



# ΗΛΕΚΤΡΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ & ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΕΚΔΗΛΩΣΕΩΝ

ΜΗΝΑΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ

ΤΜΣ – ΙΟΝΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

2021





# AMPLIFIERS - CROSSOVERS - SPEAKERS

COURSE III



### ■ 3.1. Δίκτυο διαχωρισμού συχνοτήτων - Crossover.

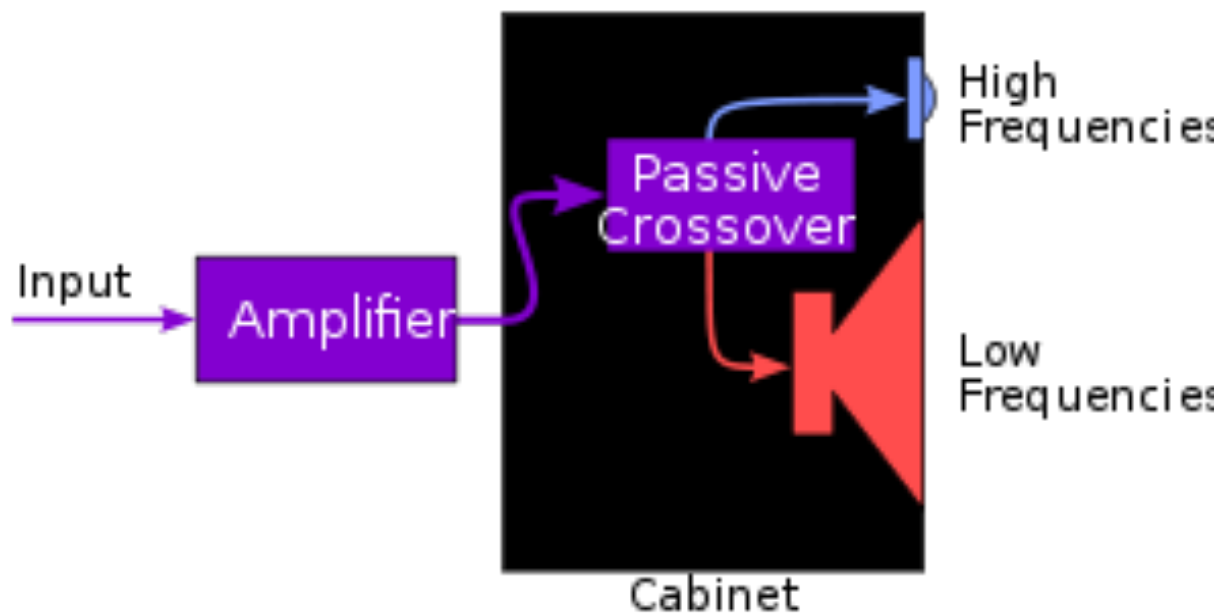
- Ένα crossover είναι ένα κύκλωμα που στοχεύει στον διαχωρισμό του φάσματος των συχνοτήτων ενός ηχητικού σήματος σε ζώνες/δρόμους (τουλάχιστον 2), σκοπεύοντας παράλληλα στην προστασία, στην ομαλή λειτουργία και στη βέλτιστη απόδοση των μεγαφώνων που θα τους αναπαράγουν.

- Το παθητικό crossover.

- Παθητικό crossover (Passive Crossover). Σχεδόν πάντα βρίσκονται μέσα στην καμπίνα ενός ηχείου, ενώ στην είσοδό τους δέχονται ενισχυμένο σήμα (speaker level). Αναφέρεται και ως κύκλωμα υψηλής στάθμης.
  - Παρουσιάζουν απώλεια στην απόδοση (Insertion loss)
  - Μπορεί να δημιουργήσουν χρωματισμούς κυρίως σε χαμηλές περιοχές του φάσματος.
  - Ο σωστός σχεδιασμός τους και η κατάλληλη επιλογή των ηλεκτρονικών τους μερών (πυκνωτές, πηνία, κλπ.) επηρεάζει σημαντικά την απόδοσή τους.

# AMPLIFIERS - CROSSOVERS - SPEAKERS

- Δίκτυο διαχωρισμού συχνοτήτων – Το παθητικό crossover. Είσοδος σήματος πλήρους φάσματος (full range) και διαχωρισμός εντός ηχείου.



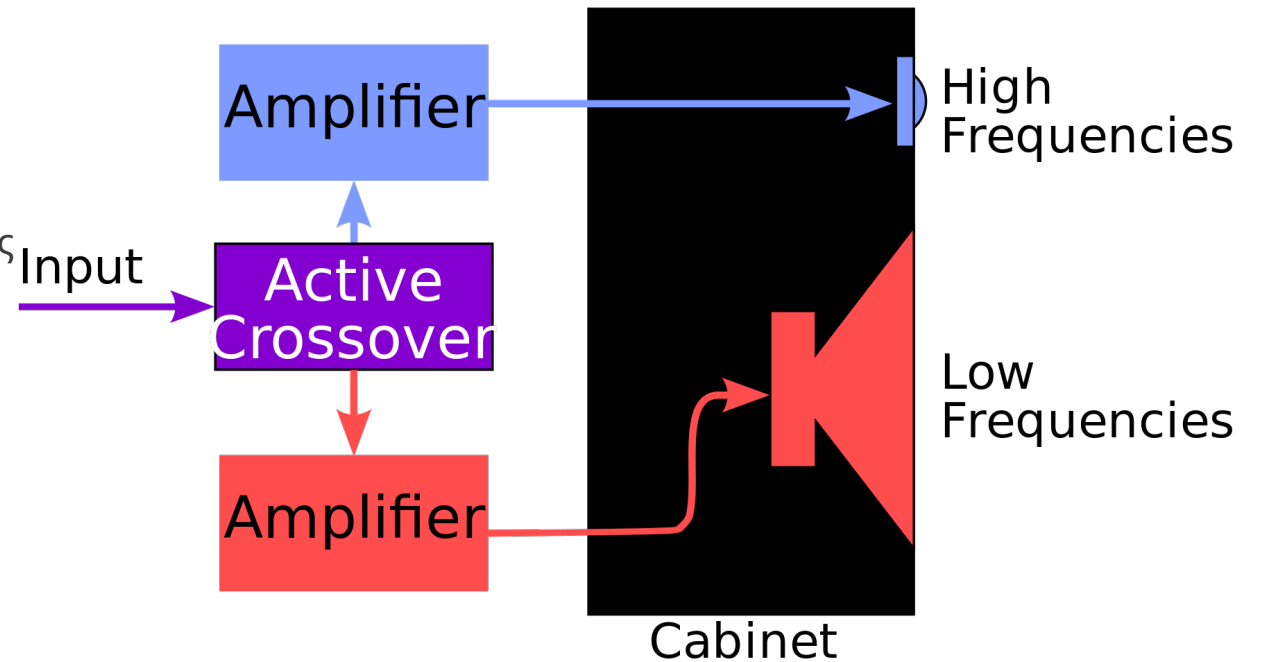
## ■ Τύποι Crossover.

- Ενεργό crossover (Active Crossover). Παρεμβάλλονται μεταξύ της εξόδου του μίκτη και των ενισχυτών. Δέχονται στην είσοδο τους σήμα line level. Αντίστοιχα, line level δίνουν και στην έξοδο τους.
- Η χρήση τους απαιτεί μεγαλύτερο αριθμό ενισχυτών και καλωδιώσεων. Για παράδειγμα, σε ένα δίδρομο ηχείο απαιτούνται 2 γραμμές ενίσχυσης και 4 αγωγοί για την καλωδίωση των μεγαφώνων (bi-amplification), ενώ σε ένα τρίδρομο 3 ενισχυτές και 6 αγωγοί καλωδίωσης (tri-amplification).
- Τα ενεργά crossover έχουν πολύ καλύτερη συνολική απόδοση από τα παθητικά και δεν παρουσιάζουν απώλεια παρεμβολής (insertion loss).
- Παρέχουν ευελιξία στο σχεδιασμό ηχοσυστημάτων, αφού με ένα active crossover μπορείς να οδηγήσεις συστοιχίες ενισχυτών και ηχείων.

# AMPLIFIERS - CROSSOVERS - SPEAKERS

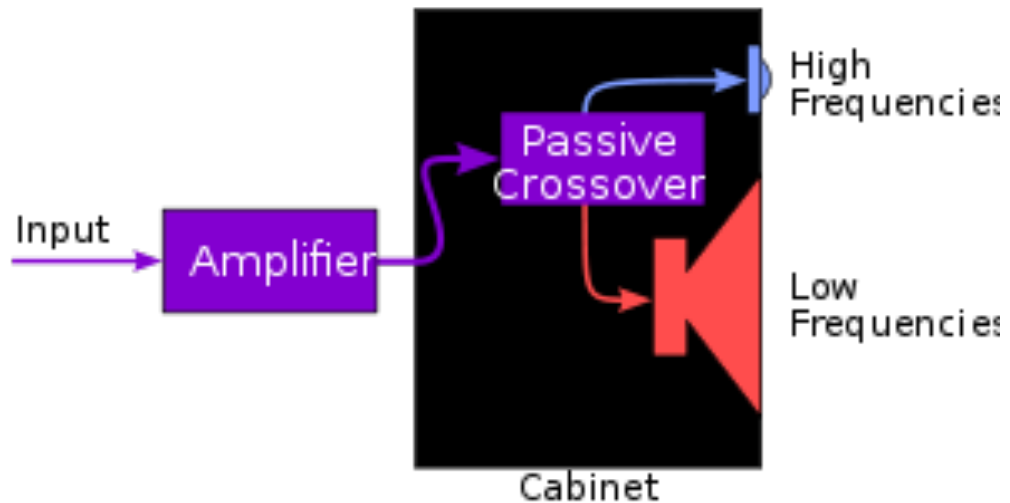
- Τύποι Crossover.

- Ενεργό crossover (Active Crossover). Διαχωρισμός μπαντών/δρόμων πριν την ενίσχυση. Ο κάθε ενισχυμένος δρόμος οδηγείται στον δικό του αποκλειστικό οδηγό (μεγάφωνο).

