

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ & ΜΕΛΕΤΗ ΣΧΕΔΙΟΥ

# ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ & ΜΕΛΕΤΗ ΣΧΕΔΙΟΥ

ΒΙΒΛΙΟ ΜΑΘΗΤΗ

2ου ΚΥΚΛΟΥ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ-ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ:  
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ ΟΠΤΙΚΟΑΚΟΥΣΤΙΚΩΝ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ  
ΑΘΗΝΑ



960-06-1041-X



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ  
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ  
& ΜΕΛΕΤΗ ΣΧΕΔΙΟΥ**

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

Θαν. Γ. Γκιόκας, Στ. Β. Φριλίγκος

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ  
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ  
& ΜΕΛΕΤΗ ΣΧΕΔΙΟΥ

ΒΙΒΛΙΟ ΜΑΘΗΤΗ

Α' τάξη  
2ου ΚΥΚΛΟΥ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ-ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ:  
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ ΟΠΤΙΚΟΑΚΟΥΣΤΙΚΩΝ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ  
ΑΘΗΝΑ

ΟΜΑΔΑ ΣΥΓΓΡΑΦΗΣ

- 1.- Θανάσης Γ. Γκιόκας, Ηλεκτρονικός ΑΣΕΤΕΜ, Καθηγητής Δ/θμιας Εκπαίδευσης  
2.- Στέλιος Β. Φριλίγκος, Δρ. Φυσικός Ρ/Η, Καθηγητής Δ/θμιας Εκπαίδευσης

ΟΜΑΔΑ ΚΡΙΣΗΣ

- 1.- Ζιάβρας Μιχαήλ, Ηλεκτρονικός ΑΣΕΤΕΜ, Καθηγητής Δ/θμιας Εκπαίδευσης  
2.- Τσαντιώτης Χρήστος, Ηλεκτρονικός, Καθηγητής Δ/θμιας Εκπαίδευσης  
3.- Φραντζεσκάκης Δημήτριος, Επίκουρος Καθηγητής Πανεπιστημίου Αθηνών

ΣΥΝΤΟΝΙΣΤΗΣ

Αθανάσιος Γ. Γκιόκας, Ηλεκτρονικός ΑΣΕΤΕΜ, Καθηγητής Δ/θμιας Εκπαίδευσης

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΕΚΔΟΣΗΣ

Αθανάσιος Γ. Γκιόκας, Ηλεκτρονικός ΑΣΕΤΕΜ, Καθηγητής Δ/θμιας Εκπαίδευσης

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΕΙΜΕΝΟΥ

Κατσιακρέλη Χριστούλα

ΓΛΩΣΣΙΚΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

Δημητρίου Ελένη, Φιλολόγος, Καθηγήτρια Δ/θμιας Εκπαίδευσης

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΞΩΦΥΛΛΟΥ & ΠΡΟΕΚΤΥΠΩΣΗ

dimiourgies

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

Επιστημονικός Υπεύθυνος του Τομέα "ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ",

Δρ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΔΗΜ. ΚΑΝΕΛΟΠΟΥΛΟΣ (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.

## Πρόλογος

Το βιβλίο αυτό καλύπτει τη διδακτέα ύλη του μαθήματος "ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΣΧΕΔΙΟΥ" του Β' Κύκλου του Ηλεκτρονικού Τομέα ΤΕΕ. Η διάρθρωση της ύλης είναι συμβατή με το Αναλυτικό Πρόγραμμα του μαθήματος όπως αυτό έχει εγκριθεί από το ΥΠΕΘ.

Σε μια εποχή ραγδαίων τεχνολογικών εξελίξεων είναι απαραίτητο οι μαθητές της τεχνικής επαγγελματικής εκπαίδευσης να γνωρίσουν όσο γίνεται πληρέστερα τα σημαντικότερα θέματα που έχουν σχέση με τις νέες τεχνολογίες. Έτσι θα είναι δυνατό να κατανοήσουν: α) τον τρόπο λειτουργίας μιας σειράς βασικών διατάξεων και συσκευών που επηρεάζουν σε σημαντικό βαθμό την καθημερινή μας ζωή και β) τη φύση των μελλοντικών εξελίξεων στο χώρο της τεχνολογίας.

Με τον τρόπο αυτό οι μαθητές μας θα μπορέσουν να γνωρίσουν καλύτερα τον κόσμο ο οποίος τους περιβάλλει και να εξοπλισθούν με γνώσεις επαρκείς για το έργο τους ως μελλοντικοί τεχνικοί.

Σ' αυτά τα πλαίσια αναλύονται τα χαρακτηριστικά, οι ιδιότητες και οι κυριότερες εφαρμογές σειράς βασικών ηλεκτρονικών εξαρτημάτων όπως τα φερριτικά και πιεζοηλεκτρικά υλικά, τα οπτικοηλεκτρονικά εξαρτήματα, τα φίλτρα, οι συντονιστές, οι ημιαγωγοί ισχύος και η μελέτη ηλεκτρονικού σχεδίου. Ακόμα παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά και οι ιδιότητες που σχετίζονται με ορισμένες βασικές ηλεκτρονικές διατάξεις με τις οποίες οι μαθητές έρχονται καθημερινά σε επαφή (ηλεκτρακουστικές διατάξεις, διατάξεις απεικόνισης κ.τ.λ.). Στην ανάπτυξη όλων των παραπάνω θεμάτων ιδιαίτερη ήταν η φροντίδα για τον εμπλουτισμό του κειμένου με μεγάλο αριθμό σχεδιαγραμμάτων, γραφικών παραστάσεων και έγχρωμων φωτογραφιών.

Ελπίζουμε ότι με την προσπάθειά μας αυτή συμβάλλουμε στη διεύρυνση των γνώσεων των μαθητών σχετικά με τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα και στην εμβάθυνση της σχέσης τους με τον κόσμο της νέας τεχνολογίας. Για το σκοπό αυτό θεωρούμε καλοδεχούμενη την κριτική αντιμετώπιση του έργου μας απ' όλους τους εμπλεκόμενους φορείς στο χώρο της εκπαίδευσης, συναδέλφους και μαθητές.

Οι συγγραφείς Θ. Γ. Γκιόκας  
Σ. Β. Φριλίγκος Αύγουστος 2000

# Περιεχόμενα

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Καταστολείς - Φίλτρα EMI/RFI - Κεραμικά και SAW

### Φίλτρα - Συντονιστές

1.1	Εισαγωγή	14
1.2	Καταστολείς	15
1.2.1	Πυκνωτές καταστολείς κατηγοριών X και Y	15
1.2.2	Κεραμικοί καταστολείς	17
1.3	Φίλτρα EMI/RFI	20
1.3.1	Εφαρμογές των φίλτρων EMI/RFI	21
1.3.2	Κατηγορίες και περιγραφή των EMI/RFI φίλτρων	29
1.4	Κεραμικά φίλτρα	32
1.5	SAW φίλτρα	34
1.6	Συντονιστές	38
	Ερωτήσεις	

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Φερριτικά Υλικά

2.1	Γενικά	46
2.2	Χαρακτηριστικά φερριτών	47
2.3	Κατηγορίες φερριτών	48
2.4	Κώδικες Φερριτών	49
2.5	Ειδικοί φερρίτες	53
	Ερωτήσεις	

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Πιεζοηλεκτρικά Κεραμικά

3.1	Εισαγωγή	56
3.2.	Χαρακτηριστικά των πιεζοηλεκτρικών κεραμικών	57
3.3.	Περιγραφή και χρήσεις των πιεζοηλεκτρικών κεραμικών	58
	Ερωτήσεις	

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Πιεζοηλεκτρικοί Κρύσταλλοι

4.1	Εισαγωγή	62
4.2	Βασικά χαρακτηριστικά των κρυστάλλων	64
4.3	Κατηγορίες και κώδικες χρήσης των κρυστάλλων	65
4.4.	Περιγραφή και στοιχεία των κρυστάλλων	66
	Ερωτήσεις	

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Αισθητήρες - Μετατροπείς

5.1	Εισαγωγή	70
5.2	Αισθητήρες πίεσης	72
5.2.1	Βασικά στοιχεία πίεσης	72
5.2.2	Διακρίβωσης και αντιστάθμισης θερμοκρασίας	73
5.2.3	Θωρακισμένοι με χάλυβα	74
5.3	Αισθητήρες θέσης - Απόστασης - Κίνησης	75
5.3.1	Μέτρησης πάχους λίπους ζώων	75
5.3.2	Ανιχνευτής γραμμικής θέσης	75
5.3.3	Αισθητήρες μέτρησης ασθενών μαγνητικών πεδίων	75
5.3.3.1	Οδικής κυκλοφορίας	75
5.3.3.2	Ταχύτητας περιστροφής	76
5.3.3.3	Μέτρησης γωνίας	77
5.3.4	Αισθητήρες εγγύτητας	77
5.4	Αισθητήρες θερμοκρασίας	79
5.4.1	Πυροηλεκτρικός ανιχνευτής	79
5.4.2	Θερμοστοιχεία	80
5.4.3	Αντίστασης πλατίνας	81
5.4.4	Ολοκληρωμένοι αισθητήρες	82
5.5	Αισθητήρες υγρών - αερίων	83
5.5.1	Ροόμετρο υγρών	83
5.5.2	Ροόμετρο αέρα	84
5.5.3	Αισθητήρες αερίων	85
5.6	Αισθητήρες περιβάλλοντος	87
5.6.1	Σχετικής υγρασίας	87
5.6.2	Φωτιάς - καπνού	87
	Ερωτήσεις	

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 Ηλεκτροακουστικοί Μετατροπείς

6.1	Μικρόφωνα	92
6.1.1	Χαρακτηριστικά μικροφώνων	92
6.1.2	Κατηγορίες μικροφώνων	94
6.1.2.1	Μικρόφωνα άνθρακα	95
6.1.2.2	Κρυσταλλικά μικρόφωνα	95
6.1.2.3	Δυναμικά μικρόφωνα	95
6.1.2.4	Μικρόφωνα πυκνωτή	98
6.1.3	Ειδικές κατηγορίες μικροφώνων	99
6.1.3.1	Κατευθυντικά μικρόφωνα	99
6.1.3.2	Στερεοφωνικά μικρόφωνα	100
6.1.3.3	Ασύρματα μικρόφωνα	100
6.2	Μεγάφωνα - Ηχεία	102
6.2.1	Χαρακτηριστικά μεγαφώνων	102
6.2.2	Κατηγορίες μεγαφώνων	104
6.2.2.1	Μεγάφωνα κινητού τηλέφνου	104
6.2.2.2	Μεγάφωνα ταινίας	105

6.2.2.3	Ηλεκτροστατικά μεγάφωνα	106
6.3	Μορφές συσκευασίας μεγαφώνων	107
6.4	Ηχεία	110
6.5	Ακουστικά	113
	Ερωτήσεις	

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 Μονάδες Απεικόνισης

7.1	Λυχνίες καθοδικών ακτίνων	118
7.1.1	Χαρακτηριστικά λυχνιών καθοδικών ακτίνων	118
7.1.2	Παραγωγή χρώματος στις διατάξεις CRT	120
7.2	Οθόνες υγρών κρυστάλλων	122
7.3	Οθόνες πλάσματος	128
	Ερωτήσεις	

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 Ημιαγώγιμα Εξαρτήματα Ισχύος

8.1	Εισαγωγή	134
8.2	Δίοδος τεσσάρων στρωμάτων	136
8.3	Ελεγχόμενος ανορθωτής πυριτίου	141
8.4	Ελεγχόμενος διακόπτης πύλης	145
8.5	Ελεγχόμενος διακόπτης πυριτίου	146
8.6	Αμφίπλευρη δίοδος (DIAC)	147
8.7	Αμφίπλευρο SCR (TRIAC)	150
	Ερωτήσεις	

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 Οπτοηλεκτρονικά Εξαρτήματα

9.1	Εισαγωγή	158
9.2	Πηγές ακτινοβολίας	160
9.2.1	Δίοδοι LED	160
9.2.1.1	Χαρακτηριστικά λειτουργίας	160
9.2.1.2	Χαρακτηριστικά κατασκευής	163
9.2.2	Δίοδοι LASER	167
9.2.2.1	Χαρακτηριστικά λειτουργίας	167
9.3	Ανιχνευτές ακτινοβολίας	173
9.3.1	Φωτοδίοδοι	173
9.3.2	Φωτοτρανζίστορ - φωτοθυρίστορ	180
9.4	Οπτρονές	183
	Ερωτήσεις	

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10 Μπαταρίες - Ηλιακά Στοιχεία

10.1	Εισαγωγή	190
10.2	Πρωτεύουσες μπαταρίες	191
10.3	Δευτερεύουσες μπαταρίες	194
10.4	Ηλιακά στοιχεία	196
	Ερωτήσεις	

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11 Ασφάλειες - Διακόπτες - Συνδετήρες - Σπρέι

11.1	Εισαγωγή	202
11.2	Διακόπτες	203
11.3	Συνδετήρες - Προσαρμογείς	204
11.4	Καλώδια	206
11.5	Σπρέι	207
	Ερωτήσεις	

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12 Ηλεκτρονικά Διαγράμματα

12.1	Δομικά διαγράμματα ολοκληρωμένων κυκλωμάτων	212
12.2	Δομικά διαγράμματα συσκευών και εγκαταστάσεων	224
12.3	Αναζήτηση τεχνικών πληροφοριών	226
	Ερωτήσεις	

(ΜΕΡΟΣ Α')

# 10 13

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### Καταστολείς - Φίλτρα EMI/RFI - Κεραμικά και SAW Φίλτρα - Συντονιστές

#### Σκοποί Κεφαλαίου:

Μετά το πέρας της διδασκαλίας του κεφαλαίου ο μαθητής θα πρέπει:

- Να περιγράφει τους λόγους για τους οποίους απαιτείται η χρήση καταστολέων.
- Να αναφέρει τη χρήση των πυκνωτών κατηγοριών X και Y.
- Να αναφέρει τη χρήση και τα πλεονεκτήματα των κεραμικών καταστολέων.
- Να περιγράφει τους λόγους για τους οποίους απαιτείται η χρήση φίλτρων EMI/RFI.
- Να αναφέρει τις κατηγορίες των φίλτρων EMI/RFI.
- Να αναφέρει τις χρήσεις των φίλτρων EMI/RFI σε διάφορες εφαρμογές.
- Να εξηγεί τους λόγους για τους οποίους χρησιμοποιούνται τα κεραμικά φίλτρα και τα φίλτρα SAW.
- Να αναφέρει τις χρήσεις και τα πλεονεκτήματα των κεραμικών και SAW φίλτρων.
- Να εξηγεί τους λόγους χρήσης και τα πλεονεκτήματα των συντονιστών.
- Να αναφέρει διάφορες χρήσεις των συντονιστών.



