



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Ηλεκτρονική

Ενότητα 9: Τρανζίστορ Επίδρασης Πεδίου (FET)

Αγγελική Αραπογιάννη

Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

Περιεχόμενο ενότητας (1 από 2)

- Τύποι τρανζίστορ επίδρασης πεδίου (JFET, MOSFET, MESFET).
- Ομοιότητες και διαφορές των FET με τα διπολικά τρανζίστορ.
- Η δομή και η λειτουργία του MOSFET (NMOS, PMOS, CMOS).
- Οι χαρακτηριστικές I-V του MOSFET.

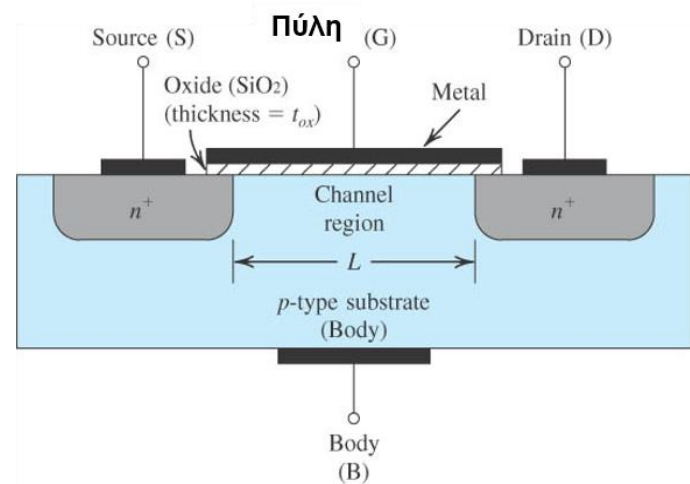
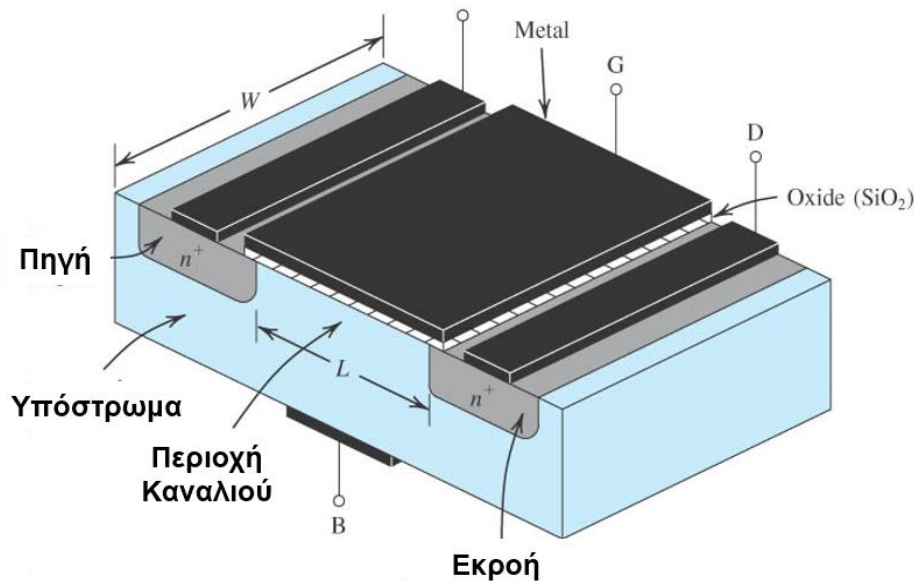


Περιεχόμενο ενότητας (2 από 2)

- Το μοντέλο μεγάλου σήματος (DC) του MOSFET. Το μοντέλο και οι παράμετροι μικρού σήματος (AC) του MOSFET.
- Το MOSFET ως κυκλωματικό στοιχείο.
- Ενισχυτές μικρού σήματος με MOSFET.
- Υλοποίηση των βασικών λογικών πυλών με MOSFET (NMOS, CMOS).
- Το FET επαφής (JFET), η λειτουργία και οι χαρακτηριστικές I-V αυτού.

