
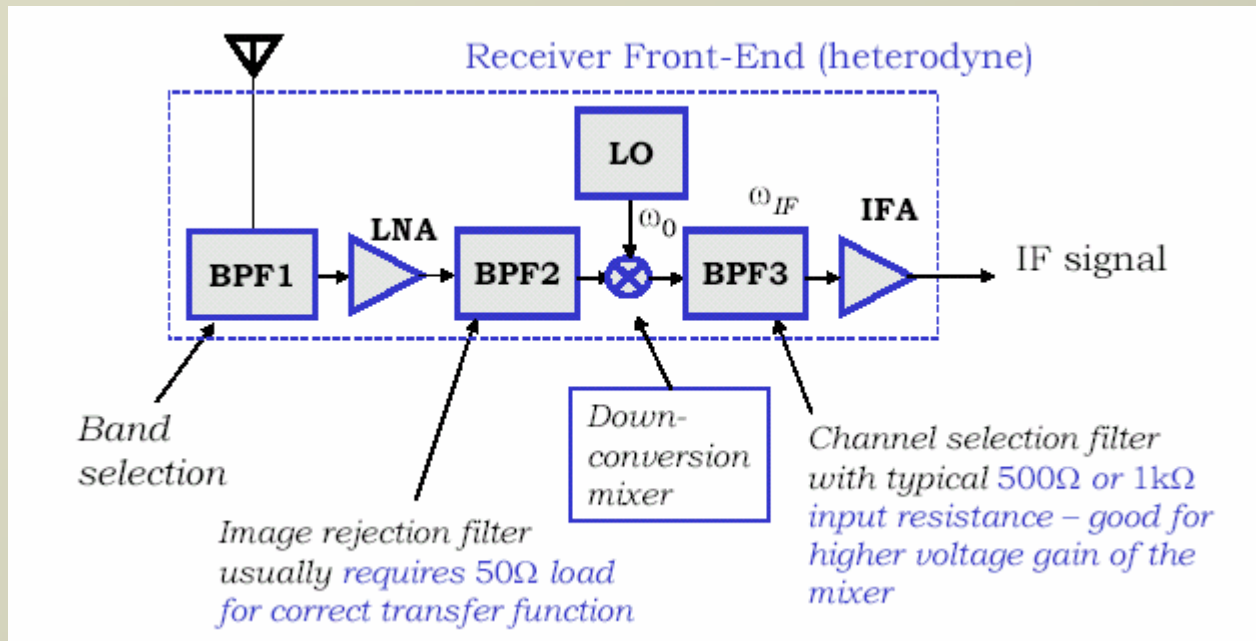


Κεφάλαιο 6



Μίκτες (Mixers)

Βασικές παράμετροι των Μικτών



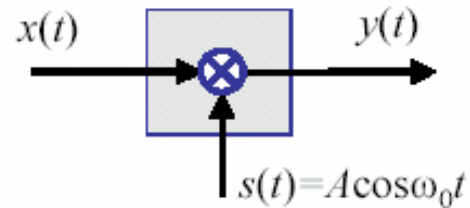
Τυπικά χαρακτηριστικά του μίκτη

NF (εικόνα θορύβου)	12 dB
$IIP3$	+5 dBm
Απολαβή	10 dB
Αντίσταση εισόδου (ετερόδυνα)	50 Ω
Απομόνωση Port-to-Port	10-20 dB



Με ημιτονικό σήμα τοπικού ταλαντωτή.

