



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Σχεδίαση Μεικτών VLSI Κυκλωμάτων

Ενότητα 2: Βασικά μοντέλα των διατάξεων MOS

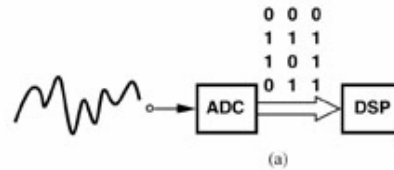
Αγγελική Αραπογιάννη

Σχολή Θετικών Επιστημών

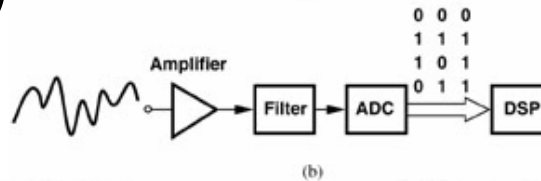
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

Εισαγωγή στην αναλογική σχεδίαση

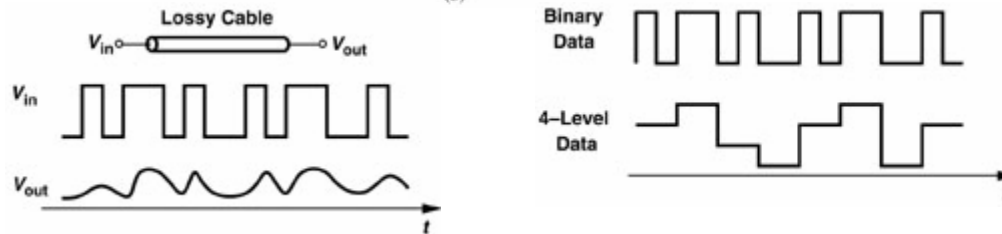
Γιατί Αναλογικά;



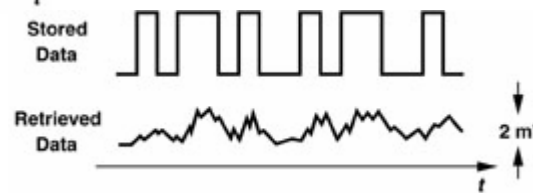
Επεξεργασία Φυσικών σημάτων.



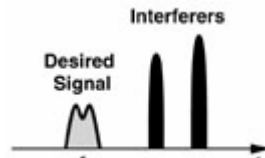
Ψηφιακές επικοινωνίες.



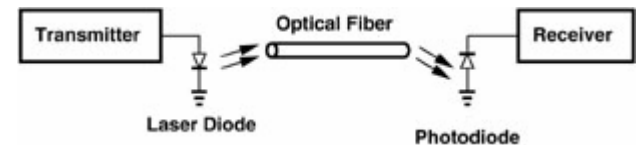
Ηλεκτρονικά Οδήγησης Δίσκων



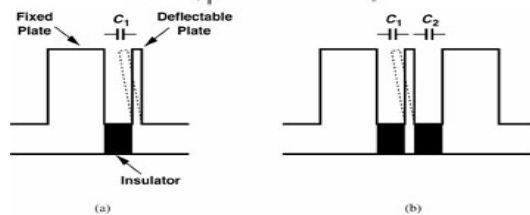
Ασύρματοι Δέκτες.



Οπτικοί Δέκτες.



Αισθητήρες.

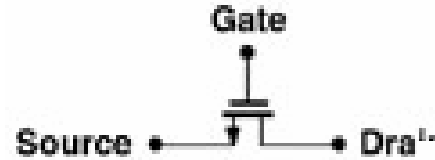


Μικροεπεξεργαστές και Μνήμες.

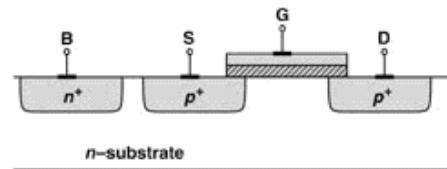
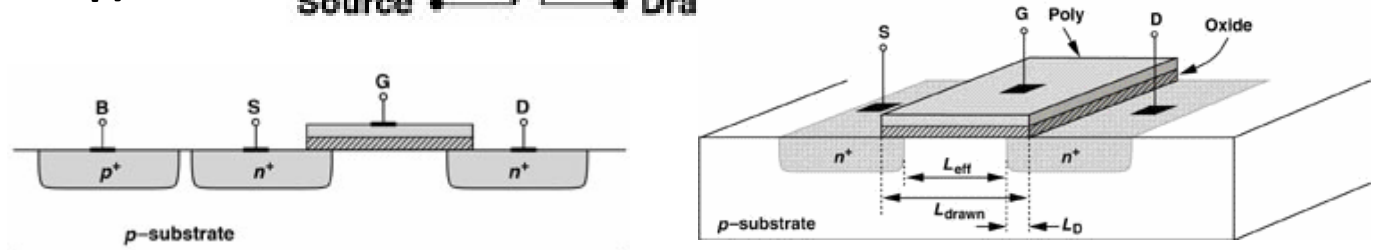


Φυσική των βασικών διατάξεων MOS

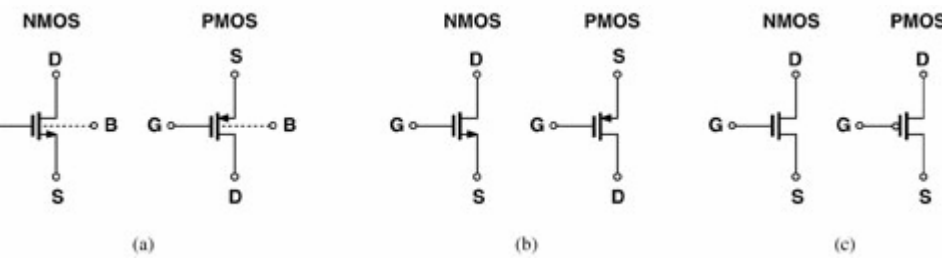
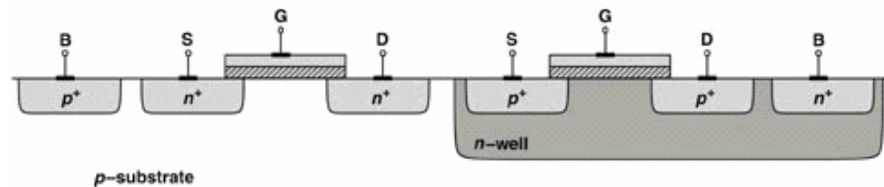
Το MOSFET σαν διακόπτης



Η δομή του MOSFET



(a)



(a)

(b)

(c)

Συμβολισμοί των MOS

Χαρακτηριστικές I/V του MOS

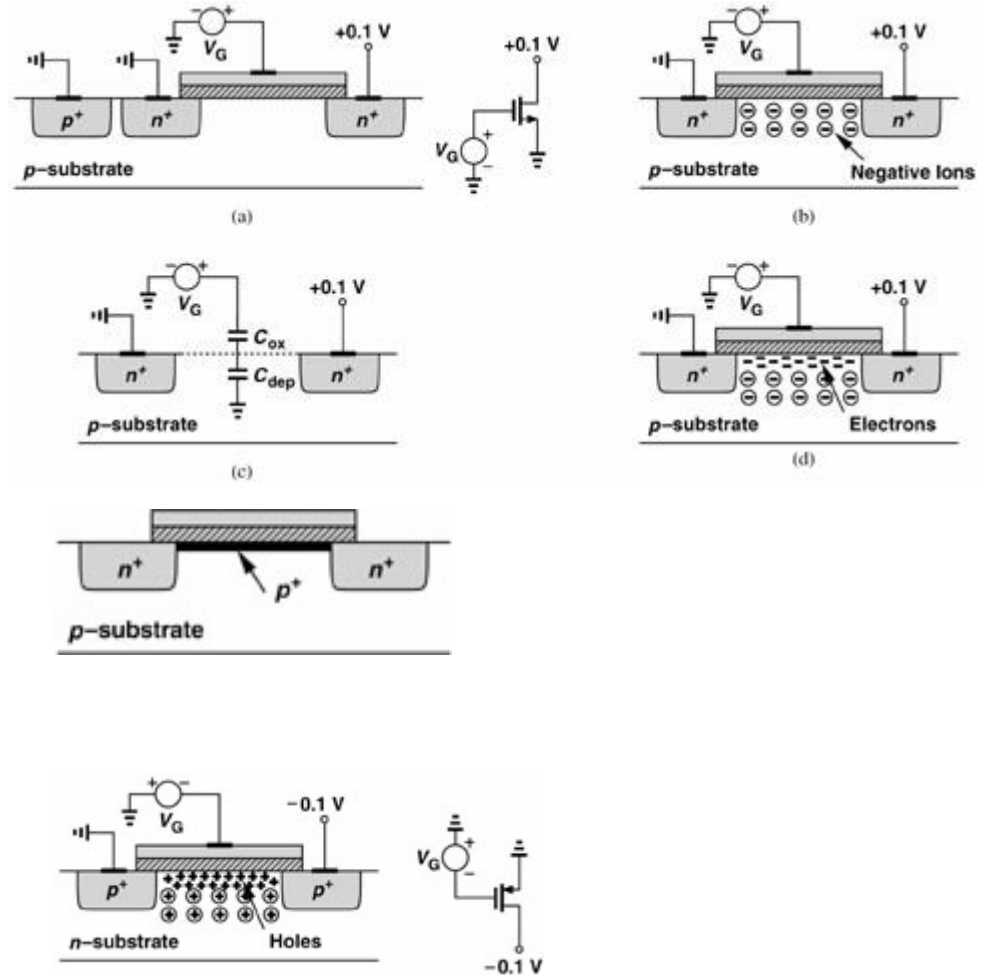
Η τάση κατωφλίου:

$$V_{TH} = \Phi_{MS} + 2\Phi_F + \frac{Q_{dep}}{C_{ox}}$$

$$\Phi_F = (kT/q) \ln(N_{sub}/n_i)$$

$$Q_{dep} = \sqrt{4q\epsilon_s |\Phi_F| N_{sub}}$$

PMOS



Παραγωγή των χαρακτηριστικών I/V (1 από 3)

$$I = Q_d \cdot v$$

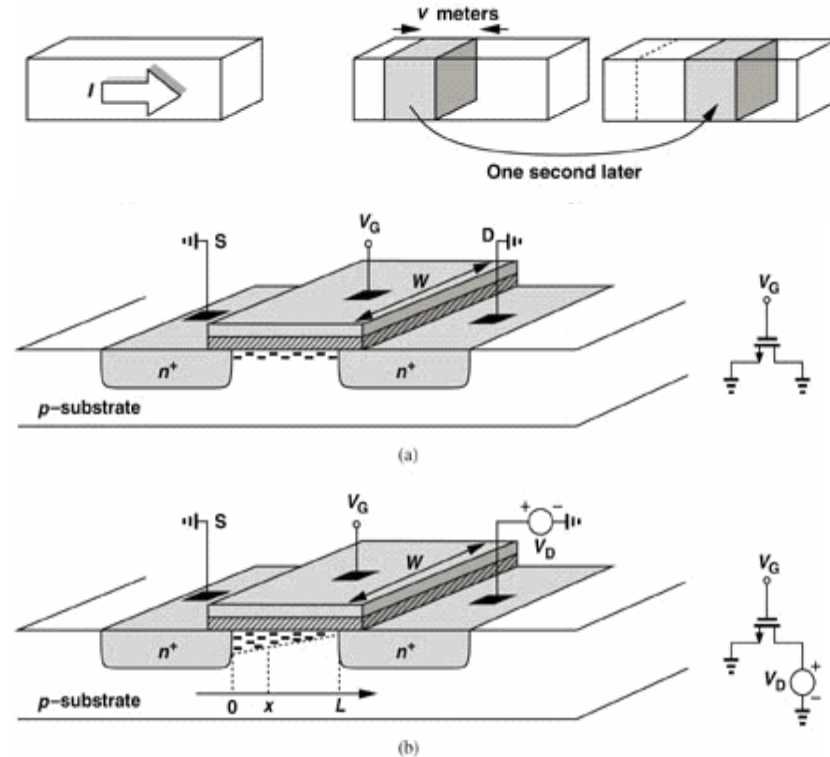
$$Q_d = WC_{ox} (V_{GS} - V_{TH})$$

$$Q_d(x) = WC_{ox} [V_{GS} - V(x) - V_{TH}]$$

$$I_D = -WC_{ox} [V_{GS} - V(x) - V_{TH}]v$$

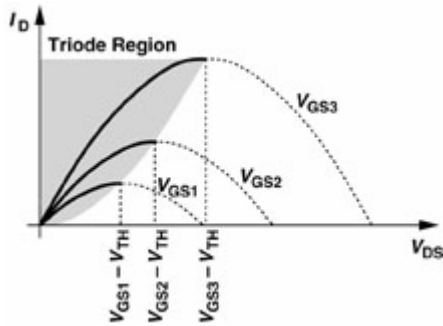
$$v = \mu E, E(x) = -\frac{dV(x)}{dx} \Rightarrow I_D = WC_{ox} [V_{GS} - V(x) - V_{TH}] \mu_n \frac{dV(x)}{dx},$$

$$\int_{x=0}^L I_D dx = \int_{V=0}^{V_{DS}} WC_{ox} [V_{GS} - V(x) - V_{TH}] \mu_n dV(x),$$



$$I_D = \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} [(V_{GS} - V_{TH})V_{DS} - \frac{1}{2}V_{DS}^2].$$

Παραγωγή των χαρακτηριστικών I/V (2 από 3)



$$\frac{\partial I_D}{\partial V_{DS}} = 0 \text{ για } V_{DS} = V_{GS} - V_{TH}$$

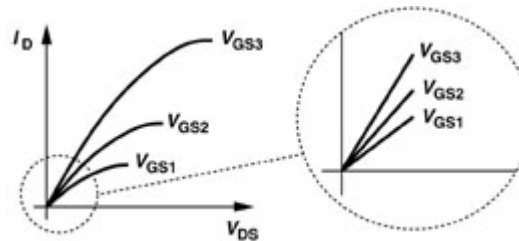
$$I_D = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_{TH})^2$$

$V_{GS} - V_{TH}$ τάση υπεροδήγησης

$$\text{Av } \boxed{V_{DS} \ll 2(V_{GS} - V_{TH})}$$

$$I_D \approx \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_{TH}) V_{DS}$$

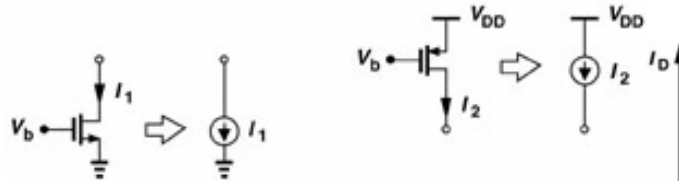
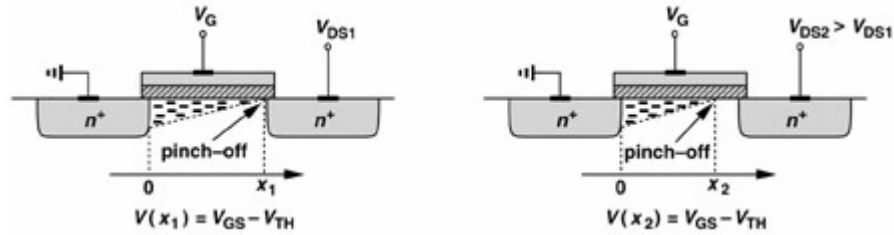
$$\boxed{R_{on} = \frac{1}{\mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_{TH})}}$$



Παραγωγή των χαρακτηριστικών I/V (3 από 3)

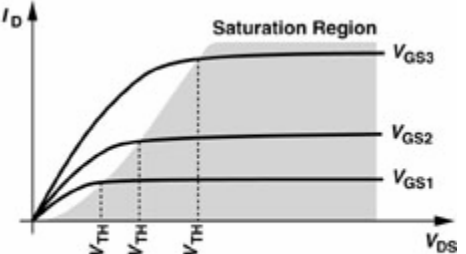
$$V_{DS} > (V_{GS} - V_{TH})$$

$$I_D = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L'} (V_{GS} - V_{TH})^2$$



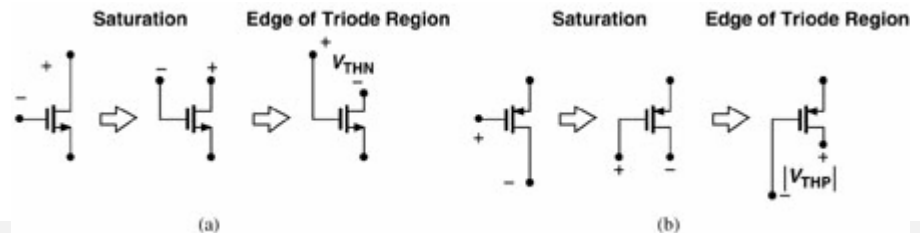
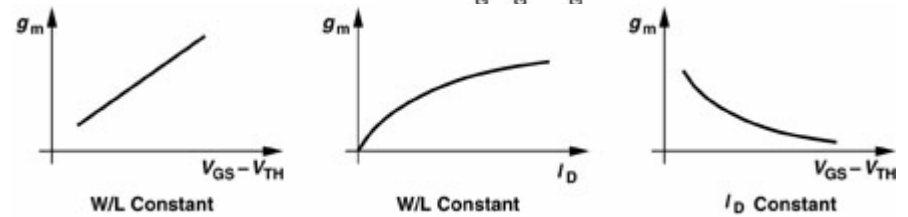
PMOS

$$I_D = -\mu_p C_{ox} \frac{W}{L} [(V_{GS} - V_{TH})V_{DS} - \frac{1}{2} V_{DS}^2]$$



$$g_m = \left. \frac{\partial I_D}{\partial V_{GS}} \right|_{V_{DS}} = \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_{TH})$$

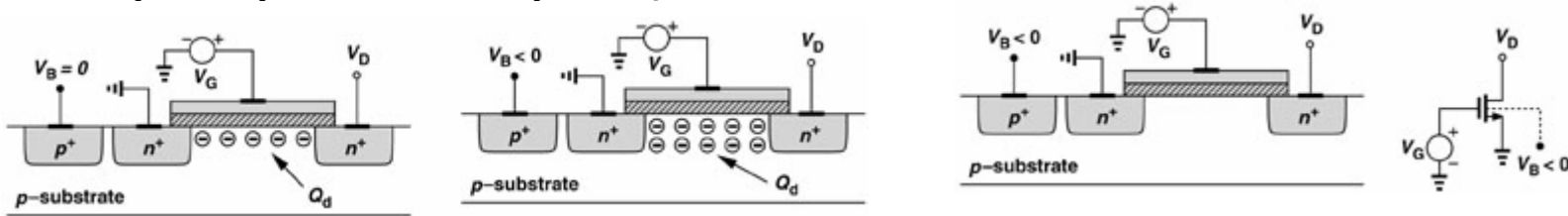
$$g_m = \sqrt{2\mu_n C_{ox} \frac{W}{L} I_D} = \frac{2I_D}{V_{GS} - V_{TH}}$$



(a) (b)

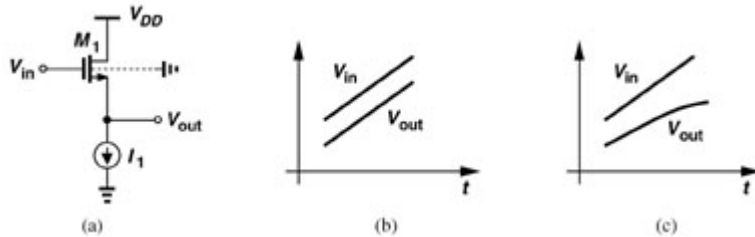
Φαινόμενα δευτέρας τάξεως

Το φαινόμενο του σώματος



$$V_{TH} = V_{TH0} + \gamma(\sqrt{2\Phi_F + V_{SB}} - \sqrt{2\Phi_F})$$

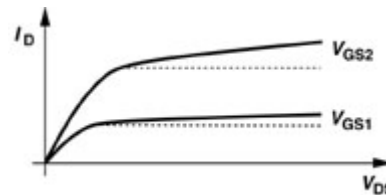
$$\gamma = \sqrt{2q\epsilon_s N_{sub} / C_{ox}}$$



$$I_1 = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (V_{in} - V_{out} - V_{TH0})^2$$

Διαμόρφωση του Μήκους του Καναλιού

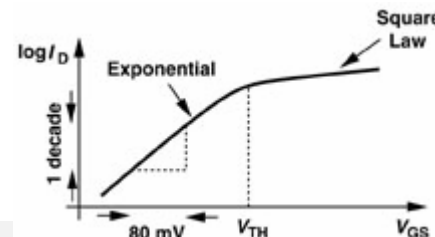
$$I_D \approx \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_{TH})^2 (1 + \lambda V_{DS})$$



λ = συντελεστής διαμόρφωσης μήκους καναλιού $\sim 1/L$

Υποκατωφλική Αγωγιμότητα

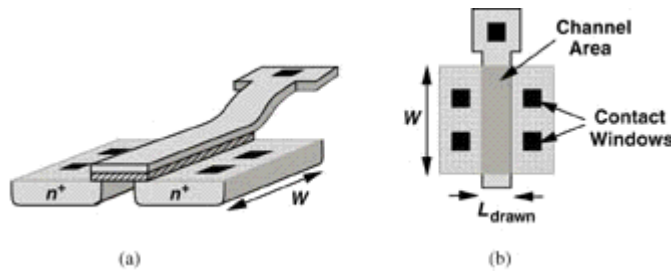
$$I_D = I_0 \exp \frac{V_{GS}}{\zeta V_T}$$



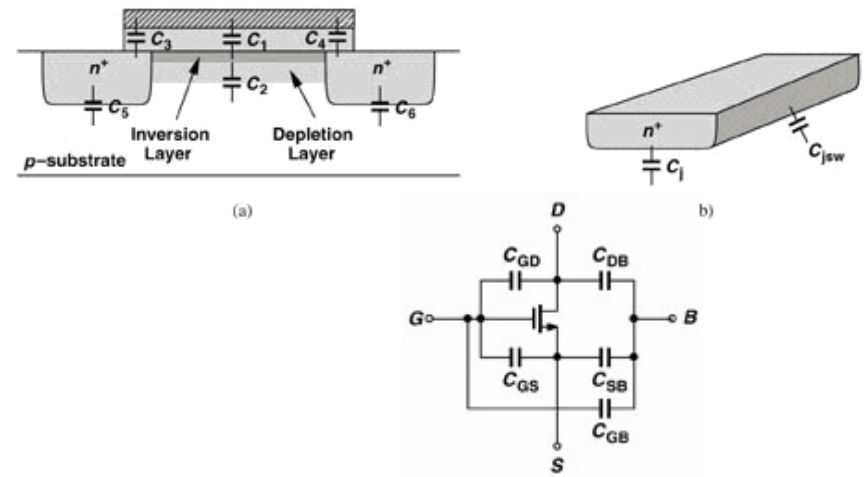
$$g_m = \frac{I_D}{\zeta V_T}$$

Μοντέλα των διατάξεων MOS

Το ανάπτυγμα της διάταξης MOS

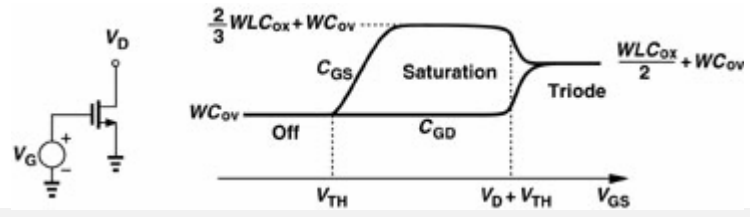


Οι χωρητικότητες της διάταξης MOS



$$C_1 = WLC_{ox} \quad C_2 = WL\sqrt{2q\epsilon_s N_{sub} / (2\Phi_F)} \quad C_3, C_4 (C_{ov})$$

$$C_j = C_{j0} / [1 + V_R (2\Phi_F)]^m \quad C_{jsw}$$



Το μοντέλο μικρού σήματος του MOS

$$g_m = \left. \frac{\partial I_D}{\partial V_{GS}} \right|_{V_{DS}} = \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_{TH})$$

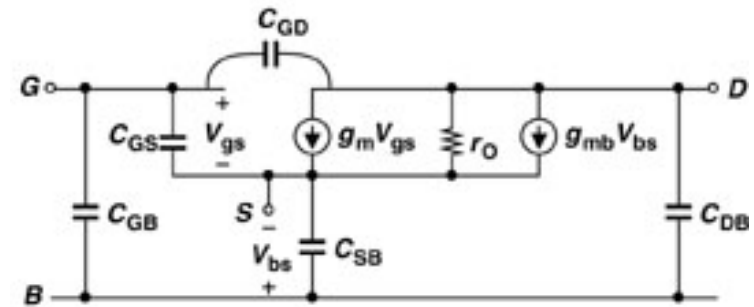
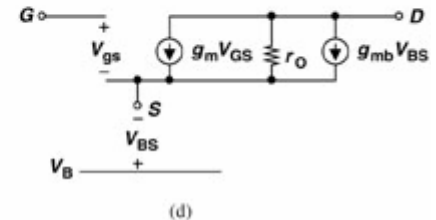
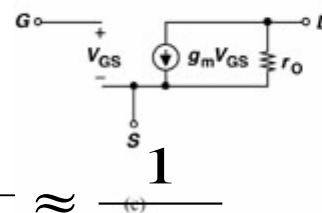
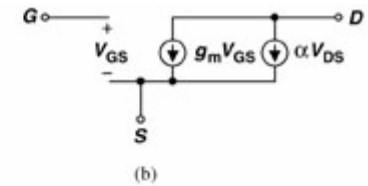
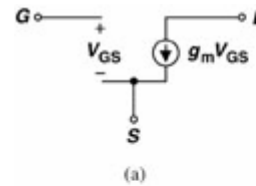
$$= \sqrt{2\mu_n C_{ox} \frac{W}{L} I_D} = \frac{2I_D}{V_{GS} - V_{TH}}$$

$$r_D = \frac{\partial V_{DS}}{\partial I_D} = \frac{1}{\partial I_D / \partial V_{DS}} = \frac{1}{\frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_{TH})^2 \lambda} \approx \frac{1}{\lambda I_D}$$

$$g_{mb} = \frac{\partial I_D}{\partial V_{BS}} = \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_{TH}) \left(-\frac{\partial V_{TH}}{\partial V_{BS}} \right)$$

$$\frac{\partial V_{TH}}{\partial V_{BS}} = -\frac{\partial V_{TH}}{\partial V_{SB}} = -\frac{\gamma}{2} (2\Phi_F + V_{SB})^{-1/2}$$

$$g_{mb} = g_m \frac{\gamma}{2\sqrt{2\Phi_F + V_{SB}}} = \eta g_m$$



Οι παράμετροι του βασικού μοντέλου των διατάξεων MOS

Μοντέλο NMOS			
LEVEL=1	VTO=0.7	GAMMA=0.45	PHI=0.9
NSUB=9e+14	LD=0.08e-6	UO=350	LAMBDA=0.1
TOX=9e-9	PB=0.9	CJ=0.56e-3	CJSW=0.35e-11
MJ=0.6	MJSW=0.2	CGDO=0.4e-11	JS=1.0e-8
Μοντέλο PMOS			
LEVEL=1	VTO=-0.8	GAMMA=0.4	PHI=0.8
NSUB=5e+14	LD=0.09e-6	UO=100	LAMBDA=0.2
TOX=9e-9	PB=0.9	CJ=0.94e-3	CJSW=0.32e-11
MJ=0.5	MJSW=0.3	CGDO=0.3e-11	JS=0.5e-8



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. Βασικά μοντέλα των διατάξεων MOS.». 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 και τα διαγράμματα που χρησιμοποιούνται είναι από το βιβλίο:

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

