



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Σχεδίαση Μεικτών VLSI Κυκλωμάτων

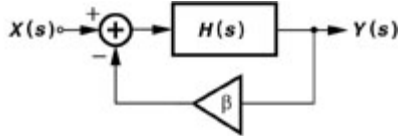
Ενότητα 9: Ευστάθεια και Αντιστάθμιση Συχνότητας

Αγγελική Αραπογιάννη

Σχολή Θετικών Επιστημών

Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

Σύστημα αρνητικής ανάδρασης



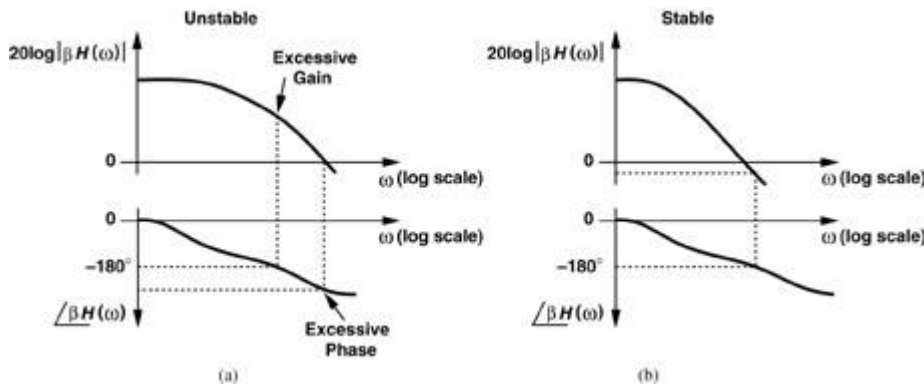
$$\frac{Y}{X}(s) = \frac{H(s)}{1 + \beta \cdot H(s)}$$

Συνάρτηση μεταφοράς κλειστού βρόχου

Ταλαντωτής αν: $\beta \cdot H(s) = -1$

Συνθήκη Barkhausen: $|\beta \cdot H(j\omega_1)| = 1$

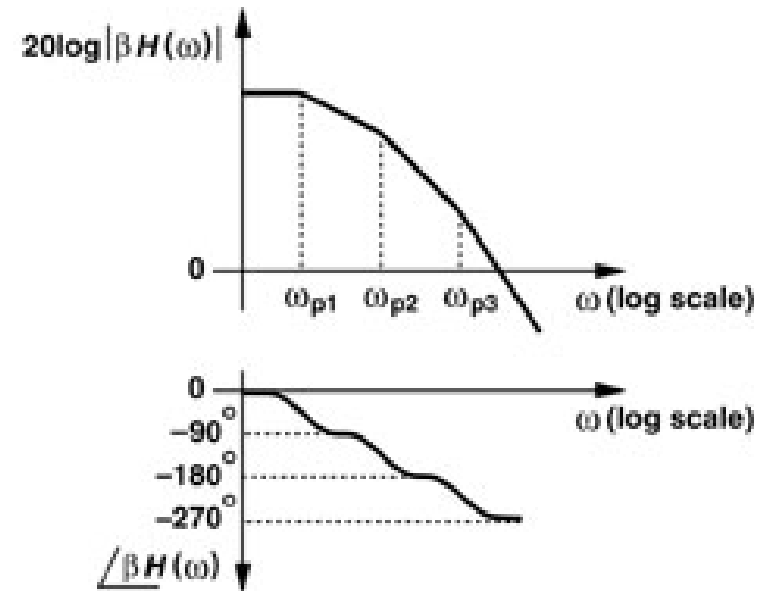
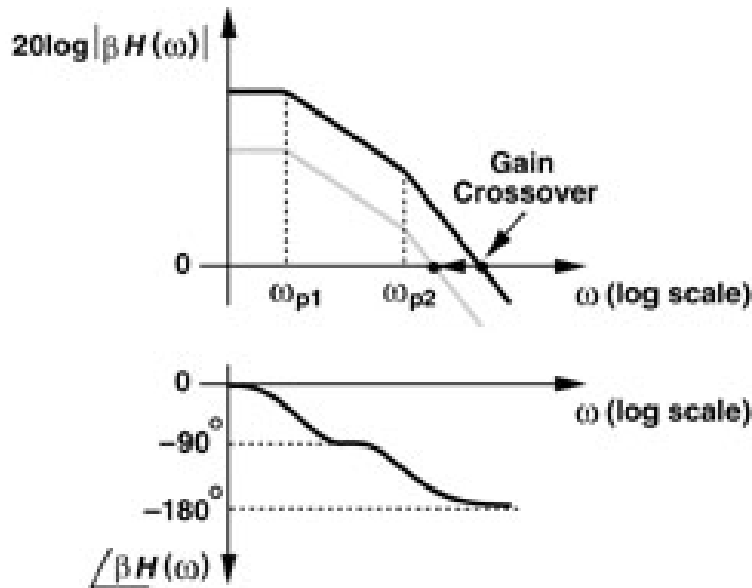
$$\angle \beta \cdot H(j\omega_1) = -180^\circ$$



Για ευσταθή λειτουργία πρέπει $G_X \ll P_X$

Όταν το β μειώνεται το σύστημα γίνεται πιο ευσταθές, οπότε αρκεί να μελετήσουμε τη χειρότερη περίπτωση ($\beta = 1$) $\Rightarrow \beta \cdot H = H$

Συστήματα πολλαπλών πόλων



Οι πρόσθετοι πόλοι επηρεάζουν τη φάση πολύ περισσότερο από ό,τι την απολαβή.

Περιθώριο φάσης

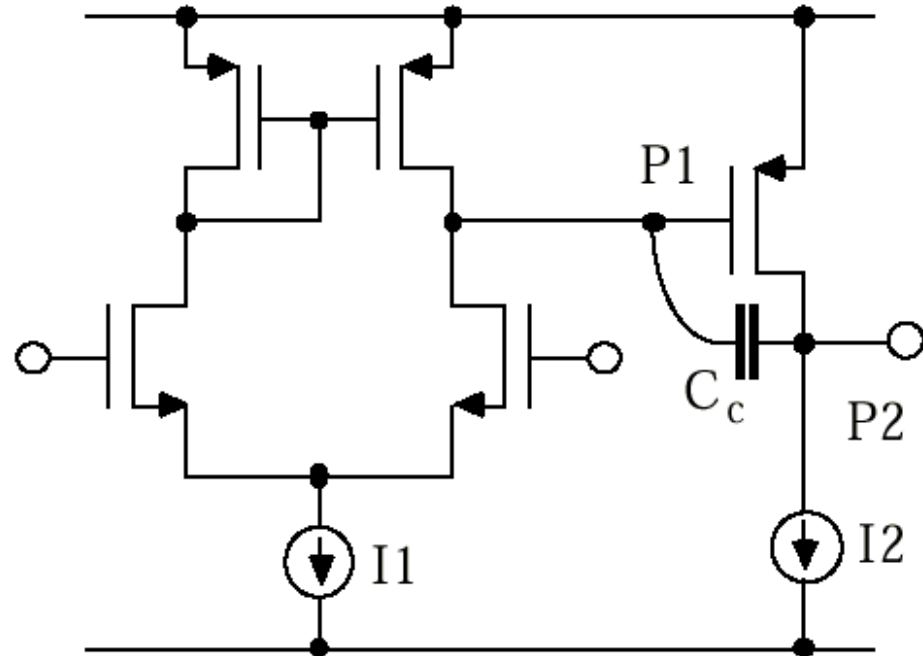
Αντιστάθμιση συχνότητας (1 από 4)

- Ένα σύστημα με έναν πόλο είναι πάντοτε σταθερό.

- Ένας ενισχυτής δύο βαθμίδων με πόλους στην ίδια περιοχή συχνοτήτων χρειάζεται αντιστάθμιση.

- **Στρατηγική:**

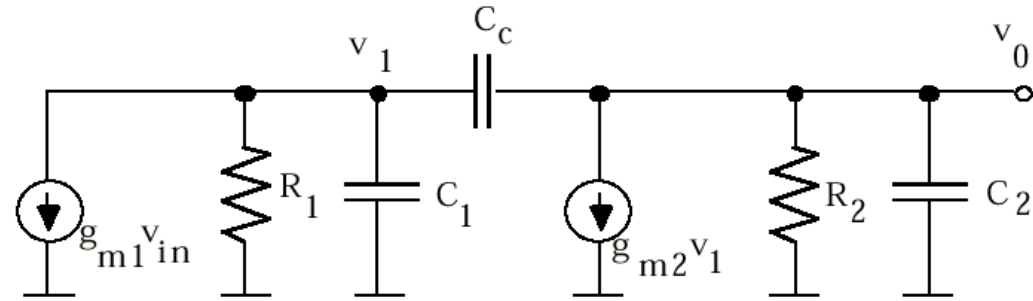
Απομακρύνουμε τους πόλους μεταξύ τους.



Αντιστάθμιση συχνότητας (2 από 4)

- Η χωρητικότητα Miller μετακινεί τον πόλο p_1 σε χαμηλότερες συχνότητες.
- Η ανασύζευξη βραχυκύκλωσης μετακινεί τον p_2 σε υψηλότερες συχνότητες.

Το ισοδύναμο μικρού σήματος για έναν τελεστικό δύο βαθμίδων.



$$v_1(g_1 + sC_1) + (v_1 - v_0)sC_C + g_{m1}v_{in} = 0$$

$$v_0(g_2 + sC_2) + (v_0 - v_1)sC_C + g_{m2}v_1 = 0$$

$$\frac{V_0}{V_{in}} = g_{m1}R_1g_{m2}R_2 \frac{1 - \frac{sC_C}{g_{m2}}}{1 + sR_1R_2g_{m2}C_C + s^2R_1R_2(C_1C_2 + (C_1 + C_2)C_C)}$$



Αντιστάθμιση συχνότητας (3 από 4)

Το κύκλωμα εμφανίζει δύο πόλους και μία ρίζα στο δεξιό ημιεπίπεδο.

$$p_1 \cong \frac{-1}{g_{m2}R_1R_2C_C} \qquad p_2 \cong \frac{-g_{m2}C_C}{C_1C_2 + (C_1 + C_2)C_C}$$

$$z = +\frac{g_{m2}}{C_C}$$

Επειδή στην πράξη $C_C > C_1$, $C_C \approx C_2$ και $g_{m1} > 1/R_1$, $g_{m2} > 1/R_2$ προκύπτει:

$$|p_1| \ll \frac{1}{R_1C_1} \qquad |p_2| \cong \frac{g_{m2}}{C_2} \gg \frac{1}{R_2C_2}$$

Υποθέτοντας ότι ο p_1 επικρατεί, η γωνιακή συχνότητα μοναδιαίας απολαβής ω_T είναι:

$$\omega_T = |p_1|A_0 = \frac{1}{g_{m2}R_1R_2C_C} g_{m1}g_{m2}R_1R_2 = \frac{g_{m1}}{C_C}$$



Αντιστάθμιση συχνότητας (4 από 4)

Οι θέσεις του δεύτερου πόλου p_2 και της ρίζας ως προς την ω_T υπολογίζονται ως εξής:

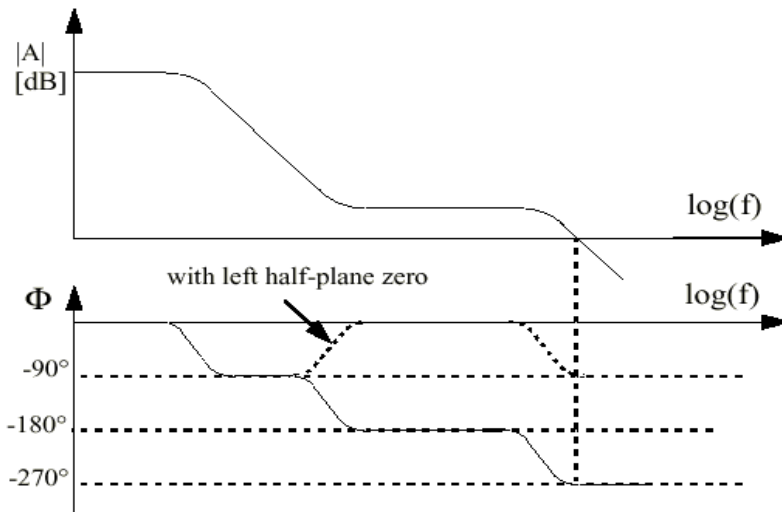
$$\left| \frac{p_2}{\omega_T} \right| = \frac{g_{m2}}{g_{m1}} \frac{C_C}{C_2} \text{ for stability } > 2 \text{ to } 4$$

$$\left| \frac{z}{\omega_T} \right| = \frac{g_{m2}}{g_{m1}}$$

Αν $C_C > C_2$ και $g_{m2} > g_{m1}$

Παρατηρήσεις:

- Η ρίζα στο δεξιό ημιπίεδο χειροτερεύει το περιθώριο φάσης.
- Στη διπολική τεχνολογία $g_{m2} \gg g_{m1}$ διότι το ρεύμα της δεύτερης βαθμίδας είναι κανονικά μεγαλύτερο από αυτό της πρώτης.
- Στην τεχνολογία CMOS το g_m είναι ανάλογο της τετραγωνικής ρίζας του I . Επίσης η βαθμίδα εισόδου πρέπει να έχει μεγάλη διαγωγιμότητα για μικρότερο θερμικό θόρυβο.
- Στην πράξη το εφικτό περιθώριο φάσης δεν εγγυάται την ευστάθεια.

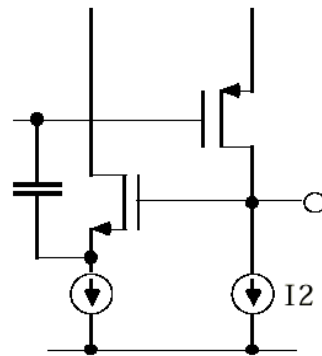
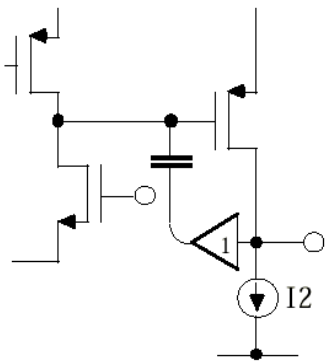
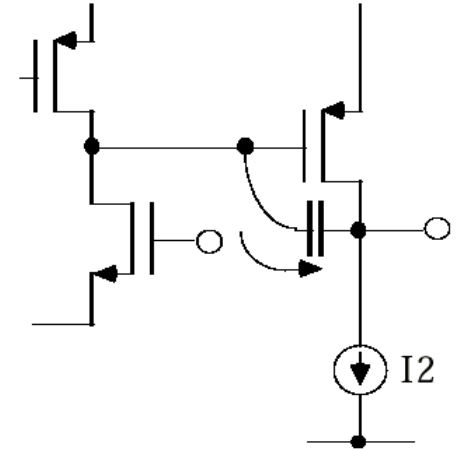


Κατάργηση της ρίζας δεξιού ημιεπιπέδου (1 από 2)

- Ακολουθητής πηγής
- Αντίσταση μηδενισμού ρίζας

Η ρίζα οφείλεται σε ανατροφοδότηση του σήματος σε ένα σημείο με διαφορά φάσης 180°

Λύση: 1. Κατάργηση της ανατροφοδότησης με έναν ακολουθητή πηγής



Μειονεκτήματα:

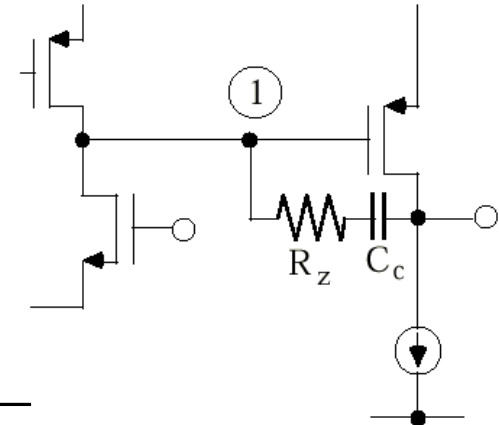
- Επιφάνεια
- Κατανάλωση ισχύος
- Στην πράξη δημιουργεί διπλό δρόμο ανατροφοδότησης και επομένως πιθανή αστάθεια.

Κατάργηση της ρίζας δεξιού ημιεπιπέδου (2 από 2)

Λύση: 2. Αντίσταση μηδενισμού ρίζας.

Η θέση της ρίζας απομακρύνεται με μία αντίσταση σε σειρά με τη C_C

$$\frac{V_0}{V_{in}} \cong \frac{A_0 \left[1 + s \left(R_z - \frac{1}{g_{m2}} \right) C_C \right]}{\left(1 + \frac{s}{p_1} \right) \left(1 + \frac{s}{p_2} \right)} \quad z = \frac{1}{C_C \left(\frac{1}{g_{m2}} - R_z \right)}$$



- Οι πόλοι είναι κοντά στις αρχικές τους θέσεις
- Η ρίζα μετακινείται σύμφωνα με την R_z
- Αν $R_z = 1/g_{m2}$ η ρίζα τείνει στο άπειρο
- Αν $R_z > 1/g_{m2}$ η ρίζα τοποθετείται στο αριστερό ημιπίεδο

Τέλος Ενότητας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημειώματα

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Αραπογιάννη Αγγελική 2015. «Σχεδίαση Μεικτών VLSI Κυκλωμάτων. Ευστάθεια και Αντιστάθμιση Συχνότητας.». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/DI101/>.



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Οι εικόνες που χρησιμοποιούνται καθώς και το κείμενο των διαφανειών 4-11 είναι από το βιβλίο:

Behzad Razavi. 2000. *Design of Analog CMOS Integrated Circuits* (1 ed.). McGraw-Hill, Inc., New York, NY, USA ©2000.

