

## ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

### ΘΕΩΡΙΑ (40%)

1. α) Σχεδιάστε ποιοτικά τις DC-χαρακτηριστικές ενός μικροκυματικού GaAs-FET σε συνδεσμολογία κοινής πηγής ( $I_{ds} - V_{ds}$  με παράμετρο τη  $V_{gs}$  καθώς και  $I_{ds} - V_{gs}$ ). Λαμβάνοντας υπόψη ότι η μέγιστη ισχύς που καταναλώνει το τρανζίστορ είναι ίση με  $P_T$  ορίστε τη χρήσιμη περιοχή λειτουργίας του.
 

β) Ορίστε το σημείο DC-πόλωσης ενός ενισχυτή χαμηλού θορύβου (LNA) που πρόκειται να λειτουργήσει γραμμικά σε τάξη A. Εξηγήστε πώς προσδιορίζουμε την κλίση της ευθείας φόρτου, την οποία και θα χαράξετε στα ανωτέρω διαγράμματα. Δώστε γραφικά τις κυματομορφές εισόδου και εξόδου για μια περίπτωση γραμμικής και μια μη-γραμμικής λειτουργίας του ενισχυτή και ορίστε την ισχύ εξόδου  $P_{out}=?$  καθώς και την απόδοσή του.
2. Ενεργός Μίκτης: Δώστε το κυκλωματικό διάγραμμα ενός τρανζίστορ GaAs-FET κοινής πηγής, ορίστε τη διαγωγιμότητα του  $g_m$  και σχεδιάστε στο ίδιο διάγραμμα τις χαρακτηριστικές  $I_{ds}-V_{gs}$  και  $g_m-V_{gs}$ . Τοποθετήστε την κυματομορφή ενός τοπικού ταλαντωτή  $v_{LO}-t$  στο διάγραμμα της χαρακτηριστικής  $g_m-V_{gs}$  και σχεδιάστε την αναμενόμενη κυματομορφή του ρεύματος εξόδου  $i_d-t$ . Εξηγήστε υπό ποιες συνθήκες το τρανζίστορ μπορεί να λειτουργήσει σαν ενεργός μίκτης με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Δώστε το κυκλωματικό διάγραμμα του ενεργού μίκτη, εξηγήστε το στόχο που επιτελεί κάθε στοιχείο και δώστε χονδρικά τη διαδικασία σχεδιασμού του. Τονίστε ιδιαίτερα πως αποφεύγεται η ενίσχυση θορύβου ή παρασιτικών σημάτων στην ενδιάμεση συχνότητα (IF-feedthrough).
3. Ταλαντωτής: Έχετε στη διάθεσή σας ένα διπολικό τρανζίστορ ετεροεπαφής SiGe-HBT που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για το σχεδιασμό ταλαντωτή. Τοποθετήστε την κατάλληλη μεταξύ συλλέκτη και βάσης του τρανζίστορ ώστε να οδηγείται σε αστάθεια και ορίστε την τοπολογία σχεδιασμού ταλαντωτών. Στο ίδιο διάγραμμα σχεδιάστε και ένα κατάλληλο κύκλωμα πόλωσης του τρανζίστορ. Εξηγήστε υπό ποιες προϋποθέσεις μπορεί να ξεκινήσουν ταλαντώσεις και από πού, καθώς και ποιο είναι το αίτιο που οδηγεί στη μόνιμη κατάσταση. Όπου είναι απαραίτητο σχεδιάστε τα κατάλληλα διαγράμματα.
4. α) Σχεδιάστε το χονδρικό διάγραμμα της τοπολογίας σχεδιασμού ενισχυτών ή ταλαντωτών με τη χρήση μικροκυματικών τρανζίστορ και ορίστε τους συντελεστές ανάκλασης στην είσοδο και στην έξοδο του τρανζίστορ.
 

β) Εξηγήστε με τη βοήθεια των κύκλων ευστάθειας, πότε το τρανζίστορ είναι ευσταθές “άνευ όρων” και πότε “υπό όρους” για  $|S_{11}|, |S_{22}| < 1$ . Δώστε επίσης μια περίπτωση ευστάθειας υπό όρους όταν  $|S_{11}|$  ή  $|S_{22}| > 1$ .

γ) Δώστε δύο διαφορετικά παραδείγματα (με βάση τους κύκλους ευστάθειας), όπου το τρανζίστορ να είναι ασταθές για οποιοδήποτε παθητικό φορτίο (όλος ο χάρτης Smith). Που χρησιμεύουν αυτές οι περιπτώσεις ;

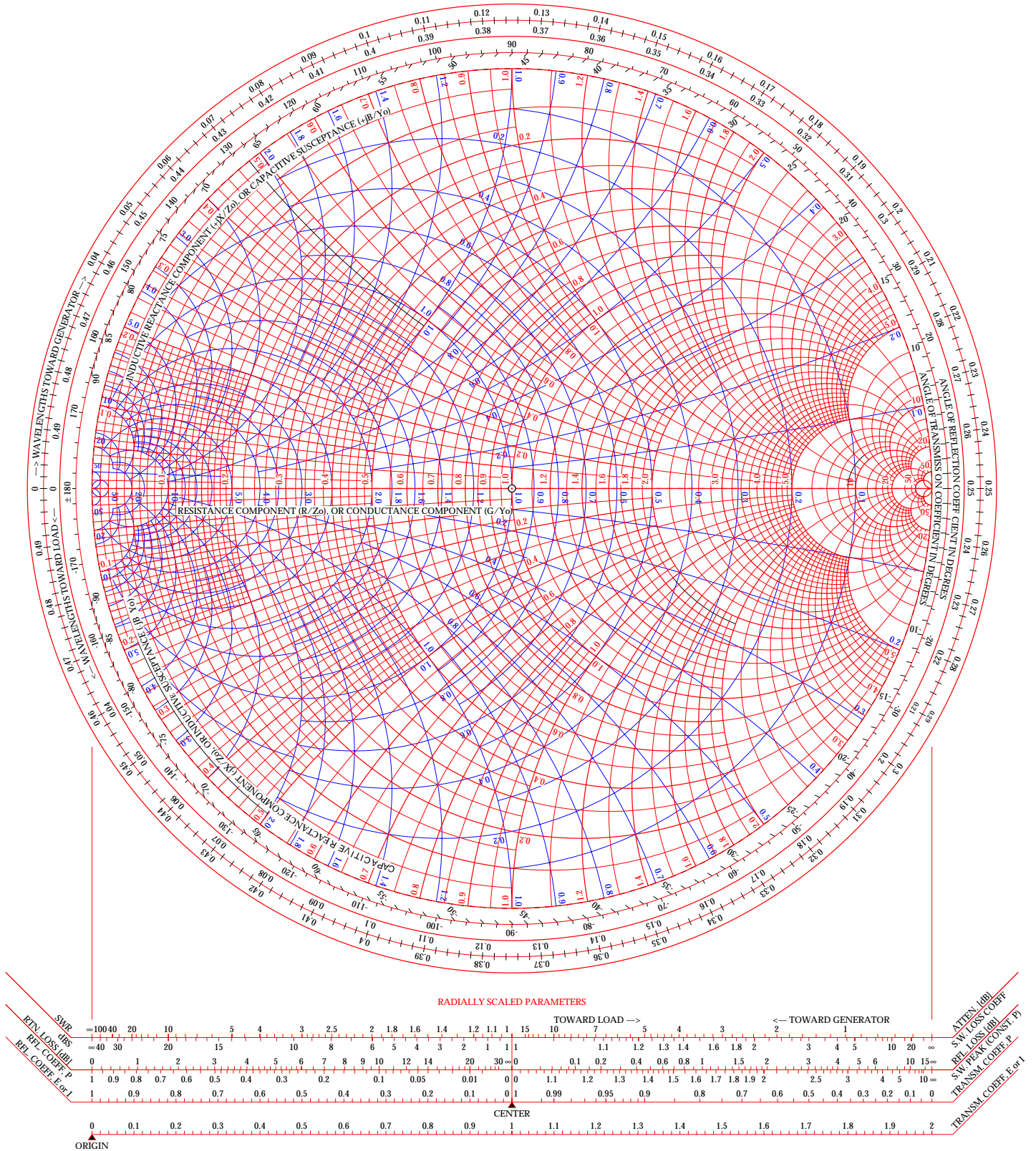
## ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

### ΘΕΩΡΙΑ

1. α) Σχεδιάστε τις DC-χαρακτηριστικές ενός Διπολικού τρανζίστορ ετεροεπαφής HBT σε συνδεσμολογία κοινού εκπομπού : i)  $I_{CE} - V_{CE}$  με παράμετρο το  $I_B$  και ii)  $I_{CE} - I_B$ .  
Ορίστε τα σημεία DC-πόλωσης ενισχυτών τάξης A, B, AB και εξηγήστε τον τρόπο λειτουργίας της κάθε μιας.  
β) Λαμβάνοντας υπόψη ότι η μέγιστη ισχύς που καταναλώνει το τρανζίστορ είναι ίση με  $P_T$  ορίστε τη χρήσιμη περιοχή λειτουργίας του.  
γ) Ορίστε τη μέγιστη ισχύ εξόδου  $P_{rf,out}$  για λειτουργία σε τάξη-AB καθώς και την καταναλισκόμενη ισχύ  $P_{DC} = P_T$  και εκτιμήστε την απόδοση του ενισχυτή. Για το σκοπό αυτό να τοποθετηθεί στο διάγραμμα του ερωτήματος-α κατάλληλη ημιτονοειδής κυματομορφή του ρεύματος εισόδου και να σχεδιασθούν οι ενδιάμεσες κυματομορφές καθώς και η τάση εξόδου.
  
2. Ταλαντωτής: Έχετε στη διάθεσή σας ένα μικροκυματικό τρανζίστορ GaAs-HEMT. Θεωρείστε τοπολογία κοινής πύλης (G). Τοποθετήστε την κατάλληλη ανάδραση στον κοινό ακροδέκτη της πύλης (G) του τρανζίστορ ώστε να οδηγείται σε αστάθεια και ορίστε την τοπολογία σχεδιασμού ταλαντωτών. Στο ίδιο διάγραμμα σχεδιάστε και ένα κατάλληλο κύκλωμα πόλωσης του τρανζίστορ. Εξηγήστε υπό ποιες προϋποθέσεις μπορεί να ξεκινήσουν ταλαντώσεις και από πού, καθώς και ποιο είναι το αίτιο που οδηγεί στη μόνιμη κατάσταση. Δώστε τις συνθήκες έναρξης και μόνιμων ταλαντώσεων. Σχεδιάστε την χαρακτηριστική ρεύματος τάσης ( $I_{DS} - V_{DS}$ ), χαράξτε σε αυτήν την αναμενόμενη ευθεία φόρτου και απεικονίστε την χρονική εξέλιξη της τάσης εξόδου από την έναρξη ταλαντώσεων μέχρι την μόνιμη κατάσταση.
  
3. Ενεργός Μίκτης: Δώστε το κυκλωματικό διάγραμμα ενός τρανζίστορ GaAs-FET κοινής πηγής, ορίστε τη διαγωγιμότητα του  $g_m$  και σχεδιάστε στο ίδιο διάγραμμα τις χαρακτηριστικές  $I_{ds}-V_{gs}$  και  $g_m-V_{gs}$ . Τοποθετήστε την κυματομορφή ενός τοπικού ταλαντωτή  $v_{LO}-t$  στο διάγραμμα της χαρακτηριστικής  $g_m-V_{gs}$  και σχεδιάστε την αναμενόμενη κυματομορφή του ρεύματος εξόδου  $i_d-t$ . Εξηγήστε υπό ποιες συνθήκες το τρανζίστορ μπορεί να λειτουργήσει σαν ενεργός μίκτης με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Δώστε το κυκλωματικό διάγραμμα του ενεργού μίκτη, εξηγήστε το στόχο που επιτελεί κάθε στοιχείο και δώστε χονδρικά τη διαδικασία σχεδιασμού του. Τονίστε ιδιαίτερα πως αποφεύγεται η ενίσχυση θορύβου ή παρασιτικών σημάτων στην ενδιάμεση συχνότητα (IF-feedthrough).
  
4. α) Σχεδιάστε προσεγγιστικά τη χαρακτηριστική αντίσταση ( $Z_0$ ) και τη δρώσα διηλεκτρική σταθερά μιας μικροταινιακής γραμμής συναρτήσεως του πλάτους της ( $w$ ).  
β) Δώστε το ισοδύναμο κύκλωμα μιας πλατιάς και μιας στενής μικροταινιακής γραμμής και εξηγήστε πως υλοποιούνται χωρητικότητες και αυτεπαγωγές. Τονίστε ποίο είναι το κύριο και ποία τα παρασιτικά στοιχεία.  
γ) Εξηγήστε πως υλοποιούνται παράλληλα συνδεδεμένες: i) χωρητικότητες, ii) αυτεπαγωγές, iii) συντονισμένο σειράς και iv) παράλληλα συντονισμένο με τη βοήθεια stub.  
δ) Πώς μπορούμε να υλοποιήσουμε τα στοιχεία του ερωτήματος (γ) εν σειρά με τη χρήση μικροταινιακών γραμμών (χρήση αντιστροφεία αντίστασης).

NAME	TITLE	DWG. NO.
SMITH CHART FORM ZY-01-N	COLOR BY J. COLVIN, UNIVERSITY OF FLORIDA, 1997	DATE

## NORMALIZED IMPEDANCE AND ADMITTANCE COORDINATES



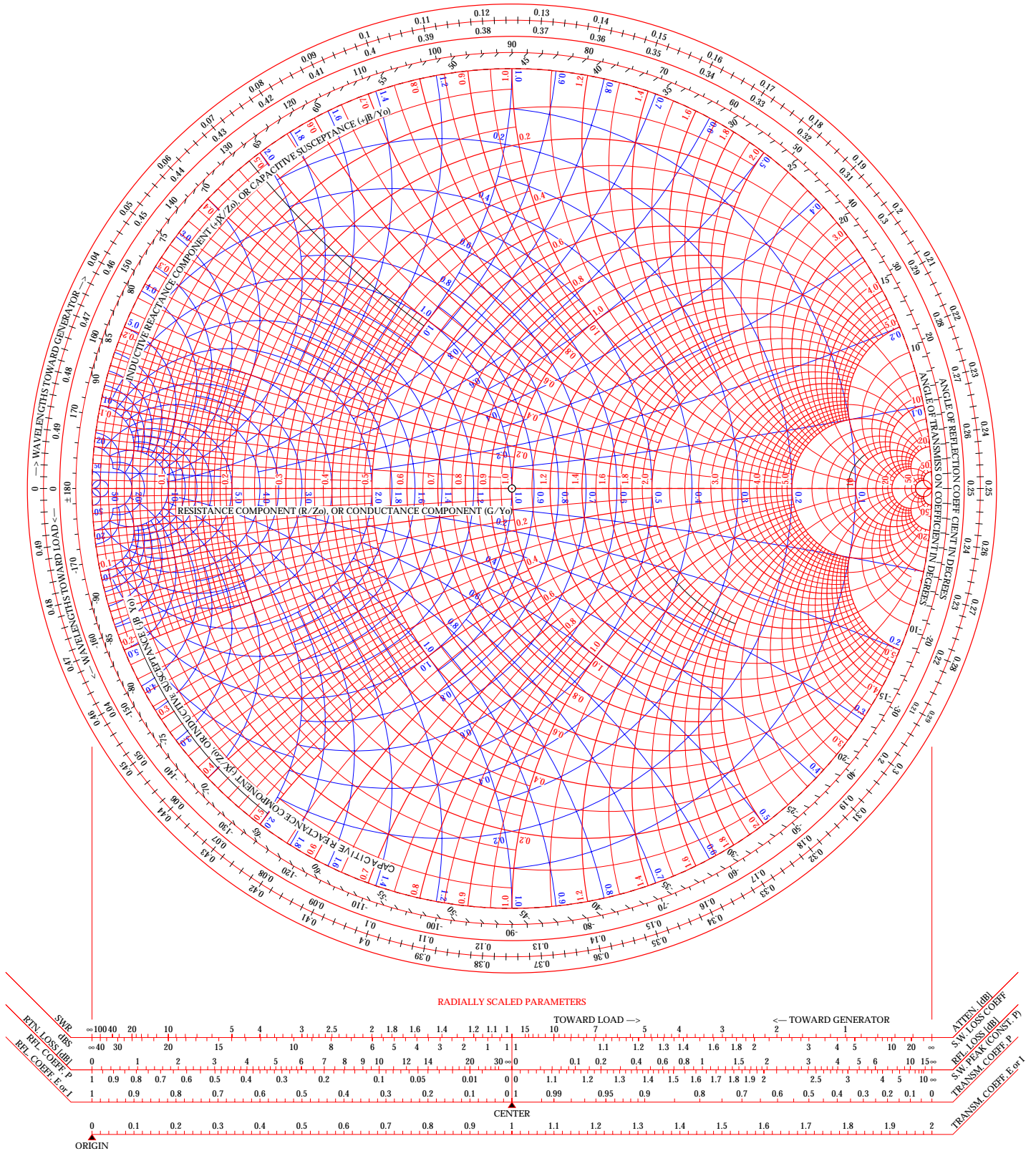
## ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

### ΘΕΩΡΙΑ

1. α) Σχεδιάστε ποιοτικά τις DC-χαρακτηριστικές ενός μικροκυματικού GaAs-FET σε συνδεσμολογία κοινής πηγής ( $I_{ds} - V_{ds}$  με παράμετρο τη  $V_{gs}$  καθώς και  $I_{ds} - V_{gs}$ ). Λαμβάνοντας υπόψη ότι η μέγιστη ισχύς που καταναλώνει το τρανζίστορ είναι ίση με  $P_T$  ορίστε τη χρήσιμη περιοχή λειτουργίας του.  
 β) Ορίστε το σημείο DC-πόλωσης ενός ενισχυτή χαμηλού θορύβου (LNA) που πρόκειται να λειτουργήσει σε γραμμική τάξη A. Εξηγήστε πώς προσδιορίζουμε την κλίση της ευθείας φόρτου, την οποία και θα χαράξετε στα ανωτέρω διαγράμματα. Δώστε γραφικά τις κυματομορφές εισόδου και εξόδου και ορίστε την ισχύ εξόδου  $P_{out}=?$  καθώς και την απόδοση του.
2. Έχετε στη διάθεσή σας ένα διπολικό τρανζίστορ ετεροεπαφής SiGe-HBT που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για το σχεδιασμό ταλαντωτή. Τοποθετήστε την κατάλληλη ανάδραση μεταξύ συλλέκτη και βάσης του τρανζίστορ ώστε να οδηγείται σε αστάθεια και ορίστε την τοπολογία σχεδιασμού ταλαντωτών. Στο ίδιο διάγραμμα σχεδιάστε και ένα κατάλληλο κύκλωμα πόλωσης του τρανζίστορ. Εξηγήστε υπό ποιες προϋποθέσεις μπορεί να ξεκινήσουν ταλαντώσεις και από πού, καθώς και ποιο είναι το αίτιο που οδηγεί στη μόνιμη κατάσταση. Όπου είναι απαραίτητο σχεδιάστε τα κατάλληλα διαγράμματα.
3. Περιγράψτε σύντομα τη συμπεριφορά ενός ιδανικού μίκτη (τέλειος διακόπτης) ως προς την απώλεια μετατροπής και το συντελεστή ανάκλασης στην είσοδό του. Τοποθετείστε την κυματομορφή ενός τοπικού ταλαντωτή στο διάγραμμα I-V μιας μικροκυματικής διόδου τύπου Schottky και εξηγήστε πότε θα συμπεριφερθεί σαν μίκτης με τον πλέον αποδοτικό τρόπο. Με βάση τα ανωτέρω καθορίστε το στόχο που επιτελεί το RF κύκλωμα προσαρμογής της διόδου. Δώστε το χονδρικό διάγραμμα σχεδιασμού μίκτη απλής διόδου και ορίστε το στόχο που επιτελεί κάθε στοιχείο. Αναφερθείτε ιδιαίτερα την αποκοπή αρμονικών τοπικού ταλαντωτή. Τέλος προσδιορίστε και δικαιολογήστε τυπικές τιμές ισχύος τοπικού ταλαντωτή για μίκτες 1, 2 και 4 διόδων.
4. α) Σχεδιάστε το χονδρικό διάγραμμα της τοπολογίας σχεδιασμού ενισχυτών ή ταλαντωτών με τη χρήση μικροκυματικών τρανζίστορ και ορίστε τους συντελεστές ανάκλασης στην είσοδο και στην έξοδο του τρανζίστορ.  
 β) Εξηγήστε με τη βοήθεια των κύκλων ευστάθειας, πότε το τρανζίστορ είναι ευσταθές “άνευ όρων” και πότε “υπό όρους” για  $|S_{11}|, |S_{22}| < 1$ . Δώστε επίσης μια περίπτωση ευστάθειας υπό όρους όταν  $|S_{11}|$  ή  $|S_{22}| > 1$ .  
 γ) Ορίστε τον συντελεστή ευστάθειας  $\mu$  για την πηγή μsource και το φορτίο μload και εξηγήστε την χρησιμότητα τους.  
 δ) Δώστε δύο διαφορετικά παραδείγματα (με βάση τους κύκλους ευστάθειας), όπου το τρανζίστορ να είναι ασταθές για οποιοδήποτε παθητικό φορτίο (όλος ο χάρτης Smith). Που χρησιμεύουν αυτές οι περιπτώσεις ;

NAME	TITLE	DWG. NO.
SMITH CHART FORM ZY-01-N	COLOR BY J. COLVIN, UNIVERSITY OF FLORIDA, 1997	DATE

### NORMALIZED IMPEDANCE AND ADMITTANCE COORDINATES



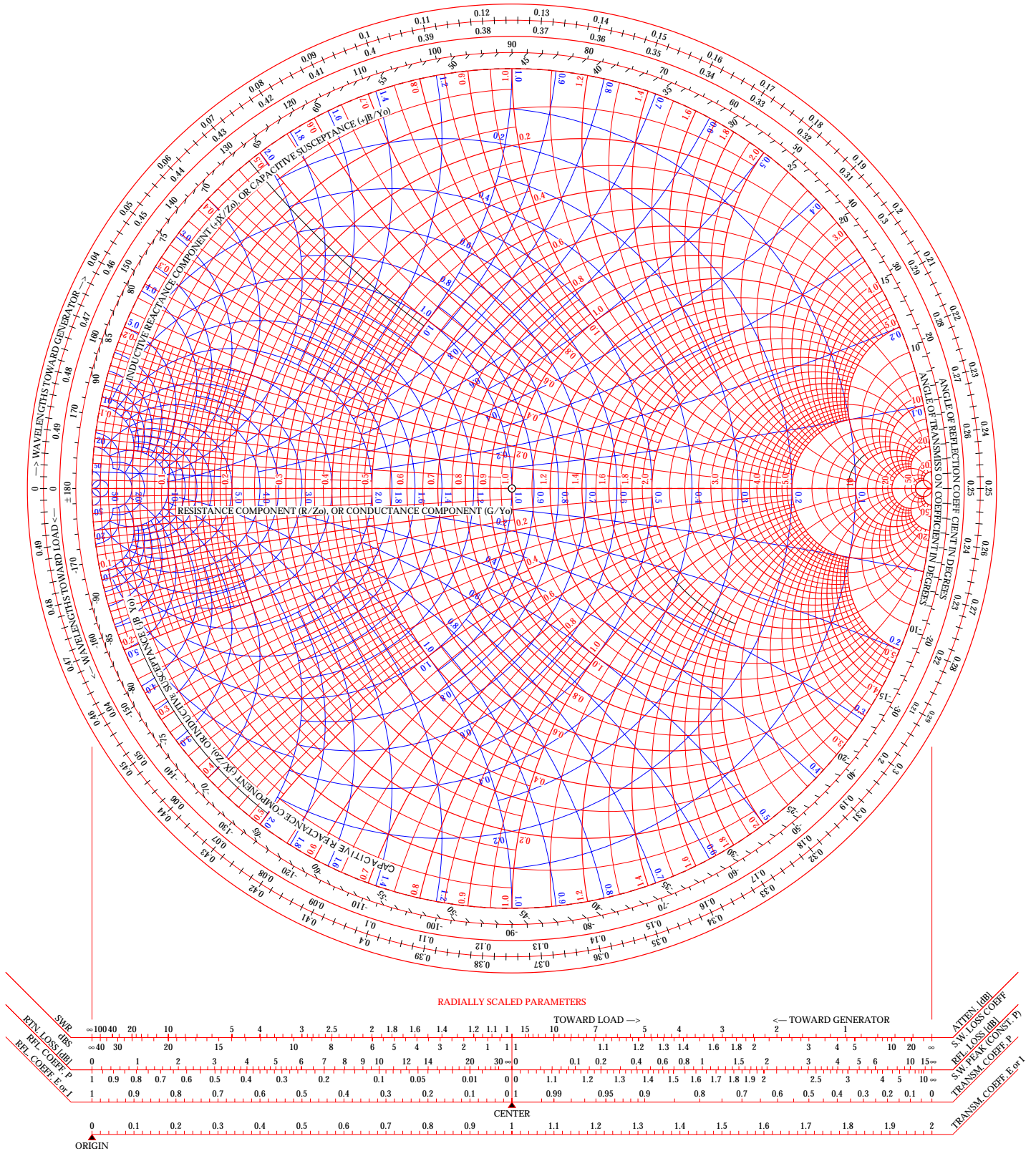
## ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

### ΘΕΩΡΙΑ

1. α) Σχεδιάστε ποιοτικά τις DC-χαρακτηριστικές ενός μικροκυματικού GaAs-FET σε συνδεσμολογία κοινής πηγής ( $I_{ds} - V_{ds}$  με παράμετρο τη  $V_{gs}$  καθώς και  $I_{ds} - V_{gs}$ ). Λαμβάνοντας υπόψη ότι η μέγιστη ισχύς που καταναλώνει το τρανζίστορ είναι ίση με  $P_T$  ορίστε τη χρήσιμη περιοχή λειτουργίας του.
  - β) Ορίστε το σημείο DC-πόλωσης ενός ενισχυτή υψηλής ισχύος (HPA) που πρόκειται να λειτουργήσει σε τάξη AB. Εξηγήστε πώς προσδιορίζουμε την κλίση της ευθείας φόρτου, την οποία και θα χαράξετε στα ανωτέρω διαγράμματα. Δώστε γραφικά τις κυματομορφές εισόδου και εξόδου και ορίστε την ισχύ εξόδου  $P_{out}=?$  καθώς και την απόδοσή του.
  
2. α) Σχεδιάστε προσεγγιστικά τη χαρακτηριστική αντίσταση ( $Z_0$ ) και τη δρώσα διηλεκτρική σταθερά μιας μικροταινιακής γραμμής συναρτήσεως του πλάτους της ( $w$ ).
  - β) Δώστε το ισοδύναμο κύκλωμα μιας πλατιάς και μιας στενής μικροταινιακής γραμμής και εξηγήστε πώς υλοποιούνται χωρητικότητες και αυτεπαγωγές. Τονίστε ποίο είναι το κύριο και ποία τα παρασιτικά στοιχεία.
  - γ) Εξηγήστε πώς υλοποιούνται παράλληλα συνδεδεμένες: i) χωρητικότητες, ii) αυτεπαγωγές, iii) συντονισμένο σειράς και iv) παράλληλα συντονισμένο με τη βοήθεια stub.
  - δ) Πώς μπορούμε να υλοποιήσουμε τα στοιχεία του ερωτήματος (γ) εν σειρά με τη χρήση μικροταινιακών γραμμών (χρήση αντιστροφεία αντίστασης).
  
4. Έχετε στη διάθεσή σας ένα διπολικό τρανζίστορ ετεροεπαφής SiGe-HBT που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για το σχεδιασμό ταλαντωτή. Τοποθετήστε την κατάλληλη ανάδραση μεταξύ συλλέκτη και βάσης του τρανζίστορ ώστε να οδηγείται σε αστάθεια και ορίστε την τοπολογία σχεδιασμού ταλαντωτών. Στο ίδιο διάγραμμα σχεδιάστε και ένα κατάλληλο κύκλωμα πόλωσης του τρανζίστορ. Εξηγήστε υπό ποιες προϋποθέσεις μπορεί να ξεκινήσουν ταλαντώσεις και από πού, καθώς και ποιο είναι το αίτιο που οδηγεί στη μόνιμη κατάσταση. Όπου είναι απαραίτητο σχεδιάστε τα κατάλληλα διαγράμματα.
  
4. Ενεργός Μίκτης: Δώστε το κυκλωματικό διάγραμμα ενός τρανζίστορ GaAs-FET κοινής πηγής, ορίστε τη διαγωγιμότητα του  $g_m$  και σχεδιάστε στο ίδιο διάγραμμα τις χαρακτηριστικές  $I_{ds}-V_{gs}$  και  $g_m-V_{gs}$ . Τοποθετήστε την κυματομορφή ενός τοπικού ταλαντωτή  $v_{LO}-t$  στο διάγραμμα της χαρακτηριστικής  $g_m-V_{gs}$  και σχεδιάστε την αναμενόμενη κυματομορφή του ρεύματος εξόδου  $i_d-t$ . Εξηγήστε υπό ποιες συνθήκες το τρανζίστορ μπορεί να λειτουργήσει σαν ενεργός μίκτης με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Δώστε το κυκλωματικό διάγραμμα του ενεργού μίκτη, εξηγήστε το στόχο που επιτελεί κάθε στοιχείο και δώστε χονδρικά τη διαδικασία σχεδιασμού του. Τονίστε ιδιαίτερα πώς αποφεύγεται η ενίσχυση θορύβου ή παρασιτικών σημάτων στην ενδιάμεση συχνότητα (IF-feedthrough).

NAME	TITLE	DWG. NO.
SMITH CHART FORM ZY-01-N	COLOR BY J. COLVIN, UNIVERSITY OF FLORIDA, 1997	DATE

## NORMALIZED IMPEDANCE AND ADMITTANCE COORDINATES



## ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

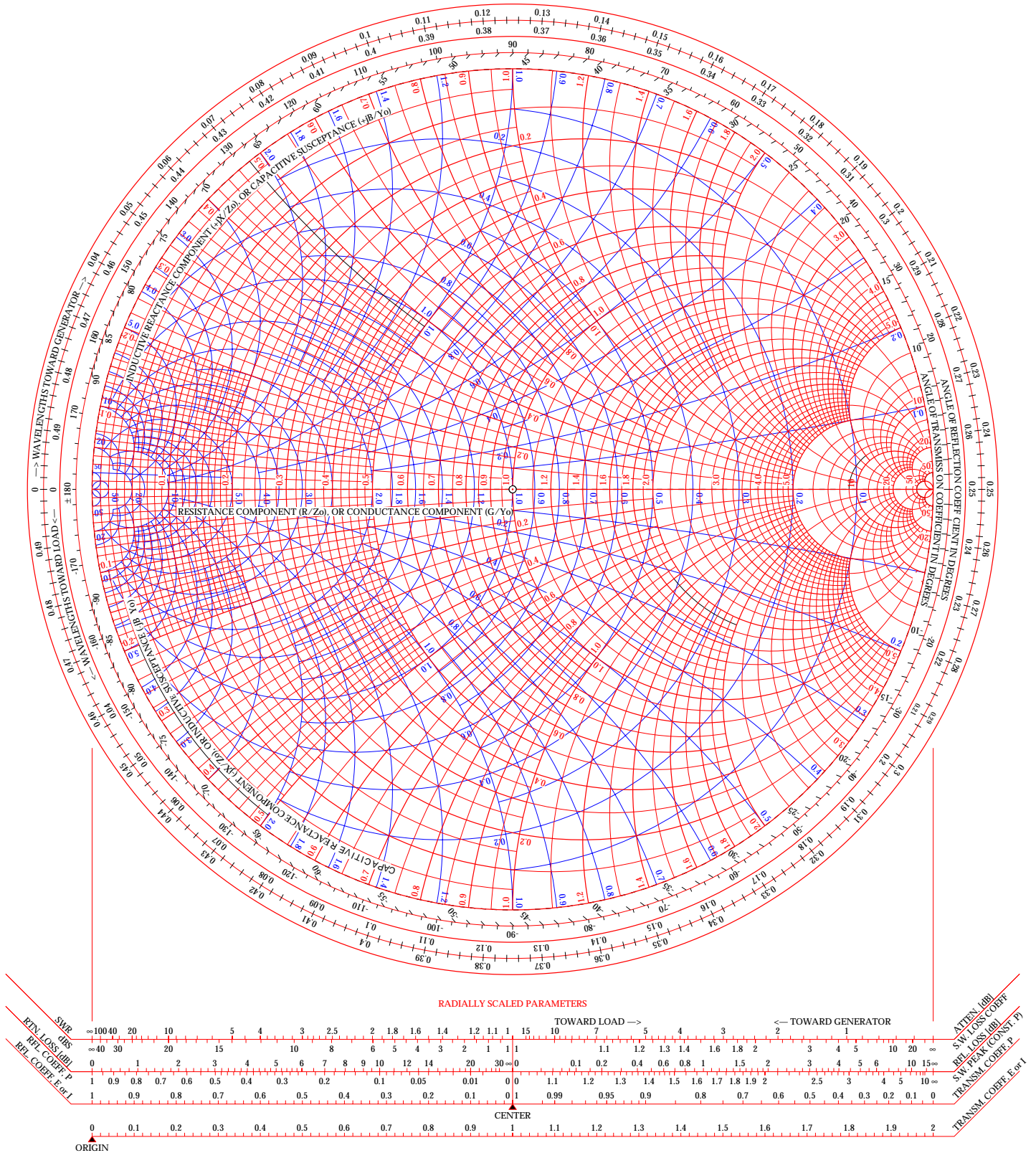
### ΘΕΩΡΙΑ (40%)

1. α) Σχεδιάστε τις DC-χαρακτηριστικές ενός Διπολικού τρανζίστορ ετεροεπαφής HBT σε συνδεσμολογία κοινού εκπομπού : i)  $I_{CE} - V_{CE}$  με παράμετρο το  $I_B$  και ii)  $I_{CE} - I_B$ .  
Ορίστε τα σημεία DC-πόλωσης ενισχυτών τάξης A, B, AB και εξηγήστε τον τρόπο λειτουργίας της κάθε μιας.  
β) Λαμβάνοντας υπόψη ότι η μέγιστη ισχύς που καταναλώνει το τρανζίστορ είναι ίση με  $P_T$  ορίστε τη χρήσιμη περιοχή λειτουργίας του.  
γ) Ορίστε τη μέγιστη ισχύ εξόδου  $P_{rf,out}$  για λειτουργία σε τάξη-AB καθώς και την καταναλισκόμενη ισχύ  $P_{DC} = P_T$  και εκτιμήστε την απόδοση του ενισχυτή. Για το σκοπό αυτό να τοποθετηθεί στο διάγραμμα του ερωτήματος-α κατάλληλη ημιτονοειδής κυματομορφή του ρεύματος εισόδου και να σχεδιασθούν οι ενδιάμεσες κυματομορφές καθώς και η τάση εξόδου.
2. Περιγράψτε σύντομα τη συμπεριφορά ενός ιδανικού μίκτη (τέλειος διακόπτης) ως προς την απώλεια μετατροπής και το συντελεστή ανάκλασης στην είσοδό του. Τοποθετείστε την κυματομορφή ενός τοπικού ταλαντωτή στο διάγραμμα I-V μιας μικροκυματικής διόδου τύπου Schottky και εξηγήστε πότε θα συμπεριφερθεί σαν μίκτης με τον πλέον αποδοτικό τρόπο. Με βάση τα ανωτέρω καθορίστε το στόχο που επιτελεί το RF κύκλωμα προσαρμογής της διόδου. Δώστε το χονδρικό διάγραμμα σχεδιασμού μίκτη απλής διόδου και ορίστε το στόχο που επιτελεί κάθε στοιχείο. Αναφερθείτε ιδιαίτερα την αποκοπή αρμονικών τοπικού ταλαντωτή. Τέλος προσδιορίστε και δικαιολογήστε τυπικές τιμές ισχύος τοπικού ταλαντωτή για μίκτες 1, 2 και 4 διόδων.
3. Ταλαντωτής: Έχετε στη διάθεσή σας ένα μικροκυματικό τρανζίστορ GaAs-HEMT. Θεωρείστε τοπολογία κοινής πύλης (G). Τοποθετήστε την κατάλληλη ανάδραση στον κοινό ακροδέκτη της πύλης (G) του τρανζίστορ ώστε να οδηγείται σε αστάθεια και ορίστε την τοπολογία σχεδιασμού ταλαντωτών. Στο ίδιο διάγραμμα σχεδιάστε και ένα κατάλληλο κύκλωμα πόλωσης του τρανζίστορ. Εξηγήστε υπό ποιες προϋποθέσεις μπορεί να ξεκινήσουν ταλαντώσεις και από πού, καθώς και ποιο είναι το αίτιο που οδηγεί στη μόνιμη κατάσταση. Δώστε τις συνθήκες έναρξης και μόνιμων ταλαντώσεων. Σχεδιάστε την χαρακτηριστική ρεύματος τάσης ( $I_{DS} - V_{DS}$ ), χαράξτε σε αυτήν την αναμενόμενη ευθεία φόρτου και απεικονίστε την χρονική εξέλιξη της τάσης εξόδου από την έναρξη ταλαντώσεων μέχρι την μόνιμη κατάσταση.
4. α) Σχεδιάστε το χονδρικό διάγραμμα της τοπολογίας σχεδιασμού ενισχυτών ή ταλαντωτών με τη χρήση μικροκυματικών τρανζίστορ και ορίστε τους συντελεστές ανάκλασης στην είσοδο και στην έξοδο του τρανζίστορ.  
β) Εξηγήστε με τη βοήθεια των κύκλων ευστάθειας, πότε το τρανζίστορ είναι ευσταθές “άνευ όρων” και πότε “υπό όρους” για  $|S_{11}|, |S_{22}| < 1$ . Δώστε επίσης μια περίπτωση ευστάθειας υπό όρους όταν  $|S_{11}|$  ή  $|S_{22}| > 1$ .  
γ) Ορίστε τον συντελεστή ευστάθειας  $\mu$  για την πηγή  $\mu_{source}$  και το φορτίο  $\mu_{load}$  και εξηγήστε την χρησιμότητά τους.  
δ) Δώστε δύο διαφορετικά παραδείγματα (με βάση τους κύκλους ευστάθειας), όπου το τρανζίστορ να είναι ασταθές για οποιοδήποτε παθητικό φορτίο (όλος ο χάρτης Smith). Που χρησιμεύουν αυτές οι περιπτώσεις ;



NAME	TITLE	DWG. NO.
SMITH CHART FORM ZY-01-N	COLOR BY J. COLVIN, UNIVERSITY OF FLORIDA, 1997	DATE

### NORMALIZED IMPEDANCE AND ADMITTANCE COORDINATES



## ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

## ΑΣΚΗΣΕΙΣ

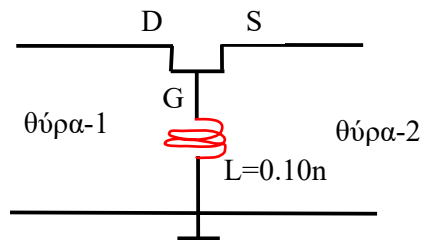
1. Σκοπός της άσκησης είναι ο σχεδιασμός ενός ζωνοπερατού φίλτρου (BPF) με τη χρήση συζευγμένων γραμμών. Οι προδιαγραφές του είναι οι εξής χαρακτηριστικά ίσης κυμάτωσης 0.5dB στη ζώνη διέλευσης (τύπου Chebyshev), με κεντρική συχνότητα  $f_0=(11+N_1)$ GHz, όπου  $N_1$  το τελευταίο ψηφίο του ΑΦΜ σας. Το εύρος ζώνης 3dB του φίλτρου να είναι  $BW_{3dB}(\%)=(30+2N_1)f_0$  και η απώλεια εισαγωγής στη συχνότητα  $f=(20+2N_1)$ GHz να είναι τουλάχιστον  $A_{dB}\geq(25+2N_1)$ dB. Η χαρακτηριστική αντίσταση του φίλτρου είναι  $Z_0=50\Omega$  και θα υλοποιηθεί με τη χρήση τυπωμένων γραμμών σε υπόστρωμα Αλουμίνιας:  $\epsilon_r=9.6$ ,  $\tan\delta=0.001$  και πάχος  $h=0.51$ mm.
  - α) Σχεδιάστε την ιδανική απόκριση του φίλτρου σύμφωνα με τις ανωτέρω προδιαγραφές καθώς και μια προσέγγιση της αναμενόμενης απόκρισης.
  - β) Προσδιορίστε την απαιτούμενη τάξη του φίλτρου,  $n =$  ; Σχεδιάστε το κύκλωμα του αντίστοιχου πρωτότυπου χαμηλοπερατού φίλτρου και δώστε τις τιμές των στοιχείων του κυκλώματος ( $g_1$  έως  $g_{n+1} =$  ;)
  - γ) Σχεδιάστε το ισοδύναμο κύκλωμα του επιθυμητού ζωνοπερατού φίλτρου και υπολογίστε τις τιμές των στοιχείων του.
  - δ) Εξηγήστε πως θα υλοποιηθεί το φίλτρο με συζευγμένες γραμμές και υπολογίστε τις χαρακτηριστικές αντιστάσεις άρτιου και περιττού ρυθμού για κάθε μία.
  - ε) Υπολογίστε τις φυσικές διαστάσεις κάθε γραμμής και σχεδιάστε το χωρομετρικό διάγραμμα (layout) του φίλτρου.
  
2. **Σχεδιασμός Ενισχυτή υψηλής ισχύος (HPA) για γραμμική λειτουργία σε τάξη-A.**  
 Έχετε στη διάθεσή σας ένα μικροκυματικό Si-Ge HBT διπολικό τρανζίστορ τύπου MRF9511 σε τοπολογία κοινού εκπομπού. Οι παράμετροι σκέδασης μεγάλου σήματος και ο συντελεστής ευστάθειας  $\mu$  δίνονται στον πίνακα I για το DC σημείο πόλωσης  $V_{CE}=5.0V$  και  $I_{CE}=25mA$  και  $I_B=0.175mA$ .  
 Να σχεδιαστεί ένας ενισχυτής υψηλής ισχύος με το μέγιστο δυνατό κέρδος και κεντρική συχνότητα  $f=(1.2+0.2N_1)$ GHz, όπου  $N_1$  το τελευταίο ψηφίο του ΑΦΜ σας.
  - α) Μελετήστε την ευστάθεια του τρανζίστορ με βάση το συντελεστή  $\mu$ , που δίνεται στον πίνακα I. Υπολογίστε το μέγιστο δυνατό κέρδος στην μονόπλευρη και δίπλευρη προσέγγιση και αποφανθείτε κατά πόσο θα προκύψει ευσταθής ενισχυτής.
  - β) Προσδιορίστε τις συνθήκες προσαρμογής εισόδου και εξόδου και υπολογίστε τα κυκλώματα προσαρμογής. Για λόγους απλότητας θεωρείστε μονόπλευρη προσέγγιση ( $S_{12}\approx 0$ ).
  - γ) i. Με βάση τα αποτελέσματα του ερωτήματος-β, τοποθετείστε το σημείο DC πόλωσης στις DC χαρακτηριστικές του τρανζίστορ (πάνω από τον Πίνακα-I) και χαράξτε τη ευθεία φόρτου. Από αυτήν υπολογίστε την τάση και τη μέγιστη ισχύ εξόδου για την οποία ο ενισχυτής αρχίζει να μπαίνει σε κορεσμό.  
 ii. Προσδιορίστε το κέρδος του ενισχυτή και υπολογίστε την οριακή ισχύ εισόδου για την οποία ο ενισχυτής θα αρχίσει να μπαίνει σε κορεσμό.
  - δ) Σχεδιάστε το κύκλωμα DC-πόλωσης του τρανζίστορ (κατά προτίμηση ενεργό) χρησιμοποιώντας ένα μονοπολικό τροφοδοτικό τάσης 12V. Θεωρείστε  $V_{BE}=0.7V$  και προσδιορίστε το DC-κέρδος  $\beta_{dc}=h_{FE}$ ; από το διάγραμμα  $I_C-I_B$ .
  - ε) Σχεδιάστε το χωρομετρικό διάγραμμα του ενισχυτή συμπεριλαμβάνοντας τα κυκλώματα προσαρμογής και πόλωσης.

### 3. Σχεδιασμός μικροκυματικού Ταλαντωτή

Για το σχεδιασμό ενός μικροκυματικού ταλαντωτή χρησιμοποιούμε το μικροκυματικό GaAs-FET τύπου S8837A τρανζίστορ, το οποίο οδηγήθηκε σε αστάθεια με την προσθήκη μιας αυτεπαγωγής  $L=0.10\text{nH}$  (ανάδραση) στον κοινό ακροδέκτη της πύλης. Η συνδεσμολογία του τρανζίστορ και το σημείο DC-πόλωσης δίνονται στο σχήμα 1, ενώ οι παράμετροι σκέδασης δίνονται στον πίνακα II.

Σχεδιάστε ένα μικροκυματικό ταλαντωτή που να λειτουργεί σε συχνότητα  $f_0=(1.5+0.1N_1)$  GHz, όπου  $N_1$  το τελευταίο ψηφίο του ΑΦΜ σας.

- Προσδιορίστε σε ποια θύρα θα συνδεθεί το φορτίο. Υπολογίστε και σχεδιάστε τον αντίστοιχο κύκλο ευστάθειας. Επιλέξτε κατάλληλα το συντελεστή ανάκλασης φορτίου και συντονιστή.
- Σχεδιάστε τα κυκλώματα προσαρμογής των θυρών-1 και 2 και προτείνεται ένα κατάλληλο κύκλωμα συντονιστή (δώστε συγκεκριμένες τιμές  $L=;$ ,  $C=;$ )
- Σχεδιάστε το κύκλωμα DC-πόλωσης χρησιμοποιώντας ένα τροφοδοτικό τάσης 18V ή εναλλακτικά ένα διπλό τροφοδοτικό +18V, +5V.
- Τοποθετείστε το σημείο πόλωσης στις DC-χαρακτηριστικές του τρανζίστορ (σχήμα πάνω από τον πίνακα II), χαράξτε την ευθεία φόρτου και εκτιμήστε την ισχύ εξόδου του ταλαντωτή,  $P_{\text{out}}=;$ . Υπολογίστε την καταναλισκόμενη ισχύ  $P_{\text{DC}}=?$  και εκτιμήστε την απόδοση  $\eta= P_{\text{DC}}/ P_{\text{out}}=?$
- Σχεδιάστε το χωρομετρικό διάγραμμα του ταλαντωτή συμπεριλαμβάνοντας το κύκλωμα προσαρμογής και πόλωσης.



Σχήμα 1

Σημείο DC-πόλωσης

$$V_{\text{DS}} = 7.0\text{V}$$

$$I_{\text{DS}} = 534\text{mA}$$

$$V_{\text{GS}} = -1.40\text{V}$$

## ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

## ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Να σχεδιασθεί ένα **ζωνοπερατό φίλτρο (BPF)** με χαρακτηριστικά ίσης κυμάτωσης 0.5dB στη ζώνη διέλευσης (τύπου Chebyshev), με κεντρική συχνότητα  $f_0=(11+N_1)$ GHz, όπου  $N_1$  το τελευταίο ψηφίο του ΑΦΜ σας. Το εύρος ζώνης 3dB του φίλτρου να είναι  $BW_{3dB}(\%)=(30+2N_1)f_0$  και η απώλεια εισαγωγής στη συχνότητα  $f=(20+2N_1)$ GHz να είναι τουλάχιστον  $A_{dB}\geq(25+2N_1)$ dB. Η χαρακτηριστική αντίσταση του φίλτρου είναι  $Z_0 = 50\Omega$  και θα υλοποιηθεί με τη χρήση τυπωμένων γραμμών σε υπόστρωμα τύπου Rogers 4003:  $\epsilon_r=3.55$ ,  $\tan\delta=0.002$  και πάχος  $h=1.0$  mm.
  - α) Σχεδιάστε την ιδανική απόκριση του φίλτρου σύμφωνα με τις ανωτέρω προδιαγραφές καθώς και μια προσέγγιση της αναμενόμενης απόκρισης.
  - β) Προσδιορίστε την απαιτούμενη τάξη του φίλτρου,  $n =$  ; Σχεδιάστε το κύκλωμα του αντίστοιχου πρωτότυπου χαμηλοπερατού φίλτρου και δώστε τις τιμές των στοιχείων του κυκλώματος ( $g_1$  έως  $g_{n+1} =$  ;)
  - γ) Σχεδιάστε το ισοδύναμο κύκλωμα του επιθυμητού φίλτρου αποκοπής ζώνης και υπολογίστε τις τιμές των στοιχείων του.
  - δ) Τροποποιήστε κατάλληλα το ισοδύναμο κύκλωμα ώστε τα εν σειρά συνδεδεμένα συντονισμένα κυκλώματα να είναι υλοποιήσιμα με παράλληλα συνδεδεμένα stub.
  - ε) Υπολογίστε τις φυσικές διαστάσεις κάθε γραμμής και σχεδιάστε το χωρομετρικό διάγραμμα (layout) του φίλτρου
  
2. Σχεδιασμός Ενισχυτή υψηλού κέρδους (HGA) για γραμμική λειτουργία σε τάξη-A. Έχετε στη διάθεσή σας ένα μικροκυματικό ηρη διπολικό τρανζίστορ τύπου MRF-911 σε τοπολογία κοινού εκπομπού. Οι παράμετροι σκέδασης και οι συντελεστές ευστάθειας  $K$  και  $\mu$  δίνονται στον πίνακα I για το DC σημείο πόλωσης  $V_{CE}=3.0V$  και  $I_{CE}=34mA$  και  $I_b=0.366mA$ .
 

Να σχεδιαστεί ένας ενισχυτής υψηλού κέρδους (HGA) με κεντρική συχνότητα  $f=(800+200*N_1)$ MHz, όπου  $N_1$  το τελευταίο ψηφίο του ΑΦΜ σας.

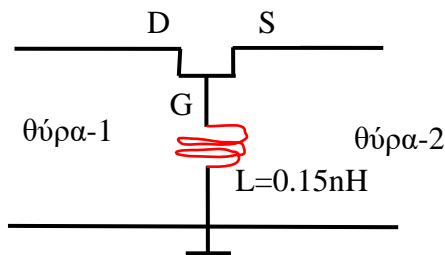
  - α) Μελετήστε την ευστάθεια του τρανζίστορ με βάση το συντελεστή  $\mu$  ή το συντελεστή  $\kappa$  και τη διακρίνουσα  $\Delta$ , που δίνονται στον πίνακα I. Υπολογίστε το μέγιστο δυνατό κέρδος και αποφανθείτε κατά πόσο θα προκύψει ευσταθής ενισχυτής.
  - β) Προσδιορίστε τις συνθήκες προσαρμογής εισόδου και εξόδου και υπολογίστε τα κυκλώματα προσαρμογής. Για λόγους απλότητας θεωρείστε μονόπλευρη προσέγγιση ( $S_{12}\approx 0$ ), την οποία να ελέγξετε ως προς την ακρίβεια που εισάγει.
  - γ) i. Με βάση τα αποτελέσματα του ερωτήματος-β, τοποθετήστε το σημείο DC πόλωσης στις DC χαρακτηριστικές του τρανζίστορ (πάνω από τον Πίνακα-I) και χαράξτε τη ευθεία φόρτου. Από αυτήν υπολογίστε την τάση και τη μέγιστη ισχύ εξόδου για την οποία ο ενισχυτής αρχίζει να μπαίνει σε κορεσμό.  
ii. Υπολογίστε το κέρδος του ενισχυτή και προσδιορίστε την οριακή ισχύ εισόδου για την οποία ο ενισχυτής θα αρχίσει να μπαίνει σε κορεσμό.
  - δ) Σχεδιάστε το κύκλωμα DC-πόλωσης του τρανζίστορ χρησιμοποιώντας ένα μονοπολικό τροφοδοτικό τάσης 6V. Θεωρείστε  $V_{BE}=0.7V$  και προσδιορίστε το DC-κέρδος  $\beta_{dc}=h_{FE}$ ; από το διάγραμμα  $I_C-I_B$ .
  - ε) Σχεδιάστε το χωρομετρικό διάγραμμα του ενισχυτή συμπεριλαμβάνοντας τα κυκλώματα προσαρμογής και πόλωσης.

### 3. Σχεδιασμός μικροκυματικού Ταλαντωτή

Για το σχεδιασμό ενός μικροκυματικού ταλαντωτή χρησιμοποιούμε το μικροκυματικό GaAs-FET τύπου MGF2148 τρανζίστορ, το οποίο οδηγήθηκε σε αστάθεια με την προσθήκη μιας αυτεπαγωγής  $L=0.15\text{nH}$  (ανάδραση) στον κοινό ακροδέκτη της πύλης. Η συνδεσμολογία του τρανζίστορ και το σημείο DC-πόλωσης δίνονται στο σχήμα 1, ενώ οι παράμετροι σκέδασης δίνονται στον πίνακα II.

Σχεδιάστε ένα μικροκυματικό ταλαντωτή που να λειτουργεί σε συχνότητα  $f_0=(3.1+0.1N_1)$  GHz, όπου  $N_1$  το τελευταίο ψηφίο του ΑΦΜ σας.

- Προσδιορίστε σε ποια θύρα θα συνδεθεί το φορτίο. Υπολογίστε και σχεδιάστε τον αντίστοιχο κύκλο ευστάθειας. Επιλέξτε κατάλληλα το συντελεστή ανάκλασης φορτίου και συντονιστή.
- Σχεδιάστε τα κυκλώματα προσαρμογής των θυρών-1 και 2 και προτείνεται ένα κατάλληλο κύκλωμα συντονιστή (δώστε συγκεκριμένες τιμές  $L=$ ; ,  $C=$ ;) )
- Σχεδιάστε το κύκλωμα DC-πόλωσης χρησιμοποιώντας ένα τροφοδοτικό τάσης 12V ή εναλλακτικά ένα διπλό τροφοδοτικό +12V, +5V.
- Τοποθετείστε το σημείο πόλωσης στις DC-χαρακτηριστικές του τρανζίστορ (σχήμα πάνω από τον πίνακα II), χαράξτε την ευθεία φόρτου και εκτιμήστε την ισχύ εξόδου του ταλαντωτή,  $P_{\text{out}}=$ ; . Υπολογίστε την καταναλισκόμενη ισχύ  $P_{\text{DC}}=?$  και εκτιμήστε την απόδοση  $\eta= P_{\text{DC}}/ P_{\text{out}}=?$
- Σχεδιάστε το χωρομετρικό διάγραμμα του ταλαντωτή συμπεριλαμβάνοντας το κύκλωμα προσαρμογής και πόλωσης.