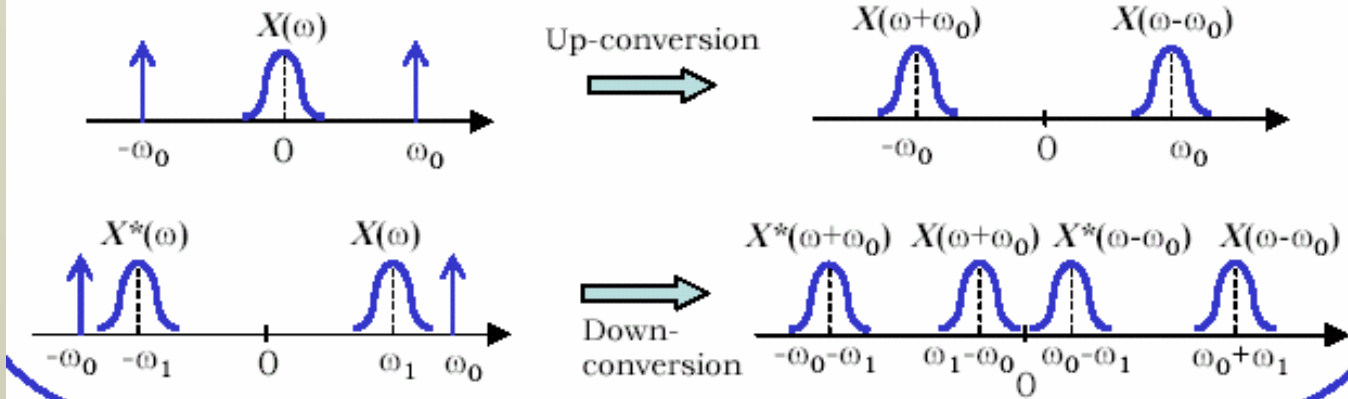
$$y(t) = x(t) \cdot s(t) \xleftrightarrow{FT} Y(\omega) = \frac{1}{2\pi} X(\omega) * S(\omega)$$



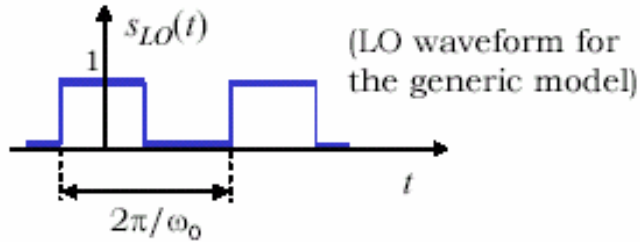
$$Y(\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} X(\nu) \cdot S(\omega - \nu) d\nu$$

$$S(\omega) = \pi A [\delta(\omega - \omega_0) + \delta(\omega + \omega_0)]$$

$$Y(\omega) = \frac{A}{2} [X(\omega - \omega_0) + X(\omega + \omega_0)]$$



Με τετραγωνικό σήμα τοπικού ταλαντωτή.

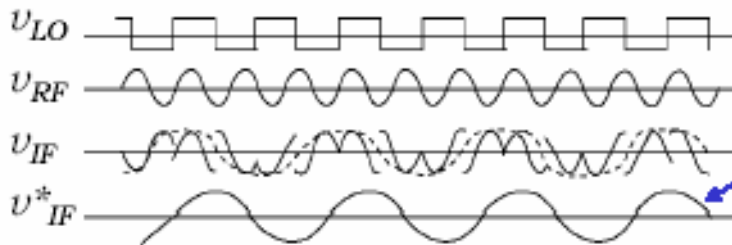


$$s_{LO}(t) = \frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \cos \omega_0 t - \frac{2}{3\pi} \cos 3\omega_0 t + \dots$$

$$y(t) = K_0 \cdot x_{RF}(t) \cdot s_{LO}(t)$$

$$Y(\omega) = \frac{K_0}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} X_{RF}(\omega - \nu) \cdot S_{LO}(\nu) d\nu$$