## 1.1 Εισαγωγή

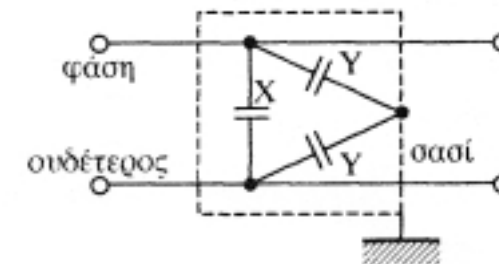
Στο κεφάλαιο αυτό θα περιγραφούν οι καταστολείς (Suppressors) με πυκνωτές κατηγοριών X και Y, όπως και οι κεραμικοί καταστολείς. Επίσης θα περιγραφούν τα φίλτρα EMI/RFI (Electro - Magnetic Interference / Radio - Frequency Interference) των οποίων η χρήση σε κάθε επαγγελματική ηλεκτρονική κατασκευή είναι απαραίτητη. Τέλος, η χρήση των κεραμικών και SAW φίλτρων (Surface Acoustic Wave) απαιτεί στοιχειώδεις γνώσεις για αυτά, το ίδιο και για τους συντονιστές (Resonators).

## 1.2. Καταστολείς

Έχει παρατηρηθεί ότι στο δίκτυο ηλεκτροδότησης, καθημερινά, έχουμε κατά μέσο όρο 10 παλμούς υπέρτασης με τάση μεγαλύτερη από 1KV και ρυθμούς ανόδου 2000 V/μsec. Επίσης σε διάφορα ηλεκτρονικά και ηλεκτρομηχανικά στοιχεία, π.χ. διακόπτες ON-OFF, αναπτύσσονται αιχμές τάσης. Οποιαδήποτε κι αν είναι η αιτία παραγωγής αυτών των αιχμών, πρέπει να κατασταλούν, διότι διαφορετικά είναι πιθανό να επιφέρουν βλάβες στα ηλεκτρονικά κυκλώματα που θα παρουσιαστούν.

### 1.2.1. Πυκνωτές καταστολείς κατηγοριών X και Y

Οι πυκνωτές επιμεταλλωμένου πλαστικού διηλεκτρικού των τύπων MKP, MKT-P, MKT-MKT, MP-KT και επιμεταλλωμένου χαρτιού, οι οποίοι έχουν αυξημένη μηχανική και ηλεκτρική αξιοπιστία, χωρίζονται στις κατηγορίες X και Y. Οι πυκνωτές κατηγορίας X συνδέονται μεταξύ των αγωγών τροφοδοσίας για την καταστολή των παλμών υπέρτασης και εκμηδενίζουν την περίπτωση βραχυκυκλώματος μεταξύ των αγωγών. Οι πυκνωτές κατηγορίας Y συνδέουν τον κάθε αγωγό χωριστά με το σασί της συσκευής, με σκοπό να γειώσουν τις ανεπιθύμητες ραδιοσυχνότητες του δικτύου τροφοδοσίας. Τα πιο πάνω φαίνονται καλύτερα στο σχ. 1.1.



Σχήμα 1.1. Συνδεσμολογία των πυκνωτών κατηγοριών X και Y

Οι πυκνωτές κατηγορίας X χωρίζονται σε δύο υποκατηγορίες:

- X1 με διηλεκτρικό τύπου MKP και καταστολή αιχμών τάσης μεγαλύτερης από 1500 Vp.
- X2 με διηλεκτρικό όλων των προαναφερθέντων τύπων και καταστολή αιχμών τάσης  $\leq 1500V_p$ .

Από τους πυκνωτές της κατηγορίας Y χρησιμοποιούνται μόνο αυτοί της υποκατηγορίας Y2 με διηλεκτρικό τύπου MKP και επιμεταλλωμένου χαρτιού.

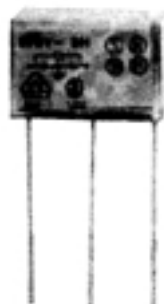
Στον πίνακα 1.1 δίνονται τα στοιχεία των πυκνωτών κατηγοριών X και Y.

	Χαρακτηριστικά	X1	X2					Y2	
		MKP	MKP	MP-KT	MKT/MKT	MKT-P	Επιμτ. χωρ.	MKP	Επιμτ. χωρ.
1	Τάση λειτουργίας (V <sub>AC</sub> )	275	250 275	275	300	250	250	250	250
2	Ονομαστική χωρητικότητα (nF)	1-1000	10-1000 1-2200	10-680	10-1000	10-1000	33 ~ 470	1 ~ 47	1 ~ 47
3	Ονομαστική τάση κλίσης παλμού (V/μsec)	200	100 100	250-1500	100	100	—	200	—

Πίνακας 1.1

Όλοι οι πυκνωτές υπάρχουν σε τιμές της σειράς E6 και με ανοχή χωρητικότητας  $\pm 10\%$  ή  $\pm 20\%$ .

Μία πρόταση που συχνά παρουσιάζεται είναι αυτή με πυκνωτές X2 και Y2, όπως στο σχ. 1.1, και καλύπτει πάρα πολλές περιπτώσεις. Υπάρχει και σε έτοιμο μπλοκ, όπως φαίνεται στο σχ. 1.2, σε συνδεσμολογία τριγώνου X2, Y2, Y2 για τάση 275V<sub>AC</sub>, με χωρητικότητα X2=0,1  $\mu$ F και Y2=4,7nF και ανοχή χωρητικότητας  $\pm 20\%$ : καταστέλλουν αιχμές τάσης το μεν X2 ως 3KV, το δε Y2 ως 5KV.



Σχήμα 1.2 Μπλοκ πυκνωτών κατηγοριών X και Y

Τέλος, στο σχ. 1.3 παρουσιάζεται ένας πυκνωτής καταστολέας για δίκυκλα με ονομαστική τάση 100V<sub>DC</sub> και χωρητικότητα 1 $\mu$ F (κόκκινο), 2,2 $\mu$ F (μαύρο) και 3 $\mu$ F (μπλε).



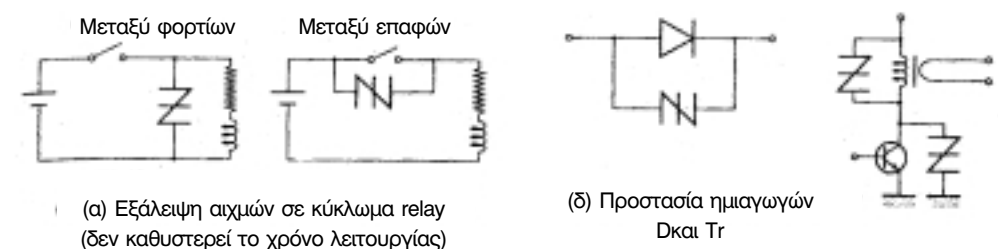
Σχήμα 1.3 Πυκνωτής καταστολέας

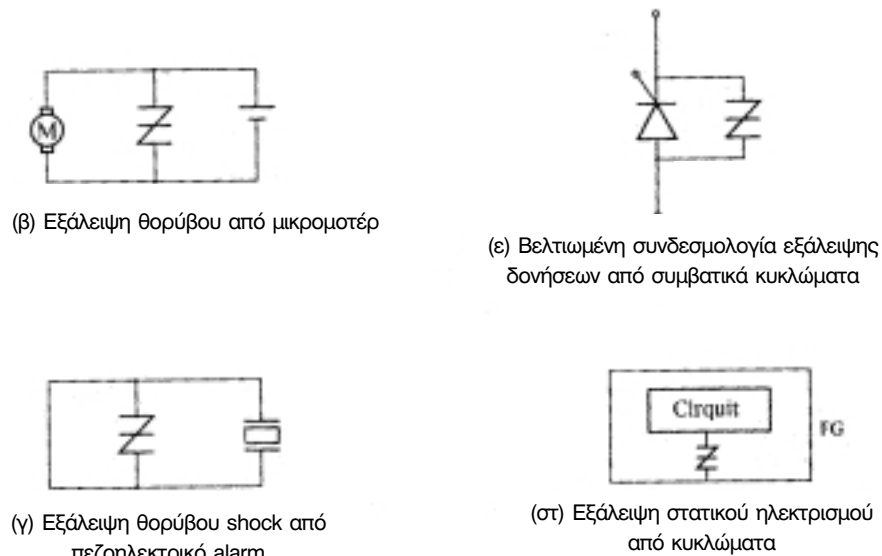
## 1.2.2 Κεραμικοί καταστολείς

Εκτός από τους καταστολείς που γνωρίσαμε, υπάρχουν και οι κεραμικοί για την καταστολή αιχμών τάσης και ρεύματος. Δε θα περιγράψουμε καθόλου τους καταστολείς ρευμάτων.

Οι BC πυκνωτές με varistor (BCV), κατασκευάζονται με ημιαγωγικό κεραμικό υλικό κατηγορίας III σε σειρά με ένα varistor ZnO. Αυτός ο συνδυασμός συντελεί στην αποτελεσματική εξάλειψη των ανεπιθύμητων αιχμών τάσης, λόγω της μεγάλης χωρητικότητας (2,2~47)nF. Τέτοιες υπερβάσεις τάσεων έχουν αρνητικά αποτελέσματα στα ηλεκτρονικά συστήματα. Χρησιμοποιούνται για την καταστολή των σπινθηρισμών των relays, του θορύβου shock των πιεζοπομπών /πιεζοδεκτών, των bussers και ηχητών τόνου και του στατικού ηλεκτρισμού των εξαρτημάτων των κυκλωμάτων με ICs. Το σύμβολο αυτών των καταστολέων είναι το  $\text{N}$ .

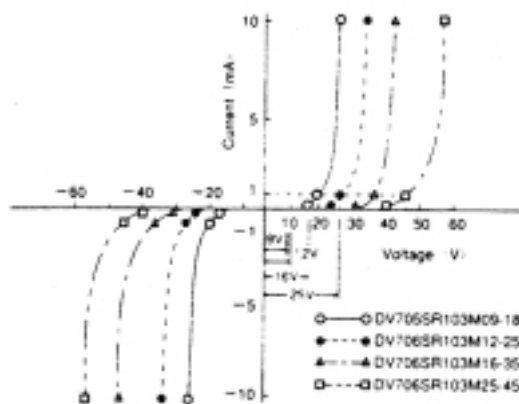
Στα σχ. 1.4 δίνονται μερικές τυπικές εφαρμογές των BCV.





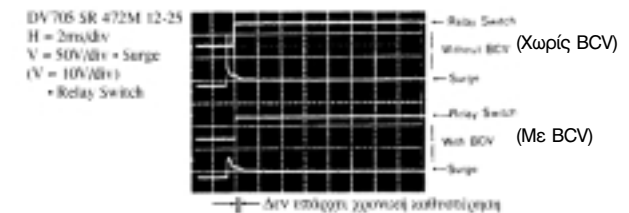
Σχήματα 1.4 Εφαρμογές των BCV καταστολών

Στο σχ. 1.5 δίνεται η χαρακτηριστική V-I τεσσάρων BCV, οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν τους συνηθισμένους αποζευκτικούς πυκνωτές σε τάσεις μικρότερες από τις ονομαστικές τους (9-12-16-25)V. Η τάση varistor V<sub>1</sub> παρουσιάζεται στα άκρα ενός BCV όταν τον διαρρέει ρεύμα 1mA. Τα στοιχεία αυτά είναι συμμετρικά, άρα δεν έχουν πολικότητα.



