μεγάλο βαθμό τη διεξαγωγή μιας εργαστηριακής διδασκαλίας ηλεκτρονικών ή ηλεκτρολογίας, καθώς προσφέρει:

* Μεγάλη μείωση ή και εξάλειψη του χρόνου προετοιμασίας του εργαστηρίου.
* Μεγάλη μείωση ή και εξάλειψη των σφαλμάτων σύνδεσης.
* Εξάλειψη των σφαλμάτων ανάγνωσης των τιμών των εξαρτημάτων.
* Εξάλειψη των σφαλμάτων μέτρησης.
* Εξάλειψη των προβλημάτων από κατεστραμμένα ή ακατάλληλα εξαρτήματα.
* Εξάλειψη των προβλημάτων από χαλασμένα ή ακατάλληλα όργανα.

## Τα λογισμικά προσομοίωσης ηλεκτρονικού εργαστηρίου

Τα σύγχρονα λογισμικά προσομοίωσης ηλεκτρονικού εργαστηρίου στα οποία στηρίζονται τα εικονικά εργαστήρια ηλεκτρονικών, είναι σε θέση να προσομοιώσουν κάθε ηλεκτρονική διάταξη, αναλογική ή ψηφιακή και, σε κάποιες περιπτώσεις, ακόμη και προγραμματιζόμενη. Όλες οι γνωστές κατηγορίες προσομοιώσεων βρίσκουν εφαρμογή σ’ αυτά τα λογισμικά.

* Οι συνεχείς προσομοιώσεις συναντώνται στους προσομοιωτές αναλογικού τρόπου (analogue mode simulators). Τέτοιες προσομοιώσεις χρησιμοποιούνται, όταν πχ. πρέπει να μελετηθεί η φόρτιση ή η εκφόρτιση ενός πυκνωτή μέσα από μια αντίσταση.
* Οι προσομοιώσεις διακριτών γεγονότων συναντώνται στους προσομοιωτές ψηφιακού τρόπου (digital mode simulators). Τέτοιου είδους προσομοιώσεις χρησιμοποιούνται, όταν πχ. πρέπει να μελετηθεί η λειτουργία ενός ψηφιακού απαριθμητή.
* Οι μεικτές ή υβριδικές προσομοιώσεις συναντώνται στους προσομοιωτές μεικτού τρόπου (mixed mode simulators). Ο μεικτός τρόπος χρησιμοποιείται όταν, για παράδειγμα, το μελετώμενο κύκλωμα δεν αποτελείται αμιγώς από ψηφιακά στοιχεία (λογικές πύλες, flip – flops κλπ.), αλλά περιλαμβάνει και αντιστάσεις, πυκνωτές και εν γένει εξαρτήματα των οποίων η προσομοίωση της λειτουργίας γίνεται με τον αναλογικό τρόπο.

Οι προσομοιωτές ηλεκτρονικού εργαστηρίου πραγματοποιούν γενικά καθοριστικές (αιτιοκρατικές) προσομοιώσεις. Όπου όμως υπάρχει η ανάγκη συνεκτίμησης της επίδρασης τυχαίων παραγόντων, όπως οι ανοχές στις τιμές των εξαρτημάτων, υπάρχει η δυνατότητα επιλογής στοχαστικών προσομοιώσεων.

## Ιστορική αναδρομή

Γενάρχης των λογισμικών προσομοίωσης ηλεκτρονικού εργαστηρίου είναι το λογισμικό SPICE. Το SPICE έχει ακαδημαϊκή προέλευση και αναπτύχθηκε με στόχο την υποβοήθηση της σχεδίασης ολοκληρωμένων κυκλωμάτων. Ο ανοικτός πηγαίος του κώδικας έδωσε τη δυνατότητα σε πολλούς κατασκευαστές λογισμικών προσομοίωσης ηλεκτρονικών κυκλωμάτων να τον ενσωματώσουν στα δικά τους προϊόντα και έτσι σήμερα αποτελεί τη «μηχανή» πολλών προσομοιωτών αυτής της κατηγορίας. Δυο τέτοια λογισμικά, το TinaPro 6.0 και το EWB 5.12, τα οποία είναι διαθέσιμα σε όλα τα εργαστήρια ηλεκτρονικών και ηλεκτρολογίας της δευτεροβάθμιας τεχνικής και επαγγελματικής εκπαίδευσης της χώρας μας, είναι προσομοιωτές τέτοιου τύπου. Το ένα από τα δύο αποτελεί το εργαλείο για την έρευνα της παρούσας εργασίας, ενώ και τα δύο παρουσιάζονται συνοπτικά στο Παράρτημα Γ’.

## Το λογισμικό SPICE και οι επίγονοί του

Το SPICE αναπτύχτηκε στο πανεπιστήμιο Berkeley της Καλιφόρνια με βάση το πρόγραμμα CANCER του ίδιου ιδρύματος και η πρώτη έκδοσή του παρουσιάστηκε το 1973. Το όνομά του προκύπτει από την ακροστιχίδα των λέξεων Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis (Πρόγραμμα Προσομοίωσης με Έμφαση στα Ολοκληρωμένα Κυκλώματα) και, όπως αυτό φανερώνει, σχεδιάστηκε με σκοπό την αυτοματοποίηση της ανάλυσης για σχεδίαση ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, η οποία είχε ήδη γίνει υπερβολικά περίπλοκη για να γίνεται χειρωνακτικά. Οι αρχικές εκδόσεις του προγράμματος ήταν γραμμένες σε γλώσσα FORTRAN, ενώ οι υστερότερες γράφτηκαν σε γλώσσα C (Χατζόπουλος, Μπόντζιος, Κωνσταντίνου, & Φάρχα, 2011).

Το SPICE δεχόταν το προσομοιούμενο κύκλωμα με τη μορφή ενός αρχείου κειμένου, στο οποίο περιγράφονταν τα εξαρτήματα του κυκλώματος, οι μεταξύ τους συνδέσεις και η απαιτούμενη ανάλυση και παρήγαγε ως έξοδο ένα άλλο αρχείο κειμένου, το οποίο περιείχε τα αποτελέσματα των αναλύσεων. Λόγω της γενικότητας και του ανοικτού του κώδικα το SPICE γνώρισε ευρύτατη διάδοση και απετέλεσε de facto πρότυπο στον χώρο του, με αποτέλεσμα να αναπτυχθούν αλλεπάλληλες εκδόσεις του. Το 1984 παρουσιάστηκε από την εταιρεία MicroSim Corporation και η πρώτη έκδοση του SPICE για PC, που ονομαζόταν PSPICE. Νεότερες εμπορικές υλοποιήσεις αύξησαν τη λειτουργικότητά του προγράμματος, ενσωματώνοντας γραφικά περιβάλλοντα χρήστη, είσοδο των κυκλωμάτων με μορφή σχηματικού διαγράμματος (schematic capture) και δυνατότητες γραφικών παραστάσεων των μεγεθών εξόδου. Τέτοιες υλοποιήσεις είναι το PSPICE της εταιρείας Cadence Design Systems, το HSPICE της εταιρείας Synopsis κ.α.

Οι αλγόριθμοι επίλυσης του SPICE ανήκουν στη λεγόμενη «άμεση μέθοδο» προσομοίωσης. Σύμφωνα μ’ αυτή, αρχικά σχηματίζεται με τα μαθηματικά μοντέλα των εξαρτημάτων και τους κανόνες του Kirchhoff, το σύστημα των μη γραμμικών διαφορικών εξισώσεων που περιγράφουν το κύκλωμα. Το σύστημα επιλύεται με τον αλγόριθμο Newton – Raphson και μετατρέπεται σε σειρά γραμμικών συστημάτων, από τα οποία προκύπτουν οι λύσεις της στατικής κατάστασης (τάσεις και ρεύματα) με τη μέθοδο απαλοιφής Gauss. Ανάλογες μέθοδοι ακολουθούνται και για την ανάλυση της μεταβατικής συμπεριφοράς του κυκλώματος.

## Το λογισμικό Electronics Workbench (EWB)

Το λογισμικό Electronics Workbench ήταν προϊόν της Καναδικής εταιρείας Interactive Image Technologies. Η εταιρεία ιδρύθηκε το 1985 στο Τορόντο του Οντάριο και αρχικά παρήγαγε διαδραστικά εκπαιδευτικά βίντεο. Το 1992 κέρδισε διαγωνισμό της κυβέρνηση του Οντάριο για παραγωγή λογισμικού προσομοίωσης ηλεκτρονικών κυκλωμάτων προς κάλυψη των αναγκών διδασκαλίας στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση παρουσιάζοντας το EWB για υπολογιστές PC και Mackintosh (ACADEMIC, 2010).

Το EWB ξεπέρασε γρήγορα κάποιες αρχικές αντιδράσεις της ακαδημαϊκής κοινότητας και χρησιμοποιήθηκε και σε πολλές άλλες χώρες του κόσμου, ακόμη και στην τριτοβάθμια εκπαίδευση (Collis & Dong, 1993). Το 1999 η Interactive Image Technologies συγχωνεύτηκε με την εταιρεία παραγωγής λογισμικού σχεδίασης τυπωμένων κυκλωμάτων Ultimate Technology και πήρε το όνομα Electronics Workbench, από το βασικό προϊόν της. Το ίδιο το EWB μετονομάστηκε σε Multisim και απέκτησε και δυνατότητες CAD/CAM. Το 2005 η εταιρεία πουλήθηκε στη National Instruments και τo Multisim μετονομάστηκε σε NI Multisim. Ο νέος ιδιοκτήτης φρόντισε να διατηρήσει τη φυσιογνωμία του αρχικού πακέτου διανέμοντας και μια έκδοσή του με εκπαιδευτικό προσανατολισμό (National Instruments, 2019).

Το EWB είναι ένας προσομοιωτής μεικτού τύπου, που σημαίνει ότι μπορεί να προσομοιώσει κυκλώματα με αναλογικό μαζί και ψηφιακό μέρος. Σύμφωνα με την τεκμηρίωση του πακέτου, η λειτουργία του στηρίζεται στον προσομοιωτή SPICE. Το 1996 έφτασε μέχρι την έκδοση 5.12 και μετά διακόπηκε η εξέλιξή του. Πλέον έχει καταστεί αρχειακό λογισμικό, με αποτέλεσμα να μπορεί να αποκτηθεί ελεύθερα (πχ. <https://archive.org/details/ElectronicWorkbenchEwb5.12>). Το EWB εξακολουθεί και εκτελείται κανονικά κάτω από τα Windows XP, ενώ στα Windows 7 έως 10 δεν υποστηρίζεται πλέον ο βασισμένος σε αρχεία τύπου \*.hlp μηχανισμός του παροχής βοήθειας. Αυτό μπορεί να διορθωθεί με κάποια επέμβαση στο λειτουργικό σύστημα, την οποία υποστηρίζει η Microsoft.

## Το λογισμικό Tina Pro

Το λογισμικό προσομοίωσης ηλεκτρικού εργαστηρίου Tina Pro είναι προϊόν της Ουγγρικής εταιρείας λογισμικού DesignSoft που ιδρύθηκε το 1992 και εδρεύει στη Βουδαπέστη. Η DesignSoft δραστηριοποιείται στην παραγωγή λογισμικού σχεδίασης και προσομοίωσης για ηλεκτρονικά, φυσική, αρχιτεκτονική σχεδίαση, πολυμέσα και τρισδιάστατα γραφικά. Τα προϊόντα της είναι διαθέσιμα σε περισσότερες από εικοσιπέντε γλώσσες, ευρωπαϊκές και ασιατικές, ανάμεσα στις οποίες περιλαμβάνεται και η Ελληνική.

Το όνομα TINA είναι ακρωνύμιο των λέξεων Toolkit for Interactive Network Analysis (Εργαλειοθήκη για Διαδραστική Ανάλυση Δικτυωμάτων). Είναι λογισμικό βασισμένο στη μηχανή προσομοίωσης του SPICE και προορίζεται για την υποβοήθηση της σχεδίασης και της εκπαίδευσης στα ηλεκτρονικά. Το TINA περιλαμβάνει προσομοιώσεις αναλογικών, ψηφιακών και μεικτών κυκλωμάτων, καθώς και, στις πιο πρόσφατες εκδόσεις του, εργαλεία σχεδίασης πλακετών τυπωμένων κυκλωμάτων (Printed Circuit Boards) (DesignSoft, 2019).

Η πρώτη έκδοση του TINA για Windows παρουσιάστηκε το 1993 και ήταν η TINA 4.0 για αναλογικά, ψηφιακά και μεικτά κυκλώματα. Η πλέον πρόσφατη έκδοση (2019) είναι η TINA V12, η οποία έχει και δυνατότητες προσομοίωσης μικροελεγκτών, ανάλυσης δικτυωμάτων ραδιοφωνικών συχνοτήτων (RF), εργαλεία βελτιστοποίησης της σχεδίασης ηλεκτρονικών κυκλωμάτων και σχεδίαση πλακετών τυπωμένων κυκλωμάτων (PCB). Διατίθεται επίσης έκδοση του TINA για το ψηφιακό νέφος (TINACloud), καθώς και μια δωρεάν έκδοση ονομαζόμενη TINA-TI με την άδεια της Texas Instruments, για την υποστήριξη των δικών της ολοκληρωμένων κυκλωμάτων.

## Το παρελθόν του EWB και του Tina Pro στην Ελληνική εκπαίδευση

Στη δευτεροβάθμια Τεχνική Επαγγελματική Εκπαίδευση της χώρας μας το TINA εισήχθη πιλοτικά το 2002 σε δεκαπέντε Τεχνικά Επαγγελματικά Εκπαιδευτήρια (ΤΕΕ) στα πλαίσια του έργου ΛΑΕΡΤΗΣ του ΕΠΕΑΕΚ Β’ (Καρτσιώτης, 2003), προφανώς με γνώμονα το εξελληνισμένο περιβάλλον λειτουργίας του. Μέχρι το 2008 η έκδοση 6.0 (Tina Pro) είχε παραδοθεί σε όλα τα Σχολικά Εργαστηριακά Κέντρα με Τομείς Ηλεκτρολογίας και Ηλεκτρονικών και είχαν ολοκληρωθεί οι σχετικές επιμορφώσεις των εκπαιδευτικών. Παράλληλα το EWB ήταν παντού διαθέσιμο ως λογισμικό ελεύθερης χρήσης, αφού είχε πλέον εγκαταλειφθεί από την εταιρεία που το παρήγαγε. Έτσι το EWB και το Tina Pro απετέλεσαν αντικείμενο διδασκαλίας στην Α’ τάξη του 1ου κύκλου των ΤΕΕ, στα πλαίσια του μαθήματος «Εργαστήριο Υπολογιστών για Ηλεκτρονικούς Ι και ΙΙ» (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 2002). Στο ίδιο μάθημα διδασκόταν η χρήση και άλλων λογισμικών, όπως του ICAP της Intusoft για προσομοίωση κυκλωμάτων, ή του VectorCad της ελληνικής εταιρείας TiSoft για σχεδίαση κυκλωματικών διαγραμμάτων και πλακετών τυπωμένων κυκλωμάτων. Η διδασκαλία όμως, αφορούσε την εξοικείωση των μαθητών με πακέτα λογισμικού σχετιζόμενα με την ειδικότητά τους και όχι τη χρήση των προσομοιωτών για διδασκαλία ηλεκτρονικών κυκλωμάτων. Επισήμως κανένα από τα λογισμικά προσομοίωσης δεν χρησιμοποιήθηκε ποτέ για υποκατάσταση της διδασκαλίας στα φυσικά εργαστήρια.

Με την ίδρυση των ΕΠΑΛ το 2006, το παραπάνω μάθημα έπαψε να διδάσκεται στα τεχνικά μας σχολεία και τα σχετικά λογισμικά παροπλίστηκαν. Εντούτοις στο τρέχον πρόγραμμα σπουδών των ΕΠΑ.Λ. (σχολικό έτος 2018-2019) στo ωρολόγιο πρόγραμμα διδασκαλίας του εργαστηριακού μαθήματος «Εφαρμοσμένα Ηλεκτρονικά – Κατασκευές» της Γ’ τάξης της ειδικότητας «Τεχνικός Ηλεκτρονικών και Υπολογιστικών Συστημάτων, Εγκαταστάσεων, Δικτύων και Τηλεπικοινωνιών» προτείνεται εναλλακτικά και κατά την κρίση του διδάσκοντα, η διδασκαλία του μαθήματος και με τη χρήση προσομοιωτών, εφόσον υπάρχει αυτή η δυνατότητα. (ΥΠΠΑΙΘ, 2017).

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ :** Το ερευνητικό πλαίσιο



## Γενικά

Οι προσομοιωτές ηλεκτρονικού – ηλεκτρολογικού εργαστηρίου δεν είναι άγνωστοι στην Τεχνική και Επαγγελματική Εκπαίδευση της χώρας μας. Ένας απ’ αυτούς δοκιμάστηκε πιλοτικά, προωθήθηκε στα σχολεία της ΤΕΕ και απετέλεσε αντικείμενο επιμόρφωσης εκπαιδευτικών στη χρήση του. Συμπεράσματα όμως από την πιλοτική εφαρμογή του δε δημοσιεύτηκαν ποτέ και αργότερα το μάθημα στο οποίο διδασκόταν η χρήση του καταργήθηκε. Εντούτοις ικανός αριθμός εκπαιδευτικών συνέχισε ανεπίσημα να χρησιμοποιεί τέτοιους προσομοιωτές, σε διάφορες διδασκαλίες και με δικούς του στόχους και σκοπούς ο καθένας, εκτιμώντας τα παιδαγωγικά οφέλη που προσφέρει η χρήση τους.

Ανεξαρτήτως πάντως της όποιας θετικής εκτίμησης ορισμένων εκπαιδευτικών για την αξία τους, κάποια έρευνα για τις επιπτώσεις που έχει η χρήση των προσομοιωτών – εικονικών εργαστηρίων στα μαθησιακά αποτελέσματα, ή έστω για τη γνώμη που σχηματίζουν οι μαθητές και μαθήτριες από τη χρήση τους, ουδέποτε έγινε στα σχολεία της Τεχνικής και Επαγγελματικής Εκπαίδευσης.

Το κενό αυτό αποτέλεσε την έμπνευση για την έρευνα της παρούσας εργασίας. Εφόσον στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρονται έρευνες κατά τις οποίες διαπιστώθηκαν καλύτερες σχολικές επιδόσεις σε μαθητές και μαθήτριες που διδάχθηκαν φυσικές επιστήμες με τη χρήση συνδυασμού ασκήσεων διεξαγμένων σε κλασσικά και εικονικά εργαστήρια, δεν θα μπορούσε να συμβαίνει το ίδιο και στην εργαστηριακή διδασκαλία μαθημάτων ειδικότητας, εν προκειμένω Ηλεκτρολογίας και Ηλεκτρονικών, της Τεχνικής και Επαγγελματικής Εκπαίδευσης;

## Το είδος της έρευνας

Το παραπάνω ερώτημα είναι προφανές και ενδιαφέρον, αλλά η απάντηση δε φαίνεται να προκύπτει απλά. Μια τέτοια έρευνα θα αποτελούσε πολύπλοκο έργο, το οποίο θα απαιτούσε κεντρικό σχεδιασμό, άφθονους πόρους, πολυπληθές δείγμα μαθητών και χρόνο τουλάχιστον ενός, ίσως και περισσότερων σχολικών ετών, για να ολοκληρωθεί. Κατ’ αρχήν θα χρειαζόταν δύο ισοδύναμες ομάδες μαθητών: μία ως ομάδα αναφοράς, η οποία θα διδασκόταν τα εργαστήρια με τον κλασσικό τρόπο και μία ως ομάδα εργασίας, που θα τα διδασκόταν με τη χρήση προσομοιωτή. Κατόπιν οι εκπαιδευτικοί, οι οποίοι θα συμμετείχαν στην έρευνα, θα έπρεπε να έχουν επιμορφωθεί κατάλληλα, ώστε να μπορέσουν να διατηρήσουν με συνέπεια ένα σχέδιο διδασκαλίας, το οποίο να εγγυάται ομοιόμορφες εκπαιδευτικές παροχές μεταξύ των μαθητών αυτών των δύο ομάδων. Οι εργαστηριακές υποδομές, τόσο στα φυσικά, όσο και στα εικονικά εργαστήρια θα έπρεπε να είναι παρόμοιες για όλα τα σχολικά τμήματα των δύο ομάδων και το μείγμα του μαθητικού δείγματος σε όρους νοητικής συγκρότησης, σχολικής επίδοσης κλπ. θα έπρεπε να είναι παρόμοιο μεταξύ των σχολικών τμημάτων που θα συμμετείχαν, ώστε τα συμπεράσματα της έρευνας να είναι αρκούντως συνεπή. Σε περίπτωση που αυτά κρινόταν ανέφικτα, θα έπρεπε να χρησιμοποιηθεί κάποια περίτεχνη μέθοδος αντιστάθμισης των διαφορών, είτε στη φάση της έρευνας, είτε στη φάση της επεξεργασίας των αποτελεσμάτων. Όλα αυτά κρίθηκε ότι αποτελούν έργο, το οποίο θα μπορούσε να αναληφθεί από ερευνητική ομάδα μάλλον, και το οποίο ξεφεύγει από τα όρια της εκπόνησης μιας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας.

Αντ’ αυτού προτιμήθηκε να διεξαχθεί έρευνα για την αποδοχή της χρήσης των εικονικών εργαστηρίων από δείγμα του μαθητικού πληθυσμού. Αν και αυτή η έρευνα είναι πολύ λιγότερο φιλόδοξη από την έρευνα για την επίδραση της χρήσης των προσομοιώσεων στη σχολική επίδοση που περιγράφηκε παραπάνω, είναι ταυτόχρονα και πολύ απλούστερη. Εφόσον δεν περιλαμβάνει κάποια σύγκριση επιδόσεων μεταξύ ομάδων, δεν απαιτεί και διπλές μαθητικές ομάδες. Οι εκπαιδευτικοί που συμμετέχουν, δεν χρειάζεται να λάβουν κάποια ειδική επιμόρφωση, εφόσον αρκεί η δεδομένη από μέρους τους γνώση της χρήσης του προσομοιωτή και η χρήση των ίδιων φύλλων εργασίας για τις εργαστηριακές διδασκαλίες που εμπλέκονται στην έρευνα. Επιπλέον, για την καταγραφή απόψεων του μαθητικού πληθυσμού μπορούν να ληφθούν ενδεικτικά αποτελέσματα, ακόμη και αν η έρευνα διεξαχθεί με μικρό ερευνητικό δείγμα.

## Στόχοι και υποθέσεις εργασίας της έρευνας

Με βάση τις παραπάνω σκέψεις, οι στόχοι της έρευνας που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας καθορίστηκαν να είναι οι εξής:

α) Η διερεύνηση του βαθμού αποδοχής της χρήσης ενός λογισμικού προσομοίωσης ηλεκτρονικού – ηλεκτρολογικού εργαστηρίου από τους μαθητές και μαθήτριες ορισμένων Επαγγελματικών Λυκείων (ΕΠΑΛ) από την περιοχή της δυτικής Θεσσαλονίκης, οι οποίοι – οποίες διδάσκονται εργαστηριακά μαθήματα ηλεκτρολογίας και ηλεκτρονικών.

β) Η συσχέτιση του βαθμού αποδοχής του λογισμικού με τα δημογραφικά χαρακτηριστικά του δείγματος, την τάξη και την ειδικότητα φοίτησης, την κοινωνική προέλευση και τη σχολική επίδοση στα σχετικά μαθήματα.

Από τον πρώτο στόχο της έρευνας προκύπτουν τα παρακάτω ερευνητικά ερωτήματα για τους συμμετέχοντες και συμμετέχουσες:

* Πόσο χρήσιμο θεωρούν το λογισμικό προσομοίωσης;
* Πόσο εύκολο βρήκαν το χειρισμό του;
* Πόσο εύκολα κατάφεραν να μάθουν τη χρήση του;
* Πόση ικανοποίηση αποκόμισαν όσο διάστημα το χρησιμοποιούσαν;

Για τις ανάγκες της επεξεργασίας των δεδομένων της έρευνας και της εξαγωγής συμπερασμάτων υιοθετήθηκαν κατά τη φάση της σχεδίασης της έρευνας οι παρακάτω υποθέσεις εργασίας:

1. Οι μαθήτριες ίσως αποδέχονται περισσότερο από τους μαθητές τη χρήση του λογισμικού προσομοίωσης επειδή μπορεί να διαθέτουν πιο κατάλληλες γι’ αυτό ψυχοκινητικές ικανότητες, και επειδή το λογισμικό μπορεί να τις απαλλάσσει από χειρωνακτικές εργασίες, που ενδεχομένως τις βρίσκουν ενοχλητικές.
2. Οι μαθητές και μαθήτριες της Γ’ τάξης ίσως βρίσκουν περισσότερο χρήσιμο και ικανοποιητικό το λογισμικό προσομοίωσης, αφού τα κυκλώματα που διδάσκονται στα εργαστήρια της Γ’ τάξης είναι πιο εκτεταμένα, δυσκολότερα στην υλοποίηση, περισσότερο χρονοβόρα στη συναρμολόγηση και πιο απαιτητικά στις μετρήσεις, απ’ όσο αυτά που διδάσκονται οι μαθητές και μαθήτριες της Β’ τάξης.
3. Οι μαθητές και μαθήτριες της Γ’ τάξης ίσως βρίσκουν πιο εύκολο τον χειρισμό και την εκμάθηση του λογισμικού προσομοίωσης, εφόσον το είχαν διδαχθεί και όταν φοιτούσαν στη Β’ τάξη.
4. Οι μαθητές και μαθήτριες που προέρχονται από αστικό περιβάλλον ίσως εκδηλώνουν διαφορετικές προτιμήσεις σε σχέση με όσους – όσες προέρχονται από ημιαστικό περιβάλλον, υποθέτοντας ότι, πιθανόν, έχουν διαφορετικό μορφωτικό και πολιτιστικό υπόβαθρο, άλλες προσλαμβάνουσες παραστάσεις και ίσως διαφορετικούς κώδικες συμπεριφοράς και επικοινωνίας.
5. Οι μαθητές του Τομέα Μηχανολογίας που συμμετείχαν στην έρευνα διδασκόμενοι ένα εργαστήριο Βασικής Ηλεκτρολογίας, ενδεχομένως να αποδέχονται λιγότερο τον προσομοιωτή σε σχέση με τους μαθητές – μαθήτριες του Τομέα Ηλεκτρολογίας – Ηλεκτρονικών, με το σκεπτικό ότι το μάθημα, συνολικά, δε συνάδει με εκείνα τα ενδιαφέροντα που τους οδήγησαν στην Τεχνική και Επαγγελματική Εκπαίδευση.

Η διερεύνηση της σχέσης μεταξύ της σχολικής επίδοσης των συμμετεχόντων και του βαθμού αποδοχής απ’ αυτούς της χρήσης του προσομοιωτή προσκρούει στις διατάξεις περί προστασίας των προσωπικών τους δεδομένων. Εντούτοις παραμένει να είναι μια ενδιαφέρουσα ερευνητική επιλογή και στην παρούσα εργασία έγινε μια προσπάθεια να υλοποιηθεί, χωρίς να παραβιαστούν αυτά τα δεδομένα.

## Οι εργαστηριακές ασκήσεις της έρευνας

Για τις ανάγκες διεξαγωγής της έρευνας με μαθητές και μαθήτριες διαφορετικών σχολείων και τμημάτων της ΤΕΕ, στους οποίους δίδασκαν διαφορετικοί διδάσκοντες, χρειάστηκε να προετοιμαστούν κατάλληλα φύλλα εργασίας με οδηγίες για τη διεξαγωγή των απαραίτητων εργαστηριακών ασκήσεων. Σκοπός γι’ αυτό ήταν να εξασφαλιστεί ότι οι διδασκαλίες θα είχαν κοινό περιεχόμενο και στόχους, ώστε να είναι συγκρίσιμα τα δεδομένα που θα προέκυπταν από την έρευνα με τις διάφορες μαθητικές ομάδες.

Από προηγούμενη εμπειρία με τη χρήση του προσομοιωτή που επιλέχθηκε, κρίθηκε ότι πέντε ασκήσεις προσομοίωσης θα ήταν αρκετές ώστε να μάθουν ακόμη και οι πρωτόπειροι χρήστες τους βασικούς χειρισμούς του και να καταστούν ικανοί να διατυπώσουν αξιόπιστες κρίσεις για τα ερευνώμενα χαρακτηριστικά του.

Έτσι προετοιμάστηκαν από δέκα φύλλα εργασίας για κάθε μια από τις τάξεις και ειδικότητες των μαθητικών τμημάτων που συμμετείχαν στην έρευνα: πέντε φύλλα για τις διδασκαλίες στα φυσικά εργαστήρια και άλλα πέντε για τις ίδιες διδασκαλίες με προσομοιωτή. Η προετοιμασία έγινε κατόπιν συνεννόησης με τους εκπαιδευτικούς που συμμετείχαν στην έρευνα, προκειμένου να μη διαταραχθεί το σχέδιο διδασκαλίας που είχαν κατά νου για τα τμήματά τους. Γράφηκαν φύλλα έργου για δύο τμήματα της Β’ τάξης του Τομέα Ηλεκτρολογίας, Ηλεκτρονικής και Αυτοματισμού, για δύο τμήματα της Γ’ τάξης της Ειδικότητας «Τεχνικός Ηλεκτρονικών και Υπολογιστικών Συστημάτων, Εγκαταστάσεων, Δικτύων και Τηλεπικοινωνιών» και για ένα τμήμα Β’ τάξης του Τομέα Μηχανολογίας (για το εργαστηριακό μέρος του μαθήματος Βασική Ηλεκτρολογία). Η πρώτη άσκηση ήταν κοινή για όλα τα τμήματα των τομέων και ειδικοτήτων και έτσι, χρειάστηκε να προετοιμαστούν 26 φύλλα εργασίας συνολικά:

* Ένα φύλλο εργασίας με γνωριμία για τη Β’ τάξη, ή υπενθύμιση για τη Γ’ τάξη, της χρήσης της πινακίδας συναρμολόγησης κυκλωμάτων, κοινό για όλους τους τομείς και ειδικότητες.
* Ένα φύλλο εργασίας με γνωριμία για τη Β’ τάξη, ή υπενθύμιση για τη Γ’ τάξη, των βασικών χειρισμών του προσομοιωτή, κοινό για όλους τους τομείς και ειδικότητες.

Για τη Β’ τάξη του Τομέα Ηλεκτρολογίας, Ηλεκτρονικής και Αυτοματισμού:

* Ένα φύλλο εργασίας για τη μελέτη κυκλώματος απλής ανόρθωσης στο φυσικό εργαστήριο.
* Ένα φύλλο εργασίας για τη μελέτη κυκλώματος απλής ανόρθωσης με προσομοίωση.
* Ένα φύλλο εργασίας για τη μελέτη κυκλώματος ανόρθωσης με γέφυρα στο φυσικό εργαστήριο.
* Ένα φύλλο εργασίας για τη μελέτη κυκλώματος ανόρθωσης με γέφυρα στον προσομοιωτή.
* Ένα φύλλο εργασίας για τη μελέτη των λογικών πυλών AND, OR και NOT στο φυσικό εργαστήριο.
* Ένα φύλλο εργασίας για τη μελέτη των λογικών πυλών AND, OR και NOT στον προσομοιωτή.
* Ένα φύλλο εργασίας για τη μελέτη των λογικών πυλών NAND, NOR και XOR στο φυσικό εργαστήριο.
* Ένα φύλλο εργασίας για τη μελέτη των λογικών πυλών NAND, NOR και XOR στον προσομοιωτή.

Για τη Γ’ τάξη της ειδικότητας Τεχνικός Ηλεκτρονικών και Υπολογιστικών Συστημάτων, Εγκαταστάσεων, Δικτύων και Τηλεπικοινωνιών:

* Ένα φύλλο εργασίας για τη μελέτη των μανδαλωτών (Latches) με πύλες NAND και πύλες NOR στο φυσικό εργαστήριο.
* Ένα φύλλο εργασίας για τη μελέτη των μανδαλωτών με πύλες NAND και πύλες NOR στον προσομοιωτή.
* Ένα φύλλο εργασίας για τη μελέτη κυκλώματος ενισχυτή κοινού εκπομπού με ανασύζευξη στο φυσικό εργαστήριο.
* Ένα φύλλο εργασίας για τη μελέτη ενισχυτή κοινού εκπομπού με ανασύζευξη στον προσομοιωτή.
* Ένα φύλλο εργασίας για τη μελέτη ενισχυτή κοινού συλλέκτη στο φυσικό εργαστήριο.
* Ένα φύλλο εργασίας για τη μελέτη ενισχυτή κοινού συλλέκτη στον προσομοιωτή.
* Ένα φύλλο εργασίας για τη μελέτη των βασικών Flip-Flop στο φυσικό εργαστήριο.
* Ένα φύλλο εργασίας για τη μελέτη των βασικών Flip-Flop στον προσομοιωτή.

Για τη Β’ τάξη του Τομέα Μηχανολογίας (Εργαστήριο Βασικής Ηλεκτρολογίας):

* Ένα φύλλο εργασίας για την επαλήθευση του Νόμου του Ohm στο φυσικό εργαστήριο.
* Ένα φύλλο εργασίας για την επαλήθευση του Νόμου του Ohm με προσομοίωση.
* Ένα φύλλο εργασίας για τη μελέτη κυκλώματος σύνδεσης αντιστάσεων σε σειρά στο φυσικό εργαστήριο.
* Ένα φύλλο εργασίας για τη μελέτη κυκλώματος σύνδεσης αντιστάσεων σε σειρά στον προσομοιωτή.
* Ένα φύλλο εργασίας για τη μελέτη σύνδεσης αντιστάσεων σε παραλληλία στο φυσικό εργαστήριο.
* Ένα φύλλο εργασίας για τη μελέτη σύνδεσης αντιστάσεων σε παραλληλία στον προσομοιωτή.
* Ένα φύλλο εργασίας για τη μελέτη της λειτουργίας του τρανζίστορ ως διακόπτη στο φυσικό εργαστήριο.
* Ένα φύλλο εργασίας για τη μελέτη της λειτουργίας του τρανζίστορ ως διακόπτη στον προσομοιωτή.

Στα φύλλα εργασίας των ασκήσεων που προορίζονται για διεξαγωγή στα φυσικά εργαστήρια, κρίθηκε σκόπιμο να συμπεριληφθούν εικόνες με υποδείγματα συρμάτωσης των κυκλωμάτων πάνω στις πινακίδες συναρμολόγησης (ράστερ), που σχεδιάστηκαν με τη χρήση του ελεύθερου λογισμικού Fritzing (https://fritzing.org). Αυτό έγινε για να εξοικονομηθεί ο χρόνος που αλλιώς θα δαπανούσαν οι μαθητές για να «επινοήσουν» τις σωστές συνδέσεις και θα αφιέρωναν οι εκπαιδευτικοί για τον έλεγχο της ορθότητάς τους. Αν και αυτό φαίνεται να «πριμοδοτεί» το φυσικό εργαστήριο σε σχέση με το εικονικό, κρίθηκε απαραίτητο, προκειμένου να μπορούν να ολοκληρώνονται οι ασκήσεις τόσο στα φυσικά, όσο και στα εικονικά εργαστήρια, σε μια εργαστηριακή περίοδο η κάθε μια.

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ :** Η ερευνητική μεθοδολογία



## Γενικά

Η συγκεκριμένη έρευνα είναι έρευνα παρέμβασης σε μαθητές της Τεχνικής και Επαγγελματικής Εκπαίδευσης της χώρας μας που φοιτούν σε ΕΠΑΛ και διδάσκονται εργαστηριακά μαθήματα Ηλεκτρολογίας ή/και Ηλεκτρονικών. Τέτοια μαθήματα υπάρχουν στα αναλυτικά προγράμματα της Β’ και Γ’ τάξης του Τομέα Ηλεκτρονικής, Ηλεκτρολογίας και Αυτοματισμού καθώς και της Β’ τάξης του Τομέα Μηχανολογίας. Η παρέμβαση ήταν παιδαγωγικού τύπου και περιλάμβανε τη διδασκαλία μιας σειράς πρότυπων εργαστηριακών ασκήσεων, οι οποίες ολοκληρώνονταν εναλλάξ σε φυσικά και εικονικά εργαστήρια ηλεκτρολογίας και ηλεκτρονικών.

Στη Διεύθυνση Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης Δυτικής Θεσσαλονίκης ανήκαν κατά τη χρονική περίοδο αυτής της συγγραφής επτά ΕΠΑΛ, από τα οποία έξι διέθεταν τομέα Ηλεκτρονικής, Ηλεκτρολογίας και Αυτοματισμού και τομέα Μηχανολογίας. Η έρευνα επικεντρώθηκε σε μαθητές τριών από τα έξι, για λόγους που εξηγούνται παρακάτω.

## Το δείγμα της έρευνας

Από τα τρία ΕΠΑΛ των οποίων οι μαθητές και μαθήτριες συμμετείχαν στην έρευνα, το πρώτο, και μεγαλύτερο, είναι εγκατεστημένο σε αμιγώς αστική περιοχή, ενώ τα άλλα δύο βρίσκονται σε ημιαστική – ημιαγροτική περιοχή. Από το ΕΠΑΛ της αστικής περιοχής συμμετείχαν στην έρευνα ένα τμήμα της Β’ τάξης του Τομέα Ηλεκτρονικής, Ηλεκτρολογίας και Αυτοματισμού με 19 μαθητές και μαθήτριες και ένα τμήμα της Γ’ τάξης ειδικότητας «Τεχνικός Ηλεκτρονικών και Υπολογιστικών Συστημάτων, Εγκαταστάσεων, Δικτύων και Τηλεπικοινωνιών» με 14 μαθητές. Από το πρώτο ΕΠΑΛ της ημιαστικής περιοχής συμμετείχαν επίσης ένα τμήμα της Β’ τάξης του Τομέα Ηλεκτρονικής, Ηλεκτρολογίας και Αυτοματισμού με 13 μαθητές και μαθήτριες και ένα τμήμα της Γ’ τάξης ειδικότητας «Τεχνικός Ηλεκτρονικών και Υπολογιστικών Συστημάτων, Εγκαταστάσεων, Δικτύων και Τηλεπικοινωνιών» με 3 μαθητές. Το δεύτερο ΕΠΑΛ της ημιαστικής περιοχής δε διέθετε κατά τη διάρκεια της έρευνας ενεργά τμήματα του Τομέα Ηλεκτρονικής, Ηλεκτρολογίας και Αυτοματισμού, και έτσι απ’ αυτό συμμετείχε ένα τμήμα του Τομέα Μηχανολογίας με 17 μαθητές. Το σύνολο του δείγματος ήταν 66 μαθητές και μαθήτριες. Η κατανομή τους στα διάφορα σχολεία φαίνεται στον πίνακα 5-1.

Πίνακας 5‑1. Στατιστικά στοιχεία του μαθητικού δείγματος

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Περιοχή** | **Τμήμα** | **Αγόρια** | **Κορίτσια** | **Σύνολο** |
| Αστική | Β’Η\_ΑΣ | 18 | 1 | 19 |
| Αστική | Γ’Η\_ΑΣ | 14 | 0 | 14 |
| Ημιαστική | Β’Η\_ΗΜ | 12 | 1 | 13 |
| Ημιαστική | Γ’Η\_ΗΜ | 3 | 0 | 3 |
| Ημιαστική | Β’Μ\_ΗΜ | 17 | 0 | 17 |
| **ΣΥΝΟΛΑ** | | **64** | **2** | **66** |

Με βάση τα περιεχόμενα του πίνακα προκύπτουν τα εξής δημογραφικά δεδομένα για το δείγμα, τα οποία απεικονίζονται και σχηματικά στα παρακάτω διαγράμματα:

* Φύλλο: Αγόρια 97% Κορίτσια 3%
* Τάξη: Β’ 74% Γ’ 26%
* Περιοχή: Αστική 50% Ημιαστική 50%
* Τομέας: Ηλεκ/γίας-Ηλ/κών 74% Μηχανολογίας 26%

*Εικόνα 5‑1. Φύλλο του δείγματος*

*Εικόνα 5‑2. Τάξη φοίτησης του δείγματος*

*Εικόνα 5‑3. Οικιστική προέλευση του δείγματος*

*Εικόνα 5‑4. Τομέας φοίτησης του δείγματος*

Από τα δημογραφικά δεδομένα προκύπτει αμέσως η παρατήρηση ότι τα κορίτσια αποτελούν πολύ ισχνή μειονότητα στο δείγμα. Για το λόγο αυτό αποφασίστηκε εξαρχής η παράλειψη της παραμέτρου «φύλλο» από τις μεταβλητές της έρευνας.

## Ο σχεδιασμός της έρευνας

Πρώτο θέμα που χρειάστηκε να αντιμετωπιστεί κατά το σχεδιασμό της παρούσας έρευνας, ήταν η επιλογή των σχολείων τα οποία θα συμμετείχαν σ’ αυτή. Η επιλογή βασίστηκε στη διαθεσιμότητα εργαστηριακών χώρων με τυπικό εξοπλισμό εργαστηρίου ηλεκτρονικών – ηλεκτρολογίας και με ηλεκτρονικούς υπολογιστές με εγκατεστημένο το λογισμικό προσομοίωσης του εικονικού εργαστηρίου που απαιτούσε η έρευνα. Βασίστηκε επίσης και στη διαθεσιμότητα εκπαιδευτικών οι οποίοι εγνωσμένα είχαν χρησιμοποιήσει κατά το παρελθόν αυτό το λογισμικό, όπως και στη δέσμευσή τους ότι θα ακολουθούσαν απαρέγκλιτα την παιδαγωγική παρέμβαση την οποία η έρευνα απαιτούσε. Η επιλογή εν πολλοίς στηρίχθηκε στις προσωπικές γνωριμίες του γράφοντος, οι οποίες και περιόρισαν τις σχετικές αναζητήσεις στα ΕΠΑΛ της περιοχής της Διεύθυνσης Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης Δυτικής Θεσσαλονίκης.

## Η επιλογή του λογισμικού προσομοίωσης

Η επιλογή του κατάλληλου για τις ανάγκες της παρέμβασης λογισμικού προσομοίωσης ηλεκτρονικού και ηλεκτρολογικού εργαστηρίου ήταν το δεύτερο θέμα που απασχόλησε το σχεδιασμό της έρευνας. Στα σχολεία της δευτεροβάθμιας τεχνικής και επαγγελματικής μας εκπαίδευσης και οπωσδήποτε στα σχολεία που είχε υπόψη του ο γράφων, υπάρχουν από ετών διαθέσιμα τα λογισμικά Electronics Workbench και Tina Pro, τα οποία αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 3 και περιγράφονται στο Παράρτημα Γ’.

Μια ματιά στη διεπαφή χρήστη των δύο λογισμικών αρκεί για να διαπιστώσει και ο πλέον ανυποψίαστος χρήστης ότι το Tina Pro είναι ο ισχυρότερος προσομοιωτής μεταξύ των δύο. Διαθέτει πλουσιότερα μενού, περισσότερα εργαλεία προσομοίωσης, πιο πολλά μοντέλα εξαρτημάτων, πηγών και οργάνων και, τελικά, μεγαλύτερες και περισσότερες δυνατότητες προσομοιώσεων. Επιπλέον το εξελληνισμένο περιβάλλον του αποτελεί μεγάλο προσόν για τη χρήση του στη χώρα μας.

Εντούτοις αν και το Tina είναι πιο ισχυρό και έχει και πολλές δυνατότητες που βοηθούν τον εκπαιδευτικό στη διδακτική αξιοποίησή του, το προφίλ του κατασκευαστή του, καθώς και πολλές από τις λειτουργίες του (όπως ο εξολκέας παραμέτρων, ο επεξεργαστής σχηματικών συμβόλων, ο αναλυτής σημάτων, ο αναλυτής δικτύων, η ανάλυση θορύβου κλπ.), μαρτυρούν ότι πρόκειται για λογισμικό που απευθύνεται κυρίως στο μηχανικό και ότι πάνω σ’ αυτό έχει προστεθεί εκ των υστέρων λειτουργικότητα που εξυπηρετεί την εκπαίδευση. Έτσι η πολυπλοκότητα των μενού και το πλήθος των επιλογών του τείνουν να «τρομάζουν» τους μαθητές, ενώ και η δικτυακή έκδοση του προγράμματος που διανεμήθηκε στα σχολεία μας, δεν βοηθά τους εκπαιδευτικούς να το εγκαταστήσουν σε προσωπικούς τους υπολογιστές, στους οποίους θα μπορούσαν να προετοιμάζουν τις διδασκαλίες τους.

Από την άλλη, το Electronics Workbench διαθέτει πολύ εύκολη εγκατάσταση και μια ιδιαίτερα λιτή και περιεκτική διεπαφή χρήστη, που δημιουργεί την αίσθηση άριστης ισορροπίας μεταξύ ευχρηστίας και δυνατοτήτων και μαρτυρά τον εκπαιδευτικό προσανατολισμό του σχεδιασμού του. Ερευνητές ήδη από τα πρώτα στάδια της εξέλιξής του είχαν διαπιστώσει την ταχύτητα εκμάθησής του από τους σπουδαστές και τη διαφαινόμενη ικανοποίησή τους από τη χρήση του (Locklair, 1992). Τα χαρακτηριστικά αυτά διατηρούνται μέχρι και την τελευταία έκδοση και το καθιστούν ιδιαίτερα εύχρηστο και φιλικό προς το χρήστη και, γι’ αυτό έχει συγκεντρώσει τις προτιμήσεις πολλών εκπαιδευτικών που εμπλέκονται με τη διδασκαλία ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών κυκλωμάτων και χρησιμοποιούν στο εργαστήριο προσομοιώσεις.

Εν τέλει η απλότητα των χειρισμών, η επάρκεια των δυνατοτήτων, η ευκολία εκμάθησης, η απλή και γρήγορη εγκατάσταση, καθώς και η ελεύθερη διαθεσιμότητά του για κατέβασμα από το διαδίκτυο, ήταν τα χαρακτηριστικά που οδήγησαν στην επιλογή να χρησιμοποιηθεί το Electronics Workbench αντί του Tina Pro ως λογισμικό προσομοίωσης στην παρούσα έρευνα.

## Τα διαθέσιμα εργαλεία μέτρησης για την έρευνα

Σκοπός της παρούσας έρευνας επιλέχθηκε να είναι η καταγραφή των απόψεων συγκεκριμένων ομάδων μαθητών και μαθητριών για την ευχρηστία ενός λογισμικού προσομοίωσης ηλεκτρονικού και ηλεκτρολογικού εργαστηρίου στην υποκατάσταση των ασκήσεων στα φυσικά εργαστήρια. Η ευχρηστία ενός πακέτου λογισμικού ορίζεται ως το σύνολο των ιδιοτήτων που καθορίζουν το κατά πόσο οι χρήστες μπορούν μ’ αυτό να πετύχουν τους καθορισμένους στόχους τους με αποτελεσματικότητα, αποδοτικότητα και ικανοποίηση (Churm, 2012).

Η αναζήτηση στη διεθνή βιβλιογραφία για πηγές μεθόδων αξιολόγησης της ευχρηστίας των λογισμικών είχε ως αποτέλεσμα την εύρεση αρκετών εργαλείων σχεδιασμένων να εκπληρώνουν αυτό τον σκοπό. Το γεγονός αυτό ήταν αναμενόμενο, καθώς υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον εκ μέρους των κατασκευαστών λογισμικού για τη χρήση τέτοιων μεθόδων κατά τις διαδικασίες ανάπτυξης και εξέλιξης των προϊόντων τους, προκειμένου να τα καταστήσουν ανταγωνιστικά και επιτυχημένα στις αγορές. Αρκετά από αυτά τα εργαλεία αξιολογούν, εκτός από το λογισμικό, και το υλικό και είναι κατάλληλα, άλλα για ποσοτικές, και άλλα για ποιοτικές αξιολογήσεις. Ορισμένα από αυτά είναι ιδιόκτητα και η χρήση τους επιτρέπεται μόνο κατόπιν αμοιβής, ενώ άλλα διατίθενται ελεύθερα (Braulio & Pow-Sang, 2018). Εν προκειμένω το ενδιαφέρον εστιάστηκε σε εργαλεία ελεύθερης χρήσης και ποσοτικής αξιολόγησης λογισμικού.

Τα εργαλεία που βρέθηκαν και ικανοποιούν αυτές τις προϋποθέσεις είναι κυρίως ερωτηματολόγια, όπως το QUIS (Questionnaire for User Interface Satisfaction), το CSUQ (Computer System Usability Questionnaire), ή το USE (Usefulness, Satisfaction and Ease of use) με τα οποία βαθμολογούνται συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του εξεταζόμενου λογισμικού. Άλλα πάλι αποτελούν γενικότερα εργαλεία σύγκρισης και αξιολόγησης, όπως το SUOMI (Software Usability Measurement Inventory), με το οποίο μπορεί να συγκριθεί το εξεταζόμενο λογισμικό ως προς την ευχρηστία, απέναντι σε μια βάση δεδομένων ευχρηστίας ανταγωνιστικών του προϊόντων (Kirakowski & Corbett, 2006). Η χρήση αυτών των εργαλείων στηρίζεται στη βαθμολόγηση κάποιων κριτηρίων βάσει κάποιας κλίμακας Likert και την εξαγωγή του μέσου όρου του αποτελέσματος της αξιολόγησης. Τα κριτήρια είναι διατυπωμένα έτσι, ώστε υψηλότερη βαθμολογία να συνεπάγεται και υψηλότερο επίπεδο εκτίμησης της ευχρηστίας του συστήματος.

Το ερωτηματολόγιο QUIS εξετάζει τη διεπαφή χρήστη του λογισμικού για τα εξής χαρακτηριστικά (ISISLab, 1998):

1. Συνολική αντίδραση στο Λογισμικό.

* Απαίσιο έως Θαυμάσιο.
* Δύσκολο έως Εύκολο.
* Απογοητευτικό έως Ικανοποιητικό.
* Ανιαρό έως Διεγερτικό.
* Άκαμπτο έως Εύκαμπτο.

1. Οθόνη.

* Ανάγνωση της οθόνης: Εύκολη έως Δύσκολη.
* Οργάνωση της πληροφορίας: Μπερδεμένη έως Πολύ Ξεκάθαρη.
* Αλληλοδιαδοχή των οθονών: Μπερδεμένη έως Πολύ Ξεκάθαρη.

1. Ορολογία και πληροφορίες Συστήματος.

* Χρήση των όρων στο σύστημα: Ασυνεπής έως Συνεπής.
* Η ορολογία είναι διαισθητική: Ποτέ έως Πάντοτε.
* Θέση των μηνυμάτων στην οθόνη: Ασυνεπής έως Συνεπής.
* Προτροπές για εισαγωγή δεδομένων: Μπερδεμένες έως Ξεκάθαρες.
* Μηνύματα λάθους: Μη υποβοηθητικά έως Υποβοηθητικά.

1. Εκμάθηση.

* Εκμάθηση της λειτουργίας του συστήματος: Εύκολη έως Δύσκολη.
* Η εκτέλεση εργασιών είναι απλή: Ποτέ έως Πάντοτε.

1. Δυνατότητες Συστήματος.

* Ταχύτητα του συστήματος: Πολύ αργή έως Αρκετά γρήγορη.
* Αξιοπιστία του συστήματος: Αναξιόπιστο έως Αξιόπιστο.
* Τάση του συστήματος να είναι: Θορυβώδες έως Ήσυχο.
* Σχεδιασμένο για όλα τα επίπεδα χρηστών: Ποτέ έως Πάντοτε.