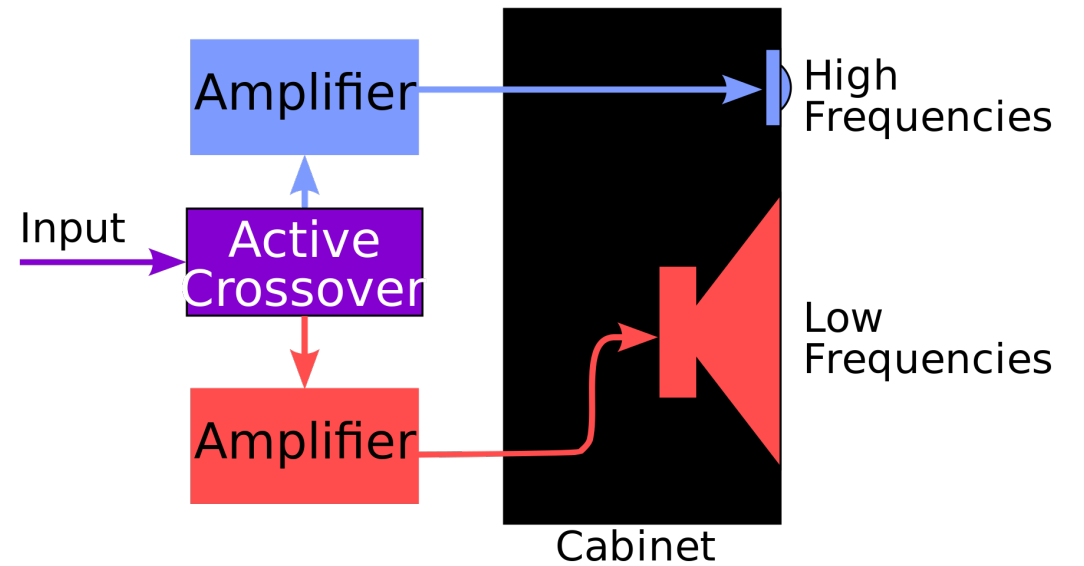


# AMPLIFIERS - CROSSOVERS - SPEAKERS

Passive Crossover.



Active Crossover.





## ■ Τύποι Crossover.

### ■ Ενεργά crossover με DSP (Loudspeaker controllers)

- Είναι ειδική κατηγορία active crossover με ποικίλες δυνατότητες επεξεργασίας του ηχητικού σήματος του κάθε δρόμου. Προσφέρουν επεξεργασίες όπως:
  - Πλήρως παραμετροποιήσιμο crossover
  - EQ ανά μπάντα/δρόμο αλλά και συνολικό γραφικό
  - Comp/Limiter ανά μπάντα/δρόμο.
  - Γεννήτριες αρμονικών
  - Delay lines
  - RTA ανάλυση
  - Auto/manual EQ/Delay του ηχοσυστήματος
  - Feedback suppression control
  - Mute, solo, phase shift ανά μπάντα.
  - Έλεγχο λειτουργίας των ενισχυτών
  - Απομακρυσμένο έλεγχο των λειτουργιών του controller μέσω η/υ ή smart devices.

- Τύποι Crossover.
  - Ενεργά crossover με DSP (Loudspeaker controllers)

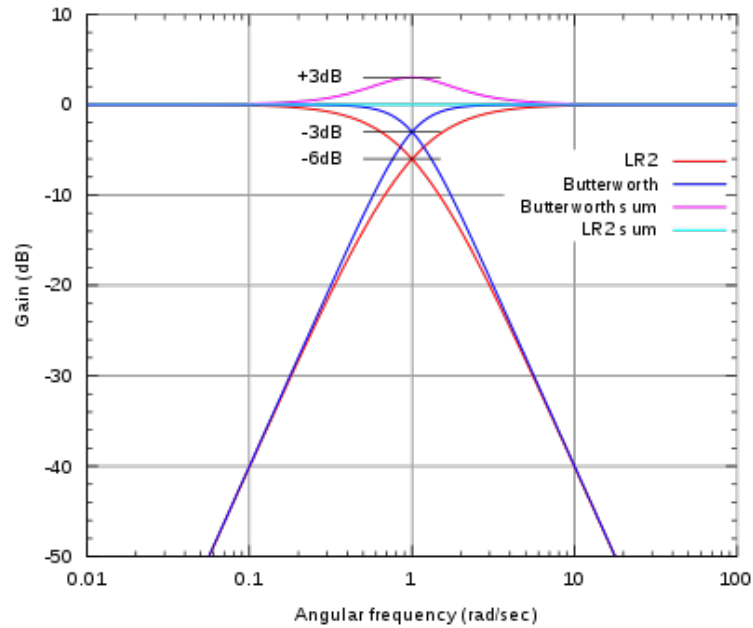


## ■ Crossover points.

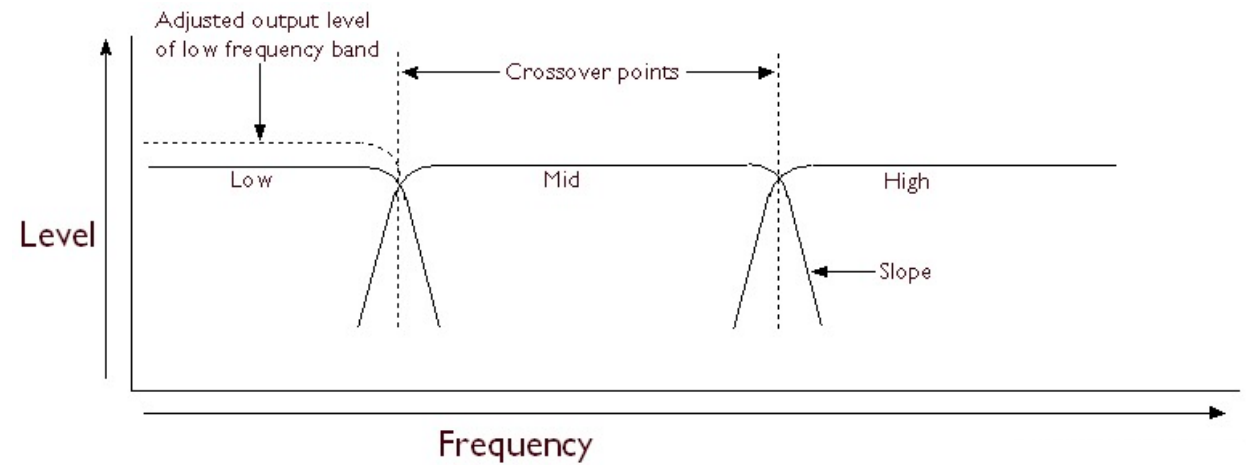
- Πρόκειται για τις συχνότητες στις οποίες εφαρμόζονται τα φίλτρα για το διαχωρισμό των δρόμων σε ένα crossover. Πχ. ένα crossover σε ένα δίδρομο ηχείο (2-way) διαχωρίζει με έναν συνδυασμό low pass & high pass φίλτρων το φάσμα σε 2 δρόμους, με σημείο διαχωρισμού (crossover point) τα 800Hz.
- Η επιλογή των crossover points μπορεί να επιδεικνύονται από τον κατασκευαστή του ηχείου, ανάλογα το μοντέλο.
- Σε κάθε περίπτωση, η επιλογή του crossover point θα πρέπει να γίνει ανάλογα με τον τύπο των μεγαφώνων και του συχνοτικού πεδίου που πρόκειται να προβάλλουν, για την προστασία τους και τη βέλτιστη απόδοσή τους.

# AMPLIFIERS - CROSSOVERS - SPEAKERS

2-way crossover.



3-way crossover.



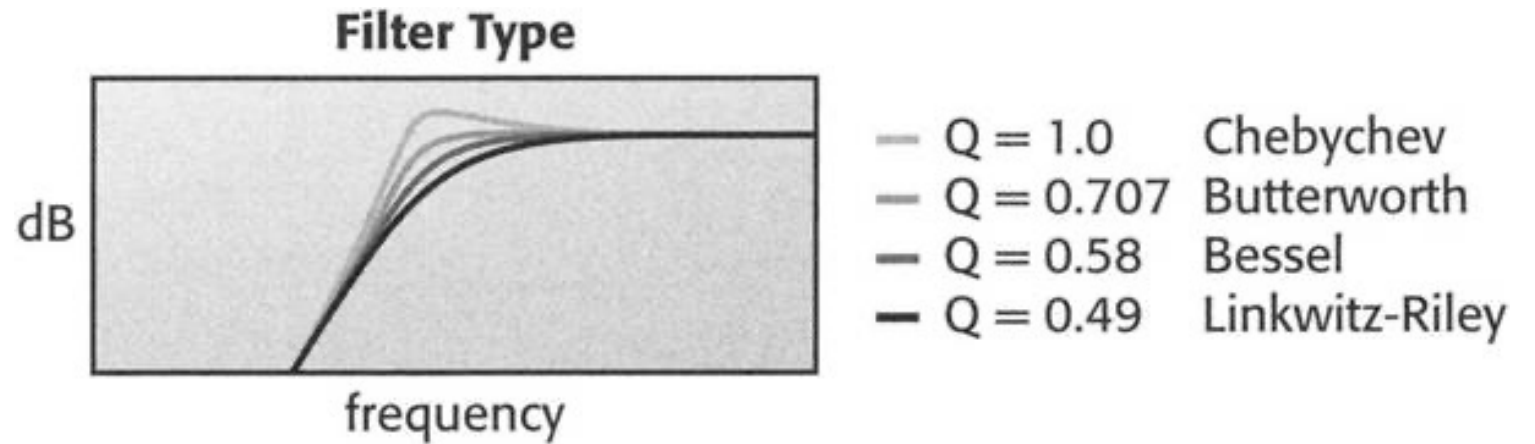
## ■ Βαθμός εξασθένισης (slope).

- Αναφέρεται στον ρυθμό κατά τον οποίο τα φίλτρα του crossover προκαλούν τη μείωση του σήματος που βρίσκεται στο πεδίο απόρριψης (band reject) τους. Μετριέται σε db/οκτάβα. Δηλαδή, αν ένα φίλτρο HPF έχει slope 6db και συχνότητα αποκοπής 100hz, τότε στα 50Hz θα έχει εξασθένιση της τάξεως των 6db.
- Στις επαγγελματικές εφαρμογές συναντάμε υψηλής κατηγορίας slope έως και 24db/οκτάβα (4<sup>th</sup> order) αλλά υπάρχουν και υψηλότερα (60db/οκτάβα – 10<sup>th</sup> order).
- Οι υψηλές κλίσεις slope μπορεί να διασφαλίζουν ότι λιγότερη πληροφορία θα αναπαραχθεί ταυτόχρονα από 2 διαφορετικά μεγάφωνα, αλλά προκαλούν πιο μεγάλες μετατοπίσεις φάσης γύρω από το crossover points.