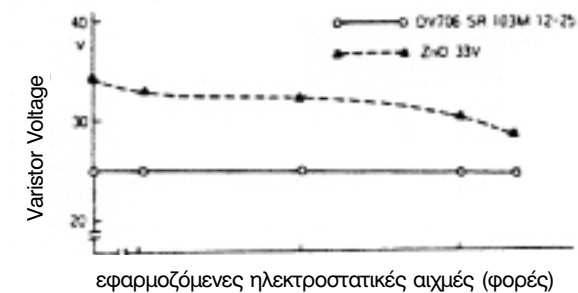
Σχήμα 1.5 Χαρακτηριστική V-I των BCV

Στο σχ. 1.6 παρουσιάζονται τα παλμογραφήματα λειτουργίας ενός relay χωρίς BCV και με BCV. Είναι φανερό η καταστολή που επιτυγχάνεται με τη σύνδεση ενός BCV στα άκρα των relay.



Σχήμα 1.6 Παλμογραφήματα λειτουργίας relay

Στο σχ. 1.7 φαίνεται η καταστολή τάσης που λαμβάνεται από ένα BCV σε σύγκριση με ένα varistor ZnO, σε συνάρτηση με τον αριθμό των εφαρμοζόμενων ηλεκτροστατικών αιχμών τάσης.



Σχήμα 1.7 Καταστολή αιχμών τάσης στατικού ηλεκτρισμού από BCV και varistor

Η κωδικοποίηση των BCV είναι όπως στο σχ. 1.8. Το σύμβολο **Y** δηλώνει ότι είναι BCV σε διάκριση από τους παλιότερους BC πυκνωτές. Η χωρητικότητα τους αναγράφεται με τον τριψήφιο κώδικα π.χ. 472=4700 pF, η ανοχή τους είναι  $\pm 20\%$  και δηλώνεται με το γράμμα M, οι δε τάσεις τους αναγράφονται, π.χ. ως 25-45, όπου 25=25V η ονομαστική τάση και 45=45V η τάση varistor.



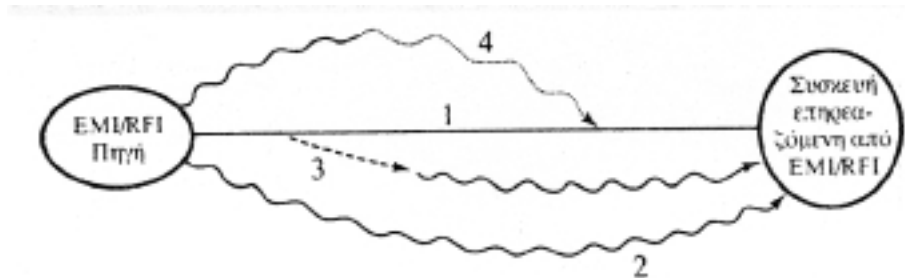
Σχήμα 1.8 Κώδικες των BCV

### 1.3 Φίλτρα EMI/RFI

Σ' όλα τα ηλεκτρονικά κυκλώματα -αναλογικά ή ψηφιακά- και τις συσκευές, παρουσιάζονται ανεπιθύμητοι θόρυβοι οι οποίοι πρέπει να κατασταλούν. Οι θόρυβοι μπορεί να είναι ηλεκτρομαγνητικά κύματα ή ραδιοσυχνότητες και τα φίλτρα καταστολής τους ονομάζονται EMI και RFI αντίστοιχα.

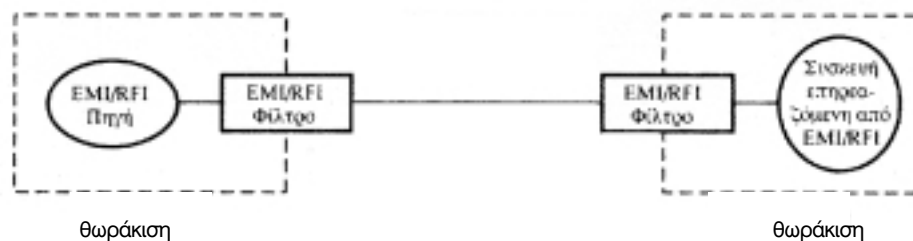
Στο σχ. 1.9 φαίνονται οι τέσσερις τρόποι διάδοσης αυτών των θορύβων:

- 1) διαμέσου των αγωγών,
- 2) διαμέσου του περιβάλλοντος χώρου,
- 3) από κάποιον αγωγό στον περιβάλλοντα χώρο και
- 4) από τον περιβάλλοντα χώρο της πηγής θορύβου στον αγωγό.



Σχήμα 1.9 Τρόποι διάδοσης των EMI/RFI θορύβων

Στο σχ. 1.10 δίνεται ο βασικός τρόπος καταστολής θορύβων EMI/RFI.



Σχήμα 1.10 Καταστολή θορύβων EMI/RFI

Στη χώρα μας, όπως και στις υπόλοιπες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, από την 1/1/1997 κάθε ηλεκτρική ή ηλεκτρονική συσκευή -εκτός των κατασκευών των εκπαιδευόμενων μαθητών και φοιτητών- θα πρέπει να φέρει αντιπαρασπινικά φίλτρα

EMI/RFI και για την πιστοποίησή της θα φέρει το σύμβολο CE (Ευρωπαϊκή Συμβατότητα). Βεβαίως υπάρχουν διάφοροι κανονισμοί με απαιτήσεις καταστολής EMI/RFI θορύβων ή παρασίτων, όπως οι FCC, CISPR, VDE κ.ά.

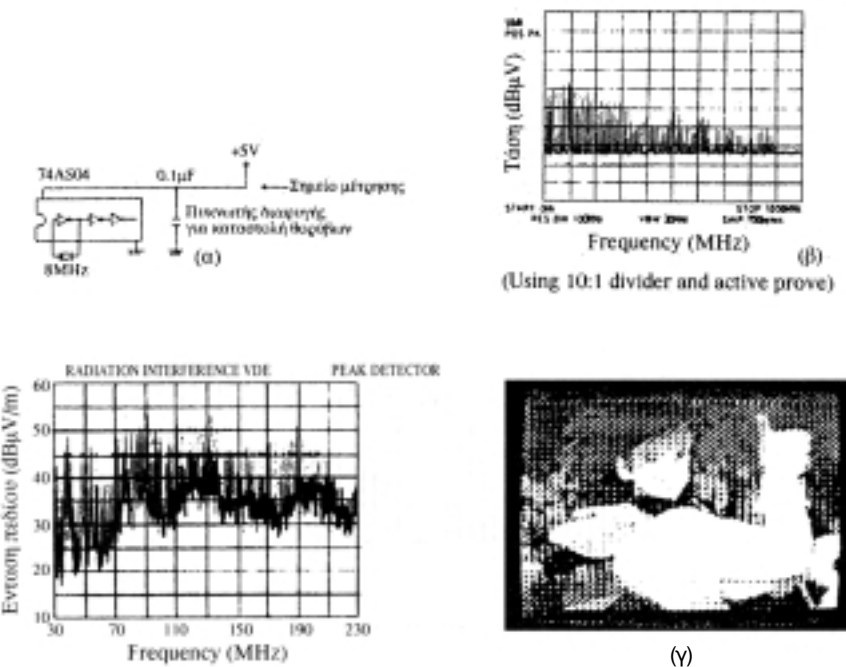
Οι EMI/RFI παρεμβολές στα αναλογικά κυκλώματα προέρχονται: α) από βιομηχανικά παράσιτα, β) ατμοσφαιρικούς και κοσμικούς θορύβους, γ) ηλεκτρονικά στοιχεία, π.χ. θερμικός θόρυβος, δ) ηλεκτρονικά κυκλώματα, π.χ. τοπικός ταλαντωτής, ε) γραμμές μεταφοράς ενέργειας ή σήματος κτλ.

Στα ψηφιακά κυκλώματα έχουμε παρεμβολές: α) στη γραμμή τροφοδοσίας των ICs, β) ακτινοβολία από την πλακέτα των ICs, γ) ακτινοβολία από τη γραμμή σήματος, δ) ακτινοβολία από καλώδια I/O (εισόδου-εξόδου) και ε) ακτινοβολία από τη γείωση.

#### 1.3.1 Εφαρμογές των φίλτρων EMI/RFI

Σ' αυτό το τμήμα θα εξεταστούν οι εφαρμογές των φίλτρων EMI/RFI. Θα δοθούν πέντε χαρακτηριστικές περιπτώσεις παραγωγής θορύβων.

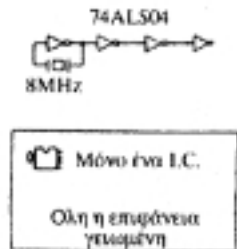
1. Στο σχ. 1.11α το IC 74ALS04 -πύλη NOT- εργάζεται στα 8 MHz και μεταδίδει στη γραμμή τροφοδοσίας το φάσμα θορύβου που φαίνεται στο σχ. 1.11β, εύρους αρκετών εκατοντάδων MHz. Στο σχ. 1.11γ παρουσιάζεται η επίδραση αυτών των θορύβων στην εικόνα οθόνης T.V.



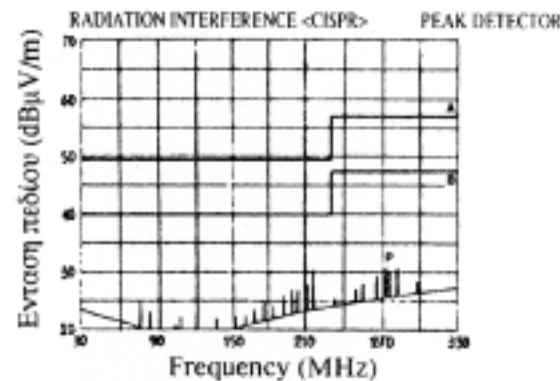
Σχήματα 1.11 Κύκλωμα, φάσμα θορύβου και επίδραση στην οθόνη μιας TV



2. Στο σχ. 1.12α το ίδιο κύκλωμα, με γειωμένη όλη την επιφάνεια της πλακέτας, παράγει φάσμα θορύβου το οποίο φαίνεται στο σχ. 1.12β και ακτινοβολείται από την πλακέτα.



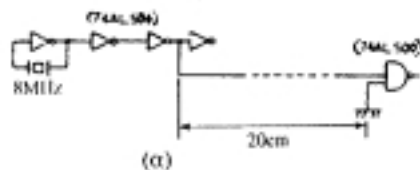
(α)



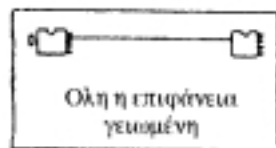
(β)

Σχήματα 1.12 Κύκλωμα και φάσμα θορύβου με γειωμένη όλη την επιφάνεια της πλακέτας

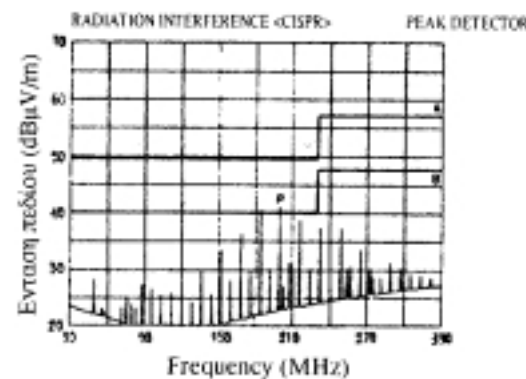
3. Στο σχ. 1.13α το ίδιο κύκλωμα συνδέεται με το IC 74ALS00 -πύλη NAND- διαμέσου γραμμής σήματος μήκους 20cm, σχ. 1.13β. Στο σχ. 1.13γ φαίνεται το φάσμα θορύβου το οποίο ακτινοβολείται από τη γραμμή σήματος των 20cm.



(α)



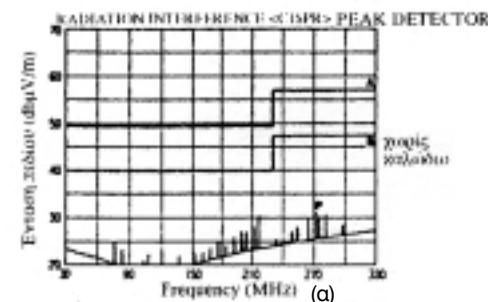
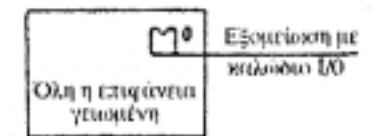
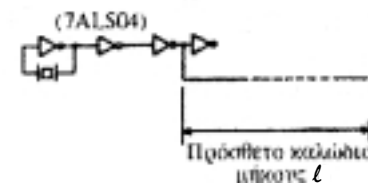
(β)



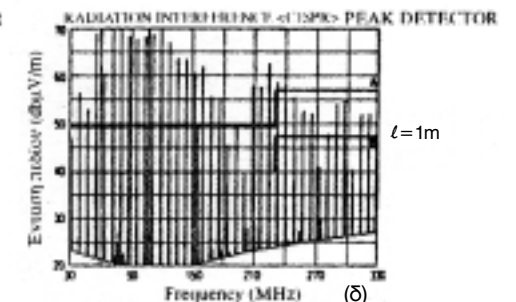
(γ)

Σχήματα 1.13 Κύκλωμα και φάσμα θορύβου της γραμμής διασύνδεσης δύο ICs

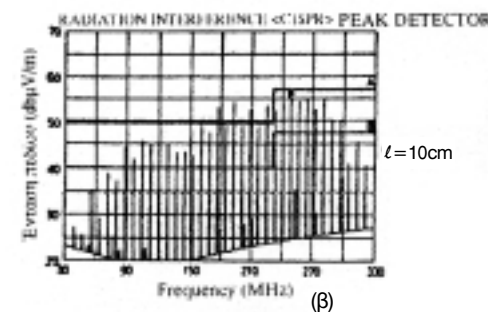
4. Στα σχ. 1.14 α, β, γ, δ φαίνονται τα φάσματα θορύβου που ακτινοβολούνται από την πλακέτα χωρίς καλώδιο, με καλώδιο 10cm, 30cm και 1m αντίστοιχα.