Το ερωτηματολόγιο CSQU προέρχεται από την εταιρεία IBM και βαθμολογεί με τη χρήση της κλίμακας Likert από το «Διαφωνώ απόλυτα» έως το «Συμφωνώ Απόλυτα» τα εξής 16 γνωρίσματα του εξεταζόμενου συστήματος (QUIS\_CSQU, 1998):

1. Είμαι συνολικά ικανοποιημένος/η από την ευκολία χρήσης του συστήματος.
2. Η χρήση του συστήματος ήταν απλή.
3. Μπορώ να ολοκληρώσω αποτελεσματικά την εργασία μου χρησιμοποιώντας αυτό το σύστημα.
4. Είμαι ικανός/ή να ολοκληρώσω γρήγορα την εργασία μου χρησιμοποιώντας αυτό το σύστημα.
5. Είμαι ικανός/ή να ολοκληρώσω αποδοτικά την εργασία μου χρησιμοποιώντας αυτό το σύστημα.
6. Αισθάνομαι άνετα χρησιμοποιώντας αυτό το σύστημα.
7. Ήταν εύκολο να μάθω να χρησιμοποιώ αυτό το σύστημα.
8. Πιστεύω ότι έγινα γρήγορα αποδοτικός/η χρησιμοποιώντας αυτό το σύστημα.
9. Οι πληροφορίες (όπως on line βοήθεια, μηνύματα οθόνης και άλλη τεκμηρίωση) που παρέχει το σύστημα είναι ξεκάθαρες.
10. Είναι εύκολο να βρω τις πληροφορίες που χρειάζομαι.
11. Οι πληροφορίες που παρέχονται για το σύστημα είναι εύκολο να κατανοηθούν.
12. Η οργάνωση των πληροφοριών στις οθόνες του συστήματος είναι ξεκάθαρη.
13. Η διεπαφή του συστήματος είναι ευχάριστη.
14. Μου αρέσει να χρησιμοποιώ τη διεπαφή αυτού του συστήματος.
15. Το σύστημα έχει όλες τις λειτουργίες και τις δυνατότητες που προσδοκώ να έχει.
16. Συνολικά, είμαι ικανοποιημένος/η απ’ αυτό το σύστημα.

Το ερωτηματολόγιο USE μοιάζει αρκετά με το CSQU. Κυριότερα σημεία διαφοροποίησης μεταξύ των δύο είναι το ότι το USE περιλαμβάνει σχεδόν διπλάσια κριτήρια ελέγχου από το CSQU και ότι οργανώνει αυτά τα κριτήρια σε τέσσερις ομάδες χαρακτηριστικών: χρησιμότητα, ευκολία χρήσης, ευκολία εκμάθησης και ικανοποίηση. Κάθε κριτήριο βαθμολογείται σε επτάβαθμη κλίμακα Likert από 1, που αντιστοιχεί στο «Διαφωνώ απόλυτα», έως 7, που αντιστοιχεί στο «Συμφωνώ απόλυτα». Έρευνες του δημιουργού του Arnold Lund (Lund, 2001) έδειξαν ότι η Χρησιμότητα και η Ευκολία Χρήσης αλληλοεπηρεάζονται, έτσι ώστε βελτιώσεις στα χαρακτηριστικά της μιας ομάδας ανεβάζουν τη βαθμολογία των χαρακτηριστικών και της άλλης, ενώ και οι δύο μαζί καθορίζουν την Ικανοποίηση. Επίσης η Ευκολία Εκμάθησης και η Ευκολία Χρήσης σχετίζονται στενά, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για συστήματα τα οποία οι αξιολογητές τους τα χρησιμοποιούν εξ ανάγκης. Το ερωτηματολόγιο USE είναι δομημένο ως εξής:

Α. Χρησιμότητα.

1. Με βοηθά να γίνω πιο αποτελεσματικός/ή.
2. Με βοηθά να γίνω πιο παραγωγικός/ή.
3. Είναι χρήσιμο.
4. Μου δίνει καλύτερο έλεγχο στις καθημερινές μου εργασίες.
5. Κάνει πιο εύκολες πολλές πράξεις που θέλω να διεκπεραιώσω.
6. Όταν το χρησιμοποιώ κερδίζω χρόνο.
7. Ικανοποιεί τις ανάγκες μου.
8. Λειτουργεί όπως θα περίμενα να λειτουργεί.

Β. Ευκολία Χρήσης.

1. Είναι εύκολο στην χρήση του.
2. Είναι απλό στην χρήση του.
3. Είναι φιλικό προς τον χρήστη.
4. Απαιτεί τα λιγότερα πιθανά βήματα για την ολοκλήρωση των εργασιών που θέλω να κάνω μ’ αυτό.
5. Είναι ευέλικτο.
6. Η χρήση του δεν απαιτεί ιδιαίτερη προσπάθεια.
7. Μπορώ να το χρησιμοποιήσω χωρίς να διαβάσω γραπτές οδηγίες.
8. Δεν παρατήρησα ασυνέπειες κατά την χρήση του.
9. Θεωρώ ότι θα αρέσει τόσο σε περιστασιακούς όσο και σε τακτικούς χρήστες.
10. Μπορώ να επανορθώσω λάθος χειρισμούς εύκολα και γρήγορα.
11. Μπορώ να το χρησιμοποιήσω κάθε στιγμή.

Γ. Ευκολία Εκμάθησης.

1. Έμαθα να το χρησιμοποιώ γρήγορα.
2. Μπορώ να θυμηθώ εύκολα την λειτουργία του.
3. Είναι εύκολο να μάθει κάποιος να το χρησιμοποιεί.
4. Έγινα γρήγορα επιδέξιος/α χρήστης του.

Δ. Ικανοποίηση.

1. Είμαι ικανοποιημένος/η από την χρήση του.
2. Θα το σύστηνα σε κάποιον/αν φίλο/η μου.
3. Η χρήση του είναι διασκεδαστική.
4. Λειτουργεί όπως ακριβώς θέλω να λειτουργεί.
5. Είναι υπέροχο.
6. Αισθάνομαι ότι το χρειάζομαι.
7. Η χρήση του είναι ευχάριστη.

## Το ερωτηματολόγιο της έρευνας

Εξετάζοντας τα παραπάνω ερωτηματολόγια κρίθηκε ότι το πλέον κατάλληλο για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας ήταν το ερωτηματολόγιο USE λόγω της πληρότητας των κριτηρίων, της σαφήνειας της διατύπωσης των ερωτημάτων του και της απλής γλώσσας που χρησιμοποιεί. Εντούτοις τριάντα ερωτήματα θεωρήθηκε ότι είναι μάλλον πολλά για ένα ερωτηματολόγιο που θα έπρεπε να συμπληρωθεί από μια σχολική τάξη μέσα σε χρονικό διάστημα δέκα έως δεκαπέντε λεπτών. Επιπλέον η διαφορά μεταξύ ορισμένων ερωτημάτων είναι αρκετά δυσδιάκριτη και η διατύπωσή τους αρκετά γενική, αφού πρέπει να καλύπτει όλα τα είδη λογισμικών. Έτσι αποφασίστηκε να μειωθεί το πλήθος των ερωτημάτων σε είκοσι και να αναδιατυπωθούν κάποια από αυτά, ώστε να ταιριάζουν καλύτερα στην αξιολόγηση ενός λογισμικού προσομοίωσης ηλεκτρονικού εργαστηρίου. Πέρα απ’ αυτό αποφασίστηκε να μειωθεί και το πλήθος των σταθμών της κλίμακας Likert από 7 σε 5, προκειμένου η κλίμακα να γίνει περισσότερο αδρομερής και να καταστεί ευκολότερη για τους μαθητές και τις μαθήτριες η αξιολόγηση των χαρακτηριστικών του προσομοιωτή.

Μια αρχική μορφή του ερωτηματολογίου δόθηκε σε τρεις μαθητές της Γ’ τάξης στους οποίους είχε άμεση πρόσβαση ο γράφων και οι οποίοι είχαν διαφορές στη σχολική επίδοση και τη νοητική συγκρότηση, προκειμένου να ελεγχθεί το κατά πόσο ήταν κατανοητά σε όλους τα ερωτήματά του. Βάσει των παρατηρήσεών τους έγινε αλλαγή της διατύπωσης κάποιων ερωτημάτων και το ερωτηματολόγιο που προέκυψε και χρησιμοποιήθηκε τελικά στην έρευνα, ήταν το εξής:

Α. Χρησιμότητα.

1. Με βοηθά να κατανοώ καλύτερα την άσκηση.
2. Με βοηθά να ολοκληρώνω πιο εύκολα την άσκηση.
3. Μου δίνει καλύτερο έλεγχο στις μετρήσεις των κυκλωμάτων.
4. Δίνει ίδια αποτελέσματα μετρήσεων με τα πραγματικά κυκλώματα.
5. Κάνει πιο εύκολη τη συναρμολόγηση και τον έλεγχο του κυκλώματος.
6. Όταν το χρησιμοποιώ κερδίζω χρόνο.

Β. Ευκολία Χρήσης.

1. Είναι απλό στην χρήση του.
2. Είναι φιλικό προς τον χρήστη.
3. Απαιτεί τα λιγότερα βήματα για την ολοκλήρωση των εργασιών της άσκησης.
4. Μπορώ να το χρησιμοποιήσω χωρίς να διαβάσω γραπτές οδηγίες.
5. Μπορώ να επανορθώσω λάθος χειρισμούς εύκολα και γρήγορα.
6. Δεν χρειάζεται προετοιμασία του εργαστηρίου για να το χρησιμοποιήσω.

Γ. Ευκολία Εκμάθησης.

1. Έμαθα να το χρησιμοποιώ γρήγορα.
2. Μπορώ να θυμηθώ εύκολα την λειτουργία του.
3. Είναι εύκολο να μάθει κάποιος να το χρησιμοποιεί.
4. Έγινα γρήγορα επιδέξιος/α χρήστης του.

Δ. Ικανοποίηση.

1. Η χρήση του είναι ευχάριστη.
2. Λειτουργεί όπως ακριβώς θέλω να λειτουργεί.
3. Είναι ενδιαφέρον.
4. Αισθάνομαι ότι με βοηθάει.

Οι στάθμες συμφωνίας τις οποίες κλήθηκαν να επιλέξουν στο ερωτηματολόγιο οι μαθητές και μαθήτριες που συμμετείχαν στην έρευνα, ήταν οι εξής:

1. Σίγουρα όχι.
2. Μάλλον όχι.
3. Ούτε ναι, ούτε όχι.
4. Μάλλον ναι.
5. Σίγουρα ναι.

## Η διαδικασία της παρέμβασης και οι περιορισμοί της έρευνας

Η παρέμβαση ξεκίνησε στην αρχή του σχολικού έτους 2018 – 2019. Δεδομένων των καθυστερήσεων που συχνά παρατηρούνται έως ότου οριστικοποιηθούν τα ωρολόγια προγράμματα των σχολείων της δευτεροβάθμιας τεχνικής και επαγγελματικής εκπαίδευσης και των απαραίτητων επαφών με τους εκπαιδευτικούς που συμμετείχαν στην έρευνα, αυτό πρακτικά σήμαινε ξεκίνημα κατά τα μέσα Οκτωβρίου του 2018.

Σε κάθε τμήμα μαθητών δόθηκαν πέντε φύλλα εργασίας με ισάριθμες ασκήσεις προοριζόμενες για εκτέλεση στο φυσικό εργαστήριο, συνοδευόμενα από άλλα πέντε φύλλα εργασίας με τις ίδιες ασκήσεις προοριζόμενες για εκτέλεση στο περιβάλλον του προσομοιωτή. Το πρώτο τέτοιο ζεύγος των ασκήσεων ήταν εισαγωγικό και κοινό για τα τμήματα όλων των τάξεων και ειδικοτήτων που συμμετείχαν στην έρευνα. Οι υπόλοιπες ασκήσεις ήταν προσαρμογή αυτών που προτείνονται στα βιβλία του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου «Γενικά Ηλεκτρονικά – ΜΕΡΟΣ Β’», «Αναλογικά Ηλεκτρονικά – ΜΕΡΟΣ Β’» και «Ψηφιακά Ηλεκτρονικά – ΜΕΡΟΣ Β’» για τον Τομέα Ηλεκτρονικής και στο βιβλίο «Ηλεκτρολογικό Εργαστήριο», για τον Τομέα Ηλεκτρολογίας. Αυτή η επιλογή έγινε προκειμένου να μην αλλοιωθεί η βασισμένη στις αρχές του συμπεριφορισμού άποψη του Ινστιτούτου Εκπαιδευτικής Πολιτικής για τον τρόπο διδασκαλίας των συγκεκριμένων εργαστηριακών μαθημάτων. Οι προσαρμογές που χρειάστηκε να γίνουν, ήταν αποτέλεσμα των ιδιαιτεροτήτων του διαθέσιμου εξοπλισμού στα εργαστήρια των σχολείων που συμμετείχαν στην έρευνα.

Κατά την προετοιμασία των φύλλων εργασίας λήφθηκε ειδική μέριμνα, ώστε ανεξαρτήτως του τρόπου διεξαγωγής τους, να μπορούν να ολοκληρώνονται οι ασκήσεις σε χρονικό διάστημα λίγο μικρότερο από τη διάρκεια μιας εργαστηριακής περιόδου. Αυτό έγινε για να δοθεί η δυνατότητα να αφιερωθεί ο υπόλοιπος χρόνος σε αναστοχασμό και γόνιμες παρατηρήσεις πάνω στην άσκηση και τον τρόπο διεξαγωγής της.

Οι ασκήσεις δόθηκαν στους εκπαιδευτικούς που συμμετείχαν στην έρευνα μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου και διδάχτηκαν εναλλάξ, πρώτα μια άσκηση στο φυσικό εργαστήριο, και αμέσως μετά, δηλαδή στην πράξη την επόμενη εβδομάδα, η ίδια άσκηση με προσομοίωση στο εικονικό εργαστήριο. Σκοπός αυτού ήταν να έχουν διατηρήσει επαρκώς στη μνήμη τους οι μαθητές και οι μαθήτριες τα χαρακτηριστικά και τις τυχόν δυσκολίες της διεξαγωγής της άσκησης με τον ένα τρόπο, ώστε να μπορέσουν να τα συγκρίνουν ασφαλώς με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά του άλλου τρόπου. Με τον τρόπο αυτό κρίθηκε ότι θα μπορούσαν στο τέλος να εκφράσουν με συνέπεια τις κρίσεις τους στο ερωτηματολόγιο της έρευνας.

Δέκα, εν συνόλω, ασκήσεις σημαίνει δέκα διδακτικές εβδομάδες, οι οποίες μαζί με τις αναπόφευκτες απώλειες μαθημάτων τις οφειλόμενες σε αργίες, σχολικές γιορτές, ημερήσιους περιπάτους και άλλες παρόμοιες αιτίες, παρέτειναν το χρονικό διάστημα της παρέμβασης σχεδόν μέχρι το τέλος του πρώτου τετραμήνου του σχολικού έτους 2018 – 2019. Δε θεωρήθηκε σκόπιμο να διδαχθούν περισσότερες ασκήσεις για τους σκοπούς της έρευνας, αφενός διότι κρίθηκε ότι πέντε ήταν αρκετές ώστε να μάθουν οι μαθητές τον χειρισμό και να εκτιμήσουν τα χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες του λογισμικού προσομοίωσης και αφετέρου, για να μην επιβαρυνθεί υπέρμετρα ο παιδαγωγικός σχεδιασμός των συμμετεχόντων εκπαιδευτικών για τις εργαστηριακές διδασκαλίες των υπόλοιπων ασκήσεων στα μαθήματά τους.

Στο τέλος της περιόδου των δέκα διδακτικών εβδομάδων διανεμήθηκε στους συμμετέχοντες μαθητές και μαθήτριες τα έντυπα με το ερωτηματολόγιο της έρευνας που υπάρχει στο Παράρτημα Α’ και συμπληρώθηκαν κάτω από την επίβλεψη των συμμετεχόντων εκπαιδευτικών σε χρονικό διάστημα έως δεκαπέντε λεπτών κάθε φορά. Τα συμπληρωμένα ερωτηματολόγια περιήλθαν στην κατοχή του γράφοντος μετά από κατ’ ιδίαν συναντήσεις με τους συμμετέχοντες στην έρευνα εκπαιδευτικούς.

Βασικό πρόβλημα στο σχεδιασμό της έρευνας ήταν το γεγονός ότι ο γράφων δεν είχε άμεση πρόσβαση στους περισσότερους από τους μαθητές και μαθήτριες που συμμετείχαν σ’ αυτή. Έτσι, για την πραγματοποίηση της παρέμβασης ζητήθηκε η βοήθεια άλλων εκπαιδευτικών, οι οποίοι θα είχαν τη διάθεση και τη δυνατότητα να διδάξουν αυτά που είχε κατά νου ο γράφων. Αυτό έγινε προσπάθεια να εξασφαλιστεί με την προετοιμασία από τον γράφοντα φύλλων εργασίας κοινών για τις διδασκαλίες όλων. Εντούτοις παρέμεινε αστάθμητος ο παράγοντας των διαφορών στις διδασκαλίες στα διάφορα σχολεία της έρευνας, δεδομένων των όχι ασήμαντων διαφορών στην ποσότητα και την ποιότητα του εργαστηριακού εξοπλισμού από σχολείο σε σχολείο, αλλά και του διαφορετικού «προφίλ» της διδασκαλίας του κάθε συμμετέχοντα εκπαιδευτικού. Αυτό αποτελεί έναν από τους βασικούς περιορισμούς της παρούσας έρευνας.

Άλλο πρόβλημα της έρευνας ήταν το μικρό πλήθος των συμμετεχόντων μαθητών και μαθητριών σ’ αυτή. Αυτό προέκυψε από την απαίτηση να συντρέχουν οι συνθήκες διαθεσιμότητας εργαστηρίου ηλεκτρονικών - ηλεκτρολογίας, εργαστηρίου ηλεκτρονικών υπολογιστών και εκπαιδευτικών με γνώση του λογισμικού προσομοίωσης που να επιθυμούν να συμμετάσχουν στην έρευνα, καθώς και από τη γενική καχεξία των άλλοτε ανθηρών και πολυμελών τμημάτων ηλεκτρονικών και ηλεκτρολογίας. Αυτό αποτελεί τον δεύτερο περιορισμό της παρούσας έρευνας.

Τρίτος περιορισμός ήταν η αδυναμία να συσχετιστούν ποσοτικά οι απαντήσεις στα ερωτηματολόγια με τη σχολική επίδοση των συμμετεχόντων. Τα ερωτηματολόγια ήταν ανώνυμα και επιπλέον η πρόσβαση σε ονομαστικές καταστάσεις σχολικής βαθμολογίας απαγορεύεται από τις διατάξεις περί προστασίας των προσωπικών δεδομένων των μαθητών. Αντ’ αυτού επιχειρήθηκε να γίνει κάποιος ποιοτικός συσχετισμός.

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ :** Τα αποτελέσματα της έρευνας



## Εισαγωγικές παρατηρήσεις

Τη συγκέντρωση και την ταξινόμηση των ερωτηματολογίων την ακολούθησε έλεγχος για τη διαπίστωση της ορθότητας της συμπλήρωσής τους. Ο έλεγχος αποκάλυψε τέσσερα ερωτηματολόγια που είχαν απαντηθεί σε όλες τις ερωτήσεις με «Σίγουρα ναι» και δύο ερωτηματολόγια που είχαν απαντηθεί σε όλες τις ερωτήσεις με «Σίγουρα όχι». Τα τέσσερα πρώτα και το ένα από τα δύο δεύτερα προήλθαν από τη Β’ τάξη του Τομέα Ηλεκτρολογίας, Ηλεκτρονικής και Αυτοματισμού του ΕΠΑΛ της αστικής περιοχής, ενώ το τελευταίο προήλθε από τη Β’ τάξη του ίδιου Τομέα του ενός ΕΠΑΛ της ημιαστικής περιοχής. Τα ερωτηματολόγια αυτά απορρίφθηκαν ως ακραίες παρατηρήσεις, αφήνοντας συνολικά 60 χρήσιμα ερωτηματολόγια για επεξεργασία και εξαγωγή συμπερασμάτων. Οι απαντήσεις τους καταχωρίστηκαν σε αρχείο του Microsoft Excel, με το οποίο έγιναν ο έλεγχος της ορθότητας των καταχωρήσεων, η βασική επεξεργασία των απαντήσεων και ο σχεδιασμός των διαγραμμάτων και στη συνέχεια μεταφέρθηκαν στο πακέτο λογισμικού στατιστικής επεξεργασίας δεδομένων SPSS, με το οποίο έγινε η εξαγωγή των συσχετίσεων μεταξύ των μεταβλητών και ο έλεγχος των υποθέσεων εργασίας της έρευνας.

## Η επεξεργασία των απαντήσεων

Οι απαντήσεις ταξινομήθηκαν σε ομάδες κατά τμήμα, κατά τάξη, κατά ειδικότητα και κατά οικιστική προέλευση των συμμετεχόντων στην έρευνα. Η ταξινόμηση έγινε κάτω από τις εξής ενδείξεις κατηγοριών του ερωτηματολογίου:

* Α1 – Α6: Ερωτήσεις 1 έως 6 του ερωτηματολογίου για τη χρησιμότητα.
* Β1 – Β6: Ερωτήσεις 7 έως 12 του ερωτηματολογίου για την ευκολία χρήσης.
* Γ1 – Γ4: Ερωτήσεις 13 έως 16 του ερωτηματολογίου για την ευκολία μάθησης.
* Δ1 – Δ4: Ερωτήσεις 17 έως 20 του ερωτηματολογίου για την ικανοποίηση.

Για την εξαγωγή ενός δείκτη που να περιγράφει τη γενική αποδοχή του λογισμικού προσομοίωσης, αθροίστηκαν οι μέσοι όροι όλων των βαθμών της κλίμακας Likert στα ερωτηματολόγια κάθε ομάδας. Η άθροιση επέστρεψε ένα βαθμό μεταξύ 20 (όλα «Σίγουρα όχι») και 100 (όλα «Σίγουρα ναι»). Με δεδομένο το θετικό τρόπο διατύπωσης των δηλώσεων στα ερωτηματολόγια, όσο μεγαλύτερος ήταν αυτός ό βαθμός, τόσο μεγαλύτερη σήμαινε ότι ήταν η αποδοχή του λογισμικού από την ομάδα.

Για τον έλεγχο των απαντήσεων σε σχέση με τη σχολική επίδοση των μαθητών και μαθητριών κάθε ομάδας, και προς αποφυγή παραβίασης προσωπικών δεδομένων, ζητήθηκαν από κάθε σχολείο οι ανώνυμες καταστάσεις βαθμολογίας τους του πρώτου τετραμήνου για τα σχετιζόμενα με την έρευνα εργαστηριακά μαθήματα. Όπου το μάθημα ήταν μεικτό, χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος της βαθμολογίας του θεωρητικού και του εργαστηριακού μέρους. Προτιμήθηκαν οι βαθμοί του πρώτου τετραμήνου λόγω της χρονικής εγγύτητας στη διεξαγωγή της έρευνας και ως περισσότερο αντιπροσωπευτικοί της σχολικής επίδοσης των συμμετεχόντων.

Για να εξουδετερωθεί η επίδραση των διαφορετικών «προφίλ» αξιολόγησης των εκπαιδευτικών που βαθμολόγησαν στα διάφορα τμήματα της έρευνας, όλοι οι βαθμοί μεταφέρθηκαν με τη μέθοδο της γραμμικής παρεμβολής στην περιοχή μεταξύ 1 και 10 και κατόπιν κατατάχτηκαν σε πέντε κατηγορίες: χαμηλή (1-2), μεσοχαμηλή (3-4), μέση (5-6), μεσοϋψηλή (7-8) και υψηλή (9-10). Το γεγονός της ανωνυμίας των βαθμών, όπως άλλωστε και των ερωτηματολογίων, δεν επέτρεψε την ποσοτική συσχέτιση μεταξύ των απαντήσεων και της σχολικής επίδοσης. Εντούτοις κατέστη δυνατό να γίνει κάποιος ποιοτικός συσχετισμός βασισμένος στα διαγράμματα συχνοτήτων βαθμολογίας.

Για τις ανάγκες της παρουσίασης των αποτελεσμάτων της έρευνας τα τμήματα που συμμετείχαν σ’ αυτή, ονοματίστηκαν ως εξής:

* ΒΗ\_ΑΣ: Β’ τάξη Ηλεκτρολογίας – Ηλεκτρονικής αστικής περιοχής
* ΒΗ\_ΗΜ: Β’ τάξη Ηλεκτρολογίας – Ηλεκτρονικής ημιαστικής περιοχής
* ΒΗ\_Μ: Β’ τάξη Μηχανολογίας ημιαστικής περιοχής
* ΓΗ\_ΑΣ: Γ’ τάξη Ηλεκτρονικής αστικής περιοχής
* ΓΗ\_ΗΜ: Γ’ τάξη Ηλεκτρονικής ημιαστικής περιοχής

## Παρουσίαση και σχολιασμός των αποτελεσμάτων

**Τμήμα ΒΗ\_ΑΣ:** Η καταγραφή των απαντήσεων έδωσε τα εξής αποτελέσματα:

Πίνακας 6‑1: Οι συχνότητες των απαντήσεων του τμήματος ΒΗ\_ΑΣ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1.  Σίγουρα όχι | 2.  Μάλλον όχι | 3.  Ούτε ναι, ούτε όχι | 4.  Μάλλον ναι | 5.  Σίγουρα ναι |
| Α: Χρησιμότητα | 3 | 9 | 19 | 36 | 17 |
| Β: Ευκολία χρήσης | 3 | 9 | 11 | 28 | 33 |
| Γ: Ευκολία εκμάθησης | 7 | 6 | 12 | 16 | 15 |
| Δ: Ικανοποίηση | 9 | 4 | 7 | 12 | 24 |

Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται τα διαγράμματα συχνοτήτων των απαντήσεων του τμήματος ΒΗ\_ΑΣ ανά κατηγορία και ανά ερώτηση:

*Εικόνα 6‑1. Διαγράμματα συχνοτήτων των απαντήσεων του τμήματος ΒΗ\_ΑΣ*

Παρατηρείται αξιοσημείωτη συγκέντρωση των απαντήσεων στις περιοχές με βαθμό 4 (Μάλλον ναι) και 5 (Σίγουρα ναι), ιδίως στις κατηγορίες Α (Χρησιμότητα) και Β (Ευκολία χρήσης). Ο γενικός δείκτης αποδοχής, όπως ορίστηκε στην παράγραφο 6.1.1. ήταν 74.

Οι απαντήσεις του τμήματος ΒΗ\_ΑΣ, όταν εισήχθηκαν στο πακέτο λογισμικού στατιστικής επεξεργασίας δεδομένων SPSS έδωσαν τους εξής δείκτες κεντρικής τάσης και διασποράς:

| **Statistics** | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | Χρησιμότητα | Ευκολία χρήσης | Ευκολία εκμάθησης | Ικανοποίηση | Όλα |
| N | Έγκυρα | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| Λείπουν | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Μέσος όρος | | 3,65 | 3,94 | 3,46 | 3,68 | 3,71 |
| Διάμεσος | | 3,75 | 4,17 | 3,63 | 3,75 | 3,80 |
| Τυπική απόκλιση | | ,601 | ,805 | 1,176 | 1,211 | ,825 |

Παρατηρείται ότι ο Μέσος όρος της βαθμολογίας στην πενταβάθμια κλίμακα Likert είναι σε κάθε κατηγορία μεγαλύτερος του 3 (Ούτε συμφωνώ, ούτε διαφωνώ) και ακόμη μεγαλύτερος είναι ο Διάμεσος, πράγμα που σημαίνει ότι περισσότεροι από τους μισούς μαθητές αξιολόγησαν θετικά το λογισμικό. Η Τυπική απόκλιση λαμβάνει τις μεγαλύτερες τιμές της στις κατηγορίες Γ (Ευκολία εκμάθησης) και Δ (Ικανοποίηση), 1,176 και 1,211 αντιστοίχως, πράγμα που αντανακλά τη μεγαλύτερη διασπορά των απαντήσεων σ’ αυτές τις κατηγορίες.

Συσχέτιση της σχολικής επίδοσης με τον τρόπο αξιολόγησης του λογισμικού από τους μαθητές δεν ήταν δυνατό να γίνει ποσοτικά, καθώς η έρευνα δεν παρείχε στοιχεία για την επίδοση του εκάστου συμμετέχοντα μαθητή ή μαθήτριας συνδεδεμένα με το ερωτηματολόγιο που συμπλήρωσε. Εντούτοις η αντιπαραβολή των διαγραμμάτων συχνότητας των απαντήσεων και συχνότητας της βαθμολογίας των συμμετεχόντων ίσως φανερώνει κάτι. Έτσι, το διάγραμμα συχνοτήτων της εικόνας 6-2 για το σύνολο του ερωτηματολογίου δείχνει μια περίπου μονότονη αύξηση προς την πλευρά των θετικών αξιολογήσεων, ενώ το διάγραμμα συχνοτήτων βαθμολογίας της εικόνας 6-3 για το σχετικό μάθημα «Αναλογικά και Ψηφιακά Ηλεκτρονικά» παρουσιάζει την τυπική όψη ενός τμήματος της Τεχνικής και Επαγγελματικής Εκπαίδευσης, με ένα ισχυρό μέγιστο στην περιοχή των χαμηλών βαθμολογιών και ένα άλλο ασθενέστερο στην περιοχή των υψηλών. Αυτό μάλλον υποδεικνύει ότι οι μαθητές αξιολόγησαν ομοιόμορφα το λογισμικό, ανεξαρτήτως της σχολικής τους επίδοσης.

*Εικόνα 6‑2.**Ολικές απαντήσεις του ΒΗ\_ΑΣ Εικόνα 6‑3. Σχολική επίδοση του ΒΗ\_ΑΣ*

**Τμήμα ΒΗ\_ΗΜ:** Η καταγραφή των απαντήσεων του τμήματος ανά κατηγορία έδωσε τα εξής αποτελέσματα:

Πίνακας ‑. Οι συχνότητες των απαντήσεων του τμήματος ΒΗ\_ΗΜ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1.  Σίγουρα όχι | 2.  Μάλλον όχι | 3.  Ούτε ναι, ούτε όχι | 4.  Μάλλον ναι | 5.  Σίγουρα ναι |
| Α: Χρησιμότητα | 1 | 7 | 15 | 22 | 27 |
| Β: Ευκολία χρήσης | 4 | 12 | 17 | 19 | 20 |
| Γ: Ευκολία εκμάθησης | 2 | 5 | 9 | 17 | 15 |
| Δ: Ικανοποίηση | 2 | 1 | 14 | 14 | 17 |

Στην εικόνα 6-4 φαίνονται τα διαγράμματα συχνοτήτων των απαντήσεων του τμήματος ΒΗ\_ΑΣ ανά κατηγορία και ανά ερώτηση:

*Εικόνα 6‑4. Διαγράμματα συχνοτήτων των απαντήσεων του τμήματος ΒΗ\_ΗΜ*

Παρατηρείται και εδώ συγκέντρωση των απαντήσεων γύρω από τους βαθμούς 4 και 5, ιδίως στις κατηγορίες Α (Χρησιμότητα) και Γ (Ευκολία εκμάθησης). Αντίθετα στην κατηγορία Β (Ευκολία χρήσης) οι απαντήσεις είναι μάλλον ομοιόμορφα μοιρασμένες. Ο γενικός δείκτης αποδοχής, όπως ορίστηκε στην παράγραφο 6.1.1. ήταν 76.

Το λογισμικό στατιστικής επεξεργασίας SPSS έδωσε για τις απαντήσεις του τμήματος ΒΗ\_ΑΣ τους εξής δείκτες κεντρικής τάσης και διασποράς:

| **Statistics** | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | Χρησιμότητα | Ευκολία χρήσης | Ευκολία εκμάθησης | Ικανοποίηση | Όλα |
| N | Έγκυρα | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| Λείπουν | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Μέσος όρος | | 3,93 | 3,54 | 3,79 | 3,90 | 3,78 |
| Διάμεσος | | 4,08 | 3,42 | 4,00 | 4,13 | 3,88 |
| Τυπική απόκλιση | | ,676 | ,700 | ,884 | ,822 | ,653 |

Και εδώ παρατηρείται το ότι ο Μέσος όρος της βαθμολογίας είναι σε κάθε κατηγορία μεγαλύτερος του μέσου της κλίμακας (3) και ο Διάμεσος είναι παντού μεγαλύτερος από το μέσο όρο, εκτός από την κατηγορία Β (Ευκολία χρήσης). Αυτό σημαίνει ότι και εδώ οι περισσότεροι από τους μισούς μαθητές αξιολόγησαν θετικά το λογισμικό, μόνο που στην κατηγορία Β οι θετικές αξιολογήσεις δεν ήταν πολύ περισσότερες από τις αρνητικές, όπως άλλωστε φαίνεται και στην εικόνα 6-4. Η Τυπική απόκλιση είναι μεγαλύτερη (0,884) στην κατηγορία Γ (Ευκολία εκμάθησης) και, όπως φαίνεται και στην εικόνα 6-4, εκεί παρατηρείται μεγαλύτερη διασπορά των απαντήσεων.

Για τη συσχέτιση του τρόπου αξιολόγησης του λογισμικού με τη σχολική επίδοση των μαθητών, παρατίθενται και εδώ τα διαγράμματα της συχνότητας των απαντήσεων και της συχνότητας της βαθμολογίας των συμμετεχόντων στο μάθημα «Αναλογικά και Ψηφιακά Ηλεκτρονικά» που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα. Τα μοτίβα των διαγραμμάτων είναι παρόμοια με εκείνα των εικόνων 6-2 και 6-3 και υποδεικνύουν ότι και εδώ οι μαθητές αξιολόγησαν ομοιόμορφα το λογισμικό, ανεξαρτήτως της σχολικής τους επίδοσης.

*Εικόνα 6‑5. Ολικές απαντήσεις του ΒΗ\_ΗΜ Εικόνα 6‑6. Σχολική επίδοση του ΒΗ\_ΗΜ*

**Τμήμα ΒΜ\_ΗΜ:** Η καταγραφή των απαντήσεων του τμήματος ανά κατηγορία έδωσε τα εξής αποτελέσματα:

Πίνακας ‑. Οι συχνότητες των απαντήσεων του τμήματος ΒΜ\_ΗΜ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1.  Σίγουρα όχι | 2.  Μάλλον όχι | 3.  Ούτε ναι, ούτε όχι | 4.  Μάλλον ναι | 5.  Σίγουρα ναι |
| Α: Χρησιμότητα | 3 | 15 | 28 | 36 | 20 |
| Β: Ευκολία χρήσης | 10 | 18 | 31 | 26 | 17 |
| Γ: Ευκολία εκμάθησης | 5 | 13 | 20 | 19 | 11 |
| Δ: Ικανοποίηση | 4 | 5 | 22 | 22 | 15 |

Στην εικόνα 6-7 φαίνονται τα διαγράμματα συχνοτήτων των απαντήσεων αυτού του τμήματος ανά κατηγορία και ανά ερώτηση:

*Εικόνα 6‑7. Διαγράμματα συχνοτήτων των απαντήσεων του τμήματος ΒΜ\_ΗΜ*

Στο τμήμα αυτό, που είναι τμήμα του Τομέα Μηχανολογίας, παρατηρείται συγκέντρωση των απαντήσεων στις περιοχές με βαθμό γύρω από το 3 (ούτε συμφωνώ, ούτε διαφωνώ). Αυτό είναι εμφανές σε όλες τις κατηγορίες, αλλά ιδιαίτερα στην κατηγορία Β (Ευκολία χρήσης). Επίσης οι απαντήσεις φαίνονται μάλλον ομοιόμορφα μοιρασμένες, με εξαίρεση την κατηγορία Δ (Ικανοποίηση), στην οποία συγκεντρώνονται περισσότερο προς τους μεγάλους βαθμούς. Ο γενικός δείκτης αποδοχής, όπως ορίστηκε στην παράγραφο 6.1.1. ήταν 68, σαφώς μικρότερος απ’ αυτόν των δύο προηγούμενων τμημάτων, τα οποία όμως ανήκουν στον Τομέα Ηλεκτρολογίας, Ηλεκτρονικής και Αυτοματισμού.

Το λογισμικό στατιστικής επεξεργασίας SPSS έδωσε για τις απαντήσεις αυτού του τμήματος τους εξής δείκτες κεντρικής τάσης και διασποράς:

| **Statistics** | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | Χρησιμότητα | Ευκολία χρήσης | Ευκολία εκμάθησης | Ικανοποίηση | Όλα |
| N | Έγκυρα | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 |
| Λείπουν | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Μέσος όρος | | 3,54 | 3,22 | 3,26 | 3,57 | 3,39 |
| Διάμεσος | | 3,67 | 3,17 | 3,25 | 3,75 | 3,45 |
| Τυπική απόκλιση | | ,495 | ,801 | ,925 | ,951 | ,508 |

Εδώ παρατηρείται ότι ο Μέσος όρος της βαθμολογίας είναι σε κάθε κατηγορία πολύ κοντά στο μέσο της κλίμακας (3), ιδιαίτερα στην κατηγορία Β (Ευκολία χρήσης). Ο Διάμεσος είναι και αυτός κοντά στο Μέσο όρο, υποδηλώνοντας ευρεία κατανομή των αξιολογήσεων, πράγμα που φαίνεται και από τις σχετικά υψηλές τιμές της Τυπικής απόκλισης. Εξαίρεση αποτελεί η κατηγορία Α (Χρησιμότητα), όπου η Τυπική απόκλιση είναι σαφώς μικρότερη, πράγμα που σημαίνει συγκέντρωση των απαντήσεων γύρω από το Μέσο όρο, όπως άλλωστε φαίνεται και στην εικόνα 6-7. Συνολικά πάντως, και σ’ αυτό το τμήμα οι θετικές αξιολογήσεις υπερτερούν των αρνητικών, αν και όχι τόσο εμφατικά όσο στα δύο προηγούμενα τμήματα, για τα οποία το μάθημα στο οποίο βασίστηκε η έρευνα είναι σχετικό με το κύριο αντικείμενο της ειδικότητάς τους.

Η κατανομή των συχνοτήτων των βαθμών αξιολόγησης του λογισμικού που φαίνεται στην εικόνα 6-8, δεν είναι σ’ αυτό το τμήμα μονότονη, όπως στα δύο προηγούμενα. Εντούτοις παραμένει πολύ διαφορετική από την κατανομή των βαθμών επίδοσης του τμήματος στο μάθημα «Βασική Ηλεκτρολογία» που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα, και φαίνεται στην εικόνα 6-9, πράγμα που υποδεικνύει ότι και εδώ δεν σχετίζεται ο τρόπος αξιολόγησης του λογισμικού με τη σχολική επίδοση των μαθητών.

*Εικόνα 6‑8. Ολικές απαντήσεις του ΒΜ\_ΗΜ Εικόνα 6‑9. Σχολική επίδοση του ΒΜ\_ΗΜ*

Η κατανομή πάντως, των βαθμών επίδοσης παρουσιάζει εδώ κάποιο ιδιαίτερο ενδιαφέρον: οι περισσότεροι βαθμοί φαίνονται να είναι συγκεντρωμένοι στη χαμηλή και μεσοχαμηλή κατηγορία βαθμολογίας. Το γεγονός αυτό μπορεί να είναι τυχαίο, μπορεί όμως να οφείλεται και στο πιθανώς μειωμένο ενδιαφέρον των μαθητών για ένα μάθημα που ίσως θεωρούν ότι δεν προσφέρει γνώσεις απαραίτητες στην ειδικότητα στην οποία σπουδάζουν. Αυτό μπορεί να εξηγεί και την ελαφρά διαφορετική μορφή της κατανομής των απαντήσεων στην εικόνα 6-8 σε σχέση με τις αντίστοιχες κατανομές των δύο προηγούμενων τμημάτων.

**Τμήμα ΓΜ\_ΑΣ:** Η καταγραφή των απαντήσεων του τμήματος ανά κατηγορία έδωσε τα εξής αποτελέσματα:

Πίνακας ‑. Οι συχνότητες των απαντήσεων του τμήματος ΓΗ\_ΑΣ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1.  Σίγουρα όχι | 2.  Μάλλον όχι | 3.  Ούτε ναι, ούτε όχι | 4.  Μάλλον ναι | 5.  Σίγουρα ναι |
| Α: Χρησιμότητα | 1 | 1 | 6 | 25 | 51 |
| Β: Ευκολία χρήσης | 1 | 6 | 14 | 20 | 43 |
| Γ: Ευκολία εκμάθησης | 1 | 3 | 8 | 18 | 26 |
| Δ: Ικανοποίηση | 1 | 1 | 9 | 20 | 25 |

Στην εικόνα 6-10 φαίνονται τα διαγράμματα συχνοτήτων των απαντήσεων του τμήματος ΓΗ\_ΑΣ ανά κατηγορία και ανά ερώτηση:

*Εικόνα 6‑10. Διαγράμματα συχνοτήτων των απαντήσεων του τμήματος ΓΗ\_ΑΣ*

Στα διαγράμματα διακρίνεται ισχυρή συγκέντρωση των αξιολογήσεων στην περιοχή των ανώτερων βαθμών της κλίμακας Likert, κάτι που είναι ιδιαίτερα εμφανές στην κατηγορία Α (Χρησιμότητα). Περισσότερο χαρακτηριστική όμως είναι η μικρή συχνότητα των αρνητικών αξιολογήσεων, κάτι που διακρίνεται σε όλα τα διαγράμματα συχνοτήτων της εικόνας. Ο γενικός δείκτης αποδοχής, όπως ορίστηκε στην παράγραφο 6.1.1. ήταν 85, μεγαλύτερος απ’ αυτόν κάθε άλλου τμήματος της Β’ τάξης.

Αυτός ο μεγαλύτερος δείκτης αποδοχής, όπως και οι συνολικά θετικότερες αξιολογήσεις, μπορούν ενδεχομένως να εξηγηθούν από το γεγονός ότι οι μαθητές της Γ’ τάξης είχαν χρησιμοποιήσει το λογισμικό προσομοίωσης και κατά το προηγούμενο σχολικό έτος και έτσι, τους ήταν ήδη γνωστό. Γι’ αυτό έδωσαν υψηλές αξιολογήσεις στην κατηγορία Γ (Ευκολία εκμάθησης) και στην κατηγορία Β (Ευκολία χρήσης). Επιπλέον διέθεταν μεγαλύτερη εμπειρία από τις δυσκολίες της διεξαγωγής των ασκήσεων σε φυσικά εργαστήρια, πράγμα που τους επέτρεψε να εκτιμήσουν καλύτερα την άνεση την οποία τους πρόσφερε η χρήση του προσομοιωτή. Γι’ αυτό έδωσαν υψηλές αξιολογήσεις στην κατηγορία Α (Χρησιμότητα) και στην κατηγορία Δ (Ικανοποίηση).

Σε αντίθεση, οι μαθητές των τμημάτων της Β’ τάξης δεν είχαν προγενέστερη εμπειρία από εργασίες σε φυσικά ή εικονικά εργαστήρια, ούτε και είχαν χρησιμοποιήσει άλλοτε τον συγκεκριμένο προσομοιωτή. Κατά το πρώτο μισό του σχολικού έτους κατά το οποίο διεξήχθη η έρευνα, οι εργαστηριακές τους ασκήσεις ήταν απλές έως απλοϊκές και εύκολες στην ολοκλήρωση. Αυτό έκανε λιγότερο εμφανείς κάποιες από τις ευκολίες που προσφέρει ο προσομοιωτής, ενώ παρέμειναν δεδομένες οι δυσκολίες εκμάθησης ενός νέου εργαλείου λογισμικού. Έτσι ίσως εξηγείται ο κάπως μικρότερος δείκτης αποδοχής που προέκυψε από την επεξεργασία των απαντήσεων αυτών των τμημάτων.

Το λογισμικό στατιστικής επεξεργασίας SPSS έδωσε για τις απαντήσεις του τμήματος ΓΗ\_ΑΣ τους εξής δείκτες κεντρικής τάσης και διασποράς:

| **Statistics** | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | Χρησιμότητα | Ευκολία χρήσης | Ευκολία εκμάθησης | Ικανοποίηση | Όλα |
| N | Έγκυρα | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| Λείπουν | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Μέσος όρος | | 4,48 | 4,17 | 4,16 | 4,20 | 4,26 |
| Διάμεσος | | 4,58 | 4,25 | 4,50 | 4,25 | 4,45 |
| Τυπική απόκλιση | | ,535 | ,574 | ,698 | ,573 | ,513 |

Είναι εμφανείς σε όλες τις κατηγορίες οι υψηλές τιμές του Μέσου όρου (πάνω από 4) και οι ακόμη υψηλότερες τιμές του Διάμεσου, οι οποίες επιβεβαιώνουν τη συσσώρευση των απαντήσεων στα υψηλότερα επίπεδα της κλίμακας Likert που διακρίνεται και στην εικόνα 6-10. Οι χαμηλές τιμές της Τυπικής απόκλισης αντανακλούν την υψηλή συγκέντρωση των απαντήσεων γύρω από το Μέσο όρο και δείχνουν ένα τμήμα με ισχυρά ομογενή στάση απέναντι στη χρήση του προσομοιωτή.

*Εικόνα 6‑11. Ολικές απαντήσεις του ΓΗ\_ΑΣ Εικόνα 6‑12. Σχολική επίδοση του ΓΗ\_ΑΣ*

Το διάγραμμα συχνοτήτων των απαντήσεων του τμήματος ΓΗ\_ΑΣ που φαίνεται στην εικόνα 6-11, έχει τη γνωστή και από τα υπόλοιπα τμήματα του Τομέα Ηλεκτρολογίας, Ηλεκτρονικής και Αυτοματισμού μορφή της μονότονης αύξησης προς την πλευρά των υψηλότερων βαθμών της κλίμακας Likert. Παρομοίως, το διάγραμμα συχνοτήτων των βαθμών σχολικής επίδοσης στο εργαστηριακό μάθημα «Εφαρμοσμένα Ηλεκτρονικά – Κατασκευές» το οποίο χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα, δείχνει τη γνωστή εικόνα ενός τμήματος δύο ταχυτήτων, που είναι συνήθης στα σχολεία της ΤΕΕ. Η εμφανής διαφορά μεταξύ των δύο διαγραμμάτων ερμηνεύεται και εδώ ως απουσία αλληλεξάρτησης μεταξύ της σχολικής επίδοσης και της αξιολόγησης του λογισμικού προσομοίωσης, μια και λείπουν τα δεδομένα που θα επέτρεπαν την ποσοτική συσχέτιση μεταξύ των δύο.

**Τμήμα ΓΜ\_ΗΜ:** Η καταγραφή των απαντήσεων του τμήματος ανά κατηγορία έδωσε τα εξής αποτελέσματα:

Πίνακας ‑. Οι συχνότητες των απαντήσεων του τμήματος ΓΗ\_ΗΜ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1.  Σίγουρα όχι | 2.  Μάλλον όχι | 3.  Ούτε ναι, ούτε όχι | 4.  Μάλλον ναι | 5.  Σίγουρα ναι |
| Α: Χρησιμότητα | 0 | 0 | 3 | 5 | 10 |
| Β: Ευκολία χρήσης | 1 | 1 | 6 | 3 | 7 |
| Γ: Ευκολία εκμάθησης | 0 | 1 | 1 | 8 | 2 |
| Δ: Ικανοποίηση | 0 | 0 | 2 | 5 | 5 |

Από το τμήμα αυτό, το οποίο ήταν ολιγομελές, συμπληρώθηκαν μόνο τρία ερωτηματολόγια. Παρότι με τέτοιο μικρό πλήθος δεν είναι δυνατό να εξαχθούν αξιόλογες στατιστικές παρατηρήσεις και η συμβολή του τμήματος δεν είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς αντιπροσωπεύει μόνο το 5% του δείγματος, παρατίθεται εντούτοις αυτόνομα παρακάτω για λόγους πληρότητας της παρουσίασης. Αξίζει να σημειωθεί το ότι αυτό το τμήμα, παρότι ήταν τμήμα της Γ’ τάξης, δεν είχε προηγούμενη εμπειρία από το λογισμικό προσομοίωσης, καθώς για διάφορους λόγους δεν είχε συμβεί να το χρησιμοποιήσει στην προηγούμενη τάξη.

Στην εικόνα 6-13 φαίνονται τα διαγράμματα συχνοτήτων των απαντήσεων του τμήματος ΓΗ\_ΗΜ ανά κατηγορία και ανά ερώτηση:

*Εικόνα 6‑13. Διαγράμματα συχνοτήτων των απαντήσεων του τμήματος ΓΗ\_ΑΣ*

Από τα διαγράμματα της εικόνας 6-13 παρατηρείται αρκετά μεγάλη διασπορά των απαντήσεων στην κατηγορία Β (Ευκολία χρήσης), ενώ στις άλλες κατηγορίες οι απαντήσεις είναι μάλλον συγκεντρωμένες γύρω από το Μέσο όρο και, ειδικά στην κατηγορία Α (Χρησιμότητα) και λιγότερο στην κατηγορία Δ (Ικανοποίηση), οι απαντήσεις είναι συγκεντρωμένες στους υψηλούς βαθμούς της κλίμακας Likert. Ο γενικός δείκτης αποδοχής, όπως ορίστηκε στην παράγραφο 6.1.1. ήταν 82, μεγαλύτερος και εδώ από τους δείκτες που προέκυψαν για τα τμήματα της Β’ τάξης.

Το λογισμικό στατιστικής επεξεργασίας SPSS έδωσε για τις απαντήσεις του τμήματος ΓΗ\_ΗΜ τα εξής αποτελέσματα:

| **Statistics** | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | Χρησιμότητα | Ευκολία χρήσης | Ευκολία εκμάθησης | Ικανοποίηση | Όλα |
| N | Έγκυρα | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Λείπουν | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Μέσος όρος | | 4,39 | 3,78 | 3,92 | 4,25 | 4,08 |
| Διάμεσος | | 4,33 | 3,67 | 3,75 | 4,25 | 3,95 |
| Τυπική απόκλιση | | ,096 | ,839 | ,520 | ,250 | ,369 |

Παρά το μικρό πλήθος των παρατηρήσεων, διακρίνονται οι υψηλές τιμές του Μέσου όρου και του Διάμεσου (κοντά στο 4), όπως και οι μικρές τιμές της Τυπικής, Απόκλισης που επιβεβαιώνουν τις χαρακτηριστικές μορφές των διαγραμμάτων της κατηγορίας Α και της κατηγορίας Δ στην εικόνα 6-13.

Το διάγραμμα της εικόνας 6-14 που δείχνει την κατανομή των συχνοτήτων των απαντήσεων του τμήματος ΓΗ\_ΗΜ, έχει τη γνωστή μορφή της μονότονης αύξησης της συχνότητας προς την πλευρά των υψηλών βαθμών της κλίμακας Likert, παρότι το τμήμα ήταν ολιγομελές και το πλήθος των παρατηρήσεων ήταν ιδιαίτερα μικρό. Αυτό αποτελεί μια ακόμη ένδειξη του ότι οι αξιολογήσεις του λογισμικού προσομοίωσης είναι ανεξάρτητες από άλλα χαρακτηριστικά του δείγματος, όπως η σχολική επίδοση. Αυτή η επίδοση φαίνεται στην εικόνα 6-15, όπου απεικονίζεται η συχνότητα βαθμολογίας του τμήματος για το εργαστηριακό μάθημα «Εφαρμοσμένα Ηλεκτρονικά – Κατασκευές». Λόγω του μικρού πλήθους των συμμετεχόντων, αυτή η εικόνα δεν δείχνει κάτι άλλο πέρα από το ότι οι τρείς μαθητές του τμήματος είχαν διαφορετικούς βαθμούς, ο πρώτος υψηλό, ο δεύτερος μέσο και ο τρίτος χαμηλό.

*Εικόνα 6‑14. Ολικές απαντήσεις του ΓΗ\_ΗΜ Εικόνα 6‑15. Σχολική επίδοση του ΓΗ\_ΗΜ*

## Έλεγχος των υποθέσεων εργασίας

Για μια πρώτη ένδειξη των συσχετίσεων ανάμεσα στις απαντήσεις και τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των μαθητών και μαθητριών που συμμετείχαν στην έρευνα, χρησιμοποιήθηκαν επιμέρους δείκτες αποδοχής για τις τέσσερις κατηγορίες κριτηρίων του ερωτηματολογίου, τη Χρησιμότητα, την Ευκολία χρήσης, την Ευκολία εκμάθησης και την Ικανοποίηση, οι οποίοι ορίστηκαν με τρόπο ανάλογο του ορισμού του γενικού δείκτη αποδοχής του λογισμικού στην παράγραφο 6.1.1. Για τον έλεγχο του αν υπήρχε ή όχι στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών της έρευνας, χρησιμοποιήθηκε με τη βοήθεια του λογισμικού SPSS το στατιστικό κριτήριο Χ2 (Pearson Chi-Square). Το όριο στατιστικής σημαντικότητας p (Asymptotic Significance) για το εν λόγω κριτήριο ορίστηκε στο 0,05 (5%). Οι έλεγχοι δε συμπεριέλαβαν και το φύλλο των απαντούντων, λόγω του ασήμαντου πλήθους των κοριτσιών μεταξύ τους. Η επεξεργασία των ερωτηματολογίων έδωσε τα αποτελέσματα που φαίνονται παρακάτω.

