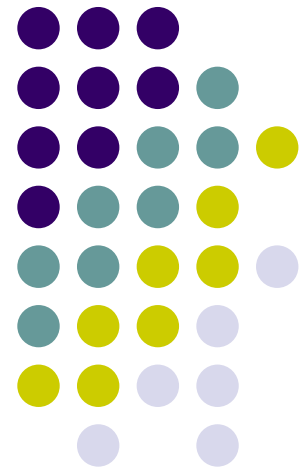
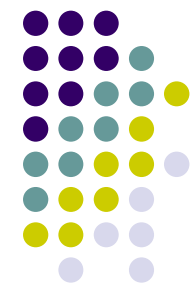


Εμπορικοί δέκτες





silver
color



Κύριες λειτουργίες ραδιοφωνικών δεκτών



- Αποδιαμόρφωση
 - → λήψη του σήματος πληροφορίας
- Συντονισμός φέροντος
 - → επιλογή του σταθμού
- Φιλτράρισμα
 - → απαλοιφή θορύβου και παρεμβολών
- Ενίσχυση
 - → αντιμετώπιση των απωλειών κατά τη μετάδοση



Βασική δυσκολία

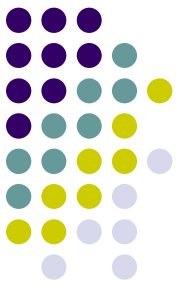
- Κατασκευή επιλεκτικών (ζωνοπερατών) φίλτρων με μεταβλητή συχνότητα συντονισμού
- Μία μονάδα (κύκλωμα) με δυσκολία θα μπορούσε να επιτύχει όλα
 - Ευαισθησία (sensitivity)
 - → λήψη ασθενών σημάτων
 - Επιλεκτικότητα (selectivity)
 - → διαχωρισμό γειτονικών σημάτων
 - Ποιότητα σήματος
 - Ενίσχυση

Πρακτικοί δέκτες



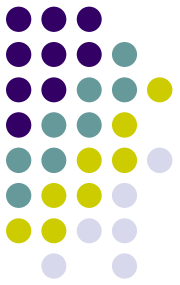
- Δέκτης άμεσης μετατροπής DC (Direct Conversion)
 - Ομοδύνηση: μείξη δύο σημάτων ίδιας συχνότητας
- Υπερ-αναγεννητικός δέκτης (super regenerative receiver)
 - Χρήση θετικής ανάδρασης για αύξηση της επιλεκτικότητας και ευαισθησίας (ενίσχυση αρκετές χιλιάδες φορές)
- Υπερετερόδυνος δέκτης (super heterodyne receiver)
 - Ετεροδύνηση: μείξη δύο σημάτων διαφορετικών συχνοτήτων για λήψη νέας συχνότητας

Δέκτης άμεσης μετατροπής

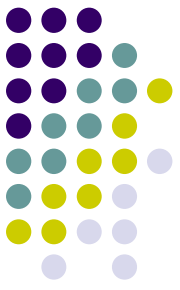


- Ομόδυνη αποδιαμόρφωση
 - Απόρριψη ανεπιθύμητων συνιστωσών από το βαθυπερατό φίλτρο στην έξοδο
- Βρίσκονταν σε αφάνεια λόγω προβλημάτων υλοποίησης
 - Ολίσθηση συχνότητας τοπικού ταλαντωτή
 - PLL
 - Ανατροφοδότηση της συχνότητας του τοπικού ταλαντωτή στο κύκλωμα κεραίας
 - Ρεύμα ολίσθησης DC
- Επανήλθε στην επικαιρότητα μετά τη διάδοση των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων

Υπερ-αναγεννητικός δέκτης

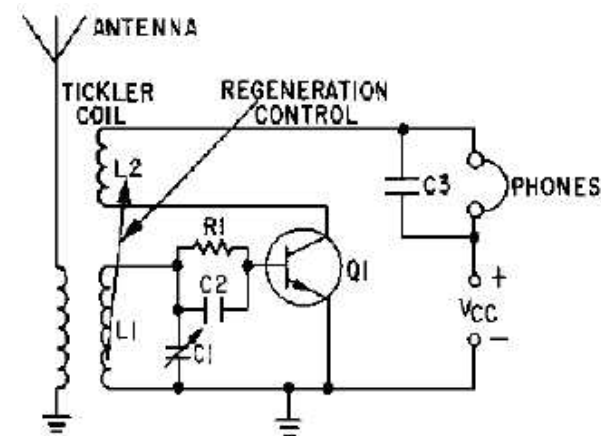


- Ο υπερ-αναγεννητικός δέκτης (Super Regenerative Receiver - SRR) είναι μια από τις παλαιότερες τεχνικές που ακόμη βρίσκεται σε ευρεία χρήση
 - Δέκτες SRR παράγονται σε τεράστιες ποσότητες για εφαρμογές, όπως, συναγερμοί, τηλεκοντρολ για πόρτες αυτοκινήτων ή γκαραζόπορτες
- Ο δέκτης SRR είναι μια βελτίωση του αναγεννητικού δέκτη (regenerative receiver)
 - Αμφότεροι είναι εφευρέσεις του E. Armstrong (1914, 1922)



Αναγεννητικός δέκτης

- Στον αναγεννητικό δέκτη το ποσό της θετικής ανάδρασης πρέπει να ρυθμισθεί ώστε να προκαλέσουμε ταλάντωση οπότε προκύπτει αποδιαφόρωση σημάτων (AM, SSB, CW)
- Ο αναγεννητικός δέκτης δεν υπήρξε δημοφιλής στο κοινό διότι ο ακροατής έπρεπε να ρυθμίζει χειροκίνητα την ανάδραση ώστε να πετύχει ισχυρό σήμα
 - Μεγάλη ανάδραση → σφύριγμα
 - Μικρή ανάδραση → ασθενής λήψη



Υπερ-αναγεννητικός δέκτης



- Ο δέκτης SRR λύνει το πρόβλημα της ταλάντωσης με αυτόματη ρύθμιση
 - Το κέρδος αυξάνει μέχρι να αρχίσει η ταλάντωση
 - Μόλις αρχίσει η ταλάντωση η πόλωση αλλάζει ώστε να μειωθεί, κοκ
- Ο δέκτης βρίσκεται στην πιο ευαίσθητη περιοχή, δηλαδή, η ταλάντωση γίνεται με ρυθμό που είναι μεγαλύτερος των ακουστικών συχνοτήτων, αλλά χαμηλότερος της φέρουσας συχνότητας
 - Εξ ου και το “υπέρ” όπως στη λέξη υπέρηχος
- Πλεονεκτήματα
 - Μικρό κόστος
 - Μικρή κατανάλωση ισχύος