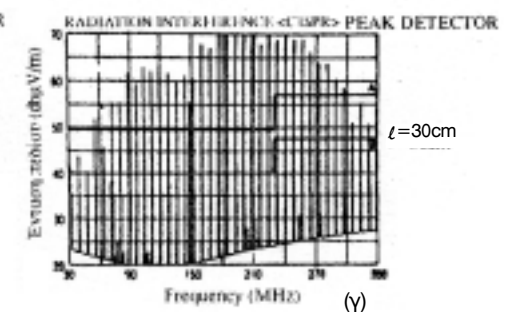
(α)



$l=1m$



(β)



$l=30cm$

(γ)

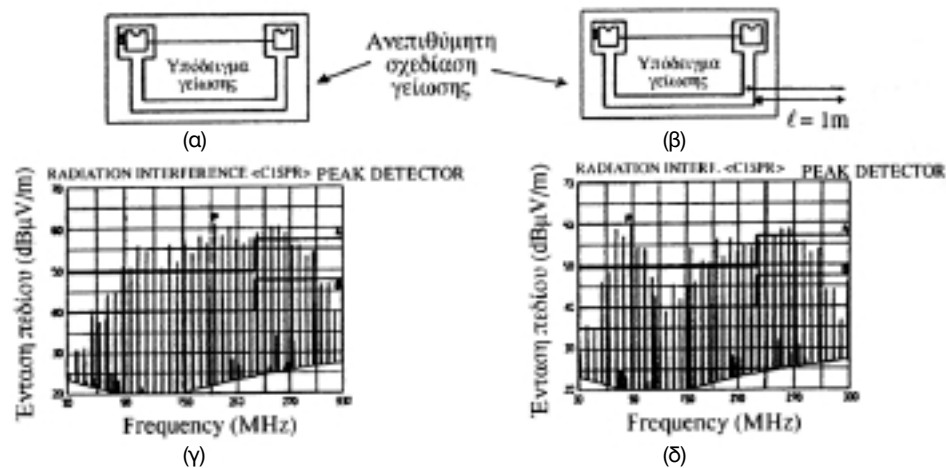
Σχήματα 1.14 Κύκλωμα και φάσματα θορύβου από γραμμές διασύνδεσης διαφορετικού μήκους

5. Στα σχ. 1.15 α, β δίνονται τα κυκλώματα διασύνδεσης δύο ICs με μία ανεπιθύμητη σχεδίαση γείωσης, χωρίς καλώδιο και με καλώδιο 1m.

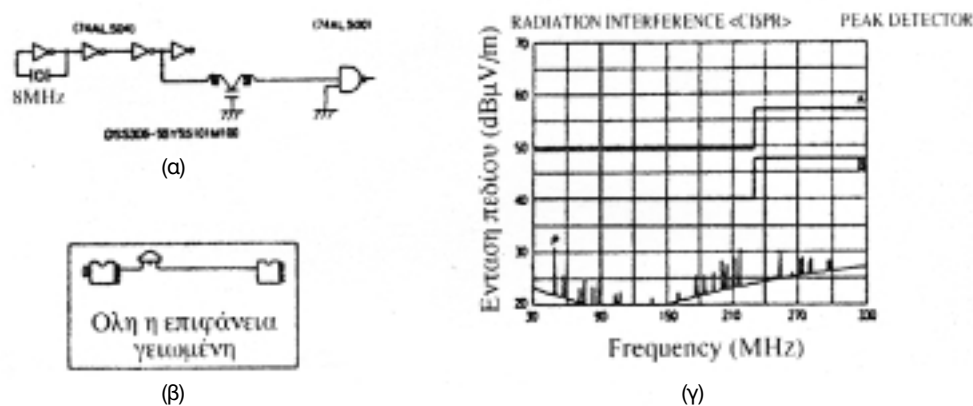
Στα σχ. 1.15γ, δ δίνονται τα αντίστοιχα φάσματα θορύβου. Στο κύκλωμα με καλώδιο 1m, ως σημειωθεί ότι αυτό συμπεριφέρεται ως κεραία  $\lambda/4$  στις συχνότητες (70~90) MHz και αυξάνει το θόρυβο κατά (10~15) dB.

Η καταστολή των ανεπιθύμητων θορύβων, που παράγονται με τρόπους οι οποίοι παρουσιάστηκαν, επιτυγχάνεται με κεραμικούς ή αυτεπαγωγικούς καταστολείς ή αλλιώς συμπιεστές.

Στο κύκλωμα του σχ. 1.13α έχει προστεθεί ένας κεραμικός καταστολέας (σχ. 1.16α) και το φάσμα θορύβου έχει συμπιεστεί τουλάχιστον κατά 10dB. Να γίνει σύγκριση του σχ. 1.13γ με το σχ. 1.16γ.

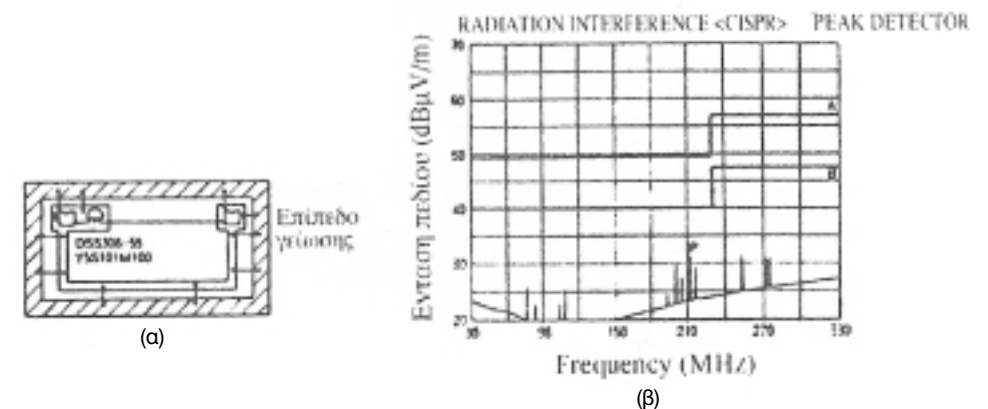


Σχήματα 1.15 Ανεπιθύμητη σχεδίαση γείωσης και φάσματα θορύβου χωρίς και με καλώδιο διασύνδεσης



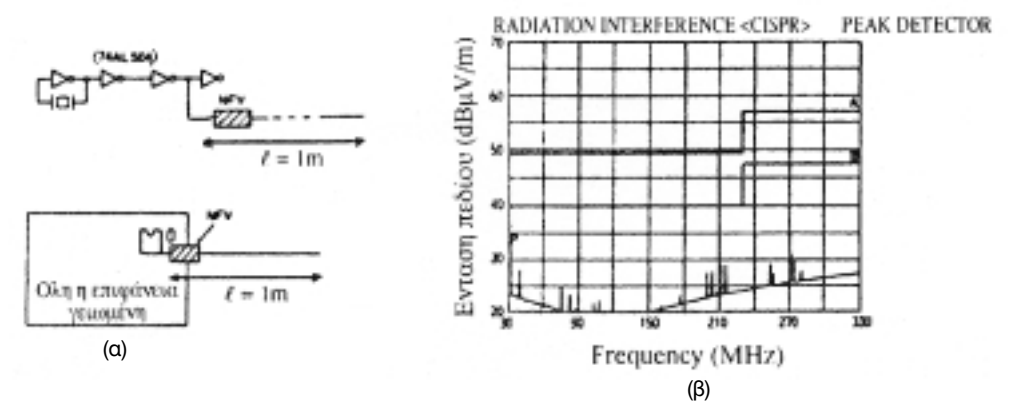
Σχήματα 1.16 Κύκλωμα και φάσμα θορύβου με τη χρήση καταστολέα

Το πιο πάνω κύκλωμα, δηλαδή του σχ. 1.16α, έχει βελτιωθεί με το περιμετρικό επίπεδο γείωσης και τα πολλά σημεία επαφών (σχ. 1.17α), με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται ακόμη μεγαλύτερη καταστολή του θορύβου >30dB. (σχ. 1.17β). Να γίνει σύγκριση του σχ. 1.16γ με το σχ. 1.17β.



Σχήματα 1.17 Κύκλωμα και φάσμα θορύβου με τη χρήση καταστολέα και βελτιωμένο επίπεδο γείωσης

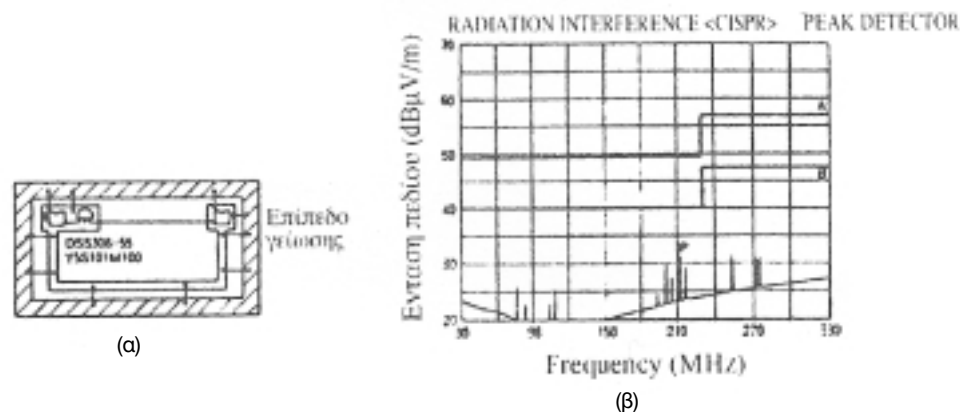
Στο κύκλωμα του σχ. 1.14δ με καλώδιο μήκους 1m, προστίθεται καταστολέας ο οποίος εισάγει μία καταστολή της τάξης των 40dB (σχ. 1.18α, β). Να γίνει σύγκριση του σχ. 1.14δ με το σχ. 1.18β.



Σχήματα 1.18 Κύκλωμα και φάσμα θορύβου με τη χρήση καταστολέα

Όπως και παραπάνω, το κύκλωμα του σχ. 1.15β σχεδιάζεται με βελτιωμένο επίπεδο γείωσης, το οποίο μαζί με τον καταστολέα εισάγει κατάπνιξη θορύβων >30dB (σύγκριση του σχ. 1.15δ με το σχ. 1.19β).

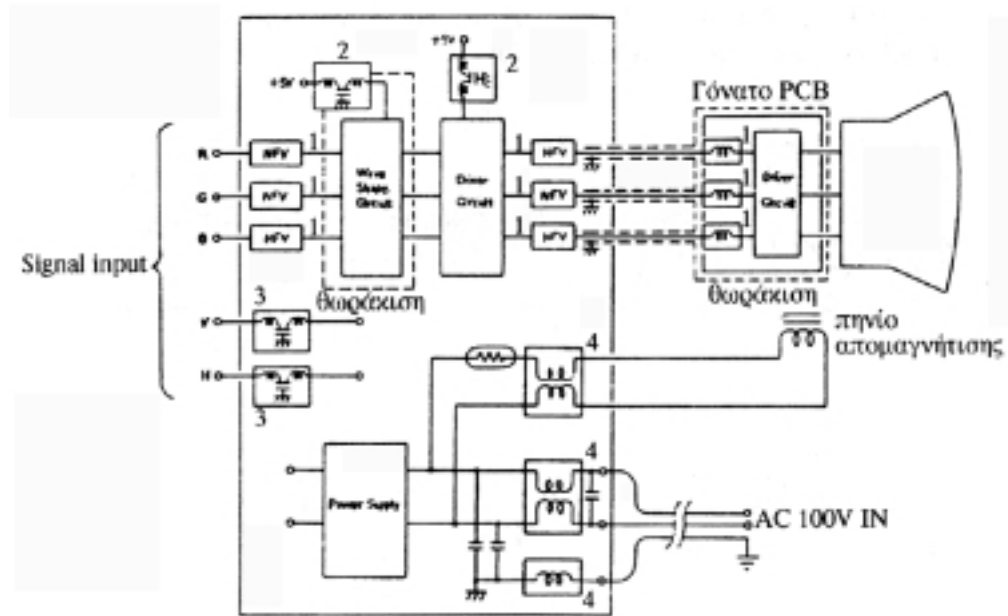
Από τις εφαρμογές, οι οποίες παρουσιάστηκαν είναι φανερό ότι άλλες είναι με προσαρμογή φίλτρου σε υψηλή σύνθετη αντίσταση, π.χ. οι γραμμές εισόδου-εξόδου ή αυτές σε ανοικτό διακόπτη και άλλες σε χαμηλή σύνθετη αντίσταση π.χ. αυτές σε



Σχήματα 1.19 Κύκλωμα και φάσμα θορύβου με τη χρήση καταστολέα και βελτιωμένο επίπεδο γείωσης

γραμμές τροφοδοσίας.

