

**ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ**

**Μπρακατσούλας Κων. Ευάγγελος  
Παπαϊωάννου Ιωάν. Γεώργιος  
Παπαδάκης Αρτ. Ιωάννης**

# **Γ Ε Ν Ι Κ Α Η Λ Ε Κ Τ Ρ Ο Ν Ι Κ Α**

**Μέρος Α΄ Θεωρία**

**ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΗΡΙΑ**

**Α΄ Τάξη 1<sup>ου</sup> Κύκλου**

**ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ**

**ΑΘΗΝΑ**

#### ΟΜΑΔΑ ΣΥΓΓΡΑΦΗΣ

- **Γεώργιος Ιωάννου Παπαϊωάννου**, Δρ. Φυσικός – Ραδιοηλεκτρολόγος, Αναπλ. Καθηγ. Φυσικής Πανεπιστημίου Αθηνών
- **Ιωάννης Αρτεμίου Παπαδάκης**, Ηλ/γος Μηχ/κός M.Sc., M.Phil, D.I.C. Ειδικός Επιστήμονας ΚΕΤΕΣ
- **Ευάγγελος Κων/νου Μπρακατσούλας** Ηλεκτρονικός, Διευθυντής 1ου Σ.Ε.Κ. Αθηνών

#### ΟΜΑΔΑ ΚΡΙΣΗΣ

- Νικηφόρος Θεοφάνους, Καθηγητής Πληροφορικής Πανεπιστημίου Αθηνών
- Νικόλαος Μπαλίνης, Ηλεκτρονικός, Καθ. Δευτ/θμιας Εκπ/σης ΠΕ17.
- Αριστομένης Σάκκας, Φυσικός - Ηλεκτρονικός, Μετ. Καθ. Δευτ/θμιας Εκπ/σης ΠΕ17

#### ΣΥΝΤΟΝΙΣΤΗΣ

- Γεώργιος Ιωάννου Παπαϊωάννου

#### ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΕΚΔΟΣΗΣ

- Ιωάννης Αρτεμίου Παπαδάκης

#### ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΕΙΜΕΝΟΥ

- Σταμάτης Δοΐκας

#### ΓΛΩΣΣΙΚΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

- Δήμητρα Τσατμαλή, Φιλολόγος, Καθηγήτρια Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης ΠΕ2

#### ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΞΩΦΥΛΛΟΥ & ΠΡΟΕΚΤΥΠΩΣΗ ΒΙΒΛΙΟΥ

##### ΣΥΝΘΕΣΗ

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ  
Επιστημονικός Υπεύθυνος του τομέα «ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ»,  
Δρ. ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΔΗΜ. ΚΑΝΕΛΛΟΠΟΥΛΟΣ (PH.D)  
(Σύμβουλος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου)

Με απόφαση της Ελληνικής Κυβερνήσεως τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου και του Λυκείου τυπώνονται από τον Οργανισμό Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων και διανέμονται δωρεάν.

## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ

### ΤΡΟΠΟΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ

Το βιβλίο “ Γενικά Ηλεκτρονικά” ,απευθύνεται στους μαθητές της Α΄ Τάξης του 1<sup>ου</sup> Κύκλου των Τεχνικών Επαγγελματικών Εκπαιδευτηρίων (Τ.Ε.Ε.) και η ύλη που καλύπτει, ακολουθεί το αναλυτικό πρόγραμμα, όπως έχει καθορισθεί από το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο για τον Τομέα της Ηλεκτρονικής.

Αποτελείται από δύο μέρη. Στο Α΄ μέρος καλύπτεται η Θεωρία των Γενικών Ηλεκτρονικών και στο Β΄ Μέρος αναπτύσσονται οι εργαστηριακές ασκήσεις οι οποίες βασίζονται πάνω στη Θεωρία του Α΄ Μέρους. Το μάθημα είναι 6 ώρες την εβδομάδα, 3 ώρες θεωρία και 3 εργαστήριο.

Η ύλη αποτελείται από 8 κεφάλαια ,τα οποία καλύπτουν τις βασικές γνώσεις των ηλεκτρονικών στοιχείων τόσο των αναλογικών όσο και ψηφιακών. Στο κεφάλαιο 6 δίνονται μερικές βασικές γνώσεις στα οπτικοηλεκτρονικά στοιχεία. Οι γνώσεις που παρέχονται είναι βασικές για την συνέχιση στην Β΄ τάξη ,όπου θα αποκτηθούν και επιπλέον γνώσεις των ηλεκτρονικών συστημάτων .

Κάθε κεφάλαιο περιλαμβάνει ένα γνωστικό αντικείμενο. Είναι δομημένο σε επιμέρους ενότητες και κάθε μία από αυτές χωρίζεται σε υποενότητες. Στην αρχή του κεφαλαίου υπάρχει μια μικρή εισαγωγή και στη συνέχεια παρατίθενται οι στόχοι του και οι βασικές δεξιότητες, που θα πρέπει να αποκτήσει ο μαθητής μετά από την ολοκλήρωση του κεφαλαίου. Στην συνέχεια αναπτύσσεται η κυρίως ύλη .