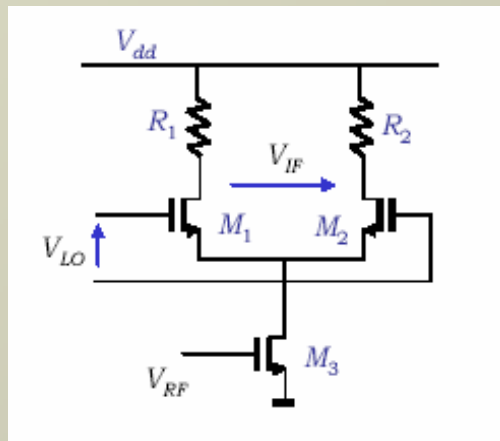
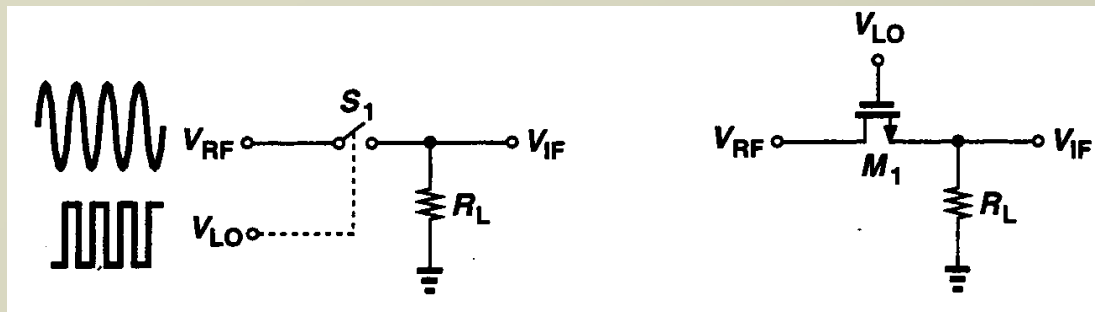
$$= \frac{K_0}{2} X_{RF}(\omega) + \underbrace{\frac{K_0}{\pi} X_{RF}(\omega + \omega_0) + \frac{K_0}{\pi} X_{RF}(\omega - \omega_0)} - \dots$$



Μετά από το φίλτρο IF



Παθητικοί και Ενεργοί Μίκτες.



Οι ενεργοί μίκτες, χάρη στην ενίσχυση που επιτυγχάνουν, μειώνουν τη συμβολή των επόμενων βαθμίδων στο θόρυβο του δέκτη, γι' αυτό και χρησιμοποιούνται ευρέως στα RF συστήματα.

Οι παθητικοί μίκτες εμφανίζουν μεγαλύτερη γραμμικότητα και ταχύτητα απόκρισης και χρησιμοποιούνται στους σταθμούς βάσης.



Απολαβή μετατροπής.

- Απολαβή μετατροπής τάσης: ο λόγος της RMS τάσης του σήματος IF προς την RMS τάση του RF σήματος.
- Απολαβή μετατροπής ισχύος (ίση με την απολαβή τάσης σε dB αν η αντίσταση εισόδου και η αντίσταση εξόδου είναι ίσες με την αντίσταση της πηγής σήματος)

$$Y(\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} X_{RF}(\omega - \nu) \cdot S(\nu) d\nu$$

$$= \frac{1}{2} X_{RF}(\omega) + \underbrace{\frac{1}{\pi} X_{RF}(\omega + \omega_0) + \frac{1}{\pi} X_{RF}(\omega - \omega_0)}_{\text{down-converted component at IF}}$$

Voltage conversion gain:

$$G_C = \frac{1}{\pi}$$

$$G_C < 1$$

Similarly for active single balanced mixer we have: $G_C = (2g_m R)/\pi$

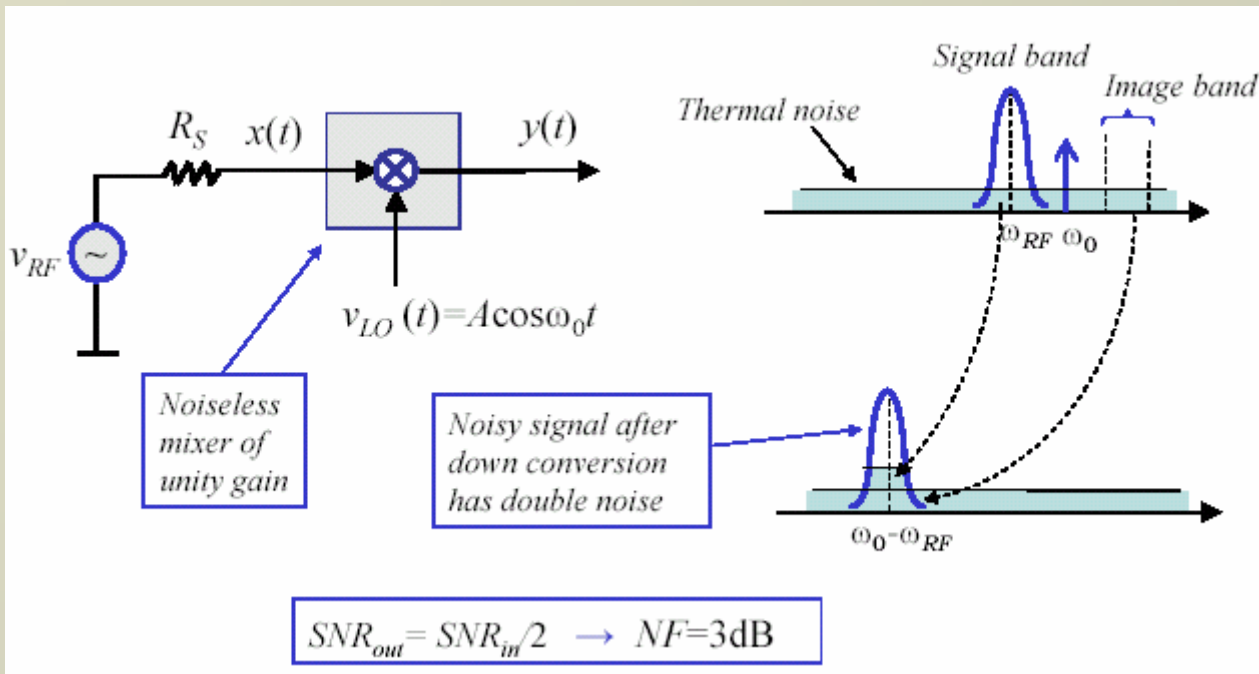
$$s(t) = \frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \cos \omega_0 t - \frac{2}{3\pi} \cos 3\omega_0 t + \dots$$

$$S(\omega) = \pi \delta(\omega) + 2[\delta(\omega + \omega_0) + \delta(\omega - \omega_0)] - \dots$$

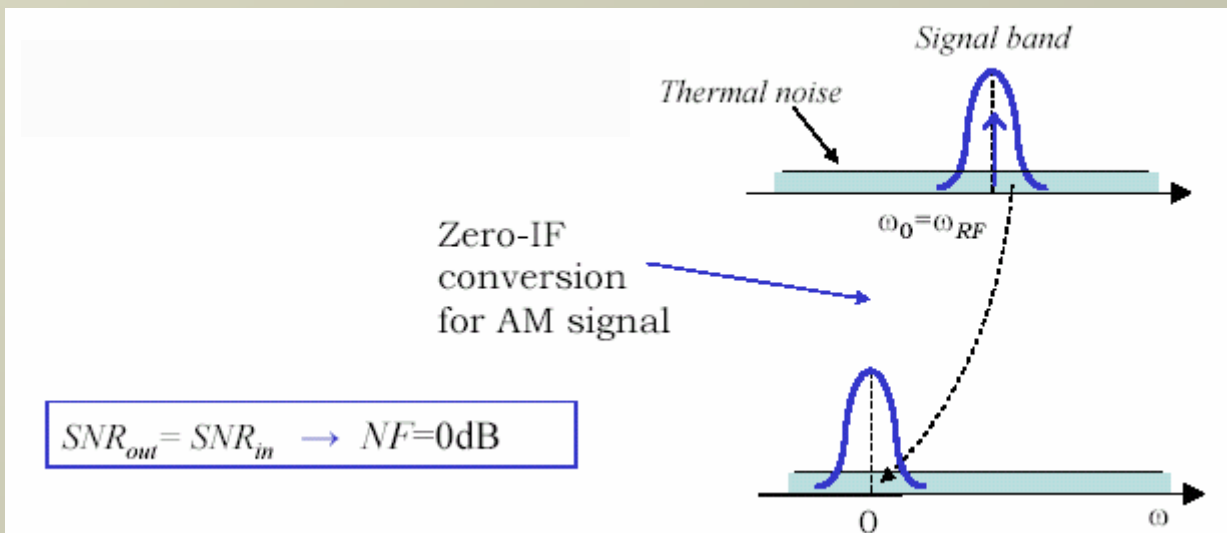


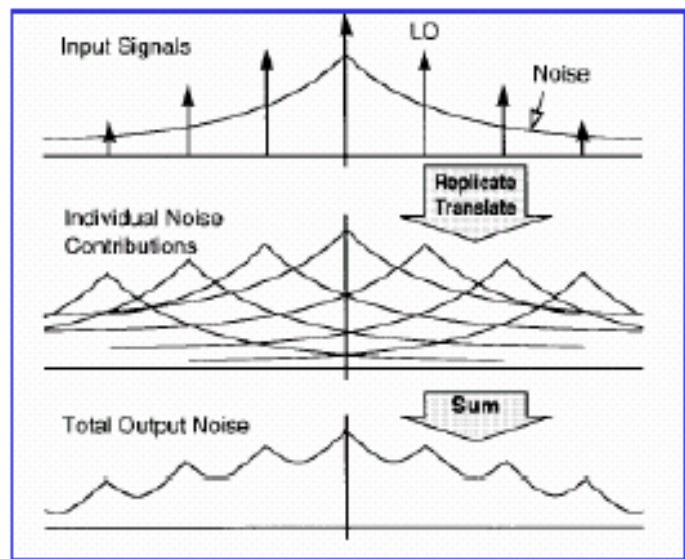
Εικόνα Θορύβου SSB και DSB.

SSB



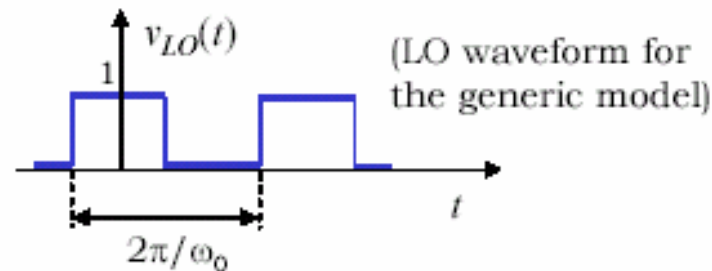
DSB





In a mixer noise is replicated and translated by each harmonic of the LO that is referred to as **noise folding**

Power spectral density of stationary folded noise



$$v_{LO}(t) = \frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \cos \omega_0 t - \frac{2}{3\pi} \cos 3\omega_0 t + \dots$$

$$y_n(t) = H(\omega, t) \cdot x_n(t)$$

$$= \sum_{l=-\infty}^{\infty} H_l(\omega) e^{jl\omega_0 t} \cdot x_n(t) \quad \text{convolution}$$