Γενικά σε κυκλώματα υψηλής σύνθετης αντίστασης χρησιμοποιούμε φίλτρα EMI/RFI τύπου πυκνωτή, ενώ σ' αυτά χαμηλής σύνθετης αντίστασης χρησιμοποιούμε φίλτρα τύπου αυτεπαγωγής. Στο σχ. 1.20 παρουσιάζεται η χρήση φίλτρων EMI/RFI σε μία οθόνη RGB.



Σχήμα 1.20 Εφαρμογή φίλτρων EMI/RFI σε οθόνη RGB

Στο σχήμα αυτό οι ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές από την οθόνη δηλώνονται με αριθμούς που σημαίνουν:

1. τις ανεπιθύμητες αρμονικές από RGB,
2. τις ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές στη DC γραμμή τροφοδοσίας,
3. τις ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές από τις γραμμές σήματος οριζώντιου και κατακόρυφου συγχρονισμού στις άλλες γραμμές σήματος εκτός των RGB,
4. τις ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές στην AC γραμμή τροφοδοσίας και
5. τις ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές από την πλακέτα.

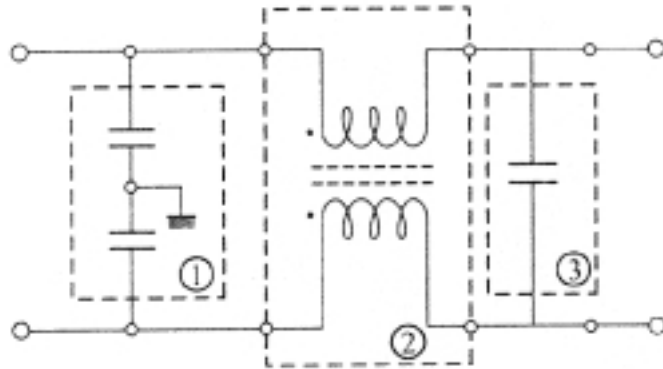
Στο σχ. 1.21 δίνεται ο σωστός και ο λανθασμένος τρόπος σχεδίασης μιας πλακέτας από την επιχάλκωμένη πλευρά της για την τοποθέτηση ενός EMI/RFI φίλτρου τριών ακροδεκτών (pins). Στη λανθασμένη σχεδίαση υπάρχει υπόλοιπο αυτεπαγωγής το οποίο δημιουργεί EMI παρεμβολές.



Σχήμα 1.21 Υπόδειγμα σχεδίασης τυπωμένου κυκλώματος

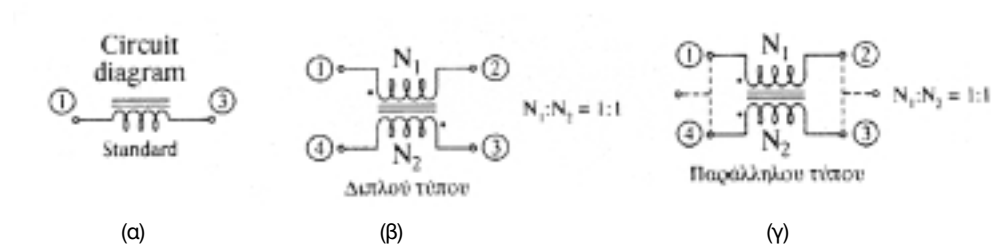
Τελικά, η διάδοση των θορύβων σ' ένα κύκλωμα γίνεται με διάφορους τρόπους. Αν αυτοί διαδίδονται μέσα από μία γραμμή AC ή DC, τότε έχουμε το λεγόμενο θόρυβο normal mode (κανονικού τρόπου) και η καταστολή του επιτυγχάνεται με στοιχεία EMI/RFI δύο ή τριών ακροδεκτών, επαγωγικής ή χωρητικής συμπεριφοράς. Αν η διάδοση γίνεται μέσα από τη γείωση ή τις δύο γραμμές του AC ή DC, τότε έχουμε το θόρυβο common mode (κοινού τρόπου) και η καταστολή του επιτυγχάνεται με στοιχεία EMI/RFI τεσσάρων ακροδεκτών επαγωγικής συμπεριφοράς. Αυτός ο τρόπος καταστολής-συμπίεσης του θορύβου είναι ο πλέον χρησιμοποιούμενος. Η καταστολή θορύβων διαφορετικού τρόπου ανάμεσα σε δύο γραμμές επιτυγχάνεται με EMI/RFI στοιχεία δύο ακροδεκτών επαγωγικής συμπεριφοράς, ο θόρυβος δε αυτός λέγεται differential mode (διαφορικού τρόπου).

Στο σχ. 1.22 παρουσιάζεται ο τρόπος χρήσης φίλτρων EMI/RFI. Στο ① οι πυκνωτές απόζευξης περιορίζουν τους θορύβους κοινού και κανονικού τρόπου, στο ② το choke περιορίζει το θόρυβο κοινού τρόπου και στο ③ ο πυκνωτής μεταξύ των γραμμών περιορίζει το θόρυβο κανονικού τρόπου.



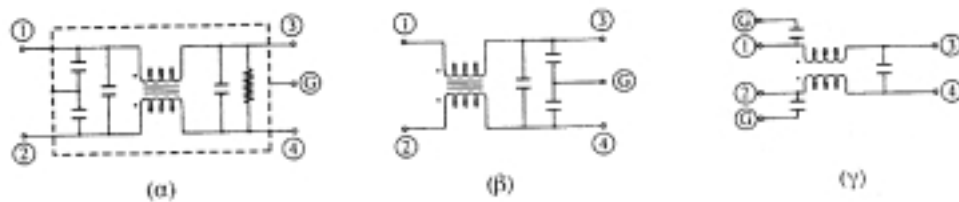
Σχήμα 1.22 Εφαρμογή φίλτρων EMI/RFI σε γραμμή τροφοδοσίας AC.

Στα σχ. 1.23 δίνονται οι συνδεσμολογίες φίλτρων EMI/RFI κανονικού τρόπου: α) Standard, β) διπλού και γ) παράλληλου τύπου.



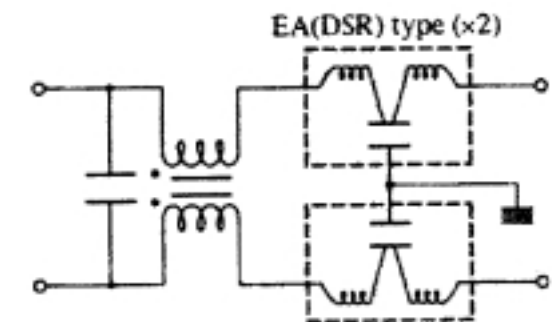
Σχήμα 1.23 Συνδεσμολογίες φίλτρων EMI/RFI κανονικού τρόπου

Στα σχ. 1.24 φαίνονται διαφορετικές συνδεσμολογίες έτοιμων block καταστολής θορύβων.



Σχήμα 1.24 Συνδεσμολογίες block καταστολής θορύβων

Στο σχ. 1.25 δίνεται η συνδεσμολογία του πυκνωτή AC τριών ακροδεκτών, ο οποίος λειτουργεί ως πυκνωτής απόζευξης σε συνδυασμό με ένα αυτεπαγωγικό στοιχείο τεσσάρων ακροδεκτών για την καταστολή θορύβου κοινού τρόπου.

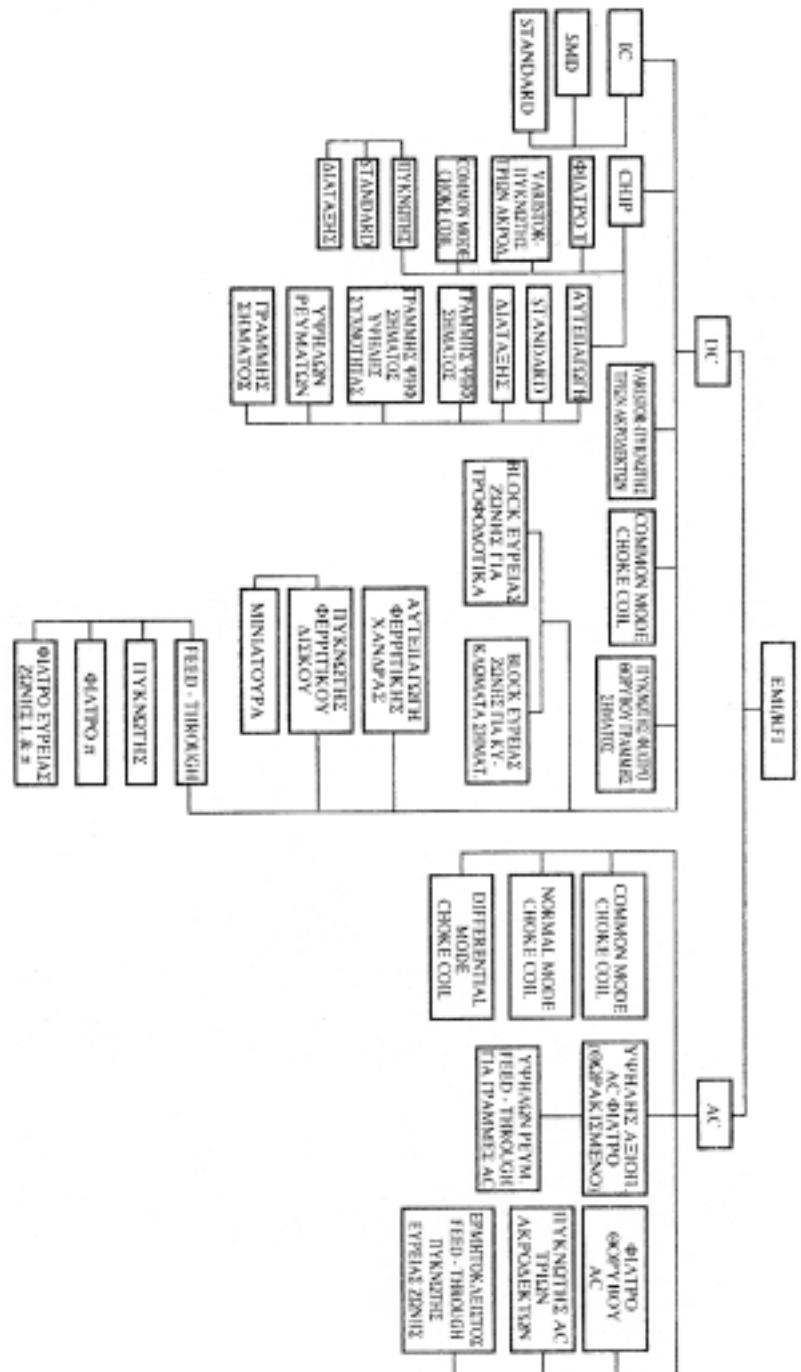


Σχήμα 1.25 Τυπική εφαρμογή πυκνωτή AC τριών ακροδεκτών

### 1.3.2 Κατηγορίες και περιγραφή των EMI/RFI φίλτρων

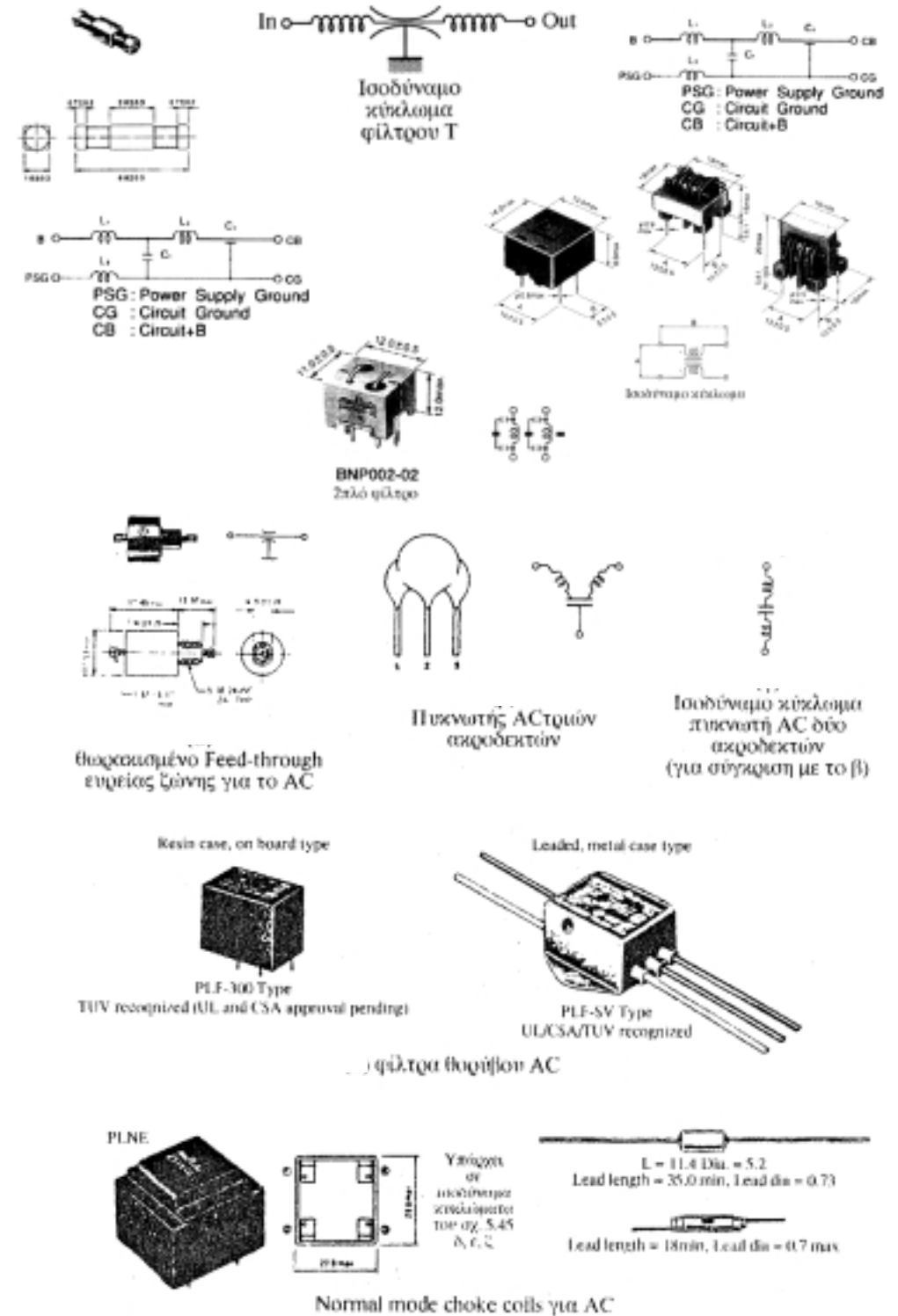
Στο διάγραμμα 1.1 δίνονται οι κατηγορίες των EMI/RFI φίλτρων για AC και DC εφαρμογές.