# AMPLIFIERS - CROSSOVERS - SPEAKERS

## Τύποι Φίλτρων Crossover

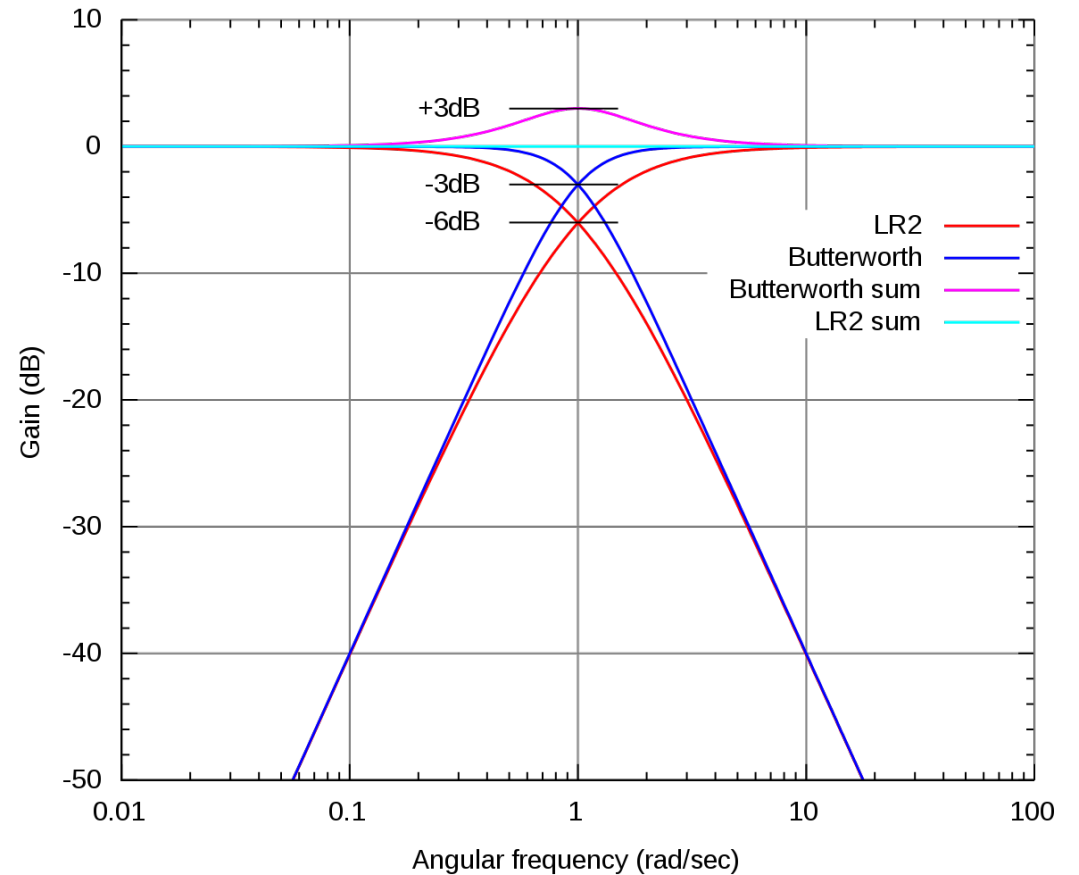
- Φίλτρο Bessel
- Φίλτρο Butterworth
- Φίλτρο Linkwitz – Riley (L/R)
- Φίλτρο Chebyshev
- Φίλτρο Elliptic



# AMPLIFIERS - CROSSOVERS - SPEAKERS

## Butterwoth vs L/R filters

- Άθροισμα στο crossover point Butterworth & Linkwitz – Riley φίλτρων.





# AMPLIFIERS - CROSSOVERS - SPEAKERS

COURSE IV





## ■ 4. Ενισχυτές Ισχύος (Power Amplifiers).

- Ο ενισχυτής ισχύος είναι το τελευταίο στάδιο επεξεργασίας ενός ηχητικού σήματος, πριν αυτό καταλήξει σε ένα ηχείο για να μεταφραστεί σε ακουστικό σήμα. Η δουλειά του είναι να αλλάζει την ηλεκτρική τάση του σήματος εισόδου από στάθμη line (0.1V~10V) σε στάθμη speaker (10V~100V). Ο στόχος είναι η μετατροπή αυτή να γίνει χωρίς αλλοιώσεις ή προσθήκες θορύβων και παραμορφώσεων στο αρχικό σήμα. Τους συναντάμε ως:
  - Ανεξάρτητες μονάδες
  - Εντός ενός μίκτη ήχου (αυτοενισχυόμενη κονσόλα/μίκτης)
  - Εντός ηχείων (αυτοενισχυόμενα ηχεία)

# AMPLIFIERS - CROSSOVERS - SPEAKERS

LAB Gruppen PDX3000

Τελικός ενισχυτής



Dynacord Powermate 1000-3

Αυτοενισχυόμενη κονσόλα.



# AMPLIFIERS - CROSSOVERS - SPEAKERS

RCF ART 310 A MK III

Αυτοενισχυόμενο ηχείο



EV ETX-15P

Αυτοενισχυόμενο ηχείο



- Λειτουργική τάξη ενισχυτών ισχύος (Amplifier class).
  - Οι ενισχυτές ισχύος ταξινομούνται βάσει της τάξης λειτουργίας τους που σχετίζεται με:
    - Με το ρεύμα που καταναλώνουν
    - Τις θερμικές απώλειες
    - Την συνολική απόδοσή τους

- Τάξη A (class A).

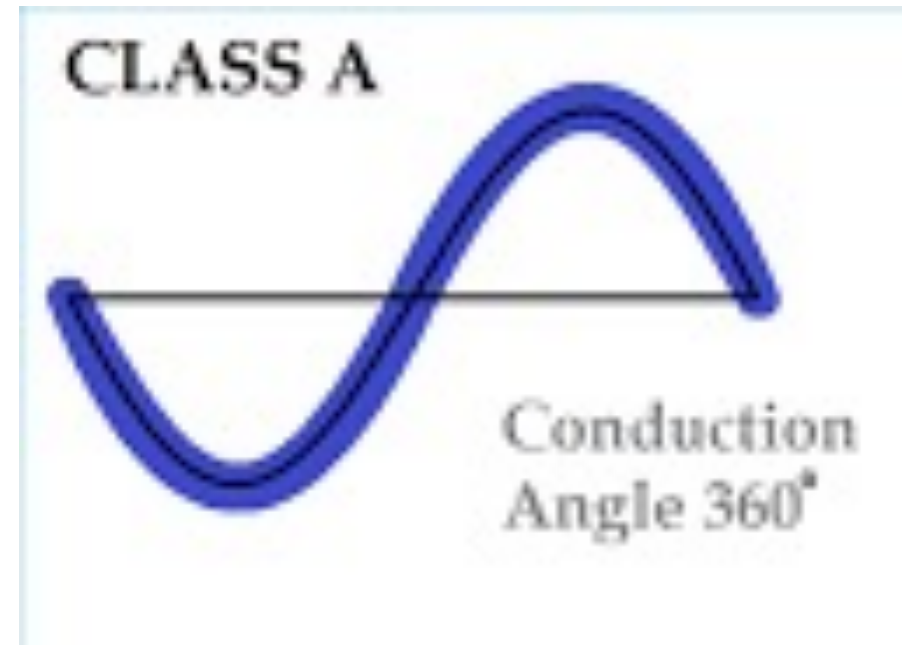
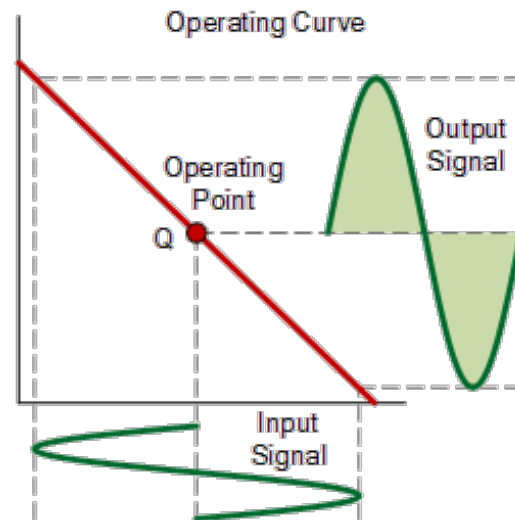
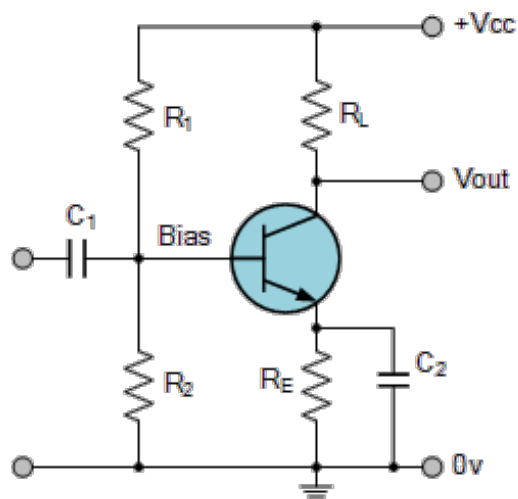
- Είναι η πιο απλή σχεδίαση αλλά και η πιο καλή σε ηχητική απόδοση, αφού καταφέρνει να ενισχύει το αρχικό σήμα με αρκετά πιστό τρόπο χωρίς την προσθήκη ιδιαίτερων παραμορφώσεων. Ωστόσο, λόγω ότι ο ημιαγωγός (τρανζίστορ ή λυχνία) που χρησιμοποιεί στο τελικό στάδιο ενίσχυσης λειτουργεί συνεχώς για να αναπαράξει την πλήρη κυματομορφή του σήματος (θετική & αρνητική πλευρά), ένας class A ενισχυτής χαρακτηρίζεται από:

- Χαμηλή απόδοση ισχύος
- Υψηλά επίπεδα θερμότητας
- Υψηλή κατανάλωση ακόμα και όταν δεν ενισχύει (κατάσταση ηρεμίας)

# AMPLIFIERS - CROSSOVERS - SPEAKERS

## Power Amplifiers

Ενισχυτής Τάξης A (Class A amplifier).



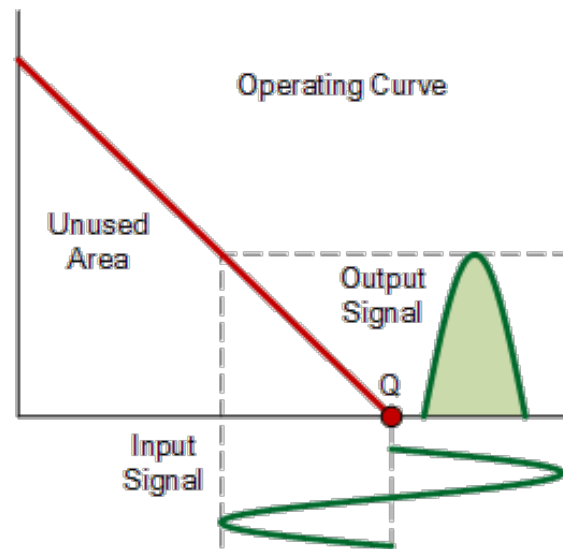
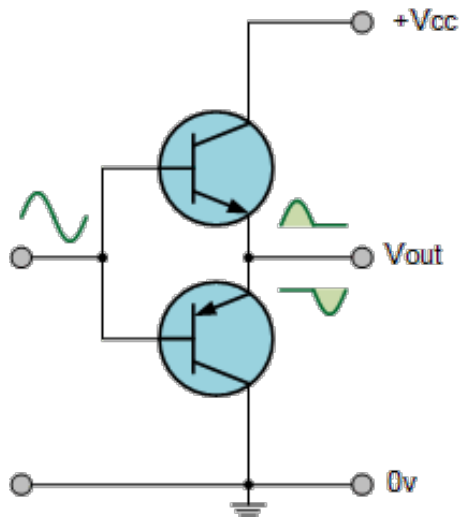
## ■ Τάξη B (class B).