Υπερετερόδυνος δέκτης

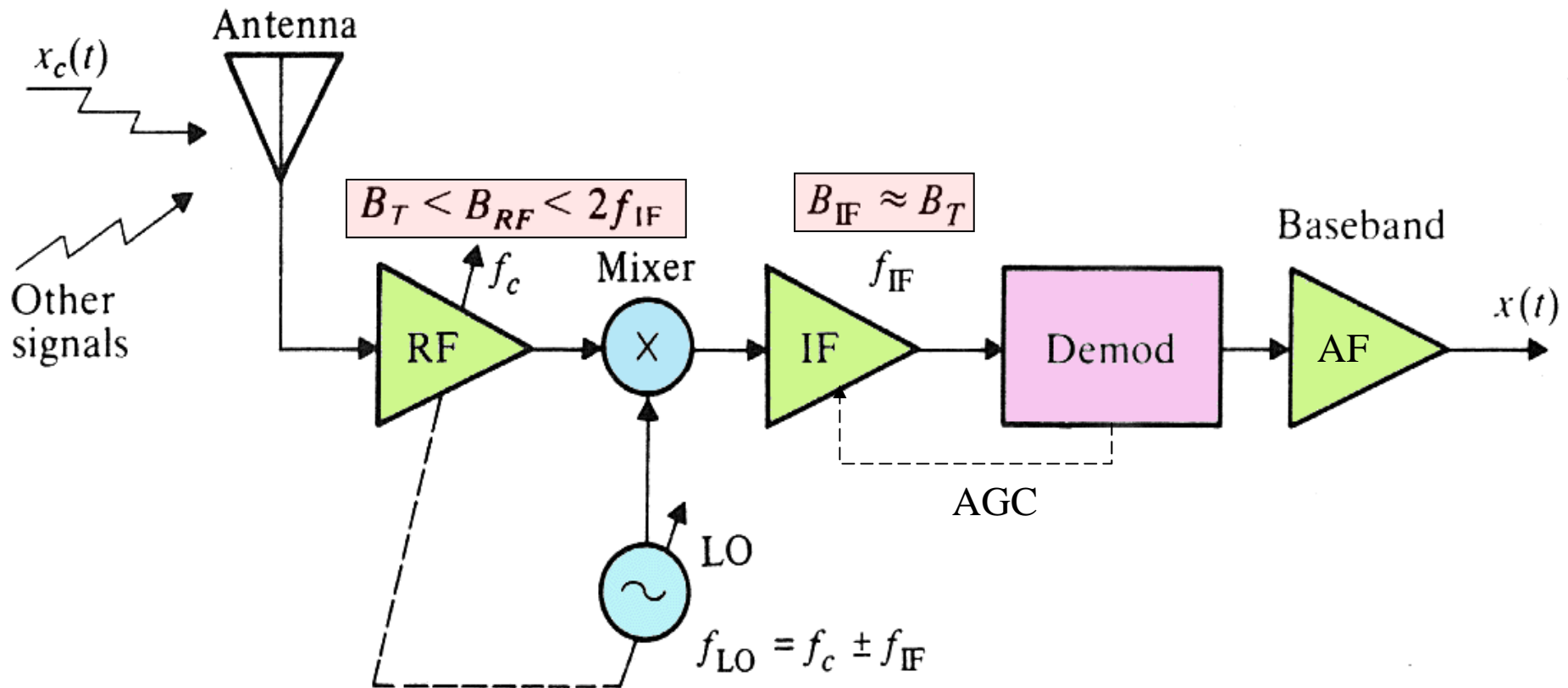
- Μίξη σημάτων RF με τοπικό φέρον για λήψη συγκεκριμένης ενδιάμεσης συχνότητας (IF)
 - Εφευρέθηκε το 1918 από τον E. Armstrong
 - Σχεδόν όλοι οι δέκτες ήταν τέτοιου τύπου



Βασική ιδέα

- Πρώτα, μετατροπή της συχνότητας φέροντος f_c του σήματος σε σταθερή ενδιάμεση συχνότητα f_{IF} μέσω συντονιζόμενου τοπικού ταλαντωτή f_{LO}
- Διάβαση μέσα από ζωνοπερατό φίλτρο υψηλής επιλεκτικότητας στην ενδιάμεση συχνότητα
 - Αφαίρεση του θορύβου και των εκτός ζώνης συνιστωσών πριν την μετατροπή σε σήμα βασικής ζώνης
- Τελικά, αποδιαμόρφωση σε σήμα βασικής ζώνης