Διάγραμμα 1.1

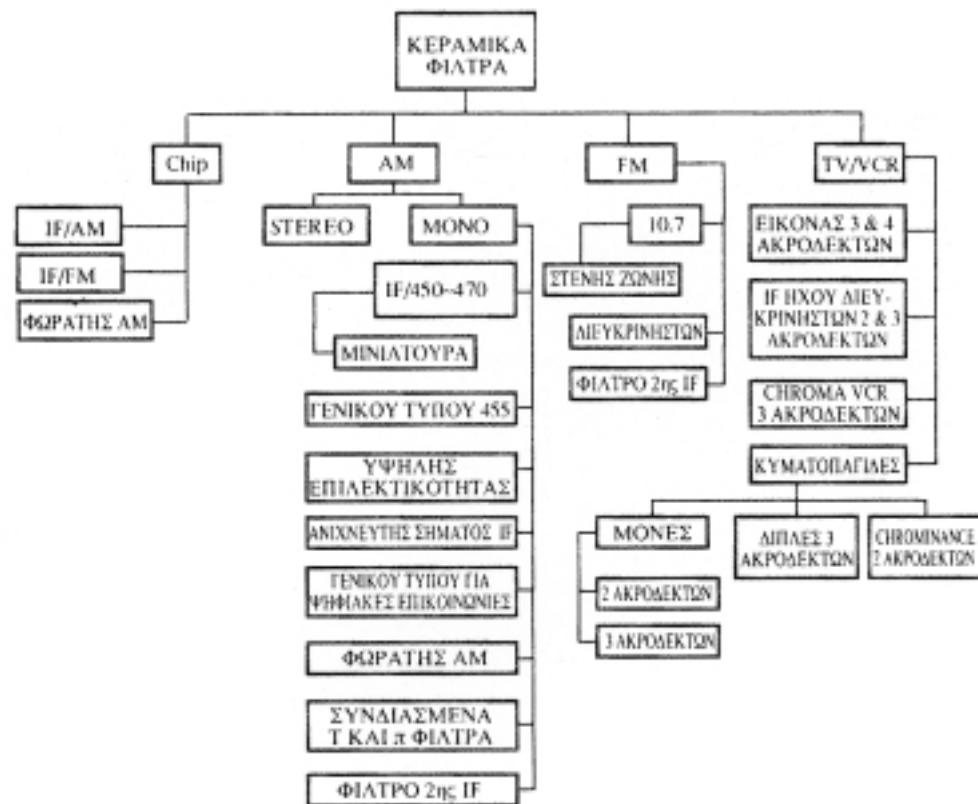
Στα σχ. 1.26 παρουσιάζονται διάφοροι τύποι φίλτρων καταστολής θορύβων EMI/RFI όλων των τρόπων.



Σχήμα 1.26 Διάφοροι τύποι φίλτρων EMIRFI

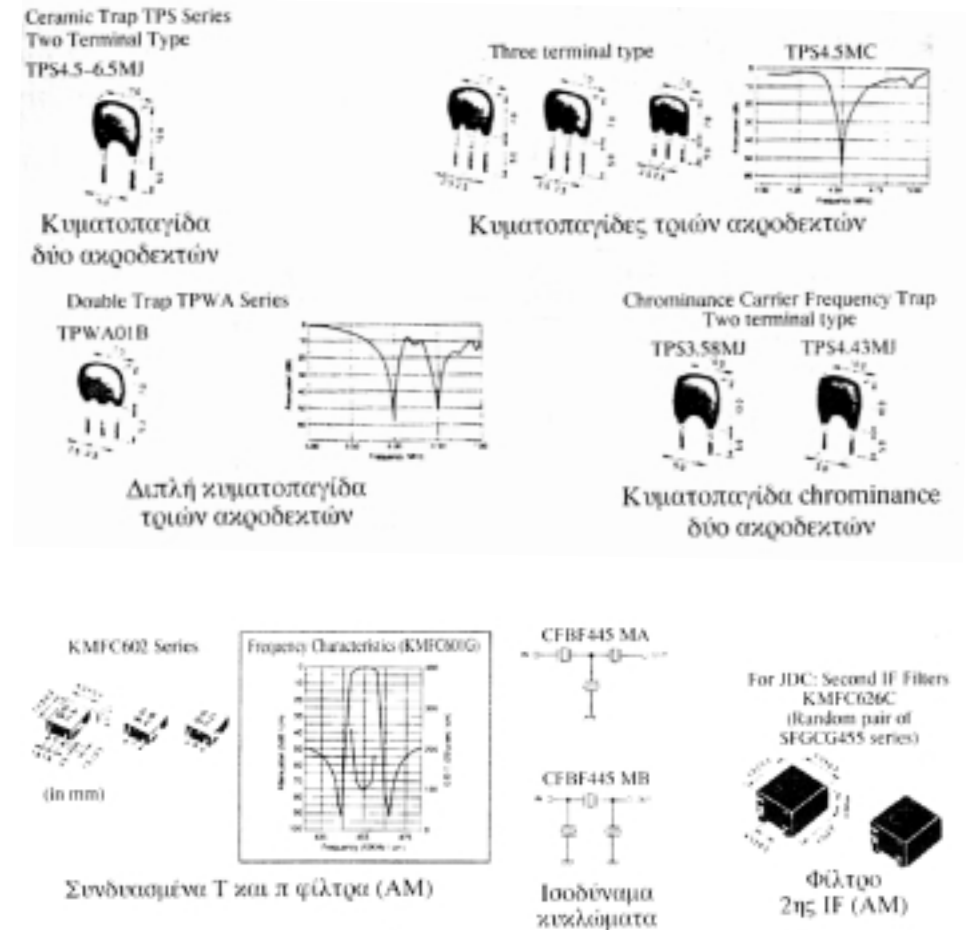
## 1.4 Κεραμικά φίλτρα

Τα κεραμικά φίλτρα, τα οποία θα παρουσιαστούν στη συνέχεια, χρησιμοποιούνται στη ραδιοφωνία και την τηλεόραση και αντικαθιστούν τα ως τώρα χρησιμοποιούμενα φίλτρα LC, διότι είναι φτηνότερα, δε χρειάζονται ρύθμιση, είναι περισσότερο εύχρηστα, δεν αποσυντονίζονται, επηρεάζονται λιγότερο από τις θερμοκρασιακές μεταβολές και απαιτούν λιγότερη εργασία για την τοποθέτησή τους. Στο διάγραμμα 1.2 δίνονται οι κατηγορίες των κεραμικών φίλτρων.



Διάγραμμα 1.2

Στα σχ. 1.27 φαίνονται διάφοροι τύποι κεραμικών φίλτρων με κάποια στοιχεία ή ισοδύναμα κυκλώματά τους.

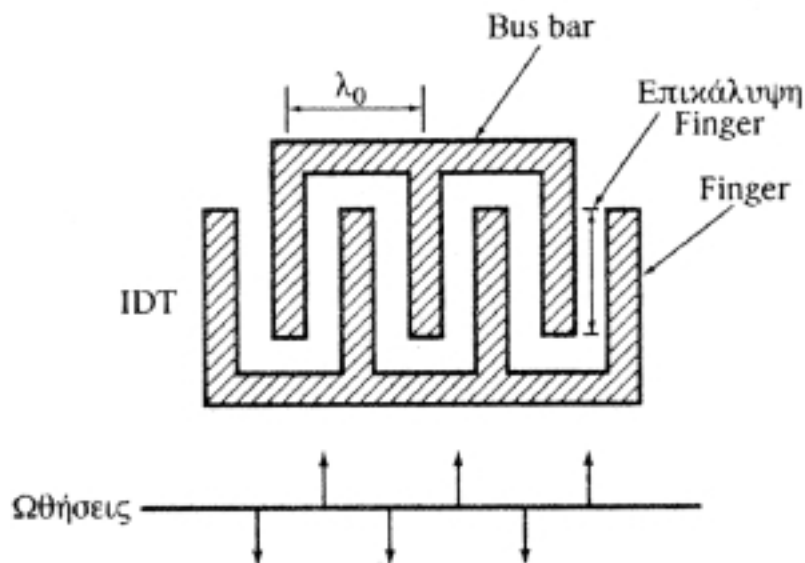


Σχήματα 1.27 Διάφοροι τύποι κεραμικών φίλτρων

## 1.5 SAW φίλτρα

Ακουστικό κύμα επιφάνειας είναι το κύμα το οποίο διαδίδεται κατά μήκος της επιφάνειας ενός ελαστικού υποστρώματος, του οποίου το πλάτος φθίνει εκθετικά ως προς το βάθος του υποστρώματος.

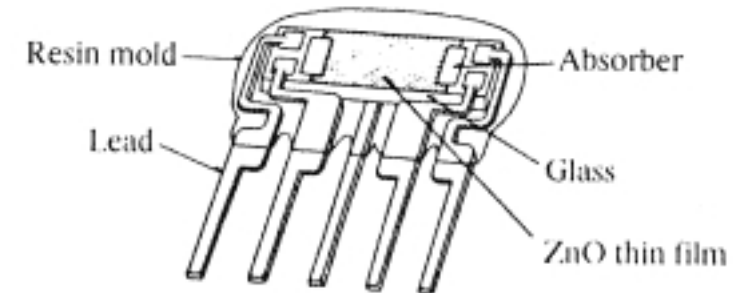
SAW (Surface Acoustic Wave) φίλτρο είναι αυτό που χαρακτηρίζεται από ένα ακουστικό κύμα επιφάνειας, παράγεται από τον ενδιάμεσο μετατροπέα IDT (InterDigital Transducer) και διαδίδεται κατά μήκος της επιφάνειας του υποστρώματος προς ένα αποδέκτη IDT. Το IDT είναι μία κατασκευή σχήματος χτενιού αποτελούμενο από παρεμβλλόμενα ηλεκτρόδια που μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε ακουστική και την ακουστική σε ηλεκτρική ενέργεια, διαμέσου του πιεζοηλεκτρικού φαινομένου (σχ. 1.28).



Σχήμα 1.28 Εσωτερική δομή SAW φίλτρου

Στο πιο πάνω σχήμα παρουσιάζεται η εσωτερική δομή ενός SAW φίλτρου. Το πρώτο IDT το οποίο συνδέεται στην είσοδο του SAW φίλτρου παράγει ένα ακουστικό κύμα επιφάνειας, ενώ το δεύτερο IDT συνδέεται στην έξοδο του φίλτρου και μετατρέπει την ακουστική ενέργεια σε ηλεκτρική. Η ενέργεια SAW μεταφέρεται από το ένα στο άλλο IDT με πυκνώματα και αραιώματα στο υπόστρωμα. Έτσι ένα ζεύγος γειτονικών ωθήσεων αντίθετης πολικότητας ανταποκρίνεται προς ένα ζεύγος ηλεκτροδίων (fingers). Όταν το μήκος κύματος του ακουστικού κύματος επιφάνειας είναι ίσο με  $\lambda_0$ , τότε λαμβάνεται η μέγιστη ενέργεια SAW.