- Βασίζεται σε διπλή τοπολογία τύπου push-pull, που σημαίνει ότι η ενίσχυση του σήματος μοιράζεται σε δυο στοιχεία, στα οποία ανατίθεται ο θετικός ή ο αρνητικός πόλος της κυματομορφής του σήματος εισόδου αντίστοιχα. Ως εκ τούτου το κάθε στοιχείο ενίσχυσης λειτουργεί κατά τη μισό περίοδο του κύματος και η συνολική λειτουργία βασίζεται στην εναλλαγή μεταξύ των δυο στοιχείων. Αυτός ο σχεδιασμός έγινε για να λυθούν τα προβλήματα της τάξης A, ωστόσο χαρακτηρίζεται από:
  - Μηδενική κατανάλωση σε κατάσταση ηρεμίας
  - Παράγει μεγαλύτερη ισχύ σε σχέση με τους class A
  - Εισάγει θόρυβο στο σημείο μετάβασης από το ένα στοιχείο στο άλλο (crossover distortion) γι' αυτό και δεν ενδείκνυται για ενίσχυση σημάτων χαμηλής στάθμης.
  - Δεν προτιμώνται στις εφαρμογές ήχου.

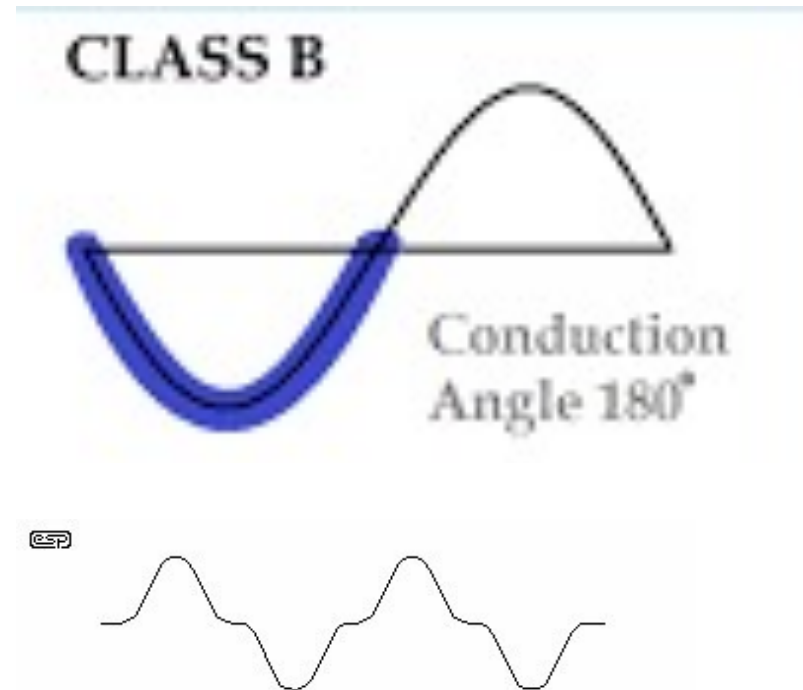
# AMPLIFIERS - CROSSOVERS - SPEAKERS

## Power Amplifiers

Ενισχυτής Τάξης B (Class B amplifier).



Χρόνος λειτουργίας ενός στοιχείου και crossover distortion





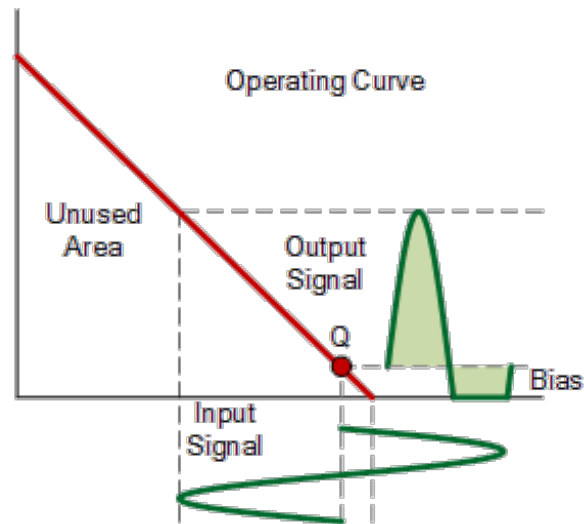
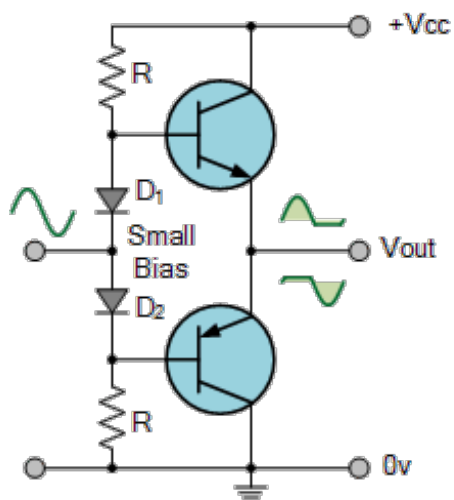
## ■ Τάξη AB (class AB).

- Η τάξη AB λειτουργεί με παρόμοιο τρόπο με αυτόν της τάξης B, με τη διαφορά ότι ο χρόνος λειτουργίας του κάθε στοιχείου είναι λίγο μεγαλύτερος από πριν, οπότε υπερκαλύπτει την περίοδο των  $180^\circ$  μοιρών. Δηλαδή, χρόνος λειτουργίας του κάθε στοιχείου  $(t) = 180^\circ < t < 360^\circ$ .
- Θα μπορούσαμε να πούμε ότι συνδυάζεται η λειτουργία της τάξης A με αυτή της τάξης B. Η τάξη AB χαρακτηρίζεται από:
  - Λειτουργία και των δυο στοιχείων σε χαμηλές στάθμες
  - Σε υψηλές στάθμες λειτουργεί πάντα ένα στοιχείο
  - Το συνεργασία των δυο στοιχείων για ένα γραμμικό αποτέλεσμα
  - Υψηλό SNR (Signal to Noise Ratio)
  - Χαμηλή παραμόρφωση (THD)

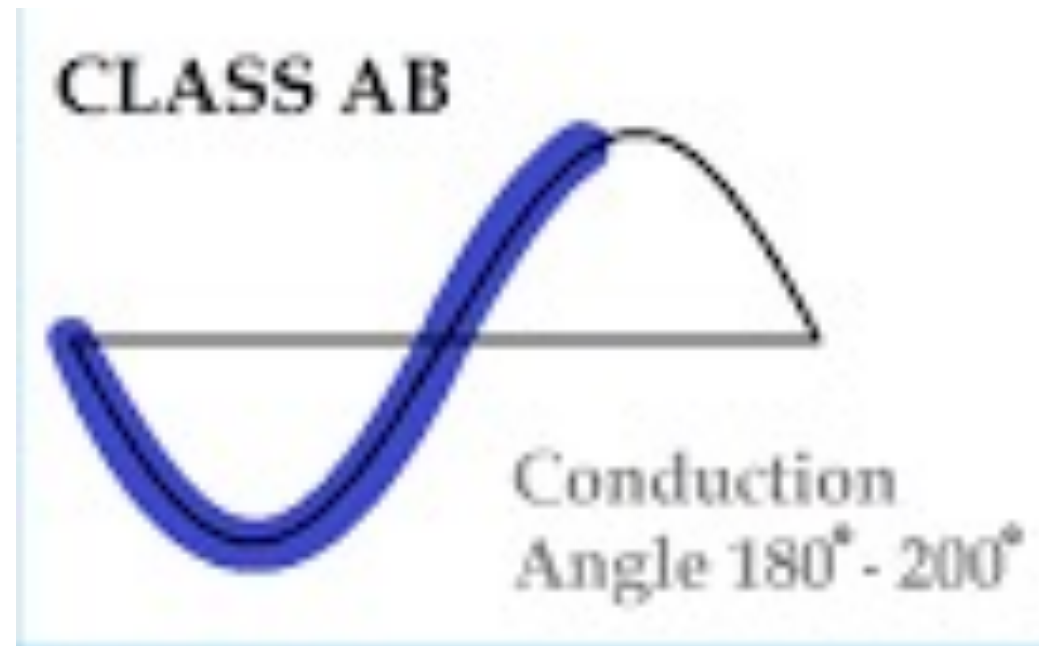
# AMPLIFIERS - CROSSOVERS - SPEAKERS

## Power Amplifiers

Ενισχυτής Τάξης AB (Class AB amplifier).



Χρόνος λειτουργίας ενός στοιχείου



- Τάξη D (class D) – Ενισχυτές μεταγωγής.
  - Η αρχή λειτουργίας τους είναι τελείως διαφορετική από τους προηγούμενους. Ένας class D ενισχυτής ανοιγοκλείνει συνεχώς τα στοιχεία εξόδου του, βάσει τετραγωνικών παλμών μεταβλητού πλάτους (Pulse Width Modulation) που παράγει ένας διαμορφωτής (σε συχνότητα πολλών kHz ή MHz) σε σχέση με το σήμα εισόδου. Το πλάτος των παλμών μεταβάλλεται ανάλογα με τη στάθμη του σήματος εισόδου, συγκριτικά με το σταθερό σήμα τριγωνικού παλμού του διαμορφωτή και ως αποτέλεσμα, υψηλές δυναμικές παράγουν πιο πλατύς παλμούς, ενώ οι χαμηλές πιο στενούς.
  - Στη συνέχεια, εάν η έξοδος φιλτραριστεί (LPF) για την αφαίρεση των υψηλών συχνοτήτων και των αιχμηρών γωνιών της παλμικής κυματομορφής, το αρχικό σήμα εισόδου θα ανακατασκευαστεί, ακριβώς με το ίδιο σχήμα όπως ήταν, αλλά ενισχυμένο. Τελικά, η ισχύς που παραδίδεται στο μεγάφωνο, κατά μέσο όρο με την πάροδο του χρόνου, θα είναι η ίδια όπως από έναν συμβατικό ενισχυτή ισχύος Class-AB.
  - Η ποιότητα του φίλτρου LPF είναι μεγάλης σημασίας για το frequency response του ενισχυτή.

# AMPLIFIERS - CROSSOVERS - SPEAKERS

## Power Amplifiers

Εισοχυτής Τάξης D (Class AD amplifier).