$$Y_n(\omega) = \sum_{l=-\infty}^{\infty} H_l(\omega) X_n(\omega + l\omega_0)$$

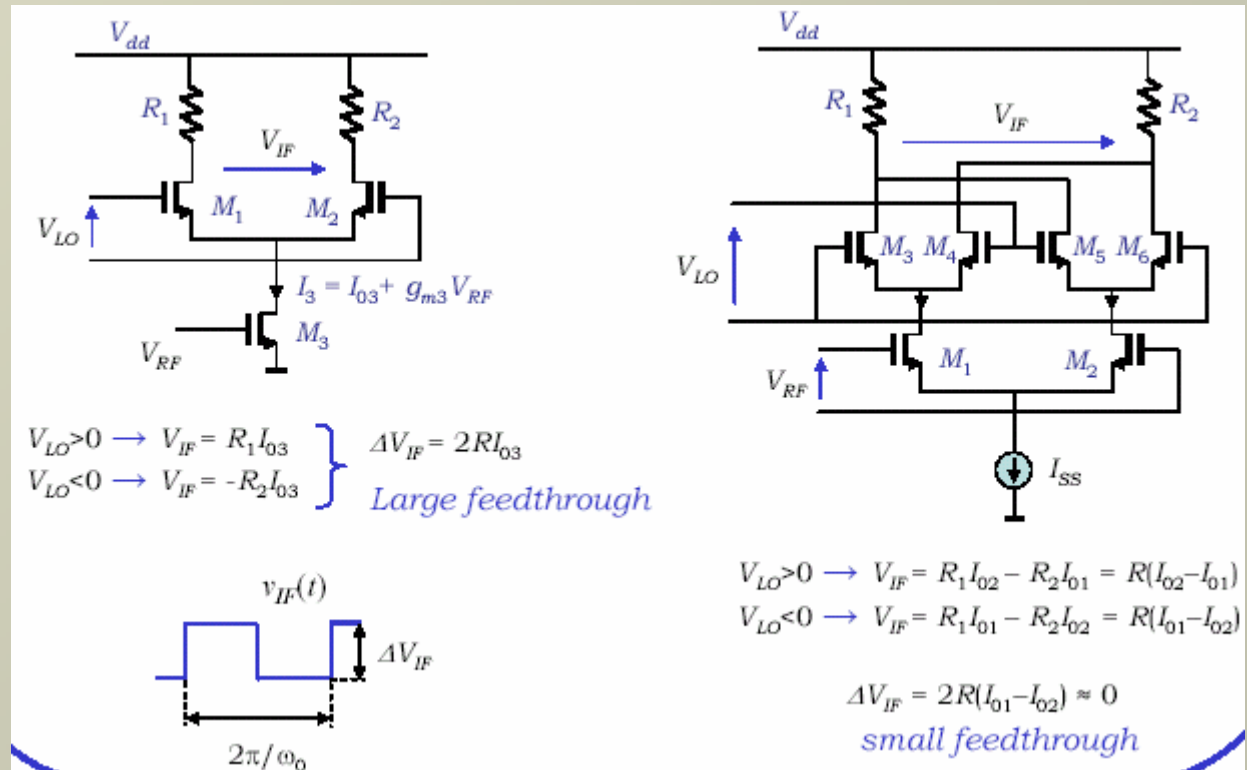
$$S_{y_n}(\omega) = \sum_{l=-\infty}^{\infty} |H_l(\omega)|^2 S_{x_n}(\omega + l\omega_0)$$



Απομόνωση Εισόδων-Εξόδων.

- Η ελλιπής απομόνωση LO-RF προκαλεί διαρροή του τοπικού ταλαντωτή προς τον LNA και ενδεχομένως προς την κεραία.
- Η ελλιπής απομόνωση RF-LO επιτρέπει σε ισχυρούς παρεμβολείς να αλληλεπιδράσουν με τον τοπικό ταλαντωτή που οδηγεί τον μίκτη.
- Η ελλιπής απομόνωση LO-IF μπορεί να προκαλέσει απευαισθητοποίηση των βαθμίδων που ακολουθούν.
- Η απομόνωση RF-IF καθορίζει τι ποσοστό του RF σήματος εμφανίζεται απ' ευθείας στην έξοδο IF, κάτι που είναι κρίσιμο στους ομόδυνους δέκτες.

Εκτίμηση της απομόνωσης LO-IF.



Μίκτες Απλής και Διπλής Ισοστάθμισης.

Αν ένας μίκτης χρησιμοποιεί διαφορικό σήμα LO αλλά μονόπλευρο RF σήμα, λέγεται «απλής ισοστάθμισης».

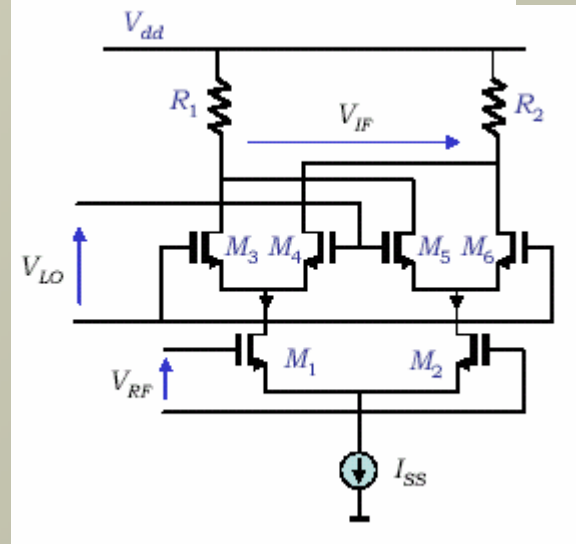
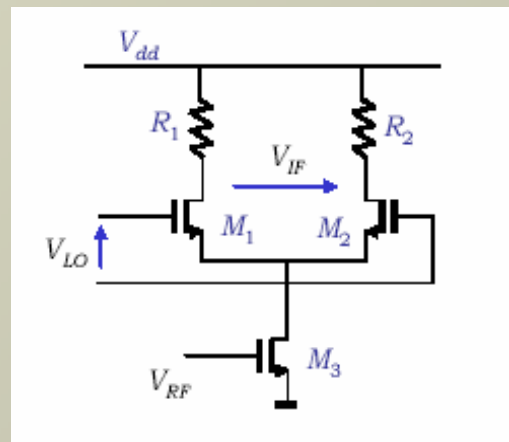
Αν ο μίκτης λειτουργεί με διαφορικές και τις δύο εισόδους LO και RF, τότε λέγεται «διπλής ισοστάθμισης π.χ. το κύτταρο Gilbert».