## Συσχέτιση των απαντήσεων με την τάξη φοίτησης

Στον πίνακα 6-6 φαίνεται η εξάρτηση των δεικτών αποδοχής από την τάξη φοίτησης των συμμετεχόντων. Σ’ όλες τις κατηγορίες, και ιδιαίτερα στην κατηγορία Α, παρατηρείται θετικότερη αξιολόγηση του λογισμικού από τους μαθητές της Γ’ τάξης. Αυτό, όπως προαναφέρθηκε, ενδεχομένως οφείλεται στη μεγαλύτερη εμπειρία αυτών των μαθητών από εργασίες τόσο στα φυσικά, όσο και στα εικονικά εργαστήρια και φαίνεται να επιβεβαιώνει την 2η και 3η υπόθεση εργασίας της παραγράφου 4.3.

Πίνακας ‑. Δείκτες αποδοχής του προσομοιωτή ανά τάξη φοίτησης

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Τάξη φοίτησης** | **Β' τάξη** | **Γ' τάξη** | **Εύρος του δείκτη** |
| Α: Χρησιμότητα | 22 | 27 | 6 – 30 |
| Β: Ευκολία χρήσης | 21 | 24 | 6 – 30 |
| Γ: Ευκολία εκμάθησης | 14 | 16 | 4 – 20 |
| Δ: Ικανοποίηση | 15 | 17 | 4 – 20 |
| **Γενικός δείκτης** | 73 | 83 | 20 – 100 |

Στην εικόνα 6-16 φαίνονται τα περιεχόμενα του πίνακα 6-6 υπό μορφή γραφήματος.

*Εικόνα 6‑16. Δείκτες αποδοχής του προσομοιωτή ανά τάξη φοίτησης*

Ο έλεγχος στατιστικής σημαντικότητας έδειξε ουσιώδη διαφοροποίηση (p<0,05) μεταξύ Β’ και Γ’ τάξης στις ερωτήσεις με αριθμό 2, 4, 6, 9 και 12 του ερωτηματολογίου στις στάθμες της κλίμακας Likert όπου η στατιστική παράμετρος «Προσαρμοσμένο υπόλοιπο» είχε απόλυτη τιμή μεγαλύτερη του 1,96. Χάριν ευκρίνειας προβολής των αποτελεσμάτων μόνο αυτές οι περιπτώσεις διατηρήθηκαν στον πίνακα που παρήγαγε το SPSS. Οι ενδιαφέρουσες τιμές του προσαρμοσμένου υπόλοιπου τονίστηκαν εκ των υστέρων με έντονους χαρακτήρες. Το αποτέλεσμα φαίνεται παρακάτω στον πίνακα 6-7.

Πίνακας ‑. Έλεγχοι στατιστικής σημαντικότητας ανά τάξη φοίτησης

| **Crosstab** |  |  | ΤΑΞΗ | | Σύνολο |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | Β' τάξη | Γ' τάξη |
| 2. Με βοηθά να ολοκληρώνω πιο εύκολα την άσκηση. | Σίγουρα ναι | Παρατηρούμενο | 6 | 12 | 18 |
| Αναμενόμενο | 12,9 | 5,1 | 18,0 |
| % στην ερώτηση | 33,3% | 66,7% | 100,0% |
| Προσαρμ. υπόλοιπο | **-4,3** | **4,3** |  |
| **Chi-Square Tests** | | Τιμή | df | Σημαντικότητα (p) | |
| Pearson Chi-Square (X2) | | 20,074 | 3 | ,000 | |
|  | | | | | |
| **Crosstab** |  |  | ΤΑΞΗ | | Σύνολο |
|  |  |  | Β' τάξη | Γ' τάξη |
| 4. Δίνει ίδια αποτελέσματα μετρήσεων με τα πραγματικά κυκλώματα. | Μάλλον όχι | Παρατηρούμενο | 10 | 0 | 10 |
| Αναμενόμενο | 7,2 | 2,8 | 10,0 |
| % στην ερώτηση | 100,0% | ,0% | 100,0% |
| Προσαρμ. υπόλοιπο | **2,2** | **-2,2** |  |
| Σίγουρα ναι | Παρατηρούμενο | 3 | 7 | 10 |
| Αναμενόμενο | 7,2 | 2,8 | 10,0 |
| % στην ερώτηση | 30,0% | 70,0% | 100,0% |
| Προσαρμ. υπόλοιπο | **-3,2** | **3,2** |  |
| **Chi-Square Tests** | | Τιμή | df | Σημαντικότητα (p) | |
| Pearson Chi-Square (X2) | | 14,234 | 4 | ,007 | |
|  | | | | | |
| **Crosstab** |  |  | ΤΑΞΗ | | Σύνολο |
|  |  |  | Β' τάξη | Γ' τάξη |
| 6. Όταν το χρησιμοποιώ κερδίζω χρόνο. | Ούτε ναι, ούτε όχι | Παρατηρούμενο | 15 | 1 | 16 |
| Αναμενόμενο | 11,5 | 4,5 | 16,0 |
| % στην ερώτηση | 93,8% | 6,3% | 100,0% |
| Προσαρμ. υπόλοιπο | **2,3** | **-2,3** |  |
| Σίγουρα ναι | Παρατηρούμενο | 12 | 13 | 25 |
| Αναμενόμενο | 17,9 | 7,1 | 25,0 |
| % στην ερώτηση | 48,0% | 52,0% | 100,0% |
| Προσαρμ. υπόλοιπο | **-3,4** | **3,4** |  |
| **Chi-Square Tests** | | Τιμή | df | Σημαντικότητα (p) | |
| Pearson Chi-Square (X2) | | 12,648 | 3 | ,005 | |

| **Crosstab** |  |  | ΤΑΞΗ | | Σύνολο |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | Β' τάξη | Γ' τάξη |
| 9. Απαιτεί τα λιγότερα βήματα για την ολοκλήρωση των εργασιών της άσκησης. | Σίγουρα όχι | Παρατηρούμενο | 10 | 0 | 10 |
| Αναμενόμενο | 7,2 | 2,8 | 10,0 |
| % στην ερώτηση | 100,0% | ,0% | 100,0% |
| Προσαρμ. υπόλοιπο | **2,2** | **-2,2** |  |
| Σίγουρα ναι | Παρατηρούμενο | 5 | 10 | 15 |
| Αναμενόμενο | 10,8 | 4,3 | 15,0 |
| % στην ερώτηση | 33,3% | 66,7% | 100,0% |
| Προσαρμ. υπόλοιπο | **-3,8** | **3,8** |  |
| **Chi-Square Tests** | | Τιμή | df | Σημαντικότητα (p) | |
| Pearson Chi-Square (X2) | | 16,032 | 3 | ,001 | |
|  | |  |  |  | |
| **Crosstab** |  |  | ΤΑΞΗ | | Σύνολο |
|  |  |  | Β' τάξη | Γ' τάξη |
| 12. Δεν χρειάζεται προετοιμασία του εργαστηρίου για να το χρησιμοποιήσω. | Ούτε ναι, ούτε όχι | Παρατηρούμενο | 13 | 0 | 13 |
| Αναμενόμενο | 9,3 | 3,7 | 13,0 |
| % στην ερώτηση | 100,0% | ,0% | 100,0% |
| Προσαρμ. υπόλοιπο | **2,6** | **-2,6** |  |
| **Chi-Square Tests** | | Τιμή | df | Σημαντικότητα (p) | |
| Pearson Chi-Square (X2) | | 11,292 | 4 | ,023 | |

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι στην ερώτηση 2: «Με βοηθά να ολοκληρώνω πιο εύκολα την άσκηση» στη βαθμίδα «Σίγουρα ναι» αναμενόταν από τη Β’ τάξη 12,9 απαντήσεις και παρατηρήθηκαν μόνο 6, ενώ από τη Γ’ τάξη αναμενόταν 5,1 απαντήσεις και παρατηρήθηκαν 12. Αυτό ίσως εξηγείται από το γεγονός ότι οι ασκήσεις που διδάχτηκαν στο φυσικό εργαστήριο της Β’ τάξης κατά το χρονικό διάστημα της έρευνας ήταν απλές και εύκολα ολοκληρώσιμες, ενώ το λογισμικό του εικονικού εργαστήριου ήταν ακόμη άγνωστο και, συνεπώς, δυσκολότερο στην εφαρμογή. Προφανώς τα αντίθετα ίσχυσαν για τη Γ’ τάξη. Ο δείκτης στατιστικής σημαντικότητας ήταν p=0,000.

Στην ερώτηση 4: «Δίνει ίδια αποτελέσματα μετρήσεων με τα πραγματικά κυκλώματα» στη βαθμίδα «Μάλλον όχι» αναμενόταν από τη Β’ τάξη 7,2 απαντήσεις και παρατηρήθηκαν 10, ενώ από τη Γ’ τάξη αναμενόταν 2,8 απαντήσεις και δεν λήφθηκε καμιά. Αντιστοίχως στη βαθμίδα «Σίγουρα ναι» αναμενόταν από τη Β’ τάξη 7,2 απαντήσεις και παρατηρήθηκαν 3, ενώ από τη Γ’ τάξη αναμενόταν 2,8 απαντήσεις και παρατηρήθηκαν 7. Αυτό πιθανότατα οφείλεται στην απειρία των μαθητών της Β’ τάξης στη σωστή λήψη μετρήσεων στο φυσικό εργαστήριο, πράγμα που δεν ισχύει για τους μαθητές της Γ’ τάξης. Ο δείκτης στατιστικής σημαντικότητας ήταν p=0,007.

Στην ερώτηση 6: «Όταν το χρησιμοποιώ κερδίζω χρόνο» στη βαθμίδα «Ούτε ναι, ούτε όχι» αναμενόταν από τη Β’ τάξη 11 απαντήσεις και παρατηρήθηκαν 15, ενώ από τη Γ’ τάξη αναμενόταν 4,5 απαντήσεις και παρατηρήθηκε μία. Αντιστοίχως στη βαθμίδα «Σίγουρα ναι» αναμενόταν από τη Β’ τάξη 17,9 απαντήσεις και παρατηρήθηκαν 12, ενώ από τη Γ’ τάξη αναμενόταν 7,1 απαντήσεις και παρατηρήθηκαν 13. Η εξήγηση αυτών των αποτελεσμάτων είναι μάλλον ίδια με την εξήγηση των αποτελεσμάτων της ερώτησης 4. Ο δείκτης στατιστικής σημαντικότητας ήταν p=0,005.

Στην ερώτηση 9: «Απαιτεί λιγότερα βήματα για την ολοκλήρωση των εργασιών της άσκησης» στη βαθμίδα «Σίγουρα όχι» αναμενόταν από τη Β’ τάξη 7,2 απαντήσεις και παρατηρήθηκαν 10, ενώ από τη Γ’ τάξη αναμενόταν 2,8 απαντήσεις και δεν παρατηρήθηκε καμιά. Αντιστοίχως στη βαθμίδα «Σίγουρα ναι» αναμενόταν από τη Β’ τάξη 10,8 απαντήσεις και παρατηρήθηκαν 5, ενώ από τη Γ’ τάξη αναμενόταν 4,3 απαντήσεις και παρατηρήθηκαν 10. Η εξήγηση και εδώ είναι ότι μάλλον η εμπειρία των μαθητών της Γ’ τάξης με το λογισμικό προσομοίωσης τους επέτρεψε να ολοκληρώνουν σύντομα τις ασκήσεις, χωρίς να πελαγοδρομούν σε άχρηστες επιλογές, όπως ίσως έκαναν οι μαθητές της Β’. Ο δείκτης στατιστικής σημαντικότητας ήταν p=0,001.

Στην ερώτηση 12: «Δεν χρειάζεται προετοιμασία του εργαστηρίου για να το χρησιμοποιήσω» στη βαθμίδα «Ούτε ναι, ούτε όχι» αναμενόταν από τη Β’ τάξη 9,3 απαντήσεις και παρατηρήθηκαν 13, ενώ από τη Γ’ τάξη αναμενόταν 3,7 απαντήσεις και δεν παρατηρήθηκε καμιά. Δεδομένου του ότι όντως δεν απαιτείται κάποια προετοιμασία για την εκτέλεση του λογισμικού προσομοίωσης, οι συγκεκριμένες απαντήσεις από τη Β’ τάξη δε δικαιολογούνται και ίσως να οφείλονται σε ενέργειες που εκλήφθηκαν ως προετοιμασία, όπως η μετακίνηση σε άλλη αίθουσα προκειμένου να υπάρξει πρόσβαση σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Ο δείκτης στατιστικής σημαντικότητας ήταν p=0,023.

## Συσχέτιση των απαντήσεων με τον Τομέα φοίτησης

Στον πίνακα 6-8 φαίνεται η εξάρτηση των δεικτών αποδοχής από τον Τομέα φοίτησης των συμμετεχόντων. Για την κατάρτιση του πίνακα συμπεριλήφθηκαν στον Τομέα Ηλεκτρολογίας, Ηλεκτρονικής και Αυτοματισμού μόνο τμήματα της Β’ τάξης, επειδή από τον Τομέα Μηχανολογίας δεν συμμετείχε στην έρευνα τμήμα της Γ’ τάξης. Όπως φαίνεται, οι μαθητές του Μηχανολογικού τομέα αξιολόγησαν το λογισμικό προσομοίωσης λιγότερο θετικά σε όλες τις κατηγορίες, αν και όχι με μεγάλη διαφορά ανά κατηγορία.

Πίνακας ‑. Δείκτες αποδοχής του προσομοιωτή ανά Τομέα φοίτησης

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Τομέας φοίτησης (Β’ τ.)** | **Ηλεκτρολογικός** | **Μηχανολογικός** | **Εύρος του δείκτη** |
| Α: Χρησιμότητα | 23 | 21 | 6 – 30 |
| Β: Ευκολία χρήσης | 22 | 19 | 6 – 30 |
| Γ: Ευκολία εκμάθησης | 15 | 13 | 4 – 20 |
| Δ: Ικανοποίηση | 15 | 14 | 4 – 20 |
| **Γενικός δείκτης** | 75 | 68 | 20 – 100 |

Εντούτοις αθροιστικά ο γενικός δείκτης αποδοχής προκύπτει αισθητά μικρότερος. Όπως προαναφέρθηκε, αυτό ενδεχομένως οφείλεται στο μειωμένο ενδιαφέρον των μαθητών αυτού του Τομέα, για ένα αντικείμενο το οποίο ίσως θεωρούν ότι δεν σχετίζεται άμεσα με την ειδικότητά τους. Αυτό φαίνεται να επιβεβαιώνει την 5η υπόθεση εργασίας που διατυπώθηκε στην παράγραφο 4.3.

Στην εικόνα 6-17 φαίνονται τα περιεχόμενα του πίνακα 6-8 υπό μορφή γραφήματος.

*Εικόνα 6‑17. Δείκτες αποδοχής του προσομοιωτή ανά Τομέα φοίτησης*

Ο έλεγχος της στατιστικής σημαντικότητας με το SPSS έδειξε ουσιώδη διαφοροποίηση (p<0,05) μεταξύ των δύο Τομέων στις ερωτήσεις με αριθμό 10 και 13 του ερωτηματολογίου στις στάθμες Likert όπου η στατιστική παράμετρος «Προσαρμοσμένο υπόλοιπο» είχε απόλυτη τιμή μεγαλύτερη του 1,96. Και εδώ, χάριν ευκρίνειας παρατήρησης των αποτελεσμάτων, μόνο αυτές οι περιπτώσεις διατηρήθηκαν και φαίνονται παρακάτω στον πίνακα 6-9.

Πίνακας ‑. Έλεγχοι στατιστικής σημαντικότητας ανά Τομέα φοίτησης

| **Crosstab** |  |  | ΤΟΜΕΑΣ | | Σύνολο |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | Ηλ/γικός | Μηχ/γικός |
| 10. Μπορώ να το χρησιμοποιήσω χωρίς να διαβάσω γραπτές οδηγίες. | Σίγουρα όχι | Παρατηρούμενο | 2 | 5 | 7 |
| Αναμενόμενο | 4,2 | 2,8 | 7,0 |
| % στην ερώτηση | 28,6% | 71,4% | 100,0% |
| Προσαρμ. υπόλοιπο | **-1,97** | **1,97** |  |
| Ούτε ναι, ούτε όχι | Παρατηρούμενο | 2 | 5 | 7 |
| Αναμενόμενο | 4,2 | 2,8 | 7,0 |
| % στην ερώτηση | 28,6% | 71,4% | 100,0% |
| Προσαρμ. υπόλοιπο | -1,97 | 1,97 |  |
| **Chi-Square Tests** | | Τιμή | df | Σημαντικότητα (p) | |
| Pearson Chi-Square (X2) | | 10,046 | 4 | ,040 | |
|  | | | | | |
| **Crosstab** |  |  | ΤΟΜΕΑΣ | | Σύνολο |
|  |  |  | Ηλ/γικός | Μηχ/γικός |
| 13. Έμαθα να το χρησιμοποιώ γρήγορα. | Ούτε ναι, ούτε όχι | Παρατηρούμενο | 1 | 5 | 6 |
| Αναμενόμενο | 3,6 | 2,4 | 6,0 |
| % στην ερώτηση | 16,7% | 83,3% | 100,0% |
| Προσαρμ. υπόλοιπο | **-2,4** | **2,4** |  |
| **Chi-Square Tests** | | Τιμή | df | Σημαντικότητα (p) | |
| Pearson Chi-Square (X2) | | 9,46 | 4 | ,050 | |

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι στην ερώτηση 10: «Μπορώ να το χρησιμοποιήσω χωρίς να διαβάσω γραπτές οδηγίες» στη βαθμίδα «Σίγουρα όχι» αναμενόταν από τον Ηλεκτρονικό – Ηλεκτρολογικό Τομέα 4,2 απαντήσεις και παρατηρήθηκαν 2, ενώ από το Μηχανολογικό Τομέα αναμενόταν 2,8 απαντήσεις και παρατηρήθηκαν 5. Παρομοίως στη βαθμίδα «Ούτε ναι, ούτε όχι» αναμενόταν από τον Ηλεκτρονικό – Ηλεκτρολογικό Τομέα 4,2 απαντήσεις και παρατηρήθηκαν 2, ενώ από το Μηχανολογικό Τομέα αναμενόταν 2,8 απαντήσεις και παρατηρήθηκαν 5. Ο δείκτης στατιστικής σημαντικότητας ήταν p=0,04. Στην ερώτηση 13: «Έμαθα να το χρησιμοποιώ γρήγορα» στη βαθμίδα «Ούτε ναι, ούτε όχι» αναμενόταν από τον Ηλεκτρονικό – Ηλεκτρολογικό Τομέα 3,6 απαντήσεις και παρατηρήθηκε 1, ενώ από το Μηχανολογικό Τομέα αναμενόταν 2,4 απαντήσεις και παρατηρήθηκαν 5. Ο δείκτης στατιστικής σημαντικότητας ήταν p=0,05.

Το μεγαλύτερο πλήθος των χαμηλόβαθμων αξιολογήσεων των μαθητών του Μηχανολογικού Τομέα στις παραπάνω ερωτήσεις, που και οι δυο ανήκουν στην κατηγορία «Ευκολία εκμάθησης», ίσως οφείλεται στη μικρότερη επαφή τους με τις έννοιες του Ηλεκτρισμού, με τις οποίες οι Ηλεκτρονικοί – Ηλεκτρολόγοι είναι περισσότερο εξοικειωμένοι.

## Συσχέτιση των απαντήσεων με την οικιστική προέλευση

Στον πίνακα 6-10 φαίνεται η εξάρτηση των δεικτών αποδοχής από την οικιστική προέλευση των συμμετεχόντων. Στην κατάρτιση του πίνακα δεν συμπεριλήφθηκε το τμήμα Μηχανολογίας, καθώς προέρχεται από ημιαστική μόνο περιοχή, έχει από τον πίνακα 6-7 εγνωσμένα μικρότερους δείκτες αποδοχής του λογισμικού απ’ ότι τα τμήματα Ηλεκτρολογίας – Ηλεκτρονικών και η συμπερίληψή του εκτιμήθηκε ότι θα παραμόρφωνε την εικόνα της σύγκρισης. Μετά απ’ αυτή την επιλογή φαίνεται ότι σε όλες τις κατηγορίες οι διαφορές ανά περιοχή είναι πολύ μικρές και μάλιστα, αθροιστικά αλληλοαναιρούνται, με αποτέλεσμα ο γενικός δείκτης να προκύπτει σχεδόν ίδιος και για τις δύο οικιστικές προελεύσεις. Αυτό εκ πρώτης όψεως φαίνεται να καταρρίπτει την 4η υπόθεση εργασίας που διατυπώθηκε στην παράγραφο 4.3.

Πίνακας ‑. Δείκτες αποδοχής του προσομοιωτή ανά οικιστική προέλευση

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Οικιστική προέλευση** | **Αστική** | **Ημιαστική** | **Εύρος του δείκτη** |
| Α: Χρησιμότητα | 24 | 25 | 6 – 30 |
| Β: Ευκολία χρήσης | 24 | 22 | 6 – 30 |
| Γ: Ευκολία εκμάθησης | 15 | 15 | 4 – 20 |
| Δ: Ικανοποίηση | 16 | 16 | 4 – 20 |
| **Γενικός δείκτης** | 80 | 79 | 20 – 100 |

Στην εικόνα 6-18 φαίνονται τα περιεχόμενα του πίνακα 6-10 υπό μορφή γραφήματος.

*Εικόνα 6‑18. Δείκτες αποδοχής του προσομοιωτή ανά οικιστική προέλευση*

Ο έλεγχος στατιστικής σημαντικότητας έδειξε ουσιώδη διαφοροποίηση (p<0,05) μεταξύ των δύο προελεύσεων στην ερώτηση με αριθμό 7 του ερωτηματολογίου στις στάθμες Likert όπου η στατιστική παράμετρος «Προσαρμοσμένο υπόλοιπο» είχε απόλυτη τιμή μεγαλύτερη του 1,96. Και εδώ, χάριν ευκρίνειας παρατήρησης των αποτελεσμάτων, μόνο αυτές οι περιπτώσεις απεικονίζονται παρακάτω στον πίνακα 6-11.

Πίνακας ‑. Έλεγχοι στατιστικής σημαντικότητας ανά οικιστική προέλευση

| **Crosstab** |  |  | ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ | | Σύνολο |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | Αστικό | Ημιαστικό |
| 7. Είναι απλό στην χρήση του | Μάλλον όχι | Παρατηρούμενο | 0 | 2 | 2 |
| Αναμενόμενο | 1,3 | ,7 | 2,0 |
| % στην ερώτηση | ,0% | 100,0% | 100,0% |
| Προσαρμ. υπόλοιπο | **-2,0** | **2,0** |  |
| Ούτε ναι, ούτε όχι | Παρατηρούμενο | 3 | 6 | 9 |
| Αναμενόμενο | 5,9 | 3,1 | 9,0 |
| % στην ερώτηση | 33,3% | 66,7% | 100,0% |
| Προσαρμ. υπόλοιπο | **-2,2** | **2,2** |  |
| Σίγουρα ναι | Παρατηρούμενο | 18 | 4 | 22 |
| Αναμενόμενο | 14,3 | 7,7 | 22,0 |
| % στην ερώτηση | 81,8% | 18,2% | 100,0% |
| Προσαρμ. υπόλοιπο | **2,4** | **-2,4** |  |
| **Chi-Square Tests** | | Τιμή | df | Σημαντικότητα (p) | |
| Pearson Chi-Square (X2) | | 11,533 | 4 | ,021 | |

Από τον πίνακα 6-11 φαίνεται ότι στην ερώτηση 7: «Είναι απλό στην χρήση του» στη βαθμίδα «Μάλλον όχι» αναμενόταν από τα τμήματα αστικής προέλευσης 1,3 απαντήσεις και δεν παρατηρήθηκε καμιά, ενώ από τα τμήματα ημιαστικής προέλευσης αναμενόταν 0,7 απαντήσεις και παρατηρήθηκαν 2. Αντιστοίχως στη βαθμίδα «Ούτε ναι, ούτε όχι» αναμενόταν από τα τμήματα αστικής προέλευσης 5,9 απαντήσεις και παρατηρήθηκαν 3, ενώ από τα τμήματα ημιαστικής προέλευσης αναμενόταν 3,1 απαντήσεις και παρατηρήθηκαν 6. Τέλος στη βαθμίδα «Σίγουρα ναι» αναμενόταν από τα τμήματα αστικής προέλευσης 14,3 απαντήσεις και παρατηρήθηκαν 18, ενώ από τα τμήματα ημιαστικής προέλευσης αναμενόταν 7,7 απαντήσεις και παρατηρήθηκαν 4. Ο δείκτης στατιστικής σημαντικότητας ήταν p=0,021.

Όπως φαίνεται, στο συγκεκριμένο ερώτημα τα τμήματα αστικής προέλευσης έδωσαν μεγαλύτερο πλήθος θετικών αξιολογήσεων και μικρότερο πλήθος αρνητικών, απ’ ότι στατιστικά αναμενόταν. Το αντίθετο συνέβη με τα τμήματα ημιαστικής προέλευσης, τα οποία έδωσαν μικρότερο του αναμενόμενου πλήθος θετικών αξιολογήσεων και μεγαλύτερο του αναμενόμενου πλήθος αρνητικών. Αυτό φαίνεται να επαληθεύει την 4η υπόθεση εργασίας, αλλά και πάλι πρόκειται για ένα μόνο ερώτημα στο σύνολο των 20, οπότε αυτή η επαλήθευση ίσως τίθεται εν αμφιβόλω.

## Γενικός σχολιασμός

Στις προηγούμενες παραγράφους αναλύθηκαν τα αποτελέσματα της έρευνας και επιχειρήθηκε να δοθεί κάποια ερμηνεία των ενδείξεων που προέκυψαν. Για τη συνολική αποτίμηση δίνεται παρακάτω στην εικόνα 6-19 το διάγραμμα με τους γενικούς δείκτες αποδοχής του λογισμικού για όλα τα σχολικά τμήματα που συμμετείχαν στην έρευνα και παρουσιάστηκαν παραπάνω. Ο κατακόρυφος άξονας βαθμονομήθηκε σύμφωνα με το εύρος τιμών του δείκτη, όπως ορίστηκε στην παράγραφο 6.1.1

*Εικόνα 6‑19. Γενικοί δείκτες αποδοχής του προσομοιωτή ανά τμήμα συμμετεχόντων*

Στο διάγραμμα διακρίνονται οι ήδη σχολιασμένες διαφορές μεταξύ των τμημάτων, όπου μεγαλύτερη αποδοχή εκδηλώνεται από τα τμήματα της Γ’ τάξης, μικρότερη από τα τμήματα της Β’ τάξης και η ελάχιστη αποδοχή διαπιστώνεται στο τμήμα του Μηχανολογικού τομέα. Εντούτοις αξίζει να σημειωθεί ότι σε όλες τις περιπτώσεις οι δείκτες έχουν τιμή ανώτερη του μισού (60) του εύρους του δείκτη, κάτι που σημαίνει ότι όλα τα τμήματα εκδήλωσαν, σε διάφορο βαθμό, θετική στάση απέναντι στη χρήση του προσομοιωτή ως υποκατάστατο του φυσικού εργαστηρίου. Η ίδια θετική στάση φανερώνεται στον Πίνακα 6-12 και στην εικόνα 6-20, όπου φαίνεται η κατανομή του συνόλου των απαντήσεων της έρευνας στις διάφορες στάθμες της κλίμακας Likert.

Πίνακας ‑. Συχνότητα απαντήσεων στην έρευνα.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Απαντήσεις όλων:** | **Σίγουρα όχι** | **Μάλλον όχι** | **Ούτε ναι, ούτε όχι** | **Μάλλον ναι** | **Σίγουρα ναι** | **Σύνολο απαντ.** |
| Συχνότητα απαντήσεων | 58 | 117 | 254 | 371 | 400 | 1200 |

*Εικόνα 6‑20. Γενική κατανομή των απαντήσεων της έρευνας*

Ακόμη πιο εμφατικά εκδηλώνεται η θετική στάση των μαθητών της Γ’ τάξης, όπως φαίνεται στον Πίνακα 6-13 και στην εικόνα 6-21.

Πίνακας ‑. Συχνότητα απαντήσεων της Γ’ τάξης

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Απαντήσεις Γ’ τάξης:** | **Σίγουρα όχι** | **Μάλλον όχι** | **Ούτε ναι, ούτε όχι** | **Μάλλον ναι** | **Σίγουρα ναι** | **Σύνολο απαντ.** |
| Συχνότητα απαντήσεων | 5 | 13 | 49 | 104 | 169 | 340 |

*Εικόνα 6‑21. Κατανομή των απαντήσεων της Γ’ τάξης*

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ :** Συμπεράσματα και προτάσεις



## Ανακεφαλαιωτικές παρατηρήσεις

Από τα μέσα του προηγούμενου αιώνα σε τεχνολογικά προηγμένες χώρες οι οποίες, μεταξύ άλλων, βρισκόταν και στην πρωτοπορία της εκπαίδευσης, γινόταν ήδη λόγος για την εκπαιδευτική τεχνολογία. Από τη δεκαετία του 1980 και εφεξής η έννοια της εκπαιδευτικής τεχνολογίας πήρε νέο περιεχόμενο με την εμφάνιση των ηλεκτρονικών υπολογιστών και της πληροφορικής ως αυτόνομο γνωστικό αντικείμενο (Χριστοδούλου, 2016). Από τότε και έπειτα οι Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών βρίσκουν ολοένα και περισσότερες εφαρμογές στην εκπαίδευση. Ήδη από τα τέλη του εικοστού αιώνα πολυάριθμοι ψυχολόγοι και ερευνητές της εκπαίδευσης έχουν εργαστεί για να συνδέσουν τη χρήση των ΤΠΕ με τις υπάρχουσες θεωρίες μάθησης και βάσει αυτών έχουν αναπτύξει μοντέλα διδασκαλίας, τα οποία στοχεύουν στη μεγιστοποίηση των ωφελημάτων της χρήσης τους πάνω στην εκπαιδευτική διαδικασία (Καπραβέλου, 2011), (Ράπτης & Ράπτη, 2013).

Οι προσομοιώσεις αποτελούν εμβληματικό πεδίο εφαρμογής των Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνιών στην εκπαίδευση και έχουν ωφεληθεί τα μέγιστα από την αύξηση της ισχύος των υπολογιστικών συστημάτων. Ενώ χρησιμοποιούνται εδώ και δεκαετίες από την αεροπορία και το στρατό για εκπαιδευτικούς σκοπούς, μέχρι πρότινος ήταν τεχνολογικά και οικονομικά απρόσιτες για άλλους τομείς της εκπαίδευσης. Αυτό όμως αρχίζει πλέον να αλλάζει (Κουνελάκη-Γρύλλου, 2017). Η ευρεία διαθεσιμότητα ηλεκτρονικών υπολογιστών με μεγάλη επεξεργαστική ισχύ και χαμηλό κόστος στα σχολικά εργαστήρια έχει επιτρέψει την εισαγωγή των προσομοιώσεων στην καθημερινή διδακτική πρακτική, ιδιαίτερα στο χώρο των φυσικών επιστημών και έχει οδηγήσει στην εκπόνηση πολλών εργασιών που εξετάζουν την πιθανή συμβολή της χρήσης τους στα μαθησιακά περιβάλλοντα (Papadouris & Constantinou, 2009). Διεθνείς έρευνες έχουν δείξει ότι δεν υφίστανται ουσιώδεις διαφορές στα μαθησιακά αποτελέσματα ανάμεσα σε σπουδαστές που διδάχτηκαν φυσικές επιστήμες είτε μόνο σε πραγματικά, είτε μόνο σε εικονικά – με τη χρήση προσομοιώσεων – εργαστήρια. Όπου όμως εφαρμόστηκε συνδυασμός αυτών των δύο πρακτικών, τα μαθησιακά αποτελέσματα ήταν εμφανώς ανώτερα (de Jong, Linn, & Zacharia, 2013).

Ιδιαίτερη κατηγορία προσομοιώσεων αποτελούν τα «προσομοιωμένα εικονικά εργαστήρια». Αυτά είναι λογισμικά τα οποία επιτρέπουν τη διεξαγωγή πειραμάτων μέσω χειρισμών που γίνονται στην οθόνη ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή. Μεταξύ τους υπάρχουν αρκετά, τα οποία μπορούν να ικανοποιήσουν τις ανάγκες της Τεχνικής και Επαγγελματικής Εκπαίδευσης για εργαστηριακή διδασκαλία. Ένα από αυτά, που σχεδιάστηκε για τις ανάγκες διδασκαλίας Ηλεκτρονικών και Ηλεκτρολογίας αποτελεί το κεντρικό αντικείμενο της διδακτικής παρέμβασης της παρούσας εργασίας.

Επειδή στη χώρα μας δεν έχει μέχρι στιγμής διεξαχθεί κάποια έρευνα για το οποιασδήποτε αντίκτυπο έχει η χρήση προσομοιώσεων Εκπαίδευση, αναλήφθηκε στην παρούσα εργασία η προσπάθεια να καταγραφεί η άποψη κάποιων ομάδων μαθητών και μαθητριών από τρία διαφορετικά ΕΠΑΛ, οι οποίοι/ες ασκήθηκαν χρησιμοποιώντας ένα προσομοιωμένο εικονικό εργαστήριο και το σύγκριναν με το αντίστοιχο φυσικό επί ίσοις όροις. Η έρευνα οδήγησε στα παρακάτω συμπεράσματα:

## Διαπιστώσεις και συμπεράσματα

Μια πρώτη ματιά στα αποτελέσματα της επεξεργασίας των ερωτηματολογίων αποκαλύπτει ότι κατά μέσο όρο όλα τα τμήματα των σχολείων που συμμετείχαν στην έρευνα εκδήλωσαν στάση θετική απέναντι στη χρήση του λογισμικού προσομοίωσης. Αυτό σημαίνει ότι στο σύνολο των μαθητών και μαθητριών της έρευνας οι καθαρά θετικές απόψεις ήταν περισσότερες από τις καθαρά αρνητικές. Απ’ αυτό το σημείο και μετά, παρατηρούνται διαφοροποιήσεις μεταξύ των ομάδων των μαθητών της έρευνας, οι οποίες επιχειρείται να ερμηνευτούν παρακάτω:

Πρώτο στοιχείο διαφοροποίησης παρατηρείται ανάμεσα στους μαθητές της Β’ τάξης και στους μαθητές της Γ’ τάξης. Οι μαθητές της Γ’ τάξης έκριναν το λογισμικό προσομοίωσης σαφώς θετικότερα από τους μαθητές της Β’ και με στατιστικά πολύ σημαντική διαφορά κυρίως στις κατηγορίες «Χρησιμότητα» και «Ευκολία χρήσης». Η αιτία είναι μάλλον απλή: Η φοίτηση στη Β’ τάξη γίνεται σε Τομείς. Οι Τομείς περιλαμβάνουν μαθητές, οι οποίοι όταν προαχθούν στη Γ’ τάξη θα κατανεμηθούν σε διάφορες Ειδικότητες. Έτσι για παράδειγμα, οι μαθητές του Τομέα Ηλεκτρολογίας, Ηλεκτρονικής και Αυτοματισμού που συμμετείχαν, θα φοιτήσουν στη Γ’ τάξη είτε σε κάποια ειδικότητα Ηλεκτρολογίας, είτε σε κάποια ειδικότητα Ηλεκτρονικών. Όσο βρίσκονται στη Β’ τάξη διδάσκονται ένα μείγμα μαθημάτων που αφορούν και τις δύο ειδικότητες, δηλαδή «λίγο απ’ όλα» και ίσως για τούτο δε διαθέτουν επαρκή εφόδια για να εκτιμήσουν πλήρως το λογισμικό. Αντίθετα, οι μαθητές της Γ’ τάξης που ήταν αμιγώς ειδικότητας Ηλεκτρονικού και είχαν γνωρίσει το λογισμικό και στη Β’ τάξη, διέθεταν μάλλον αρκετή γνώση και εμπειρία για να εκτιμήσουν καλύτερα τα οφέλη του.

Δεύτερο στοιχείο διαφοροποίησης παρατηρείται ανάμεσα στους μαθητές του Τομέα Μηχανολογίας και του Τομέα Ηλεκτρολογίας, Ηλεκτρονικής και Αυτοματισμού. Οι πρώτοι έκριναν το λογισμικό λιγότερο θετικά από τους δεύτερους με στατιστικά σημαντική διαφορά κυρίως στις κατηγορίες «Ευκολία χρήσης» και «Ευκολία εκμάθησης». Και εδώ η αιτία είναι αρκετά προφανής. Το εργαστηριακό μάθημα «Βασική Ηλεκτρολογία» που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα για τον Τομέα Μηχανολογίας, διδάσκει στις πρώτες ασκήσεις του βασικές συνδεσμολογίες κυκλωμάτων και νόμους του ηλεκτρισμού. Οι μαθητές όμως αυτού του Τομέα είναι κυρίως παιδιά που αρέσκονται στο να δουλεύουν με εργαλεία και δεν πολυενδιαφέρονται να επαληθεύουν φυσικούς νόμους, είτε με το πολύμετρο, είτε με ηλεκτρονικό υπολογιστή. Είναι ενδιαφέρον να παρατηρήσει κανείς, όπως είχε την ευκαιρία ο γράφων, πόσο διαφορετικά εργάζονται σε κάποιο συναφέστερο με την ειδικότητά τους εργαστήριο, όπως παραδείγματος χάριν, το Μηχανουργείο.

Τρίτο στοιχείο διαφοροποίησης είναι η οικιστική προέλευση των συμμετεχόντων. Οι μαθητές και μαθήτριες που συμμετείχαν στην έρευνα προέρχονταν από ένα σχολείο αστικής περιοχής και δύο σχολεία ημιαστικών – ημιαγροτικών περιοχών. Η επεξεργασία των απαντήσεών τους έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά σε μία μόνο ερώτηση του ερωτηματολογίου, η οποία χαρακτήριζε την απλότητα χρήσης του λογισμικού. Η πλειονότητα των μαθητών από την αστική περιοχή δήλωσε ότι σίγουρα, ή μάλλον, συμφωνεί ότι το λογισμικό είναι απλό στη χρήση του, ενώ η πλειονότητα των μαθητών από την ημιαστική περιοχή δήλωσε ότι σίγουρα, ή μάλλον, διαφωνεί γι’ αυτό. Παραδόξως οι απαντήσεις στην επόμενη ερώτηση η οποία χαρακτήριζε τη φιλικότητα προς το χρήστη, δεν διέφεραν στις δύο ομάδες. Το δεδομένο ότι αυτές οι δύο ερωτήσεις σχετίζονται μεταξύ τους, μια και αμφότερες αφορούν τη διεπαφή χρήστη του λογισμικού, καθιστά την ερμηνεία της διαφοράς προβληματική. Θα μπορούσε ίσως να ισχυριστεί κάποιος, ότι οι μαθητές των αστικών περιοχών μπορεί να έχουν μεγαλύτερη εξοικείωση με τη χρήση των λογισμικών εν γένει, αλλά αυτό είναι μάλλον αμφίβολο. Χωρίς στην παρούσα εργασία να έχει διεξαχθεί κάποια κοινωνιολογική έρευνα, ή να μπορεί να γίνει η επίκληση κάποιας άλλης σχετικής έρευνας, είναι διάχυτη η πεποίθηση ότι οι μαθητές της τεχνικής και επαγγελματικής εκπαίδευσης, είτε προέρχονται από αστικές, είτε από ημιαστικές περιοχές, έχουν περίπου το ίδιο μορφωτικό υπόβαθρο, τις ίδιες προσλαμβάνουσες παραστάσεις, παρόμοιους τρόπους διασκέδασης και γενικά, συγκρίσιμη νοητική συγκρότηση. Ίσως εν τέλει το αποτέλεσμα να είναι τυχαίο, δεδομένου του μικρού πλήθους του δείγματος. Εκτίμηση του γράφοντος είναι, ότι διαφοροποίηση ανά οικιστική προέλευση είναι αμφίβολο ότι υφίσταται, αν και αυτό δε μπορεί να υποστηριχτεί εδώ με ακλόνητα στοιχεία.

Συσχέτιση των απαντήσεων με το φύλλο των απαντούντων δεν επιχειρήθηκε, δεδομένου ότι στο σύνολο των συμμετεχόντων και συμμετεχουσών οι μαθήτριες ήταν μόνο δύο.

Αναλυτική συσχέτιση των απαντήσεων των μαθητών/τριών με τη σχολική τους επίδοση στο ερευνούμενο μάθημα δεν ήταν δυνατό να γίνει, επειδή τα ερωτηματολόγια ήταν ανώνυμα και, χάριν προστασίας των προσωπικών δεδομένων, δεν αναζητήθηκαν ονομαστικές καταστάσεις βαθμολογίας των συμμετεχόντων και συμμετεχουσών. Το αντίθετο θα απαιτούσε ειδική αδειοδότηση από τις διοικητικές υπηρεσίες εκπαίδευσης της οικείας Περιφέρειας και δεν κρίθηκε σκόπιμο να επιδιωχθεί. Αντ’ αυτού επιχειρήθηκε μια εξ όψεως συσχέτιση της κατανομής των απαντήσεων με την κατανομή των βαθμών επίδοσης για το ερευνούμενο μάθημα, οι οποίοι λήφθηκαν από ανώνυμες καταστάσεις βαθμολογίας. Το γεγονός ότι όλες οι κατανομές των βαθμών επίδοσης, όπως και όλες οι κατανομές των απαντήσεων ήταν πανομοιότυπες από τμήμα σε τμήμα, αλλά εντός όλων των τμημάτων ήταν εντελώς διαφορετικές μεταξύ τους, υποδεικνύει ότι μάλλον δεν υφίσταται σχέση μεταξύ των απαντήσεων και των σχολικών επιδόσεων. Εντούτοις με τα υπάρχοντα στοιχεία αυτό δε μπορεί να τεκμηριωθεί αυστηρά.

Τελικό συμπέρασμα που προκύπτει απ’ όλες αυτές τις παρατηρήσεις, είναι ότι το λογισμικό προσομοίωσης που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα έρευνα απολαμβάνει τη γενική αποδοχή όλων των συμμετεχόντων και συμμετεχουσών, ανεξαρτήτως των δημογραφικών χαρακτηριστικών τους. Διαφορές μεταξύ των διαφόρων ομάδων τους σαφώς και υφίστανται, αλλά δεν αναιρούν τη γενική εικόνα, η οποία περιγράφεται από την εικόνα 6-20, όπου το 64% του συνόλου των απαντησάντων εξέφρασε καθαρά θετικές θέσεις, έναντι του 15%, το οποίο εξέφρασε καθαρά αρνητικές. Κατά τη γνώμη του γράφοντος όμως, ιδιαίτερη σημασία έχουν οι απαντήσεις των τμημάτων της Γ’ τάξης Ηλεκτρονικών. Οι μαθητές αυτοί, λόγω θέσης και ειδικότητας, και μπορούν, και χρειάζονται περισσότερο απ’ όλους τους άλλους να χρησιμοποιούν έναν προσομοιωτή εικονικού εργαστηρίου ηλεκτρονικών. Μια ματιά στις απαντήσεις τους, οι οποίες περιγράφονται στην εικόνα 6-21, φανερώνει ότι ένα ευμέγεθες ποσοστό 81% εξέφρασε καθαρά θετικές θέσεις έναντι ενός μικρού 5%, το οποίο εξέφρασε αρνητικές.

Στο σημείο αυτό αξίζει να παρατεθούν τα αποτελέσματα από ανάλογη έρευνα που έγινε το μακρινό 1992 στο Πανεπιστήμιο NCNU της Σαγκάης, για την αξιολόγηση της λειτουργικότητας της πρώτης έκδοσης του λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε και στην παρούσα έρευνα, με σκοπό να εκτιμηθεί η δυνατότητα εισαγωγής του στο εκπαιδευτικό σύστημα της Κίνας (Zhi-Ceng & Collins, 1993-94). Είκοσι ένας σπουδαστές και δέκα ειδικοί από τους χώρους της πανεπιστημιακής εκπαίδευσης και της βιομηχανίας ηλεκτρονικών της Σαγκάης απάντησαν σε ένα ερωτηματολόγιο έξι ερωτήσεων κλειστού τύπου με τετράβαθμη κλίμακα απαντήσεων, οι οποίες χοντρικά θα μπορούσαν να ενταχθούν στις κατηγορίες «Χρησιμότητα» και «Ευκολία χρήσης» του ερωτηματολογίου USE. Το ποσοστό των θετικών τοποθετήσεων ήταν 94%, ενώ των αρνητικών ήταν 6%. Η ομοιότητα με την κατανομή των απαντήσεων της Γ’ τάξης από την εικόνα 6-21 είναι προφανής, ιδίως αν συνεκτιμηθεί το γεγονός ότι στην Κινεζική έρευνα δεν συμπεριλήφθηκαν ουδέτερες αξιολογήσεις.

Φαίνεται λοιπόν ότι η θετική άποψη για τη χρήση του προσομοιωτή ηλεκτρονικού εργαστηρίου, η οποία εκφράζεται και στην παρούσα έρευνα, είναι τόσο ισχυρότερη, όσο η τεχνική – επιστημονική συγκρότηση των ερωτηθέντων βρίσκεται εγγύτερα προς τη γενική σύλληψη της σχεδίασης του λογισμικού προσομοίωσης. Σημαίνει όμως αυτό ότι οι μαθητές προτιμούν την άσκηση στο εικονικό, από την άσκηση στο φυσικό εργαστήριο; Και ποια θα ήταν τα αποτελέσματα αν χρησιμοποιούνταν προσομοιωτές για άλλα, άλλης ειδικότητας, εργαστήρια;

Η απάντηση στην πρώτη ερώτηση δεν τέθηκε ποτέ ως ζητούμενο της έρευνας, αλλά στην πραγματικότητα είναι μια ερώτηση που δε χρειάζεται να απαντηθεί. Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, ο παιδαγωγικά πλέον ενδεδειγμένος τρόπος είναι να χρησιμοποιούνται οι προσομοιώσεις παράλληλα με τα φυσικά εργαστήρια. Η κατάδειξη της αποδοχής από τους μαθητές της χρήσης του προσομοιωτή παράλληλα με την εξάσκηση στα φυσικά τους εργαστήρια, αποτελεί τη μικρή συμβολή της παρούσας έρευνας στο παιδαγωγικό γίγνεσθαι της χώρας μας. Αν και το μικρό δείγμα της έρευνας δε βοηθά στην εξαγωγή γενικών συμπερασμάτων, το μείγμα των σχολείων που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα είναι αρκετά αντιπροσωπευτικό του συνόλου των ΕΠΑΛ της χώρας και αυτό μπορεί να προσφέρει μια αρκετά ασφαλή εκτίμηση των γενικών τάσεων. Όσο για τη δεύτερη ερώτηση, αυτή δε μπορεί να απαντηθεί απ’ αυτή τη θέση. Θα χρειαζόταν γι’ αυτό άλλη μια παρόμοια έρευνα για κάθε άλλο λογισμικό. Ωστόσο το Electronics Workbench που χρησιμοποιήθηκε εδώ, είναι ένας πολύ καλός εκπρόσωπος ολόκληρης της κατηγορίας των προσομοιωτών εικονικών εργαστηρίων, οπότε είναι πιθανόν ότι και άλλες παρόμοιες έρευνες δεν θα έδιναν ριζικώς διαφορετικά αποτελέσματα.

## Προτάσεις

Από τα συμπεράσματα της προηγούμενης παραγράφου συνάγεται ότι ο δεκαετής και πλέον εξοβελισμός της διδασκαλίας των προσομοιώσεων από τα αναλυτικά προγράμματα της τεχνικής και επαγγελματικής εκπαίδευσης της χώρας μας δεν ήταν και η πλέον επιτυχής επιλογή. Αν και ο τρόπος με τον οποίο γινόταν η εφαρμογή τους ήταν περιοριστικός, η χρήση τους έδινε στους μαθητές τη δυνατότητα να έρθουν σε επαφή με όψεις των φαινομένων που ήταν μη προσεγγίσιμες στα φυσικά εργαστήρια. Είναι λοιπόν ανάγκη να επανέλθει, και μάλιστα με αναβαθμισμένο τρόπο, η χρήση τους. Για το λόγο αυτό γίνονται από την παρούσα θέση οι εξής προτάσεις:

Α. Προτάσεις βραχυπρόθεσμης υλοποίησης:

* Σύσταση επιτροπής στο Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής η οποία θα καταγράψει τα λογισμικά προσομοίωσης εικονικού εργαστηρίου. που βρίσκονται διαθέσιμα στα Εργαστηριακά Κέντρα της χώρας και θα ερευνήσει τη δυνατότητα εισαγωγής και άλλων παρόμοιων λογισμικών από τα πολλά που προσφέρονται δωρεάν στο διαδίκτυο και χρησιμοποιούνται συχνά από τους εκπαιδευτικούς της Τεχνικής και Επαγγελματικής Εκπαίδευσης, όπως για παράδειγμα, το εικονικό εργαστήριο Χημείας IrYdium Chemistry Lab, ή το εικονικό εργαστήριο Δικτύων Ηλεκτρονικών Υπολογιστών Cisco Packet Tracer κλπ.
* Σύσταση ομάδων συγγραφής οι οποίες θα αναλάβουν την ταχύρυθμη εκπόνηση φύλλων εργασίας για τα εργαστηριακά μαθήματα των Τομέων και Ειδικοτήτων των ΕΠΑΛ, τα οποία είναι πλέον κατάλληλα να υποκατασταθούν από προσομοιώσεις με τη χρήση των παραπάνω λογισμικών.
* Αντικατάσταση έως και του 30% των υπαρχουσών εργαστηριακών ασκήσεων στα διδακτικά εγχειρίδια των Τομέων και Ειδικοτήτων των ΕΠΑΛ από τα παραπάνω φύλλα εργασίας με πρόβλεψη, αρχικά, την προαιρετική διδασκαλίας τους. Εισαγωγή της αντικατάστασης στην αρχή του σχολικού έτους, προκειμένου να υπάρξει χρόνος για τις απαραίτητες ρυθμίσεις των θεμάτων που θα προκύψουν από την πρόσθετη επιβάρυνση των Εργαστηρίων Εφαρμογών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών, όπου θα λειτουργούν τα προσομοιωμένα εικονικά εργαστήρια.
* Επιμόρφωση των Συντονιστών Εκπαιδευτικού Έργου των Ειδικοτήτων πάνω στο χειρισμό και την εκπαιδευτική εφαρμογή των λογισμικών προσομοίωσης που θα χρησιμοποιηθούν, οι οποίοι στη συνέχεια θα αναλάβουν την υποστήριξη του εγχειρήματος έναντι των εμπλεκόμενων εκπαιδευτικών, παρέχοντάς τους καθοδήγηση και συμβουλές, οργανώνοντας επιμορφώσεις ή σύντομα σεμινάρια εξ αποστάσεως εκπαίδευσης κλπ.
* Ανάληψη ερευνών σε επίπεδο Περιφέρειας για την καταγραφή της εμπειρίας των διδασκόντων και των διδασκομένων από τη χρήση των προσομοιώσεων και παροχή ανατροφοδότησης για τη βελτίωση του τρόπου εφαρμογής της. Σταδιακή εμβάθυνση της χρήσης των εικονικών εργαστηρίων σε χρονικό ορίζοντα τριών, τουλάχιστον, σχολικών ετών.