Για την καλύτερη εμπέδωση της ύλης ,δίνονται σε κάθε ενότητα αρκετά παραδείγματα. Σε κάθε 2 ή 3 ενότητες, δίνεται μια περίληψη της διδαχθείσης ύλης, με καταγραφή των κυριωτέρων σημείων. Η περίληψη της ενότητας ή του κεφαλαίου είναι εδάφιο για **απομνημόνευση**. Οι ερωτήσεις και άλυτες ασκήσεις που υπάρχουν μετά την περίληψη κάθε ενότητας ή κεφαλαίου αποτελούν διαδικασίες εμπέδωσης της ύλης και συνεπώς είναι εδάφια για **επεξεργασία κατ’ οίκον**. Στο τέλος ορισμένων κεφαλαίων περιλαμβάνεται **ιστορική αναδρομή** με τις κυριώτερες ιστορικές εξελίξεις και τους πρώτους επιστήμονες που ασχολήθηκαν με το θέμα .

Σε κάθε ενότητα, εκτός από την θεωρητική επεξεργασία , υπάρχουν και κατασκευαστικά στοιχεία, όπως χαρακτηριστικές καμπύλες και παράμετροι λειτουργίας των ηλεκτρονικών στοιχείων, όπως δίνονται από τους κατασκευαστές. Περισσότερα τεχνικά στοιχεία περιλαμβάνονται στα παραρτήματα στο τέλος του βιβλίου, όπου δίνονται φυλλάδια κατασκευαστών και data sheets.

Σε κάθε ενότητα συμπεριλαμβάνονται ορισμένα εδάφια τα οποία χαρακτηρίζονται ως **ελεύθερα αναγνώσματα**. Τα ελεύθερα αναγνώσματα περιέχουν μαθηματικά και άλλα στοιχεία, που σχετίζονται με το κεφάλαιο στο οποίο ανήκουν και έχουν ως στόχο τον εμπλουτισμό των εγκυκλοπαιδικών γνώσεων των μαθητών. Έτσι η διδασκαλία τους είναι **προαιρετική** και η αναφορά σε αυτά θα πρέπει να γίνει με πρωτοβουλία του διδάσκοντος καθηγητή.

Κατά την διδασκαλία, μετά την ολοκλήρωση των θεωρητικής υποδομής κάθε ενότητας και πριν διεξαχθεί η αντίστοιχη εργαστηριακή άσκηση - καλό θα είναι να επιδεικνύονται στην τάξη τα πραγματικά ηλεκτρονικά στοιχεία του εμπόριου - όπως δίοδοι, τρανζίστορ, θυρίστορ, LED, κ.λ.π. Να εξηγείται και ο τρόπος χρήσης τους στην κατασκευή κυκλωμάτων. Αντικειμενικός σκοπός είναι να κινείται το ενδιαφέρον του μαθητή από πρακτική άποψη και να λύνονται σχετικές απορίες.

Ειδικότερα, στα πρώτα κεφάλαια των ημιαγωγών και των διόδων θα ήταν χρήσιμο να προβληθεί βιντεοκασέτα, η οποία δείχνει με παιδαγωγικό τρόπο το φαινόμενο της δημιουργίας της επαφής PN.

Ένα καινούργιο διδακτικό βιβλίο είναι το πρώτο σκαλοπάτι για τη συνεχή βελτίωση του. Σε όσους καθηγητές διδάξουν το βιβλίο και στους μαθητές που θα το διδαχθούν, επαφίεται να αξιολογήσουν την προσπάθεια αυτή.

Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε όσους συνέβαλαν με οιαδήποτε τρόπο στην συγγραφή του βιβλίου αυτού.

Οι συγγραφείς

Φεβρουάριος 2000

## — ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ —

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> : Εισαγωγή στην Ηλεκτρονική

1.1 Γενικές Αρχές Ηλεκτρονικής .....	8
1.2 Αναλογικά και ψηφιακά σήματα .....	9
1.3 Αναλογικά και ψηφιακά κυκλώματα .....	13
Περίληψη .....	15
Ερωτήσεις -Ασκήσεις .....	15
Ιστορική Αναδρομή .....	16

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> : Ημιαγωγοί

2.1 Ενδογενείς Ημιαγωγοί .....	18
2.1.1 Αγωγοί, Μονωτές, Ημιαγωγοί .....	18
2.1.2 Ενεργειακές ζώνες ημιαγωγών .....	21
2.2 Ημιαγωγοί προσμίξεων .....	24
2.2.1 Ημιαγωγοί τύπου N.....	24
2.2.2 Ημιαγωγοί τύπου P .....	26
Περίληψη .....	28
Ερωτήσεις -Ασκήσεις .....	28

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> : Κρυσταλλοδίοδοι

3.1 Επαφή / Δίοδος PN .....	30
3.1.1 Φυσική λειτουργία διόδου .....	30
3.1.2 Συμβολισμός διόδου και χωρητικότητα φραγμού.....	33
3.2 Δίοδος PN σε ορθή και ανάστροφη πόλωση .....	34
3.2.1 Πόλωση κατά την ορθή φορά.....	34
3.2.2 Πόλωση κατά την ανάστροφη φορά .....	37
3.3 Χαρακτηριστική καμπύλη και ευθεία φόρτου .....	39
3.3.1 Χαρακτηριστική καμπύλη διόδου PN .....	39
3.3.2 Ευθεία φόρτου .....	42
3.3.3 Δίοδοι εμπορίου .....	46
Περίληψη 3.1-3.3 .....	47
Ερωτήσεις -Ασκήσεις 3.1-3.3 .....	47
3.4 Δίοδος Μεταβλητής χωρητι- κότητας (Varicap).....	49
3.5 Δίοδος Schottky .....	52
3.6 Δίοδος Zener και εφαρμογές .....	53