Πλεονεκτήματα: μικρότερος θόρυβος ανηγμένος στην είσοδο για δεδομένη κατανάλωση ισχύος,
Μειονεκτήματα: μεγαλύτερη επίδραση του θορύβου του LO και μικρότερη απομόνωση LO-IF.

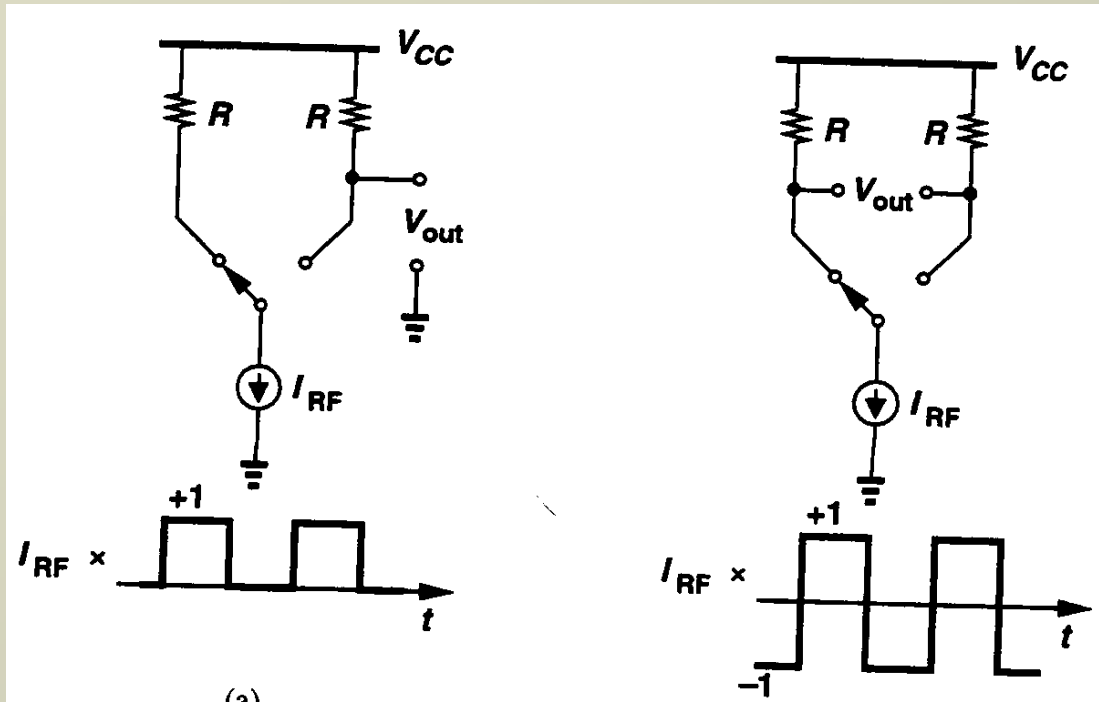
$$G_C = (2g_m R)/\pi$$

Πλεονεκτήματα: μικρότερη παραμόρφωση άρτιας τάξης υπό την προϋπόθεση ότι ο LNA μπορεί να δώσει διαφορική έξοδο και αντιστάθμιση του σήματος του LO.

$$K_c = 4g_m R/\pi$$



Μονόπλευρη και διαφορική έξοδος.



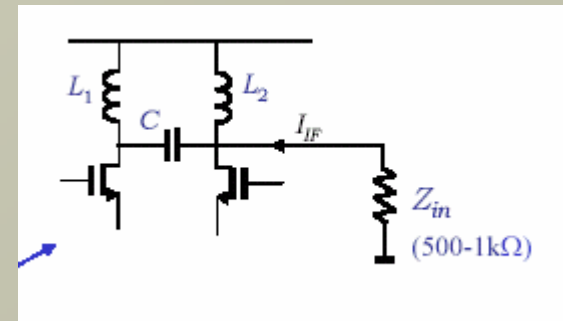
$$V_{out}(t) = I_{RF}R[\alpha + bS(t)]$$

$\alpha=b=0.5$

$\alpha=0, b=1$

- Direct feedthrough (RF-IF)
- Αύξηση του NF

Δικτύωμα μετατροπής διαφορικής εξόδου σε μονόπλευρη.



Ανεπιθύμητες Συχνότητες στον Μίκτη.

Επιθυμητή συχνότητα:

$$|\omega_{\text{LO}} - \omega_{\text{RF}}|$$

Ανεπιθύμητες συχνότητες:

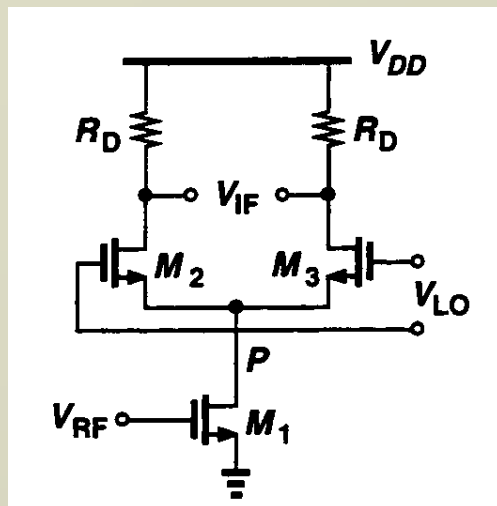
$$|m\omega_{\text{RF}} \pm n\omega_{\text{LO}}|$$

όπου m και n ακέραιοι

Οι ανεπιθύμητες συχνότητες οφείλονται σε μη γραμμικότητες.
Η πλήρης μελέτη τους απαιτεί ανάλυση μέσω H/Y.



Μίκτες CMOS.



Το πλάτος της τάσης του LO στο κύκλωμα αυτό επηρεάζει τόσο την **απολαβή μετατροπής** όσο και τον **θόρυβο**.

Επειδή απαιτείται αρκετά μεγάλο πλάτος για να επιτύχουμε πλήρη μεταγωγή, αν τα M_2 και M_3 είναι ταυτόχρονα αγωγιμα για ένα σημαντικό τμήμα της περιόδου, τότε ένα μέρος από το RF ρεύμα που παράγεται από το M_1 «χάνεται» σαν σήμα κοινού τρόπου. Αυτό μειώνει την απολαβή μετατροπής και αυξάνει το θόρυβο από τα M_2 και M_3 .

Για δεδομένο πλάτος LO, αυξάνουμε το W των M_2 και M_3 ή μειώνουμε το ρεύμα πόλωσής τους.

Για να βελτιωθεί η **γραμμικότητα** της θύρας RF του μίκτη πρέπει να αυξηθεί η τάση υπεροδήγησης πύλης-πηγής του τρανζίστορ εισόδου. Για δεδομένο ρεύμα πόλωσης, ωστόσο, αύξηση της υπεροδήγησης οδηγεί σε χαμηλότερη αγωγιμότητα, αυξάνοντας έτσι την εικόνα θορύβου και μειώνοντας την απολαβή μετατροπής.

Σε σχεδιασμούς χαμηλής τάσης, ο συμβιβασμός μεταξύ της γραμμικότητας και της απολαβής του μίκτη είναι συχνά προβληματικός.