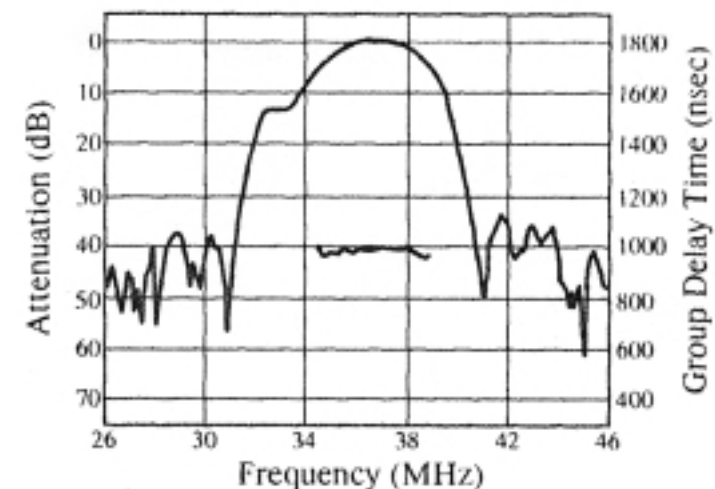
Απορροφητής (absorber) είναι η ελαστική σιλκόνη που καλύπτει την πλευρά εξόδου των IDT για να παρεμποδίζει το ακουστικό κύμα επιφάνειας να διαδίδεται προς την έξοδο, διότι η κατασκευή των IDT είναι συμμετρική και το κύμα διαδίδεται προς τις δύο κατευθύνσεις. Στο σχ. 1.29 δίνεται η δομή ενός SAW φίλτρου με απορροφητή μόνο στην έξοδο.



Σχήμα 1.29 Δομή ενός SAW φίλτρου

Τα SAW φίλτρα πρωτοεμφανίστηκαν το 1976 και έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά με τα φίλτρα LC, χωρίς να χρειάζονται ρύθμιση, απαιτούν λιγότερη εργασία, έχουν μικρό θερμοκρασιακό συντελεστή, κατασκευάζονται σε ολοκληρωμένη μορφή μαζί με άλλα κυκλώματα και είναι μικρού κόστους.

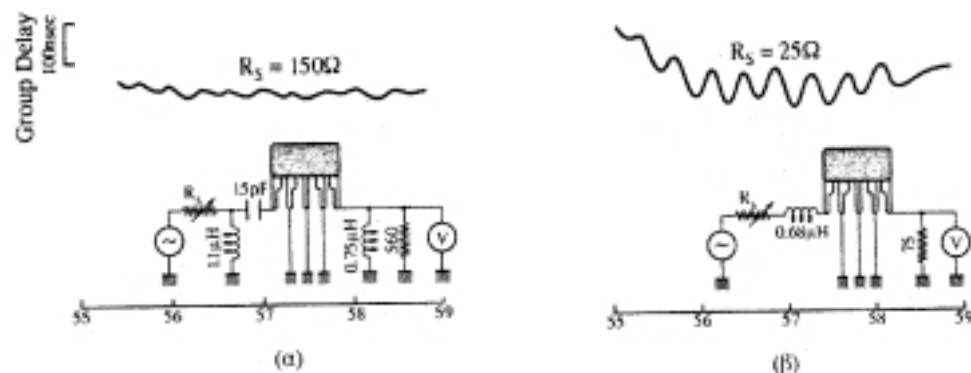
Στο σχ. 1.30 δίνεται η απόκριση συχνότητας ενός τέτοιου φίλτρου και η ολική χρονική καθυστέρηση μεταξύ εισόδου-εξόδου. Η διαφορά τους από τα φίλτρα LC είναι η ύπαρξη κυματώσεων έξω από τη ζώνη διέλευσης συχνοτήτων.



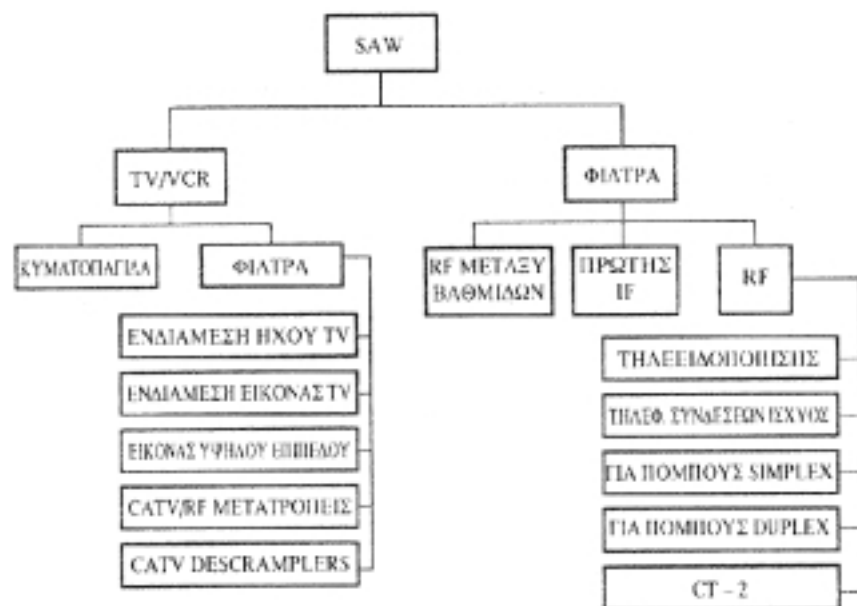
Σχήμα 1.30 Καμπύλη απόκρισης και ολική χρονική καθυστέρηση ενός SAW φίλτρου

Στις εφαρμογές των SAW φίλτρων μας ενδιαφέρουν οι σύνθετες αντιστάσεις εισόδου και εξόδου των. Αυτές οι αντιστάσεις καθορίζονται κυρίως από το υλικό του πιεζοηλεκτρικού υποστρώματος, αλλά και από τη μέθοδο χρήσης (συντονισμένου ή μη συντονισμένου κυκλώματος).

Στο σχ. 1.31α δίνεται εφαρμογή με SAW φίλτρο υψηλής σύνθετης αντίστασης και πηνίο 1,1 μΗ προσαρμογής σύνθετων αντιστάσεων παράλληλου συντονισμού, ενώ στο σχ. 1.31β το SAW φίλτρο με υψηλή σύνθετη αντίσταση εισόδου και προσαρμόζεται με πηνίο 0,68μΗ σε συντονισμό σειράς. Είναι φανερό ότι η τιμή της αντίστασης της πηγής καθορίζει τον τρόπο προσαρμογής της με ένα SAW φίλτρο υψηλής σύνθετης αντίστασης (παράλληλο συντονισμό με πηνίο για μικρές τιμές αντίστασης πηγής και συντονισμό σειράς με πηνίο για μεγάλες τιμές αντίστασης πηγής).



Σχήματα 1.31 Εφαρμογές SAW φίλτρων υψηλής σύνθετης αντίστασης

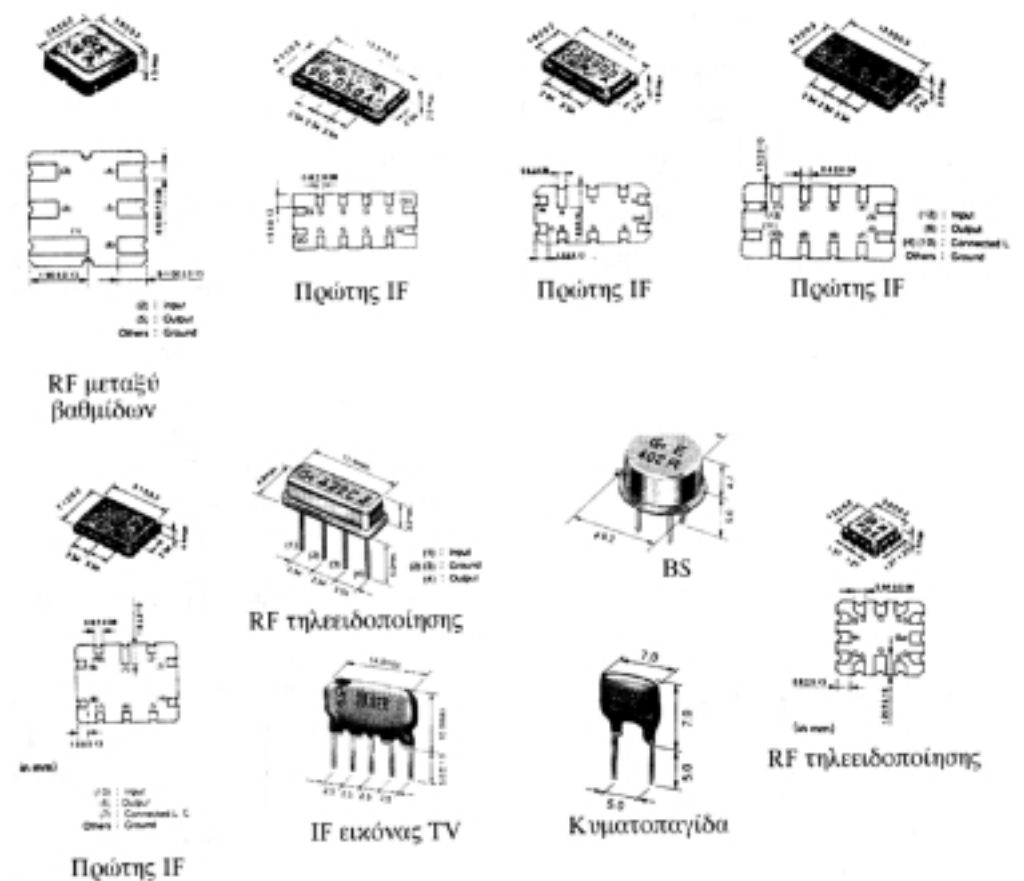


Διάγραμμα 1.3

Για SAW φίλτρα χαμηλής σύνθετης αντίστασης, επιτυγχάνεται προσαρμογή με πυκνωτή σε συντονισμό σειράς για μεγάλες τιμές αντίστασης πηγής και πυκνωτή σε παράλληλο συντονισμό για μικρές τιμές αντίστασης πηγής.

Στο διάγραμμα 1.3 δίνονται οι κατηγορίες των SAW φίλτρων.

Στα σχ. 1.32 φαίνονται διάφοροι τύποι φίλτρων SAW.


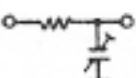
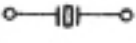



Σχήματα 1.32 Φίλτρα SAW



1.6 ΣΥΝΤΟΝΙΣΤΕΣ

Οι κεραμικοί συντονιστές χρησιμοποιούν μηχανικό συντονισμό των πιεζοηλεκτρικών κεραμικών. Ο τρόπος ταλάντωσής τους ποικίλλει με τη συχνότητα συντονισμού (ακτινικός, γραμμικός, γωνιακός τρόπος κτλ.). Έχουν πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τα συντονισμένα κυκλώματα LC, μπορούν κάλλιστα να τα αντικαταστήσουν, ακόμη δε και τους κρυσταλλικούς ταλαντωτές. Στον πίνακα 1.2 δίνονται διάφορα συγκριτικά μεγέθη των κεραμικών συντονιστών με τα στοιχεία LC, RC και κρυστάλλων.

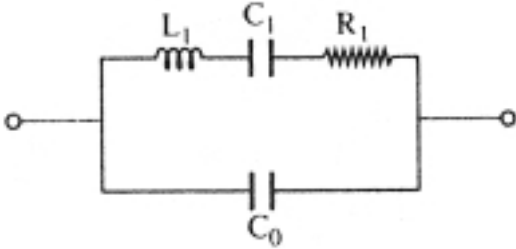
Όνομα	Σύμβολο	Τιμή	Μέγεθος	Ρύθμιση	Ανολή συχνότητας ταλάντωσης	Σταθερότητα στο χρόνο
LC		Φθηνό	Μεγάλο	Επιανάλο εμφανιζόμενη	±2.0%	Επιτοκική
RC		Φθηνό	Μικρό	Επιανάλο εμφανιζόμενη	±2.0%	Επιτοκική
Quartz Crystal		Ακριβό	Μεγάλο	Μη επιανάλο εμφανιζόμενη	±0.001%	Εξαιρετική
Ceramic Resonator		Φθηνό	Μικρό	Μη επιανάλο εμφανιζόμενη	±0.5%	Εξαιρετική

Πίνακας 1.2

Στο σχ. 1.33 δίνεται το ισοδύναμο κύκλωμα ενός κεραμικού συντονιστή, όπου R1 η ισοδύναμη, L1 η ισοδύναμη αυτεπαγωγή, C1 η ισοδύναμη χωρητικότητα σειράς και C0 η παράλληλη ισοδύναμη χωρητικότητα.