Β. Προτάσεις μακροπρόθεσμης υλοποίησης:

* Εκπόνηση έρευνας σε πανελλήνιο επίπεδο, η οποία θα αναληφθεί ίσως από κάποιο πανεπιστημιακό παιδαγωγικό τμήμα, ή από κάποιο άλλο ερευνητικό ίδρυμα ανάλογης εμβέλειας, η οποία θα εστιάσει στα μαθησιακά αποτελέσματα της εκ παραλλήλου διδασκαλίας εργαστηριακών μαθημάτων σε φυσικά και εικονικά εργαστήρια στα ΕΠΑΛ, έναντι της διδασκαλίας σε φυσικά, μόνον, εργαστήρια. Της έρευνας πρέπει να προηγηθεί πιστοποίηση των εργαστηριακών χώρων που θα χρησιμοποιηθούν και ειδική επιμόρφωση του σώματος των διδασκόντων που θα συμμετέχουν, ώστε να εξασφαλιστεί η ομοιομορφία των διδακτικών παροχών στους μαθητές και μαθήτριες, τόσο των ομάδων ελέγχου, όσο και των ομάδων αναφοράς της έρευνας. Η έρευνα θα επιχειρήσει να τεκμηριώσει τη θετική επίπτωση του παραπάνω μεικτού μοντέλου διδασκαλίας στις σχολικές επιδόσεις των μαθητών και των μαθητριών της έρευνας.
* Κατόπιν θετικών αποτελεσμάτων της παραπάνω έρευνας, ριζική αναμόρφωση των προγραμμάτων σπουδών των ΕΠΑΛ, ώστε να περιλαμβάνουν διδασκαλίες με τη χρήση προσομοιωτών, τόσο σε εργαστηριακά, όσο και σε θεωρητικά μαθήματα.
* Ενίσχυση των αιθουσών διδασκαλίας με εποπτικά μέσα ΤΠΕ (βιντεοπροβολείς, οθόνες, διαδραστικούς πίνακες κλπ.), έτσι ώστε να διευκολύνεται η χρήση των λογισμικών προσομοίωσης εικονικού εργαστηρίου και στη θεωρητική διδασκαλία.
* Εκ νέου συγγραφή των διδακτικών εγχειριδίων των μαθημάτων ειδικοτήτων, τα οποία επί σχεδόν είκοσι χρόνια παραμένουν τα ίδια, ώστε να περιλαμβάνουν και τη χρήση προσομοιώσεων. Πρόβλεψη ενσωμάτωσης μηχανισμού για την επικαιροποίηση ή και αναθεώρηση των εγχειριδίων ανά πενταετία, τουλάχιστον.
* Εμπλουτισμός των υπηρεσιών των υφισταμένων Ψηφιακών Εκπαιδευτικών Πλατφορμών (Διαδραστικά Σχολικά Βιβλία, Φωτόδεντρο κλπ.) με διδακτικά σενάρια και σχέδια μαθημάτων για την Τεχνική και Επαγγελματική Εκπαίδευση, τα οποία θα αξιοποιούν τη χρήση προσομοιώσεων. Προώθηση της χρήσης αυτού του υλικού στους εκπαιδευτικούς της ΤΕΕ με πρωτοβουλίες και δράσεις που θα αναλάβουν οι Συντονιστές Εκπαιδευτικού Έργου των Ειδικοτήτων.
* Πλήρης εκμετάλλευση των δυνατοτήτων των εικονικών εργαστηρίων με την ενσωμάτωση προηγμένων διδακτικών προσεγγίσεων στο περιεχόμενο των εργαστηριακών μαθημάτων που θα διδάσκονται εκεί, όπως οι γνωστικές και οι εποικοδομητικές προσεγγίσεις, ιδίως για τη Γ’ τάξη, όπου η ύπαρξη της απαραίτητης προϋπάρχουσας γνώσης είναι, σε κάποιο βαθμό, εξασφαλισμένη.
* Επικαιροποίηση και εμπλουτισμός του Λογισμικού Ειδικοτήτων το οποίο υπάρχει στα Εργαστηριακά Κέντρα και παραμένει το ίδιο από το 2007.
* Επιμόρφωση των εκπαιδευτικών της Τεχνικής και Επαγγελματικής Εκπαίδευσης στο Λογισμικό Ειδικοτήτων, κάτι που δεν έχει γίνει από το 2008. Επανάληψη των επιμορφώσεων κάθε φορά που θα γίνεται επικαιροποίηση ή αναθεώρηση των εγχειριδίων των εργαστηριακών μαθημάτων. Παροχή κινήτρων για τη συμμετοχή όσο το δυνατό περισσότερων εκπαιδευτικών σ’ αυτές.
* Ενίσχυση των χώρων, του εξοπλισμού και των υποδομών των υπαρχόντων Εργαστηρίων Εφαρμογών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών στα Εργαστηριακά Κέντρα της χώρας και δημιουργία νέων, έτσι ώστε να μπορέσουν να επωμιστούν το πρόσθετο βάρος της διδασκαλίας των μαθημάτων στα εικονικά εργαστήρια, τα οποία απαιτούν τη χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών.
* Επανάληψη της έρευνας πάνω στις επιπτώσεις των προσομοιώσεων στα μαθησιακά αποτελέσματα ύστερα από κάθε επικαιροποίηση ή αναθεώρηση των διδακτικών εγχειριδίων, με σκοπό να εξασφαλίζεται η ανατροφοδότηση που θα επιτρέπει τη βελτιστοποίηση των διδακτικών πρακτικών σε ένα περιβάλλον διαρκώς εξελισσόμενων εκπαιδευτικών μεθόδων και εργαλείων.

# **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ – ΔΙΚΤΥΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ**

(2002). Ανάκτηση 09 19, 2019, από Παιδαγωγικό Ινστιτούτο: http://www.pi-schools.gr/lessons/tee/electronic/biblia.php

(2017). Ανάκτηση 09 19, 2019, από ΥΠΠΑΙΘ: www.minedu.gov.gr/publications/docs2017/2017.12\_Υλη-Οδηγίες\_Τομέας\_ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ\_ΓΔ\_ΕΠΑΛ\_2017-18.pdf

*ACADEMIC*. (2010). Ανάκτηση 09 18, 2019, από https://enacademic.com/dic.nsf/enwiki/1744765

Araiba, S. (2019, June 10). *Perspectives on Behavior Science.* Ανάκτηση 08 13, 2019, από https://doi.org/10.1007/s40614-019-00207-0

Banks, J., Carson, J. S., Nelson, B. L., & Nickol, D. M. (2001). *Discrete-Event System Simulation.* Prentice Hall.

*Best Free electronics Circuit Simulation Software*. (2016, Sep. 17). Ανάκτηση 09 14, 2019, από Microcontrollers Lab: https://microcontrollerslab.com/circuit-simulation-software-free/

Braulio, M., & Pow-Sang, J. (2018, 07 27). A Systematic Mapping Review of Software Usability Metrics. *International Journal of Engineering & Technology*, σσ. 72-75.

Churm, T. (2012, 07 09). *USABILITY GEEK.* Ανάκτηση 10 15, 2019, από https://usabilitygeek.com/an-introduction-to-website-usability-testing/

Clough, M. P. (2007). *Handbook of Research on Science Education.* Lawrence Erlbaum Associates.

Collis, B., & Dong, Z.-C. (1993). The Portability of the "Electronics Workbench" Simulation Software to China. *Journal of Educational Technology Systems*(22), σσ. 141-153.

Culatta, R., & Kearsley, G. (n.d.). *InstructionalDesign.org.* Ανάκτηση 08 14, 2019, από https://www.instructionaldesign.org/theories/transformative-learning/

Cuppi, C. (2012). *LaboratorioFormatione.* Ανάκτηση 08 16, 2019, από La didattica laboratoriale: http://lnx.laboratorioformazione.it/index.php?Itemid=110&id=75&option=co

De Jong, T., & Van Joolingen, W. R. (1992). *TECFA Education & Technologies.* Ανάκτηση 09 12, 2019, από https://tecfa.unige.ch/tecfa/teaching/aei/papiers/deJong.pdf

de Jong, T., Linn, M. C., & Zacharia, Z. C. (2013, Apr. 19). Physical and Virtual Laboratories in Science and Engineering Education. *SCIENCE, 340*.

DesignSoft. (2002). Ανάκτηση 09 18, 2019, από http://midas.herts.ac.uk/helpsheets/tina

DesignSoft. (2019). *DesignSoft TINA*. Ανάκτηση 09 18, 2019, από https://www.tina.com/circuit-simulator/

Ertmer, P. A., & Newby, T. J. (1993). *Behaviorism, Cognitivism, Constructivism: Comparing Critical Features from an Instructional Design Perspective.* Ανάκτηση 8 13, 2019, από www.csiss.org/SPACE/workshops/2007/UCSB/docs/ertmer\_newby1993.pdf.

*esos.* (2017, Απρ. 26). Ανάκτηση 08 16, 2019, από ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ: https://www.esos.gr/sites/default/files/articles-legacy/epal\_orologio\_programma.pdf

*esos.* (2018, Ιουν. 12). Ανάκτηση 08 16, 2019, από ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ: https://www.esos.gr/sites/default/files/articles-legacy/orologio\_programma\_epal\_0.pdf

Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. *Review of Educational Research,* (52 (2)), σσ. 201-217.

Holberg, C., Midoro, V., & Κούτρα, Χ. (2001). *Νέες Τεχνολογίες Της Πληροφορίας Στη Σχολική Εκπαίδευση : η ευρωπαϊκή και η διεθνής πραγματικότητα.* Αθήνα: Ίδρυμα Μελετών Λαμπράκη.

IQST. (1999). *Improving Quality of Science Teacher Training in European Cooperation*. Ανάκτηση 08 19, 2019, από Socrates Programme: http://www.iqst.upol.cz/e-learning/m5/e-learning-m5-u1.php

*ISISLab.* (1998). Ανάκτηση 10 19, 2019, από http://www.isislab.it/delmal/VisualHarmony/UsabilityStudy/QUIS\_CSQU.pdf

Joyce, B., Weil, M., & Calhoun, E. (2004). *Teaching Mode.* China Light Industry Press.

Kirakowski, J., & Corbett, M. (2006, 10 27). SUMI: the Software Usability Measurement Inventory. *British Journal of Educational Technology*, σσ. 210-212.

Lampert, M. (1986). Knowing, doing, and teaching multiplication. *Cognition and Instruction*, *3*, σσ. 305-342.

Leutner, D. (1993). Guided discovery learning with computer-based simulation games: Effects of adaptive and non-adaptive instructional support. *Learning and instruction, 3*(2), σσ. 113-132.

Locklair, G. (1992, Nov/Dec). Electronics Workbench Helps Students to Learn About Circuits. *COMPUTER IN PHYSICS, 6*(6), σσ. 700-702.

Lund, A. (2001, 01 01). Measuring Usability with the USE Questionnaire. *Usability and User Experience Newsletter of the STC Usability SIG, 8*.

Lunetta, V. N., Hoffstein, A., & Clough, M. P. (2005). *Handbook of Researon Science Education.* New Jercey: Lawrence Erlbaum Associates.

McLeod, S. (2018). *Simply Psychology.* Ανάκτηση 08 13, 2019, από https://www.simplypsychology.org/edward-thorndike.html

Mezirow, J. (1991). *Transformative dimensions of adult learning.* San Francisco, CA 94104-1310, 350 Sansome Street: Jossey-Bass.

Mezirow, J. (1997). Transformative Learning: Theory to Practice. *NEW DIRECTIONS FOR ADULT AND CONTINUING EDUCATION* (74), σσ. 5-12.

*National Instruments*. (2019). Ανάκτηση 09 18, 2019, από https://www.ni.com/en-us.html

Papadouris, N., & Constantinou, C. (2009, 08 01). A methodology for integrating computer-based learning tools in science curricula. *Journal of Curriculum Studies* (41), σσ. 521-538.

Shiland, T. W. (1999). Constructivism: The implications for laboratory work. *Journal of Chemical Education,*(76), σσ. 107-109.

Shunk, D. H. (1991). *Learning theories: An educational perspective.* New York: Macmillan.

Tamir, P., & Lunetta, V. N. (1981). Inquiry related tasks in high school science laboratory. *Science Education,* (65), σσ. 477-484.

Thomson, A. D., Simonson, M. R., & Hargrave, C. P. (1992). *Educational Technology: A review of the research.* Washington D.C.: Association for Educational Communications and Technology.

Zhi-Ceng, D., & Collins, B. (1993-94). THE PORTABILITY OF TIIE “ELECTRONICS WORKBENCII” SIMULATION SOFTWARE TO CHINA. *J. EDUCATIONAL TECHNOLOGY SYSTEMS, 2*(22), σσ. 141-153.

Βλαχοκυριάκου, Φ., Πανέτσος, Σ., Τσαρτσόλης, Χ., & Μαυροπούλου, Μ. (2015, Δεκ. 13). *Ε2 - Παιδαγωγικά.* Ανάκτηση 08 13, 2019, από https://www.slideshare.net/JohnTzortzakis/2-56102778

Βρατσάλης, Κ. (2018). Η Προσοµοίωση και η ∆ιαδικασία της Μάθησης: Μερικά Ζητήµατα που Αφορούν στη Σχέση Υποκειµένου και Πραγµατικότητας. Στο Α. ∆ηµητρακοπούλου (Επιμ.), *Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση.* *Β'.* Ρόδος: ΚΑΣΤΑΝΙΩΤΗΣ.

*Δ.Δ.Ε. ΦΛΩΡΙΝΑΣ.* (2016, Φεβ. 12). Ανάκτηση 08 18, 2019, από http://dide.flo.sch.gr/site/?p=12212

Δημητρακοπούλου, Α. (1999). Οι εκπαιδευτικές εφαρµογές των τεχνολογιών της πληροφορίας στη διδασκαλία των φυσικών επιστηµών - Τι προσφέρουν και πως τις αξιοποιούµε;. *EΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΦΥΣΙΚΗΣ, 3η Περίοδος, Η'*, σσ. 48-58.

Διαμαντοπούλου, Β., & Χιωτίδης, Γ. (2010). *ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΠΙΧΕΙΡΙΣΙΑΚΗ ΕΡΕΥΝΑ* (Τόμ. Β'). Θεσσαλονίκη: ΔΙΣΙΓΜΑ.

Ζαβλανός, Μ. (1987). *Διδακτική Φυσικών Επιστημών.* Αθήνα: "ΙΩΝ".

Καπραβέλου, Α. (2011, 11 1). Η σημασία των θεωριών μάθησης στο πλαίσιο των ΤΠΕ στην εκπαίδευση. *Open Education* (7), σσ. 98-117.

Καρτσιώτης, Θ. (2003, Μάι. 01). Ανάκτηση 09 19, 2019, από Ελληνική Επιστημονική ΈνωσηΤεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση: https://www.etpe.gr/custom/pdf/etpe700.pdf

Κόμης, Β., & al. (2008, Μάι. 26). *Επιμόρφωση Εκπαιδευτικών για την Αξιοποίηση και Εφαρμογήτων Ψηφιακών Τεχνολογιών στη Διδακτική Πράξη.* Ανάκτηση 08 21, 2019, από https://e-pimorfosi.cti.gr/articles-projects/category/17-epimorf-yliko-kse-b-epipedou-tpe?download=35:pe6070

Κουνελάκη-Γρύλλου, Σ. (2017, 02 15). *Μαθαίνω.* Ανάκτηση 12 6, 2019, από https://mathaino.gr/2017/02/trends-in-simulations/

Πηλιούρας, Π., & al. (2013). *ΟΕΠΕΚ.* Ανάκτηση 08 13, 2019, από http://www.oepek.gr/pdfs/tpe\_eaep\_800sch.pdf

Ράπτης, Α., & Ράπτη, Α. (2013). ΜΑΘΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΣΤΗΝ ΕΠΟΧΗ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ. Αθήνα: ΑΘΗΝΑ.

Τσιραντωνάκη, Σ. (2013, Οκτ. 30). *ACADEMIA.* Ανάκτηση 9 12, 2019, από http://auth.academia.edu/SmaragdaTsirantonaki

*ΥΠΑΙΘ.* (2017, Δεκ. 22). Ανάκτηση 08 18, 2019, από minedu.gov.gr: http://www.minedu.gov.gr/publications/docs2017/2017.12\_Υλη-Οδηγίες\_Τομέας\_ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ\_ΓΔ\_ΕΠΑΛ\_2017-18.pdf

Χαρίλα, Θ.-Ι. (2006). *Εθνικό Αρχείο Διδακτορικών Διατριβών.* Ανάκτηση 07 01, 2019, από http://hdl.handle.net/10442/hedi/14731

Χατζόπουλος, Α., Μπόντζιος, Γ. Ι., Κωνσταντίνου, Δ., & Φάρχα, Σ. Α. (2011). *SPICE: Ανάλυση και σχεδίαση ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών κυκλωμάτων.* Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα.

Χριστοδούλου, Κ. (2016, 12 22). Ανάκτηση 12 6, 2019, από http://www.pragmaeng.it/engine4f/index.php/learning-tools?task=callelement&format=raw&item\_id=24&element=0acc92ab-8176-49e6-ad7c-f8cc5940a540&method=download

*Ψηφιακό Σχολείο*. (2018). Ανάκτηση 08 18, 2019, από Διαδραστικά Σχολικά Βιβλία: http://ebooks.edu.gr/new/classcoursespdf.php?classcode=DSEPAL-B

# **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ**

# **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α’:** Το ερωτηματολόγιο της έρευνας

## Ερωτηματολόγιο αξιολόγησης του "Electronics Workbench"

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | **Σίγουρα όχι** | **Μάλλον όχι** | **Ούτε ναι, ούτε όχι** | **Μάλλον ναι** | **Σίγουρα ναι** |
| **Α. Χρησιμότητα** | 1. Με βοηθά να κατανοώ καλύτερα την άσκηση. |  |  |  |  |  |
| 1. Με βοηθά να ολοκληρώνω πιο εύκολα την άσκηση. |  |  |  |  |  |
| 1. Μου δίνει καλύτερο έλεγχο στις μετρήσεις των κυκλωμάτων. |  |  |  |  |  |
| 1. Δίνει ίδια αποτελέσματα μετρήσεων με τα πραγματικά κυκλώματα. |  |  |  |  |  |
| 1. Κάνει πιο εύκολη τη συναρμολόγηση και τον έλεγχο του κυκλώματος. |  |  |  |  |  |
| 1. Όταν το χρησιμοποιώ κερδίζω χρόνο. |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| **Β. Ευκολία χρήσης** | 1. Είναι απλό στην χρήση του. |  |  |  |  |  |
| 1. Είναι φιλικό προς τον χρήστη. |  |  |  |  |  |
| 1. Απαιτεί τα λιγότερα βήματα για την ολοκλήρωση των εργασιών της άσκησης. |  |  |  |  |  |
| 1. Μπορώ να το χρησιμοποιήσω χωρίς να διαβάσω γραπτές οδηγίες. |  |  |  |  |  |
| 1. Μπορώ να επανορθώσω λάθος χειρισμούς εύκολα και γρήγορα. |  |  |  |  |  |
| 1. Δεν χρειάζεται προετοιμασία του εργαστηρίου για να το χρησιμοποιήσω. |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | **Σίγουρα όχι** | **Μάλλον όχι** | **Ούτε ναι, ούτε όχι** | **Μάλλον ναι** | **Σίγουρα ναι** |
| **Γ. Ευκολία εκμάθησης** | 1. Έμαθα να το χρησιμοποιώ γρήγορα. |  |  |  |  |  |
| 1. Μπορώ να θυμηθώ εύκολα την λειτουργία του. |  |  |  |  |  |
| 1. Είναι εύκολο να μάθει κάποιος να το χρησιμοποιεί. |  |  |  |  |  |
| 1. Έγινα γρήγορα επιδέξιος/α χρήστης του. |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| **Δ. Ικανοποίηση** | 1. Η χρήση του είναι ευχάριστη. |  |  |  |  |  |
| 1. Λειτουργεί όπως ακριβώς θέλω να λειτουργεί. |  |  |  |  |  |
| 1. Είναι ενδιαφέρον. |  |  |  |  |  |
| 1. Αισθάνομαι ότι με βοηθάει. |  |  |  |  |  |

# **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β’:** Τα φύλλα εργασίας των ασκήσεων της έρευνας

Στο Παράρτημα Β’ περιέχονται τα φύλλα εργασίας των ασκήσεων που δόθηκαν για την αξιολόγηση του προσομοιωτή ηλεκτρονικού εργαστηρίου Electronics Workbench. Όλα αποτελούν προσαρμογή των ασκήσεων που προτείνονται στα βιβλία του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου «Γενικά Ηλεκτρονικά – ΜΕΡΟΣ Β’», «Αναλογικά Ηλεκτρονικά – ΜΕΡΟΣ Β’», «Ψηφιακά Ηλεκτρονικά – ΜΕΡΟΣ Β’» για τον Τομέα Ηλεκτρονικής και στο βιβλίο «Ηλεκτρολογικό Εργαστήριο», για τον Τομέα Ηλεκτρολογίας. Δόθηκαν σε μαθητές της Β’ τάξης του τομέα Ηλεκτρονικής – Ηλεκτρολογίας και Αυτοματισμού και του τομέα Μηχανολογίας και σε μαθητές της Γ’ τάξης της ειδικότητας «Τεχνικός Ηλεκτρονικών και Υπολογιστικών Συστημάτων, Εγκαταστάσεων».

Τα φύλλα εργασίας προσαρμόστηκαν κατά περιπτώσεις, ώστε να γίνουν συμβατά με τον εκάστοτε διαθέσιμο εργαστηριακό εξοπλισμό και τις προτεινόμενες στο αναλυτικό πρόγραμμα διδακτικές ώρες και εμπλουτίστηκαν με υποδείγματα συναρμολόγησης, σε μια προσπάθεια να αντισταθμιστεί ο επιπλέον χρόνος που απαιτεί η κατασκευή ενός κυκλώματος στο ράστερ σε σχέση με τη σχεδίασή του στην οθόνη του προσομοιωτή.

**1η ΑΣΚΗΣΗ – τάξη Β’ (κοινή για όλους τους Τομείς)**

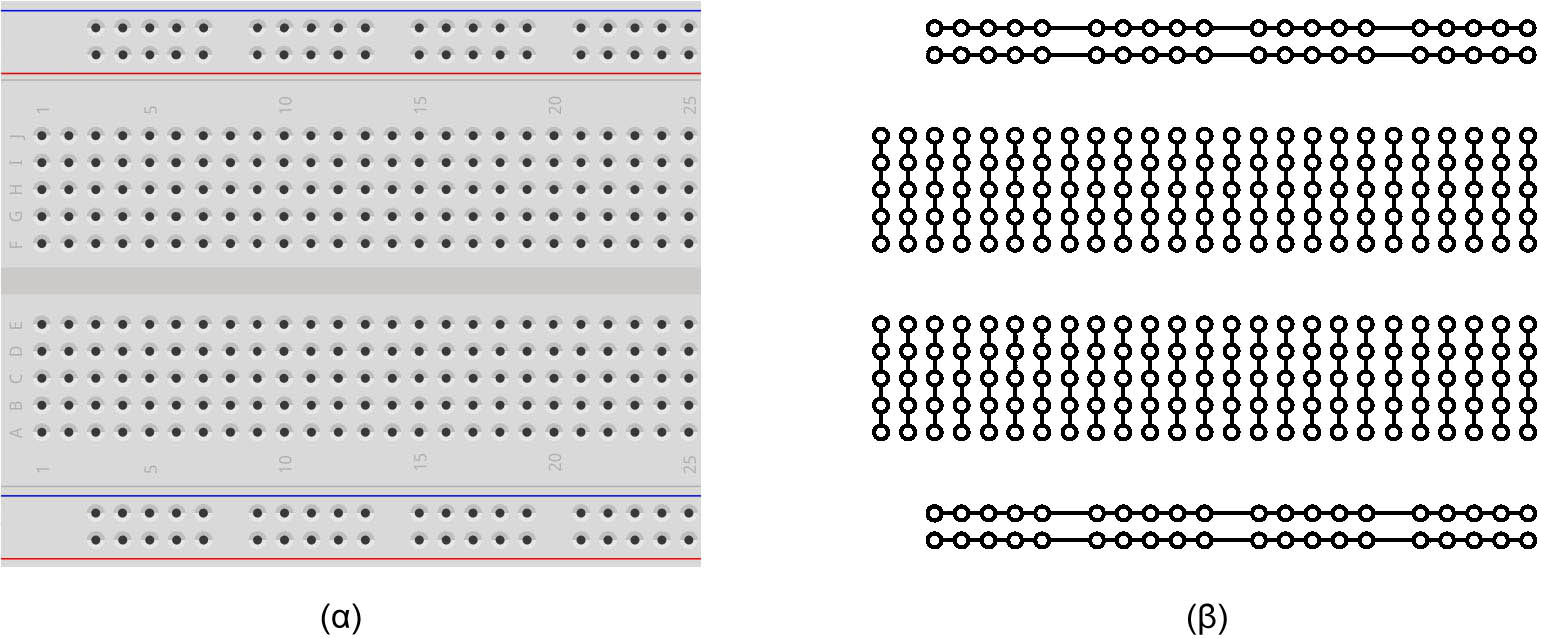
**Γνωριμία με την πινακίδα συναρμολόγησης κυκλωμάτων – βασικές μετρήσεις**

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης θα είσαι σε θέση:

* Να συναρμολογείς απλά κυκλώματα πάνω στην πινακίδα συναρμολόγησης (ράστερ).
* Να κάνεις τις βασικές μετρήσεις τάσης, έντασης και αντίστασης σε τέτοια κυκλώματα.

**Εισαγωγή:**

Η πινακίδα συναρμολόγησης κυκλωμάτων, που για συντομία την αποκαλούμε ράστερ, είναι μια πλαστική μονωτική βάση με τρύπες, κάτω από τις οποίες βρίσκονται ηλεκτρικές επαφές οργανωμένες σε ομάδες ηλεκτρικά ανεξάρτητες μεταξύ τους. Η μορφή μιας τέτοιας πινακίδας (ενός μέρους της) και διάταξη των ηλεκτρικών επαφών της φαίνονται στο παρακάτω σχήμα:



*Σχήμα 1.1. Μορφή του ράστερ (α) και ηλεκτρικές συνδέσεις κάτω από τις τρύπες του ράστερ (β)*

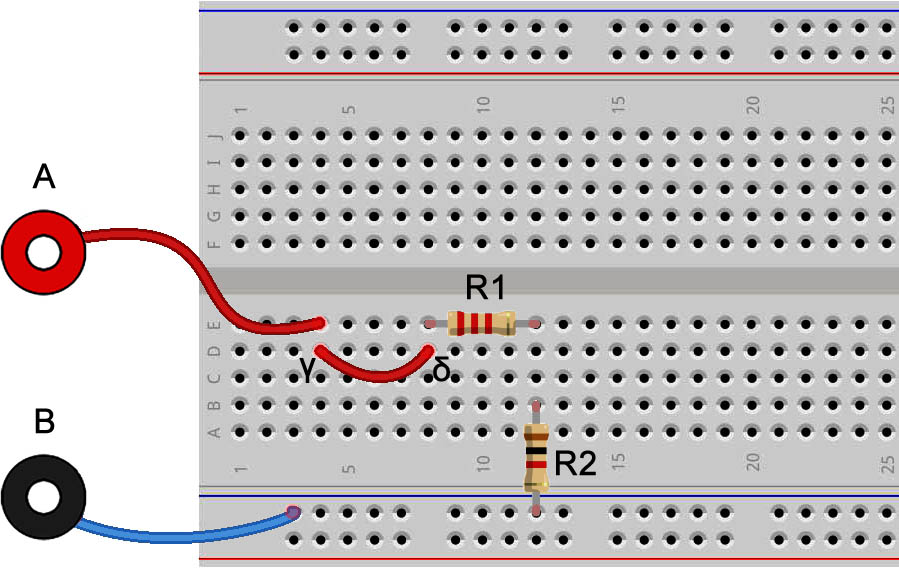
Μέσα στις τρύπες του ράστερ σπρώχνουμε τους ακροδέκτες των εξαρτημάτων που θέλουμε να συνδέσουμε, ή τα άκρα ηλεκτρικών συρμάτων, τα οποία χρησιμοποιούμε για να συνδέσουμε μεταξύ τους απομακρυσμένα εξαρτήματα.

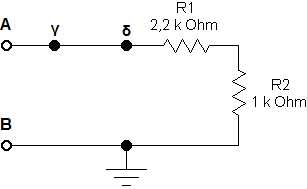
Τις τρύπες στις δυο επάνω και στις δυο κάτω σειρές τις χρησιμοποιούμε συνήθως για να συνδέσουμε τις τάσεις τροφοδοσίας που είναι κοινές στο κύκλωμα.

Για να είναι αποδοτική και χωρίς προβλήματα η κατασκευή ενός κυκλώματος πάνω στο ράστερ, πρέπει να έχουμε υπόψη μας τα εξής :

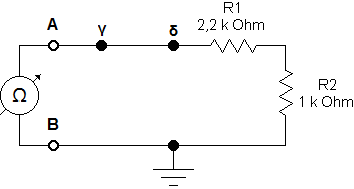
* Ποτέ δεν ασκούμε υπερβολική δύναμη για να εισάγουμε ακροδέκτες στις τρύπες.
* Ποτέ δεν στραβώνουμε ακροδέκτες εξαρτημάτων με κοντούς ή/και λεπτούς ακροδέκτες, γιατί κινδυνεύουν να σπάσουν.
* Προσπαθούμε να διατηρούμε ευθύγραμμους τους ακροδέκτες των εξαρτημάτων.
* Αποφεύγουμε να διασταυρώνουμε εξαρτήματα με ακροδέκτες μεγάλου μεγέθους, για να μη συμβούν βραχυκυκλώματα.
* Χρησιμοποιούμε όσο το δυνατό λιγότερα καλώδια για τις συνδέσεις, φροντίζοντας όμως να μη παραβιάζουμε τους προηγούμενους κανόνες.
* Τέλος ποτέ δεν τροφοδοτούμε με τάση το κύκλωμα αν δεν ελεγχθεί προηγουμένως από κάποιον καθηγητή.

**Εργασίες:**

1. Συναρμολόγησε πάνω στο ράστερ το κύκλωμα του παρακάτω σχήματος σύμφωνα με το διπλανό υπόδειγμα. Τα **Α** και **Β** είναι οι **μπόρνες** που υπάρχουν στη βάση του ράστερ. Πρόσεξε πώς οι εσωτερικές επαφές του ράστερ ενώνουν μεταξύ τους τις αντιστάσεις και τα καλώδια.



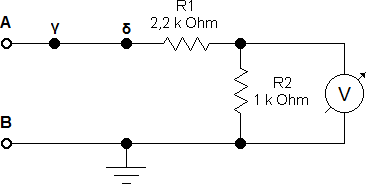
1. Ζήτησε από τον καθηγητή σου να ελέγξει το κύκλωμα.
2. Ρύθμισε πολύμετρο ως **ωμόμετρο** στην κλίμακα των **20 kΩ** και σύνδεσέ το στις μπόρνες **Α** και **Β**.



1. Σημείωσε παρακάτω την ένδειξη του οργάνου (**και τις μονάδες μέτρησης**):

|  |  |
| --- | --- |
| Ένδειξη του πολύμετρου: |  |

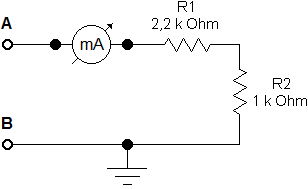
1. Συμφωνεί η ένδειξη με τον θεωρητική τιμή *Rολ = R*1 *+ R*2 ;
2. Βγάλε το πολύμετρο, σύνδεσε τις μπόρνες **Α** και **Β** στην πηγή τάσης **12 Vdc** του πάγκου (**το Α στο θετικό ακροδέκτη**) και τροφοδότησε με τάση το κύκλωμα.
3. Ρύθμισε το πολύμετρο ως **βολτόμετρο** συνεχούς τάσης στην κλίμακα των **20 V** και σύνδεσέ το στα άκρα της R2.



1. Σημείωσε παρακάτω την ένδειξη του οργάνου (**και τις μονάδες μέτρησης**):

|  |  |
| --- | --- |
| Ένδειξη του πολύμετρου: |  |

1. Εφόσον **V1 = 12V** συμφωνεί η ένδειξη με τη θεωρητική τιμή ;
2. Βγάλε από τη θέση του το καλωδιάκι που ενώνει τα σημεία **γ** και **δ** για να διακόψεις το κύκλωμα.
3. Ρύθμισε το πολύμετρο ως **μιλλιαμπερόμετρο** συνεχούς ρεύματος στην κλίμακα των **20 mA** και σύνδεσέ το ανάμεσα στα σημεία **γ** και **δ** (**ο θετικός ακροδέκτης στο γ**).



1. Σημείωσε παρακάτω την ένδειξη του οργάνου (**και τις μονάδες μέτρησης**):

|  |  |
| --- | --- |
| Ένδειξη του πολύμετρου: |  |

1. Εφόσον **V1 = 12V** συμφωνεί η ένδειξη με τη θεωρητική τιμή ;

**1η ΑΣΚΗΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ – τάξη Β’ (κοινή για όλους τους Τομείς)**

**Γνωριμία με τον προσομοιωτή ηλεκτρονικών κυκλωμάτων Electronics Workbench**

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης θα είσαι σε θέση:

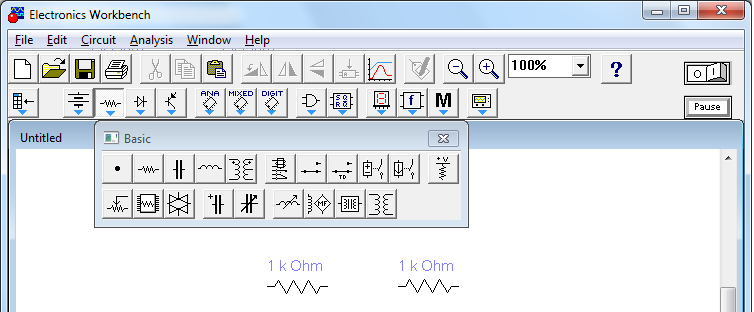
* Να γνωρίζεις τους βασικούς χειρισμούς του EWB.
* Να σχεδιάζεις με το EWB απλά κυκλώματα και να κάνεις βασικές μετρήσεις τάσης, έντασης και αντίστασης

**Εισαγωγή:**

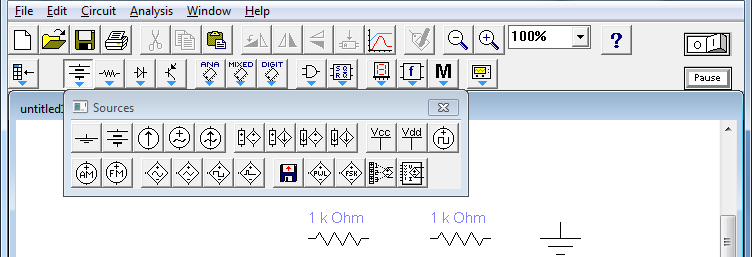
Το EWB είναι ένα πρόγραμμα εξομοίωσης ηλεκτρονικού εργαστηρίου σχεδιασμένο πριν από πολλά χρόνια για τις ανάγκες της διδασκαλίας ηλεκτρονικών στη δευτεροβάθμια τεχνική επαγγελματική εκπαίδευση. Το βασικό πλεονέκτημά του απέναντι σε άλλα νεότερα και πιο ισχυρά προγράμματα εξομοίωσης, είναι το περιβάλλον λειτουργίας του, που θυμίζει πάρα πολύ ένα πραγματικό εργαστήριο ηλεκτρονικών.

**Εργασίες:**

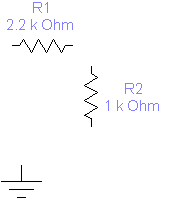
1. Άνοιξε το EWB διπλοπατώντας πάνω στο σχετικό εικονίδιο.
2. Άνοιξε τη βασική εργαλειοθήκη του EWB (**Basic**), πάτα πάνω στο σύμβολο της αντίστασης και σύρε δύο φορές από μια αντίσταση στην επιφάνεια εργασίας.



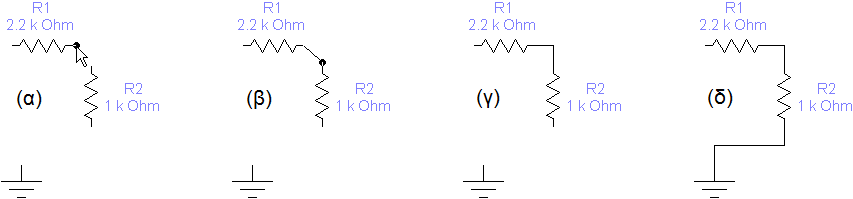
1. Άνοιξε την εργαλειοθήκη των πηγών (**Sources**) και σύρε το σύμβολο της γείωσης πάνω στην επιφάνεια εργασίας.



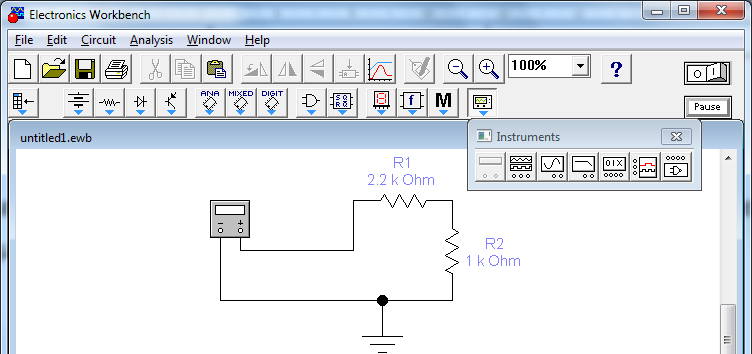
1. Κάνε δεξί κλικ στην επιφάνεια εργασίας, πάτα πάνω στο **Schematic Options…** και τσεκάρισε την επιλογή **Show reference ID**. Θα φανούν τα ονόματα R1 και R2 πάνω από τα εξαρτήματα.
2. Κάνε διπλό κλικ πάνω στην **R1** και άλλαξε την τιμή της σε **2.2 kΩ**.
3. Κάνε δεξί κλικ πάνω στην **R2** και επίλεξε **Rotate**. Η R2 θα πάρει κάθετη θέση.
4. Πάτα διαδοχικά πάνω σε κάθε εξάρτημα και σύρε το σε μια θέση παρόμοια μ’ αυτή του παρακάτω σχήματος.



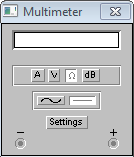
1. Φέρε το δρομέα του ποντικιού στο δεξί άκρο της R1. Θα εμφανιστεί εκεί μια κουκίδα **(α)**. Πάτα το αριστερό πλήκτρο και σύρε τη γραμμή μέχρι το πάνω άκρο της R2, ώσπου να εμφανιστεί εκεί μια κουκίδα **(β)**. Άφησε το πλήκτρο για να ολοκληρωθεί η σύνδεση **(γ)**. Με τον ίδιο τρόπο σύνδεσε και το κάτω άκρο της R2 με τη γείωση **(δ)**.



1. Πάτα πάνω στην εργαλειοθήκη των οργάνων μέτρησης (**Instruments**) και σύρε ένα πολύμετρο (το πρώτο όργανο από αριστερά) στην επιφάνεια εργασίας. Σύνδεσέ το όπως παραπάνω με τις R1 και R2, για να προκύψει το παρακάτω κύκλωμα:



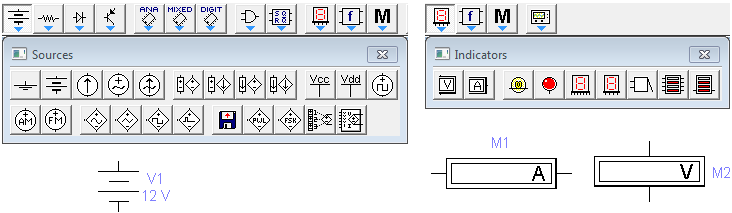
1. Κάνε διπλό κλικ πάνω στο πολύμετρο για να το μεγεθύνεις και πάτα την επιλογή **Ω** για να λειτουργήσει ως Ωμόμετρο.



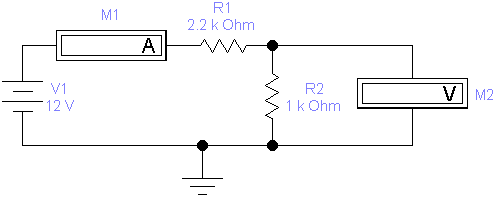
1. Πάτα το διακόπτη on-off στο πάνω δεξιό άκρο του παράθυρου του EWB για να ξεκινήσει η εξομοίωση και σημείωσε την ένδειξη που βλέπεις στο πολύμετρο.

|  |  |
| --- | --- |
| Ένδειξη πολύμετρου: |  |

1. Συμφωνεί η ένδειξη με τον θεωρητική τιμή *Rολ = R*1 *+ R*2 ;
2. Πάτα πάνω στο εικονίδιο του πολυμέτρου για να το επιλέξεις (θα γίνει κόκκινο). Μετά πάτα **Delete** στο πληκτρολόγιο (και ύστερα **Ναι**) για να το διαγράψεις.
3. Από την εργαλειοθήκη των πηγών σύρε στην επιφάνεια εργασίας το σύμβολο μιας μπαταρίας. Από την εργαλειοθήκη των ενδεικτικών οργάνων (**Indicators**) σύρε ένα βολτόμετρο και ένα αμπερόμετρο.



1. Σύνδεσε τα εξαρτήματα μεταξύ τους όπως στην εργασία 8, έτσι ώστε να προκύψει το κύκλωμα του παρακάτω σχήματος. Πρόσεξε η θέση της παχιάς γραμμής (που δείχνει το αρνητικό άκρο) στο πλευρό του κάθε οργάνου να είναι όπως στο σχήμα.



1. Πάτα και πάλι το διακόπτη του EWB για να ξεκινήσει η εξομοίωση και σημείωσε παρακάτω τις ενδείξεις των οργάνων:

|  |  |
| --- | --- |
| Ένδειξη αμπερόμετρου M1: |  |

|  |  |
| --- | --- |
| Ένδειξη βολτόμετρου M2: |  |

1. Συμφωνεί η ένδειξη του M1 με τη θεωρητική τιμή ;
2. Συμφωνεί η ένδειξη του M2 με τη θεωρητική τιμή ;

**2η ΑΣΚΗΣΗ – τάξη Β’ (Τομέας Ηλεκτρολογίας – Ηλεκτρονικής)**

**Αναλογικά ηλεκτρονικά – Απλή και πλήρης ανόρθωση με διόδους**

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης θα είσαι σε θέση:

* Να γνωρίζεις πώς να μετατρέπεις μια εναλλασσόμενη τάση σε συνεχή.
* Να κατανοείς τις διαφορές μεταξύ ημιανόρθωσης και πλήρους ανόρθωσης.

**Εισαγωγή:**

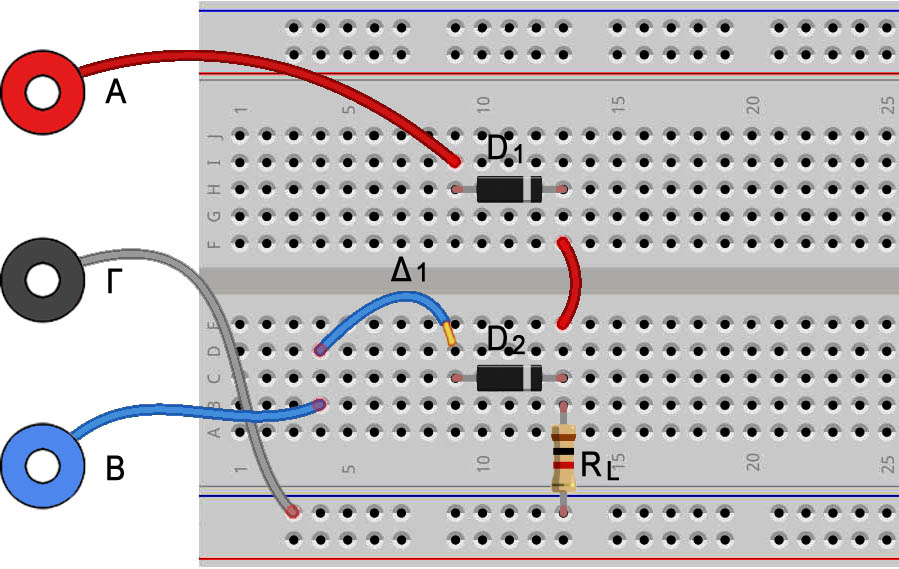
Με μια δίοδο μπορούμε να μετατρέψουμε την εναλλασσόμενη τάση σε συνεχή. Η δίοδος στο παρακάτω σχήμα αποκόπτει τις αρνητικές ημιπεριόδους της τάσης και επιτρέπει να περνούν στο φορτίο μόνο οι θετικές. Η τάση που προκύπτει κατ’ αυτό τον τρόπο ονομάζεται **ημιανορθωμένη**.

ημιανορθωμένη τάση

Με την ημιανόρθωση εκμεταλλευόμαστε το 50% της ενέργειας του ρεύματος. Για το 100% θέλουμε **πλήρη ανόρθωση**. Απαιτούνται δυο ίσες και αντίθετες εναλλασσόμενες τάσεις και δυο δίοδοι όπως στο παρακάτω σχήμα. Τις δυο τάσεις τις παίρνουμε από μετασχηματιστή με μεσαία λήψη.

πλήρως ανορθωμένη τάση

**Εργασίες:**

1. Κατασκεύασε στο ράστερ το κύκλωμα του παρακάτω σχήματος σύμφωνα με το διπλανό υπόδειγμα.

D1

1N4004

D2

Δ1

1N4004

RL

1kΩ

7,5 – 0 – 7,5

Vac

Α

Β

Γ

1. Σύνδεσε τις μπόρνες **Α**, **Β**, **Γ** του κυκλώματος με τις αντίστοιχες εξόδους του τροφοδοτικού **2x7,5 Vac** και ζήτησε από τον καθηγητή σου να το ελέγξει.
2. Σύνδεσε δυο probe στις εισόδους των καναλιών Α και Β του παλμογράφου. Ρύθμισε την ευαισθησία (Volts/Div) και των δυο καναλιών στο **5V** και την σάρωση (Time/Div) στο **5mS**.
3. Σύνδεσε το κανάλι **Α** στην τάση εισόδου (σημείο **Α**) και το κανάλι **Β** στην τάση εξόδου (στα άκρα της **RL** – η γείωση του probe στο κάτω άκρο της RL).
4. Μετακίνησε πάνω – κάτω τις οριζόντιες γραμμές σάρωσης έτσι, ώστε να διαχωρίζονται κατά **2 div** (κουτάκια).
5. Τροφοδότησε με τάση το κύκλωμα και σχεδίασε τις κυματομορφές των τάσεων εισόδου και εξόδου στον παρακάτω χώρο. Ποιό είδος ανόρθωσης βλέπεις;

Σημείωσε εδώ μέσα:

**VOLTS/DIV =**

Σημείωσε εδώ μέσα:

**TIME/DIV =**

1. Υπολόγισε την τάση εισόδου από-κορυφή-σε-κορυφή: Vpp= *div x VOLTS/DIV*  =
2. Υπολόγισε την τάση εξόδου (βάση-κορυφή): Vmax= *div x VOLTS/DIV*  =
3. Μέτρα με το πολύμετρο τη μέση (DC) τιμή τάσης **Vμ** στα άκρα της RL: Vμ =
4. Υπολόγισε τη μέση τιμή τάσης με τον τύπο *Vμ = Vmax/π*. Είναι ίδια με την μετρημένη;
5. Κλείσε το διακόπτη **Δ1** (κάρφωσε το συρματάκι σε επαφή με την D2) και επανάλαβε την εργασία **6**. Ποιο είδος ανόρθωσης βλέπεις τώρα;

Σημείωσε εδώ μέσα:

**VOLTS/DIV =**

Σημείωσε εδώ μέσα:

**TIME/DIV =**

1. Υπολόγισε την τάση εισόδου από-κορυφή-σε-κορυφή: Vpp= *div x VOLTS/DIV*  =
2. Υπολόγισε την τάση εξόδου (βάση-κορυφή): Vmax= *div x VOLTS/DIV*  =
3. Μέτρα με το πολύμετρο τη μέση (DC) τιμή τάσης **Vμ** στα άκρα της RL: Vμ =
4. Υπολόγισε τη μέση τιμή με τον τύπο *Vμ = 2Vmax/π*. Είναι ίδια με την μετρημένη;
5. Πώς νομίζεις ότι πλεονεκτεί η δεύτερη ανόρθωση σχετικά με τη μέση τιμή τάσης;

**2η ΑΣΚΗΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ – τάξη Β’**

**Αναλογικά ηλεκτρονικά – Απλή και πλήρης ανόρθωση με διόδους**

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης θα είσαι σε θέση:

* Να προσομοιώνεις με το EWB τα βασικά κυκλώματα ανόρθωσης.
* Να κατανοείς τις διαφορές μεταξύ ημιανόρθωσης και πλήρους ανόρθωσης.

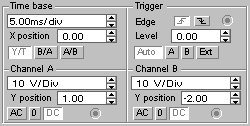
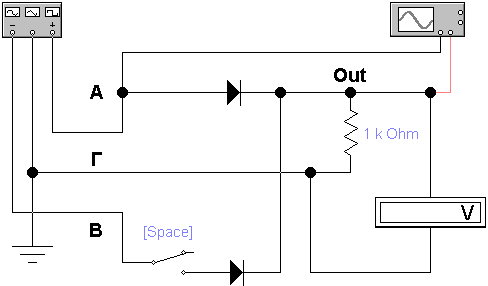
**Εισαγωγή:**

Ο προσομοιωτής EWB διαθέτει πληθώρα από μοντέλα διόδων ανόρθωσης, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην προσομοίωση των σχετικών κυκλωμάτων. Εντούτοις, αν δεν ενδιαφερόμαστε για την εξέταση συγκεκριμένων ειδικών χαρακτηριστικών των ανορθωτών, μπορούμε, χάριν απλότητας, να χρησιμοποιήσουμε ένα μοντέλο ιδανικής διόδου, που εξ ορισμού προτείνει το πρόγραμμα.

Για την εξομοίωση της διπλής (πλήρους) ανόρθωσης που απαιτεί δυο ίσες και αντίθετες τάσεις εισόδου, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τη σχετική δυνατότητα, την οποία παρέχει στις εξόδους της η εικονική γεννήτρια συναρτήσεων του EWB.

**Εργασίες:**

1. Μπες στο περιβάλλον του EWB. Χρησιμοποίησε τη βασική εργαλειοθήκη και τις εργαλειοθήκες των πηγών, των διόδων των ενδεικτικών και των οργάνων μέτρησης για να σχεδιάσεις το κύκλωμα του παρακάτω σχήματος.



1. Διπλοπάτησε πάνω στο εικονίδιο του παλμογράφου για να το ανοίξεις και κάνε τις ρυθμίσεις που βλέπεις στο παραπάνω σχήμα.
2. Διπλοπάτησε πάνω στη γραμμή που συνδέει το βολτόμετρο με το κανάλι **Β** του παλμο­γράφου και κάνε τη κόκκινη. Διπλοπάτησε πάνω στη γεννήτρια και ρύθμισε τη συχνότητά της στα **50Hz**. Πάτα το κουμπί **Expand** του παλμογράφου για να τον μεγεθύνεις.
3. Πάτα το γενικό διακόπτη του EWB για να ξεκινήσει η προσομοίωση και μόλις εμφανιστεί ένδειξη στο βολτόμετρο, πάτα **Pause**.



1. Μετακίνησε τη ράβδο κύλισης του παλμογράφου έτσι ώστε να φανούν οι κυματομορφές στην οθόνη του και σχεδίασέ τις στο διπλανό χώρο.

Ποιο είδος ανόρθωσης βλέπεις;

1. Υπολόγισε την τάση εισόδου από-κορυφή-σε-κορυφή: Vpp= *div x VOLTS/DIV*  =
2. Υπολόγισε την τάση εξόδου (βάση-κορυφή): Vmax= *div x VOLTS/DIV*  =
3. Μέτρα με το βολτόμετρο DC τη μέση τιμή τάσης **Vμ** στα άκρα της RL: Vμ =
4. Υπολόγισε τη μέση τιμή τάσης με τον τύπο *Vμ = Vmax/π*. Είναι ίδια με την μετρημένη;
5. Ξαναγύρνα το γενικό διακόπτη του EWB στο **0**. Πάτα το **Space** για να λείσει ο διακόπτης και επανάλαβε τις εργασίες **4** και **5**.