Λειτουργία Class D

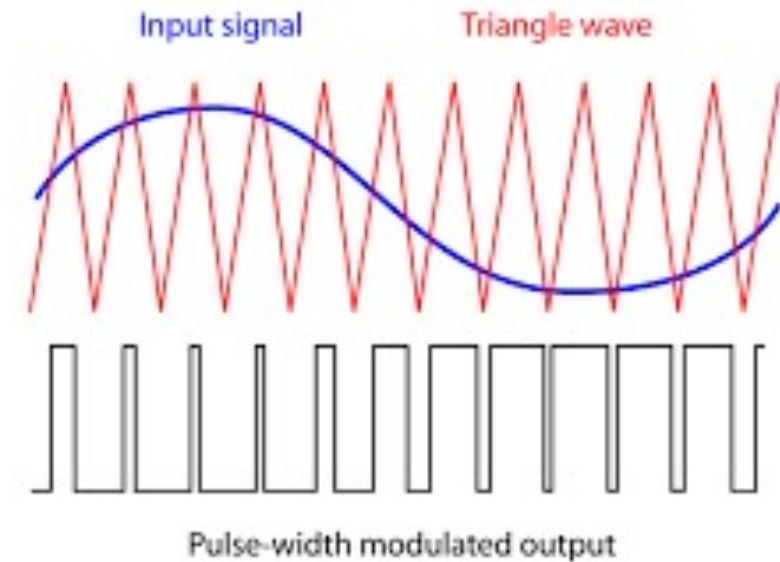
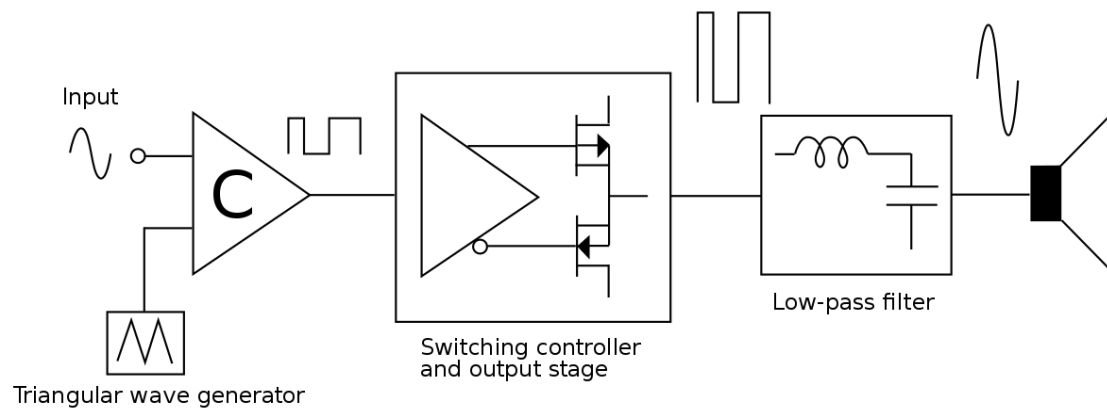


Fig. 7: Pulse-width modulation

## ■ Τάξη D (class D).

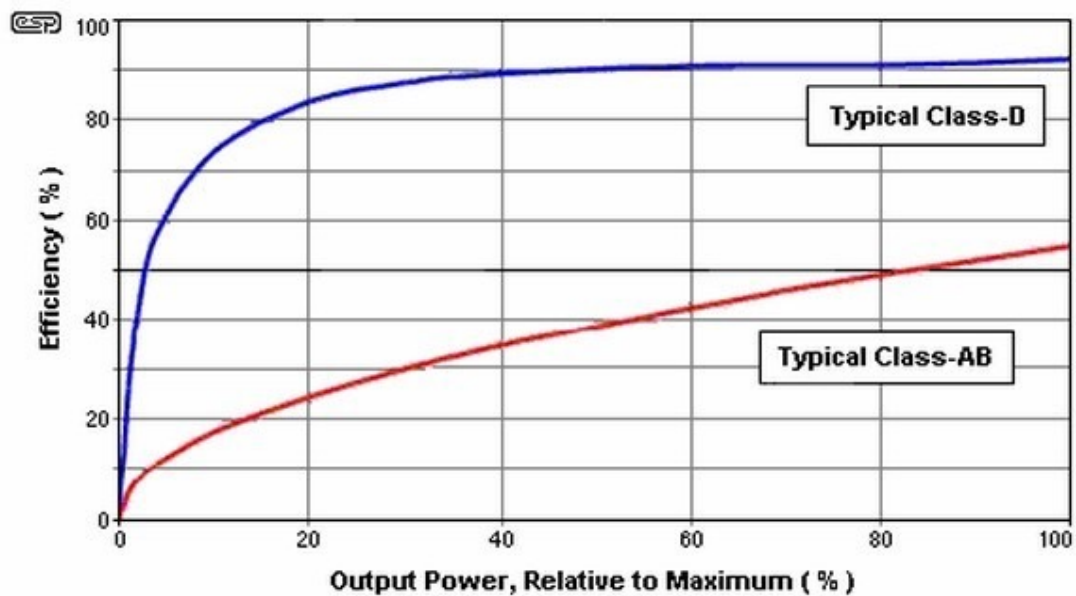
### ■ Οι ενισχυτές class D χαρακτηρίζονται από:

- Καταφέρει τη δεύτερη υψηλότερη απόδοση σε σχέση με τις υπόλοιπες τάξεις.
- Εξαιρετικά χαμηλή θερμική απώλεια.
- Χαμηλή κατανάλωση.
- Ευκολία κατασκευής και χαμηλό βάρος.
- Μπορεί να είναι είτε αναλογικά είτε ψηφιακά ελεγχόμενοι (αναλογικοί συνήθως καλύτεροι).
- Προκαλεί εκπομπή κυμάτων RF – Ανάγκη για μικρές διαδρομές καλωδιώσεων.
- Το φίλτρο εξόδου του ενισχυτή θα πρέπει να έχει προσεκτικό σχεδιασμό ούτως ώστε να μην αλλάζει η συχνотική απόκριση του ενισχυτή ανάλογα με το ωμικό φορτίο των ηχείων.
- Οι ενισχυτές class D έχουν χαμηλό Damping Factor.
- Είναι πολύ μεγάλης σημασίας ο σωστός χρονισμός των στοιχείων ενίσχυσης στην έξοδο του ενισχυτή.

# AMPLIFIERS - CROSSOVERS - SPEAKERS

## Power Amplifiers

Ενισχυτής Τάξης D (Class D amplifier).



## ■ Τάξη I (class I).

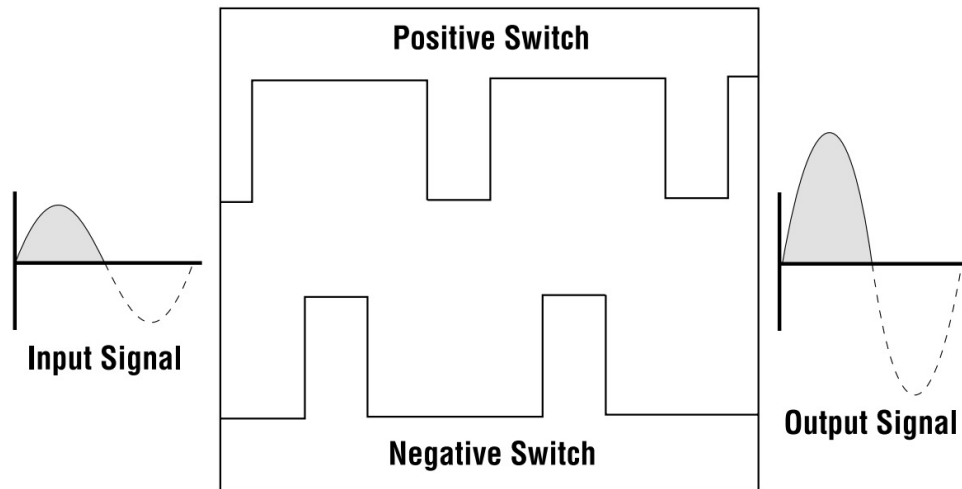
- Οι ενισχυτές κλάσης I λέγονται και **Balanced Current Amplifiers (BCA)**, χαρακτηρίζονται από:
  - Την υψηλότερη απόδοση όλες τις τάξεις.
  - Εξαιρετικά χαμηλή θερμική απώλεια.
  - Χαμηλή τροφοδοσία ρεύματος και οικονομική λειτουργία.
  - Επαναχρησιμοποίηση της ενέργειας που επιστρέφει από το μεγάφωνο, αντί να μετατραπεί σε θερμική απώλεια.
  - Λειτουργούν πολύ καλά σε χαμηλά επίπεδα ωμικής αντίστασης.
  - Χρησιμοποιούν 2 συμπληρωματικά σετ από διακόπτες ενίσχυσης εξόδου, σε παράλληλη διάταξη push-pull. Το ένα σετ αναλαμβάνει το θετικό σκέλος της κυματομορφής και το άλλο το αρνητικό (symmetrical interleaved PWM). Λειτουργούν σε συχνότητες μεταγωγής (switching frequencies) άνω των 250kHz.
- Τους σχεδίασε η Crown Audio Inc.

# AMPLIFIERS - CROSSOVERS - SPEAKERS

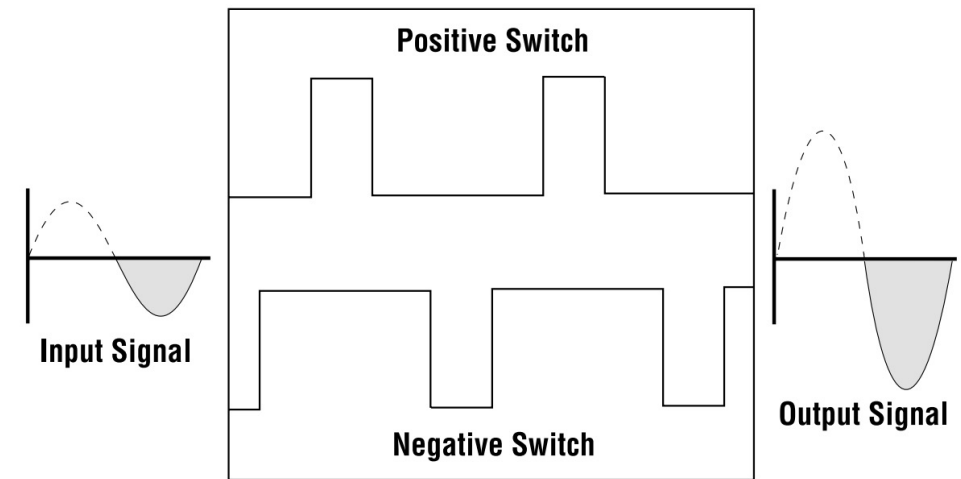
## Power Amplifiers

Ενισχυτής Τάξης Ι (Class I amplifier).