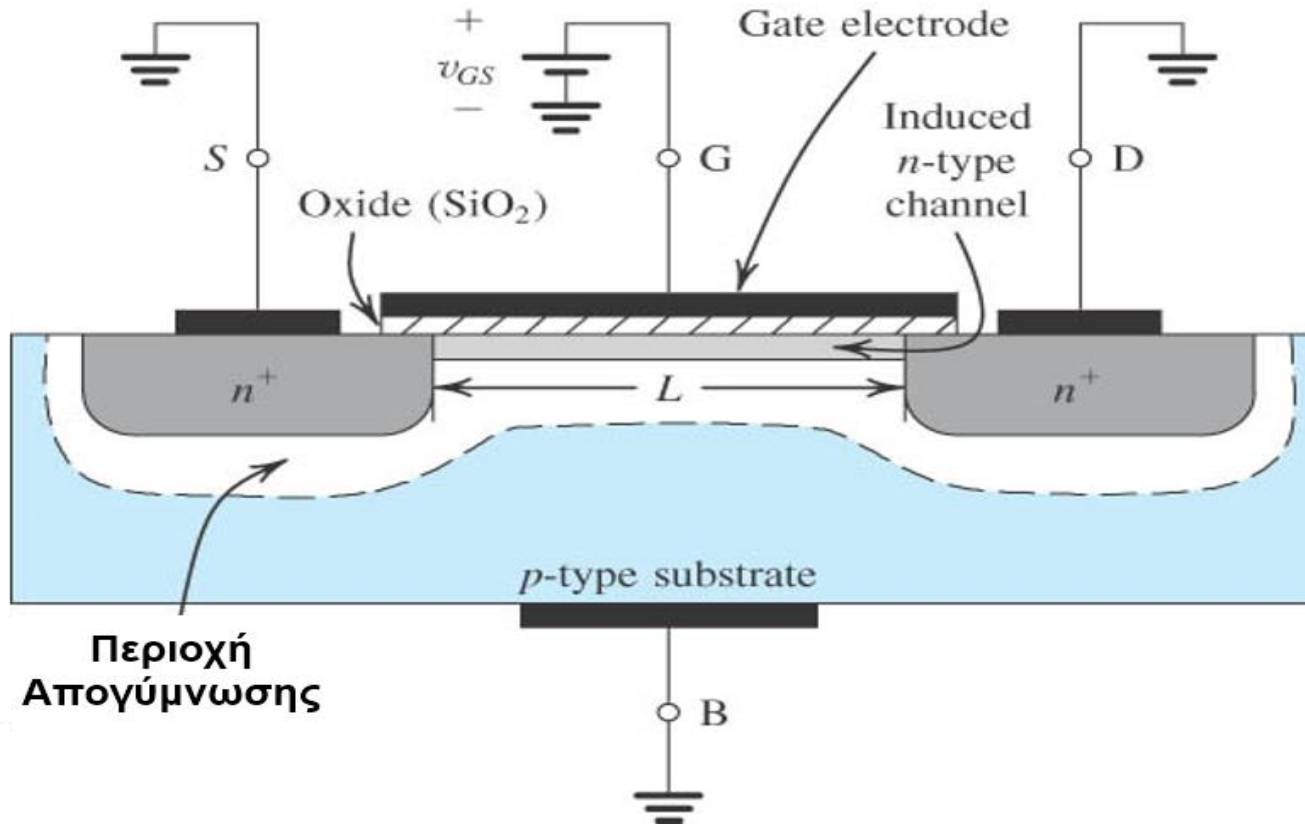


Δομή του MOSFET (IGFET)



Η δομή του MOSFET απογύμνωσης με κανάλι τύπου-n (NMOS)

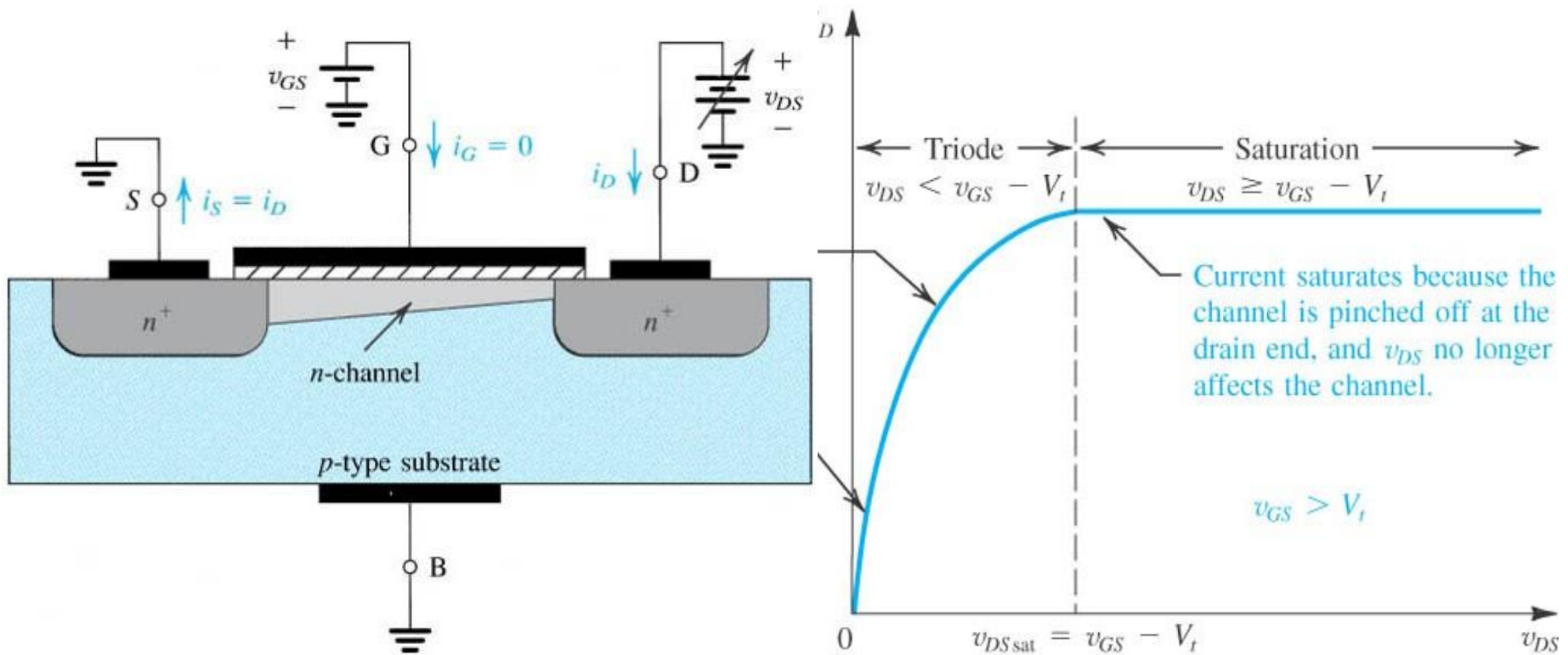
Λειτουργία του MOSFET (1 από 2)



Η δημιουργία του αγώγιμου καναλιού.

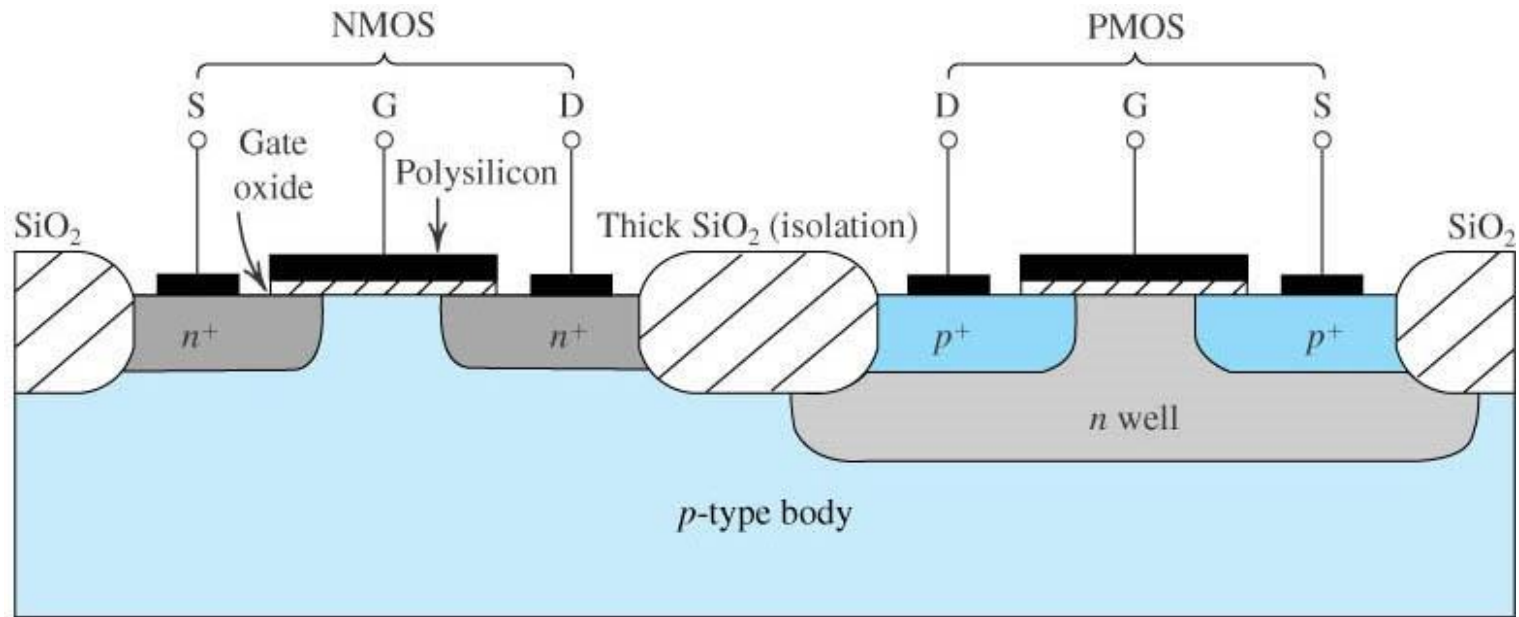
Τάση κατωφλίου: $v_{GS} = V_t$

Λειτουργία του MOSFET (2 από 2)

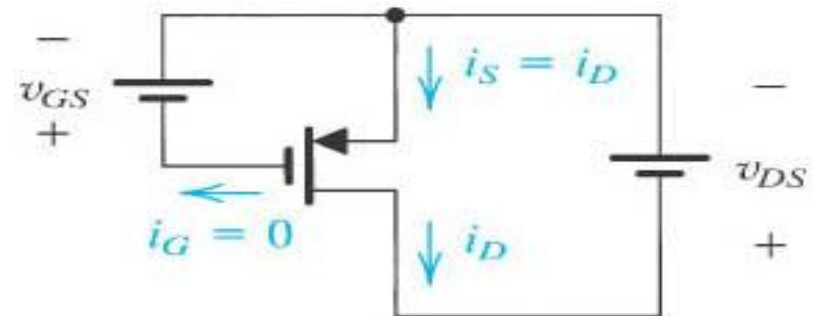


Εφαρμογή τάσης v_{DS} .

Το PMOS και η τεχνολογία CMOS

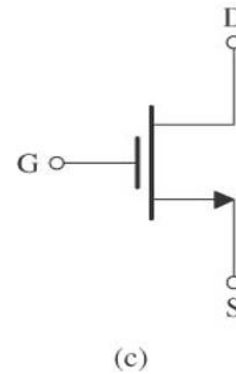
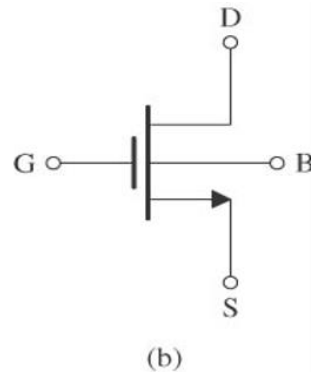
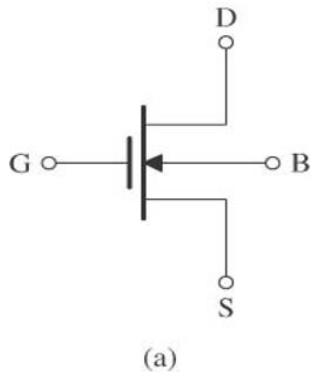


Οι τάσεις πόλωσης του PMOS είναι αντίθετες από αυτές του NMOS

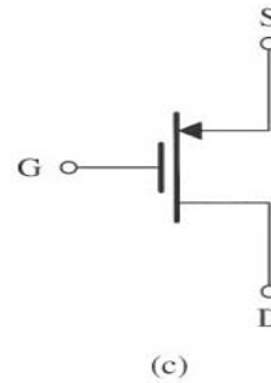
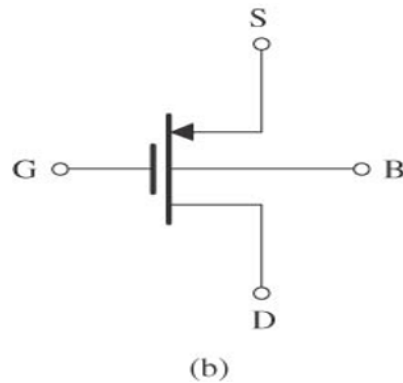
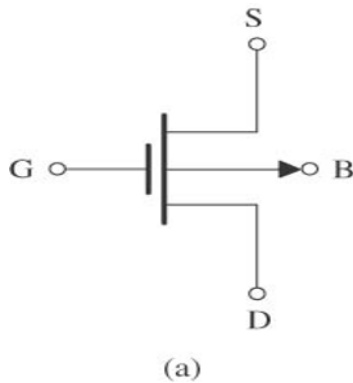


Κυκλωματικά σύμβολα του MOSFET

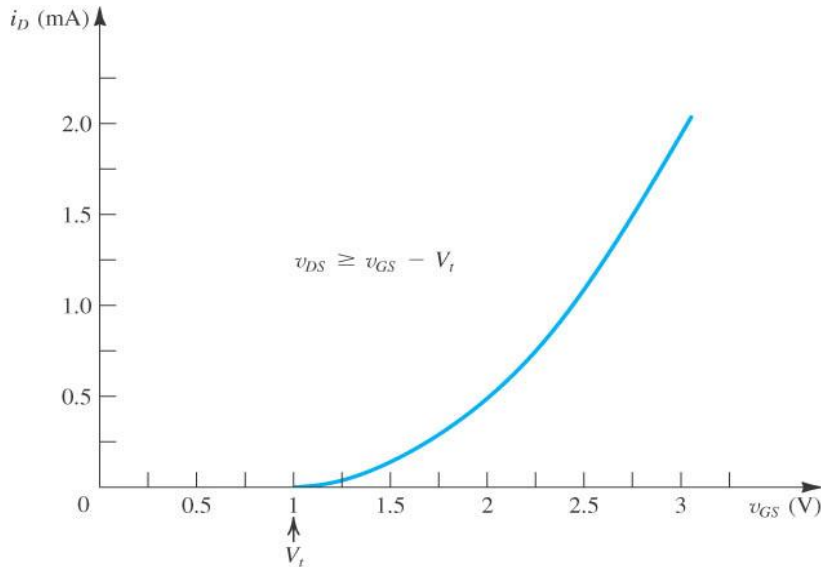
Συμβολισμοί του NMOS έγχυσης.



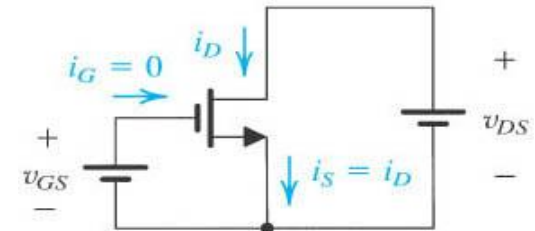
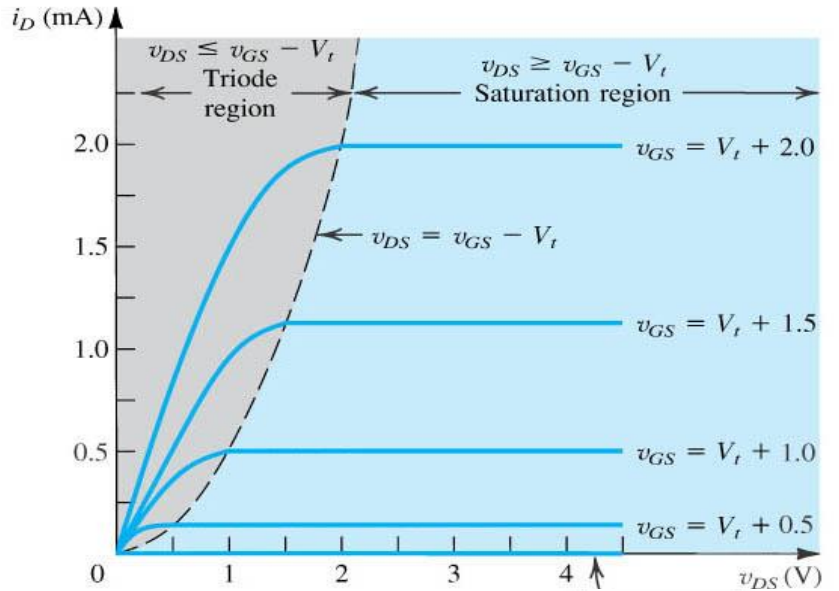
Συμβολισμοί του PMOS έγχυσης.



Χαρακτηριστικές i_D - v_{DS} του MOSFET



Χαρακτηριστική i_D - v_{GS} στον κόρο.