Ποιο είδος ανόρθωσης βλέπεις τώρα;

1. Υπολόγισε την τάση εισόδου από-κορυφή-σε-κορυφή: Vpp= *div x VOLTS/DIV*  =
2. Υπολόγισε την τάση εξόδου (βάση-κορυφή): Vmax= div x VOLTS/DIV =
3. Μέτρα με το βολτόμετρο DC τη μέση τιμή τάσης **Vμ** στα άκρα της RL: Vμ =
4. Υπολόγισε τη μέση τιμή τάσης με τον τύπο *Vμ = 2Vmax/π*. Είναι ίδια με την μετρημένη;
5. Σε τι νομίζεις ότι πλεονεκτεί το δεύτερο είδος ανόρθωσης ως προς το πρώτο σε ότι έχει σχέση με τη μέση τιμή τάσηςVμ ;

**3η ΑΣΚΗΣΗ – Τάξη Β’ (Τομέας Ηλεκτρολογίας – Ηλεκτρονικής)**

**Αναλογικά ηλεκτρονικά – Ανόρθωση με γέφυρα**

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης θα είσαι σε θέση:

* Να κατασκευάζεις και να χρησιμοποιείς έναν ανορθωτή με γέφυρα διόδων.
* Να κατανοείς την εξομάλυνση μιας ανορθωμένης τάσης με τη βοήθεια πυκνωτών.

**Εισαγωγή:**

Η πλήρης ανόρθωση είναι ο πλεονεκτικότερος τύπος ανόρθωσης όσον αφορά τη συνεχή συνιστώσα της τάσης εξόδου. Όταν όμως γίνεται με δυο διόδους, έχει το μειονέκτημα ότι απαιτεί μετασχηματιστή με δυο τυλίγματα στο δευτερεύον, ο οποίος για το λόγο αυτό κοστίζει πολύ. Ο ανορθωτής γέφυρας διόδων αποτελείται από τέσσερις διόδους και το πρόσθετο κόστος του είναι μηδαμινό σε σύγκριση με την οικονομία που επιτυγχάνεται από τη χρήση μετασχηματιστή με ένα δευτερεύον. Και σ’ αυτόν μπορούμε να αυξήσουμε τη συνεχή συνιστώσα (μέση τιμή) της τάσης εξόδου και να μειώσουμε την εναλλασσόμενη συνιστώσα συνδέοντας παράλληλα με την αντίσταση φορτίου έναν πυκνωτή μεγάλης χωρητικότητας.

**Εργασίες:**

1. Κατασκεύασε στο ράστερ το κύκλωμα του παρακάτω σχήματος σύμφωνα με το διπλανό υπόδειγμα και αφού το ελέγξει ο καθηγητής σου, σύνδεσε την τάση 7,5 Vac.

R

1 kΩ

D

7,5 Vac

C

10 μF

**~**

**~**

S

1. Μέτρα με το πολύμετρο τη συνεχή τάση στα άκρα της **R**. Σύνδεσε παλμογράφο στα άκρα της **R**, σχεδίασε την κυματομορφή παρακάτω και μέτρα την τάση της από κορυφή σε κορυφή:

VOLTS/DIV =

TIME/DIV =

Πολύμετρο:

Vdc =

Vpp =

1. Κλείσε το διακόπτη **S** (κάρφωσε το συρματάκι στη γραμμή –V), για να συνδεθεί ο πυκνωτής και επανάλαβε την εργασία **2**.

VOLTS/DIV =

TIME/DIV =

Πολύμετρο:

Vdc =

Vpp =

1. Άλλαξε τον πυκνωτή **C** έναν άλλον χωρητικότητας **47 μF** και επανάλαβε την εργασία **3**.

VOLTS/DIV =

TIME/DIV =

Πολύμετρο:

Vdc =

Vpp =

1. Άλλαξε την αντίσταση **R** με μια άλλη τιμής **2,2 kΩ** και επανάλαβε την εργασία **3**.

VOLTS/DIV =

TIME/DIV =

Πολύμετρο:

Vdc =

Vpp =

1. Τι παθαίνει η Vdc όταν αυξάνεται η τιμή του πυκνωτή ή της αντίστασης;
2. Τι παθαίνει η Vpp όταν αυξάνεται η τιμή του πυκνωτή ή της αντίστασης;

**3η ΑΣΚΗΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ – Τάξη Β’**

**Αναλογικά ηλεκτρονικά – Ανόρθωση με γέφυρα**

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης θα είσαι σε θέση:

* Να σχεδιάζεις και να προσομοιώνεις τη λειτουργία ενός ανορθωτή με γέφυρα διόδων.
* Να κατανοείς την εξομάλυνση μιας ανορθωμένης τάσης με τη βοήθεια πυκνωτών.

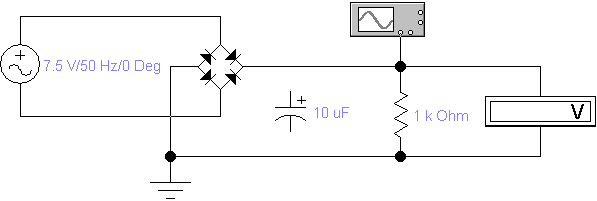
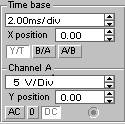
**Εισαγωγή:**

Ο ανορθωτής με γέφυρα διόδων είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος ανορθωτή στα σύγχρο­να ηλεκτρονικά, γιατί έχει μικρό κόστος κατασκευής και καλές επιδόσεις λειτουργίας. Η τάση ε­ξόδου του έχει μια συνεχή και μια εναλλασσόμενη συνιστώσα. Συνδέοντας παράλληλα με την αντίσταση φορτίου του ανορθωτή έναν πυκνωτή μεγάλης χωρητικότητας καταφέρνουμε να αυ­ξάνουμε τη συνεχή συνιστώσα και ταυτόχρονα μειώνουμε την εναλλασσόμενη.

**Εργασίες:**

1. Μπες στο περιβάλλον του EWB, πάρε σύμβολα από τις εργαλειοθήκες των πηγών (**Sources**), τη βασική (**Basic**), των διόδων (**Diodes**), των ενδεικτικών (**Indicators**) και των οργάνων (**In­struments**) και σχεδίασε το κύκλωμα του παρακάτω σχήματος .





1. Εφάρμοσε τις τιμές των εξαρτημάτων και τις ρυθμίσεις του παλμογράφου που βλέπεις στο σχήμα, πάτα **Expand** στον παλμογράφο για να τον μεγεθύνεις και άνοιξε το γενικό διακόπτη του EWB για να ξεκινήσει η προσομοίωση. Μόλις δεις ένδειξη στο βολτόμετρο, πάτα **Pause**.

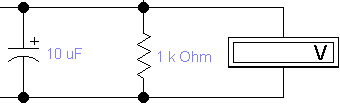


1. Σχεδίασε παρακάτω την κυματομορφή που βλέπεις στην οθόνη του παλμογράφου και γράψε την ένδειξη Vdc του βολτομέτρου, καθώς και την τάση από κορυφή σε κορυφή Vpp της κυματομορφής.

Vdc =

Vpp =

1. Σύνδεσε τον πυκνωτή παράλληλα με την αντίσταση φορτίου και επανάλαβε την εργασία **2**.



1. Σχεδίασε παρακάτω την κυματομορφή και γράψε την ένδειξη Vdc του βολτομέτρου, καθώς και την τάση από κορυφή σε κορυφή Vpp της κυματομορφής.

Vdc =

Vpp =

1. Άλλαξε τη χωρητικότητα του πυκνωτή **C** σε **47 μF** και επανάλαβε τις εργασίες **2** και **3**.

Vdc =

Vpp =

1. Άλλαξε την τιμή της αντίστασης **R** σε **2,2 kΩ** και επανάλαβε τις εργασίες **2** και **3**.

Vdc =

Vpp =

1. Τι παθαίνει η Vdc όταν αυξάνεται η τιμή του πυκνωτή ή της αντίστασης;
2. Τι παθαίνει η Vpp όταν αυξάνεται η τιμή του πυκνωτή ή της αντίστασης;

**4η ΑΣΚΗΣΗ – τάξη Β’ (Τομέας Ηλεκτρολογίας – Ηλεκτρονικής)**

**Ψηφιακά ηλεκτρονικά – Πύλες AND, OR, NOT**

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης θα είσαι σε θέση:

* Να ελέγξεις τη σωστή λειτουργία των λογικών πυλών βάσει των πινάκων αλήθειας.
* Να επαληθεύσεις τα θεωρήματα και αξιώματα της άλγεβρας Boole.

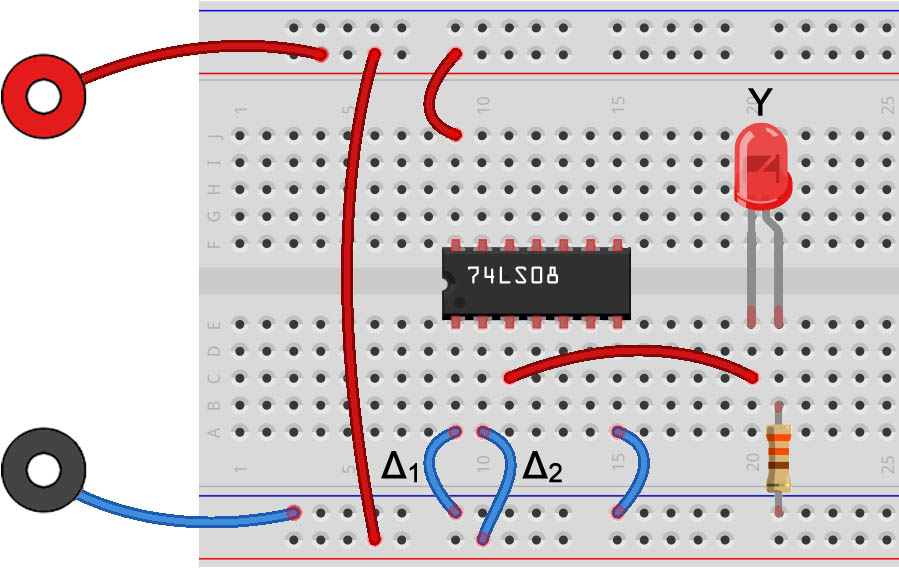
**Εισαγωγή:**

Τα ολοκληρωμένα κυκλώματα που περιέχουν λογικές πύλες ανήκουν σε διάφορες κατασκευαστικές σειρές, κάθε μια με ιδιαίτερο γενικό όνομα, τεχνολογία κατασκευής, χαρακτηριστικά λειτουργίας και επιδόσεις. Η πιο συνηθισμένη είναι η σειρά 74LSxx, όπου xx διψήφιος αριθμός. Η σειρά 74LSxx ανήκει στην τεχνολογία TTL, τροφοδοτείται με τάση Vcc = 5V ± 0,5V και οι λογικές στάθμες για τις εισόδους της είναι 0 έως 0,8V για το λογικό 0 και 2V έως Vcc για το λογικό 1. Συνήθως υπάρχουν περισσότερες από μία λογικές πύλες σε κάθε ολοκληρωμένο.

.



**Εργασίες:**

1. Κατασκεύασε στο ράστερ τη συνδεσμολογία του παρακάτω σχήματος σύμφωνα με το διπλανό υπόδειγμα. (Στη θέση των Δ1 και Δ2 χρησιμοποιούνται συρματάκια συνδεδεμένα με τα +5V ή τα 0V. Στο υπόδειγμα είναι Δ1=0 και Δ2=1).

330Ω

LED

+5V

Δ1

Δ2

Α

Β

Υ

**V**

1. Σύνδεσε βολτόμετρο στην έξοδο **Υ** της πύλης και δώσε στις εισόδους **Α** και **Β** όλους τους δυνατούς συνδυασμούς λογικών καταστάσεων με τη βοήθεια των διακοπτών **Δ1** και **Δ2**.
2. Συμπλήρωσε τον παρακάτω πίνακα με τις λογικές καταστάσεις της εξόδου **Υ** (LED αναμμένο: Υ = “1”, LED σβηστό: Υ = “0”) και τις τάσεις **VΥ** που αντιστοιχούν σ’ αυτές τις λογικές καταστάσεις.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| α/α | Τύπος πύλης: **AND** | | | |
| Α | Β | Υ | VΥ |
| 1 | 0 | 0 |  |  |
| 2 | 0 | 1 |  |  |
| 3 | 1 | 0 |  |  |
| 4 | 1 | 1 |  |  |

1. Ποιες γραμμές του πίνακα επαληθεύουν το θεώρημα της άλγεβρας Boole **A . A = A**;
2. Ποιες γραμμές του πίνακα επαληθεύουν το θεώρημα της άλγεβρας Boole **A . 0 = 0**;
3. **Βγάλε εντελώς** το συρματάκι **Δ1** και δώσε με το **Δ2** τις καταστάσεις “0” και “1” στην είσοδο **Β**. Παρατήρησε το LED και τις στήλες Υ του παραπάνω πίνακα.

Ποια λογική κατάσταση (**0** ή **1**) παίρνει η είσοδος **Α** όταν είναι ασύνδετη;

1. Αντικατάστησε το ολοκληρωμένο **74LS08** με ένα **74LS32** και επανάλαβε τις εργασίες **2** και **3**. Σημείωσε στον πίνακα και τον τύπο της πύλης.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| α/α | Τύπος πύλης: | | | |
| Α | Β | Υ | VΥ |
| 1 | 0 | 0 |  |  |
| 2 | 0 | 1 |  |  |
| 3 | 1 | 0 |  |  |
| 4 | 1 | 1 |  |  |

1. Ποιες γραμμές του πίνακα επαληθεύουν το θεώρημα της άλγεβρας Boole **A + A = A**;
2. Ποιες γραμμές του πίνακα επαληθεύουν το θεώρημα της άλγεβρας Boole **Α + 1 = 1**;
3. Αντικατάστησε το ολοκληρωμένο **74LS32** με ένα **74LS04** και επανάλαβε τις εργασίες **2** και **3**. Σημείωσε στον πίνακα και τον τύπο της πύλης.

**Προσοχή!** Τώρα δεν χρειάζεται το συρματάκι Δ2 και η έξοδος της πύλης είναι στην ακίδα #2.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| α/α | Τύπος πύλης: | | |
| Α | Υ | VΥ |
| 1 | 0 |  |  |
| 2 | 1 |  |  |

1. Σύνδεσε την έξοδο της πύλης 1 στην είσοδο της πύλης 2 για να κατασκευάσεις μια συνδυασμένη πύλη όπως στο παρακάτω σχήμα.
2. Με το διακόπτη **Δ1** δώσε στην είσοδο **Α** τις δυο λογικές καταστάσεις και συμπλήρωσε τον παρακάτω πίνακα.

330Ω

LED

+5V

Δ1

Α

Υ

1

2

3

4

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| α/α | Τύπος πύλης: | |
| Α | Υ |
| 1 | 0 |  |
| 2 | 1 |  |

1. Επαληθεύεται το θεώρημα της άλγεβρας Boole **(Α’)’ = Α**;

**4η ΑΣΚΗΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ – τάξη Β’**

**Ψηφιακά ηλεκτρονικά – Πύλες AND, OR, NOT**

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης θα είσαι σε θέση:

* Να ελέγξεις τη σωστή λειτουργία των λογικών πυλών βάσει των πινάκων αλήθειας.
* Να επαληθεύσεις τα θεωρήματα και αξιώματα της άλγεβρας Boole.

**Εισαγωγή:**

Ο προσομοιωτής EWB διαθέτει μια εργαλειοθήκη λογικών πυλών (**Logic Gates**), από την οποία μπορούμε να πάρουμε και να χρησιμοποιήσουμε πύλες που δεν σχετίζονται με συγκεκριμένα ολοκληρωμένα κυκλώματα που περιέχουν πύλες. Διαθέτει επίσης και μια εργαλειοθήκη ενδεικτικών συσκευών (**Indicators**), στην οποία μπορούμε να βρούμε ενδεικτικές διατάξεις που δεν απαιτούν συγκεκριμένες συνθήκες τάσης και έντασης ρεύματος για να λειτουργήσουν. Με τη βοήθεια όλων αυτών μπορούμε να εξομοιώσουμε ψηφιακά κυκλώματα, χωρίς να φροντίζουμε για τις ηλεκτρικές απαιτήσεις της λειτουργίας τους, εστιάζοντας μόνο στις λογικές λειτουργίες.

**Εργασίες:**

1. Άνοιξε το EWB διπλοπατώντας πάνω στο σχετικό εικονίδιο.
2. Από την εργαλειοθήκη των πηγών (**Sources**) σύρε στην επιφάνεια εργασίας ένα σύμβολο γείωσης (Ground) και ένα σύμβολο πηγής τάσης (+Vcc).

1. Από τη βασική εργαλειοθήκη (**Basic**) σύρε δυο σύμβολα διακόπτη.

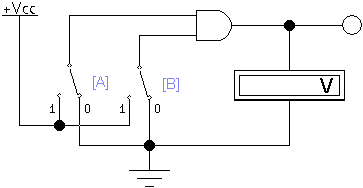
1. Από την εργαλειοθήκη των λογικών πυλών (**Logic Gates**) σύρε μια πύλη AND.

1. Από την εργαλειοθήκη των ενδεικτικών (**Indicators**) σύρε ένα LED και ένα βολτόμετρο.

1. Κάνε διπλό κλικ πάνω στον πρώτο διακόπτη και στο παράθυρο **Switch Properties** στην καρτέλα **Value** γράψε στην ιδιότητα **Key:** το γράμμα **a**. Κάνε διπλό κλικ πάνω στο δεύτερο διακόπτη και γράψε στην ιδιότητα **Key:** το γράμμα **b**.
2. Μετακίνησε, περίστρεψε και σύνδεσε τα εξαρτήματα έτσι, ώστε να προκύψει το κύκλωμα του παρακάτω σήματος. Πάτα τα πλήκτρα **a** και **b**, ώστε οι βραχίονες των διακοπτών να πάρουν τις θέσεις που φαίνονται στο σχήμα:



1. Πάτα το γενικό διακόπτη του EWB για να ξεκινήσει η προσομοίωση.



1. Με τα πλήκτρα **a** και **b** δώσε στις εισόδους όλους τους δυνατούς συνδυασμούς λογικών καταστάσεων που φαίνονται στις στήλες **Α** και **Β** του παρακάτω πίνακα.
2. Συμπλήρωσε τον πίνακα με τις λογικές καταστάσεις της εξόδου **Υ** και τις τάσεις **VΥ** που αντιστοιχούν σ’ αυτές τις λογικές καταστάσεις (περίμενε να σταθεροποιηθεί η τάση).

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| α/α | Τύπος πύλης: **AND** | | | |
| Α | Β | Υ | VΥ |
| 1 | 0 | 0 |  |  |
| 2 | 0 | 1 |  |  |
| 3 | 1 | 0 |  |  |
| 4 | 1 | 1 |  |  |

Ποιες γραμμές του πίνακα επαληθεύουν το θεώρημα της άλγεβρας Boole **A . A = A**;

Ποιες γραμμές του πίνακα επαληθεύουν το θεώρημα της άλγεβρας Boole **A . 0 = 0**;

1. Διάγραψε την πύλη **AND**, σύνδεσε στη θέση της μια πύλη **OR**, όπως στο σχήμα και επανάλαβε τις εργασίες **8**, **9** και **10** για να συμπληρώσεις τον παρακάτω πίνακα.



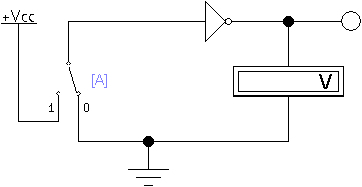
|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| α/α | Τύπος πύλης: **OR** | | | |
| Α | Β | Υ | VΥ |
| 1 | 0 | 0 |  |  |
| 2 | 0 | 1 |  |  |
| 3 | 1 | 0 |  |  |
| 4 | 1 | 1 |  |  |

Ποιες γραμμές του πίνακα επαληθεύουν το θεώρημα της άλγεβρας Boole **A + A = A**;

Ποιες γραμμές του πίνακα επαληθεύουν το θεώρημα της άλγεβρας Boole **Α + 1 = 1**;

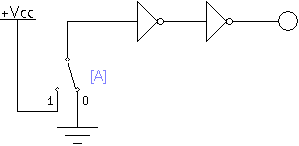


1. Διάγραψε το διακόπτη **Β** και την πύλη **OR**, σύνδεσε στη θέση της μια πύλη **NOT** όπως στο παρακάτω σχήμα και επανάλαβε με το πλήκτρο **a** τις εργασίες **8**, **9** και **10**.



|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| α/α | Τύπος πύλης: **NOT** | | |
| Α | Υ | VΥ |
| 1 | 0 |  |  |
| 2 | 1 |  |  |

1. Σύρε άλλη μια πύλη NOT πάνω στη γραμμή που συνδέει την πύλη με το διακόπτη για να συνδεθεί μαζί της και επανάλαβε με το πλήκτρο **a** τις εργασίες **8**, **9** και **10**.



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| α/α | Τύπος πύλης: | |
| Α | Υ |
| 1 | 0 |  |
| 2 | 1 |  |

Επαληθεύεται το θεώρημα της άλγεβρας Boole **(Α’)’ = Α**;

**5η ΑΣΚΗΣΗ – τάξη Β’ (Τομέας Ηλεκτρολογίας – Ηλεκτρονικής)**

**Ψηφιακά ηλεκτρονικά – Πύλες NAND, NOR, XOR**

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης θα είσαι σε θέση:

* Να ελέγξεις τη σωστή λειτουργία των λογικών πυλών βάσει των πινάκων αλήθειας.
* Να επιλέγεις το κατάλληλο Ο.Κ. και να κάνεις τις απαραίτητες συνδέσεις για τον έλεγχο της λειτουργίας του.

**Εισαγωγή:**

Συνδυάζοντας τις βασικές λογικές πύλες AND και OR με την πράξη NOT, προκύπτουν οι πύλες NAND και NOR. Αυτές περιέχονται σε δικά τους ολοκληρωμένα κυκλώματα, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Μπορούμε μάλιστα να αξιοποιήσουμε τις ιδιότητες της άλγεβρας Boole για να μετατρέψουμε ένα είδος λογικής πύλης, σε ένα άλλο. Έτσι, ενώνοντας μεταξύ τους τις εισόδους μιας πύλης NAND ή μιας πύλης NOR, μπορούμε να πάρουμε μια πύλη NOT.

1

2

3

4

5

6

7

14

13

12

11

10

9

8

**7400**

1

2

3

4

5

6

7

14

13

12

11

10

9

8

**7402**

1

2

3

4

5

6

7

14

13

12

11

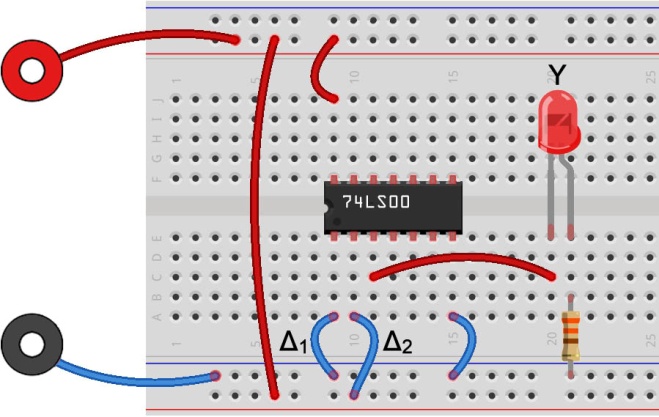
10

9

**7486**

8

**Εργασίες:**

1. Κατασκεύασε στο ράστερ τη συνδεσμολογία του παρακάτω σχήματος σύμφωνα με το διπλανό υπόδειγμα. (Στη θέση των Δ1 και Δ2 χρησιμοποιούνται συρματάκια συνδεδεμένα με τα +5V ή τα 0V. Στο υπόδειγμα είναι **Δ1=0** και **Δ2=1**).

330Ω

LED

+5V

Δ1

Δ2

Α

Β

Υ

**V**

1. Σύνδεσε την τροφοδοσία 5V, σύνδεσε βολτόμετρο στην έξοδο **Υ** και δώσε στις εισόδους **Α** και **Β** όλους τους δυνατούς συνδυασμούς των “**0**” και “**1**” με τη βοήθεια των διακοπτών **Δ1** και **Δ2**.
2. Συμπλήρωσε τον παρακάτω πίνακα με τις λογικές καταστάσεις της εξόδου **Υ** και τις τάσεις **VΥ** που αντιστοιχούν σ’ αυτές τις λογικές καταστάσεις. Σημείωσε και τον τύπο της πύλης.

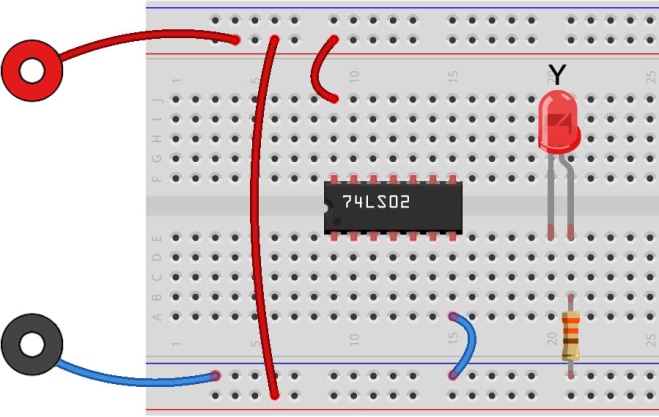
|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| α/α | Τύπος πύλης: | | | |
| Α | Β | Υ | VΥ |
| 1 | 0 | 0 |  |  |
| 2 | 0 | 1 |  |  |
| 3 | 1 | 0 |  |  |
| 4 | 1 | 1 |  |  |

1. Αφαίρεσε το διακόπτη Δ2 από το ράστερ και με ένα συρματάκι σύνδεσε την είσοδο **Α** της πύλης με την είσοδο **Β** (τώρα δεν υπάρχει είσοδος Β, μόνο Α).

Δώσε με το διακόπτη **Δ1** τις καταστάσεις “**0**” και “**1**” στην είσοδο Α και παρατήρησε τη λειτουργία του LED.

Σε ποια πύλη έχει μετατραπεί τώρα η πύλη NAND;

1. Αντικατάστησε το ολοκληρωμένο **74LS00** με ένα **74LS02**, συμπλήρωσε τα συρματάκια που λείπουν και επανάλαβε τις εργασίες **2** και **3**.

**Προσοχή!** Οι πύλες στο Ο.Κ. 74LS02 είναι συνδεδεμένες διαφορετικά απ’ ότι στο 74LS00.

330Ω

LED

+5V

Δ1

Δ2

Α

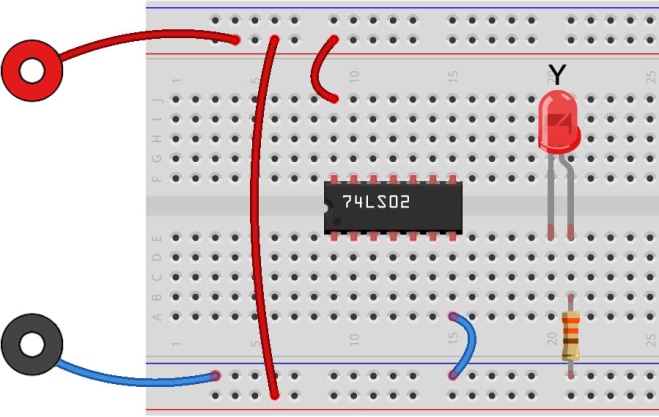
Β

Υ

**V**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| α/α | Τύπος πύλης: | | | |
| Α | Β | Υ | VΥ |
| 1 | 0 | 0 |  |  |
| 2 | 0 | 1 |  |  |
| 3 | 1 | 0 |  |  |
| 4 | 1 | 1 |  |  |

1. Επανάλαβε την εργασία **4**. Σε ποια πύλη έχει μετατραπεί τώρα η πύλη NOR;
2. Αντικατάστησε το ολοκληρωμένο **74LS02** με ένα **74LS86**, συμπλήρωσε τα συρματάκια που λείπουν και επανάλαβε τις εργασίες **2** και **3**.

**Προσοχή!** Οι πύλες στο Ο.Κ. 74LS86 είναι συνδεδεμένες διαφορετικά απ’ ότι στο 74LS02.

330Ω

LED

+5V

Δ1

Δ2

Α

Β

Υ

**V**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| α/α | Τύπος πύλης: | | | |
| Α | Β | Υ | VΥ |
| 1 | 0 | 0 |  |  |
| 2 | 0 | 1 |  |  |
| 3 | 1 | 0 |  |  |
| 4 | 1 | 1 |  |  |

**5η ΑΣΚΗΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ – τάξη Β’**

**Ψηφιακά ηλεκτρονικά – Πύλες NAND, NOR, XOR**

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης θα είσαι σε θέση:

* Να ελέγξεις τη σωστή λειτουργία των λογικών πυλών βάσει των πινάκων αλήθειας.
* Να μετατρέπεις κάποιες πύλες σε άλλες βάσει των θεωρημάτων της άλγεβρας Boole.

**Εισαγωγή:**

Οι λογικές πύλες NAND και NOR είναι συνδυασμοί πυλών AND-NOT και OR-NOT αντίστοιχα. Αυτό μας επιτρέπει να τις χρησιμοποιούμε και ως απλούς αντιστροφείς (πύλες NOT). Η πύλη XOR μπορεί να χρησιμοποιηθεί άλλοτε ως αντιστροφέας (NOT) και άλλοτε ως απομονωτής (Buffer).

**Εργασίες:**

1. Άνοιξε το EWB διπλοπατώντας πάνω στο σχετικό εικονίδιο.
2. Από την εργαλειοθήκη των πηγών (**Sources**) σύρε στην επιφάνεια εργασίας ένα σύμβολο γείωσης (Ground) και ένα σύμβολο πηγής τάσης (+Vcc).

1. Από τη βασική εργαλειοθήκη (**Basic**) σύρε δυο σύμβολα διακόπτη.

1. Από την εργαλειοθήκη των λογικών πυλών (**Logic Gates**) σύρε μια πύλη NAND.

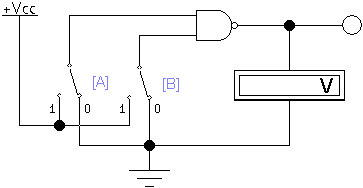
1. Από την εργαλειοθήκη των ενδεικτικών (**Indicators**) σύρε ένα LED και ένα βολτόμετρο.

1. Κάνε διπλό κλικ πάνω στον πρώτο διακόπτη και στο παράθυρο **Switch Properties** στην καρτέλα **Value** γράψε στην ιδιότητα **Key:** το γράμμα **a**. Κάνε διπλό κλικ πάνω στο δεύτερο διακόπτη και γράψε στην ιδιότητα **Key:** το γράμμα **b**.
2. Σχεδίασε το κύκλωμα του παρακάτω σήματος και με τα πλήκτρα **a** και **b** φέρε τους διακόπτες στις θέσεις που φαίνονται στο παρακάτω σχήμα. Μετά πάτα το γενικό διακόπτη του EWB για να ξεκινήσει η προσομοίωση.

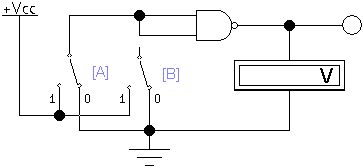


1. Με τα **a** και **b** δώσε στις εισόδους τις λογικές καταστάσεις που φαίνονται στις στήλες **Α** και **Β** του παρακάτω πίνακα και συμπλήρωσε τις στήλες με τις καταστάσεις της εξόδου **Υ** και τις τάσεις **VΥ** που αντιστοιχούν σ’ αυτές (περίμενε να σταθεροποιηθεί η τάση).



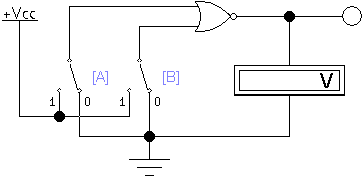
|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| α/α | Τύπος πύλης: **NAND** | | | |
| Α | Β | Υ | VΥ |
| 1 | 0 | 0 |  |  |
| 2 | 0 | 1 |  |  |
| 3 | 1 | 0 |  |  |
| 4 | 1 | 1 |  |  |

1. Κάνε το κύκλωμα όπως παρακάτω. Πάτα το γενικό διακόπτη, δώσε με το πήκτρο **a** τις τιμές “0” και “1” και συμπλήρωσε στο διπλανό πίνακα και τον **τύπο της πύλης**.



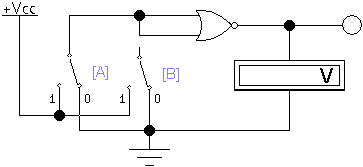
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| α/α | Τύπος πύλης: | | |
| Α | Υ | VΥ |
| 1 | 0 |  |  |
| 2 | 1 |  |  |

1. Διάγραψε την πύλη N**AND**, σύνδεσε στη θέση της μια πύλη N**OR** όπως στο σχήμα και επανάλαβε την εργασία **8** για να συμπληρώσεις τον παρακάτω πίνακα.



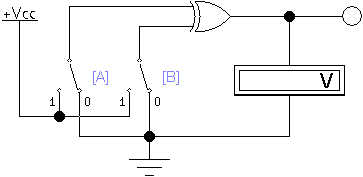
|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| α/α | Τύπος πύλης: **NOR** | | | |
| Α | Β | Υ | VΥ |
| 1 | 0 | 0 |  |  |
| 2 | 0 | 1 |  |  |
| 3 | 1 | 0 |  |  |
| 4 | 1 | 1 |  |  |

1. Τροποποίησε το κύκλωμα όπως παρακάτω και επανάλαβε την εργασία **9**.



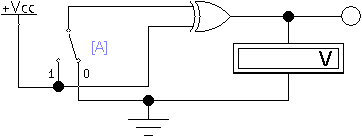
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| α/α | Τύπος πύλης: | | |
| Α | Υ | VΥ |
| 1 | 0 |  |  |
| 2 | 1 |  |  |

1. Διάγραψε την πύλη **NOR**, σύνδεσε στη θέση της μια πύλη **XOR** όπως στο σχήμα και επανάλαβε την εργασία **8** για να συμπληρώσεις τον παρακάτω πίνακα.



|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| α/α | Τύπος πύλης: **XOR** | | | |
| Α | Β | Υ | VΥ |
| 1 | 0 | 0 |  |  |
| 2 | 0 | 1 |  |  |
| 3 | 1 | 0 |  |  |
| 4 | 1 | 1 |  |  |

1. Τροποποίησε το κύκλωμα όπως παρακάτω και επανάλαβε την εργασία **9**. Σημείωσε και τον τύπο πύλης στον οποίο μετατρέπεται η XOR.



|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| α/α | Τύπος πύλης: | | |
| Α | Υ | VΥ |
| 1 | 0 |  |  |
| 2 | 1 |  |  |

**2η ΑΣΚΗΣΗ – τάξη Β’ (Τομέας Μηχανολογίας)**

**Βασική Ηλεκτρολογία – Ο νόμος του Ohm**

**Σκοπός:**  Να μπορείς να συσχετίζεις μεταξύ τους την τάση, την ένταση του ρεύματος και την αντίσταση βάσει του νόμου του Ωμ.

 Να μπορείς να υπολογίζεις το V, το I ή το R, όταν από τα τρία γνωρίζεις τα δύο.

**Εισαγωγή:**

Για να υπερνικηθεί η αντίσταση που προβάλλουν τα υλικά στη διέλευση των ηλεκτρονίων μέσα από τη μάζα τους θα πρέπει να αυξηθεί η δύναμη που τα ωθεί. Η δύναμη αυτή είναι η ηλεκτρική τάση που λειτουργεί σαν "ηλεκτρική πίεση" στα ηλεκτρόνια για να κινηθούν. Όσο αυξάνεται η ηλεκτρική αντίσταση τόσο πρέπει να αυξάνεται ανάλογα η ηλεκτρική τάση για να την υπερνικήσει. Αντίστοιχα, αν αυξηθεί η τάση στα άκρα ενός αγωγού που έχει σταθερή ηλεκτρική αντίσταση θα αυξηθεί ανάλογα το ηλεκτρικό ρεύμα. Είναι προφανές ότι αν διατηρηθεί σταθερή η ηλεκτρική τάση και αυξηθεί η αντίσταση, τότε το ρεύμα θα μειωθεί, γιατί ενώ αυξάνεται το εμπόδιο (η ηλεκτρική αντίσταση) δεν αυξάνεται η πίεση (η ηλεκτρική τάση) που θα τα βοηθήσει να υπερνικήσουν το εμπόδιο.

Αυτές τις παρατηρήσεις έκανε ο Γερμανός φυσικός Georg Simon Ohm και μπόρεσε να διατυπώσει έναν από τους θεμελιώδεις νόμους του ηλεκτρισμού που φέρει προς τιμή του το όνομα του και ισχύει τόσο στο συνεχές όσο και στο εναλλασσόμενο ρεύμα. Σύμφωνα με το νόμο του Ωμ:

*Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει ένα ηλεκτρικό κύκλωμα είναι ανάλογη της τάσης που εφαρμόζεται στα άκρα του κυκλώματος και αντιστρόφως ανάλογη της αντίστασης του κυκλώματος.*

Ο νόμος του Ωμ εκφράζεται από τη σχέση:  ή  ή 

**Παράδειγμα 1:**

Ηλεκτρική θερμάστρα συνδέεται στο ηλεκτρικό δίκτυο που παρέχει τάση 230 V. Η αντίσταση της είναι 23 Ω. Το ρεύμα που διαρρέει την ηλεκτρική αντίσταση της θερμάστρας είναι:



**Παράδειγμα 2:**

Ηλεκτρικός λαμπτήρας τροφοδοτείται με τάση 12 V ενώ το ρεύμα που το διαρρέει είναι 5 Α. Η αντίσταση του λαμπτήρα είναι:



**Εργασίες:**

1. Μέτρα με το ωμόμετρο τις τιμές τριών αντιστάσεων και σημείωσέ τις στην πρώτη άδεια στήλη του επόμενου πίνακα.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Μέτρηση με Ωμόμετρο** | | **Μέτρηση με Βολτόμετρο** | | **Μέτρηση με Αμπερόμετρο** | | **Υπολογισμός**  **με το νόμο του Ωμ** | |
| Αντίσταση σε Ω | | Τάση σε V | | Ένταση σε Α | |
| R1 |  | V1 |  | I1 |  |  |  |
| R2 |  | V2 |  | I2 |  |  |  |
| R3 |  | V3 |  | I3 |  |  |  |

1. Σύνδεσε το πολύμετρο ως βολτόμετρο και μέτρα την τάση στα άκρα κάθε αντίστασης όταν τη συνδέουμε στο τροφοδοτικό συνεχούς τάσης του πάγκου.

Σημείωσε τις μετρήσεις στη δεύτερη άδεια στήλη του παραπάνω πίνακα.

0-220

V

**Κόκκινο**

**Μαύρο**

R

V

V

1. Σύνδεσε το πολύμετρο ως αμπερόμετρο και μέτρα την ένταση του ρεύματος που διαρρέει κάθε αντίσταση όταν τη συνδέουμε στο τροφοδοτικό συνεχούς τάσης του πάγκου.

Σημείωσε τις μετρήσεις στη τρίτη άδεια στήλη του παραπάνω πίνακα.

0-220

V

**Κόκκινο**

**Μαύρο**

R

V

A

I

1. Υπολόγισε την αντίσταση με το νόμο του Ωμ διαιρώντας την τάση με την ένταση του ρεύματος για κάθε αντίσταση και συμπλήρωσε την τελευταία άδεια στήλη του πίνακα.
2. Επαληθεύεται ο νόμος του Ωμ (δηλαδή είναι ίδια τα αποτελέσματα της μέτρησης με το Ωμόμετρο και του υπολογισμού με τον τύπο της τιμής κάθε αντίστασης;

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Για την R1** (Ναι/Όχι) | **Για την R2** (Ναι/Όχι) | **Για την R3** (Ναι/Όχι) |
|  |  |  |

**2η ΑΣΚΗΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ – τάξη Β’**

**Βασική Ηλεκτρολογία – Ο νόμος του Ohm**

**Σκοπός:**  Να εξετάσεις τη σχέση της τάσης, της έντασης του ρεύματος και της αντίστασης βάσει του νόμου του Ωμ με τα εικονικά όργανα του προσομοιωτή EWB.

 Να μπορείς να υπολογίζεις το V, το I ή το R, όταν από τα τρία γνωρίζεις τα δύο.

**Εισαγωγή:**

Ο προσομοιωτής EWB διαθέτει μια σειρά από εικονικά όργανα μέτρησης, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνεται και ένα εικονικό πολύμετρο. Αυτό λειτουργεί όπως ένα πραγματικό πολύμετρο, αν και δεν έχει ακριβώς την ίδια μορφή μ’ αυτό. Βασική διαφορά του είναι ότι, το εικονικό πολύμετρο δεν χρειάζεται επιλογή κλίμακας. Εξακολουθεί όμως να χρειάζεται επιλογή του είδους της μέτρησης (ένταση, τάση, αντίσταση) και του είδους του ρεύματος (εναλλασσόμενο ή συνεχές). Με τη βοήθεια του εικονικού πολύμετρου μπορούν να γίνουν όλες οι μετρήσεις που αφορούν στη μελέτη του νόμου του Ωμ και μάλιστα χωρίς τα συνηθισμένα σφάλματα.

Να θυμάσαι ότι ο νόμος του Ωμ συνδέει την τάση, την ένταση του ρεύματος και την αντίσταση με τις παρακάτω σχέσεις:

 ή  ή 

**Εργασίες:**

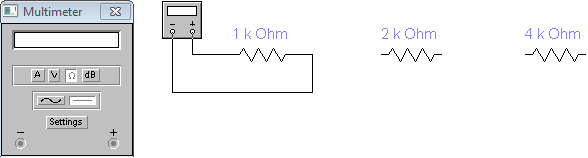
1. Άνοιξε το EWB διπλοπατώντας πάνω στο σχετικό εικονίδιο.
2. Από τη βασική εργαλειοθήκη (**Basic**) σύρε και άφησε τρία σύμβολα αντίστασης πάνω στην επιφάνεια εργασίας. Κάνε διπλό κλικ στη δεύτερη και τρίτη αντίσταση και άλλαξε την τιμή τους σε 2 kΩ και 4 kΩ αντίστοιχα.

1. Από την εργαλειοθήκη των οργάνων (**Instruments**) σύρε και άφησε το πολύμετρο πάνω στην επιφάνεια εργασίας.

1. Πατώντας στους ακροδέκτες με το ποντίκι σύρε και σύνδεσε το πολύμετρο στα άκρα της πρώτης αντίστασης. Κάνε διπλό κλικ στο πολύμετρο για να το μεγεθύνεις και πάτα επάνω του το πλήκτρο **Ω** για να μετράει αντίσταση.

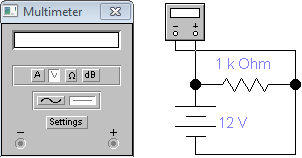


1. Πάτα το γενικό διακόπτη του EWB για να ξεκινήσει η προσομοίωση και γράψε την ένδειξη του πολύμετρου στην πρώτη στήλη του παρακάτω πίνακα.

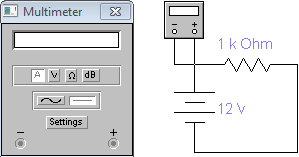


1. Αποσύνδεσε το πολύμετρο από την πρώτη αντίσταση, σύνδεσέ το στη δεύτερη και μετά στην τρίτη και επανάλαβε την εργασία **5** συμπληρώνοντας τον πίνακα.
2. Από την εργαλειοθήκη των πηγών (**Sources**) σύρε μια πηγή τάσης στην επιφάνεια εργασίας και σύνδεσέ τη παράλληλα με την πρώτη αντίσταση και το πολύμετρο. Πάτα στο πολύμετρο το πλήκτρο V για να μετράει τάση, πάτα το γενικό διακόπτη του EWB για να ξεκινήσει η προσομοίωση και γράψε την ένδειξη στη δεύτερη στήλη του παρακάτω πίνακα. Επανάλαβε και για τις άλλες αντιστάσεις.





1. Σύνδεσε το πολύμετρο σε σειρά με την πηγή και την πρώτη αντίσταση. Πάτα στο πολύμετρο το πλήκτρο V για να μετράει ένταση, πάτα το γενικό διακόπτη του EWB για να ξεκινήσει η προσομοίωση και γράψε την ένδειξη στην τρίτη στήλη του παρακάτω πίνακα. Επανάλαβε και για τις άλλες αντιστάσεις.



1. Υπολόγισε την αντίσταση με το νόμο του Ωμ διαιρώντας την τάση με την ένταση του ρεύματος για κάθε αντίσταση και συμπλήρωσε την τελευταία στήλη του πίνακα.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Μέτρηση με Ωμόμετρο** | | **Μέτρηση με Βολτόμετρο** | | **Μέτρηση με Αμπερόμετρο** | | **Υπολογισμός**  **με το νόμο του Ωμ** | |
| Αντίσταση σε Ω | | Τάση σε V | | Ένταση σε Α | |
| R1 |  | V1 |  | I1 |  |  |  |
| R2 |  | V2 |  | I2 |  |  |  |
| R3 |  | V3 |  | I3 |  |  |  |

1. Επαληθεύεται ο νόμος του Ωμ (δηλαδή είναι ίδια τα αποτελέσματα της μέτρησης με το Ωμόμετρο και του υπολογισμού με τον τύπο της τιμής κάθε αντίστασης;

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Για την R1** (Ναι/Όχι) | **Για την R2** (Ναι/Όχι) | **Για την R3** (Ναι/Όχι) |
|  |  |  |

**3η ΑΣΚΗΣΗ – τάξη Β’ (Τομέας Μηχανολογίας)**

**Βασική Ηλεκτρολογία – Σύνδεση ηλεκτρικών αντιστάσεων σε σειρά**

**Σκοπός:**  Να αναγνωρίζεις μια συνδεσμολογία ηλεκτρικών καταναλώσεων σε σειρά.

 Να μάθεις τη σχέση που δίνει την ισοδύναμη αντίσταση της συνδεσμολογίας ηλεκτρικών αντιστάσεων σε σειρά και να μπορείς να την υπολογίσεις.

**Εισαγωγή:**

R1

R2

R3

V1

V2

V3

Rολ

V

**V**

**Rολ**

I

Ένας τρόπος για να συνδέσουμε πολλές αντιστάσεις (ή άλλες ηλεκτρικές καταναλώσεις, όπως λαμπτήρες κλπ) σε μια πηγή τάσης, είναι να τις συνδέσουμε σε σειρά. Το τέλος κάθε αντίστασης συνδέεται με την αρχή της επόμενης και σχηματίζεται μια αλυσίδα, η αρχή και το τέλος της οποίας συνδέονται με τους πόλους της πηγής. Έτσι σχηματίζεται ηλεκτρικό κύκλωμα, σε οποιοδήποτε σημείο του οποίου **κυκλοφορεί το ίδιο ηλεκτρικό ρεύμα**. Αν μια αντίσταση καταστραφεί ή αποσυνδεθεί, παύει να λειτουργεί όλο το κύκλωμα.

Οι ιδιότητες της συνδεσμολογίας αντιστάσεων σε σειρά είναι οι εξής:

* Η ένταση του ρεύματος είναι ίδια σε όλα τα σημεία του κυκλώματος, δηλαδή η κάθε αντίσταση διαρρέεται από το ίδιο ρεύμα.
* Το άθροισμα των τάσεων στα άκρα των αντιστάσεων είναι ίσο με την τάση της πηγής που τροφοδοτεί τη συνδεσμολογία σειράς.
* Η συνολική (ή ισοδύναμη) αντίσταση του κυκλώματος είναι ίση με το άθροισμα των συνδεδεμένων αντιστάσεων σε σειρά.

**Παράδειγμα**: Στο παραπάνω κύκλωμα είναι V=12V, R1=12Ω, R2=15Ω και R3=33Ω.

Η ισοδύναμη αντίσταση είναι:

Η ένταση του ρεύματος είναι:

Οι τάσεις των αντιστάσεων είναι:

και

**Εργασίες:**

1. Σύνδεσε τρεις αντιστάτες R1, R2, R3 σε σειρά. Ρύθμισε το πολύμετρο ως ωμόμετρο και μέτρα τις αντιστάσεις τους συνδέοντας το όργανο όπως στο παρακάτω σχήμα:

**R1**

**R2**

**R3**

**Α**

**Ω**

**Ω**

**Β**

**Ω**

**Ω**

**Rολ**

**R1**

**R2**

**R3**

**Rολ**

**Α**

**Β**

**Rολ**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| R1 = |  |  | R2 = |  |  | R3 = |  |  | Rολ = |  |

1. Είναι R1 + R2 + R3 = Rολ;
2. Σύνδεσε τη συνδεσμολογία σε τάση 20 Vdc (μπόρνες μαύρη-κόκκινη του πάγκου). Ρύθμισε το πολύμετρο ως αμπερόμετρο στην κλίμακα των 20 mA και μέτρα την ένταση του ρεύματος μεταξύ R1-R2 όπως στο σχήμα. Επανάλαβε τη μέτρηση μεταξύ των R2-R3.

**R1**

**R2**

**R3**

20 Vdc

**Α**

**R1**

**R2**

**R3**

**Rολ**

0-220

V

**Κόκκινο**

**Μαύρο**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| I1-2 = |  |  | I2-3 = |  |

1. Είναι τα ρεύματα **Ι** της εργασίας **3** ίσα μεταξύ τους;
2. Ρύθμισε το πολύμετρο ως βολτόμετρο στην κλίμακα των 20 V και μέτρα τις τάσεις VR1, VR2, VR3 στα άκρα των R1, R2, R3, καθώς και την τάση Vολ, στις μπόρνες του πάγκου.

**R1**

**R2**

**R3**

20 Vdc

**R1**

**R2**

**R3**

**Rολ**

0-220

V

**Κόκκινο**

**Μαύρο**

**V**

**V**

**V**

**V**

**Vολ**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| VR1 = |  |  | VR2 = |  |  | VR3 = |  |  | Vολ = |  |

1. Είναι VR1 + VR2 + VR3 = Vολ;

**3η ΑΣΚΗΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ – τάξη Β’**

**Βασική Ηλεκτρολογία – Σύνδεση ηλεκτρικών αντιστάσεων σε σειρά**

**Σκοπός:**  Να αναγνωρίζεις μια συνδεσμολογία ηλεκτρικών καταναλώσεων σε σειρά.

 Να προσομοιώσεις τη λειτουργία μιας συνδεσμολογίας αντιστάσεων σε σειρά και να μάθεις να υπολογίζεις την ισοδύναμη αντίστασή της.

**Εισαγωγή:**

Σε όλα τα σημεία μιας συνδεσμολογίας αντιστάσεων σε σειρά η ένταση του ρεύματος που τη διαρρέει είναι ίδια. Αν οι αντιστάσεις είναι διαφορετικής τιμής, οι τάσεις στα άκρα καθεμιάς θα διαφέρουν μεταξύ τους. Το άθροισμα των τάσεων στα άκρα όλων των αντιστάσεων της συνδεσμολογίας είναι ίσο με την τάση της πηγής που την τροφοδοτεί.

Το EWB διαθέτει μια σειρά από εικονικά όργανα, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνονται βολτόμετρα και αμπερόμετρα, τα οποία μπορούν να συνδεθούν πολλαπλές φορές στο εικονικό κύκλωμα. Με τη βοήθειά τους μελετώνται οι ιδιότητες της συνδεσμολογίας πολύ εύκολα.

**Εργασίες:**

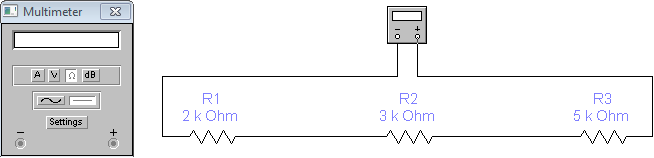
1. Άνοιξε το EWB διπλοπατώντας πάνω στο σχετικό εικονίδιο.
2. Από τη βασική εργαλειοθήκη (**Basic**) σύρε και άφησε τρεις αντιστάσεις πάνω στην επιφάνεια εργασίας και άλλαξε την τιμή τους σε **2 kΩ**, **3 kΩ** και **5 kΩ** αντίστοιχα.



Από την εργαλειοθήκη των οργάνων (**Instruments**) σύρε και άφησε το πολύμετρο.



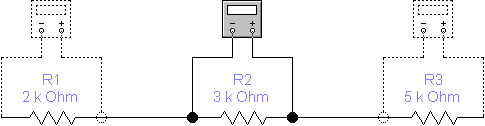
Διπλοπάτησε στο πολύμετρο για να το μεγεθύνεις και πάτα το πλήκτρο **Ω** επάνω του, για να λειτουργεί ως ωμόμετρο. Σύνδεσε τα εξαρτήματα έτσι, ώστε να προκύψει η συνδεσμολογία του παρακάτω σχήματος.



1. Πάτα το γενικό διακόπτη του EWB για να ξεκινήσει η προσομοίωση και σημείωσε παρακάτω στο **Rολ** την ένδειξη του πολύμετρου.



1. Αποσύνδεσε το πολύμετρο από τα άκρα της συνδεσμολογίας, σύνδεσέ το διαδοχικά σε κάθε ξεχωριστή αντίσταση και σημείωσε παρακάτω τις τιμές τους.



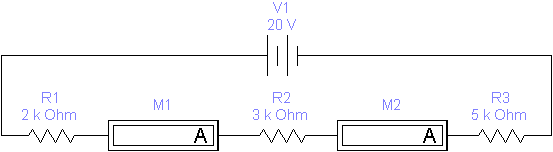
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| R1 = |  |  | R2 = |  |  | R3 = |  |  | Rολ = |  |

1. Είναι R1 + R2 + R3 = Rολ;
2. Διάγραψε το πολύμετρο. Από την εργαλειοθήκη των πηγών (**Sources**) πάρε μια πηγή τάσης και σύνδεσέ στα άκρα της συνδεσμολογίας. Περίστρεψέ τη, κάνε διπλό κλικ επάνω της και δώσε της την τιμή **20 V**.



Από την εργαλειοθήκη των ενδεικτικών (**Indicators**) πάρε δύο αμπερόμετρα και σύνδεσέ τα μεταξύ των αντιστάσεων, όπως στο παρακάτω σχήμα:





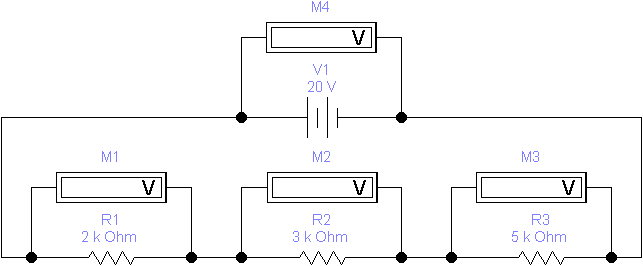
1. Πάτα το γενικό διακόπτη του EWB για να ξεκινήσει η προσομοίωση και σημείωσε παρακάτω τις ενδείξεις των οργάνων.



|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| IΜ1 = |  |  | IΜ2 = |  |

1. Διάγραψε τα αμπερόμετρα. Από την εργαλειοθήκη των ενδεικτικών πάρε τέσσερα βολτόμετρα, περίστρεψέ τα και σύνδεσέ τα όπως στο παρακάτω σχήμα.





1. Πάτα το γενικό διακόπτη του EWB για να ξεκινήσει η προσομοίωση και σημείωσε παρακάτω τις ενδείξεις των οργάνων.



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| VM1 = |  |  | VM2 = |  |  | VM3 = |  |  | VM4 = |  |

1. Είναι VM1 + VM2 + VM3 = VM4;

**4η ΑΣΚΗΣΗ – τάξη Β’ (Τομέας Μηχανολογίας)**

**Βασική Ηλεκτρολογία – Σύνδεση ηλεκτρικών αντιστάσεων παράλληλα**

**Σκοπός:**  Να αναγνωρίζεις μια συνδεσμολογία ηλεκτρικών καταναλώσεων παράλληλα.

 Να μάθεις τη σχέση που δίνει την ισοδύναμη αντίσταση της συνδεσμολογίας ηλεκτρικών αντιστάσεων παράλληλα και να μπορείς να την υπολογίσεις.

**Εισαγωγή:**

Ο πιο συνηθισμένος τρόπος για να συνδέσουμε πολλές αντιστάσεις, ή γενικά ηλεκτρικές καταναλώσεις σε μια πηγή τάσης, είναι να τις συνδέσουμε παράλληλα. Η αρχή όλων των αντιστάσεων συνδέεται με τον ένα πόλο της ηλεκτρικής πηγής και το τέλος όλων των αντιστάσεων, με τον άλλο πόλο. Έτσι όλες οι αντιστάσεις έχουν την ίδια τάση. Σχηματίζονται πολλοί παράλληλοι κλάδοι, καθένας από τους οποίους αποτελεί **ξεχωριστό κύκλωμα** που διαρρέεται από το **δικό του ρεύμα**. Γι’ αυτό, αν μια αντίσταση καταστραφεί ή αποσυνδεθεί, το κύκλωμα εξακολουθεί να λειτουργεί.

R1

R2

R3

V

I1

I2

I3

I

Rολ

I

V

I=Ι1+Ι2+Ι3

I

Οι ιδιότητες της συνδεσμολογίας αντιστάσεων σε σειρά είναι οι εξής:

* Όλες οι αντιστάσεις έχουν την ίδια τάση, η οποία είναι ίση με την τάση της πηγής.
* Το ολικό ρεύμα που παρέχει η πηγή είναι ίσο με το άθροισμα των ρευμάτων των παράλληλων κλάδων.
* Η συνολική (ή ισοδύναμη) αντίσταση του κυκλώματος μειώνεται όταν συνδέεται μια νέα αντίσταση παράλληλα προς τις υπόλοιπες.

**Παράδειγμα:**

Δυο λαμπτήρες ενός οχήματος είναι συνδεδεμένοι παράλληλα και τροφοδοτούνται από τη μπαταρία με τάση V=12 V. Οι αντιστάσεις των λαμπτήρων είναι R1=6 Ω και R2=3 Ω.

Η ισοδύναμη αντίσταση είναι: ( < από R1 ή R2 )

Η ένταση του ρεύματος κάθε αντίστασης είναι: και

Η ολική ένταση του ρεύματος είναι: και

**Εργασίες:**

1. Πάρε δυο αντιστάτες R1 και R2, μέτρα τις αντιστάσεις τους και γράψε τις παρακάτω:

**(Πρόσεχε! Παντού να γράφεις και τις μονάδες μέτρησης)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| R1 = |  |  | R2 = |  |

1. Σύνδεσε τις R1 και R2 παράλληλα και μέτρα την ολική αντίσταση της συνδεσμολογίας συνδέοντας το ωμόμετρο όπως στο παρακάτω σχήμα:

**R1**

**R2**

**Α**

**Β**

**Rολ**

**R1**

**R2**

**Α**

**Ω**

**Β**

**Rολ**

Rολ=

1. Υπολόγισε το Rολ: ………………….. Είναι περίπου ίδιο μ’ αυτό της εργ. **2**; ……..……
2. Σύνδεσε τις επαφές Α, Β σε τάση 20Vdc από τις μπόρνες (μαύρη-κόκκινη) του πάγκου και μέτρα τις τάσεις στα άκρα των αντιστάσεων και της πηγής, όπως στο παρακάτω σχήμα:

**R1**

**R2**

**R1**

**R2**

**+**

**-**

**V**

**V**

**V1**

**V2**

20Vdc

0-220

V

**Κόκκινο**

**Μαύρο**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| V1 = |  |  | V2 = |  |  | V= |  |  | Είναι περίπου V1=V2=V; |  |

1. Ρύθμισε το πολύμετρο στην κλίμακα των 20mA και μέτρα το ρεύμα Ι1 στον κλάδο της R1, το ρεύμα Ι2 στον κλάδο της R2, και το ολικό ρεύμα Ιπ της πηγής όπως στο παρακάτω σχήμα:

**R1**

**R2**

**R1**

**R2**

**+**

**-**

**Ιπ**

**Ι**

**Ι1**

**Ι2**

20Vdc

0-220

V

**Κόκκινο**

**Μαύρο**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| I1 = |  |  | I2 = |  |  | Iπ = |  |  | Είναι περίπου Ι1+Ι2=Ιπ; |  |

**4η ΑΣΚΗΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ – τάξη Β’**

**Βασική Ηλεκτρολογία – Σύνδεση ηλεκτρικών αντιστάσεων παράλληλα**

**Σκοπός:**  Να αναγνωρίζεις μια συνδεσμολογία ηλεκτρικών καταναλώσεων παράλληλα.

 Να προσομοιώσεις τη λειτουργία μιας συνδεσμολογίας αντιστάσεων παράλληλα και να μάθεις να υπολογίζεις την ισοδύναμη αντίστασή της.

**Εισαγωγή:**

Το βασικό γνώρισμα μιας συνδεσμολογίας αντιστάσεων σε παραλληλία είναι ότι όλες οι αντιστάσεις έχουν την ίδια τάση στα άκρα τους. Κάθε αντίσταση αποτελεί ξεχωριστό ανεξάρτητο κλάδο και, αν η τιμή της είναι διαφορετική απ’ αυτή των υπολοίπων, το ρεύμα που τη διαρρέει είναι διαφορετικό από το ρεύμα που διαρρέει τις άλλες αντιστάσεις της συνδεσμολογίας. Το ολικό ρεύμα είναι ίσο με το άθροισμα των ρευμάτων των κλάδων και η ισοδύναμη αντίσταση της συνδεσμολογίας έχει πάντοτε τιμή μικρότερη από την τιμή της μικρότερης αντίστασης που συμμετέχει στη συνδεσμολογία.

**Εργασίες:**

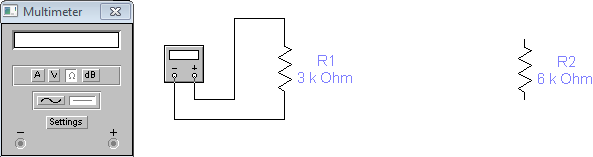
1. Άνοιξε το EWB διπλοπατώντας πάνω στο σχετικό εικονίδιο.
2. Από τη βασική εργαλειοθήκη (**Basic**) πάρε δυο αντιστάσεις, περίστρεψέ τις και άλλαξε την τιμή τους σε **3 kΩ** και **6 kΩ** αντίστοιχα.



Από την εργαλειοθήκη των οργάνων (**Instruments**) πάρε το πολύμετρο.



Διπλοπάτησε στο πολύμετρο για να το μεγεθύνεις και πάτα το πλήκτρο **Ω** επάνω του, για να λειτουργεί ως ωμόμετρο. Σύνδεσε την R1 στα άκρα του οργάνου.

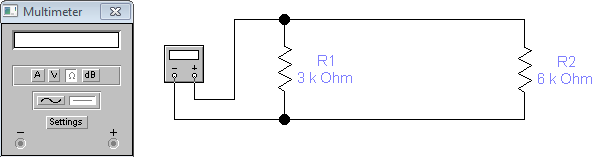


1. Πάτα το γενικό διακόπτη του EWB για να ξεκινήσει η προσομοίωση και σημείωσε παρακάτω την ένδειξη του πολύμετρου. Μετά σύνδεσε το πολύμετρο στα άκρα της R2 και επανάλαβε τη μέτρηση και για τη δεύτερη αντίσταση (**γράφε και τις μονάδες**).



1. Σύνδεσε τις αντιστάσεις παράλληλα και επανάλαβε την εργασία **3** για να μετρήσεις και την ολική αντίσταση.



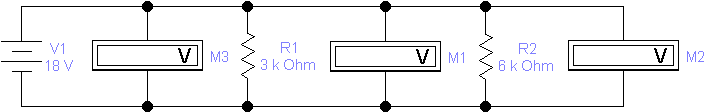


|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| R1 = |  |  | R2 = |  |  | Rολ = |  |

1. Υπολόγισε το Rολ:  Είναι ίδιο μ’ αυτό της εργ. 4;
2. Διάγραψε το πολύμετρο. Από την εργαλειοθήκη των πηγών (**Sources**) πάρε μια πηγή τάσης και σύνδεσέ στα άκρα της συνδεσμολογίας. Κάνε διπλό κλικ επάνω της και δώσε της την τιμή **18 V**.



Από την εργαλειοθήκη των ενδεικτικών (**Indicators**) πάρε τρία βολτόμετρα και σύνδεσέ τα όπως στο παρακάτω σχήμα:



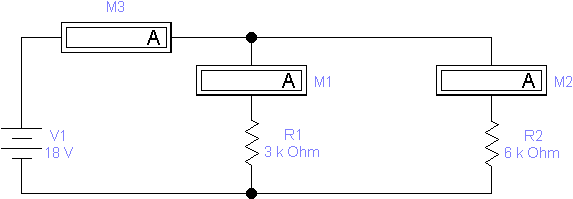


1. Πάτα το γενικό διακόπτη του EWB για να ξεκινήσει η προσομοίωση και σημείωσε παρακάτω τις ενδείξεις.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| VΜ1 = |  |  | VΜ2 = |  |  | VΜ3 = |  |  | Είναι VΜ1=VΜ2=VΜ3; |  |

1. Διάγραψε τα βολτόμετρα. Από την εργαλειοθήκη των ενδεικτικών (**Indicators**) πάρε τρία αμπερόμετρα και σύνδεσέ τα όπως στο παρακάτω σχήμα:





1. Πάτα το γενικό διακόπτη του EWB για να ξεκινήσει η προσομοίωση και σημείωσε παρακάτω τις ενδείξεις.



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| IΜ1 = |  |  | IΜ2 = |  |  | IΜ3 = |  |  | Είναι IΜ1 + IΜ2 = IΜ3; |  |

**5η ΑΣΚΗΣΗ – τάξη Β’ (Τομέας Μηχανολογίας)**

**Βασική Ηλεκτρολογία – Το τρανζίστορ ως διακόπτης**

**Σκοπός:**  Να εξοικειωθείς με το ηλεκτρονικό εξάρτημα που ονομάζεται τρανζίστορ.

 Να κατανοήσεις τη λειτουργία του τρανζίστορ ως διακόπτη.

**Εισαγωγή:**

Το τρανζίστορ είναι ένα ηλεκτρονικό εξάρτημα κατασκευασμένο από ημιαγωγούς p και n. Αποτελείται από τρία κομμάτια ημιαγωγού σε επαφή και γι’ αυτό έχει τρεις ακροδέκτες. Οι ακροδέκτες ονομάζονται **Εκπομπός** (**E**), **Βάση** (**B**) και **Συλλέκτης** (**C**). Από κατασκευαστική άποψη το τρανζίστορ ισοδυναμεί με δυο διόδους αντίστροφα συνδεδεμένες, όμως η ειδική δομή του του δίνει τη δυνατότητα να ενισχύει το ηλεκτρικό ρεύμα.

Υπάρχουν δύο τύποι τραζίστορ, ο τύπος **n-p-n** και ο τύπος **p-n-p**. Ο πρώτος λειτουργεί με θετική τάση στο συλλέκτη και αρνητική στον εκπομπό, ενώ ο δεύτερος με αρνητική τάση στο συλλέκτη και θετική στον εκπομπό.

C

B

E

**Τρανζίστορ n-p-n**

C

B

E

**Τρανζίστορ p-n-p**

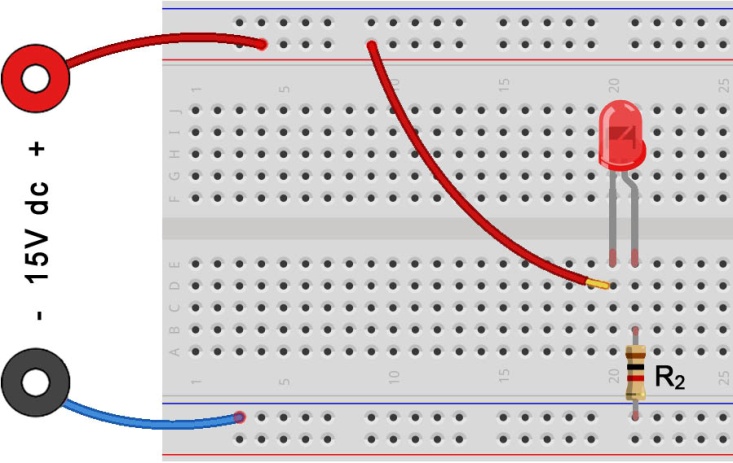
C

B

E

Ένα τρανζίστορ μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ως ενισχυτής, είτε ως διακόπτης του ηλεκτρικού ρεύματος. Στα οχήματα το συναντάμε στις ηλεκτρονικές αναφλέξεις των βενζινοκινητήρων, όπου χρησιμοποιείται για να προστατεύει τις πλατίνες αναλαμβάνοντας το ισχυρό ρεύμα που απαιτεί ο πολλαπλασιαστής. Εκεί το τρανζίστορ λειτουργεί ως διακόπτης.

**Εργασίες:**

1. Κατασκεύασε τη συνδεσμολογία του παρακάτω σχήματος σύμφωνα με το διπλανό υπόδειγμα και σύνδεσέ τη στις μπόρνες (μαύρη – κόκκινη) του πάγκου. (R2 : καφέ-μαύρο-κόκκινο).

R2

1kΩ

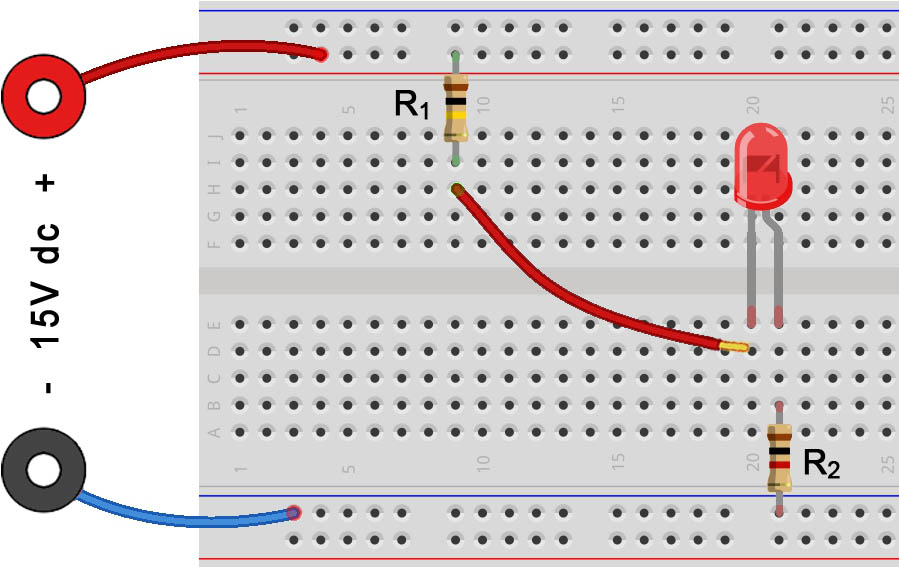
15 V dc

LED

1. Σπρώξε το γυμνό άκρο του σύρματος στην τρύπα κάτω από τον αριστερό ακροδέκτη του LED.

Ανάβει το LED;

1. Κατασκεύασε τη συνδεσμολογία του παρακάτω σχήματος σύμφωνα με το διπλανό υπόδειγμα. (R1 : καφέ-μαύρο-κίτρινο, R2 : καφέ-μαύρο-κόκκινο).



R2

1kΩ

15 V dc

LED

R1

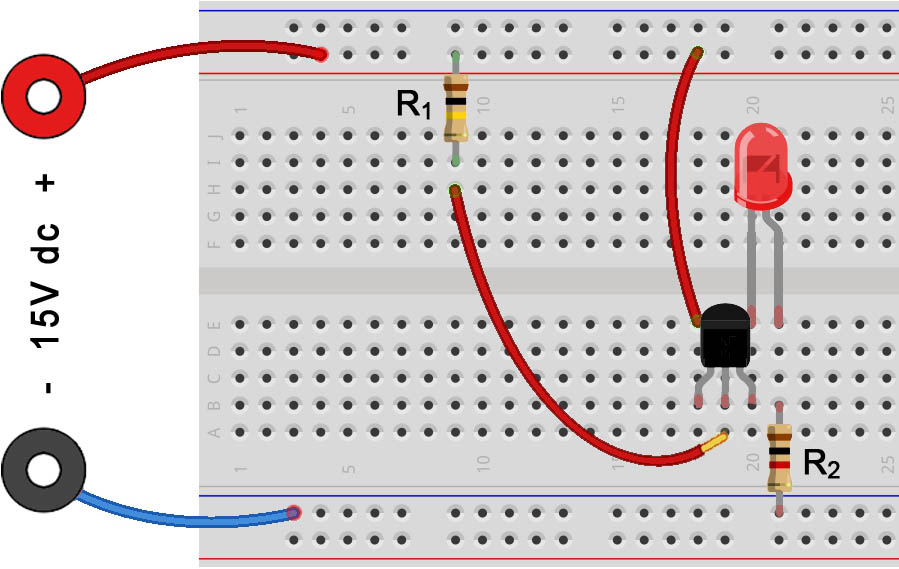
100kΩ

1. Σπρώξε το γυμνό άκρο του σύρματος στην τρύπα κάτω από τον αριστερό ακροδέκτη του LED.

Τι κάνει το LED;

1. Εξήγησέ τη συμπεριφορά του LED.

1. Κατασκεύασε τη συνδεσμολογία του παρακάτω σχήματος σύμφωνα με το διπλανό υπόδειγμα. (R1 : καφέ-μαύρο-κίτρινο, R2 : καφέ-μαύρο-κόκκινο)



R2

1kΩ

15 V dc

LED

R1

100kΩ

1. Σπρώξε το γυμνό άκρο του σύρματος στην τρύπα κάτω από το μεσαίο ακροδέκτη του τρανζίστορ.

Τι κάνει τώρα το LED;

1. Εξήγησέ τη συμπεριφορά του LED.

**5η ΑΣΚΗΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ – τάξη Β’**

**Βασική Ηλεκτρολογία – Το τρανζίστορ ως διακόπτης**

**Σκοπός:**  Να εξετάσεις με τον προσομοιωτή το εξάρτημα που ονομάζεται τρανζίστορ.

 Να κατανοήσεις τη λειτουργία του τρανζίστορ ως διακόπτη.

**Εισαγωγή:**

Η λειτουργία του τρανζίστορ ως διακόπτη στηρίζεται στο γεγονός ότι αν διοχετεύσουμε από τη Βάση του (B) προς τον Εκπομπό του (E) ένα ρεύμα *IB* πολύ μικρής έντασης, θα περάσει ένα ρεύμα *IC* πολύ μεγαλύτερης έντασης από το Συλλέκτη (C) προς τον Εκπομπό (E).

C

B

E

*IB*

*IC*

Με κατάλληλη εκλογή της έντασης του ρεύματος *IB*, το ρεύμα *IC* μπορεί να αποκτήσει τόσο μεγάλη τιμή, ώστε το τρανζίστορ να συμπεριφέρεται ως βραχυκύκλωμα μεταξύ Συλλέκτη και Εκπομπού, δηλαδή ως κλειστός διακόπτης. Όταν διακοπεί το *IB*, τότε θα διακοπεί και το *IC* και το τρανζίστορ θα ισοδυναμεί με ανοικτό διακόπτη.

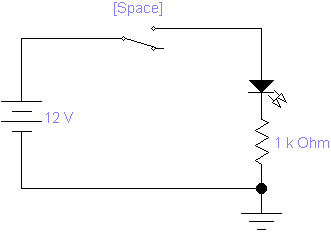
**Εργασίες:**

1. Άνοιξε το EWB διπλοπατώντας πάνω στο σχετικό εικονίδιο.
2. Από την εργαλειοθήκη των πηγών (**Sources**) σύρε στην επιφάνεια εργασίας μια γείωση και μια μπαταρία. Από τη βασική εργαλειοθήκη (**Basic**) πάρε μια αντίσταση και ένα διακόπτη. Από την εργαλειοθήκη των διόδων (**Diode**) πάρε ένα LED. Περίστρεψέ τα όλα όπως παρακάτω:





1. Σύνδεσε όλα τα εξαρτήματα όπως στο παρακάτω σχήμα:



1. Πάτα το γενικό διακόπτη του EWB για να ξεκινήσει η προσομοίωση και μετά πάτα το **Space** στο πληκτρολόγιο για να κλείσει ο διακόπτης του κυκλώματος.

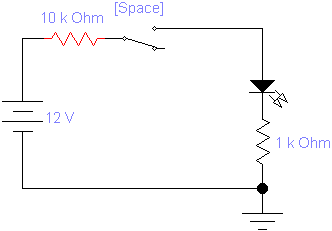


1. Αν μαυρίζουν τα βελάκια στο σύμβολο του LED, το LED είναι αναμμένο.

Ανάβει το LED;

1. Από τη βασική εργαλειοθήκη (**Basic**) σύρε μια αντίσταση πάνω στον αγωγό που συνδέει την αντίσταση με το διακόπτη, έτσι ώστε να συνδεθεί αυτόματα, όπως στο παρακάτω σχήμα. Διπλοπάτησε πάνω της και άλλαξε την τιμή της σε **10 kΩ**.





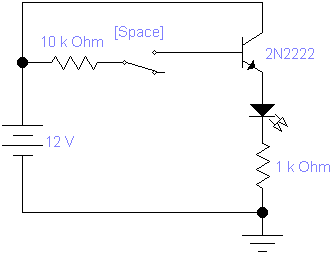
1. Πάτα το **Space** στο πληκτρολόγιο για να κλείσει ο διακόπτης του κυκλώματος και παρατήρησε το LED.

Τι κάνει το LED;

1. Εξήγησέ τη συμπεριφορά του LED.

1. Από την εργαλειοθήκη των τρανζίστορ πάρε ένα τρανζίστορ NPN και σύνδεσέ το όπως στο παρακάτω σχήμα. Διπλοπάτησε πάνω του και από τη Βιβλιοθήκη **2n** επίλεξε το μοντέλο **2N2222**.





1. Πάτα το γενικό διακόπτη του EWB για να ξεκινήσει η προσομοίωση, πάτα το **Space** στο πληκτρολόγιο για να κλείσει ο διακόπτης και παρατήρησε το LED.



Τι κάνει τώρα το LED;

1. Εξήγησέ τη συμπεριφορά του LED.

**2η ΑΣΚΗΣΗ – τάξη Γ’ (Τομέας Ηλεκτρολογίας – Ηλεκτρονικής)**

**Ψηφιακά ηλεκτρονικά - Μανδαλωτές**

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης θα είσαι σε θέση:

* Να σχεδιάζεις και να κατασκευάζεις μανδαλωτές με πύλες NAND ή με πύλες NOR.
* Να ελέγχεις τη σωστή λειτουργία των μανδαλωτών που σχεδίασες και κατασκεύασες.

**Εισαγωγή:**

Ακολουθιακά ψηφιακά κυκλώματα είναι εκείνα στα οποία η κατάσταση των εξόδων δεν εξαρτάται μόνο από την κατάσταση των εισόδων εκείνη τη χρονική στιγμή, αλλά και από την κατάσταση που είχαν οι είσοδοι πριν απ’ αυτή τη στιγμή. Έτσι, τα ακολουθιακά κυκλώματα μπορούν να «θυμούνται» την προηγούμενη κατάστασή τους. Τα απλούστερα ακολουθιακά κυκλώματα είναι οι μανδαλωτές.

Οι μανδαλωτές αποτελούνται από δυο πύλες αντιστροφής, στις οποίες η έξοδος καθεμιάς είναι συνδεδεμένη με μια είσοδο της άλλης. Κατασκευάζονται είτε με πύλες NAND, είτε με πύλες NOR. Οι διαφορές μεταξύ των δύο τύπων είναι ελάχιστες, με κυριότερη το γεγονός ότι οι μανδαλωτές με πύλες NAND διεγείρονται με λογικό 0 στις εισόδους τους, ενώ οι μανδαλωτές με πύλες NOR, με λογικό 1. Και στους δυο τύπους υπάρχει μια κατάσταση λειτουργίας που ονομάζεται «μη χρησιμοποιούμενη». Αυτή η κατάσταση δε μπορεί να «απομνημονευτεί».

**Εργασίες:**

1. Αναγνώρισε το Ο.Κ. 74LS00 με τις πύλες NAND που θα χρειαστείς παρακάτω στην άσκηση.

1

2

3

4

5

6

7

14

13

12

11

10

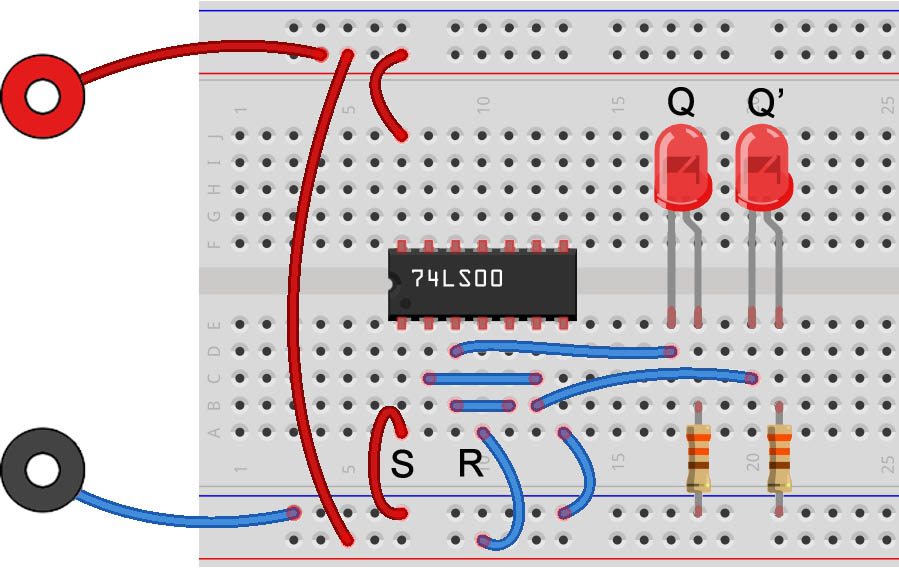
9

8

**7400**

1. Συναρμολόγησε στο ράστερ το παρακάτω κύκλωμα του μανδαλωτή με πύλες NAND σύμφωνα με το υπόδειγμα που βλέπεις δίπλα.

Για διακόπτες **S** και **R** χρησιμοποιούμε συρματάκια που άλλοτε τα συνδέουμε στη γείωση (για το λογικό **0**) και άλλοτε στα +5V (για το λογικό **1**). Στο σχήμα είναι **S=0** και **R=1**.



Q

Q’

S

R

LED

330Ω

330Ω

+5V

1

2

3

5

4

6

**Προσοχή!** Δείξε το κύκλωμα στον καθηγητή σου για να το ελέγξει.

1. Σύνδεσε την τάση τροφοδοσίας 5V με το θετικό πόλο στην κόκκινη γραμμή και παρατήρησε τα LED. **Αναμμένο LED σημαίνει λογικό 1. Σβησμένο, σημαίνει λογικό 0**.

**α/α**

**S**

**Q'**

**R**

**Q**

**ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΞΟΔΟΥ**

1

0

1

2

1

0

3

1

1

4

0

1

5

1

1

6

0

0

7

1

1

ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

ΜΗΔΕΝΙΣΜΟΣ

ΑΜΕΤΑΒΛΗΤΗ

ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

ΑΜΕΤΑΒΛΗΤΗ

ΜΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΗ

? ? ?

Δώσε θέση στα συρματάκια **S** και **R** όπως φαίνεται στις γραμμές του διπλανού πίνακα και συμπλήρωσε τις καταστάσεις των εξόδων **Q** και **Q'**.

**Προσοχή!** Στη σειρά 7 του πίνακα τράβα τα συρματάκια **S** και **R** ***ταυτόχρονα*** και άστα έτσι.

1. Αναγνώρισε το Ο.Κ. 74LS02 με τις πύλες NOR που θα χρειαστείς παρακάτω στην άσκηση. **Προσοχή!** Οι πύλες NOR συνδέονται διαφορετικά απ’ ότι οι πύλες NAND με τις ακίδες του ολοκληρωμένου και ο μανδαλωτής με NOR έχει τα **S** και **R** σε **αντίθετες** θέσεις απ’ ότι πριν.

1

2

3

4

5

6

7

14

13

12

11

10

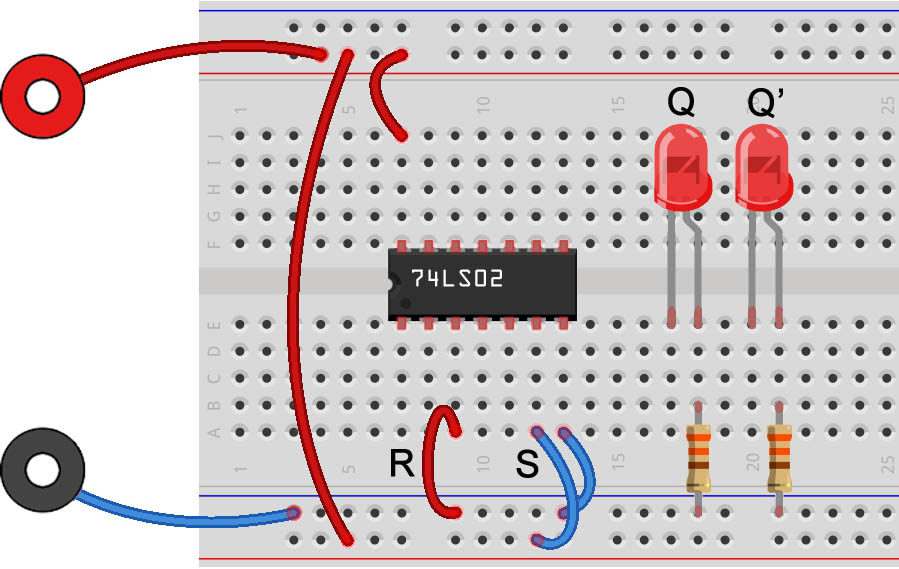
9

8

**7402**

1. **Αποσύνδεσε την τάση 5V** και συναρμολόγησε στο ράστερ το παρακάτω κύκλωμα του μανδαλωτή με πύλες NOR σύμφωνα με το υπόδειγμα που βλέπεις δίπλα.

Τοποθέτησε τα συρματάκια που λείπουν και ενώνουν τις ακίδες #1 - #6, #2 - #4, καθώς και εκείνα που συνδέουν τις εξόδους Q και Q’ με τα LED.



Q

Q’

R

S

LED

330Ω

330Ω

+5V

3

2

1

6

5

4

1. Σύνδεσε ξανά την τάση τροφοδοσίας 5V και σημείωσε την κατάσταση των εξόδων **Q** και **Q'** στην πρώτη γραμμή του διπλανού πίνακα.

**α/α**

**S**

**Q'**

**R**

**Q**

**ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΞΟΔΟΥ**

1

0

1

2

1

0

3

0

0

4

0

1

5

0

0

6

1

1

7

0

0

ΜΗΔΕΝΙΣΜΟΣ

ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

ΑΜΕΤΑΒΛΗΤΗ

ΜΗΔΕΝΙΣΜΟΣ

ΑΜΕΤΑΒΛΗΤΗ

ΜΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΗ

? ? ?

Μετά άλλαξε θέση στα συρματάκια **S** και **R** σύμφωνα με τις άλλες γραμμές του πίνακα και συμπλήρωσε και τις υπόλοιπες θέσεις των **Q** και **Q'**.

**Προσοχή!** Στη σειρά 7 του πίνακα κάρφωσε στη γείωση τα **S** και **R** ***ταυτόχρονα***.

**2η ΑΣΚΗΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ – τάξη Γ’**

**Ψηφιακά ηλεκτρονικά - Μανδαλωτές**

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης θα είσαι σε θέση:

* Να σχεδιάζεις μανδαλωτές με πύλες NAND ή NOR χρησιμοποιώντας τα εργαλεία του EWB.
* Να ελέγχεις με εξομοίωση τη λειτουργία των μανδαλωτών που σχεδίασες.

**Εισαγωγή:**

Ο εξομοιωτής EWB διαθέτει μια εργαλειοθήκη λογικών πυλών (**Logic Gates**), από την οποία μπορούμε να πάρουμε και να χρησιμοποιήσουμε πύλες που δεν σχετίζονται με συγκεκριμένα ολοκληρωμένα κυκλώματα που περιέχουν πύλες. Διαθέτει επίσης και μια εργαλειοθήκη ενδεικτικών συσκευών (**Indicators**), στην οποία μπορούμε να βρούμε ενδεικτικές διατάξεις που δεν απαιτούν συγκεκριμένες συνθήκες τάσης και έντασης ρεύματος για να λειτουργήσουν. Με τη βοήθεια όλων αυτών μπορούμε να εξομοιώσουμε ψηφιακά κυκλώματα, χωρίς να φροντίζουμε για τις ηλεκτρικές απαιτήσεις της λειτουργίας τους, εστιάζοντας μόνο στις λογικές λειτουργίες.

**Εργασίες:**

1. Άνοιξε το EWB διπλοπατώντας πάνω στο σχετικό εικονίδιο.
2. Από την εργαλειοθήκη των πηγών (**Sources**) σύρε στην επιφάνεια εργασίας ένα σύμβολο γείωσης (Ground) και ένα σύμβολο πηγής τάσης (+Vcc).

1. Από τη βασική εργαλειοθήκη (**Basic**) σύρε δυο σύμβολα διακόπτη (το 7ο από επάνω αριστερά).

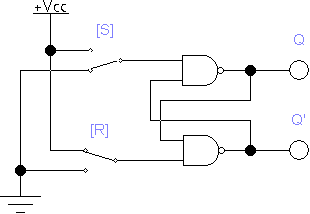
1. Από την εργαλειοθήκη των λογικών πυλών (**Logic Gates**) σύρε δυο πύλες NAND.

1. Από την εργαλειοθήκη των ενδεικτικών συσκευών (**Indicators**) σύρε δυο LED.

1. Κάνε διπλό κλικ πάνω στον πρώτο διακόπτη και στο παράθυρο **Switch Properties** στην καρτέλα **Value** γράψε στην ιδιότητα **Key:** το γράμμα **s**.
2. Κάνε διπλό κλικ πάνω στο δεύτερο διακόπτη και στο παράθυρο **Switch Properties** στην καρτέλα **Value** γράψε στην ιδιότητα **Key:** το γράμμα **r**.
3. Κάνε διπλό κλικ πάνω σε κάθε LED και στο παράθυρο **Red Probe Properties** στην καρτέλα **Label** γράψε τα ονόματα **Q** και **Q’** αντίστοιχα.
4. Μετακίνησε, περίστρεψε και σύνδεσε τα εξαρτήματα έτσι ώστε να προκύψει το κύκλωμα του παρακάτω σήματος. Πάτα όσες φορές χρειαστεί τα πλήκτρα **s** ή **r**, ώστε οι βραχίονες των διακοπτών να πάρουν τις θέσεις που φαίνονται στο σχήμα:





1. Πάτα το γενικό διακόπτη του EWB για να ξεκινήσει η προσομοίωση.

Όταν βραχίονας διακόπτη είναι σε επαφή με τη γείωση, η αντίστοιχη είσοδος έχει λογικό **0**. Όταν είναι επαφή με το +Vcc, η αντίστοιχη είσοδος έχει λογικό **1**.

Όταν κάποιο LED είναι λευκό (σβηστό), η αντίστοιχη έξοδος έχει λογικό **0**. Όταν είναι χρωματισμένο (αναμμένο), η έξοδος έχει λογικό **1**.

1. Με χειρισμούς των **[S]** και **[R]** συμπλήρωσε τις στήλες **Q** και **Q’** του διπλανού πίνακα.

**α/α**

**S**

**Q'**

**R**

**Q**

**ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΞΟΔΟΥ**

1

0

1

2

1

0

3

1

1

4

0

1

5

1

1

6

0

0

7

1

1

ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

ΜΗΔΕΝΙΣΜΟΣ

ΑΜΕΤΑΒΛΗΤΗ

ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

ΑΜΕΤΑΒΛΗΤΗ

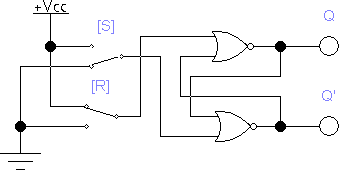
ΜΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΗ

? ? ?

**Προσοχή!**

Στη σειρά 7 του πίνακα κίνησε τους διακόπτες **S** και **R** ***ταυτόχρονα***.

1. Κάνε κλικ πάνω στις πύλες NAND του κυκλώματος και διάγραψέ τις. Πάρε όπως στην εργασία 4 δυο πύλες **NOR** και σχεδίασε το κύκλωμα του παρακάτω σχήματος:





1. Πάτα το γενικό διακόπτη του EWB για να ξεκινήσει η προσομοίωση.
2. Με χειρισμούς των **[S]** και **[R]** συμπλήρωσε τις στήλες **Q** και **Q’** του διπλανού πίνακα.

**α/α**

**S**

**Q'**

**R**

**Q**

**ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΞΟΔΟΥ**

1

0

1

2

1

0

3

0

0

4

0

1

5

0

0

6

1

1

7

0

0

ΜΗΔΕΝΙΣΜΟΣ

ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

ΑΜΕΤΑΒΛΗΤΗ

ΜΗΔΕΝΙΣΜΟΣ

ΑΜΕΤΑΒΛΗΤΗ

ΜΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΗ

? ? ?

**Προσοχή!**

Στη σειρά 7 του πίνακα κίνησε τους διακόπτες **S** και **R** ***ταυτόχρονα***.

**3η ΑΣΚΗΣΗ – τάξη Γ’ (Τομέας Ηλεκτρολογίας – Ηλεκτρονικής)**

**Αναλογικά ηλεκτρονικά – Ενισχυτής Κοινού Εκπομπού (CE) με ανασύζευξη**

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης θα είσαι σε θέση:

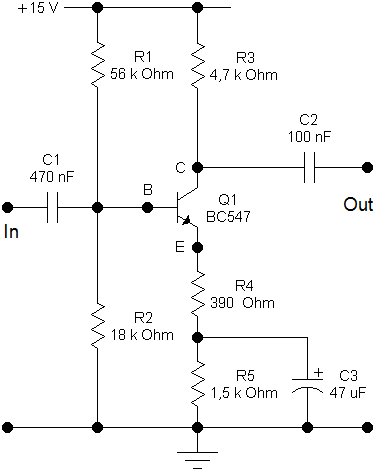
* Να ελέγχεις τις συνθήκες λειτουργίας και την απόκριση συχνότητας ενός ενισχυτή CE.
* Να κατανοήσεις την επίδραση του πυκνωτή εκπομπού στον καθορισμό της ενίσχυσης.

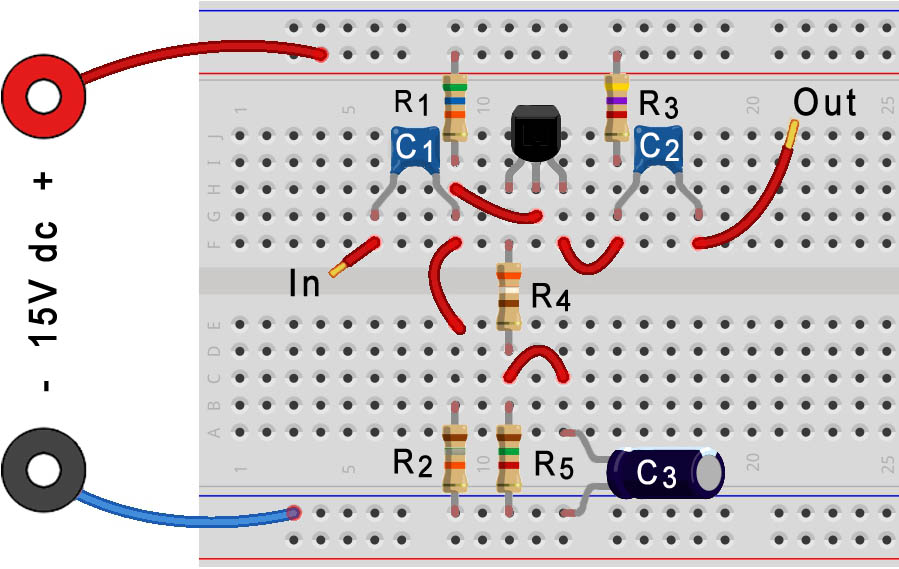
**Εισαγωγή:**

Ο ενισχυτής CE είναι μια βαθμίδα ενός τρανζίστορ, όπου το σήμα εισόδου εφαρμόζεται στη βάση και το σήμα εξόδου λαμβάνεται από το συλλέκτη ενισχυμένο και με διαφορά φάσης 180ο. Οι αντιστάσεις γύρω από τη βάση και τον εκπομπό καθορίζουν την πόλωση του τρανζίστορ έτσι, ώστε η ενίσχυση να γίνεται με την ελάχιστη δυνατή παραμόρφωση. Η ενίσχυση καθορίζεται από το λόγο της αντίστασης στο συλλέκτη προς την αντίσταση στον εκπομπό που παρεμβάλλεται στην πορεία του (εναλλασσόμενου) σήματος. Εκεί με ένα πυκνωτή μεγάλης χωρητικότητας μπορούμε να υποχρεώσουμε το εναλλασσόμενο σήμα να παρακάμψει την αντίσταση που επιθυμούμε.

**Εργασίες:**

1. Κατασκεύασε στο ράστερ τη συνδεσμολογία του παρακάτω σχήματος σύμφωνα με το διπλανό υπόδειγμα. Μη συνδέσεις την τάση τροφοδοσίας πριν το ελέγξει ο καθηγητής σου.





1. Σύνδεσε την τάση τροφοδοσίας και μ’ ένα πολύμετρο μέτρα και σημείωσε παρακάτω τις συνεχείς τάσεις στο συλλέκτη **C**, τη βάση **B** και τον εκπομπό **E** του τρανζίστορ.

*V*C =  *V*B =  *V*E =  Είναι *V*C > *V*B > *V*E;

1. Με τη βοήθεια ενός παλμογράφου ρύθμισε τη συχνότητα εξόδου μιας γεννήτριας ακουστικών συχνοτήτων στο **1 kHz** και το πλάτος εξόδου στο **1 V** από κορυφή σε κορυφή (**1 Vpp**). Σύνδεσε τη γεννήτρια μεταξύ της εισόδου **In** και της γης.
2. Σύνδεσε το κανάλι Α του παλμογράφου στην είσοδο **In** και το κανάλι Β στην έξοδο **Out**. Ρύθμισε το κανάλι **Α** στα **.5 V/div** και το κανάλι **Β** στα **2 V/div**. Ρύθμισε τη σάρωση στα **.5 mS/div**.
3. Μέτρα το πλάτος του σήματος εισόδου *U*i και του σήματος εξόδου *U*o και υπολόγισε την ενίσχυση *A*u της βαθμίδας:

1. Βγάλε τον πυκνωτή **C3** από τη θέση του και υπολόγισε ξανά την ενίσχυση όπως στην εργασία **5**.

Τι είδους μεταβολή έπαθε;

1. Βάλε ξανά τον πυκνωτή **C3** στη θέση του και ρύθμισε τη συχνότητα της γεννήτριας στα **20 Hz**. Προσάρμοσε τη σάρωση του παλμογράφου για να βλέπεις καλή ένδειξη στην οθόνη του και κρατώντας σταθερή τη **Ui** στο 1 Vpp μέτρα την τάση εξόδου **Uo** και υπολόγισε την ενίσχυση **Au**.
2. Επανάλαβε τη διαδικασία για όλες τις συχνότητες **f** του παρακάτω πίνακα και συμπλήρωσε τις γραμμές του (κάνε τους υπολογισμούς με την επιστημονική αριθμομηχανή των Windows).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **f (Hz)** | **Ui (Vpp)** | **Uo (Vpp)** | **Au=Uo/Ui** | **A=20logAu (db)** | **f (Hz)** | **Ui (Vpp)** | **Uo (Vpp)** | **Au=Uo/Ui** | **A=20logAu (db)** |
| 20 | 1,0 |  |  |  | 2k | 1,0 |  |  |  |
| 50 | 1,0 |  |  |  | 5k | 1,0 |  |  |  |
| 100 | 1,0 |  |  |  | 10k | 1,0 |  |  |  |
| 200 | 1,0 |  |  |  | 20k | 1,0 |  |  |  |
| 500 | 1,0 |  |  |  | 50k | 1,0 |  |  |  |
| 1k | 1,0 |  |  |  | 100k | 1,0 |  |  |  |

1. Με βάση τις τιμές του πίνακα χάραξε στους παρακάτω άξονες **f – A** το διάγραμμα απόκρισης συχνότητας του ενισχυτή.

10

100

1k

10k

100k

Συχνότητα f (Hz)

0

6

12

18

24

Απολαβή Α (db)

1. Από το διάγραμμα βρες και σημείωσε παρακάτω τη χαμηλή συχνότητα -3db **fL** του ενισχυτή:

**fL** =

**3η ΑΣΚΗΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ – τάξη Γ’**

**Αναλογικά ηλεκτρονικά – Ενισχυτής Κοινού Εκπομπού (CE) με ανασύζευξη**

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης θα είσαι σε θέση:

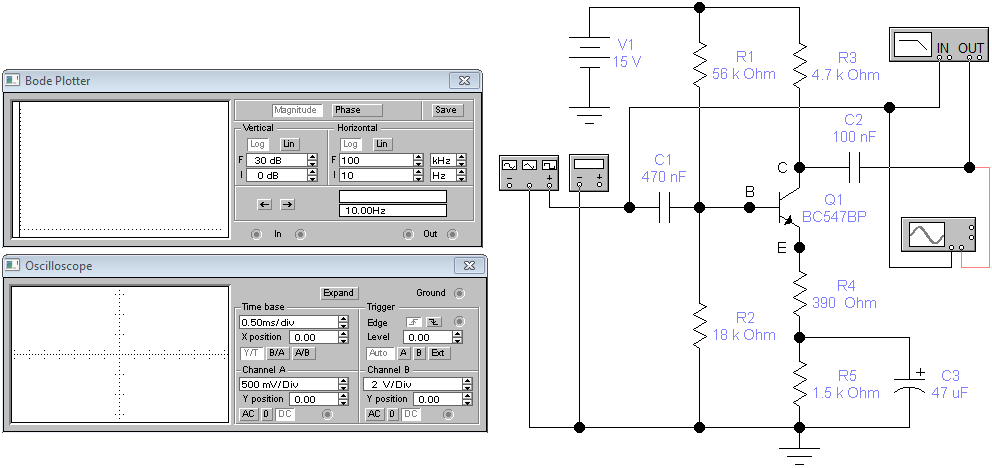
* Να προσομοιώνεις τις συνθήκες λειτουργίας και την απόκριση συχνότητας ενός ενισχυτή CE.
* Να κατανοείς την επίδραση του πυκνωτή εκπομπού στον καθορισμό της ενίσχυσης.

**Εισαγωγή:**

Ο προσομοιωτής EWB διαθέτει μια σειρά από εικονικά όργανα κατάλληλα για τον έλεγχο αναλογικών ηλεκτρονικών κυκλωμάτων, που είναι λίγο ως πολύ ακριβή αντίγραφα γνωστών οργάνων του εργαστηρίου ηλεκτρονικών και λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο. Αυτά είναι το πολύμετρο, η γεννήτρια συναρτήσεων και ο παλμογράφος. Εξαίρεση αποτελεί ο καταγραφέας Bode, για τον οποίο δεν υπάρχει αντίστοιχο πραγματικό όργανο. Με τη βοήθειά του μπορούμε να απεικονίσουμε τις μεταβολές συναρτήσει της συχνότητας του πλάτους και της φάσης του σήματος εξόδου μιας ηλεκτρονικής βαθμίδας, ή ενός ηλεκτρικού δικτυώματος, σε σχέση με το σήμα εισόδου.

**Εργασίες:**

1. Μπες στο περιβάλλον του EWB. Από την εργαλειοθήκη των πηγών, τη βασική και των τρανζίστορ πάρε τα απαραίτητα εξαρτήματα, δώσε τις κατάλληλες τιμές και σχεδίασε το κύκλωμα του παρακάτω σχήματος. (Το μοντέλο του Q1 βρίσκεται στη βιβλιοθήκη **Zetex**).



1. Από την εργαλειοθήκη των οργάνων πάρε τα τέσσερα πρώτα όργανα και σύνδεσέ τα όπως στο σχήμα. Διπλοπάτησε πάνω στη γραμμή που συνδέει την έξοδο του κυκλώματος με το κανάλι Β του παλμογράφου και άλλαξε το χρώμα της σε κόκκινο.
2. Διπλοπάτησε πάνω στα εικονίδια του παλμογράφου και του καταγραφέα Bode για να τα ανοίξεις και εφάρμοσε πάνω τους τις ρυθμίσεις που φαίνονται αριστερά στο σχήμα.
3. Διπλοπάτησε πάνω στο εικονίδιο της γεννήτριας και ρύθμισε τη συχνότητά της (**Frequency**) στο **1 kHz** και το πλάτος του σήματος (**Amplitude**) στα **500 mV** (δηλαδή 1 Vpp).
4. Πάτα το γενικό διακόπτη του EWB για να ξεκινήσει η προσομοίωση και μετά πάτα το **Pause**.