Η συχνότητα συντονισμού σειράς είναι:

$$f_s = \frac{1}{2\sqrt{L_1 C_1}} \text{ Hz} \tag{1.1}$$



Σχήμα 1.33 Ισοδύναμο κύκλωμα κεραμικού συντονιστή

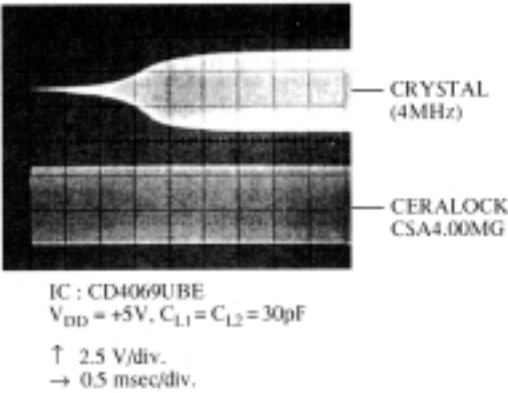
και η συχνότητα παράλληλου συντονισμού είναι:

$$f_p = f_s \sqrt{1 + \frac{C_1}{C_0}} \text{ Hz} \tag{1.2}$$

με μηχανισμό Qm (συντελεστής ποιότητας) ίσο με:

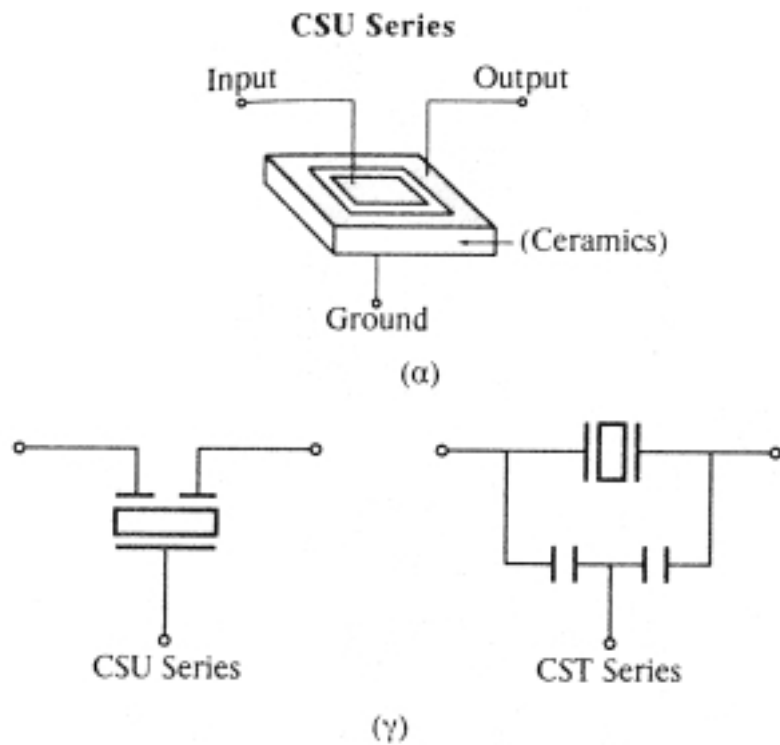
$$Q_m = \frac{1}{2 f_s R_1 C_1} \tag{1.3}$$

Ο συντονιστής έχει αυτεπαγωγική συμπεριφορά ανάμεσα στις συχνότητες fs και fp και χωρητική συμπεριφορά έξω από αυτές τις συχνότητες. Τα χαρακτηριστικά ενός κεραμικού συντονιστή είναι: 1) η σταθερότητα της συχνότητας ταλάντωσης σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και την τάση τροφοδοσίας, 2) η τάση έναρξης σε συνάρτηση με δύο ίσους πυκνωτές (η ελάχιστη τάση τροφοδοσίας στην οποία το κύκλωμα ταλαντώνεται) και 3) ο χρόνος ανόδου του σήματος εξόδου. Στο σχ. 1.34 παρουσιάζεται η σύγκριση των χρόνων ανόδου ενός συντονιστή και ενός κρυστάλλου quartz. Είναι φανερή η καλύτερη συμπεριφορά του συντονιστή.



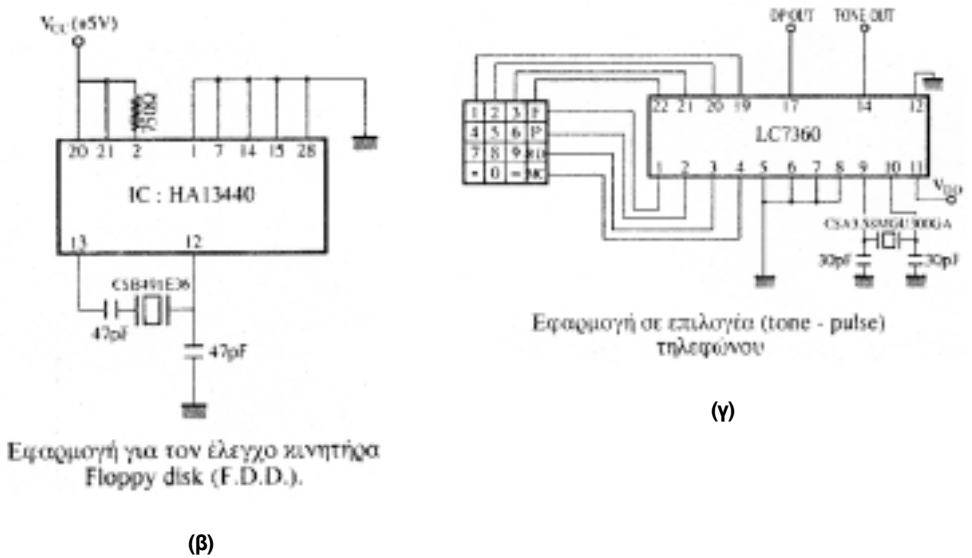
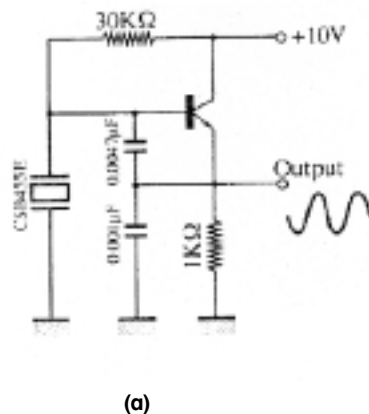
Σχήμα 1.34 Χρόνοι ανόδου κεραμικού συντονιστή και κρυστάλλου quartz

Στο σχ. 1.35α φαίνεται η δομή ενός συντονιστή τριών ακροδεκτών στην μπάντα των KHz, στο σχ. 1.35β το σύμβολο με τις χωρητικότητες οι οποίες εμπεριέχονται και στο σχ. 1.35γ το σύμβολο με τις χωρητικότητες οι οποίες σκόπιμα κατασκευάζονται, στην μπάντα των MHz.



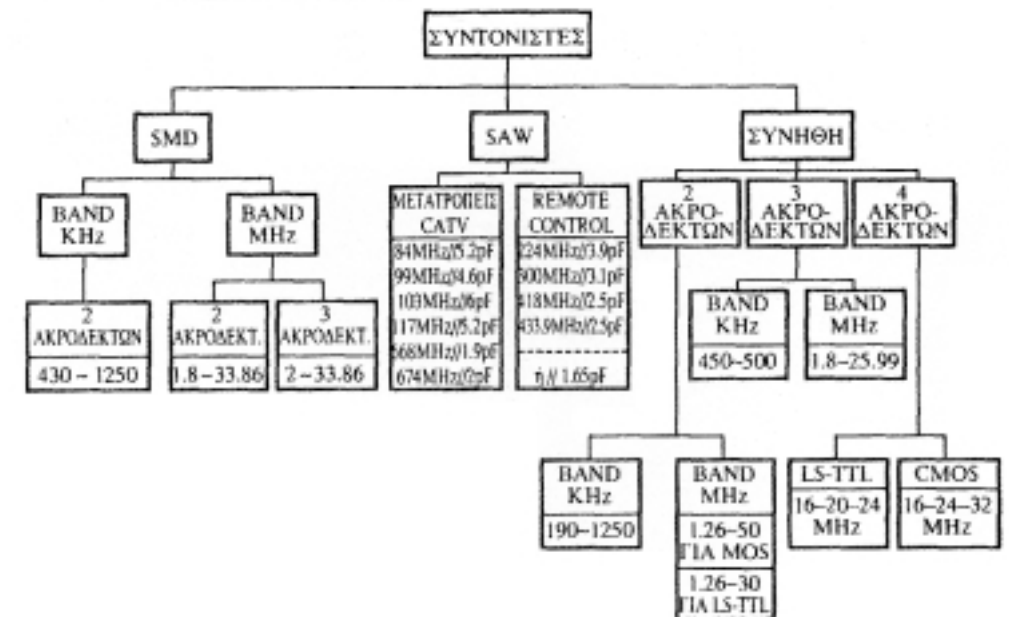
Σχήματα 1.35 Δομή και σύμβολα συντονιστή τριών ακροδεκτών

Στα σχ. 1.36 δίνονται κάποιες εφαρμογές με συντονιστές.



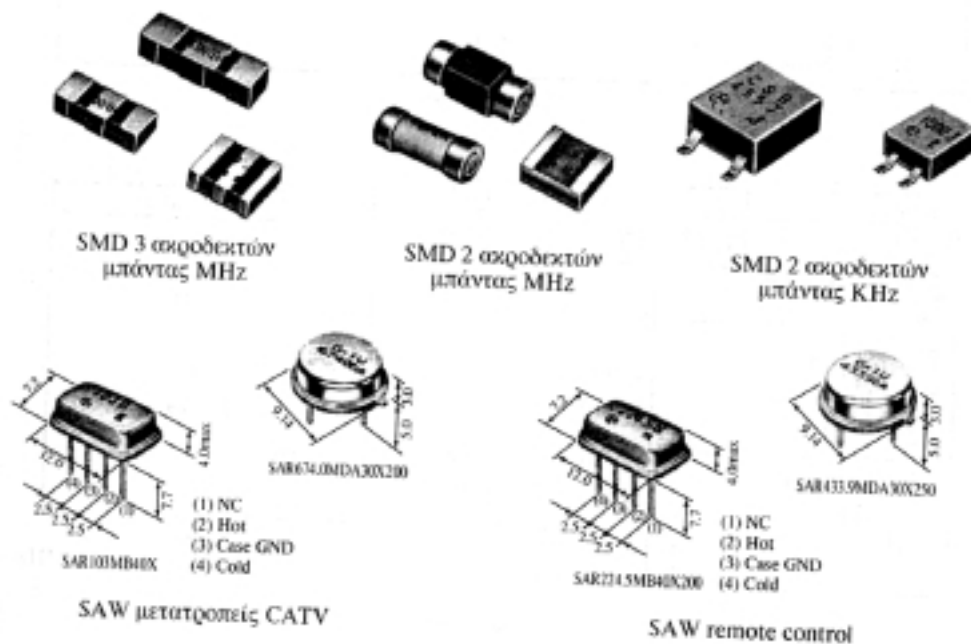
Σχήμα 1.36 Εφαρμογές κεραμικών συντονιστών

Στο διάγραμμα 1.4 δίνονται οι κατηγορίες των συντονιστών δύο, τριών και τεσσάρων ακροδεκτών στις μπάντες των KHz και MHz.



Διάγραμμα 1.4

Στα σχ. 1.37 παρουσιάζονται μερικοί τύποι κεραμικών συντονιστών.



Σχήματα 1.37 Τύποι κεραμικών συντονιστών

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- Ποιος είναι ο λόγος της χρησιμοποίησης των καταστολέων;
- Να συμπληρώσετε τα κενά: Οι πυκνωτές κατηγορίας X χρησιμοποιούνται για την καταστολή των ..... και οι πυκνωτές κατηγορίας Y για την καταστολή των ..... του δικτύου τροφοδοσίας.
- Οι κεραμικοί καταστολείς με varistor χρησιμοποιούνται για καταστολή:
  - των αιχμών τάσης
  - του στατικού ηλεκτρισμού
  - των σπινθηρισμών των relays
  - όλων των παραπάνω
- Να αναφέρετε τους τρόπους διάδοσης των θορύβων.
- Να συμπληρώσετε τα κενά: Οι EMI/RFI παρεμβολές στα αναλογικά και ψηφιακά κυκλώματα προέρχονται γενικά από τα ..... παράσιτα, τα ηλεκτρονικά ....., τα ..... κυκλώματα, τις γραμμές μεταφοράς ..... ή ....., την ακτινοβολία από την ..... των ....., την ακτινοβολία από τη ..... και τη ..... κτλ.
- Στα κυκλώματα χαμηλής σύνθετης αντίστασης χρησιμοποιούνται EMI/RFI φίλτρα:
  - τύπου πυκνωτή
  - τύπου αυτεπαγωγής
  - υποχρεωτικά και οι δύο τύποι φίλτρων
  - οποιοδήποτε από τα παραπάνω
- Να αντιστοιχίσετε τα παρακάτω:
 

α. θόρυβος κανονικού τρόπου	1. Επαγωγικά στοιχεία
β. θόρυβος κοινού τρόπου	2. Επαγωγικά στοιχεία
γ. θόρυβος διαφορικού τρόπου	3. Επαγωγικά ή χωρητικά στοιχεία
- Να αναφέρετε τις κατηγορίες των EMI/RFI φίλτρων.
- Τα κεραμικά φίλτρα πλεονεκτούν των LC φίλτρων διότι:
  - δεν χρειάζονται ρύθμιση.
  - δεν αποσυντονίζονται.
  - χρησιμοποιούνται σ' οποιοδήποτε φάσμα συχνοτήτων.
  - επηρεάζονται λιγότερο από τις θερμοκρασιακές μεταβολές.
- Ακουστικό κύμα επιφάνειας, είναι το κύμα το οποίο διαδίδεται κατά μήκος της επιφάνειας ενός μη ελαστικού υποστρώματος, το πλάτος του οποίου αυξάνει εκθετικά ως προς το βάθος του υποστρώματος. Σωστό ☐ Λάθος ☐
- Να αντιστοιχίσετε τα παρακάτω: