

ΨΣ014 – Ηλεκτρονική

10: MOSFETs

Γιάννης Λιαπέρδος

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου
Σχολή Οικονομίας και Τεχνολογίας
Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων

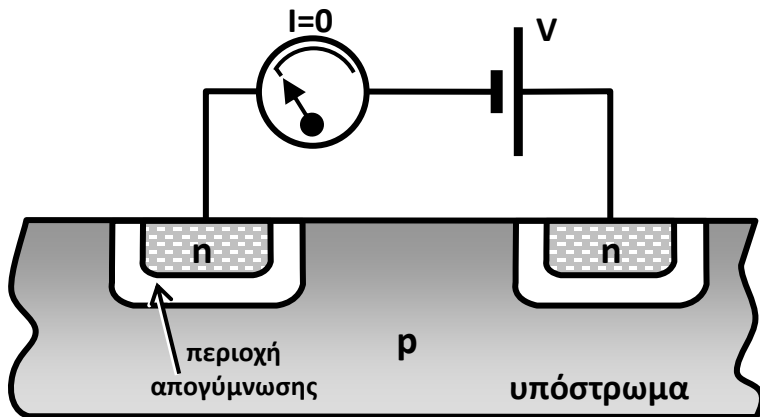


Περιεχόμενα

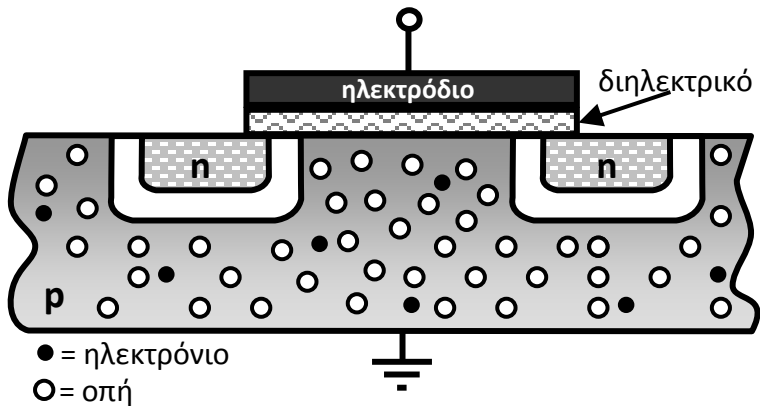
- 1 Αρχή λειτουργίας
- 2 Τύποι
- 3 Κυκλωματικά σύμβολα
- 4 Περιοχές λειτουργίας
- 5 Χαρακτηριστικές
- 6 Μαθηματικό μοντέλο
- 7 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά
- 8 Ισοδύναμα κυκλώματα
- 9 Ασκήσεις



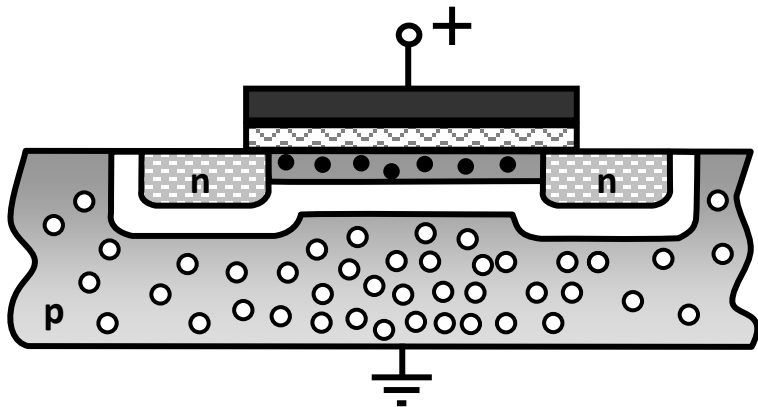
Αρχή λειτουργίας του MOSFET



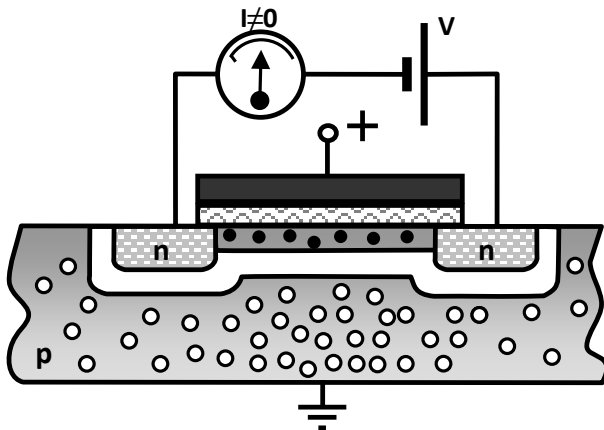
Αρχή λειτουργίας του MOSFET



Αρχή λειτουργίας του MOSFET



Αρχή λειτουργίας του MOSFET



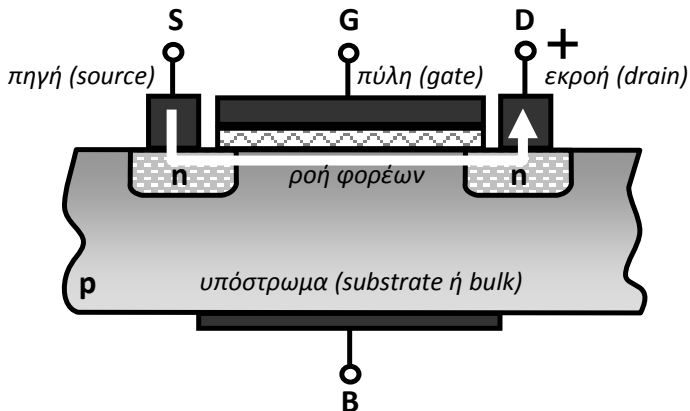
Περιεχόμενα

- 1 Αρχή λειτουργίας
- 2 Τύποι**
- 3 Κυκλωματικά σύμβολα
- 4 Περιοχές λειτουργίας
- 5 Χαρακτηριστικές
- 6 Μαθηματικό μοντέλο
- 7 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά
- 8 Ισοδύναμα κυκλώματα
- 9 Ασκήσεις



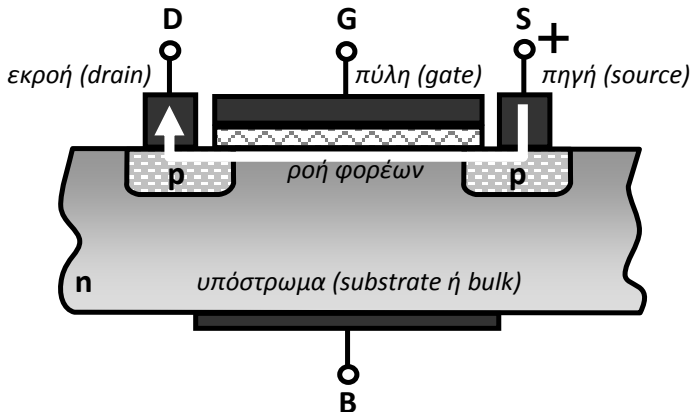
Τύποι MOSFETs

- Τρανζίστορ nMOS: Δομή, ακροδέκτες, συμβολισμοί



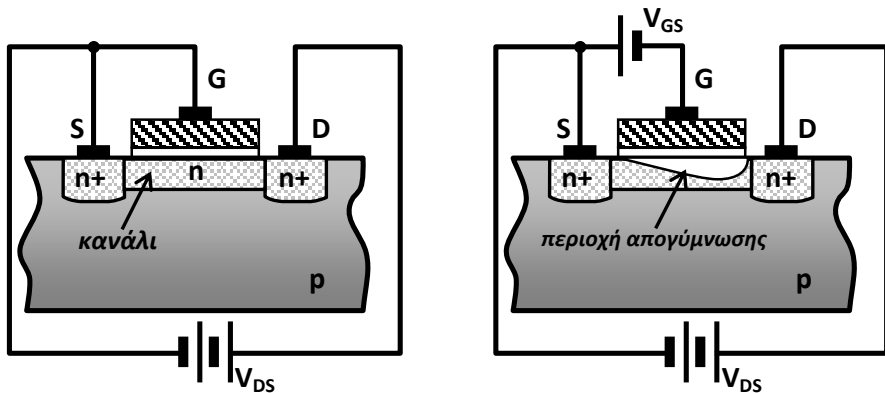
Τύποι MOSFETs

- Τρανζίστορ pMOS: Δομή, ακροδέκτες, συμβολισμοί



Τύποι MOSFETs

- Τρανζίστορ MOS απογύμνωσης καναλιού



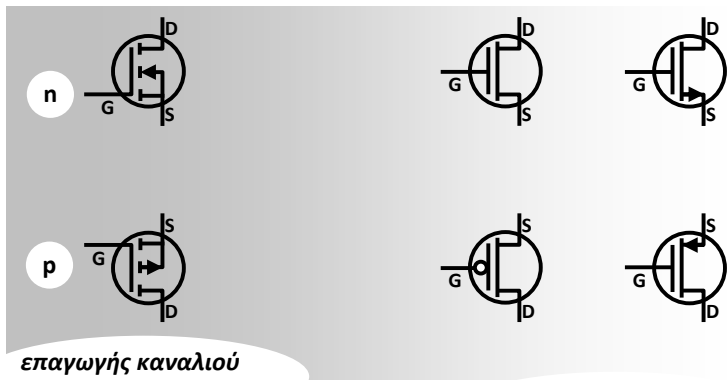
Περιεχόμενα

- 1 Αρχή λειτουργίας
- 2 Τύποι
- 3 Κυκλωματικά σύμβολα**
- 4 Περιοχές λειτουργίας
- 5 Χαρακτηριστικές
- 6 Μαθηματικό μοντέλο
- 7 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά
- 8 Ισοδύναμα κυκλώματα
- 9 Ασκήσεις



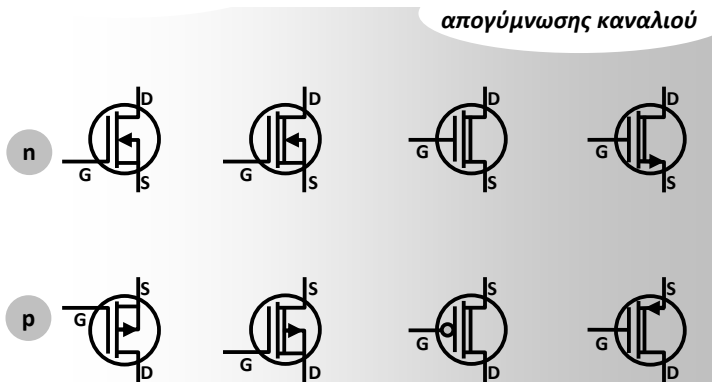
Κυκλωματικά σύμβολα των τρανζίστορ MOS

- Κυκλωματικά σύμβολα των τρανζίστορ MOS επαγωγής καναλιού



Κυκλωματικά σύμβολα των τρανζίστορ MOS

- Κυκλωματικά σύμβολα των τρανζίστορ MOS απογύμνωσης καναλιού



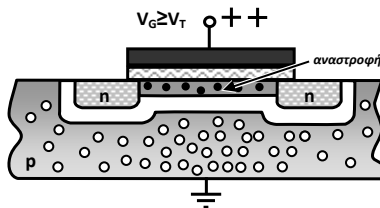
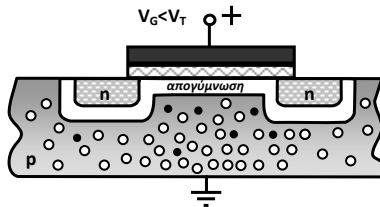
Περιεχόμενα

- 1 Αρχή λειτουργίας
- 2 Τύποι
- 3 Κυκλωματικά σύμβολα
- 4 Περιοχές λειτουργίας**
- 5 Χαρακτηριστικές
- 6 Μαθηματικό μοντέλο
- 7 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά
- 8 Ισοδύναμα κυκλώματα
- 9 Ασκήσεις



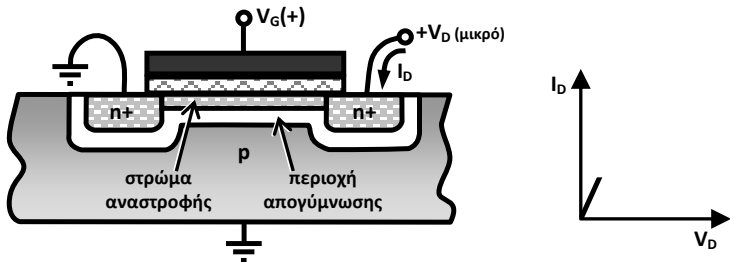
Περιοχές λειτουργίας του τρανζίστορ MOS

- Φάσεις επαγωγής καναλιού στο τρανζίστορ MOS



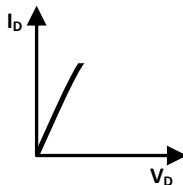
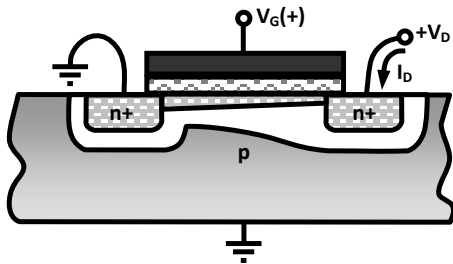
Περιοχές λειτουργίας του τρανζίστορ MOS

- Περιοχές λειτουργίας του τρανζίστορ MOS σε αγώγιμη κατάσταση



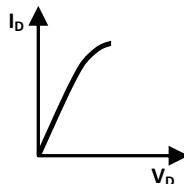
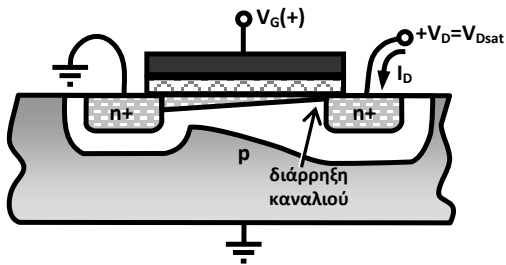
Περιοχές λειτουργίας του τρανζίστορ MOS

- Περιοχές λειτουργίας του τρανζίστορ MOS σε αγώγιμη κατάσταση



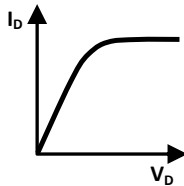
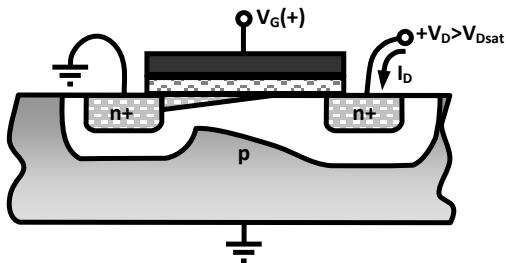
Περιοχές λειτουργίας του τρανζίστορ MOS

- Περιοχές λειτουργίας του τρανζίστορ MOS σε αγώγιμη κατάσταση



Περιοχές λειτουργίας του τρανζίστορ MOS

- Περιοχές λειτουργίας του τρανζίστορ MOS σε αγώγιμη κατάσταση



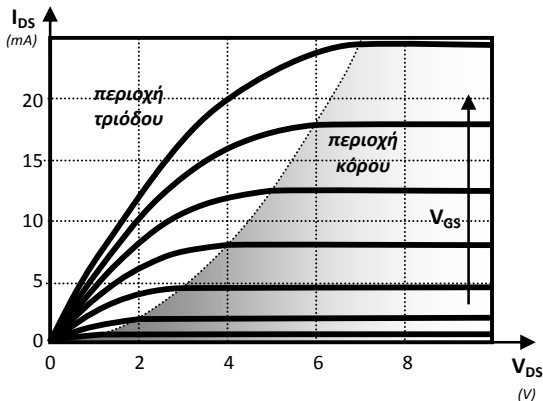
Περιεχόμενα

- 1 Αρχή λειτουργίας
- 2 Τύποι
- 3 Κυκλωματικά σύμβολα
- 4 Περιοχές λειτουργίας
- 5 Χαρακτηριστικές**
- 6 Μαθηματικό μοντέλο
- 7 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά
- 8 Ισοδύναμα κυκλώματα
- 9 Ασκήσεις



Χαρακτηριστικές του τρανζίστορ MOS

- Χαρακτηριστικές ρεύματος – τάσης ιδανικού τρανζίστορ nMOS



Περιεχόμενα

- 1 Αρχή λειτουργίας
- 2 Τύποι
- 3 Κυκλωματικά σύμβολα
- 4 Περιοχές λειτουργίας
- 5 Χαρακτηριστικές
- 6 Μαθηματικό μοντέλο**
- 7 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά
- 8 Ισοδύναμα κυκλώματα
- 9 Ασκήσεις



Μαθηματικό μοντέλο για το MOSFET

- Μαθηματικές εκφράσεις για το τρανζίστορ nMOS

ΠΕΡΙΟΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΡΕΥΜΑ ΚΑΝΑΛΙΟΥ (I_{DS})
Αποκοπή	$V_{GS} < V_T$	0
Τριόδου	$V_{DS} < V_{GS} - V_T, V_{GS} > V_T$	$\beta_n \left[(V_{GS} - V_T) V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right]$
Κόρος	$V_{DS} > V_{GS} - V_T, V_{GS} > V_T$	$\beta_n \frac{(V_{GS} - V_T)^2}{2}$

όπου: $\beta_n = \frac{\mu_n \epsilon W}{t_{ox} L}$



Μαθηματικό μοντέλο για το MOSFET

- Μαθηματικές εκφράσεις για το τρανζίστορ pMOS

ΠΕΡΙΟΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΣΥΝΘΗΚΕΣ	ΡΕΥΜΑ ΚΑΝΑΛΙΟΥ (I_{DS})
Αποκοπή	$V_{GS} > V_T$	0
Τριόδου	$V_{DS} > V_{GS} - V_T, V_{GS} < V_T$	$-\beta_p \left[(V_{GS} - V_T) V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right]$
Κόρος	$V_{DS} < V_{GS} - V_T, V_{GS} < V_T$	$-\beta_p \frac{(V_{GS} - V_T)^2}{2}$

όπου: $\beta_p = \frac{\mu_p \epsilon W}{t_{ox} L}$

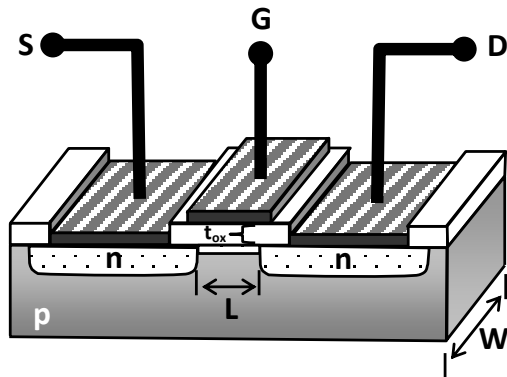


Περιεχόμενα

- 1 Αρχή λειτουργίας
- 2 Τύποι
- 3 Κυκλωματικά σύμβολα
- 4 Περιοχές λειτουργίας
- 5 Χαρακτηριστικές
- 6 Μαθηματικό μοντέλο
- 7 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά**
- 8 Ισοδύναμα κυκλώματα
- 9 Ασκήσεις



Γεωμετρικά χαρακτηριστικά τρανζίστορ nMOS



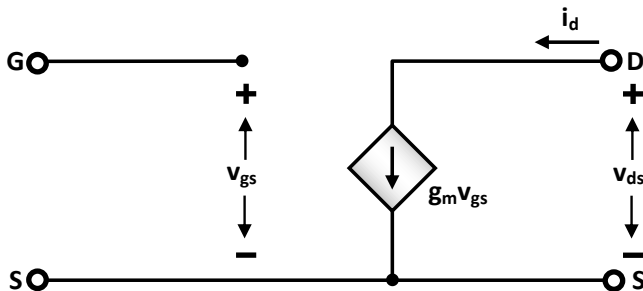
Περιεχόμενα

- 1 Αρχή λειτουργίας
- 2 Τύποι
- 3 Κυκλωματικά σύμβολα
- 4 Περιοχές λειτουργίας
- 5 Χαρακτηριστικές
- 6 Μαθηματικό μοντέλο
- 7 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά
- 8 Ισοδύναμα κυκλώματα**
- 9 Ασκήσεις



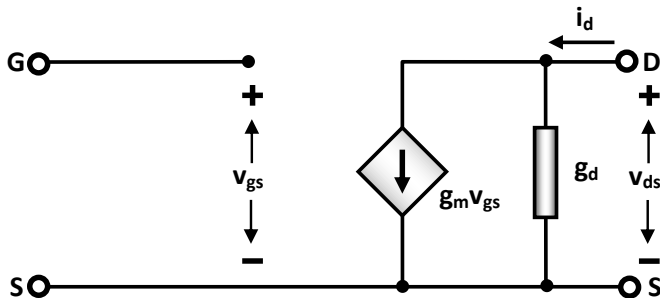
Ισοδύναμα κυκλώματα για το MOSFET

- Ισοδύναμο μικρού σήματος για ιδανικό MOSFET στις χαμηλές συχνότητες



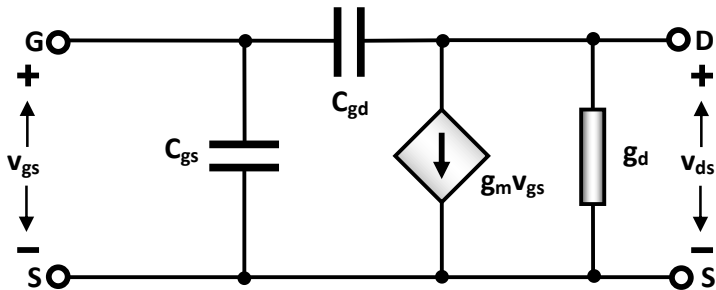
Ισοδύναμα κυκλώματα για το MOSFET

- Ισοδύναμο μικρού σήματος για MOSFET στις χαμηλές συχνότητες



Ισοδύναμα κυκλώματα για το MOSFET

- Ισοδύναμο μικρού σήματος για MOSFET στις υψηλές συχνότητες



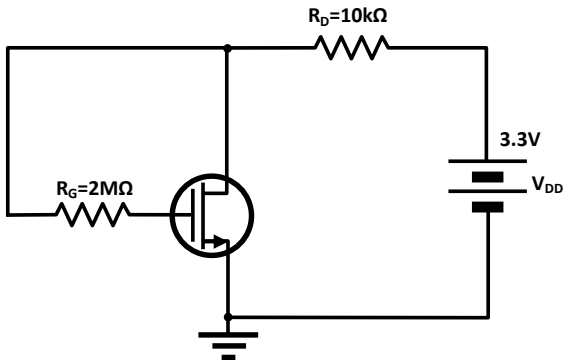
Περιεχόμενα

- 1 Αρχή λειτουργίας
- 2 Τύποι
- 3 Κυκλωματικά σύμβολα
- 4 Περιοχές λειτουργίας
- 5 Χαρακτηριστικές
- 6 Μαθηματικό μοντέλο
- 7 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά
- 8 Ισοδύναμα κυκλώματα
- 9 Ασκήσεις



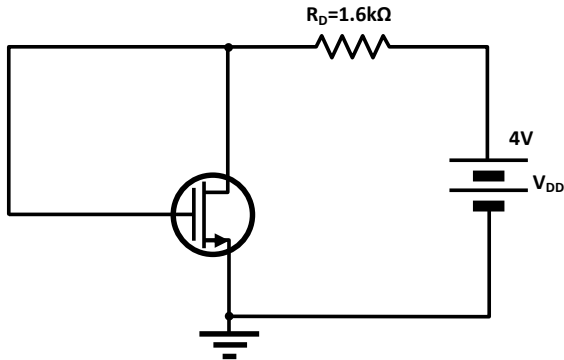
Άσκηση 1

- Να βρεθεί το σημείο λειτουργίας του MOSFET του κυκλώματος. Δίνεται η τάση κατωφλίου του $V_T = 1V$ και $\beta_n = 260\mu A/V^2$.



Άσκηση 2

- Να βρεθεί το σημείο λειτουργίας του MOSFET του κυκλώματος. Δίνεται η τάση κατωφλίου του $V_T = 1V$ και $\beta_n = 250\mu A/V^2$.



Άσκηση 3

- Για το κύκλωμα του σχήματος να αποδείξετε ότι ισχύει $\frac{I_o}{I_{ref}} = \frac{(W/L)_2}{(W/L)_1}$. Ποια η χρησιμότητα του κυκλώματος;