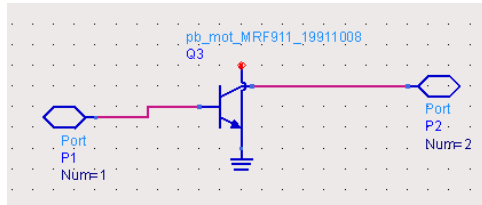
Σημείο DC-πόλωσης

$$V_{\text{DS}} = 4.0\text{V}$$

$$I_{\text{DS}} = 684\text{mA}$$

$$V_{\text{GS}} = -1.60\text{V}$$

Σχήμα 1



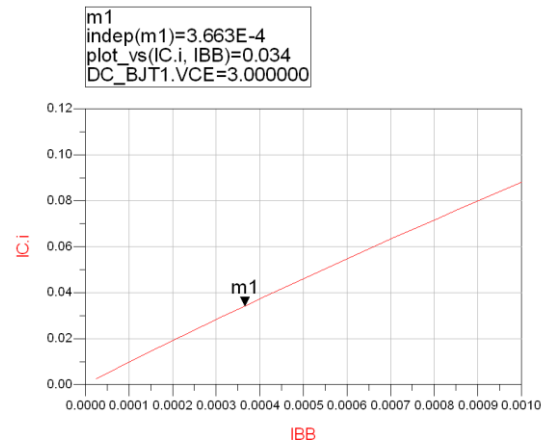
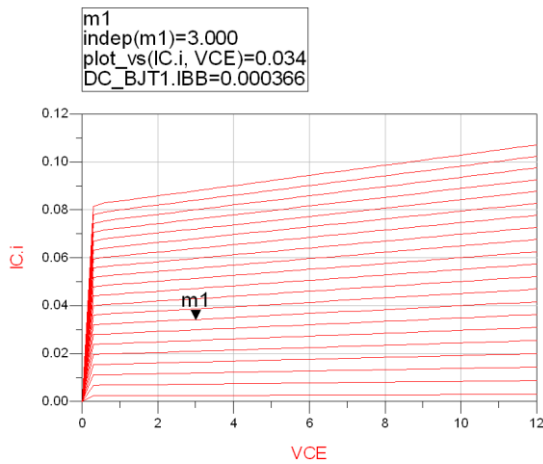
Σημείο Πόλωσης

$$V_{CE} = 3V$$

$$I_{CE} = 34mA$$

$$I_B = 366\mu A$$

MRF911: MACROX Package 4-terminal, NPN P<sub>diss</sub>=400mW, V<sub>ce</sub>(Max)=12V, I<sub>c</sub>(Max)=40mA, V<sub>ce</sub>(typical)=10V, I<sub>c</sub>(typical)=30mA, H<sub>fe</sub>=30-200, F<sub>t</sub>=5GHz

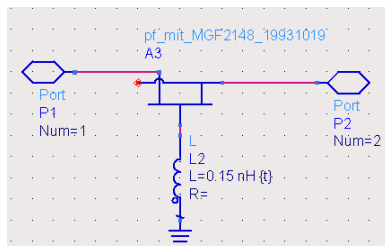


ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

freq	S(1,1)	S(1,2)	S(2,1)	S(2,2)	Mu1
500.0 MHz	0.515 / 161.409	0.053 / 58.927	6.305 / 91.365	0.248 / 171.273	2.130
600.0 MHz	0.518 / 157.841	0.062 / 59.928	5.317 / 85.662	0.249 / 171.730	2.121
700.0 MHz	0.522 / 154.318	0.071 / 60.103	4.588 / 80.697	0.251 / 171.888	2.104
800.0 MHz	0.527 / 150.845	0.080 / 59.738	4.029 / 76.219	0.255 / 171.791	2.083
900.0 MHz	0.532 / 147.430	0.089 / 59.004	3.589 / 72.080	0.259 / 171.474	2.061
1.000 GHz	0.537 / 144.078	0.098 / 58.009	3.232 / 68.192	0.264 / 170.966	2.039
1.100 GHz	0.543 / 140.792	0.106 / 56.826	2.938 / 64.496	0.270 / 170.286	2.018
1.200 GHz	0.549 / 137.577	0.115 / 55.503	2.691 / 60.956	0.276 / 169.453	1.997
1.300 GHz	0.556 / 134.433	0.123 / 54.075	2.480 / 57.544	0.283 / 168.480	1.976
1.400 GHz	0.563 / 131.364	0.131 / 52.568	2.299 / 54.242	0.290 / 167.383	1.956
1.500 GHz	0.570 / 128.370	0.139 / 51.001	2.140 / 51.037	0.297 / 166.173	1.937
1.600 GHz	0.577 / 125.451	0.147 / 49.389	2.001 / 47.921	0.305 / 164.861	1.919
1.700 GHz	0.584 / 122.608	0.154 / 47.743	1.877 / 44.885	0.312 / 163.458	1.901
1.800 GHz	0.592 / 119.840	0.161 / 46.072	1.767 / 41.925	0.320 / 161.975	1.884
1.900 GHz	0.600 / 117.146	0.168 / 44.385	1.668 / 39.037	0.328 / 160.419	1.868
2.000 GHz	0.607 / 114.525	0.175 / 42.687	1.578 / 36.219	0.336 / 158.801	1.853
2.100 GHz	0.615 / 111.977	0.181 / 40.984	1.496 / 33.467	0.344 / 157.129	1.839
2.200 GHz	0.622 / 109.500	0.187 / 39.280	1.421 / 30.782	0.352 / 155.409	1.825
2.300 GHz	0.630 / 107.092	0.193 / 37.579	1.352 / 28.161	0.360 / 153.649	1.813
2.400 GHz	0.637 / 104.752	0.198 / 35.885	1.289 / 25.604	0.368 / 151.856	1.801
2.500 GHz	0.645 / 102.478	0.203 / 34.199	1.230 / 23.110	0.376 / 150.036	1.790
2.600 GHz	0.652 / 100.269	0.208 / 32.526	1.176 / 20.678	0.383 / 148.194	1.780
2.700 GHz	0.659 / 98.124	0.212 / 30.867	1.125 / 18.308	0.391 / 146.335	1.770
2.800 GHz	0.666 / 96.039	0.216 / 29.223	1.078 / 16.000	0.399 / 144.465	1.761
2.900 GHz	0.672 / 94.015	0.220 / 27.598	1.034 / 13.753	0.406 / 142.588	1.753
3.000 GHz	0.679 / 92.049	0.224 / 25.991	0.992 / 11.568	0.413 / 140.707	1.746

# Ταλαντωτής GaAs-FET

⋮



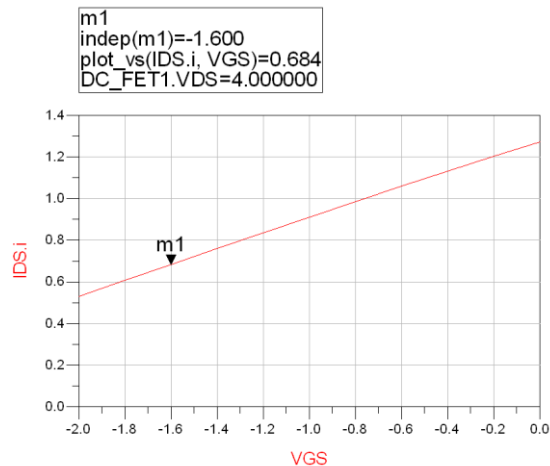
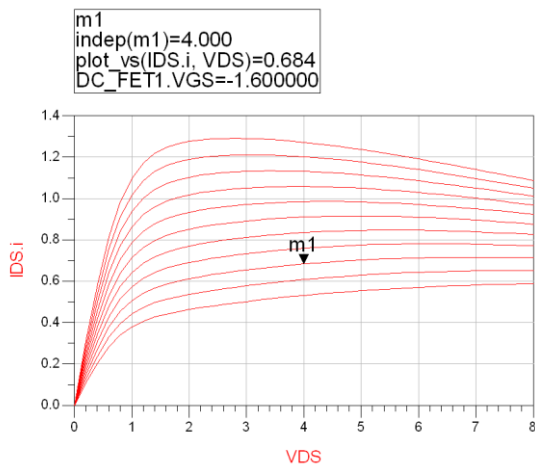
Σημείο Πόλωσης

$$V_{DS} = 4V$$

$$I_{DS} = 684mA$$

$$V_{GS} = -1.6V$$

MGF2148: GF4 Package 4-terminal, Gw=750um, Gl=0.60um, Pdiss=10000mW, Vbr=17V, @ Vds=3V: Idss(sim)=1290.24mA, Vt(sim)=-3.83V



freq	S(1,1)	S(1,2)	S(2,1)	S(2,2)	Mu1	StabFact1	Determinant
3.00 GHz	1.35 / -70.39	2.03 / -53.27	0.06 / 85.42	0.97 / 1.75E2	-0.93	-0.54	1.97
3.10 GHz	1.39 / -73.25	2.05 / -55.93	0.07 / 93.65	0.98 / 1.75E2	-0.95	-0.66	1.99
3.20 GHz	1.42 / -76.35	2.06 / -58.83	0.08 / 100.00	0.99 / 1.74E2	-0.95	-0.74	2.01
3.30 GHz	1.46 / -79.69	2.07 / -62.00	0.09 / 1.05E2	1.01 / 1.73E2	-0.96	-0.79	2.02
3.40 GHz	1.50 / -83.30	2.07 / -65.45	0.11 / 1.08E2	1.02 / 1.72E2	-0.96	-0.81	2.03
3.50 GHz	1.54 / -87.21	2.07 / -69.23	0.12 / 1.09E2	1.04 / 1.71E2	-0.96	-0.82	2.04
3.60 GHz	1.58 / -91.44	2.07 / -73.36	0.14 / 1.10E2	1.05 / 1.70E2	-0.96	-0.83	2.04
3.70 GHz	1.61 / -96.01	2.05 / -77.86	0.17 / 1.10E2	1.06 / 1.69E2	-0.95	-0.82	2.02
3.80 GHz	1.64 / -1.01E2	2.02 / -82.74	0.19 / 1.09E2	1.08 / 1.67E2	-0.95	-0.81	2.00
3.90 GHz	1.66 / -1.06E2	1.98 / -88.03	0.21 / 1.07E2	1.08 / 1.66E2	-0.94	-0.80	1.96
4.00 GHz	1.67 / -1.12E2	1.92 / -93.70	0.24 / 1.05E2	1.09 / 1.64E2	-0.93	-0.78	1.90
4.10 GHz	1.71 / -1.15E2	1.93 / -96.86	0.26 / 1.04E2	1.10 / 1.63E2	-0.93	-0.77	1.91
4.20 GHz	1.74 / -1.18E2	1.93 / -1.00E2	0.28 / 1.03E2	1.11 / 1.61E2	-0.92	-0.76	1.92
4.30 GHz	1.77 / -1.21E2	1.94 / -1.04E2	0.31 / 1.02E2	1.12 / 1.60E2	-0.92	-0.75	1.92
4.40 GHz	1.81 / -1.24E2	1.93 / -1.07E2	0.33 / 1.01E2	1.13 / 1.58E2	-0.91	-0.73	1.92
4.50 GHz	1.83 / -1.27E2	1.93 / -1.11E2	0.35 / 99.23	1.14 / 1.57E2	-0.90	-0.72	1.92
4.60 GHz	1.86 / -1.30E2	1.92 / -1.15E2	0.38 / 97.50	1.14 / 1.55E2	-0.90	-0.70	1.91
4.70 GHz	1.88 / -1.34E2	1.91 / -1.19E2	0.40 / 95.60	1.15 / 1.53E2	-0.89	-0.68	1.89
4.80 GHz	1.90 / -1.38E2	1.89 / -1.23E2	0.43 / 93.54	1.15 / 1.52E2	-0.88	-0.66	1.88
4.90 GHz	1.92 / -1.41E2	1.87 / -1.27E2	0.45 / 91.36	1.15 / 1.50E2	-0.87	-0.64	1.85

ΠΙΝΑΚΑΣ II

## ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

## ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Να σχεδιασθεί ένα φίλτρο αποκοπής ζώνης (BSF) με χαρακτηριστικά ίσης κυμάτωσης 0.5dB στη ζώνη διέλευσης (τύπου Chebyshev), με κεντρική συχνότητα  $f_0=(3+N_1)$ GHz, όπου  $N_1$  το τελευταίο ψηφίο του ΑΦΜ σας. Το εύρος ζώνης 3dB του φίλτρου να είναι  $BW_{3dB}=(45-N_1)\%f_0$  και η απώλεια εισαγωγής στη συχνότητα  $f = f_0+BW/4$  να είναι τουλάχιστον  $A_{dB} \geq 35$ dB. Η χαρακτηριστική αντίσταση του φίλτρου είναι  $Z_0=50\Omega$  και θα υλοποιηθεί με τη χρήση τυπωμένων γραμμών σε υπόστρωμα τύπου Rogers:  $\epsilon_r=3.55$ ,  $\tan\delta=0.002$  και πάχος  $h=1.0$  mm.
  - α) Σχεδιάστε την ιδανική απόκριση του φίλτρου σύμφωνα με τις ανωτέρω προδιαγραφές καθώς και μια προσέγγιση της αναμενόμενης απόκρισης.
  - β) Προσδιορίστε την απαιτούμενη τάξη του φίλτρου,  $n=$ ; Σχεδιάστε το κύκλωμα του αντίστοιχου πρωτότυπου χαμηλοπερατού φίλτρου και δώστε τις τιμές των στοιχείων του κυκλώματος ( $g_1$  έως  $g_{n+1} =$  ;)
  - γ) Σχεδιάστε το ισοδύναμο κύκλωμα του επιθυμητού φίλτρου αποκοπής ζώνης και υπολογίστε τις τιμές των στοιχείων του.
  - δ) Τροποποιήστε κατάλληλα το ισοδύναμο κύκλωμα ώστε τα εν σειρά συνδεδεμένα συντονισμένα κυκλώματα να είναι υλοποιήσιμα με παράλληλα συνδεδεμένα stub.
  - ε) Υπολογίστε τις φυσικές διαστάσεις κάθε γραμμής και σχεδιάστε το χωρομετρικό διάγραμμα (layout) του φίλτρου.

## 2. Σχεδιασμός Ενισχυτή Χαμηλού Θορύβου

Έχετε στη διάθεσή σας ένα μικροκυματικό GaAs FET τρανζίστορ τύπου CF00101 σε τοπολογία κοινής πηγής. Οι παράμετροι σκέδασης, ο βέλτιστος συντελεστής ανάκλασης πηγής ( $\Gamma_{opt}=\Gamma_{on}=S_{opt}$ ), ο συντελεστής ευστάθειας  $\mu=\mu(s)$  καθώς και ο ελάχιστος δείκτης θορύβου  $F_{min}=NF_{min}$  δίνονται στον πίνακα I για το DC σημείο πόλωσης  $V_{ds}=1.60V$ ,  $I_{ds}=15mA$  και  $V_{gs}=-0.997V$ .

- α) Να σχεδιαστεί ένας ενισχυτής χαμηλού θορύβου με κεντρική συχνότητα  $f=(1.4+0.4N_1)$ GHz, όπου  $N_1$  το τελευταίο ψηφίο του ΑΦΜ σας, έτσι ώστε να παρουσιάζει τον ελάχιστο δυνατό δείκτη θορύβου και το μεγαλύτερο δυνατό κέρδος.
  - i) Αποφανθείτε για την ευστάθεια του τρανζίστορ και υπολογίστε το μέγιστο επιτεύξιμο ευσταθές κέρδος.
  - ii) Προσδιορίστε τις συνθήκες προσαρμογής εισόδου και εξόδου έτσι ώστε ο ενισχυτής να είναι ευσταθής και υπολογίστε τα κυκλώματα προσαρμογής. Λόγω πρακτικής ευκολίας στην κατασκευή, τα κυκλώματα προσαρμογής να αποτελούνται αποκλειστικά από τυπωμένες μικροταινιακές γραμμές (γραμμές εν σειρά και stub).  
Για λόγους απλότητας θεωρείστε μονόπλευρη προσέγγιση  $S_{12} \approx 0$ .
- β) Σχεδιάστε το κύκλωμα DC-πόλωσης χρησιμοποιώντας ένα μονοπολικό τροφοδοτικό τάσης 9V προσδιορίζοντας τις τιμές όλων των απαραίτητων στοιχείων. Σχεδιάστε επίσης το συνολικό κυκλωματικό διάγραμμα του ενισχυτή.
- γ) Τοποθετήστε το σημείο πόλωσης στο διάγραμμα των DC χαρακτηριστικών του σχήματος (πάνω από τον πίνακα I), χαράξτε την καμπύλη φόρτου και υπολογίστε την τάση και τη μέγιστη ισχύ εξόδου για την οποία ο ενισχυτής θα λειτουργεί γραμμικά σε τάξη A.

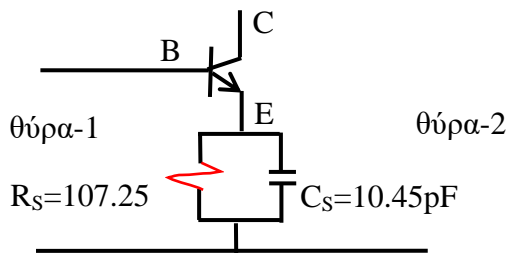


### 3. Σχεδιασμός μικροκυματικού Ταλαντωτή

Για το σχεδιασμό ενός μικροκυματικού ταλαντωτή χρησιμοποιούμε το διπολικό μικροκυματικό τρανζίστορ AT42010, το οποίο οδηγήθηκε σε αστάθεια με την προσθήκη μιας χωρητικότητας  $C=10.45 \text{ pF}$  ως ανάδραση στον κοινό ακροδέκτη του εκπομπού. Η συνδεσμολογία του τρανζίστορ και το σημείο DC-πόλωσης δίνονται στο σχήμα 1, ενώ οι παράμετροι σκέδασης δίνονται στον πίνακα II.

Σχεδιάστε ένα μικροκυματικό ταλαντωτή που να λειτουργεί σε συχνότητα  $f_0=(750+50N_1)$  MHz, όπου  $N_1$  το τελευταίο ψηφίο του ΑΦΜ σας.

- Προσδιορίστε σε ποια θύρα θα συνδεθεί το φορτίο. Υπολογίστε και σχεδιάστε τον αντίστοιχο κύκλο ευστάθειας. Επιλέξτε κατάλληλα το συντελεστή ανάκλασης φορτίου και συντονιστή.
- Σχεδιάστε τα κυκλώματα προσαρμογής των θυρών-1 και 2 και προτείνεται ένα κατάλληλο κύκλωμα συντονιστή (δώστε συγκεκριμένες τιμές  $L=$ ;  $C=$ ).
- Να σχεδιασθεί το κύκλωμα DC-πόλωσης χρησιμοποιώντας ένα μονοπολικό τροφοδοτικό τάσης 18V.
- Τοποθετείστε το σημείο πόλωσης στις DC-χαρακτηριστικές του τρανζίστορ (σχήμα 2, πάνω από τον Πίνακα II), χαράξτε την ευθεία φόρτου και εκτιμήστε την ισχύ εξόδου του ταλαντωτή στη μόνιμη κατάσταση,  $P_{out}$ ; Ποίος είναι ο βαθμός απόδοσης του  $\eta$ ?
- Σχεδιάστε το διάγραμμα του ταλαντωτή συμπεριλαμβάνοντας το κύκλωμα προσαρμογής και πόλωσης.



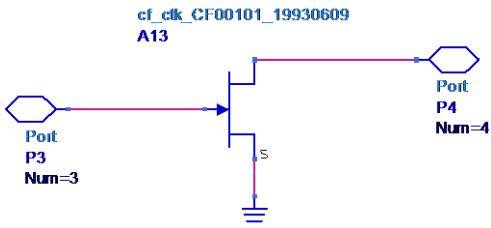
Σημείο DC-πόλωσης

$$V_{CE} = 8.0V$$

$$I_{CE} = 29mA$$

$$I_b = 0.4mA$$

Σχήμα 1

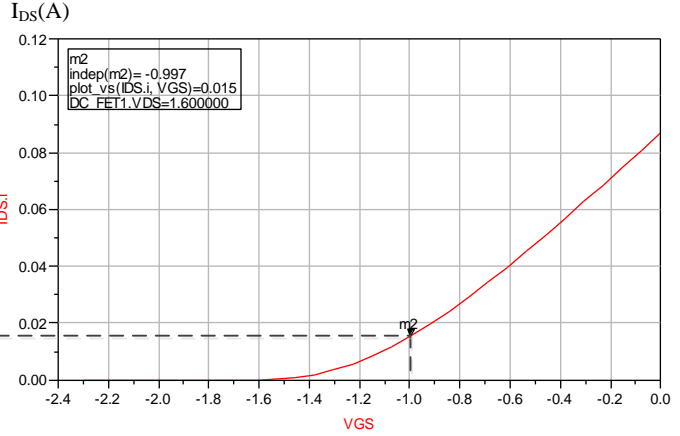
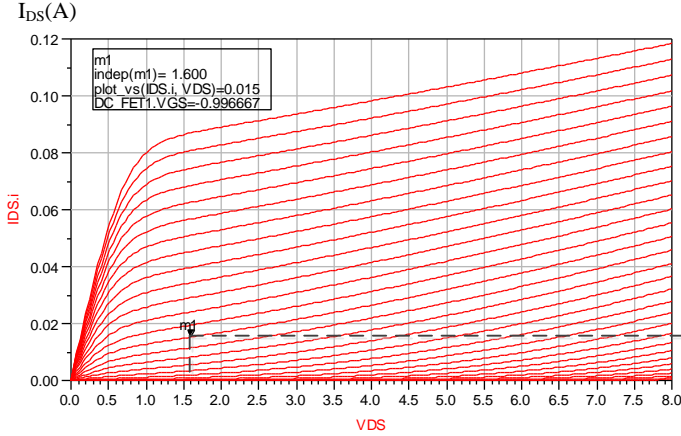


Σημείο Πόλωσης

$$V_{DS} = 1.6V$$

$$I_{DS} = 15mA$$

$$V_{GS} = -0.997V$$



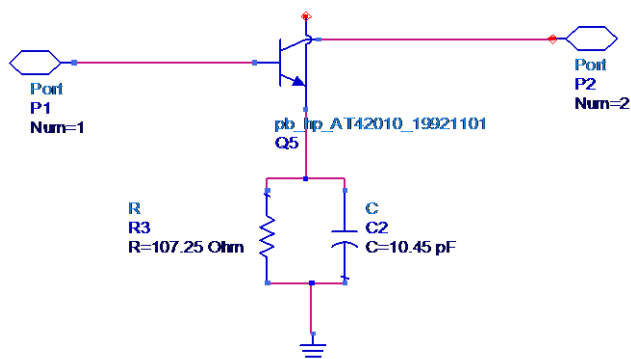
CF00101 Package:DIE Model:efet3 N-channel Gate Width=300, Gate Length=0.5, Pdiss(max)=700, Vds(typical)=5.5, Idss=93.63, Vt=-1.8

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

freq	S(1,1)	S(1,2)	S(2,1)	S(2,2)	Sopt
1.000 GHz	0.745 / -8.215	0.083 / 3.821	2.328 / 173.705	0.397 / -6.361	0.479 / 7.416
1.200 GHz	0.745 / -9.850	0.083 / 4.554	2.325 / 172.450	0.397 / -7.627	0.479 / 8.895
1.400 GHz	0.745 / -11.481	0.084 / 5.271	2.322 / 171.198	0.397 / -8.890	0.480 / 10.372
1.600 GHz	0.745 / -13.107	0.084 / 5.969	2.317 / 169.948	0.397 / -10.150	0.480 / 11.846
1.800 GHz	0.745 / -14.727	0.084 / 6.646	2.313 / 168.701	0.398 / -11.405	0.480 / 13.318
2.000 GHz	0.744 / -16.341	0.085 / 7.301	2.308 / 167.458	0.398 / -12.656	0.480 / 14.787
2.200 GHz	0.744 / -17.949	0.086 / 7.932	2.302 / 166.219	0.398 / -13.902	0.480 / 16.251
2.400 GHz	0.744 / -19.549	0.086 / 8.537	2.296 / 164.984	0.398 / -15.142	0.480 / 17.712
2.600 GHz	0.744 / -21.140	0.087 / 9.116	2.290 / 163.754	0.399 / -16.376	0.480 / 19.169
2.800 GHz	0.744 / -22.724	0.087 / 9.668	2.283 / 162.528	0.399 / -17.603	0.480 / 20.621
3.000 GHz	0.744 / -24.298	0.088 / 10.191	2.275 / 161.308	0.399 / -18.824	0.481 / 22.068
3.200 GHz	0.744 / -25.862	0.089 / 10.685	2.267 / 160.093	0.400 / -20.037	0.481 / 23.510
3.400 GHz	0.743 / -27.416	0.090 / 11.151	2.259 / 158.883	0.400 / -21.243	0.481 / 24.946
3.600 GHz	0.743 / -28.959	0.090 / 11.588	2.250 / 157.680	0.400 / -22.441	0.481 / 26.376
3.800 GHz	0.743 / -30.491	0.091 / 11.995	2.241 / 156.483	0.401 / -23.630	0.481 / 27.800
4.000 GHz	0.743 / -32.011	0.092 / 12.374	2.232 / 155.293	0.401 / -24.811	0.482 / 29.217
4.200 GHz	0.743 / -33.519	0.093 / 12.725	2.222 / 154.109	0.402 / -25.983	0.482 / 30.627
4.400 GHz	0.742 / -35.015	0.094 / 13.047	2.211 / 152.933	0.402 / -27.145	0.482 / 32.030
4.600 GHz	0.742 / -36.498	0.095 / 13.342	2.201 / 151.763	0.403 / -28.298	0.483 / 33.426
4.800 GHz	0.742 / -37.967	0.096 / 13.611	2.190 / 150.601	0.403 / -29.442	0.483 / 34.813
5.000 GHz	0.742 / -39.423	0.097 / 13.853	2.179 / 149.447	0.404 / -30.575	0.483 / 36.193

freq	NFmin	Mu1	StabFact1
1.000 GHz	1.901	1.855	1.357
1.200 GHz	1.903	1.815	1.353
1.400 GHz	1.905	1.775	1.347
1.600 GHz	1.908	1.734	1.341
1.800 GHz	1.911	1.694	1.334
2.000 GHz	1.915	1.655	1.326
2.200 GHz	1.918	1.617	1.318
2.400 GHz	1.923	1.581	1.309
2.600 GHz	1.927	1.546	1.300
2.800 GHz	1.932	1.512	1.291
3.000 GHz	1.937	1.480	1.281
3.200 GHz	1.943	1.450	1.271
3.400 GHz	1.949	1.421	1.261
3.600 GHz	1.955	1.393	1.251
3.800 GHz	1.961	1.367	1.240
4.000 GHz	1.968	1.342	1.230
4.200 GHz	1.975	1.318	1.219
4.400 GHz	1.983	1.296	1.209
4.600 GHz	1.990	1.275	1.199
4.800 GHz	1.999	1.255	1.188
5.000 GHz	2.007	1.236	1.178

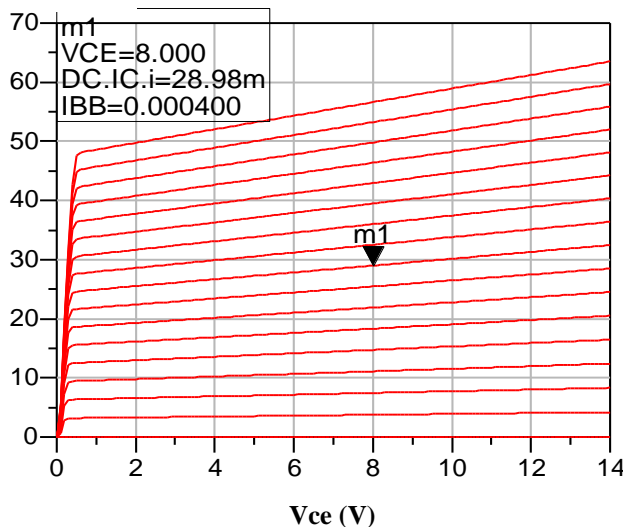
# Ταλαντωτής



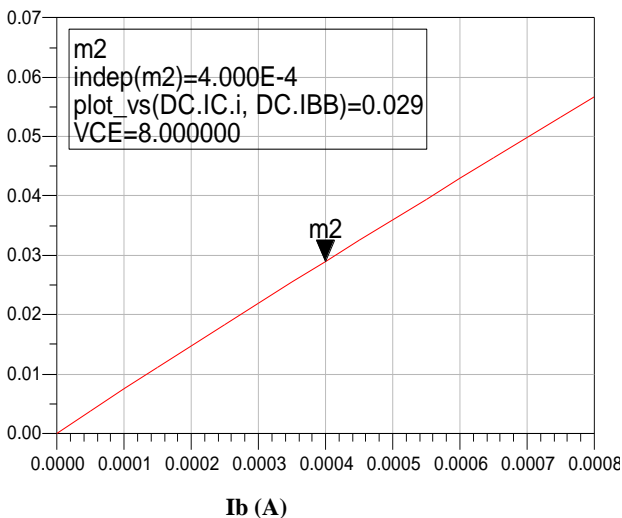
Σημείο Πόλωσης

$V_{CE}=8V$   
 $I_C=28.98mA$   
 $I_B=0.4mA$

Ic (mA)



Ic (A)



AT42010, Package:07 Model Gummel-Poon NPN, P<sub>diss</sub>=500mW, V<sub>ce</sub>(Max)=12V, I<sub>c</sub>(Max)=60mA, V<sub>ce</sub>(typical)=8 V, I<sub>c</sub>(Typical)=25mA, H<sub>fe</sub>=150, Ft=8GHz

## ΠΙΝΑΚΑΣ II

freq	S(1,1)	S(1,2)	S(2,1)	S(2,2)	mu(S)	Sopt	Rn	NFmin	K
500.0 MHz	1.606 / -31.820	0.130 / 69.355	3.272 / -153.338	1.111 / -13.410	-0.918	0.538 / 49.472	24.708	1.511	-0.743
550.0 MHz	1.724 / -38.415	0.148 / 64.455	3.662 / -159.791	1.123 / -16.263	-0.910	0.530 / 55.997	23.111	1.517	-0.722
600.0 MHz	1.838 / -45.799	0.166 / 58.838	4.033 / -167.069	1.128 / -19.495	-0.901	0.526 / 62.356	21.804	1.529	-0.700
650.0 MHz	1.936 / -53.865	0.183 / 52.596	4.360 / -175.037	1.122 / -23.013	-0.891	0.524 / 68.496	20.700	1.547	-0.675
700.0 MHz	2.010 / -62.412	0.197 / 45.919	4.614 / 176.521	1.104 / -26.645	-0.880	0.524 / 74.386	19.741	1.568	-0.650
750.0 MHz	2.050 / -71.162	0.208 / 39.072	4.775 / 167.893	1.072 / -30.162	-0.868	0.527 / 80.010	18.889	1.593	-0.624
800.0 MHz	2.055 / -79.809	0.214 / 32.348	4.835 / 159.386	1.030 / -33.322	-0.855	0.530 / 85.362	18.115	1.620	-0.597
850.0 MHz	2.028 / -88.083	0.217 / 26.007	4.802 / 151.272	0.982 / -35.938	-0.841	0.535 / 90.445	17.399	1.650	-0.569
900.0 MHz	1.977 / -95.796	0.215 / 20.230	4.696 / 143.739	0.931 / -37.912	-0.826	0.541 / 95.269	16.726	1.682	-0.541
950.0 MHz	1.911 / -102.853	0.212 / 15.104	4.539 / 136.879	0.881 / -39.241	-0.810	0.547 / 99.845	16.086	1.715	-0.513
1.000 GHz	1.836 / -109.236	0.207 / 10.641	4.354 / 130.709	0.837 / -39.997	-0.793	0.554 / 104.187	15.471	1.751	-0.485
1.050 GHz	1.759 / -114.979	0.201 / 6.803	4.156 / 125.192	0.797 / -40.290	-0.775	0.561 / 108.309	14.874	1.787	-0.457
1.100 GHz	1.684 / -120.143	0.194 / 3.523	3.958 / 120.265	0.764 / -40.240	-0.756	0.568 / 112.225	14.293	1.825	-0.428
1.150 GHz	1.614 / -124.797	0.188 / 0.731	3.765 / 115.854	0.736 / -39.956	-0.736	0.576 / 115.952	13.724	1.864	-0.400
1.200 GHz	1.548 / -129.011	0.181 / -1.646	3.583 / 111.890	0.713 / -39.530	-0.715	0.583 / 119.501	13.165	1.904	-0.372
1.250 GHz	1.488 / -132.848	0.175 / -3.671	3.412 / 108.308	0.694 / -39.031	-0.692	0.591 / 122.886	12.613	1.944	-0.344
1.300 GHz	1.433 / -136.361	0.170 / -5.401	3.253 / 105.051	0.678 / -38.512	-0.669	0.598 / 126.118	12.069	1.985	-0.316
1.350 GHz	1.383 / -139.597	0.164 / -6.881	3.106 / 102.070	0.665 / -38.005	-0.643	0.606 / 129.210	11.532	2.027	-0.288
1.400 GHz	1.338 / -142.596	0.159 / -8.151	2.971 / 99.326	0.655 / -37.535	-0.617	0.613 / 132.171	11.002	2.070	-0.261
1.450 GHz	1.297 / -145.391	0.155 / -9.244	2.846 / 96.785	0.646 / -37.114	-0.588	0.620 / 135.010	10.479	2.113	-0.233
1.500 GHz	1.261 / -148.008	0.150 / -10.186	2.731 / 94.419	0.639 / -36.751	-0.559	0.627 / 137.738	9.963	2.156	-0.206
1.550 GHz	1.227 / -150.470	0.146 / -10.998	2.625 / 92.203	0.633 / -36.447	-0.527	0.634 / 140.360	9.456	2.200	-0.179
1.600 GHz	1.197 / -152.797	0.142 / -11.700	2.527 / 90.118	0.628 / -36.203	-0.493	0.641 / 142.886	8.957	2.244	-0.152
1.650 GHz	1.170 / -155.005	0.138 / -12.305	2.436 / 88.148	0.624 / -36.018	-0.458	0.647 / 145.320	8.468	2.288	-0.125
1.700 GHz	1.145 / -157.106	0.135 / -12.826	2.351 / 86.279	0.620 / -35.889	-0.420	0.653 / 147.671	7.990	2.333	-0.098
1.750 GHz	1.122 / -159.114	0.132 / -13.272	2.273 / 84.498	0.617 / -35.812	-0.380	0.660 / 149.942	7.525	2.377	-0.072
1.800 GHz	1.101 / -161.036	0.129 / -13.652	2.200 / 82.797	0.615 / -35.785	-0.338	0.666 / 152.140	7.072	2.422	-0.045
1.850 GHz	1.082 / -162.882	0.126 / -13.973	2.132 / 81.166	0.612 / -35.804	-0.294	0.672 / 154.268	6.634	2.467	-0.018
1.900 GHz	1.065 / -164.660	0.123 / -14.239	2.068 / 79.597	0.611 / -35.865	-0.247	0.677 / 156.332	6.213	2.513	0.008
1.950 GHz	1.049 / -166.374	0.120 / -14.455	2.008 / 78.086	0.609 / -35.967	-0.198	0.683 / 158.336	5.809	2.558	0.035
2.000 GHz	1.034 / -168.032	0.117 / -14.624	1.952 / 76.625	0.607 / -36.104	-0.147	0.689 / 160.282	5.425	2.603	0.061

## ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

## ΑΣΚΗΣΕΙΣ

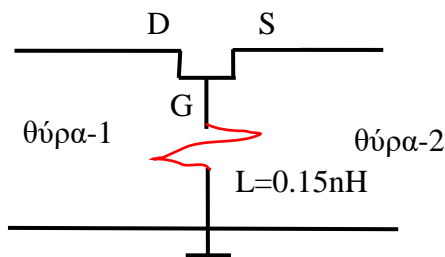
1. Να σχεδιασθεί ένα **ζωνοπερατό φίλτρο (BPF)** με χαρακτηριστικά μέγιστης επιπεδότητας στη ζώνη διέλευσης (τύπου Butterworth), με κεντρική συχνότητα  $f_0=(11+N_1)$ GHz, όπου  $N_1$  το τελευταίο ψηφίο του ΑΦΜ σας. Το εύρος ζώνης 3dB του φίλτρου να είναι  $BW_{3dB}(\%)=(30+2N_1)f_0$  και η απώλεια εισαγωγής στη συχνότητα  $f=(20+2N_1)$ GHz να είναι τουλάχιστον  $A_{dB}\geq(25+2N_1)$ dB. Η χαρακτηριστική αντίσταση του φίλτρου είναι  $Z_0 = 50\Omega$  και θα υλοποιηθεί με τη χρήση τυπωμένων γραμμών σε υπόστρωμα τύπου Rogers 4003:  $\epsilon_r=3.38$ ,  $\tan\delta=0.002$  και πάχος  $h=1.0$  mm.
  - α) Σχεδιάστε την ιδανική απόκριση του φίλτρου σύμφωνα με τις ανωτέρω προδιαγραφές καθώς και μια προσέγγιση της αναμενόμενης απόκρισης.
  - β) Προσδιορίστε την απαιτούμενη τάξη του φίλτρου,  $n =$  ; Σχεδιάστε το κύκλωμα του αντίστοιχου πρωτότυπου χαμηλοπερατού φίλτρου και δώστε τις τιμές των στοιχείων του κυκλώματος ( $g_1$  έως  $g_{n+1} =$  ;)
  - γ) Σχεδιάστε το ισοδύναμο κύκλωμα του επιθυμητού φίλτρου αποκοπής ζώνης και υπολογίστε τις τιμές των στοιχείων του.
  - δ) Τροποποιήστε κατάλληλα το ισοδύναμο κύκλωμα ώστε τα εν σειρά συνδεδεμένα συντονισμένα κυκλώματα να είναι υλοποιήσιμα με παράλληλα συνδεδεμένα stub.
  - ε) Υπολογίστε τις φυσικές διαστάσεις κάθε γραμμής και σχεδιάστε το χωρομετρικό διάγραμμα (layout) του φίλτρου
  
2. Σχεδιασμός Ενισχυτή υψηλού κέρδους (HGA) για γραμμική λειτουργία σε τάξη-A. Έχετε στη διάθεσή σας ένα μικροκυματικό ηρη διπολικό τρανζίστορ τύπου MRF-911 σε τοπολογία κοινού εκπομπού. Οι παράμετροι σκέδασης και οι συντελεστές ευστάθειας  $K$  και  $\mu$  δίνονται στον πίνακα I για το DC σημείο πόλωσης  $V_{CE}=3.0V$  και  $I_{CE}=34mA$  και  $I_b=0.366mA$ . Να σχεδιαστεί ένας ενισχυτής υψηλού κέρδους (HGA) με κεντρική συχνότητα  $f=(3000-200*N_1)$ MHz, όπου  $N_1$  το τελευταίο ψηφίο του ΑΦΜ σας.
  - α) Μελετήστε την ευστάθεια του τρανζίστορ με βάση το συντελεστή  $\mu$  ή το συντελεστή  $K$  και τη διακρίνουσα  $\Delta$ , που δίνονται στον πίνακα I. Υπολογίστε το μέγιστο δυνατό κέρδος και αποφανθείτε κατά πόσο θα προκύψει ευσταθής ενισχυτής.
  - β) Προσδιορίστε τις συνθήκες προσαρμογής εισόδου και εξόδου και υπολογίστε τα κυκλώματα προσαρμογής. Για λόγους απλότητας θεωρείστε μονόπλευρη προσέγγιση ( $S_{12}\approx 0$ ), την οποία να ελέγξετε ως προς την ακρίβεια που εισάγει.
  - γ) i. Με βάση τα αποτελέσματα του ερωτήματος-β, τοποθετήστε το σημείο DC πόλωσης στις DC χαρακτηριστικές του τρανζίστορ (πάνω από τον Πίνακα-I) και χαράξτε τη ευθεία φόρτου. Από αυτήν υπολογίστε την τάση και τη μέγιστη ισχύ εξόδου για την οποία ο ενισχυτής αρχίζει να μπαίνει σε κορεσμό.  
ii. Υπολογίστε το κέρδος του ενισχυτή και προσδιορίστε την οριακή ισχύ εισόδου για την οποία ο ενισχυτής θα αρχίσει να μπαίνει σε κορεσμό.
  - δ) Σχεδιάστε το κύκλωμα DC-πόλωσης του τρανζίστορ χρησιμοποιώντας ένα μονοπολικό τροφοδοτικό τάσης 9.0V. Θεωρείστε  $V_{BE}=0.7V$  και προσδιορίστε το DC-κέρδος  $\beta_{dc}=h_{FE}$ ; από το διάγραμμα  $I_C-I_B$ .
  - ε) Σχεδιάστε το χωρομετρικό διάγραμμα του ενισχυτή συμπεριλαμβάνοντας τα κυκλώματα προσαρμογής και πόλωσης.

### 3. Σχεδιασμός μικροκυματικού Ταλαντωτή

Για το σχεδιασμό ενός μικροκυματικού ταλαντωτή χρησιμοποιούμε το μικροκυματικό GaAs-FET τύπου MGF2148 τρανζίστορ, το οποίο οδηγήθηκε σε αστάθεια με την προσθήκη μιας αυτεπαγωγής  $L=0.15\text{nH}$  (ανάδραση) στον κοινό ακροδέκτη της πύλης. Η συνδεσμολογία του τρανζίστορ και το σημείο DC-πόλωσης δίνονται στο σχήμα 1, ενώ οι παράμετροι σκέδασης δίνονται στον πίνακα II.