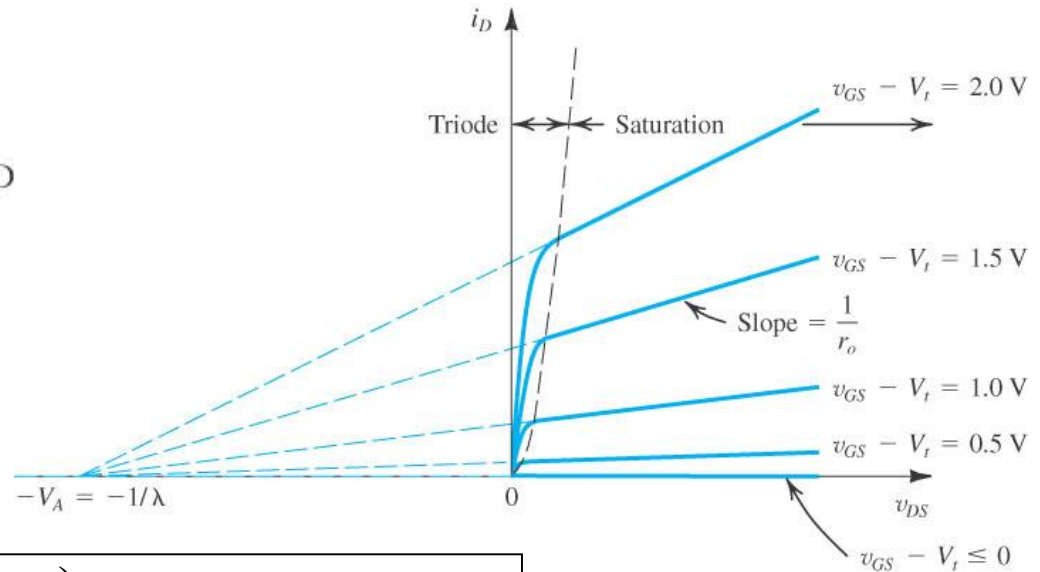
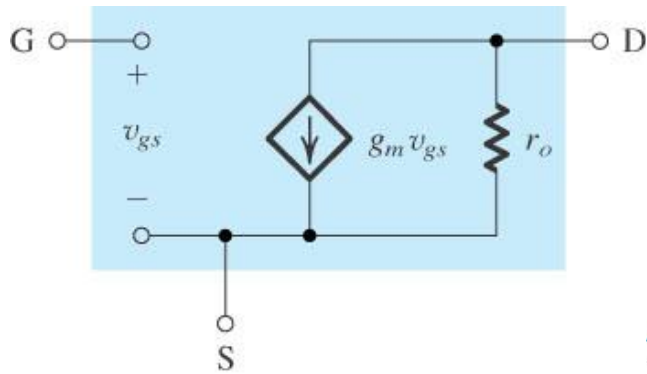


Στην αποκοπή: $i_D = 0$ για $v_{GS} < V_t$

Στην τριόδο: $i_D = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \left(\frac{W}{L} \right) [2(v_{GS} - V_t)v_{DS} - v_{DS}^2]$, για $v_{DS} < v_{GS} - V_t$

Στον κόρο: $i_D = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \left(\frac{W}{L} \right) (v_{GS} - V_t)^2$, για $v_{DS} > v_{GS} - V_t$