1. Διπλοπάτησε στο εικονίδιο του πολύμετρου για να το ανοίξεις και σύνδεσε διαδοχικά τη θετική υποδοχή (του εικονίδιου) στο συλλέκτη **C**, τη βάση **B** και τον εκπομπό **E** του τρανζίστορ. Σημείωσε παρακάτω τις συνεχείς τάσεις που μετράς.

*V*C =  *V*B =  *V*E =  Είναι *V*C > *V*B > *V*E;

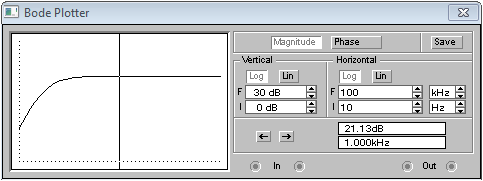
1. Πάτα το κουμπί **Expand** του παλμογράφου για να τον μεγεθύνεις και μετακίνησε τη ράβδο κύλισης της οθόνης του, για να φανούν οι κυματομορφές που καταγράφηκαν.
2. Μέτρα (όπως σε πραγματικό παλμογράφο) το πλάτος του σήματος εισόδου *U*i και του σήματος εξόδου *U*o (κόκκινο) και υπολόγισε την ενίσχυση *A*u της βαθμίδας:

1. Διάγραψε τον πυκνωτή **C3** (και τους αγωγούς του) και επανάλαβε την εργασία **5**. Υπολόγισε ξανά την ενίσχυση όπως στις εργασίες **7** και **8**.



Τι μεταβολή έπαθε η ενίσχυση;

1. Βάλε ξανά τον πυκνωτή **C3** στη θέση του και επανάλαβε την εργασία **5**. Στο παράθυρο του καταγραφέα Bode σύρε τον κατακόρυφο δρομέα της οθόνης στη θέση **1.000 Hz** και δες την απολαβή (**21.13db**) της βαθμίδας. Κατόπιν σύρε το δρομέα προς τα αριστερά, μέχρι η απολαβή να μειωθεί κατά **3db**. Αυτή είναι η χαμηλή συχνότητα -3db **fL** του ενισχυτή. Σημείωσέ τη παρακάτω:



**fL** =

1. Πάτα το κουμπί της απεικόνισης διαγραμμάτων (**Display Graphs**) στην πάνω σειρά της γραμμής εργαλείων του EWB και στο παράθυρο **Analysis Graphs** επίλεξε την καρτέλα **Bode**. Πάτα πάνω στο γράφημα **Gain (db)** και μετά πάτα το κουμπί **Toggle Grid** στο πάνω μέρος του παραθύρου.



1. Αντίγραψε το διάγραμμα απόκρισης συχνότητας του ενισχυτή στους παρακάτω άξονες **f - A**.

10

100

1k

10k

100k

Συχνότητα f (Hz)

0

6

12

18

24

Απολαβή Α (db)

**4η ΑΣΚΗΣΗ – τάξη Γ’ (Τομέας Ηλεκτρολογίας – Ηλεκτρονικής)**

**Αναλογικά ηλεκτρονικά – Ενισχυτής Κοινού Συλλέκτη (CC)**

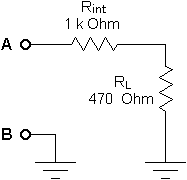
Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης θα είσαι σε θέση:

* Να ελέγχεις τις συνθήκες λειτουργίας ενός ενισχυτή Κοινού Συλλέκτη.
* Να κατανοήσεις το ρόλο του ενισχυτή CC στην οδήγηση μικρών αντιστάσεων φορτίου.

**Εισαγωγή:**

Ο ενισχυτής κοινού συλλέκτη είναι βαθμίδα ενός τρανζίστορ, όπου το σήμα εισόδου εφαρμόζεται στη βάση και το σήμα εξόδου λαμβάνεται από τον εκπομπό με την ίδια φάση. Οι αντιστάσεις γύρω από τη βάση και τον εκπομπό καθορίζουν την πόλωση του τρανζίστορ έτσι, ώστε να λειτουργεί με την ελάχιστη δυνατή παραμόρφωση. Ο ενισχυτής CC δεν προκαλεί ενίσχυση τάσης, αλλά ενίσχυση ρεύματος. Χρησιμοποιείται ως απομονωτής, όταν θέλουμε να εφαρμόσουμε το σήμα μιας πηγής με μεγάλη αντίσταση εξόδου σε μια αντίσταση φορτίου με μικρή τιμή.

**Εργασίες:**



1. Κατασκεύασε στο ράστερ τη συνδεσμολογία του διπλανού σχήματος. Σύνδεσε το κανάλι Α του παλμογράφου στο σημείο **Α** και το κανάλι Β στα άκρα της αντίστασης **RL**. Σύνδεσε γεννήτρια ακουστικών συχνοτήτων μεταξύ των Α και Β και ρύθμισε το πλάτος του σήματός της στα **4 Vpp** και τη συχνότητα στο **1 kHz**.
2. Με τα ρυθμιστικά **Position** διαχώρισε τις δυο κυματομορφές και σχεδίασέ τις στον παρακάτω χώρο. Σημείωσε και τις ενδείξεις των διακοπτών επιλογής του παλμογράφου.

Σημείωσε εδώ μέσα:

**TIME/DIV =**

Σημείωσε εδώ μέσα:

**CH B**

**VOLTS/DIV =**

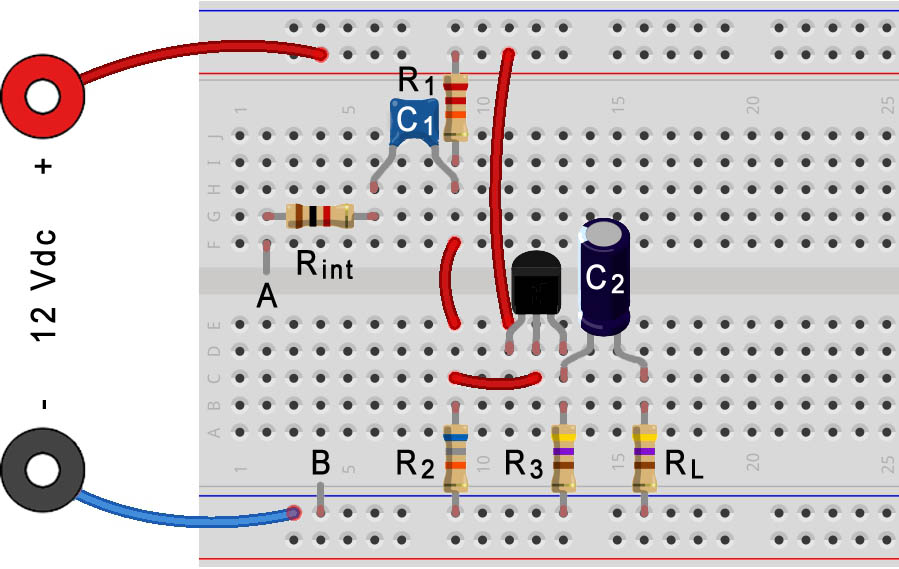
Σημείωσε εδώ μέσα:

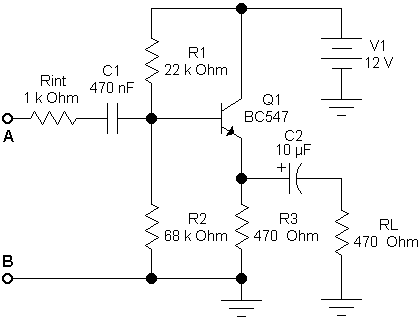
**CH A**

**VOLTS/DIV =**

1. Η **Rint** προστίθεται στην αντίσταση εξόδου της γεννήτριας και τη μεγαλώνει. Παρατήρησε το σήμα στα άκρα της **RL**. Γιατί έχει μικρότερο πλάτος σε σχέση με το σήμα στο σημείο Α;

1. Κατασκεύασε στο ράστερ τη συνδεσμολογία του επόμενου σχήματος σύμφωνα με το διπλανό υπόδειγμα. Μη συνδέσεις την τάση τροφοδοσίας πριν το ελέγξει ο καθηγητής σου.





1. Τώρα παρεμβλήθηκε ενισχυτής κοινού συλλέκτη μεταξύ των αντιστάσεων Rint και RL. Με τις ίδιες ρυθμίσεις στα όργανα σύνδεσε το κανάλι Α του παλμογράφου στο σημείο **Α**, το κανάλι **Β** στα άκρα της αντίστασης **RL** και τη γεννήτρια ακουστικών συχνοτήτων μεταξύ των Α και Β.
2. Τροφοδότησε με τάση το κύκλωμα και επανάλαβε την εργασία **2**.

Σημείωσε εδώ μέσα:

**TIME/DIV =**

Σημείωσε εδώ μέσα:

**CH B**

**VOLTS/DIV =**

Σημείωσε εδώ μέσα:

**CH A**

**VOLTS/DIV =**

1. Ο ενισχυτής CC έχει μεγάλη αντίσταση εισόδου και μικρή αντίσταση εξόδου. Με βάση αυτό εξήγησε τη διαφορά στο πλάτος του σήματος στα άκρα της **RL** σε σχέση με την εργασία **3**.

1. Μέτρα με το πολύμετρο την **ac** τάση ***UR*** στα άκρα της **Rint** και υπολόγισε το ρεύμα εισόδου ***i*in**.

Επίσης:

1. Υπολόγισε την αντίσταση εισόδου *R*i του ενισχυτή CC από τον παρακάτω τύπο:

(Ανάλογα με το *β* του τρανζίστορ θα είναι 10 – 15 kΩ)

**4η ΑΣΚΗΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ – τάξη Γ’**

**Αναλογικά ηλεκτρονικά – Ενισχυτής Κοινού Συλλέκτη (CC)**

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης θα είσαι σε θέση:

* Να προσομοιώνεις - ελέγχεις τις συνθήκες λειτουργίας ενός ενισχυτή Κοινού Συλλέκτη.
* Να κατανοήσεις το ρόλο του ενισχυτή CC στην οδήγηση μικρών αντιστάσεων φορτίου.

**Εισαγωγή:**

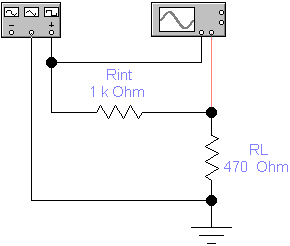
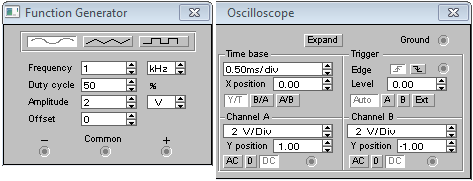
Όταν μια πηγή τάσης έχει μεγάλη αντίσταση εξόδου, δε μπορεί να παρέχει μεγάλη ένταση ρεύματος εξόδου. Αν μια τέτοια πηγή τη συνδέσουμε με μια μικρή αντίσταση φορτίου, το μεγαλύτερο μέρος της τάσης εξόδου της θα χάνεται πάνω στην αντίσταση εξόδου και η αντίσταση φορτίου δεν θα τροφοδοτείται σωστά. Για να παρακάμψουμε το πρόβλημα, παρεμβάλλουμε μεταξύ της πηγής και της αντίστασης φορτίου μια βαθμίδα απομόνωσης, που έχει μεγάλη αντίσταση εισόδου και μικρή αντίσταση εξόδου. Έτσι και η πηγή τάσης λειτουργεί σωστά, και η αντίσταση φορτίου λαμβάνει το ισχυρό ρεύμα που χρειάζεται. Η βαθμίδα απομόνωσης δεν χρειάζεται να έχει ενίσχυση τάσης, αλλά μόνο ενίσχυση ρεύματος. Τέτοια βαθμίδα είναι ο ενισχυτής κοινού συλλέκτη.

**Εργασίες:**

1. Μπες στο περιβάλλον του EWB. Χρησιμοποίησε τη βασική εργαλειοθήκη και τις εργαλειοθήκες των πηγών και των οργάνων μέτρησης για να σχεδιάσεις το κύκλωμα του παρακάτω σχήματος. (Η αντίσταση Rint αντιπροσωπεύει την αυξημένη αντίσταση εξόδου της πηγής).



Χρωμάτισε κόκκινο τον αγωγό που συνδέει την RL με τον παλμογράφο, διπλοπάτησε πάνω στα όργανα για να τα ανοίξεις και κάνε τις ρυθμίσεις που φαίνονται παρακάτω.



1. Άνοιξε το γενικό διακόπτη του EWB και αμέσως μετά πάτα **Pause**. Πάτα **Expand** στον παλμογράφο, κύλισε αριστερά την οθόνη του και σχεδίασε τις κυματομορφές των δυο καναλιών UA και UB.

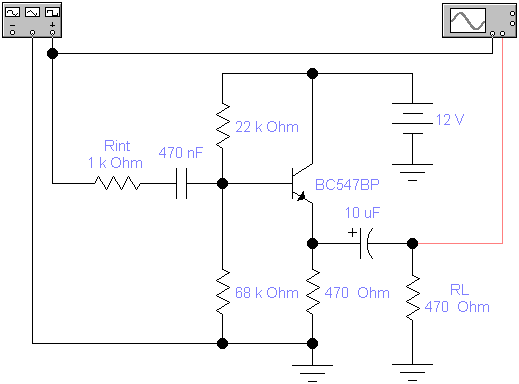


1. Σημείωσε τα πλάτη των δύο σημάτων σε Voltpp: **UΑ** = **UΒ** =
2. Εξήγησε το λόγο για τον οποίο υπάρχει διαφορά μεταξύ των UA και UB.



1. Άνοιξε νέο φύλλο σχεδίασης στο EWB. Με υλικά από τις εργαλειοθήκες πηγών, βασική, τρανζίστορ και οργάνων σχεδίασε το κύκλωμα του παρακάτω σχήματος. Δώσε κατάλληλες τιμές στα εξαρτήματα και χρωμάτισε κόκκινο τον αγωγό που συνδέει την RL με τον παλμογράφο.



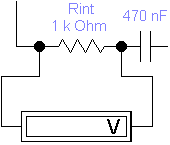




1. Στο κύκλωμα αυτό έχει παρεμβληθεί ένας ενισχυτής κοινού εκπομπού μεταξύ των αντιστάσεων Rint και RL της εργασίας **1**. Διπλοπάτησε πάνω στα όργανα για να τα ανοίξεις και κάνε τις ίδιες ρυθμίσεις που έκανες και στην εργασία **1**.
2. Άνοιξε το γενικό διακόπτη του EWB και αμέσως μετά πάτα **Pause**. Πάτα **Expand** στον παλμογράφο, κύλισε αριστερά την οθόνη του και σχεδίασε τις κυματομορφές των δυο καναλιών UA και UB.



1. Σημείωσε τα πλάτη των δύο σημάτων σε Voltpp: **UΑ** = **UΒ** =
2. Εξήγησε γιατί υπάρχει διαφορά στο πλάτος του UB ανάμεσα στις εργασίες **3** και **8**.



1. Από την εργαλειοθήκη των ενδεικτικών πάρε ένα βολτόμετρο και σύνδεσέ το στα άκρα της Rint όπως στο διπλανό σχήμα. Διπλοπάτησε επάνω του και άλλαξε το **Mode** σε **AC**.
2. Κλείσε και άνοιξε το διακόπτη του EWB και μόλις εμφανιστεί ένδειξη στο βολτόμετρο, πάτα **Pause**. Από την τάση ***UR*** στα άκρα της **Rint** υπολόγισε το ρεύμα εισόδου ***i*in**.

Επίσης:

1. Υπολόγισε την αντίσταση εισόδου *R*i του ενισχυτή CC από τον παρακάτω τύπο:

**5η ΑΣΚΗΣΗ – τάξη Γ’ (Τομέας Ηλεκτρολογίας – Ηλεκτρονικής)**

**Ψηφιακά ηλεκτρονικά – Flip-Flop**

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης θα είσαι σε θέση:

* Να κατανοείς τη λειτουργία των ασύχρονων εισόδων των flip-flop.
* Να ελέγχεις τη σωστή λειτουργία των flip-flop.

**Εισαγωγή:**

Τα **flip-flop** είναι ακολουθιακά κυκλώματα βασισμένα στους μανδαλωτές, στα οποία όμως η αλλαγή των καταστάσεων των εξόδων γίνεται σε συγχρονισμό με την αλλαγή στην κατάσταση μιας ιδιαίτερης εισόδου, η οποία ονομάζεται είσοδος ρολογιού (**clock**). Ανάλογα με τον τύπο του flip-flop ο συγχρονισμός συμβαίνει είτε κατά την αλλαγή της κατάστασης της εισόδου clock από “0” σε “1” (ανερχόμενο μέτωπο παλμού), είτε κατά την αλλαγή από “1” σε “0” (κατερχόμενο μέτωπο παλμού). Οι συνηθέστεροι τύποι flip-flop είναι το **D** και το **J-K** flip-flop.

Υπάρχουν διάφορα είδη flip-flop και σε όλα υπάρχει πρόβλεψη να μη μπορεί να επιβληθεί μέσω των κανονικών εισόδων τους η «μη χρησιμοποιούμενη» κατάσταση λειτουργίας των απλών μανδαλωτών. Σε όλα όμως τα είδη συνυπάρχουν και δύο «ασύγχρονες» είσοδοι, οι οποίες δεν ελέγχονται από τον παλμό ρολογιού, υπερισχύουν αυτού, και χρησιμοποιούνται για την επιβολή των αρχικών συνθηκών λειτουργίας των flip-flop. Αυτές είναι η είσοδοι «προτοποθέτησης» (**preset**, που κάνει την έξοδο Q “1”) και «καθαρισμού» (**clear**, που κάνει την έξοδο Q “0”). Με τις ασύγχρονες εισόδους μπορεί να εμφανιστεί η «μη χρησιμοποιούμενη» κατάσταση.

**Εργασίες:**

1. Αναγνώρισε το Ο.Κ. 74LS74 τύπου **D flip-flop** που θα χρειαστείς παρακάτω στην άσκηση και τοποθέτησέ το στην εκπαιδευτική πινακίδα (ή σε ένα απλό ράστερ). Μην ξεχάσεις να συνδέσεις τις ακίδες #14 και #7 στα +5V και στα 0V αντίστοιχα.

D

Q

Q’

PRESET

CLEAR

D

PS

CLR

CLK

CLK

LED

330Ω

330Ω

+5V

5

6

4

1

2

3

PS

CLR

1

2

3

4

5

6

7

14

13

12

11

10

9

8

CLR1

D1

CLK1

PS1

Q1

Q’1

GND

Vcc

CLR2

D2

CLK2

PS2

Q2

Q’2

**7474**

1. Κατασκεύασε με το 74LS74 το κύκλωμα του σχήματος. Χρησιμοποίησε (εφόσον διαθέτεις) τρεις διακόπτες εισόδου της εκπαιδευτικής πινακίδας για τις εισόδους **D**, **PS** και **CLR** (ή αλλιώς μετακινούμενα συρματάκια) και δυο επαφές ανίχνευσης εξόδων για τις εξόδους **Q** και **Q’** (στην περίπτωση ατή δεν χρειάζονται τα LED και οι αντιστάσεις).
2. Σύνδεσε την είσοδο CLK στην έξοδο του **κόκκινου** μπουτόν της πινακίδας (ή χρησιμοποίησε συρματάκι συνδεδεμένο στα 0V, αν έχεις απλό ράστερ).
3. Δείξε το κύκλωμα στον καθηγητή σου και **μετά** τροφοδότησε το με τάση. Με τη βοήθεια των διακοπτών και του μπουτόν της πινακίδας (ή μετακινώντας τα συρματάκαι στο απλό ράστερ) δώσε όλες τις καταστάσεις των εισόδων και συμπλήρωσε τον παρακάτω πίνακα.

Βέλος σημαίνει πάτημα του μπουτόν, ή μετακίνηση του σύρματος της εισόδου CLK στο “1” και μετά πάλι στο “0”. x σημαίνει αδιάφορο, δηλαδή είτε “1”, είτε “0”. Δοκίμασε και τα δύο.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| α/α | **ΕΙΣΟΔΟΙ** | | | | **ΕΞΟΔΟΙ** | |
| **PS** | **CLR** | **CLK** | **D** | **Q** | **Q’** |
| 1 | 0 | 1 | x | x |  |  |
| 2 | 1 | 0 | x | x |  |  |
| 3 | 0 | 0 | x | x |  |  |
| 4 | 1 | 1 | **** | 1 |  |  |
| 5 | 1 | 1 | **** | 0 |  |  |
| 6 | 1 | 1 | 0 | x |  |  |

Τι συμβαίνει στις εξόδους Q και Q’ όσο δεν δίνουμε παλμό CLK;

1. Σβήσε τη τροφοδοσία, βγάλε το 74LS04 και βάλε στη θέση του ένα **74LS112**.

(**Προσοχή!**  Έχει περισσότερες και διαφορετικές ακίδες από το 74LS04).

1. Κατασκεύασε το κύκλωμα του παρακάτω σχήματος και επανάλαβε τις εργασίες **2**, **3**, **4**. Προσοχή! Σύνδεσε την είσοδο CLK στην έξοδο του **πράσινου** μπουτόν της πινακίδας (ή χρησιμοποίησε συρματάκι συνδεδεμένο στα +5V, αν έχεις απλό ράστερ).

J

Q

Q’

PRESET

CLEAR

J

PS

CLR

CLK

CLK

LED

330Ω

330Ω

+5V

5

6

4

15

3

1

PS

CLR

K

2

K

1

2

3

4

5

6

7

14

13

12

11

10

9

8

16

15

CLK1

K1

J1

PS1

Q1

Q’1

GND

Vcc

CLR1

CLR2

CLK2

K2

J2

Q’2

PS2

Q2

**74112**

(Ο χειρισμός του **CLK** με συρματάκι γίνεται με σύνδεση της εισόδου στο “0” και μετά πάλι στο “1”).

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| α/α | **ΕΙΣΟΔΟΙ** | | | | | **ΕΞΟΔΟΙ** | |
| **PS** | **CLR** | **CLK** | **J** | **K** | **Q** | **Q’** |
| 1 | 0 | 1 | x | x | x |  |  |
| 2 | 1 | 0 | x | x | x |  |  |
| 3 | 0 | 0 | x | x | x |  |  |
| 4 | 1 | 1 | **** | 0 | 0 |  |  |
| 5 | 1 | 1 | **** | 1 | 0 |  |  |
| 6 | 1 | 1 | **** | 0 | 1 |  |  |
| 7 | 1 | 1 | **** | 1 | 1 |  |  |
| 8 | 1 | 1 | **** | 1 | 1 |  |  |

1. Επανάλαβε αρκετές φορές τη γραμμή **8**. Τι παρατηρείς;

**5η ΑΣΚΗΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ – Τάξη Γ’**

**Ψηφιακά Ηλεκτρονικά – Flip-Flop**

**Εισαγωγή:**

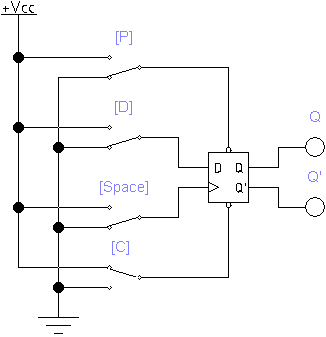
Τα **flip-flop** είναι ακολουθιακά λογικά κυκλώματα που αποτελούν εξέλιξη των μανδαλωτών, από τους οποίους κατάγονται. Βασική τους διαφορά είναι ότι οι αλλαγές καταστάσεων των εξόδων τους μπορούν και συγχρονίζονται με τα μέτωπα ανόδου ή καθόδου των παλμών που εφαρμόζονται στην είσοδο «ρολογιού» (**clock**) την οποία διαθέτουν. Όσο δεν εμφανίζονται αυτά τα μέτωπα, αλλαγές καταστάσεων στις εξόδους δε μπορούν να συμβούν.

Συνηθέστεροι τύποι flip-flop είναι ο τύπος **D** και ο τύπος **J-K**. Και στους δύο έχει προβλεφτεί να μην υπάρχει η «μη χρησιμοποιούμενη» κατάσταση των μανδαλωτών. Ειδικά στο J-K flip-flop αυτή η κατάσταση οδηγεί σε έναν τρόπο λειτουργίας, που ονομάζεται «αναστροφή» (**toggle**). Όλα τα flip-flop όμως διαθέτουν ακόμη δύο εισόδους, την είσοδο «προτοποθέτησης» (**preset**) και την είσοδο «καθαρισμού» (**clear**). Αυτές δεν ελέγχονται από την είσοδο ρολογιού και ονομάζονται «ασύγχρονες». Χρησιμοποιούνται για να καθορίζουμε την αρχική κατάσταση λειτουργίας του flip-flop και, με απρόσεκτη χρήση τους, μπορεί να προκύψει απ’ αυτές η «μη χρησιμοποιούμενη» κατάσταση στις εξόδους.

Όπως και με τις πύλες, ο προσομοιωτής EWB διαθέτει και μοντέλα flip-flop, τα οποία δεν σχετίζονται με τα πραγματικά ολοκληρωμένα κυκλώματα και δεν υπόκεινται στους περιορισμούς τάσεων τροφοδοσίας και λογικών σταθμών σε εισόδους και εξόδους. Με τη βοήθειά τους μπορούμε να προσομοιώσουμε ακολουθιακά κυκλώματα εστιαζόμενοι μόνο στις αλλαγές των καταστάσεων σε εισόδους και εξόδους.

**Εργασίες:**

1. Μπες στο περιβάλλον εργασίας του EWB και με σύμβολα από τις εργαλειοθήκες των πηγών (**Sources**), τη βασική (**Basic**), των ψηφιακών (**Digital**) και των ενδεικτικών (**Indicators**) σχεδίασε το κύκλωμα του παρακάτω σχήματος (το D flip-flop βρίσκεται τέρμα δεξιά στην εργαλειοθήκη):







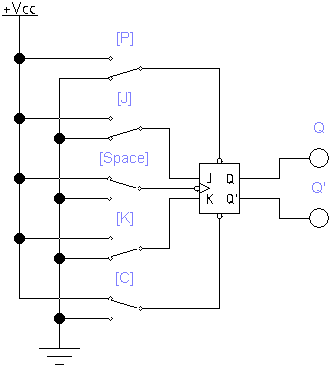
1. Διπλοπάτα διαδοχικά πάνω στους διακόπτες και στην ενότητα **Key:** δώσε τα ονόματα **p**, **d** και **c**, όπως στο σχήμα. Άφησε απείραχτο μόνον αυτόν που συνδέεται στην είσοδο CLK.
2. Άνοιξε το γενικό διακόπτη του προγράμματος. Χειριζόμενος τα πλήκτρα **p**, **d**, **c** και **space** δώσε όλες τις καταστάσεις του επόμενου πίνακα και συμπλήρωσε τις καταστάσεις των εξόδων.

Η ακολουθία 0-1-0 του CLK γίνεται με διπλό πάτημα του space, x σημαίνει αδιάφορο, 0 ή 1.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| α/α | **ΕΙΣΟΔΟΙ** | | | | **ΕΞΟΔΟΙ** | |
| **PS** | **CLR** | **CLK** | **D** | **Q** | **Q’** |
| 1 | 0 | 1 | x | x |  |  |
| 2 | 1 | 0 | x | x |  |  |
| 3 | 0 | 0 | x | x |  |  |
| 4 | 1 | 1 | 0-1-0 | 1 |  |  |
| 5 | 1 | 1 | 0-1-0 | 0 |  |  |
| 6 | 1 | 1 | 0 | x |  |  |

Σε ποια γραμμή εμφανίζεται η μη χρησιμοποιούμενη κατάσταση των PS και CLR;

1. Διάγραψε το D flip-flop και τοποθέτησε στη θέση του ένα **J-K** (είναι πέμπτο από αριστερά στην εργαλειοθήκη Digital). Πρόσθεσε ακόμη έναν διακόπτη, δώσε τα ονόματα και τις θέσεις των διακοπτών που βλέπεις όπως στην εργασία **2** και ολοκλήρωσε τις συνδέσεις.



1. Επανάλαβε την εργασία **3** με τα πλήκτρα **p**, **j**, **k**, **c** και **space** και συμπλήρωσε τον πίνακα:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| α/α | **ΕΙΣΟΔΟΙ** | | | | | **ΕΞΟΔΟΙ** | |
| **PS** | **CLR** | **CLK** | **J** | **K** | **Q** | **Q’** |
| 1 | 0 | 1 | x | x | x |  |  |
| 2 | 1 | 0 | x | x | x |  |  |
| 3 | 0 | 0 | x | x | x |  |  |
| 4 | 1 | 1 | 1-0-1 | 0 | 0 |  |  |
| 5 | 1 | 1 | 1-0-1 | 1 | 0 |  |  |
| 6 | 1 | 1 | 1-0-1 | 0 | 1 |  |  |
| 7 | 1 | 1 | 1-0-1 | 1 | 1 |  |  |
| 8 | 1 | 1 | 1-0-1 | 1 | 1 |  |  |

1. Η λειτουργία αναστροφής (**toggle**) φαίνεται στις γραμμές 7 και 8 του πίνακα.

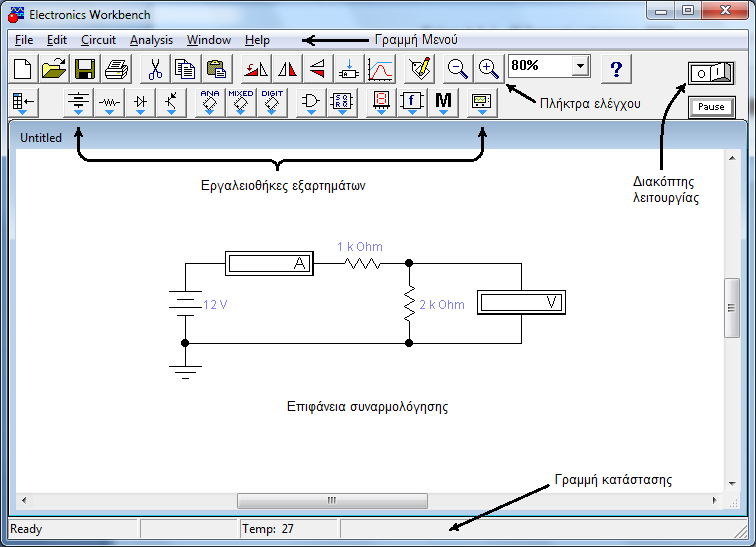
Με ποιο συνδυασμό των **J** και **K** ενεργοποιείται;

# **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ’:** Το EWB 5.12 και το Tina Pro 6.0

Στο Παράρτημα Γ’ περιγράφονται συνοπτικά η διεπαφή χρήστη και οι βασικοί χειρισμοί των δύο λογισμικών προσομοίωσης ηλεκτρονικού εργαστηρίου που είναι διαθέσιμα στα Εργαστηριακά Κέντρα της Τεχνικής Επαγγελματικής Εκπαίδευσης της χώρα μας, του Electronics Workbench (EWB) 5.12 και του Tina Pro 6.0. Από αυτά το EWB είναι το παλαιότερο και αποτελεί ουσιαστικά ελεύθερο λογισμικό, καθώς δεν υποστηρίζεται από τον κατασκευαστή του, ο οποίος δεν υφίσταται πλέον. Αντίθετα το Tina Pro προέρχεται από ενεργό κατασκευαστή και έχει αγοραστεί και διανεμηθεί από το Υπουργείο Παιδείας στα Εργαστηριακά Κέντρα που είχαν τομείς Ηλεκτρονικών και Ηλεκτρολογίας μεταξύ των ετών 2006 και 2007. Η περιγραφή του EWB χρησίμευσε και ως εγχειρίδιο αναφοράς στη διδακτική παρέμβαση της εργασίας.

## Γενική περιγραφή του EWB.

Από την έκδοση 4.0 και μετά η διεπαφή χρήστη του EWB ακολουθεί την κλασσική μορφή των παραθυρικών εφαρμογών, διατηρώντας ταυτόχρονα σχεδίαση που παραπέμπει στο σύνηθες περιβάλλον εργασίας ενός εργαστηρίου ηλεκτρονικών.



*Σχήμα ΠΓ1-1. Η διεπαφή χρήστη του EWB.*

Στο κέντρο βρίσκεται η επιφάνεια συναρμολόγησης του εικονικού κυκλώματος. Πάνω απ’ αυτή υπάρχει μια σειρά από «εργαλειοθήκες» εικονικών εξαρτημάτων και οργάνων και στα δεξιά ένας ευμεγέθης εικονικός διακόπτης, που ενεργοποιεί τις λειτουργίες προσομοίωσης. Όλα τα όργανα μπορούν να αναπτυχθούν με διπλοπάτημα επάνω τους, προκειμένου να γίνονται ορατές οι ενδείξεις τους.

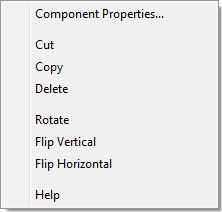
Πάνω από τη γραμμή των εργαλειοθηκών υπάρχουν η γραμμή των πλήκτρων ελέγχου της εφαρμογής και ακόμη πιο πάνω η γραμμή των μενού. Τέλος στο κάτω μέρος του παραθύρου υπάρχει η γραμμή κατάστασης, στην οποία εμφανίζονται διάφορες πληροφορίες, όπως ο χρόνος προσομοίωσης, η θερμοκρασία ανάλυσης κλπ.

**ΠΓ1.1 Η χρήση του ποντικιού στο EWB.**

Το ποντίκι χρησιμοποιείται στο EWB για να μετακινεί το δρομέα. Όταν ο δρομέας αφεθεί πάνω από κάποιο πλήκτρο, εμφανίζεται λεζάντα με σύντομη περιγραφή της λειτουργίας του (Bubble Help). Όταν ο δρομέας βρεθεί πάνω από εξάρτημα, μετατρέπεται σε χεράκι με απλωμένο δείκτη και ενεργοποιούνται οι λειτουργίες σύνδεσης ή μετακίνησης του εξαρτήματος.

Το αριστερό πλήκτρο του ποντικιού χρησιμοποιείται για το πάτημα των πλήκτρων και την επιλογή εξαρτημάτων, είτε μεμονωμένων (με απλό κλικ επάνω τους), είτε σε ομάδες (με κράτημα του πλήκτρου κάτω και σύρσιμο του δρομέα ως την απέναντι γωνία ενός νοητού παραλληλογράμμου). Τα εξαρτήματα που επιλέγονται αλλάζουν χρώμα. Διπλό πάτημα του αριστερού πλήκτρου πάνω σε εξάρτημα ανοίγει το παράθυρο των ιδιοτήτων του εξαρτήματος.

Το δεξί πλήκτρο του ποντικιού έχει πιο πολλές χρήσεις. Αν πατηθεί πάνω σε εξάρτημα ανοίγει το εξής παράθυρο:



*Component Properties:* **(**Ιδιότητες).

*Cut:*Αποκοπή του εξαρτήματος

*Copy:*Αντιγραφή του εξαρτήματος

*Delete:*Διαγραφή του εξαρτήματος

*Rotate:*Περιστροφή 90ο αριστερά

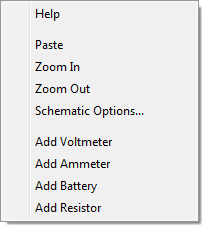
*Flip Vertical:*Κατακόρυφη αναστροφή

*Flip Horizontal:*Οριζόντια αναστροφή

*Help:*Βοήθεια για το εξάρτημα

Αν το δεξί πλήκτρο πατηθεί σε κενό χώρο της επιφάνειας συναρμολόγησης, ανοίγει το εξής παράθυρο:

*Help:*Βοήθεια για το EWB



*Paste:* Επικόλληση

*Zoom In:*Μεγέθυνση (έως 200%)

*Zoom Out***:** Σμίκρυνση (έως 50%)

*Schematic Options:*Επιλογές σχεδίασης

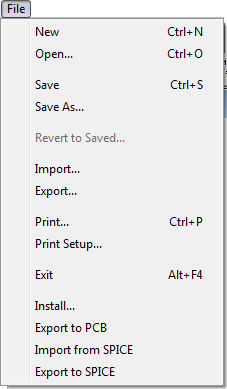
(εμφάνιση, απόκρυψη, σύνδεση, εκτύπωση κλπ)

*Add … :*Προσθήκη εκ νέου των εξαρτημάτων που είχαν τοποθετηθεί τελευταία

**ΠΓ1.2 Η γραμμή Μενού**

Επιλέγοντας με το ποντίκι κάποιο από τα στοιχεία αυτής της γραμμής ξεδιπλώνεται ένα κατερχόμενο μενού επιλογών. Οι επιλογές που ακολουθούνται από αποσιωπητικά οδηγούν σε νέα παράθυρα με πρόσθετες επιλογές για να ολοκληρωθούν.

**Το μενού File:** Σο μενού αυτό υπάρχουν οι εντολές διαχείρισης των αρχείων του EWB.



*New:*Δημιουργεί ένα νέο αρχείο κυκλώματος προσομοίωσης

*Open:* Ανοίγει ένα υπάρχον αρχείο κυκλώματος προσομοίωσης

*Save:* Αποθηκεύει το αρχείο στο δίσκο

*Save As:* Αποθηκεύει με άλλο όνομα

*Revert to Saved:* Ανακαλεί το αποθηκευμένο

*Import:* Εισάγει ένα αρχείο κυκλώματος από άλλο λογισμικό προσομοίωσης

*Export:* Εξάγει το κύκλωμα σε μορφή SPICE ή σε μορφή EWB

*Print:* Προκαλεί εκτύπωση με επιλογές

*Print Setup:* Επιτρέπει ρύθμιση του εκτυπωτή

*Exit:*Τερματίζει το EWB

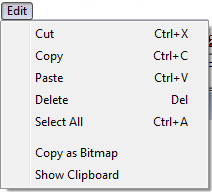
*Install:* Επιτρέπει την εγκατάσταση πρόσθετων λειτουργιών (Add-ons)

*Export to PCB:* Εξάγει το αρχείο κυκλώματος σε μορφή αναγνωρίσιμη από τα πακέτα λογισμικού σχεδίασης τυπωμένων κυκλωμάτων OrCad, Eagle, Protel, Tango, Layo και Ultimate

*Import from SPICE:* Εισάγει αρχείο κυκλώματος αποθηκευμένο με μορφή SPICE

*Export to SPICE:* Εξάγει το αρχείο προσομοίωσης σε με μορφή SPICE

**Το μενού Edit:** Στο μενού αυτό υπάρχουν οι εντολές διαχείρισης της σχεδίασης.



*Cut:* Αποκοπή επιλεγμένου τμήματος

*Copy:* Αντιγραφή επιλεγμένου τμήματος

*Paste:* Επικόλληση επιλεγμένου τμήματος

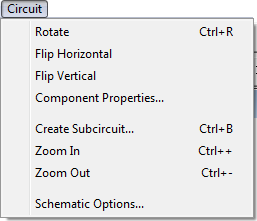
*Delete:* Διαγραφή επιλεγμένου τμήματος

*Select All:* Επιλογή όλων στο χώρο εργασίας

*Copy as Bitmap:* Αντιγραφή τμήματος ως εικόνα

*Show Clipboard:* Απεικόνιση των περιεχομένων του προχείρου

**Το μενού Circuit:** Στο μενού αυτό υπάρχουν εντολές διαχείρισης του προσομοιούμενου κυκλώματος.



*Rotate:* Περιστροφή του επιλεγμένου τμήματος ή εξαρτήματος

*Flip Horizontal:* Οριζόντια αναστροφή

*Flip Vertical:*Κατακόρυφη αναστροφή

*Component Properties:* Δείχνει τιςιδιότητες του εξαρτήματος. Είναι διαθέσιμο και με δεξί κλικ πάνω στο εξάρτημα

*Create Subcircuit:* Δημιουργία υποκυκλώματος

*Zoom In:* Μεγέθυνση (ως 200%)

*Zoom Out:* Σμίκρυνση (ως 50%)

*Schematic Options:*Επιλογές σχεδίασης. Είναι διαθέσιμο και με δεξί κλικ πάνω στην επιφάνεια συναρμολόγησης

Το υπομενού *Component Properties* του μενού *Circuit* ανοίγει μια σειρά από καρτέλες (το ίδιο γίνεται και με δεξί κλικ πάνω στο εξάρτημα), μέσα από τις οποίες ορίζονται μια σειρά από χαρακτηριστικά του εξαρτήματος, όπως παρακάτω:

*Label:* Επιτρέπει την αναγραφή μιας ετικέτας και τον καθορισμό του αριθμού αναφοράς για το εξάρτημα

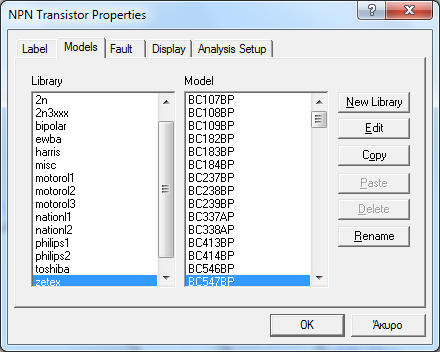
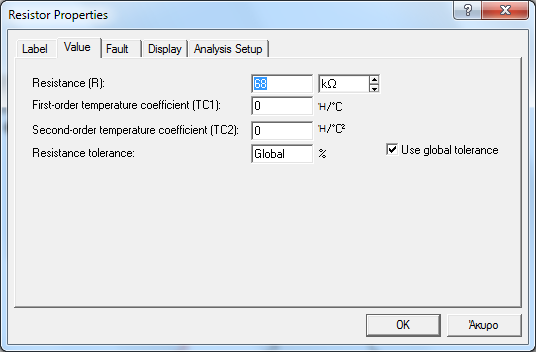
*Value/Model:* Επιτρέπει τον καθορισμό της τιμής του εξαρτήματος, ή την επιλογή και τροποποίηση ενός μοντέλου από βιβλιοθήκη εξαρτημάτων

*Fault:* Επιτρέπει την εισαγωγή βλάβης στο εξάρτημα. Υποστηρίζονται το βραχυκύκλωμα, η διακοπή και η διαρροή με επιλογή αντίστασης μεταξύ δύο ή περισσότερων ακροδεκτών του εξαρτήματος.

*Display:* Επιτρέπει την επιλογή των πληροφοριών για το εξάρτημα (αριθμός αναφοράς, ετικέτα, τιμή), οι οποίες θα εμφανίζονται μαζί μ’ αυτό.

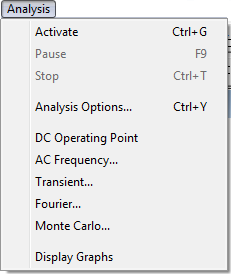
*Analysis Setup:* Επιτρέπει τον καθορισμό της θερμοκρασίας του εξαρτήματος.

Στο σχήμα ΠΒ1.1-1 φαίνονται οι καρτέλες ιδιοτήτων μιας αντίστασης και ενός τρανζίστορ.



*Σχήμα ΠΓ1.1-1. Καρτέλες ιδιοτήτων για μια αντίσταση 68kΩ και ένα τρανζίστορ BC547*

Σε περίπτωση τροποποίησης του μοντέλου κάποιου εξαρτήματος, αμέσως μετά την αποθήκευση του κυκλώματος το EWB εμφανίζει πλαίσιο διαλόγου όπου ζητά την αποθήκευση των τροποποιήσεων στη βιβλιοθήκη από την οποία προήλθε το εξάρτημα. Σε περίπτωση αρνητικής επιλογής, κάθε φορά που θα ανοίγεται το συγκεκριμένο κύκλωμα, θα εμφανίζεται πλαίσιο διαλόγου όπου θα ζητείται να δηλωθεί αν θα χρησιμοποιηθεί το τροποποιημένο μεντέλο στο κύκλωμα ή το μοντέλο της βιβλιοθήκης.



**Το μενού Analysis:** Στο μενού αυτό υπάρχουν επιλογές ελέγχου των αναλύσεων του EWB.

*Activate:* Εκκίνηση προσομοίωσης

*Pause:* Στάση προσομοίωσης

*Stop:* Παύση προσομοίωσης

*Analysis Options:* Επιλογές ανάλυσης

*DC Operating Point:* Απεικονίζει τις συνεχείς τάσεις των κόμβων

*AC Frequency:* Απεικονίζει την απόκριση συχνότητας και φάσης για κάποιο κόμβο.

*Transient:* Απεικονίζει μεταβατικά φαινόμενα για κάποιο κόμβο στο κύκλωμα

*Fourier:* Κάνει ανάλυση σε σειρά Fourier του σήματος σε κάποιο κόμβο

*Monte Carlo:* Κάνει ανάλυση των επιπτώσεων των ανοχών των εξαρτημάτων

*Display Graphs:* Δείχνει τα αποτελέσματα όλων των αναλύσεων σε κοινό παράθυρο

Τα δεδομένα των αναλύσεων, καθώς και κάθε διαδικασίας προσομοίωσης, αποθηκεύονται σε χώρο μνήμης δεσμευμένο από το EWB και μπορούν κατόπιν να χρησιμοποιηθούν για τη χάραξη διαγραμμάτων. Ο χώρος αυτός μπορεί να γεμίσει σε χρόνο μερικών δευτερολέπτων. Τότε η προσομοίωση διακόπτεται και παρουσιάζεται μήνυμα που ζητά από το χρήστη να αποφασίσει αν θα σταματήσει την προσομοίωση, αν θα τη συνεχίσει με αποθήκευση των συσσωρευμένων δεδομένων στο δίσκο, ή αν θα τη συνεχίσει με διαγραφή των συσσωρευμένων δεδομένων.

**Το μενού Window:**

Περιέχει τις επιλογές Arrange, Circuit και Description. Οι δύο πρώτες ρυθμίζουν την τακτοποίηση και την απεικόνιση των ανοιχτών παραθύρων του πακέτου. Η τελευταία ανοίγει ένα παράθυρο στο οποίο μπορεί να αποθηκευτεί μια σύντομη περιγραφή του προσομοιούμενου κυκλώματος για μελλοντική αναφορά.

**Το μενού Help:**

Περιέχει πρόσβαση στα αρχεία βοήθειας του EWB.

**ΠΒ1.3 Τα πλήκτρα ελέγχου:**

 Αντιστοιχεί στην επιλογή New του μενού File

 Αντιστοιχεί στην επιλογή Open του μενού File

 Αντιστοιχεί στην επιλογή Save του μενού File

 Αντιστοιχεί στην επιλογή Print του μενού File

 Αντιστοιχεί στην επιλογή Cut του μενού Edit

 Αντιστοιχεί στην επιλογή Copy του μενού Edit

 Αντιστοιχεί στην επιλογή Paste του μενού Edit

 Αντιστοιχεί στην επιλογή Rotate του μενού Circuit

 Αντιστοιχεί στην επιλογή Flip Horizontal του μενού Circuit

 Αντιστοιχεί στην επιλογή Flip Vertical του μενού Circuit

 Αντιστοιχεί στην επιλογή Create Subcircuit του μενού Circuit

 Αντιστοιχεί στην επιλογή Display Graphs του μενού Analysis

 Αντιστοιχεί στην επιλογή Component Properties του μενού Circuit

 Αντιστοιχεί στην επιλογή Zoom Out του μενού Circuit

 Αντιστοιχεί στην επιλογή Zoom In του μενού Circuit

 Αντιστοιχεί στην επιλογή Help του μενού Help

 Επιλέγει το ποσοστό σμίκρυνσης – μεγέθυνσης

 Αντιστοιχεί στην επιλογή Activate του μενού Analysis

 Αντιστοιχεί στην επιλογή Pause του μενού Analysis

**ΠΓ1.4 Οι συντομεύσεις πληκτρολογίου.**

Στο EWB η πίεση του πλήκτρου Alt προκαλεί την εμφάνιση υπογραμμίσεων κάτω από τα αρχικά γράμματα των εντολών μενού, π.χ. File, Edit, Circuit, Analysis, Window, Help. Πληκτρολογώντας στη συνέχεια το υπογραμμισμένο γράμμα ξεδιπλώνεται το ανάλογο κατερχόμενο μενού, όπου δίπλα στις επιλογές φαίνονται οι αντίστοιχες συντομεύσεις πληκτρολογίου. Με τη βοήθειά αυτών των συντομεύσεων ο έμπειρος χρήστης μπορεί να επιταγχύνει σημαντικά τους χειρισμούς του προγράμματος και έτσι να βελτιώσει την παραγωγικότητά του. Οι συντομεύσεις πληκτρολογίου του EWB είναι οι εξής:

Δημιουργία Νέου (New) Ctrl + N

Άνοιγμα (Open) Ctrl + O

Αποθήκευση (Save) Ctrl + S

Εκτύπωση (Print) Ctrl + P

Έξοδος (Exit) Alt + F4

Αποκοπή (Cut) Ctrl + X

Αντιγραφή (Copy) Ctrl + C

Επικόλληση (Paste) Ctrl + V

Επιλογή Όλων (Select All) Ctrl + A

Περιστροφή Δεξιά (Rotate) Ctrl + R

Δημιουργία Υποκυκλώματος (Create Sub circuit) Ctrl + B

Μεγέθυνση (Zoom In) Ctrl + +

Σμίκρυνση (Zoom Out) Ctrl + -

Ενεργοποίηση Ανάλυσης (Activate) Ctrl + G

Στάση Ανάλυσης (Pause) F9

Παύση Ανάλυσης (Stop) Ctrl + T

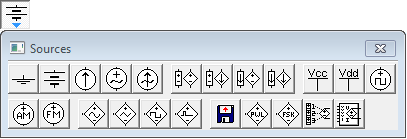
Επιλογές Ανάλυσης (Analysis Options) Ctrl + Y

Τακτοποίηση Παραθύρων (Arrange) Ctrl + W

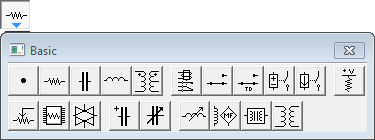
Εισαγωγή Περιγραφής (Description) Ctrl + D

Βοήθεια (Help) F1

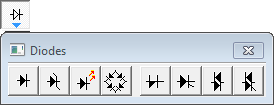
**ΠΓ1.5 Οι εργαλειοθήκες του EWB**

**Βασική:** 

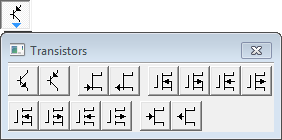
Από επάνω αριστερά: Γείωση, Μπαταρία (12V), Πηγή συνεχούς ρεύματος, Πηγή εναλλασσόμενης τάσης, Πηγή εναλλασσόμενου ρεύματος, Πηγή συνεχούς τάσης ελεγχόμενη από τάση, Πηγή συνεχούς ρεύματος ελεγχόμενη από τάση, Πηγή συνεχούς τάσης ελεγχόμενη από ρεύμα, Πηγή τάσης +Vcc (+5V), Πηγή τάσης +Vdd (+15V), Γεννήτρια παλμών Clock, Πηγή (ημιτονικής) τάσης διαμορφωμένης κατά πλάτος, Πηγή (ημιτονικής) τάσης διαμορφωμένης κατά συχνότητα, Ταλαντωτής ημιτονικού κύματος ελεγχόμενος από τάση, Ταλαντωτής τριγωνικού κύματος ελεγχόμενος από τάση, Ταλαντωτής τετραγωνικού κύματος ελεγχόμενος από τάση, Ελεγχόμενος μονοσταθής πολυδονητής, Τμηματικά γραμμική πηγή (φορτώνεται από αρχείο \*.txt), Τμηματικά γραμμική πηγή ελεγχόμενη από τάση, Πηγή FSK (κωδικοποίησης μετατόπισης συχνότητας), Πολυωνυμική πηγή, Μη γραμμικά εξαρτώμενη πηγή.

**Πηγών: **

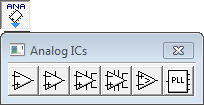
Από επάνω αριστερά: Ηλεκτρική σύνδεση, Αντιστάτης, Πυκνωτής, Πηνίο, Μετασχηματιστής, Ρελέ, Διακόπτης, Διακόπτης με χρονοκαθυστέρηση, Διακόπτης ελεγχόμενος από τάση, Διακόπτης ελεγχόμενος από ρεύμα, Αντίσταση πρόσδεσης (στο +V), Ποτενσιόμετρο, Πακέτο (οκτώ) αντιστάσεων, Αναλογικός διακόπτης ελεγχόμενος από τάση, Πυκνωτής με πολικότητα (ηλεκτρολυτικός), Πυκνωτής μεταβλητής χωρητικότητας, Πηνίο μεταβλητής αυτεπαγωγής, Πηνίο χωρίς πυρήνα, Μαγνητικός πυρήνας, Μη γραμμικός μετασχηματιστής.