Δομικό διάγραμμα

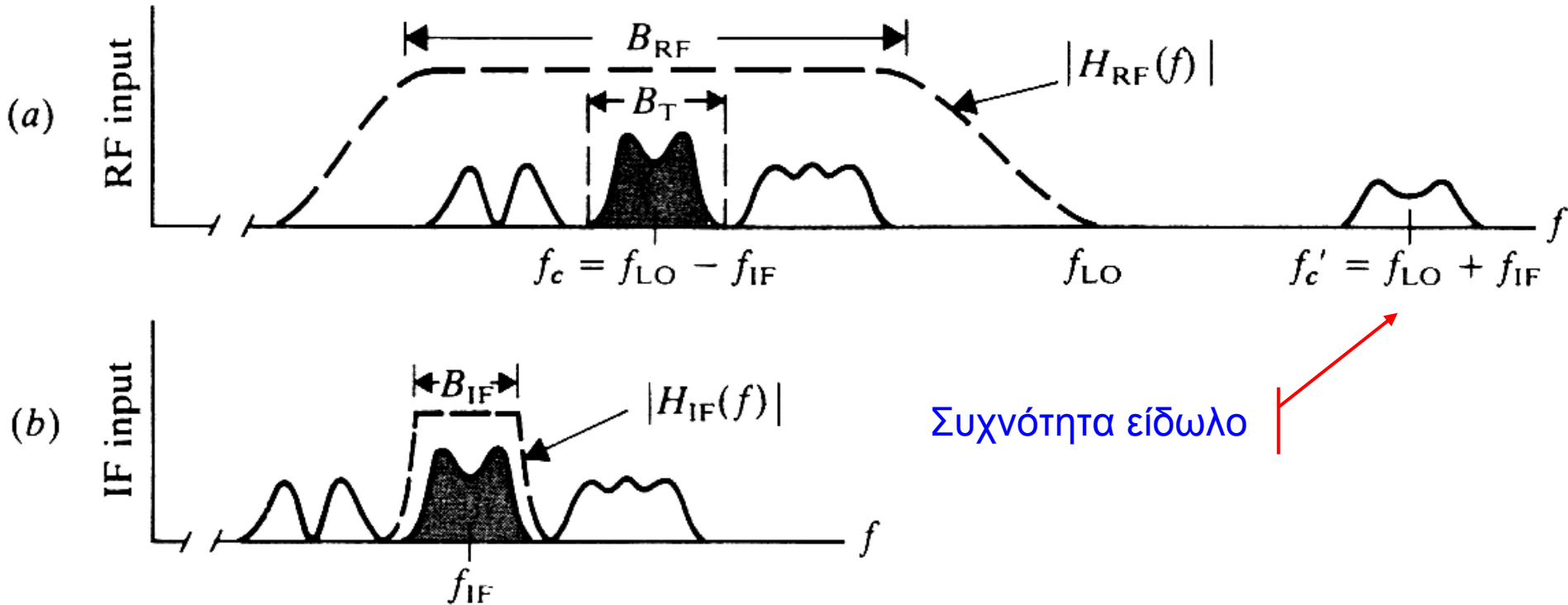




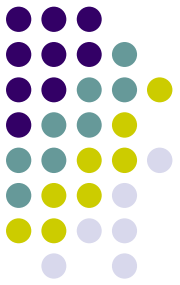
Δομικές μονάδες

- Ενισχυτής ραδιοσυχνοτήτων (RF)
 - Επιλεκτική ενίσχυση του σήματος που λαμβάνεται στην κεραία σε περιοχή περί το επιθυμητό σήμα
- Τοπικός ταλαντωτής
 - Μεταβλητή συχνότητα συντονισμού $f_{LO}=f_c \pm f_{IF}$
- Μείκτης
- Ενισχυτής ενδιάμεσων συχνοτήτων (IF)
 - Ενίσχυση περί τη σταθερή ενδιάμεση συχνότητα f_{IF}
- Φωρατής (αποδιαμορφωτής)
- Ενισχυτής ακουστικών συχνοτήτων (AF)
- AGC – Αυτόματος έλεγχος κέρδους
 - Για να παραμένει η ισχύς εξόδου σταθερή

Λειτουργία



- Εάν το φίλτρο ραδιοσυχνοτήτων δεν απορρίπτει πλήρως τη συχνότητα είδωλο, ο δέκτης θα αποδιαμορφώσει και το σήμα είδωλο!



Σήμα είδωλο

- Έστω ότι η συχνότητα του τοπικού ταλαντωτή είναι $f_{LO} = f_c + f_{IF}$
- Η συχνότητα είδωλο είναι $f'_c = f_{LO} + f_{IF}$
- Για να απορριφθεί το σήμα είδωλο πρέπει $B_T < B_{RF} < 2f_{IF}$



Βαθμίδα RF

- Μεταφέρει την επιθυμητή συχνότητα λήψης στη σταθερή ενδιάμεση συχνότητα
 - Στους δέκτες DC έχουμε $f_{IF}=0$, άρα καταλήγουμε απ' ευθείας στο σήμα βασικής ζώνης
 - Στους υπερετερόδυνους δέκτες $f_{IF} \gg 0$!
- Η βαθμίδα RF συμβάλει στην απόρριψη του σήματος ειδώλου
 - Διπλοί υπερετερόδυνοι δέκτες (δύο ενδιάμεσες συχνότητες) για καλύτερη απόρριψη