Σχεδιάστε ένα μικροκυματικό ταλαντωτή που να λειτουργεί σε συχνότητα  $f_0=(4.9-0.1N_1)$  GHz, όπου  $N_1$  το τελευταίο ψηφίο του ΑΦΜ σας.

- Προσδιορίστε σε ποια θύρα θα συνδεθεί το φορτίο. Υπολογίστε και σχεδιάστε τον αντίστοιχο κύκλο ευστάθειας. Επιλέξτε κατάλληλα το συντελεστή ανάκλασης φορτίου και συντονιστή.
- Σχεδιάστε τα κυκλώματα προσαρμογής των θυρών-1 και 2 και προτείνεται ένα κατάλληλο κύκλωμα συντονιστή (δώστε συγκεκριμένες τιμές  $L=$ ; ,  $C=$ ;)
- Σχεδιάστε το κύκλωμα DC-πόλωσης χρησιμοποιώντας ένα τροφοδοτικό τάσης 9V ή εναλλακτικά ένα διπλό τροφοδοτικό +12V, +5V.
- Τοποθετείστε το σημείο πόλωσης στις DC-χαρακτηριστικές του τρανζίστορ (σχήμα πάνω από τον πίνακα II), χαράξτε την ευθεία φόρτου και εκτιμήστε την ισχύ εξόδου του ταλαντωτή,  $P_{\text{out}}=$ ; Υπολογίστε την καταναλισκόμενη ισχύ  $P_{\text{DC}}=?$  και εκτιμήστε την απόδοση  $\eta= P_{\text{DC}}/ P_{\text{out}}=?$
- Σχεδιάστε το χωρομετρικό διάγραμμα του ταλαντωτή συμπεριλαμβάνοντας το κύκλωμα προσαρμογής και πόλωσης.



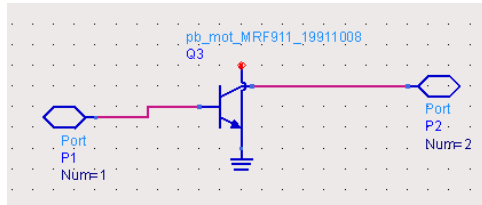
Σημείο DC-πόλωσης

$$V_{\text{DS}} = 4.0\text{V}$$

$$I_{\text{DS}} = 684\text{mA}$$

$$V_{\text{GS}} = -1.60\text{V}$$

Σχήμα 1



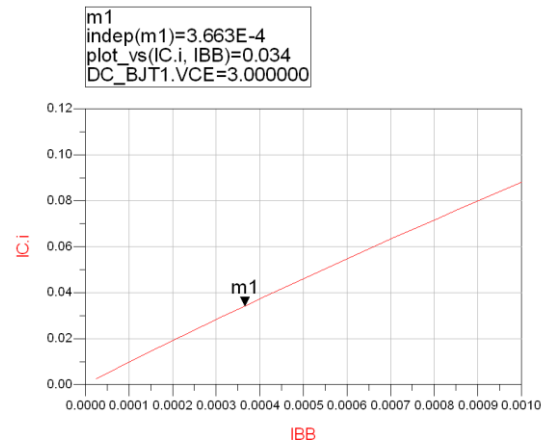
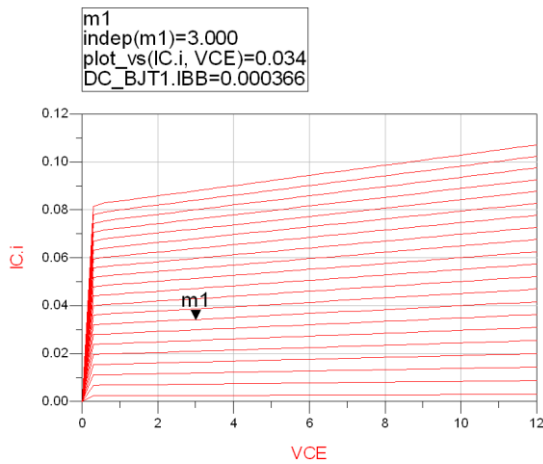
Σημείο Πόλωσης

$$V_{CE} = 3V$$

$$I_{CE} = 34mA$$

$$I_B = 366\mu A$$

MRF911: MACROX Package 4-terminal, NPN P<sub>diss</sub>=400mW, V<sub>ce</sub>(Max)=12V, I<sub>c</sub>(Max)=40mA, V<sub>ce</sub>(typical)=10V, I<sub>c</sub>(typical)=30mA, H<sub>fe</sub>=30-200, F<sub>t</sub>=5GHz

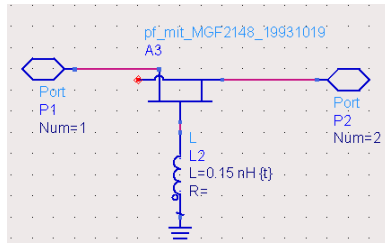


ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

freq	S(1,1)	S(1,2)	S(2,1)	S(2,2)	Mu1
500.0 MHz	0.515 / 161.409	0.053 / 58.927	6.305 / 91.365	0.248 / 171.273	2.130
600.0 MHz	0.518 / 157.841	0.062 / 59.928	5.317 / 85.662	0.249 / 171.730	2.121
700.0 MHz	0.522 / 154.318	0.071 / 60.103	4.588 / 80.697	0.251 / 171.888	2.104
800.0 MHz	0.527 / 150.845	0.080 / 59.738	4.029 / 76.219	0.255 / 171.791	2.083
900.0 MHz	0.532 / 147.430	0.089 / 59.004	3.589 / 72.080	0.259 / 171.474	2.061
1.000 GHz	0.537 / 144.078	0.098 / 58.009	3.232 / 68.192	0.264 / 170.966	2.039
1.100 GHz	0.543 / 140.792	0.106 / 56.826	2.938 / 64.496	0.270 / 170.286	2.018
1.200 GHz	0.549 / 137.577	0.115 / 55.503	2.691 / 60.956	0.276 / 169.453	1.997
1.300 GHz	0.556 / 134.433	0.123 / 54.075	2.480 / 57.544	0.283 / 168.480	1.976
1.400 GHz	0.563 / 131.364	0.131 / 52.568	2.299 / 54.242	0.290 / 167.383	1.956
1.500 GHz	0.570 / 128.370	0.139 / 51.001	2.140 / 51.037	0.297 / 166.173	1.937
1.600 GHz	0.577 / 125.451	0.147 / 49.389	2.001 / 47.921	0.305 / 164.861	1.919
1.700 GHz	0.584 / 122.608	0.154 / 47.743	1.877 / 44.885	0.312 / 163.458	1.901
1.800 GHz	0.592 / 119.840	0.161 / 46.072	1.767 / 41.925	0.320 / 161.975	1.884
1.900 GHz	0.600 / 117.146	0.168 / 44.385	1.668 / 39.037	0.328 / 160.419	1.868
2.000 GHz	0.607 / 114.525	0.175 / 42.687	1.578 / 36.219	0.336 / 158.801	1.853
2.100 GHz	0.615 / 111.977	0.181 / 40.984	1.496 / 33.467	0.344 / 157.129	1.839
2.200 GHz	0.622 / 109.500	0.187 / 39.280	1.421 / 30.782	0.352 / 155.409	1.825
2.300 GHz	0.630 / 107.092	0.193 / 37.579	1.352 / 28.161	0.360 / 153.649	1.813
2.400 GHz	0.637 / 104.752	0.198 / 35.885	1.289 / 25.604	0.368 / 151.856	1.801
2.500 GHz	0.645 / 102.478	0.203 / 34.199	1.230 / 23.110	0.376 / 150.036	1.790
2.600 GHz	0.652 / 100.269	0.208 / 32.526	1.176 / 20.678	0.383 / 148.194	1.780
2.700 GHz	0.659 / 98.124	0.212 / 30.867	1.125 / 18.308	0.391 / 146.335	1.770
2.800 GHz	0.666 / 96.039	0.216 / 29.223	1.078 / 16.000	0.399 / 144.465	1.761
2.900 GHz	0.672 / 94.015	0.220 / 27.598	1.034 / 13.753	0.406 / 142.588	1.753
3.000 GHz	0.679 / 92.049	0.224 / 25.991	0.992 / 11.568	0.413 / 140.707	1.746

# Ταλαντωτής GaAs-FET

⋮



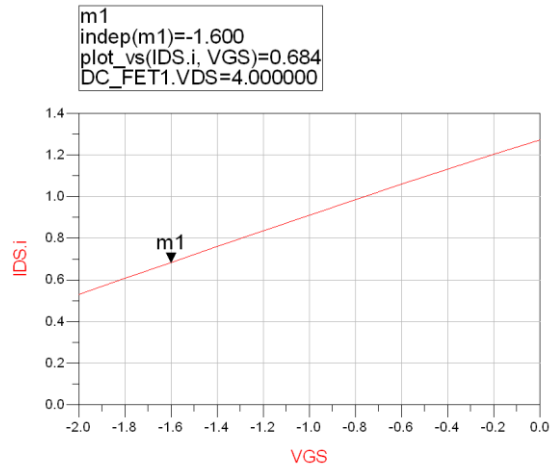
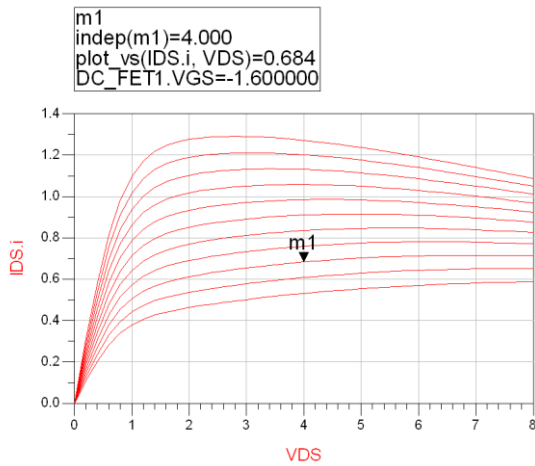
Σημείο Πόλωσης

$$V_{DS} = 4V$$

$$I_{DS} = 684mA$$

$$V_{GS} = -1.6V$$

MGF2148: GF4 Package 4-terminal, Gw=750um, Gl=0.60um, Pdiss=10000mW, Vbr=17V, @ Vds=3V: Idss(sim)=1290.24mA, Vt(sim)=-3.83V



freq	S(1,1)	S(1,2)	S(2,1)	S(2,2)	Mu1	StabFact1	Determinant
3.00 GHz	1.35 / -70.39	2.03 / -53.27	0.06 / 85.42	0.97 / 1.75E2	-0.93	-0.54	1.97
3.10 GHz	1.39 / -73.25	2.05 / -55.93	0.07 / 93.65	0.98 / 1.75E2	-0.95	-0.66	1.99
3.20 GHz	1.42 / -76.35	2.06 / -58.83	0.08 / 100.00	0.99 / 1.74E2	-0.95	-0.74	2.01
3.30 GHz	1.46 / -79.69	2.07 / -62.00	0.09 / 1.05E2	1.01 / 1.73E2	-0.96	-0.79	2.02
3.40 GHz	1.50 / -83.30	2.07 / -65.45	0.11 / 1.08E2	1.02 / 1.72E2	-0.96	-0.81	2.03
3.50 GHz	1.54 / -87.21	2.07 / -69.23	0.12 / 1.09E2	1.04 / 1.71E2	-0.96	-0.82	2.04
3.60 GHz	1.58 / -91.44	2.07 / -73.36	0.14 / 1.10E2	1.05 / 1.70E2	-0.96	-0.83	2.04
3.70 GHz	1.61 / -96.01	2.05 / -77.86	0.17 / 1.10E2	1.06 / 1.69E2	-0.95	-0.82	2.02
3.80 GHz	1.64 / -1.01E2	2.02 / -82.74	0.19 / 1.09E2	1.08 / 1.67E2	-0.95	-0.81	2.00
3.90 GHz	1.66 / -1.06E2	1.98 / -88.03	0.21 / 1.07E2	1.08 / 1.66E2	-0.94	-0.80	1.96
4.00 GHz	1.67 / -1.12E2	1.92 / -93.70	0.24 / 1.05E2	1.09 / 1.64E2	-0.93	-0.78	1.90
4.10 GHz	1.71 / -1.15E2	1.93 / -96.86	0.26 / 1.04E2	1.10 / 1.63E2	-0.93	-0.77	1.91
4.20 GHz	1.74 / -1.18E2	1.93 / -1.00E2	0.28 / 1.03E2	1.11 / 1.61E2	-0.92	-0.76	1.92
4.30 GHz	1.77 / -1.21E2	1.94 / -1.04E2	0.31 / 1.02E2	1.12 / 1.60E2	-0.92	-0.75	1.92
4.40 GHz	1.81 / -1.24E2	1.93 / -1.07E2	0.33 / 1.01E2	1.13 / 1.58E2	-0.91	-0.73	1.92
4.50 GHz	1.83 / -1.27E2	1.93 / -1.11E2	0.35 / 99.23	1.14 / 1.57E2	-0.90	-0.72	1.92
4.60 GHz	1.86 / -1.30E2	1.92 / -1.15E2	0.38 / 97.50	1.14 / 1.55E2	-0.90	-0.70	1.91
4.70 GHz	1.88 / -1.34E2	1.91 / -1.19E2	0.40 / 95.60	1.15 / 1.53E2	-0.89	-0.68	1.89
4.80 GHz	1.90 / -1.38E2	1.89 / -1.23E2	0.43 / 93.54	1.15 / 1.52E2	-0.88	-0.66	1.88
4.90 GHz	1.92 / -1.41E2	1.87 / -1.27E2	0.45 / 91.36	1.15 / 1.50E2	-0.87	-0.64	1.85

ΠΙΝΑΚΑΣ II