Λειτουργία Class I



*Class-I Switches, Positive Signal*



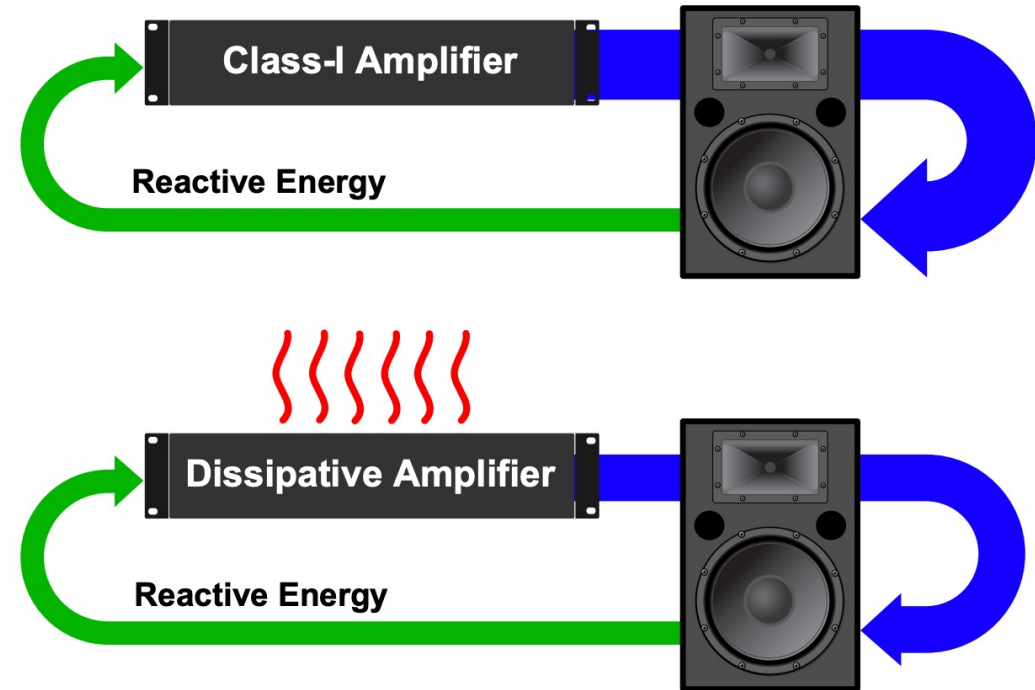
*Class-I Switches, Negative Signal*



# AMPLIFIERS - CROSSOVERS - SPEAKERS

## Power Amplifiers

Ενισχυτής Τάξης Ι (Class I amplifier).



*Reactive Energy Returned to Amplifier  
From Loudspeaker*

# AMPLIFIERS - CROSSOVERS - SPEAKERS

## 4.1. Ενισχυτές ισχύος.

Αποτελεσματικότητα διαφόρων ενισχυτικών τάξεων.

Amplifier Class	Typical Efficiency	Pros	Cons
A	~15-35%	No possibility of crossover distortion.	Inefficiency = heat Single ended designs prone to hum and higher levels of distortion.
B	~70%	Relatively high efficiency.	Potential for significant amounts of crossover distortion and compromised fidelity
A/B	~50-70%	More efficient than Class A. Relatively Inexpensive. Crossover distortion can be rendered moot.	Efficiency is good, but not great.
G & H	~50-70%	Improved efficiency over Class A/B.	Costlier than Class A/B but higher power levels are achievable in a smaller form factor.
D	>90%	Best possible efficiency Light weight.	Pulse width modulators operating at relatively low frequencies can compromise high frequency audio reproduction. Some designs produce varying sound quality depending on speaker load.

## ■ 4.2. Ισχύς εξόδου τελικού ενισχυτή.

- Σε κάθε εφαρμογή ηχητικής κάλυψης πρέπει να γίνεται η κατάλληλη επιλογή ενισχυτή που θα υποστηρίξει σωστά τις δυνατότητες του ηχοσυστήματος και τις απαιτήσεις της εφαρμογής. Η ισχύς εξόδου (output power) είναι μια πολύ βασική παράμετρος ενός ενισχυτή και θα πρέπει να αναλύεται στα πιθανά επίπεδα ωμικής αντίστασης πρόκειται να συναντήσει ο ενισχυτής στην έξοδό του (νόμος του Ohm).
- Ως εκ τούτου η ισχύς εξόδου ενός ενισχυτή θα πρέπει να αναφέρεται και να λαμβάνεται υπόψη σε διάφορα επίπεδα ωμικής αντίστασης, δηλαδή θα πρέπει να αναφέρεται ο αριθμός Watt/Ω (πχ. 500W/4Ω, 250W/Ω, κοκ.)

## ■ 4.2. Ισχύς εξόδου τελικού ενισχυτή.

- Η ισχύς υπολογίζεται από τον τύπο:

$$P(\text{RMS}) = \frac{E^2}{R} \Rightarrow P(\text{watt}) = \frac{\text{Τάση}^2(\text{V})}{\text{φορτίο}(\Omega)}$$

$$\text{π.χ. } \frac{500(\text{V})}{4(\Omega)} = 125\text{watt}, \quad \frac{500(\text{V})}{8(\Omega)} = 62,5\text{watt}, \quad \frac{500(\text{V})}{16(\Omega)} = 31,25\text{watt}$$

- Για εναλλασσόμενα ρεύματα (AC) ισχύει επίσης:

$$I = \frac{E}{Z}$$

όπου I= ένταση σε Ampere, E= Τάση AC σε Volt και Z= αντίσταση σε Ohm ( $\Omega$ )

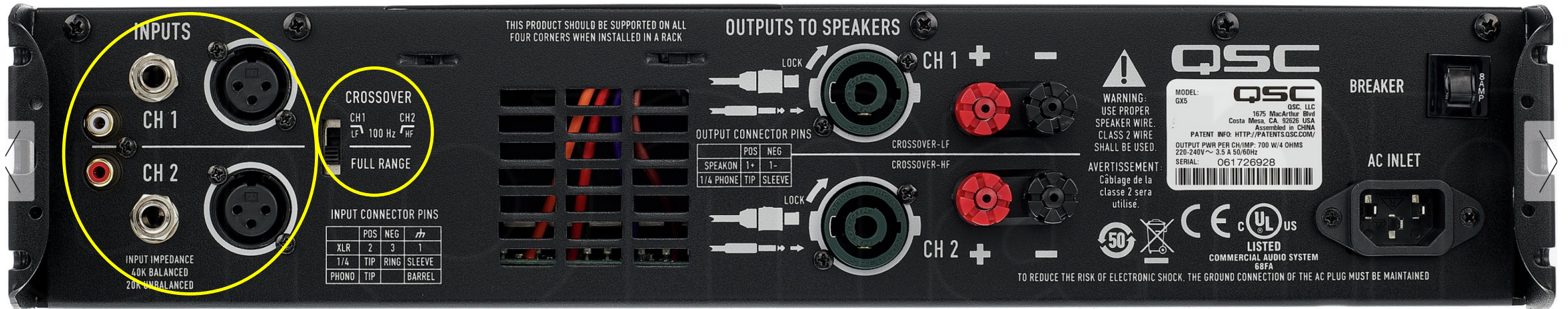
## ■ 4.2. Ισχύς εξόδου τελικού ενισχυτή.

- Επειδή η αντίσταση σχετίζεται και με τη συχνότητα, η ισχύς εξόδου ενός ενισχυτή επηρεάζεται από το συχνοτικό περιεχόμενο του ηχητικού προγράμματος. Για το λόγο αυτό οι μετρήσεις ονομαστικής ισχύος γίνονται σε μια συχνότητα αναφοράς.
- Στην αναφορά στην ισχύ ενός ενισχυτή θα δούμε τις παρακάτω μετρήσεις:
  - **Continuous power rating** : Αναφέρεται στο επίπεδο ενίσχυσης που καταφέρνει ο ενισχυτής σε παρατεταμένη, συνεχή λειτουργία σε κάποιο σταθερή τιμή αντίστασης. Είναι μέτρηση RMS και είναι αυτή που χρησιμοποιείται κατά τον σχεδιασμό ενός συστήματος ήχου.
  - **Dynamic/Peak power rating** : Δηλώνει τη στιγμιαία μέγιστη ενίσχυση που μπορεί να επιτευχθεί. Αφορά σε σύντομα transients της χρονικής τάξης των χιλιοστών του δευτερολέπτου. Δεν θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη αυτή η μέτρηση αφού μπορεί να μας οδηγήσει σε λανθασμένα συμπεράσματα ως προς τα όρια του συστήματος.
  - **Program Power rating**: Δηλώνει τη μέγιστη απόδοση του ενισχυτή κατά την αναπαραγωγή φασματικά πλήρους και ισχυρού ηχητικού προγράμματος (πχ. mastered music). Συνηθώς ισούται με (ή προσεγγίζει) το διπλάσιο της μέτρησης RMS.

### ■ 4.3. Ρυθμιστικά και διασυνδεδετικά τελικού ενισχυτή.

- Balanced εισόδους σε XLR ή TRS jacks (θηλυκό). Η χρήση του ενός μετατρέπει το άλλο σε παράλληλη έξοδο για γεφύρωμα ενισχυτών.
- Unbalanced εισόδους σε RCA jacks.
- Φίλτρο sub-low (crossover): Φίλτρο για συχνοτικό διαχωρισμό σήματος που θα οδηγήσει sub-woofers.

# AMPLIFIERS - CROSSOVERS - SPEAKERS



### ■ 4.3. Ρυθμιστικά και διασυνδεδετικά τελικού ενισχυτή.

- **Input Sensitivity:** Η ευαισθησία εισόδου δηλώνει τη στάθμη που μπορεί να έχει το σήμα στον προενισχυτή εισόδου χωρίς να δημιουργούνται παραμορφώσεις. Η ευαισθησία εισόδου δεν σχετίζεται με την ονομαστική τιμή της ισχύς εξόδου του ενισχυτή. Επηρεάζει, ωστόσο, την αναλογία σήματος/θορύβου αλλά και τη δυνατότητά του ενισχυτή να πετύχει με σωστό ποιοτικά σήμα την μέγιστη στάθμη εξόδου. Θα πρέπει πάντα να γίνεται σωστή επιλογή ανάλογα με τον τύπο του σήματος.
  - πχ. ρύθμιση +4dbu (1.4V) επαγγελματικός εξοπλισμός
  - πχ. ρύθμιση 0dbu (0.775V) επαγγελματικός εξοπλισμός
  - πχ. ρύθμιση -10dbu μη επαγγελματικός εξοπλισμός (οικιακός, hifi, κλπ.)
- Επιλογές σταθερής ενίσχυσης (gain) του σήματος εισόδου κατά 26 ή 32dB.
- Ρυθμιστικά Gain Control. Πρόκειται για ποτενσιόμετρα ελέγχου εξασθένησης του σήματος εισόδου, για έλεγχο της τάσης του σήματος στην είσοδο του προενισχυτή. Στην τέρμα δεξιά θέση τους, το σήμα εισόδου περνάει ανεπηρέαστο.