Βαθμίδα IF

- Η βαθμίδα IF παρέχει ενίσχυση (κέρδος) και συμβάλει στην απόρριψη των παρεμβολών
- Το εύρος ζώνης στην ενδιάμεση βαθμίδα πρέπει να είναι σχετικά μικρό

$$0,01 < \frac{B_{IF}}{f_c} < 0,1$$

- Για παράδειγμα στην εμπορική ραδιοφωνία FM

$$\frac{B_{IF}}{f_c} = \frac{200 \text{ kHz}}{10 \text{ MHz}} \approx 0,02$$

Συντονισμός



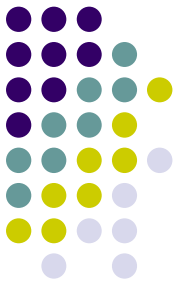
- Ο συντονισμός του δέκτη επιτυγχάνεται μόνο με αλλαγή της συχνότητας του τοπικού ταλαντωτή
 - Εάν $f_{LO} > f_c$, έχουμε αντιστροφή της πλευρικής ζώνης (σε περίπτωση SSB)
- Ο φωρατής εξαρτάται από το είδος της διαμόρφωσης
 - Φωρατής περιβάλλουσας, κύκλωμα κλίσης, PLL
- Δεν έχουμε προβλήματα λόγω ανατροφοδότησης του ενισχυμένου σήματος στην κεραία

Δέκτης AM



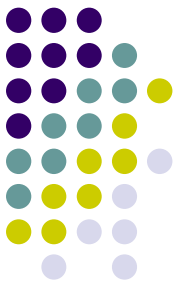
- Περιοχή ραδιοσυχνοτήτων 0,535 – 1,605 MHz
- Ενδιάμεση συχνότητα 455 kHz
- Εύρος ζώνης στην ενδιάμεση βαθμίδα 10 kHz

Δέκτης FM

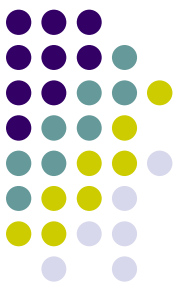


- Περιοχή ραδιοσυχνοτήτων 88 – 108 MHz
- Ενδιάμεση συχνότητα 10,7 MHz
- Εύρος ζώνης στην ενδιάμεση βαθμίδα 200 kHz

Προτερήματα υπερετερόδυνων δεκτών



- Απλή κατασκευή
- Η τεχνική της μετατροπής συχνότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλα τα είδη διαμόρφωσης
- Ο υπερετερόδυνος δέκτης χειρίζεται τα θέματα ποιότητας λήψης σε διαφορετικές μονάδες
 - RF: Ευαισθησία
 - IF: Επιλεκτικότητα



Μειονεκτήματα

- Το βασικό πρόβλημα με τους υπερ-ετερόδυνους δέκτες είναι η απόκριση σε κίβδηλες (spurious) συχνότητες πέραν της f_c
 - Η προφανής συχνότητα είδωλο απαλείφεται με αύξηση της f_{IF}
 - Μη γραμμικότητες μπορεί να προκαλέσουν παρεμβολές και από ισχυρά σήματα σε υποπολλαπλάσια της f_{IF}