3.6.1 Δίοδος Zener .....	53
3.6.2 Χρήση της διόδου Zener για σταθεροποίηση τάσης.....	56
Περίληψη 3.4-3.6 .....	59
Ερωτήσεις -Ασκήσεις 3.4-3.6 .....	60
3.7 Εφαρμογές των διόδων .....	61
3.7.1 Ημιανόρθωση.....	62
3.7.2 Διπλή ή Πλήρης ανόρθωση .....	66
3.7.3 Ανιχνευτής κορυφής .....	69
3.7.4 Ψαλιδιστής .....	72
3.7.5 Διπλασιαστής τάσης .....	76
Περίληψη 3.7 .....	77
Ερωτήσεις -Ασκήσεις 3.7 .....	77
Γενικές Ασκήσεις Επανάληψης .....	78

### Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup> : Τρανζίστορ (Tranzistor)

4.1 Δομή και αρχή λειτουργίας του τρανζίστορ.....	80
4.1.1 Δομή του τρανζίστορ .....	80
4.1.2 Αρχή λειτουργίας του τρανζίστορ.....	82
4.2 Βασικές συνδεσμολογίες τρανζίστορ.....	87
4.2.1 Συνδεσμολογία κοινού εκπομπού.....	88
4.2.2 Ισοδύναμο κύκλωμα.....	91
4.2.3 Ανάγνωση τεχνικών χαρακτηριστικών.....	93
Περίληψη 4.2 .....	94
4.3 Πολώσεις του τρανζίστορ.....	95
Περίληψη 4.3 .....	100
4.4 Κύκλωμα ενισχυτή με τρανζίστορ.....	100
4.4.1 Κύκλωμα ενισχυτή τρανζίστορ με κοινό εκπομπό.....	105
4.4.2 Ισοδύναμο κύκλωμα με υβριδικές παραμέτρους H .....	105
Περίληψη 4.4 .....	109
Ερωτήσεις -Ασκήσεις .....	110
4.5 Τρανζίστορ Εγκαρσίου πεδίου (JFET) .....	111
4.5.1 Δομή.....	111

4.5.2 Αρχή λειτουργίας .....	113
4.5.3 Ανάγνωση τεχνικών χαρακτηριστικών .....	117
Περίληψη 4.5 .....	119
Ερωτήσεις -Ασκήσεις 4.5 .....	120
4.6 MOSFET .....	120
4.6.1 Δομή MOSFET τύπου αραίωσης .....	121
4.6.2 MOSFET τύπου πύκνωσης.....	126
4.6.3 Ανάγνωση τεχνικών χαρακτηριστικών .....	130
Περίληψη 4.6 .....	133
Ερωτήσεις -Ασκήσεις 4.6 .....	133
4.7 Ενισχυτές με FET .....	134
4.7.1 AC μοντέλο του JFET .....	134
4.7.2 Ανάλυση ενισχυτή με JFET .....	137
Γενικές Ασκήσεις Επανάληψης .....	140
Ιστορική Αναδρομή .....	142

#### **Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup> : Στοιχεία ημιαγωγών τεσσάρων στρώσεων**

5.1 Ημιαγωγοί P-N-P-N .....	144
5.1.1 Δομή και γενικά χαρακτηριστικά .....	144
5.1.2 Αρχή λειτουργίας .....	146
5.2 Ελεγχόμενος ανορθωτής πυριτίου ( SCR) .....	148
5.2.1 Δομή και γενικά χαρακτηριστικά .....	148
5.2.2 Αρχή λειτουργίας .....	150
5.2.3 Άλλοι τύποι SCR.....	152
5.3 Αρχές λειτουργίας και χαρακτηριστικές DIAC και TRIAC.....	156
5.3.1 Δομή και λειτουργία DIAC.....	156
5.3.2 Δομή και λειτουργία TRIAC.....	157
5.4 Εφαρμογή των ανωτέρω για τον έλεγχο της ισχύος .....	158
Περίληψη 5 .....	163
Ασκήσεις 5.....	163

#### **Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup> : Στοιχεία Οπτικοηλεκτρονικής**

6.1 Φωτοπηγές.....	166
6.1.1 Φωτοεκπομπή.....	166
6.1.2 Δίοδος φωτοεκπομπής (LED)...	169
6.2 Το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο .....	177
6.3 Φωτοφωρατές.....	178
6.3.1 Φωτοαντίσταση .....	179
6.3.2 Φωτοδίοδος .....	180
6.3.3 Φωτοτρανζίστορ.....	182
6.4 Άλλες φωτοδιατάξεις .....	184
Περίληψη .....	185
Ερωτήσεις -Ασκήσεις .....	186

#### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7<sup>ο</sup> : Εισαγωγή στα ψηφιακά ηλεκ- τρονικά**

7.1 Το Τρανζίστορ σε διακοπτική λειτουργία.....	188
7.2 Στοιχεία συστημάτων αρίθμησης .....	190
7.2.1 Δυαδικό σύστημα αρίθμησης .....	191
7.2.2 Οκταδικό σύστημα αρίθμησης .....	194
7.2.3 Αριθμητικές πράξεις στο δυαδικό σύστημα .....	196
Περίληψη 7.2 .....	199
Ερωτήσεις -Ασκήσεις 7.2 .....	200
7.3 Στοιχεία λογικών συναρτήσεων και άλγεβρας Boole.....	201
7.3.1 Δυαδικές συναρτήσεις.....	201
7.3.2 Βασικά αξιώματα και πράξεις άλγεβρας Boole.....	202
7.3.3 Πίνακες αληθείας.....	203
7.3.4 Απλοποίηση λογικών συναρτήσεων.....	205
Περίληψη 7.3 .....	207
Ερωτήσεις - Ασκήσεις 7.3 .....	207
7.4 Λογικές πύλες .....	207
7.4.1 Πύλη AND .....	208
7.4.2 Πύλη OR.....	211
7.4.3 Πύλη NOT .....	216
7.4.4 Πύλες NAND .....	220
7.4.5 Πύλη NOR.....	221
Περίληψη 7.4 .....	223
7.5 Γενικές Ασκήσεις-Επανάληψης .....	224

#### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8<sup>ο</sup> : Τελεστικοί Ενισχυτές I**

8.1 Ιδανικός Τελεστικός Ενισχυτής .....	228
8.1.1 Γενικά περί ενισχυτών .....	228
8.1.2 Τελεστικός ενισχυτής.....	230
Περίληψη 8.1 .....	235
Ερωτήσεις -Ασκήσεις 8.1 .....	236
8.2 Βασικά κυκλώματα με τελεστικό ενισχυτή .....	237
8.2.1 Μη αναστρέφων τελεστικός ενισχυτής .....	237
8.2.2 Αναστρέφων τελεστικός ενισχυτής.....	241
8.2.3 Άλλα κυκλώματα με τελεστικούς ενισχυτές .....	244
Περίληψη 8.2 .....	248
Ερωτήσεις -Ασκήσεις 8.2 .....	249
Ιστορική αναδρομή .....	251
Απαντήσεις ασκήσεων .....	253
Βιβλιογραφία.....	255



Στο κεφάλαιο αυτό  
θα δοθεί γενική εισαγωγή  
στο αντικείμενο της επιστήμης  
που λέγεται Ηλεκτρονική.

Στο τέλος αυτού του κεφαλαίου ο μαθητής πρέπει να:

- Μάθει με τι ασχολείται η Ηλεκτρονική και ποιες είναι οι εφαρμογές της
- Αναλύει τις ομοιότητες και διαφορές μεταξύ αναλογικών και ψηφιακών σημάτων και κυκλωμάτων
- Αντιλαμβάνεται την χρήση τους στην καθημερινή ζωή.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### Εισαγωγή στην ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ

# 1



## 1.1 Γενικές αρχές ηλεκτρονικής

Σε κάθε χώρο που ζούμε και εργαζόμαστε έχουμε γύρω μας **ηλεκτρονικές συσκευές**. Το τηλέφωνο είναι σήμερα ηλεκτρονικό. Η τηλεόραση αποτελείται από ηλεκτρονικά κυκλώματα. Το video, το FAX, ο ηλεκτρονικός υπολογιστής είναι μερικές από τις ηλεκτρονικές συσκευές που συναντάμε στην καθημερινή μας ζωή.

**ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ονομάζεται ο κλάδος της επιστήμης και τεχνολογίας που ασχολείται με τις ηλεκτρονικές συσκευές και την χρήση τους.**

Η Ηλεκτρονική πήρε το όνομα της από το ηλεκτρόνιο που είναι ο φορέας διάδοσης του ηλεκτρικού ρεύματος στις συσκευές αυτές. Στη σημερινή εποχή ο τεχνικός πρέπει απαραίτητα να γνωρίζει ηλεκτρονικά, για να είναι σε θέση να λειτουργήσει, επισκευάσει, συντηρήσει και ρυθμίσει όλες αυτές τις ηλεκτρονικές συσκευές.

Οι ηλεκτρονικές συσκευές χωρίζονται σε οικιακές - καταναλωτικές όπως τηλεόραση, video, ενισχυτής, c.d. player, κ.λ.π. τηλεπικοινωνιακές όπως τηλέφωνα (ενσύρματα, ασύρματα, κινητά), τηλεμοιότυπα (FAX), τηλεφωνητές, ραδιόφωνα αλλά και όργανα μέτρησης όπως βολτόμετρα, αμπερόμετρα, παλμογράφοι, βιοιατρικά όπως καρδιογράφοι, υπερηχογράφοι κ.λ.π. Στο σχήμα 1.1.1 φαίνονται ορισμένες ηλεκτρονικές συσκευές.



*Σχήμα 1.1.1 Ηλεκτρονικές συσκευές*



Οι συσκευές αυτές αποτελούνται από ηλεκτρονικά εξαρτήματα που θα εξετάσουμε στα επόμενα κεφάλαια. Τα ηλεκτρονικά αυτά εξαρτήματα κατασκευάζονται είτε σε διακριτή μορφή, είτε σαν τμήματα ενός ενιαίου κυκλώματος με περισσότερα εξαρτήματα τα οποία τοποθετούνται στο ίδιο κέλυφος που ονομάζεται ολοκληρωμένο κύκλωμα (ο.κ.)

Οι βασικές αρχές της **Ηλεκτρονικής**, που είναι στην ουσία εφαρμοσμένη Φυσική, διέπουν την κίνηση των ηλεκτρονίων μέσα στους αγωγούς ή ημιαγωγούς των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων.

Η Ηλεκτρονική διέπεται από ορισμένους νόμους και θεωρήματα με τα οποία ασχολείται το μάθημα Κυκλώματα συνεχούς και εναλλασσομένου ρεύματος, αλλά και θα αναλυθούν στα επόμενα κεφάλαια.

Η Ηλεκτρονική είναι ένας κλάδος των θετικών επιστημών ο οποίος αναπτύσσεται ταχύτατα. Πριν από 30 - 40 χρόνια η τηλεόραση ήταν μια συσκευή ογκώδης, με πολύ μεγάλο βάρος η οποία καταλάβαινε αρκετή ηλεκτρική ισχύ. Σήμερα η τηλεόραση έχει επίπεδη οθόνη, μικρότερο βάρος, μικρότερη κατανάλωση, μεγαλύτερη ευκρίνεια και πρόσθετες δυνατότητες όπως τηλεχειρισμό, teletext κ.α.