# AMPLIFIERS - CROSSOVERS - SPEAKERS

Gain Controls



Input Sensitivity switch

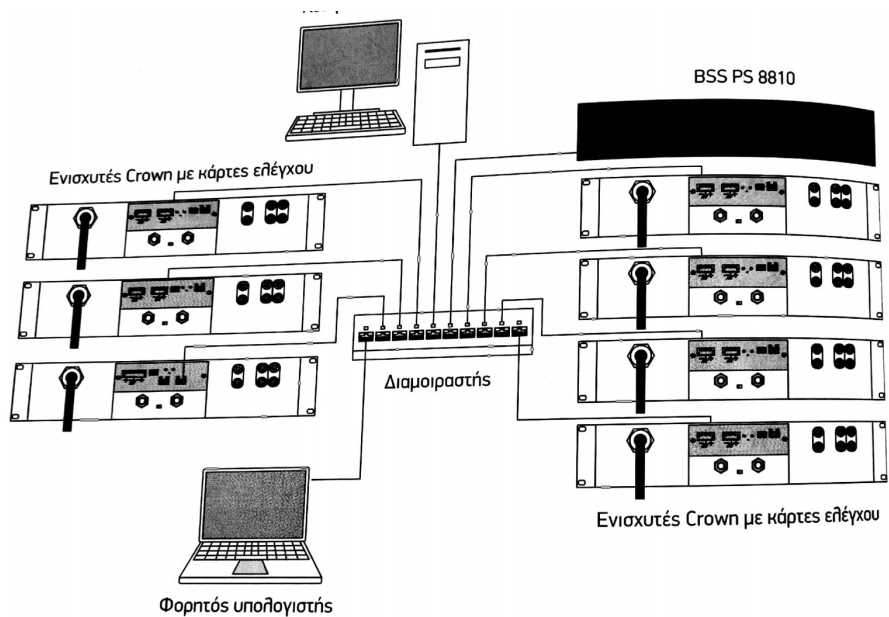


### ■ 4.3. Ρυθμιστικά και διασυνδεδετικά τελικού ενισχυτή.

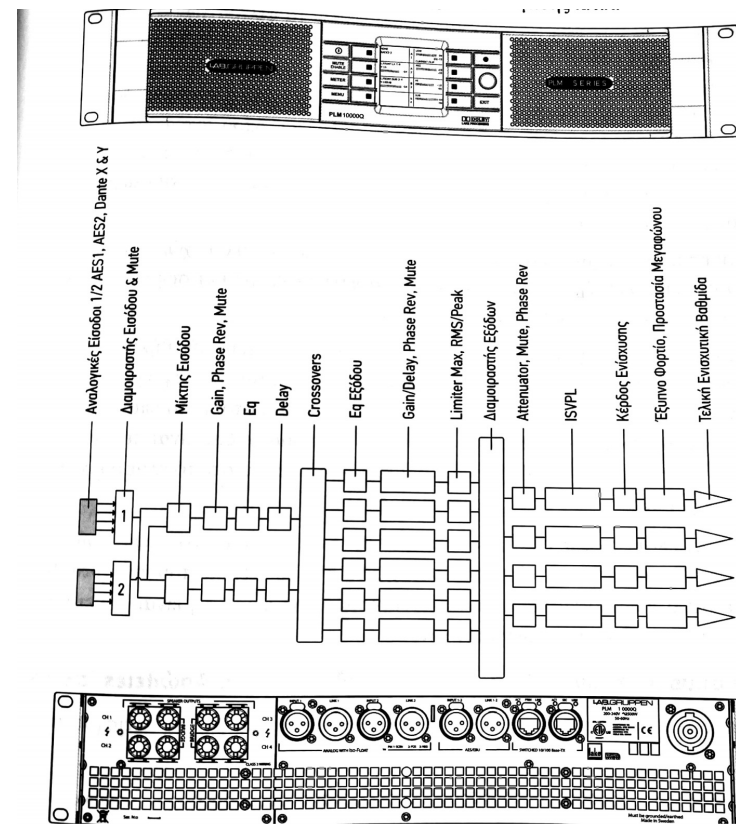
- Κυκλώματα προστασίας: Οι σημερινοί σχεδιασμοί τελικών ενισχυτών περιλαμβάνουν ποικίλα κυκλώματα προστασίας, όπως υψηλής θερμοκρασίας, περιορισμού στάθμης (limiter), DC, βραχυκυκλώματος, κ.α.
- DSP & απομακρυσμένος έλεγχος λειτουργιών: Σήμερα οι περισσότεροι επαγγελματικοί ενισχυτές παρέχουν τη δυνατότητα απομακρυσμένου ελέγχου με τη χρήση των τεχνολογιών δικτύου, των η/υ και σχετικών λογισμικών ελέγχου. Επιπλέον, πολλοί σύγχρονοι σχεδιασμοί περιλαμβάνουν και λειτουργίες ψηφιακής επεξεργασίας σήματος (DSP), μετατρέποντας έναν ενισχυτή και σε ελεγκτή ηχείων (speaker controller).
- Διασυνδεδετικά εξόδου του ενισχυμένου ήχου σε Speakon, Banana/binding posts ή TS jacks. Και στις τρεις περιπτώσεις είναι απαραίτητη η χρήση μεγαφωνικού καλωδίου (speaker cable).

# AMPLIFIERS - CROSSOVERS - SPEAKERS

IQ-PIP net (Crown) – Απομακρυσμένος έλεγχος ενισχυτών.



Lab Gruppen ενισχυτής με Lake DSP



# AMPLIFIERS - CROSSOVERS - SPEAKERS

Lab Gruppen IPD 1200, Class D, 2x 600@4Ω

DSP screen & controls

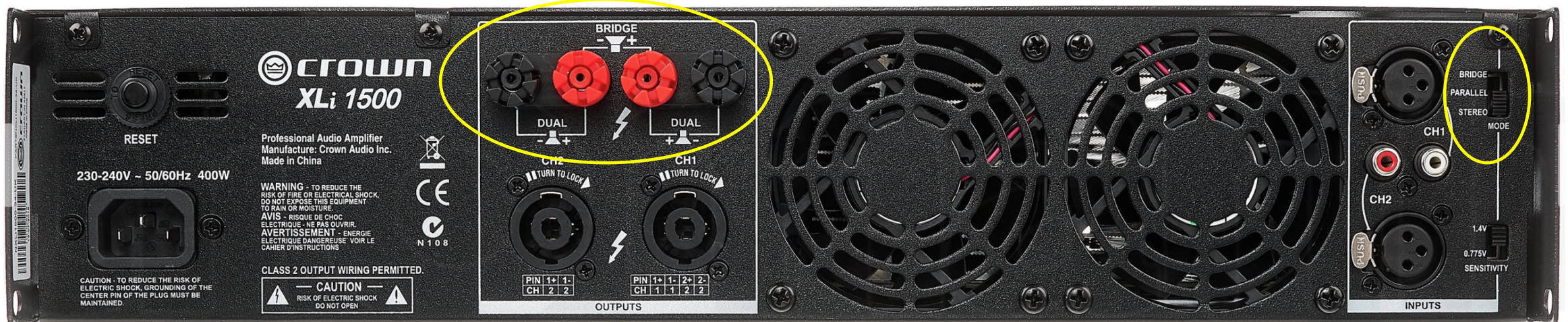


Output connectors

### ■ 4.3. Ρυθμιστικά και διασυνδεδετικά τελικού ενισχυτή.

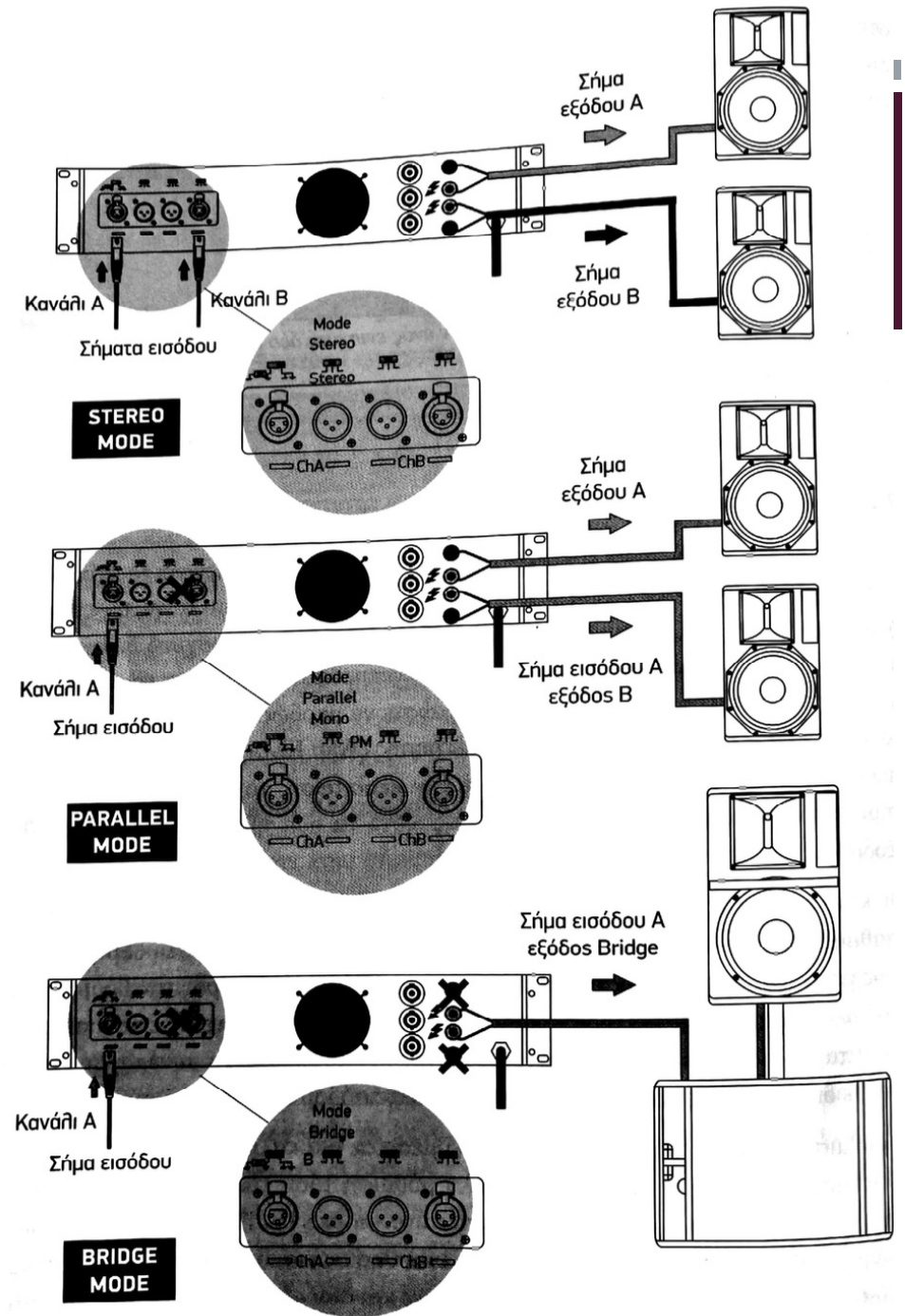
- Επιλογέας Mode λειτουργίας (Mode Switch): Ένας ενισχυτής μπορεί να βρίσκεται σε ένα από τα παρακάτω mode λειτουργίας:
  - Stereo – Στερεοφωνική λειτουργία, δηλαδή, τα ενισχυτικά στοιχεία ενισχύουν ξεχωριστά τα δύο ανεξάρτητα σήματα εισόδου και τα οδηγούν αντίστοιχα στις ανεξάρτητες εξόδους.
  - Parallel – Τα ενισχυτικά στοιχεία ενισχύουν το ίδιο μονοφωνικό σήμα εισόδου.
  - Bridge/Mono – Τα δυο ενισχυτικά στοιχεία προστίθενται σε μια και ο ενισχυτής γίνεται μονοφωνικός με συνολική ισχύ τη μέγιστη που μπορεί να αποδώσει.