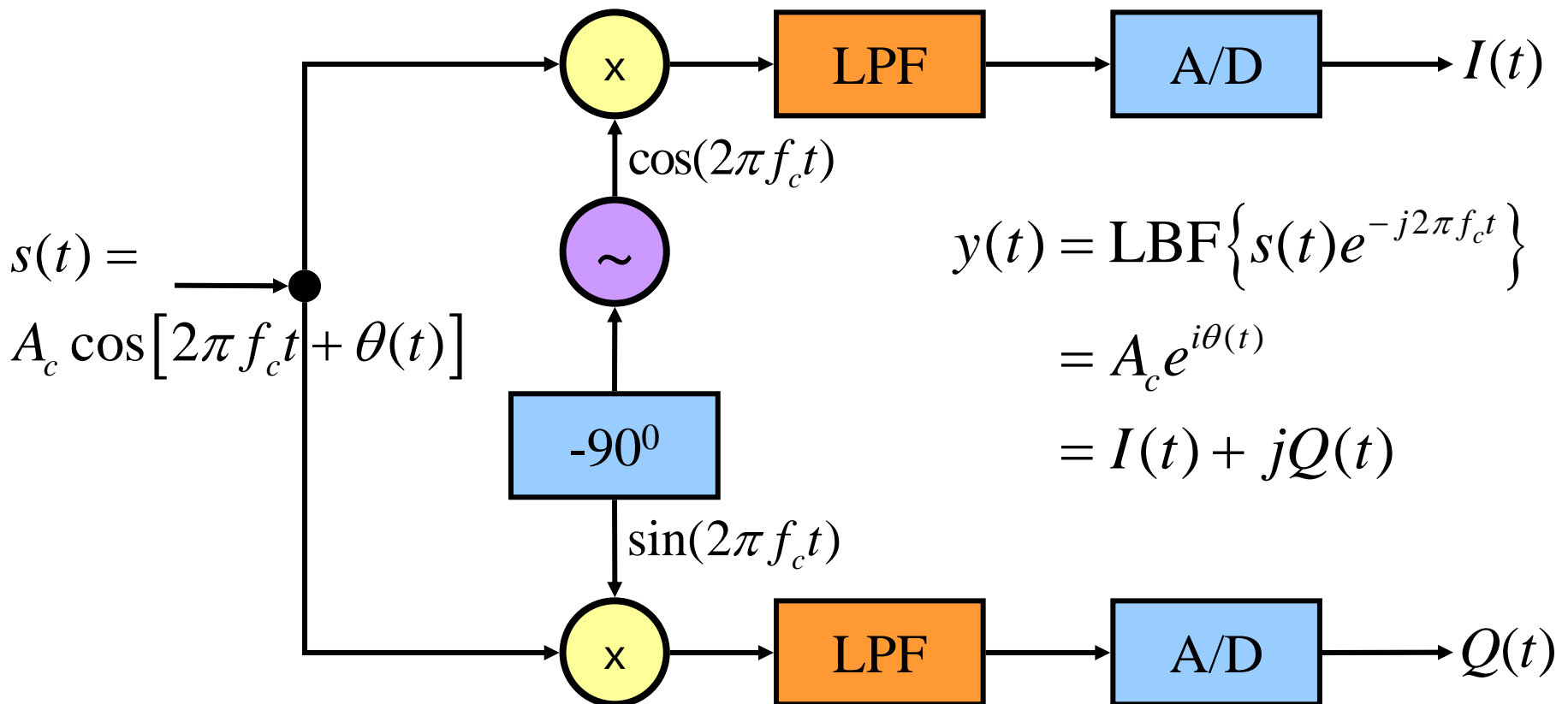
Δέκτες διπλής μετατροπής

- Δύο διαφορετικές βαθμίδες IF σε διαφορετικές ενδιάμεσες συχνότητες
- Πρώτη βαθμίδα IF στα 10,7 MHz \gg 455 kHz
 - Κακή επιλεκτικότητα (δεν είναι εύκολο να έχουμε στενό εύρος ζώνης), αλλά η απόρριψη του ειδώλου είναι εύκολη
 - Π.χ., για $f_c = 146,94$ MHz στα VHF, το είδωλο βρίσκεται 14% πιο ψηλά από το φέρον στα $146,94 + 2 \cdot 10,7 = 168,34$ MHz
- Δεύτερη βαθμίδα IF στα 455 kHz
 - Είδωλο στα $10,7 + 2 \cdot 0,455 = 11,6$ MHz, περίπου 8.5% πιο πάνω από το φέρον (καθόλου άσχημα)
 - Το ζωνοπερατό δεύτερο φίλτρο IF BPF παρέχει την απαιτούμενη επιλεκτικότητα
- Για δέκτες ευρείας ζώνης, μπορεί να απαιτείται τριπλή μετατροπή για περαιτέρω βελτίωση της επιλεκτικότητας και απόρριψης ειδώλου

Δέκτες SDR (Software Defined Radio)



- Δώσε μου τα $I(t)$ και $Q(t)$ και μπορώ να αποδιαμορφώσω τα πάντα!



Δέκτες SDR (Software Defined Radio)



- Η αποδιαμόρφωση γίνεται με λογισμικό (μαθηματικές πράξεις) σε υπολογιστή

$$\text{AM} \rightarrow \sqrt{I^2(t) + Q^2(t)}$$

$$\text{FM} \rightarrow \arctan \frac{Q(t)}{I(t)}$$

$$\text{DSB, SSB} \rightarrow I(t)$$

Μοντέρνος δέκτης