Ομοίως ο ηλεκτρονικός υπολογιστής ήταν ένα μηχάνημα που καταλάμβανε όγκο ενός δωματίου, ήταν πολύ αργός, δεν είχε μνήμη και έκανε απλές πράξεις. Σήμερα ο Η/Υ μπορεί να τοποθετηθεί σε μία γωνιά του γραφείου εργασίας, είναι ταχύτατος, προγραμματίζεται για να εκτελέσει σύνθετες πράξεις, πολλές άλλες λειτουργίες και είναι προσιτός

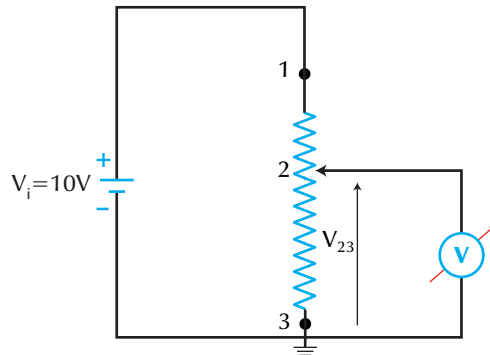
Σε λίγα χρόνια η εξέλιξη της ηλεκτρονικής θα είναι τόσο μεγάλη ώστε θα «φοράμε» ένα πολυμηχάνημα στην ζώνη, το οποίο θα είναι ταυτόχρονα ηλεκτρονικός υπολογιστής, κινητό τηλέφωνο, εκτυπωτής, ραδιοκασετόφωνο και τηλεόραση. Και όλα αυτά με την βοήθεια της σύγχρονης **ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ** ή **ΜΙΚΡΟΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ**.

## 1.2 Αναλογικά και ψηφιακά σήματα

**Αναλογικό είναι το σήμα το οποίο συνεχώς μεταβάλλεται με το χρόνο και έχει θεωρητικά άπειρες τιμές.**

Αναλογικά σήματα που εκφράζουν φυσικά φαινόμενα είναι η θερμοκρασία ενός δωματίου, η πίεση ενός δοχείου με υγρό ή αέριο, η ταχύτητα του αυτοκινήτου, η τάση μιας πηγής τάσης κ.λ.π. Ονομάζονται ανα-

λογικά γιατί η τιμή τους είναι ανάλογη του φυσικού φαινομένου που παριστούν.



**Σχήμα 1.2.1** Κύκλωμα διαιρέτη τάσης

Ένα παράδειγμα αναλογικού σήματος είναι η ηλεκτρική τάση μιας μπαταρίας. Έστω ότι διαθέτουμε μια μπαταρία ονομαστικής τάσης  $V_i=10$  Volt. Μπορούμε να πάρουμε πολλές τιμές χρησιμοποιώντας ένα διαιρέτη τάσης συνδεδεμένο όπως στο σχήμα 1.2.1.

Όταν η μεσαία λήψη του διαιρέτη είναι στην άνω θέση (1) τότε:

$$V_{23} = V_{13} = 10 \text{ Volt.}$$

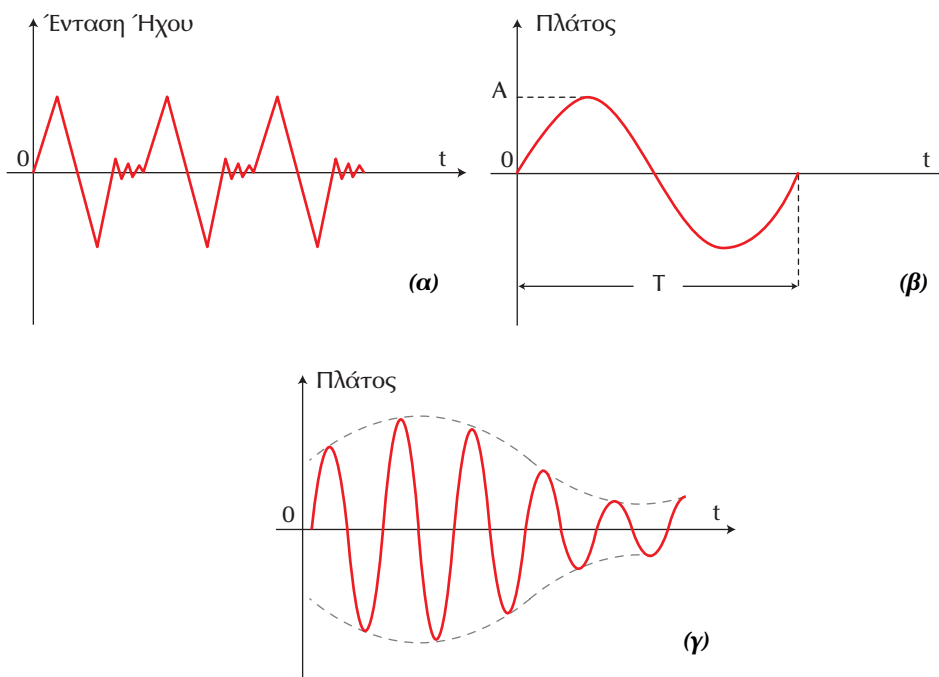
Στην κάτω θέση (3):  $V_{23} = V_3 = 0V$ .

Για κάθε ενδιάμεση λήψη (2) θα έχουμε:  $0 < V_{23} < 10 V$ .

Τα φυσικά φαινόμενα εκφράζονται με αναλογικά μεγέθη όπως για παράδειγμα ο ήχος, η θερμοκρασία του περιβάλλοντος, η υγρασία, η πίεση της ατμόσφαιρας, η δύναμη και η ταχύτητα του ανέμου κ.λ.π. Η ανθρώπινη ομιλία, το ραδιοφωνικό σήμα, η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος αντιστοιχούν σε αναλογικά σήματα. Τα σήματα μπορούν να παρασταθούν με διάφορα σχήματα όπως ημιτονικές, τριγωνικές ή άλλου είδους καμπύλες. Στο σχήμα 1.2.2(α) εικονίζεται το σήμα φθόγγου ενός ομιλητή, όπου ο κάθε φθόγγος έχει διαφορετική κυματομορφή.

Στο σχήμα 1.2.2(β) παρίσταται ένα ημίτονο που είναι ένα αρμονικό σήμα με περίοδο  $T$ , πλάτος  $A$  και συχνότητα  $f = 1/T$ .

Ουσιαστικά, κάθε σήμα μπορεί να παρασταθεί με πολλά ημιτονικά



**Σχήμα 1.2.2** Αναλογικά σήματα. (α) Σήμα φθόγγου ομιλίας. (β) Σήμα ημιτονοειδές (γ) Ραδιοφωνικό σήμα διαμόρφωσης πλάτους.

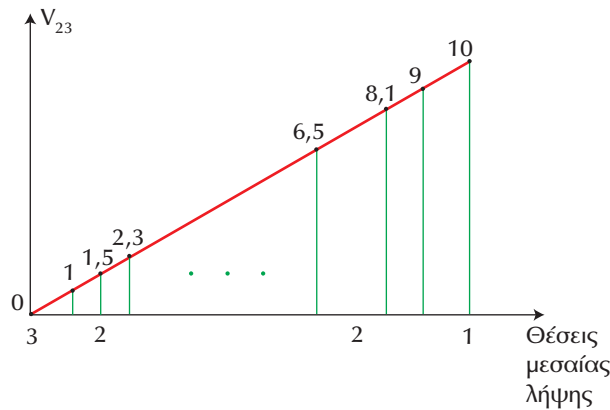
σήματα. Τέλος στο σχήμα 1.2.2(γ) φαίνεται ένα ραδιοφωνικό σήμα με διαμόρφωση πλάτους (AM) που είναι ένα σύνθετο σήμα.

**Ψηφιακό σήμα είναι το σήμα που παίρνει μόνο διακριτές τιμές, οι οποίες εκφράζονται από συγκεκριμένους αριθμούς όπως π.χ. 1, 3, 7, -5, 8, -4 κ.λ.π.**

Ένα ψηφιακό σήμα μπορεί να προέλθει από το αντίστοιχο αναλογικό όταν το μετρήσουμε σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές.

Στο προηγούμενο παράδειγμα του διαιρέτη τάσης (σχ. 1.2.1), αν μετράμε την τάση σε διάφορες θέσεις της μεσαίας λήψης θα έχουμε μια ακολουθία τάσεων π.χ. 1V, 1,5V, 2,3V, 6,5V, 8,1V, 9V και 10V. Οι αριθμοί αυτοί παριστάνουν ψηφιακά σήματα. Τα ψηφιακά σήματα μπορούν να πάρουν μια μεγάλη γκάμα τιμών.

Στο σχήμα 1.2.3 φαίνεται με κόκκινη γραμμή η συνεχής μεταβολή της αναλογικής τάσης από 0 - 10V, ενώ οι διακριτές (ψηφιακές) τιμές σημειώνονται με πράσινες γραμμές.



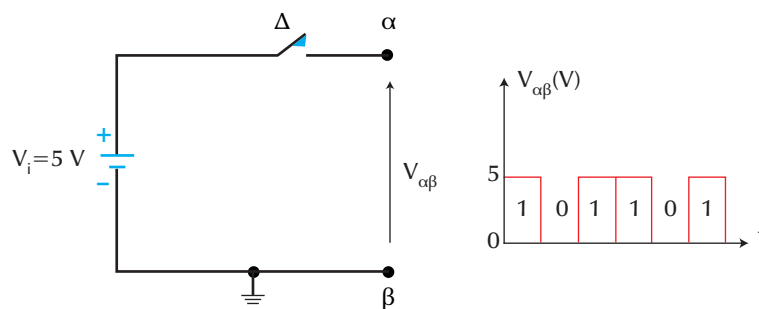
**Σχήμα 1.2.3** Καμπύλη μεταβολής τάσης, διαιρετή τάσης

Θα ασχοληθούμε με μια συγκεκριμένη κατηγορία ψηφιακών σημάτων που λαμβάνουν μόνο 2 τιμές, την τιμή λογικό “0” και την τιμή λογικό “1” που ονομάζονται **μπιτς (Bits)**. Τα ψηφιακά σήματα αυτά που είναι μονάδες ή μηδενικά είναι πολύ χρήσιμα διότι μπορούν να παραχθούν πολύ εύκολα, π.χ.

- διακόπτης κλειστός - λάμπα αναμμένη = λογικό “1”
- διακόπτης ανοικτός - λάμπα σβηστή = λογικό “0”
- κύκλωμα που διαρρέεται από ρεύμα = λογικό “1”
- κύκλωμα ανοικτό = λογικό “0”.

Το ψηφιακό σήμα που λέγεται και λογικό “1” έχει τάση +5V και ονομάζεται **HIGH**, ενώ το λογικό “0” έχει τάση 0V και ονομάζεται **LOW**.

Το ψηφιακό σήμα μπορεί να προέλθει από μία μπαταρία και ένα διακόπτη όπως στο σχήμα 1.2.4.



**Σχήμα 1.2.4.**  
Δημιουργία ψηφιακού σήματος

Κλειστός διακόπτης  
 $V_{\alpha\beta} = 5 \text{ V}$  (λογικό "1")  
Ανοικτός διακόπτης  
 $V_{\alpha\beta} = 0 \text{ V}$  (λογικό "0").

Τα ψηφιακά σήματα των δύο καταστάσεων λέγονται δυαδικά (binary) και είναι τα σήματα των ηλεκτρονικών υπολογιστών (Η/Υ). Το σχήμα 1.2.5 απεικονίζει ένα τερματικό και μία κεντρική μονάδα Η/Υ που επικοινωνούν μεταξύ τους με δυαδικούς ψηφιακούς αριθμούς 0 και 1.



**Σχήμα 1.2.5**  
Ηλεκτρονικός Υπολογιστής

### 1.3 Αναλογικά και ψηφιακά κυκλώματα

Τα όργανα που μετρούν τις αναλογικές ή ψηφιακές ποσότητες λέγονται αντίστοιχα αναλογικά ή ψηφιακά όργανα. Την ταχύτητα ενός οχήματος τη μετράμε με το ταχύμετρο, την πίεση με το μανόμετρο κ.λ.π. Τα ηλεκτρικά μεγέθη που μας ενδιαφέρουν τα μετράμε, τη μεν ηλεκτρική τάση με το βολτόμετρο, την ένταση με το αμπερόμετρο και την ισχύ με το βαττόμετρο.

Το αναλογικό πολύμετρο, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.3.1, αποτελείται από μία αναλογική κλίμακα τάσεων και η ένδειξη καθορίζεται από τη θέση της βελόνας πάνω στην κλίμακα. Ονομάζεται και VOM.

Στο ψηφιακό βολτόμετρο, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.3.2, σε μια οθόνη απεικονίζεται η τιμή του μετρούμενου μεγέθους υπό μορφή αριθμητικών ψηφίων.

**Κύκλωμα είναι μία διάταξη όπου συνδέονται ηλεκτρικά στοιχεία σε κλειστό βρόχο.**



**Σχήμα 1.3.1**  
Αναλογικό πολύμετρο



**Σχήμα 1.3.2**  
Ψηφιακό πολύμετρο

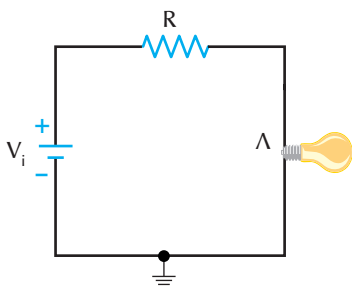
Ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα, όπως αυτό του σχήματος 1.3.3, μπορεί να αποτελείται από μία ηλεκτρική πηγή ( $V_i$ ), μία ηλεκτρική αντίσταση ( $R$ ) και μία λυχνία ( $\Lambda$ ).

Στο κύκλωμα ρέει ηλεκτρικό ρεύμα το οποίο εκφράζεται από τη μεταβλητή  $I$  που η τιμή του εξαρτάται από τη συνολική αντίσταση του κυκλώματος  $R_k$  και την τάση της πηγής  $V_i$ , όπως δίδεται από την σχέση (νόμος του Ohm) (1.3.1):

$$I = \frac{V_i}{R_k} \quad \text{όπου } R_k = R + R_\Lambda \quad 1.3.1$$

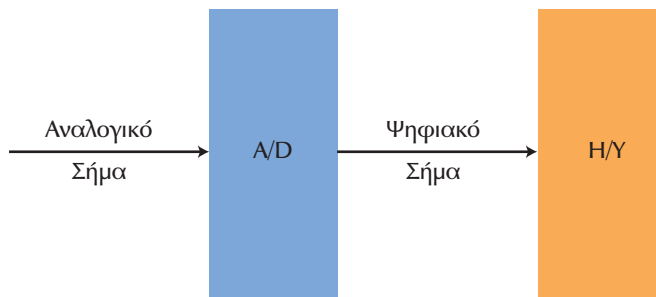
Όσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση του κυκλώματος  $R_k$ , τόσο μικρότερο είναι το ρεύμα  $I$ .

Αντίθετα ένα ψηφιακό κύκλωμα, όπως αυτό του σχήματος 1.3.4, δημιουργείται αν ένα αναλογικό σήμα μετατραπεί σε ψηφιακό μέσω ενός αναλογικού/ψηφιακού μετατροπέα (A/D) και ακολούθως διαβιβασθεί για επεξεργασία σ' ένα ψηφιακό ηλεκτρονικό υπολογιστή (H/Y).



**Σχήμα 1.3.3**  
Αναλογικό κύκλωμα

Σήμερα παρατηρείται η τάση, εκεί όπου υπάρχουν οι κατάλληλες προϋποθέσεις, συσκευές που παραδοσιακά ήταν αναλογικές να μετατρέπονται σε ψηφιακές. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το pick up (αναλογική συσκευή), το οποίο αντικαταστάθηκε από το compact disk player (ψηφιακή συσκευή). Η επίτευξη αυτού του στόχου έγινε δυνατή αφού σχεδιάστηκαν ειδικά κυκλώματα μετατροπής αναλο-



**Σχήμα 1.3.4** Ψηφιακό κύκλωμα

γικού σήματος σε ψηφιακό και αντίστροφα, γιατί όπως αναφέραμε τα φυσικά φαινόμενα εκφράζονται με αναλογικά σήματα. Μερικοί από τους λόγους για τους οποίους συμβαίνει αυτό είναι οι εξής:

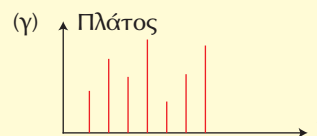
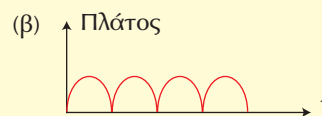
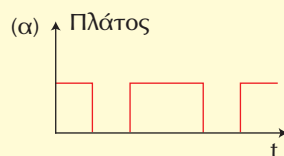
- α. Σχεδιάζονται ευκολότερα.
- β. Χρησιμοποιούνται ψηφιακά ολοκληρωμένα κυκλώματα που είναι πολύ φθηνά.
- γ. Τα ψηφιακά κυκλώματα μπορούν να αποθηκεύσουν και επεξεργασθούν πληροφορίες γρήγορα και αξιόπιστα.
- δ. Υπάρχει μεγαλύτερη ακρίβεια από τα αναλογικά κυκλώματα.
- ε. Μπορούν να προγραμματισθούν για οποιαδήποτε λειτουργία.
- στ. Οι παρεμβολές και ο θόρυβος επηρεάζουν λιγότερο τα ψηφιακά κυκλώματα.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ 1

- **Ηλεκτρονική** είναι η επιστήμη που ασχολείται με το σχεδιασμό, κατασκευή και συντήρηση των ηλεκτρονικών συσκευών.
- **Αναλογικό σήμα** είναι το σήμα που μεταβάλλεται συνεχώς με το χρόνο και λαμβάνει πάρα πολλές τιμές
- **Ψηφιακό** είναι το σήμα που έχει διακριτές τιμές στο χρόνο και το δυαδικό ψηφιακό σήμα έχει μόνο 2 τιμές.
- **Αναλογικά και ψηφιακά κυκλώματα** είναι αυτά που επεξεργάζονται αντίστοιχα αναλογικά και ψηφιακά σήματα.

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ – ΑΣΚΗΣΕΙΣ 1

1. Από τα παρακάτω σήματα ποια είναι αναλογικά και ποια ψηφιακά:





2. Ένα ημιτονικό σήμα έχει συχνότητα $f = 1\text{MHz}$ ( $10^6\text{ Hz}$ ). Να ευρεθεί η περίοδος του.	Αναλογικό σήμα	Κύκλωμα με λυχνία
3. Γιατί χρησιμοποιούνται περισσότερα ψηφιακά σήματα;	Ψηφιακό σήμα	Ηλεκτρονικός Υπολογιστής
4. Τι είναι τα αναλογικά κυκλώματα ;	Ψηφιακό κύκλωμα	Bit
5. Να γίνει η σωστή αντιστοίχιση στα παρακάτω στοιχεία:	Αναλογικό κύκλωμα	Ημίτονο Παλμός

### Ιστορική Αναδρομή

Ο 20ος αιώνας χαρακτηρίζεται ως ο αιώνας της ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ. Η ανακάλυψη της θερμιονικής διόδου από τον A. Fleming το 1901 απετέλεσε την απαρχή της Ηλεκτρονικής επανάστασης. Η ανακάλυψη έγινε για το σκοπό της ασύρματης μετάδοσης μηνύματος από την Αγγλία στην Αμερική προς επιβεβαίωση μιας άλλης ανακάλυψης του G. Marconi.

Ακολούθως μελετήθηκε η θερμιονική εκπομπή από τον Richardson και το επόμενο βήμα ήταν η εφεύρεση της τριόδου λυχνίας το 1906 από τον Lee De Forest. Η τριόδος ηλεκτρονική λυχνία χρησιμοποιήθηκε για την ενίσχυση ασθενών ρευμάτων. Ακολούθησε ο Arnold το 1913 ο οποίος βελτίωσε την ηλεκτρονική λυχνία παρατηρώντας ότι η επικάλυψη των νημάτων με οξείδιο έδινε μεγαλύτερη ενίσχυση από τα μεταλλικά νήματα.

Τις επόμενες δεκαετίες βελτιώθηκε η ηλεκτρονική λυχνία, προστέθηκαν και άλλα πλέγματα δημιουργώντας την τέτροδο και πέντοδο και ήταν σχεδόν το αποκλειστικό ηλεκτρονικό εξάρτημα ενίσχυσης μέχρι την ανακάλυψη της κρυσταλλοδιόδου το 1940 από τον Russell Ohl και στη συνέχεια του τρανζίστορ (Transistor) το 1948. Το τρανζίστορ επιτέλεσε μια δεύτερη επανάσταση στην Ηλεκτρονική δίδοντας στα συστήματα καλύτερες αποδόσεις, μικρότερο βάρος και όγκο και μικρότερη κατανάλωση ισχύος.

Τέλος περί το 1960 ανακαλύφθηκε το ολοκληρωμένο κύκλωμα που αποτελείται από πάρα πολλά τρανζίστορ μέσα σε χώρο μόλις 1 τετραγωνικού χιλιοστού (chip) και το οποίο αποτελεί την καρδιά όλων των σημερινών ηλεκτρονικών συσκευών όπως ο ηλεκτρονικός υπολογιστής, η ηλεκτρονική τηλεόραση, τα ηλεκτρονικά τηλεφωνικά κέντρα κ.λ.π.