**Διόδων: **

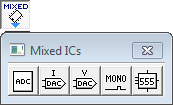
Από αριστερά: Δίοδος (κρυσταλλοδίοδος), Δίοδος Zener, Δίοδος εκπομπής φωτός (LED), Ανορθωτής γέφυρας διόδων πλήρους κύματος, Δίοδος Shockley, Ελεγχόμενος ανορθωτής πυριτίου (Θυρίστορ SCR), DIAC, TRIAC

**Τρανζίστορ: **

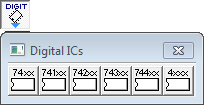
Από επάνω αριστερά: Τρανζίστορ NPN, Τρανζίστορ PNP, FET επαφής N καναλιού, FET επαφής P καναλιού, MOSFET αραίωσης N καναλιού 3 ακροδεκτών, MOSFET αραίωσης P-καναλιού 3 ακροδεκτών, MOSFET αραίωσης N-καναλιού 4 ακροδεκτών, MOSFET αραίωσης P-καναλιού 4 ακροδεκτών, MOSFET πύκνωσης N-καναλιού 3 ακροδεκτών, MOSFET πύκνωσης P-καναλιού 3 ακροδεκτών, MOSFET πύκνωσης N-καναλιού 4 ακροδεκτών, MOSFET πύκνωσης P-καναλιού 4 ακροδεκτών, FET Γαλλίου - Αρσενικού (GaAs) N-καναλιού, FET Γαλλίου - Αρσενικού (GaAs) P-καναλιού.

**Αναλογικών Ο.Κ.: **

Από αριστερά: Τελεστικός ενισχυτής 3 ακροδεκτών, Τελεστικός ενισχυτής 5 ακροδεκτών, Τελεστικός ενισχυτής 7 ακροδεκτών, Τελεστικός ενισχυτής 9 ακροδεκτών, Συγκριτής, Βρόγχος κλειδωμένης φάσης (PLL)

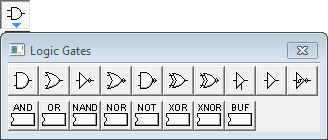
**Μεικτών Ο.Κ.: **

Από αριστερά: Μετατροπέας αναλογικού σε ψηφιακό, Μετατροπέας ψηφιακού σε αναλογικό (ρεύματος), Μετατροπέας ψηφιακού σε αναλογικό (τάσης), Μονοσταθής πολυδονητής, Χρονιστής 555.

**Ψηφιακών Ο.Κ.: **

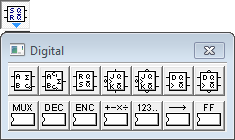
Από αριστερά: Τεχνολογίας TTL, σειράς 74XX, Τεχνολογίας TTL, σειράς 741XX, Τεχνολογίας TTL, σειράς 742XX, Τεχνολογίας TTL, σειράς 743XX, Τεχνολογίας TTL, σειράς 744XX, Τεχνολογίας CMOS, σειράς 4XXX.

Όταν κάποιο στοιχείο απ’ αυτή την εργαλειοθήκη συρθεί και αφεθεί στην επιφάνεια συναρμολόγησης, ανοίγει δίπλα του λίστα με όλα τα ολοκληρωμένα κυκλώματα της σειράς, από την οποία μπορεί να επιλεγεί το επιθυμητό.

**Λογικών πυλών: **

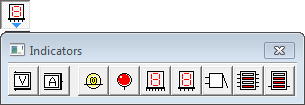
Από επάνω αριστερά: Πύλη AND δύο εισόδων, Πύλη OR δύο εισόδων, Πύλη NOT, Πύλη NOR δύο εισόδων, Πύλη NAND δύο εισόδων, Πύλη XOR δύο εισόδων, Πύλη XNOR δύο εισόδων, Απομονωτής τριών καταστάσεων (tristate buffer), Απομονωτής, Αντιστροφέας Schmitt Trigger, Ολοκληρωμένα με πύλες ΑND, Ολοκληρωμένα με πύλες OR, Ολοκληρωμένα με πύλες NAND, Ολοκληρωμένα με πύλες NOR, Ολοκληρωμένα με πύλες NOT, Ολοκληρωμένα με πύλες αποκλειστικού OR, Ολοκληρωμένα με πύλες αποκλειστικού NOR, Ολοκληρωμένα κυκλώματα με απομονωτές

Για την επιλογή των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων της κάτω σειράς ισχύει ότι και για τα ολοκληρωμένα της προηγούμενης εργαλειοθήκης.

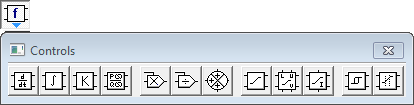
**Ψηφιακών: **

Από επάνω αριστερά: Ημιαθροιστής, Πλήρης αθροιστής, Set – Reset flip – flop, J – K flip – flop με ασύγχρονες εισόδους θετικής λογικής, J – K flip – flop με ασύγχρονες εισόδους αρνητικής λογικής, D τύπου flip – flop, D τύπου flip – flop με ασύγχρονες εισόδους αρνητικής λογικής, Ολοκληρωμένα με πολυπλέκτες, Ολοκληρωμένα με αποπλέκτες, Ολοκληρωμένα με κωδικοποιητές, Ολοκληρωμένα με αριθμητικά κυκλώματα, Ολοκληρωμένα με απαριθμητές, Ολοκληρωμένα με καταχωρητές ολίσθησης, Ολοκληρωμένα με flip – flop

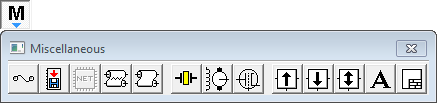
Για την επιλογή των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων της κάτω σειράς ισχύει ότι και για τα ολοκληρωμένα της προηγούμενης εργαλειοθήκης.

**Ενδεικτών: **

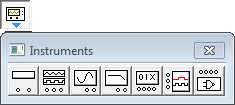
Από αριστερά: Βολτόμετρο, Αμπερόμετρο, Λυχνία πυράκτωσης, Ενδείκτης LED, Οθόνη LED επτά τμημάτων, Οθόνη LED επτά τμημάτων με αποκωδικοποιητή, Βομβητής, Ενδεικτική μπάρα των 10 LED, Ενδεικτική μπάρα των 10 LED βολτομετρική.

**Ελέγχου: **

Από αριστερά: Στοιχείο διαφόρισης τάσης, Στοιχείο ολοκλήρωσης τάσης, Στοιχείο ενίσχυσης τάσης, Στοιχείο συνάρτησης μεταφοράς, Πολλαπλασιαστής, Διαιρέτης, Αθροιστής τριών εισόδων, Στοιχείο περιορισμού τάσης, Στοιχείο περιορισμού ελεγχόμενο από τάση, Στοιχείο περιορισμού ρεύματος, Στοιχείο υστέρησης τάσης, Στοιχείο ρυθμού μεταβολής τάσης.

**Διάφορα: **

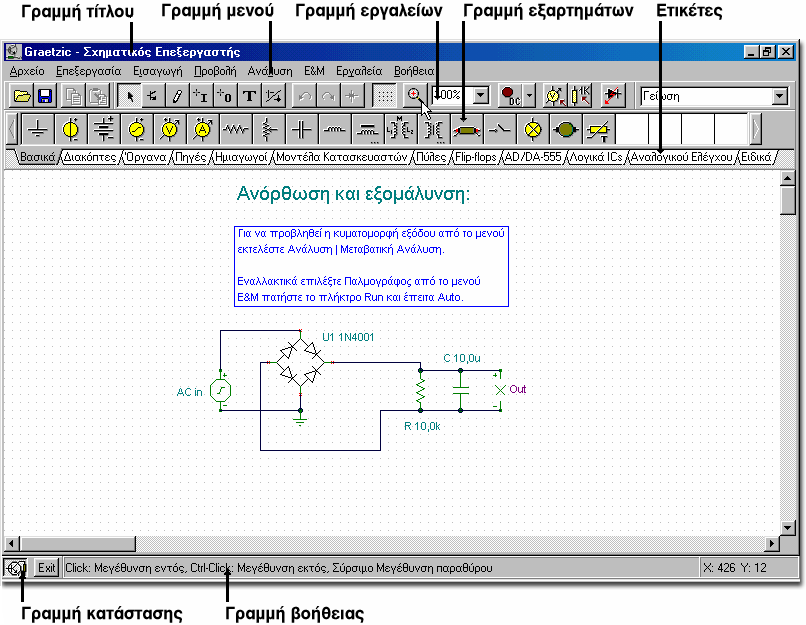
Από αριστερά: Ασφάλεια τήξης, Καταγραφή δεδομένων από μετρήσεις σε δίσκο, Στοιχείο λίστας συνδέσεων (Netlist), Γραμμή μεταφοράς με απώλειες, Γραμμή μεταφοράς χωρίς απώλειες, Κρύσταλλος ταλαντώσεων, Κινητήρας συνεχούς ρεύματος, Τρίοδος ηλεκτρονική λυχνία, Μετατροπέας επαύξησης (Boost), Μετατροπέας απομείωσης (Buck), Μετατροπέας αυξομείωσης (Buck-Boost), Πλαίσιο καταγραφής κειμένου, Πλαίσιο καταγραφής τίτλου

**Οργάνων: **

Από αριστερά: Πολύμετρο, Γεννήτρια συναρτήσεων, Παλμογράφος δύο καναλιών, Καταγραφέας Bode, Γεννήτρια ψηφιακών λέξεων, Λογικός αναλυτής, Λογικός μετατροπέας.

Τα όργανα της εργαλειοθήκης οργάνων μπορούν να συμπεριληφθούν μόνο μια φορά το καθένα στην τρέχουσα προσομοίωση. Όταν σέρνονται στην επιφάνεια σχεδίασης έχουν τη μορφή εικονιδίου, αλλά με διπλό κλικ επάνω τους αναπτύσσονται σε μέγεθος κατάλληλο να επιτρέψει τη διενέργεια επιλογών και ρυθμίσεων σχετικών με τη λειτουργία τους. Ο Λογικός μετατροπέας αποτελεί ιδιαίτερη περίπτωση, καθώς δεν υπάρχει αντίστοιχό του στον πραγματικό κόσμο. Με τη βοήθειά του μπορούν να εξαχθούν λογικές συναρτήσεις από πίνακες αλήθειας, να απλοποιηθούν, να παραχθούν τα λογικά κυκλώματα, να εξαχθούν πίνακες αλήθειας λογικών κυκλωμάτων και να απλοποιηθούν λογικά κυκλώματα.

## Γενική περιγραφή του Tina Pro.



*Σχήμα ΠΓ2-1. Ο Σχηματικός Επεξεργαστής του Tina Pro.*

Στο σχήμα ΠΒ2-1 φαίνεται το περιβάλλον εργασίας του Tina Pro, το οποίο η DesignSoft ονομάζει Σχηματικό Επεξεργαστή (Schematic Processor). Το Tina Pro έχει παρόμοια διεπαφή χρήστη μ’ αυτή του EWB, με αποτέλεσμα η όποια προϋπάρχουσα εξοικείωση μ’ αυτό να μπορεί να μεταφερθεί γρήγορα και στο Tina Pro. Στο κέντρο του σχήματος διακρίνεται ο βασικός χώρος εργασίας του προγράμματος, που είναι η επιφάνεια συναρμολόγησης των εικονικών κυκλωμάτων. Πάνω από αυτή υπάρχουν κατά σειρά (DesignSoft, 2002):

* Η Γραμμή τίτλου όπου προβάλλεται η ονομασία του κυκλώματος.
* Η Γραμμή μενού η οποία περιέχει τις συνήθεις εντολές των Windows και τις βασικές εντολές του προσομοιωτή.
* Η Γραμμή εργαλείων η οποία περιέχει εικονίδια εντολών που χρησιμοποιούνται συχνά, όπως Αντιγραφή, Επικόλληση, Περιστροφή εξαρτήματος κλπ.
* Η Γραμμή εξαρτημάτων η οποία περιέχει εξαρτήματα και όργανα μέτρησης οργανωμένα σε ομάδες.
* Η Γραμμή ετικετών η οποία περιλαμβάνει ετικέτες, με πάτημα πάνω στις οποίες γίνεται η επιλογή κάθε ομάδας από τη γραμμή εξαρτημάτων.

Κάτω από το παράθυρο εργασίας βρίσκονται:

* Η Γραμμή κατάστασης στο αριστερό άκρο, η οποία προβάλει την τρέχουσα κατάσταση του ενεργού παραθύρου. Το πάτημα του πλήκτρου που βρίσκεται τέρμα αριστερά κλειδώνει ή ξεκλειδώνει το σχηματικό επεξεργαστή έτσι ώστε να αποκρύπτει τα διάφορα εικονικά όργανα ή παράθυρα.
* Η Γραμμή βοήθειας δίπλα στη Γραμμή κατάστασης, όπου προβάλλονται σύντομες επεξηγήσεις όταν το ποντίκι βρίσκεται πάνω από κάποιο εικονίδιο.

**ΠΓ2.1 Η χρήση του ποντικιού στο Tina Pro.**

Στο Tina Pro το ποντίκι χρησιμοποιείται για τη μετακίνηση του δρομέα πάνω στην επιφάνεια εργασίας, τα μενού, τα εργαλεία και τα εξαρτήματα. Σε ορισμένες θέσεις η μορφή του δρομέα αλλάζει (π.χ. σε στυλό), για να καταδείξει συγκεκριμένες λειτουργίες που μπορούν να ενεργοποιηθούν σ’ εκείνες τις θέσεις. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο το αριστερό όσο και το δεξί πλήκτρο του ποντικιού.

Με το αριστερό πλήκτρο του ποντικιού γίνονται επιλογές, μετακινήσεις και αντιγραφές αντικειμένων, καθώς και τροποποίηση παραμέτρων (με διπλό πάτημα στο αντικείμενο), όπως παρακάτω:

***Επιλογή****:* Πατώντας το αριστερό πλήκτρο στο αντικείμενο θα επιλεγεί το επιθυμητό αντικείμενο και θα αποεπιλεγούν όλα τα άλλα.

***Πολλαπλή επιλογή****:* Κρατώντας πατημένο το πλήκτρο [shift] θα προστεθεί το αντικείμενο κάτω από το δείκτη στην ομάδα αντικειμένων που ήδη έχουν επιλεγεί. Αν το αντικείμενο κάτω από το δείκτη και είναι ήδη επιλεγμένο, ο ίδιος χειρισμός θα το αφαιρέσει από την ομάδα.

***Επιλογή ομάδας****:* Κρατώντας πατημένο το αριστερό πλήκτρο σε κενό σημείο της επιφάνειας συναρμολόγησης και σέρνοντας το ποντίκι δημιουργείται Τομέας και επιλέγονται όλα τα αντικείμενα που περιέρχονται σ’ αυτόν.

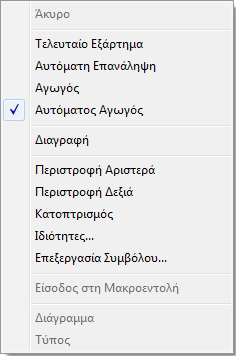
***Επιλογή όλων*** (των αντικειμένων): Πατώντας [Ctrl + Α] επιλέγονται όλα τα αντικείμενα.

***Μετακίνηση αντικειμένου****:* Ένα αντικείμενο μπορεί να μετακινηθεί "σέρνοντας το" (τοποθετείστε το δείκτη επάνω στο αντικείμενο, πατήστε και κρατήστε το αριστερό πλήκτρο και μετακινείστε το ποντίκι). Πολλαπλά αντικείμενα μπορούν να μετακινηθούν πρώτα επιλέγοντας τα (κοιτάξτε παραπάνω) και πατώντας το αριστερό πλήκτρο, καθώς ο δείκτης είναι πάνω από ένα επιλεγμένο αντικείμενο, κρατώντας το αριστερό πλήκτρο πατημένο και σέρνοντας.

***Τροποποίηση παραμέτρου****:* Διπλοπατώντας σε ένα αντικείμενο εμφανίζεται το μενού Παράμετρος, και μπορούν να τροποποιηθούν οι παράμετροί του.

***Αντιγραφή τομέα ή σύμβολου****:* Ομάδα ή σύμβολο που έχει επιλεγεί, μπορεί να αντιγραφεί πατώντας [Ctrl + C] και να επικολληθεί σε άλλη θέση πατώντας [Ctrl + V].

Πατώντας το δεξί πλήκτρο του ποντικιού εμφανίζεται ένα αναδυόμενο μενού, με τη χρήση του οποίου ελέγχονται οι λειτουργίες σχεδιασμού του εικονικού κυκλώματος, όπως παρακάτω:



***Άκυρο***: Έξοδος από την προηγούμενη κατάσταση (π.χ. μετακίνηση ή σχεδίαση).

***Τελευταίο εξάρτημα****:* Επανάληψη εισαγωγής του εξαρτήματος που τοποθετήθηκε τελευταία.

***Αγωγός****:* Αλλαγή σε κατάσταση σχεδίασης αγωγού. Μ' αυτό τον τρόπο ο δείκτης του ποντικιού αλλάζει σε στυλό.

***Αυτόματος Αγωγός****:* Αλλαγή σε κατάσταση σχεδίασης αγωγού, όταν ο δείκτης του ποντικιού προσεγγίζει ακροδέκτη εξαρτήματος

***Διαγραφή****:* Απαλοιφή επιλεγμένων εξαρτημάτων.

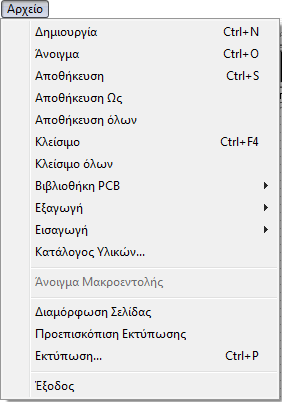
***Περιστροφή – Κατοπτρισμός****:* Περιστροφή αριστερά, δεξιά, ή κατοπτρισμός του επιλεγμένου εξαρτήματος. Η περιστροφή γίνεται και με τα πλήκτρα Ctrl-L ή Ctrl-R.

***Ιδιότητες****:* Μ’ αυτή την εντολή, γίνεται επεξεργασία των ιδιοτήτων (value - τιμή, label - ετικέτα) του εξαρτήματος που είναι επιλεγμένες. Από τις Ιδιότητες μπορούν να καθοριστούν όλες οι παράμετροι ενός εξαρτήματος πριν αυτό τοποθετηθεί. Αυτό επιτρέπει να τοποθετηθούν πολλαπλά αντίγραφα του εξαρτήματος, όλα με τις ιδιότητες που εισήχθηκαν τελευταία. Στον επεξεργαστή ιδιοτήτων του εξαρτήματος το δεξί πλήκτρο του ποντικιού έχει και άλλη λειτουργία. Κατά την επεξεργασία ενός πεδίου από οποιαδήποτε παράμετρο εξαρτήματος μπορεί να γίνει αντιγραφή αυτού του πεδίου στο πεδίο Ετικέτα πατώντας το δεξί πλήκτρο και επιλέγοντας την εντολή Αντιγραφή στην εντολή Ετικέτα. Το ίδιο αποτέλεσμα έχει και το πάτημα του πλήκτρου F9.

**ΠΓ2.2 Η γραμμή Μενού.**

Επιλέγοντας με το ποντίκι κάποιο από τα στοιχεία αυτής της γραμμής ξεδιπλώνεται ένα κατερχόμενο μενού επιλογών. Όσες από τις επιλογές αυτές έχουν ένα βέλος δεξιά τους, παραπέμπουν σε άλλο παράθυρο, π.χ. Εξαγωγή, Εισαγωγή κλπ. Οι υπόλοιπες απλά εκτελούν μια ορισμένη εντολή, όπως Επεξεργασία ή Αντιγραφή.

**Αρχείο:** Στο μενού αυτό περιέχονται οι συνήθεις εντολές Windows.



*Δημιουργία:* ανοίγει νέα σελίδα στο Σχεδιαστικό Επεξεργαστή για τη σχεδίαση κυκλωμάτων.

*Άνοιγμα:* ανοίγει ένα υπάρχον κύκλωμα.

*Αποθήκευση:* αποθηκεύει το τρέχον κύκλωμα.

*Αποθήκευση Ως:* δημιουργεί ένα αντίγραφο ή μια νέα έκδοση του κυκλώματος.

*Αποθήκευση όλων:* αποθηκεύει όλα τα ανοιχτά αρχεία.

*Κλείσιμο:* κλείνει ένα ενεργό παράθυρο.

*Κλείσιμο όλων:* κλείνει όλα τα ενεργά παράθυρα.

*Βιβλιοθήκη PCB:* Καθορίζει τη φόρμα των αρχείων που χρησιμοποιούνται για επικοινωνία με προγράμματα σχεδίασης πλακετών τυπωμένων κυκλωμάτων (PCB). Υποστηρίζονται τα ORCAD, PCAD, PROTEL, REDAC, TANGO και EDS.

*Εξαγωγή:* εξάγει το αρχείο του κυκλώματός μας σε μορφή PSpice (\*.CIR), Windows Metafile (\*.WMF) και σε διάφορες μορφές PCB (\*.NET).

*Εισαγωγή:* εισάγει αρχεία κυκλωμάτων τύπου ΤΙΝΑ 2xx (\*.ICE), Palmtop (\*.SCH), Pspice (\*.CIR), Logic Converter (\*TLC).

*Κατάλογος Υλικών:* Εξάγει τον κατάλογο υλικών από ένα κύκλωμα.

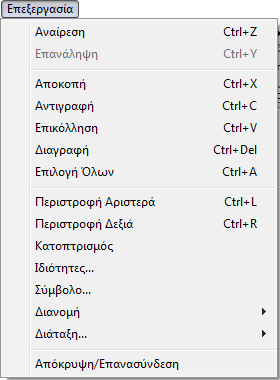
*Άνοιγμα Μακροεντολής:* Προκαλεί το άνοιγμα μιας μακροεντολής του ΤΙΝΑ PRO.

*Διαμόρφωση Σελίδας:* Καθορίζει τις ρυθμίσεις της σελίδας για εκτύπωση.

*Προεπισκόπιση: Δείχνει* πως έχει διαμορφωθεί η σελίδα σύμφωνα με τις ρυθμίσεις.

*Εκτύπωση: Επιτρέπει* τη διαμόρφωση των παραμέτρων της εκτύπωσης.

**Επεξεργασία:** Το μενού αυτό περιέχει εντολές σχετικές με τη σχεδίαση κυκλωμάτων όπως: *Αναίρεση, Επανάληψη, Αποκοπή, Αντιγραφή, Επικόλληση, Απαλοιφή, Επιλογή Όλων*.



*Περιστροφή Αριστερά, Περιστροφή Δεξιά*, και *Κατοπτρισμός:* Επιτρέπουν το χειρισμό των εξαρτημάτων για την τοποθέτησή τους στο σχεδιαστικό χώρο με τον επιθυμητό τρόπο.

*Ιδιότητες:* προβάλλονται οι ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά ενός επιλεγμένου εξαρτήματος ή μοντέλου.

*Σύμβολο:* εισάγει ή δημιουργεί ένα σύμβολο.

*Διανομή:* δημιουργεί διαφορετικές εκδόσεις ή κλειδώνει ένα κύκλωμα.

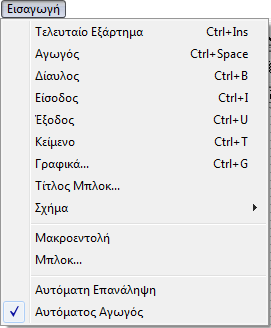
*Απόκρυψη/Επανασύνδεση:* Συνδέει ή αποσυνδέει δύο αγωγούς που δημιουργούν κόμβο.

**Εισαγωγή:** Το μενού αυτό περιέχει γενικές εντολές για την εισαγωγή αντικειμένων στο περιβάλλον εργασίας.

*Τελευταίο Εξάρτημα:* Εισάγει το εξάρτημα που χρησιμοποιήθηκε τελευταία.

*Αγωγός, Δίαυλος, Κείμενο, Γραφικά, Τίτλος Μπλοκ, Σχήμα:* Εισάγουν τα αντίστοιχα εξαρτήματα/εντολές/σχήματα.

*Είσοδος* και *Έξοδος:* ελέγχουν τον τρόπο προβολής ορισμένων αναλύσεων.

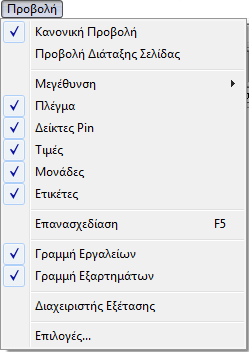


*Μακροεντολή* και *Μπλοκ:* Εισάγουν μιαμακροεντολή ή ένα τμήμα (μπλοκ) κυκλώματος στην επιφάνεια σχεδίασης.

*Αυτόματη Επανάληψη:* Επαναλαμβάνει την εισαγωγή εξαρτήματος στη σχεδίαση.

*Αυτόματος Αγωγός:* Αν είναι ενεργή, επιτρέπει τη μετακίνηση εξαρτήματος που είναι συνδεμένο με αγωγό χωρίς να χρειαστεί επανασχεδίαση του αγωγού.

**Προβολή:** Απ’ αυτό το μενού γίνεται η επιλογή του τρόπου εμφάνισης του σχεδιαστικού επεξεργαστή.



*Κανονική Προβολή:* Προβάλει την προκαθορισμένη μορφή του Σχεδιαστικού Επεξεργαστή, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.

*Προβολή Διάταξης Σελίδας:* Προβάλει το Σχεδιαστικό Επεξεργαστή σε μορφή σελίδας.

*Μεγέθυνση:* Κάνει επιλογή του ποσοστού μεγέθυνσης του κυκλώματος από λίστα.

*Πλέγμα, Δείκτες Pin, Τιμές, Γραμμή Εργαλείων, Γραμμή Εξαρτημάτων:* Λειτουργούν ως διακόπτες και προβάλουν ή αποκρύπτουν τα στοιχεία στα οποία αναφέρονται.

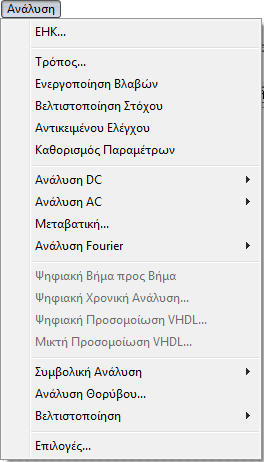
*Επανασχεδίαση:* Καθαρίζει και επανασχεδιάζει το κύκλωμα.

*Διαχειριστής Εξέτασης:* Εμφανίζει εκπαιδευτικό βοήθημα για αναζήτηση βλαβών.

*Επιλογές:* Εμφανίζει ένα πλαίσιο διαλόγου που επιτρέπει την επιλογή Ομάδων Συμβόλων, Μονάδων Μέτρησης και Βασικής συνάρτησης ημιτόνου στο AC.

**Ανάλυση:** Απ’ αυτό το μενού γίνεται η διαμόρφωση και η επιλογή των τρόπων ανάλυσης της λειτουργίας του κυκλώματος.

*ΕΗΚ*: (Έλεγχος Ηλεκτρικών Κανόνων) Κάνει έλεγχο για το αν έχουν γίνει κανονικές ηλεκτρικές συνδέσεις σ’ ένα κύκλωμα.



*Τρόπος:* Κάνει επιλογή του τρόπου της ανάλυσης, όπως ο Απλός τρόπος, με Κλιμάκωση Θερμοκρασίας, με Κλιμάκωση Παραμέτρου, της Χειρότερης Περίπτωσης, Monte Carlo και της Βελτιστοποίησης

*Ενεργοποίηση Βλαβών:* Ενεργοποιεί τις βλάβες που έχουν ορισθεί από τον χρήστη.

*Βελτιστοποίηση Στόχου:* Πραγματοποιεί βελτιστοποίηση της λειτουργίας του κυκλώματος τροποποιώντας μια ή δυο άγνωστες παραμέτρους για να πετύχει την απόκριση ενός προκαθορισμένου στόχου, ως προς κάποια επιθυμητή παράμετρο ή ως προς μια μέγιστη ή ελάχιστη τιμή.

*Έλεγχος Αντικειμένου:* Αναφέρεται στην Πολλαπλή Ανάλυση, και επιτρέπει την κλιμάκωση της τιμής κάποιου εξαρτήματος, ώστε να εκτελούνται ως μία πολλές παρόμοιες αναλύσεις, για κάθε μια από τις οποίες χρησιμοποιείται διαφορετική τιμή του εξαρτήματος.

*Καθορισμός Παραμέτρων:* Επιτρέπει καθορισμό των παραμέτρων της προσομοίωσης.

*Ανάλυση DC:* Εξάγει τις στατικές συνθήκες λειτουργίας του κυκλώματος (τάσεις, των κόμβων σε αναλογικά κυκλώματα, λογικές καταστάσεις των κόμβων σε ψηφιακά).

*Ανάλυση AC:* Εξάγει την απόκριση του κυκλώματος σε διεγέρσεις με *AC* σήματα.

*Μεταβατική Ανάλυση:* Εξάγει τη μεταβατική (παροδική) απόκριση του κυκλώματος

*Ανάλυση Fourier:* Απεικονίζει τα πλάτη και τις συχνότητες των απλών (ημιτονικών) σημάτων, που απαρτίζουν ένα σύνθετο (μη ημιτονικό) σήμα σε Σειρά Fourier για περιοδικά σήματα και σε Φάσμα Fourier για μη περιοδικά σήματα.

*Ψηφιακή Βήμα προς Βήμα:* Έλεγχος της απόκρισης ψηφιακού κυκλώματος, η οποία γίνεται μπρος ή πίσω κατά ένα βήμα τη φορά.

*Ψηφιακή Χρονική Ανάλυση:* Ανάλυση της απόκρισης ψηφιακού κυκλώματος στο παράθυρο του Λογικού Αναλυτή συναρτήσει του χρόνου.

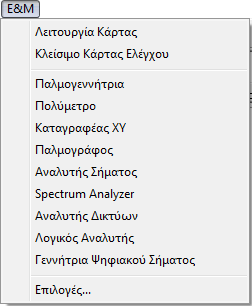
*Ψηφιακή – Μικτή προσομοίωση VHDL:* Είναι ενεργές αν έχει εγκατασταθεί ο προαιρετικός ενσωματωμένος προσομοιωτής VHDL (γλώσσας περιγραφής υλικού). Επιτρέπει να χρησιμοποιηθούν μπλοκ VHDL από τη βιβλιοθήκη του TINA, FPGAs, CPLDs, ή μπλοκ VHDL σχεδιασμένα από τον χρήστη, ή κατεβασμένα από το διαδίκτυο.

*Συμβολική Ανάλυση:* Παράγει τη συνάρτηση μεταφοράς ενός αναλογικού δικτυώματος αντλώντας στοιχεία από τις αναλύσεις AC, DC και Μεταβατική.

*Ανάλυση Θορύβου:* Προσδιορίζει το εύρος του θορύβου σε σχέση με τα σήματα εισόδου και εξόδου του κυκλώματος. Μπορεί να υπολογίσει την ισχύ θορύβου και το λόγο σήματος προς θόρυβο.

*Επιλογές*: Ρυθμίσεις των αναλύσεων οι οποίες εμφανίζουν τον Τρόπο του Ίχνους καθώς και τις παραμέτρους της Ψηφιακής Ανάλυσης.

**Ε&Μ (Εργαλεία & Μετρήσεις):** Σ’ αυτό το μενού υπάρχουν όλα τα εικονικά όργανα, καθώς και οι εντολές για τη διεξαγωγή πραγματικών μετρήσεων στο περιβάλλον των εικονικών οργάνων.



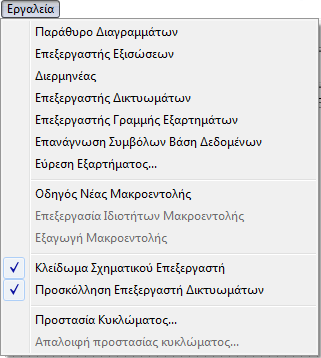
*Λειτουργία Κάρτας – Κλείσιμο Κάρτας Ελέγχου:* Είναι ενεργές εφόσον έχει συνδεθεί στον υπολογιστή η συσκευή απόκτησης δεδομένων για πραγματικές μετρήσεις TinaLab ΙΙ, η οποία λειτουργεί ως πολύμετρο, παλμογράφος και παλμογεννήτρια.

*Παλμογεννήτρια – Πολύμετρο – Καταγραφέας ΧΥ – Παλμογράφος – Αναλυτής Σήματος – Αναλυτής Δικτύων – Λογικός Αναλυτής – Ψηφιακή Γεννήτρια Σήματος:* Φέρνουν στην επιφάνεια εργασίας τα εικονικά όργανα μετρήσεων. Ένα όργανο από κάθε είδος είναι διαθέσιμο για σύνδεση στο προσομοιούμενο κύκλωμα.

*Επιλογές:* Επιτρέπουν την ενεργοποίηση του πρόσθετου εξοπλισμού (hardware).

**Εργαλεία:** Το μενού αυτό προβάλλει όλα τα απαραίτητα εργαλεία για την επεξεργασία αποτελεσμάτων, κυματομορφών κλπ.

*Παράθυρο Διαγραμμάτων:* Κάνει επεξεργασία και προβολή τωνκυματομορφών που προκύπτουν από τις αναλύσεις.



*Επεξεργαστής Εξισώσεων:* Προβάλλει τα αποτελέσματα της συμβολικής ανάλυσης. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί και για τη δημιουργία μαθηματικών εξισώσεων.

*Διερμηνέας:* Επιτρέπει την αποτίμηση των μαθηματικών εκφράσεων, την επίλυση εξισώσεων και συστημάτων εξισώσεων, τον υπολογισμό ολοκληρωμάτων και παραγώγων, τη χάραξη αποτελεσμάτων και την εκτέλεση απλών μαθηματικών πράξεων*.*

*Επεξεργαστής Δικτυωμάτων:* (Netlist Editor). Χρησιμοποιείται για την επεξεργασία κυκλωμάτων SPICE.

*Επεξεργαστής Γραμμής Εξαρτημάτων:* Επιτρέπει τη δημιουργία μιας νέας γραμμής εξαρτημάτων με εξαρτήματα που επιλέγει ή δημιουργεί ο χρήστης.

*Επανάγνωση Συμβόλων Βάσης Δεδομένων:* Επιτρέπει την αλλαγή του σχήματος ενός συμβόλου με δύο τρόπους.

*Εύρεση Εξαρτήματος:* Επιτρέπει την αναζήτηση κάποιου εξαρτήματος μέσα από τους καταλόγους του ΤΙΝΑ.

*Οδηγός Νέας Μακροεντολής:* Επιτρέπει τη δημιουργία ενός συμβόλου για μια νέα μακροεντολή που εισάγει ο χρήστης.

*Επεξεργασία Ιδιοτήτων Μακροεντολής:* Επιτρέπει την επεξεργασία των ιδιοτήτων μιας μακροεντολής που εισήχθηκε από τον χρήστη.

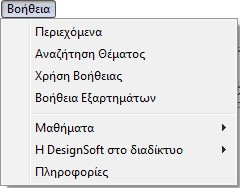
*Εξαγωγή Μακροεντολής:* Επιτρέπει την αποθήκευση της νέας μακροεντολής.

*Κλείδωμα Σχεδιαστικού Επεξεργαστή - Προσκόλληση Επεξεργαστή Δικτυωμάτων:* Επιτρέπουν το κλείδωμα των σχετικών παραθύρων.

Η *Προστασία Κυκλώματος:* Επιτρέπει την εισαγωγή κωδικού για προστασία του κυκλώματος από μη εξουσιοδοτημένες τροποποιήσεις.

*Απαλοιφή προστασίας κυκλώματος:* Προκαλεί την κατάργησή του κωδικού προστασίας.

**Βοήθεια:** Το μενού αυτό επιτρέπει την αναζήτηση βοήθειας.



*Περιεχόμενα:* Απεικονίζει τον κατάλογο των θεμάτων της βοήθειας.

*Αναζήτηση Θέματος:* Επιτρέπει την αναζήτηση ενός συγκεκριμένου θέματος της βοήθειας.

*Χρήση Βοηθείας:* Εμφανίζει παράθυρο που εξηγεί τον τρόπο χρήσης της βοήθειας των Windows.

*Βοήθεια Εξαρτημάτων:* Οδηγεί στο html περιβάλλον των πληροφοριών σχετικά με τα εξαρτήματα.

*Μαθήματα:* Παρέχει αυτοτελή μαθήματα σχετικά με τον χειρισμό του προγράμματος και των αναλύσεων.

*Η DesignSoft στο διαδίκτυο: εμφανίζει* τις διευθύνσεις της κατασκευάστριας εταιρείας του λογισμικού στο διαδίκτυο.

*Πληροφορίες:* Απεικονίζει τον αριθμό της έκδοσης του προγράμματος.

Πρέπει να σημειωθεί ότι, η μηχανή βοήθειας του TINA PRO βασίζεται σε αρχεία .hlp και δεν λειτουργεί στα Windows 7 και μεταγενέστερα. Αυτό μπορεί να διορθωθεί με επέμβαση στο λειτουργικό σύστημα, η οποία υποστηρίζεται από τη Microsoft.

**ΠΓ2.3 Η Γραμμή Εργαλείων του TINA.**

Η Γραμμή Εργαλείων του TINA περιέχει κουμπιά – εικονίδια των εντολών που χρησιμοποιούνται συχνά, όπως παρακάτω:

 Αντιστοιχεί στην εντολή Άνοιγμα (Ctrl + O) του μενού Αρχείο.

 Αντιστοιχεί στην εντολή Αποθήκευση (Ctrl + S) του μενού Αρχείο.

 Αντιστοιχεί στην εντολή Κλείσιμο (Ctrl + F4 ) του μενού Αρχείο.

 Αντιστοιχεί στην εντολή Αντιγραφή (Ctrl + C ) του μενού Αρχείο.

 Αντιστοιχεί στην εντολή Επικόλληση (Ctrl + V ) του μενού Αρχείο.

 Ενεργοποιεί την κατάσταση σχεδίασης στο σχηματικό επεξεργαστή.

 Αντιστοιχεί στην εντολή Τελευταίο εξάρτημα του μενού Εισαγωγή.

 Αντιστοιχεί στην εντολή Αγωγός του μενού Εισαγωγή.

 Αντιστοιχεί στην εντολή Κείμενο του μενού Εισαγωγή.

 Αποσύνδεση / Επανασύνδεση διασταυρωμένων αγωγών.

 Αντιστοιχεί στην εντολή Περιστροφή αριστερά του μενού Επεξεργασία.

 Αντιστοιχεί στην εντολή Περιστροφή δεξιά του μενού Επεξεργασία.

 Αντιστοιχεί στην εντολή Κατοπτρισμός του μενού Επεξεργασία.

 Ενεργοποιεί / απενεργοποιεί την εμφάνιση του πλέγματος.

 Προκαλεί μεγέθυνση του σχεδίου κατά βήματα με κάθε κλικ.

 Επιτρέπει μεγέθυνση του σχεδίου με επιλογή από λίστα.

 Ξεκινά / τερματίζει τον ενεργητικό τρόπο της επιλεγμένης ανάλυσης

 Επιλογή στόχου βελτιστοποίησης

 Επιλογή ελέγχου αντικειμένου

 Ενεργοποίηση βλαβών

 Αντιστοιχεί στην Εύρεση εξαρτήματος μενού Εργαλεία.

**ΠΓ2.4 Οι συντομεύσεις πληκτρολογίου**

Το TINA κάνει εκτεταμένη χρήση πλήκτρων συντόμευσης στα διάφορα μενού με σκοπό την πιο γρήγορη πλοήγηση στο περιβάλλον λειτουργίας του. Πρόκειται για το πλήκτρο Alt και το γράμμα που είναι υπογραμμισμένο σε κάθε μενού, π.χ. Αρχείο, Επεξεργασία. Κρατώντας πατημένο το πλήκτρο Alt και πατώντας το γράμμα Α [Alt + A] ανοίγει το κατερχόμενο μενού του Αρχείου. Ανάλογα πλήκτρα συντόμευσης ισχύουν για όλα τα παράθυρα ή πλαίσια διαλόγου σε όλο το πρόγραμμα, όπως παρακάτω:

Δημιουργία Ctrl + N

Άνοιγμα Ctrl + O

Αποθήκευση Ctrl + S

Εκτύπωση Ctrl + P

Αναίρεση Ctrl + Z

Επανάληψη Ctrl + Y

Αποκοπή Ctrl + X

Αντιγραφή Ctrl + C

Επικόλληση Ctrl + V

Περιστροφή Αριστερά Ctrl + L

Περιστροφή Δεξιά Ctrl + R

Απαλοιφή Ctrl + Del

Επιλογή Όλων Ctrl + A

Εισαγωγή Τελευταίου Εξαρτήματος Ctrl + Ins

Αγωγός Ctrl + Space

Δίαυλος (Bus) Ctrl + B

Είσοδος Ctrl + I

Έξοδος Ctrl + U

Κείμενο Ctrl + T

Γραφικά Ctrl + G

Βοήθεια F1

Επανασχεδίαση F5

Μεγέθυνση Κανονική Alt + N

Μεγέθυνση Όλα Alt + L

**ΠΓ2.5 Οι Γραμμές Εξαρτημάτων και Ετικετών.**

Το TINA διαθέτει πληθώρα εξαρτημάτων για τη δημιουργία εικονικών κυκλωμάτων, τα οποία είναι οργανωμένα σε ομάδες που διακρίνονται από τις ετικέτες τους. Επιλογή μιας ετικέτας προκαλεί την εμφάνιση των εξαρτημάτων που αυτή περιλαμβάνει στη γραμμή εξαρτημάτων από επάνω της. Οι ετικέτες είναι οι εξής:

**Ετικέτα «Βασικά»**



Περιλαμβάνει τα εξαρτήματα:

Γείωση, Πηγή Τάσης, Συσσωρευτής, Γεννήτρια Τάσης, Βολτόμετρο, Αμπερόμετρο, Αντίσταση, Ποτενσιόμερο, Πυκνωτής, Πηνίο, Μη Γραμμικοί Επαγωγείς, Συζευγμένοι Επαγωγείς, Μετασχηματιστές, Γραμμή Μετάδοσης, Διακόπτης, Λαμπτήρας, Κινητήρας, Θερμίστορ, Ασφάλεια, Σύνθετη Αντίσταση.

**Ετικέτα «Διακόπτες»**



Περιλαμβάνει τα εξαρτήματα:

Διακόπτης, Διακόπτης Εναλλαγής, Διακόπτης High-Low, Χρονοδιακόπτης, Διακόπτης Ελεγχόμενος από Τάση, Μεταγωγικός Διακόπτης, Ανοικτό Μπουτόν, Κλειστό Μπουτόν, Μπουτόν Αναστροφής, Δεκαεξαδικό Πληκτρολόγιο, Δεκαεξαδικό Πλήκτρο, Πλήκτρο Ascii, Μονοπολικό Ρελέ NO, Μονοπολικό Ρελέ NC, Μονοπολικό Ρελέ Εναλλαγής, Διπολικό Ρελέ NO, Διπολικό Ρελέ NC, Πηνία Ρελέ, Διακόπτες Ρελέ, Συνδετήρες.

**Ετικέτα «Όργανα»**



Περιλαμβάνει τα εξαρτήματα:

Pin Τάσης, Βολτόμετρο, Ανοικτό κύκλωμα, Βέλος Τάσης, Αμπερόμετρο, Βέλος ρεύματος, Βαττόμετρο, Ωμόμετρο, Όργανο Σύνθετης Αντίστασης, Μεγάφωνο, Λογικός Ενδείκτης, Λογικός Ενδείκτης 2, Παλμογράφος, Αναλυτής Σήματος, Αναλυτής Δικτύων, Πολύμετρο, Ενδείκτης 7 Τμημάτων, Δεκαεξαδικός Ενδείκτης, Ενδείκτης Ascii, Σηματοδότης.

**Ετικέτα «Πηγές»**



Περιλαμβάνει τα εξαρτήματα:

Πηγή τάσης, Συσσωρευτής, Πηγή Ρεύματος, Γεννήτρια Τάσης, Γεννήτρια Ρεύματος, Πηγή Ρεύματος Ελεγχόμενη από Τάση, Πηγή Τάσης Ελεγχόμενη από Τάση, Πηγή Τάσης Ελεγχόμενη από Ρεύμα, Πηγή Ρεύματος Ελεγχόμενη από Ρεύμα, Πηγή Παλμών, Ρολόι, Πηγή Παλμών 2, Ρολόι 2, Ψηφιακή Πηγή Τάσης, Ψηφιακή Πηγή High, Ψηφιακή Πηγή Low, Γεννήτρια Δεδομένων 4-bit, Γεννήτρια Δεδομένων 8-bit.

**Ετικέτα «Ημιαγωγοί»**



Περιλαμβάνει τα εξαρτήματα:

Ιδανικός Τελ. Ενισχυτής, Τελεστικός Ενισχυτής, Δίοδος, Δίοδος Zener, Δίοδος LED, Δίοδος Varicap, Δίοδος Schottky, Διπολικό Τρανζίστορ NPN, Διπολικό Τρανζίστορ PNP, NMOS τύπος Προσαυξήσεως, PMOS τύπος Προσαυξήσεως, NMOS τύπος Διακενώσεως, PMOS τύπος Διακενώσεως, MOSFET 4 άκρων, FET επαφής διαύλου N, FET επαφής διαύλου P, Θυρίστορ, Diac, Triac, Ανορθωτική γέφυρα, Διάταξη Διόδων.

**Ετικέτα «Οπτοηλεκτρονικά»**



Περιλαμβάνει τα εξαρτήματα:

Φωτοαντίσταση, LED, Δωτοδίοδος, Φωτοτρανζίστορ 2 άκρων, Φωτοτρανζίστορ 3 άκρων, Ηλιακό φωτοκύτταρο, Οπτοζεύκτες.

**Ετικέτα «Μοντέλα κατασκευαστών»**



Περιλαμβάνει τα εξαρτήματα:

Τελεστικοί Ενισχυτές, Ενισχυτές Οργάνων, Συγκριτής, Πηγές Τάσης Αναφοράς, Απομονωτές, Άλλα Εξαρτήματα, Ρυθμιστές Τάσης, Δίοδοι, Διπολικά Τρανζίστορ NPN, Διπολικά Τρανζίστορ PNP, Τρανζίστορ Darlington NPN, Τρανζίστορ Darlington PNP, MOS διαύλου N, MOS διαύλου P, JFET επαφής διαύλου N, JFET επαφής διαύλου P, IGBT, Θυρίστορς.

**Ετικέτα «Πύλες»**



Περιλαμβάνει τα εξαρτήματα:

Απομονωτής, Απομονωτής 3-καταστάσεων, Αναστροφέας, Αναστροφέας Schmidt, Πύλη AND 2-εισόδων, Πύλη AND 3-εισόδων, Πύλη AND 4-εισόδων, Πύλη OR 2-εισόδων, Πύλη OR 3-εισόδων, Πύλη OR 4-εισόδων, Πύλη NAND 2-εισόδων, Πύλη NAND 3-εισόδων, Πύλη NAND 4-εισόδων, Πύλη NOR 2-εισόδων, Πύλη NOR 3-εισόδων, Πύλη NOR 4-εισόδων, Πύλη XOR, Αντίσταση πρόσδεσης στο +.

**Ετικέτα «Flip-flops»**



Περιλαμβάνει τα εξαρτήματα:

Μανδαλωτής (Latch), SR Flip-Flop, JK Flip-Flop, JK Flip-Flop με προεπιλογή, JK Flip-Flop με εκκαθάριση, D Flip-Flop.

**Ετικέτα «Λογικά Ολοκληρωμένα»**



Περιλαμβάνει τα εξαρτήματα:

Πύλες, Flip-Flops-Μανδαλωτές, Επιλογείς δεδομένων-Πολυπλέκτες, Αποκωδικοποιητές - Αποπολυπλέκτες, Απομονωτές και Οδηγοί γραμμών, Μετρητές, Καταχωρητές, Αριθμητικά κυκλώματα, Λογικοί Συγκριτές, Μνήμες, Ψηφιακοί Πολυδονητές.

**Ετικέτα «AD/DA-555»**



Περιλαμβάνει τα εξαρτήματα:

Μετατροπέας Αναλογικοψηφιακός, Μετατροπέας Ψηφιοαναλογικός, Χρονιστής 555.

**Ετικέτα «RF»**



Περιλαμβάνει τα εξαρτήματα:

Μικροταινία, Βραχυκυκλωμένη Μικροταινία, Ανοικτή Μικροταινία, Διπολικά Τρανζίστορ RF NPN, Διπολικά Τρανζίστορ RF PNP, Πυκνωτές RF, Πηνίο RF 2P, Πηνίο RF 1P, FET Γαλλίου – Αρσενικού, Δίοδος PiN 1P, Δίοδος PiN 2P, Δίοδος Διακόπτης, Δίοδος Varicap RF.

**Ετικέτα «Αναλογικού Ελέγχου»**



Περιλαμβάνει τα εξαρτήματα:

Μπλοκ Υστέρησης, Μπλοκ Υστέρησης 2ης τάξης, Ελεγκτής, Μπλοκ Νεκρού Χρόνου, Προσθέτης – Αφαιρέτης – Πολλαπλασιαστής – Διαιρέτης, Μη Γραμμικά Μπλοκ, Ταλαντωτής Ελεγχόμενος από Τάση (VCO), Ημιτονικός Ταλαντωτής Ελεγχόμενος από Τάση, Τριγωνικός Ταλαντωτής Ελεγχόμενος από Τάση, Τετραγωνικός Ταλαντωτής Ελεγχόμενος από Τάση.

**Ετικέτα «Ειδικά»**



Περιλαμβάνει τα εξαρτήματα:

Συνδετήρας, Pin Μακροεντολής, Ακροδέκτης μετρήσεων πραγματικού χρόνου, Συζευγμένοι Επαγωγείς, Μαγνητικός Πυρήνας, Μεταβλητός Πυκνωτής, Μεταβλητό Πηνίο, Πυκνωτής με πολικότητα, Πηνίο Αποθήκευσης Ενέργειας, Αρχικές Συνθήκες 1, Αρχικές Συνθήκες 2, Κόμβος Αναφοράς 1, Κόμβος Αναφοράς 2, Λυχνίες κενού, Βηματικός Κινητήρας, Κρύσταλλος Χαλαζία, Πίνακας Εμπεδήσεων, Πίνακας Αγωγιμοτήτων, Υβριδικός Πίνακας H, Υβριδικός Πίνακας K, Υβριδικός Πίνακας A, Υβριδικός Πίνακας B, Υβριδικός Πίνακας S, Δίπολο με παράμετρο S, Γέφυρα, Αστέρας, Τρίγωνο.

Από την ετικέτα «Όργανα» ο Παλμογράφος, ο Αναλυτής Σήματος, ο Αναλυτής Δικτύων και το Πολύμετρο μπορούν να συμπεριληφθούν μόνο μια φορά το καθένα στην τρέχουσα προσομοίωση. Όλα τα υπόλοιπα μπορούν να συμπεριληφθούν απεριόριστες φορές.

Πέραν των όσων περιλαμβάνονται στο κυρίως περιβάλλον λειτουργίας του, το Tina Pro συνοδεύεται και από δύο επιπλέον τμήματα, τα οποία καλούνται ως εξωτερικά προγράμματα και δεν είναι εξελληνισμένα. Αυτά είναι ο *Επεξεργαστής Σχηματικών Συμβόλων* και ο *Εξολκέας Παραμέτρων*. Με τη βοήθεια του Επεξεργαστή Σχηματικών Συμβόλων ο χρήστης μπορεί να σχεδιάσει δικά του μοντέλα εξαρτημάτων και να τους αποδώσει τις ιδιότητες που αυτός επιθυμεί. Με τη βοήθεια του Εξολκέα Παραμέτρων δίνεται στον χρήστη η δυνατότητα να δημιουργήσει μοντέλα εξαρτημάτων, τα οποία αντιπροσωπεύουν περισσότερο τα πραγματικά εξαρτήματα μετατρέποντας δεδομένα από μετρήσεις, ή από φύλλα δεδομένων κατασκευαστή, σε παραμέτρους μοντέλων.