# AMPLIFIERS - CROSSOVERS - SPEAKERS



# AMPLIFIERS - CROSSOVERS - SPEAKERS

Stereo – Parallel – Bridge/Mono



#### ■ 4.4. Ποιοτικά χαρακτηριστικά τελικού ενισχυτή.

- Κλάση λειτουργίας (AB, D, I, κλπ.).
- Ονομαστική ισχύς ανα επίπεδο αντίστασης, ανά κανάλι ενίσχυσης (πχ. 2x 250Watt@4Ω).
- Αναφορά επιπέδου ασφαλούς λειτουργίας. Δεν πρέπει να οδηγείται ο ενισχυτής σε φορτία αντίστασης μικρότερα από αυτά για τα οποία έχει σχεδιαστεί. Αποφεύγεται η λειτουργία ενός ενισχυτή στα 2Ω, εκτός και αν είναι ειδικά σχεδιασμένος για κάτι τέτοιο.
- Αριθμός καναλιών: Ο αριθμός των ανεξάρτητων ενισχυτικών βαθμίδων (κανάλι ενίσχυσης) ενός ενισχυτή.
- THD (Total Harmonic Distortion): Είναι το ποσοστό παραμόρφωσης (προσθήκη αρμονικών) που εισάγεται στο σήμα κατά την ενίσχυση λόγω ψαλιδισμού κυματομορφών. Όταν ο ενισχυτής υπεροδηγείται και παράγει υψηλό THD υπάρχει κίνδυνος για τα μεγάφωνα, κυρίως των υψηλών συχνοτήτων (κόρνες ή τουίτερ). Καλή ποιότητα κάτω από 1% THD (επαγγελματικοί ενισχυτές κάτω από 0,5%).
- Frequency Response: Η συχνοτική απόκριση ενός ενισχυτή θα πρέπει να είναι επίπεδη σε όλο το φάσμα από 20~20kHz, ενώ θα πρέπει να αναφέρονται τυχόν διακυμάνσεις.
- Damping Factor (DF): Ο συντελεστής απόσβεσης σχετίζεται με την ικανότητα ενός ενισχυτή να ελέγχει την κίνηση του κώνου ενός μεγαφώνου. Επηρεάζει την απόδοση των χαμηλών συχνοτήτων. Όσο μεγαλύτερη είναι η μέτρηση αυτή τόσο καλύτερα (πχ. >500 ή >5000). Υπολογίζεται από τον τύπο:

$$DF = \frac{\text{Φορτίο αντίστασης ηχείου } (\Omega) \text{ [load impedance]}}{\text{Σύνθετη αντίσταση Ενισχυτή } (\Omega) \text{ [source impedance]}}$$



# AMPLIFIERS - CROSSOVERS - SPEAKERS

## ■ 4.5. Συνδέσεις ηχείων.

Τα ηχεία μπορούν να συνδεθούν με την έξοδο ενός ενισχυτή ακολουθώντας έναν από τους παρακάτω τρόπους:

- **Παράλληλη σύνδεση (Parallel wiring):** Όταν συνδέουμε με τη μέθοδο αυτή παραπάνω από ένα ηχεία σε ένα κανάλι ενίσχυσης, τότε η αντίσταση που θα παρουσιάσουν ισούται με την ονομαστική τους αντίσταση προς τον αριθμό των ηχείων. Για παράδειγμα, αν συνδέσουμε παράλληλα 2 ηχεία 8Ω, τότε η αντίσταση που θα παρουσιάσουν στην έξοδο του ενισχυτή είναι 4Ω. Αν συνδέσουμε 4 ηχεία των 8Ω, τότε η αντίστασή τους θα είναι 2Ω, κ.ο.κ. Η ισχύς μοιράζεται στον αριθμό των ηχείων. Αν κάποιο από τα ηχεία χαλάσει τότε δεν διακόπτεται η λειτουργία του άλλου. Είναι η πιο συνηθισμένη σύνδεση ηχείων.



Parallel 4 Ohms

2x ηχεία 8Ω σε  
παράλληλη σύνδεση  
=> 4Ω αντίσταση

# AMPLIFIERS - CROSSOVERS - SPEAKERS

## ■ 4.5. Συνδέσεις ηχείων.

Τα ηχεία μπορούν να συνδεθούν με την έξοδο ενός ενισχυτή ακολουθώντας έναν από τους παρακάτω τρόπους:

- **Σύνδεση σε σειρά (Series wiring):** Όταν συνδέουμε με τη μέθοδο αυτή παραπάνω από ένα ηχεία σε ένα κανάλι ενίσχυσης, τότε οι αντιστάσεις τους προστίθενται. Για παράδειγμα, αν συνδέσουμε σε σειρά 2 ηχεία 8Ω, τότε η αντίσταση που θα παρουσιάσουν στην έξοδο του ενισχυτή είναι 16Ω. Αν συνδέσουμε 4 ηχεία των 8Ω, τότε η αντίστασή τους θα είναι 32Ω, κ.ο.κ. Η ισχύς του ενισχυτή σε αυτή την αντίσταση θα μοιραστεί στον αριθμό των ηχείων. Αν κάποιο από τα ηχεία χαλάσει τότε διακόπτεται η λειτουργία των υπολοίπων.



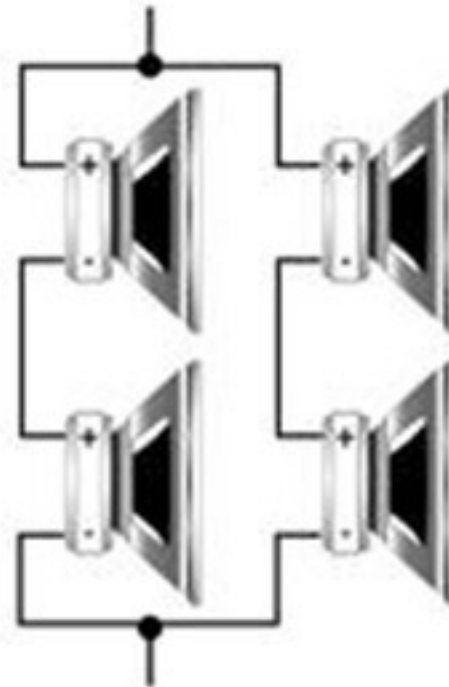
2x ηχεία 8Ω σε  
σύνδεση σε σειρά  
=> 16Ω αντίσταση

# AMPLIFIERS - CROSSOVERS - SPEAKERS

## ■ 4.5. Συνδέσεις ηχείων.

Τα ηχεία μπορούν να συνδεθούν με την έξοδο ενός ενισχυτή ακολουθώντας έναν από τους παρακάτω τρόπους:

- **Σύνδεση σε σειρά/παράλληλη (Series/Parallel wiring):** Όταν συνδέουμε με τη μέθοδο αυτή παραπάνω από ένα ηχεία σε ένα κανάλι ενίσχυσης, τότε η συνολική αντίσταση που παρουσιάζουν παραμένει σταθερή. Για παράδειγμα, αν συνδέσουμε σε σειρά/παράλληλα 4 ηχεία 8Ω, τότε η αντίσταση που θα παρουσιάσουν στην έξοδο του ενισχυτή είναι 8Ω. Η ισχύς του ενισχυτή σε αυτή την αντίσταση θα μοιραστεί στον αριθμό των ηχείων. Αν κάποιο από τα ηχεία χαλάσει τότε διακόπτεται η λειτουργία των υπολοίπων.



Series-Parallel 8 Ohms

4x ηχεία 8Ω σε  
σύνδεση σε  
σειρά/παράλληλη  
=> 8Ω αντίσταση

# AMPLIFIERS - CROSSOVERS - SPEAKERS

## ■ 4.5. Συνδέσεις ηχείων.

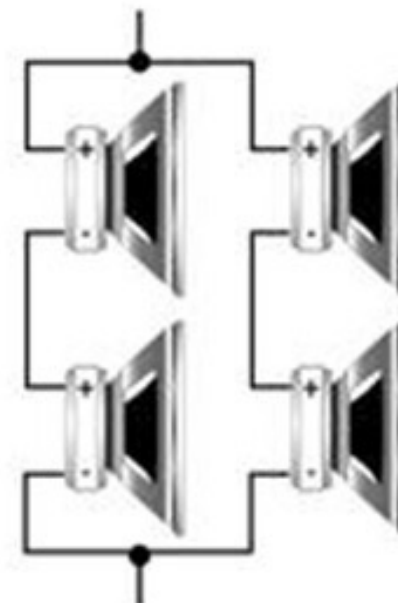
Γενικά θα πρέπει να συνδέονται μεταξύ τους ηχεία με τα ίδια χαρακτηριστικά ( $\Omega$  & Watt) αλλιώς ο πολλαπλασιασμός των ηχείων δεν θα πετυχαίνει τον στόχο του.



Series 16 Ohms



Parallel 4 Ohms



Series-Parallel 8 Ohms

## ■ 4.6. Πόση ενίσχυση χρειάζομαι?

- Είναι λάθος να πιστεύω ότι ο ενισχυτής θα πρέπει να είναι μικρότερος του ηχείου για να μη το «κάψει»! Ισχύει ακριβώς το αντίθετο. Υπεροδηγώντας έναν ενισχυτή για να προκληθεί μεγαλύτερη ένταση στέλνεται παραμορφωμένο σήμα στο μεγάφωνο, γεγονός που θα προκαλέσει ζημιά λόγω ανώμαλης κίνησης του κώνου και υπερθέρμανσης του πηνίου και των αναρτήσεων.
- Ο ενισχυτής θα πρέπει να είναι ισχυρότερος του ηχείου για να το οδηγήσει σωστά και να επιτευχθεί ποιοτικά σωστή εκπομπή ήχου. Θα πρέπει να είναι από 30% μεγαλύτερος έως διπλάσιος του Continuous Power Rating\* του ηχείου ή ίσος με το Program Power rating του. Για παράδειγμα:

Για ηχείο 400W RMS/8Ω → Ενισχυτή από 520 έως 800Watt/8Ω

- Ο ενισχυτής δεν πρέπει να είναι πολύ μεγαλύτερος από την ισχύ του ηχείου (πχ. 3 ή 4 φορές μεγαλύτερος) διότι και πάλι μπορεί να του δημιουργήσει ζημιά, προκαλώντας υπερβολική κίνηση στον κώνο και υψηλά επίπεδα θερμότητας που μπορεί να κολλήσουν το μεγάφωνο.

\* Χρησιμοποιείτε τις μετρήσεις Continuous Power ενισχυτών και ηχείων για αυτούς του υπολογισμούς.