Αντίσταση εξόδου του MOSFET

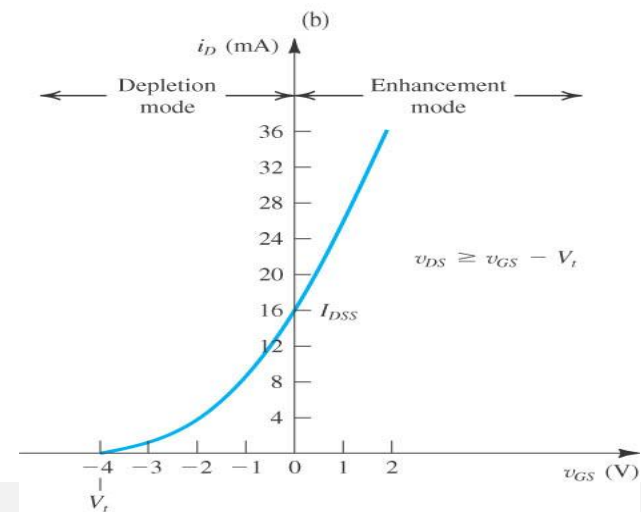
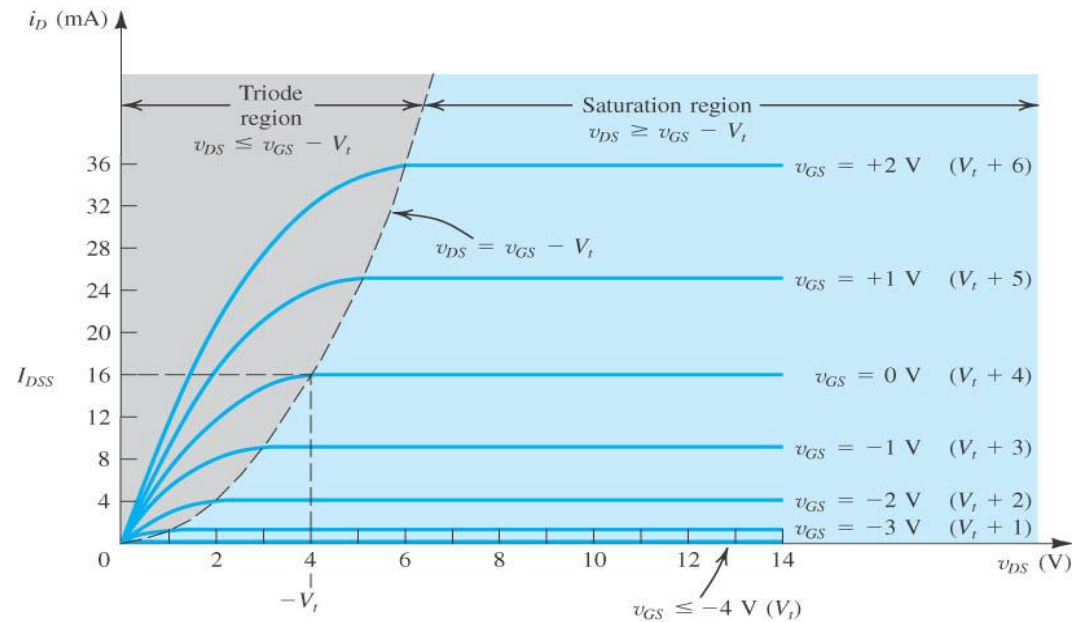
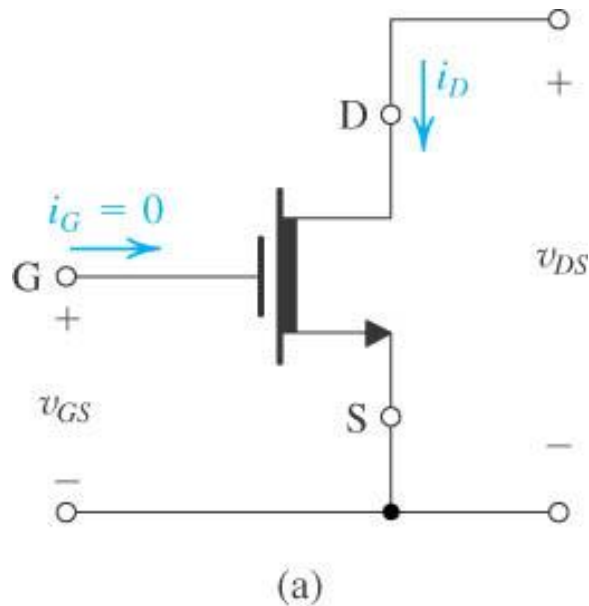


$$i_D = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \left(\frac{W}{L} \right) (v_{GS} - V_t)^2 (1 + \lambda v_{DS})$$

$$g_m = \left. \frac{\partial i_d}{\partial v_{gs}} \right|_{v_{GS}=V_{GS}} = \mu_n C_{ox} \left(\frac{W}{L} \right) (v_{GS} - V_t) = \sqrt{2 \mu_n C_{ox} \left(\frac{W}{L} \right) I_D}$$

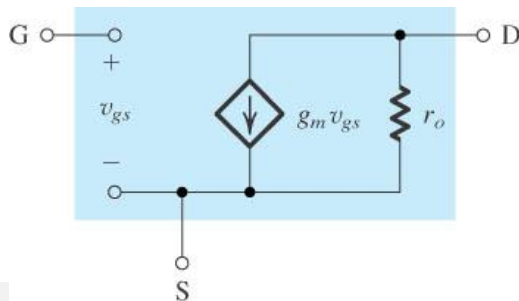
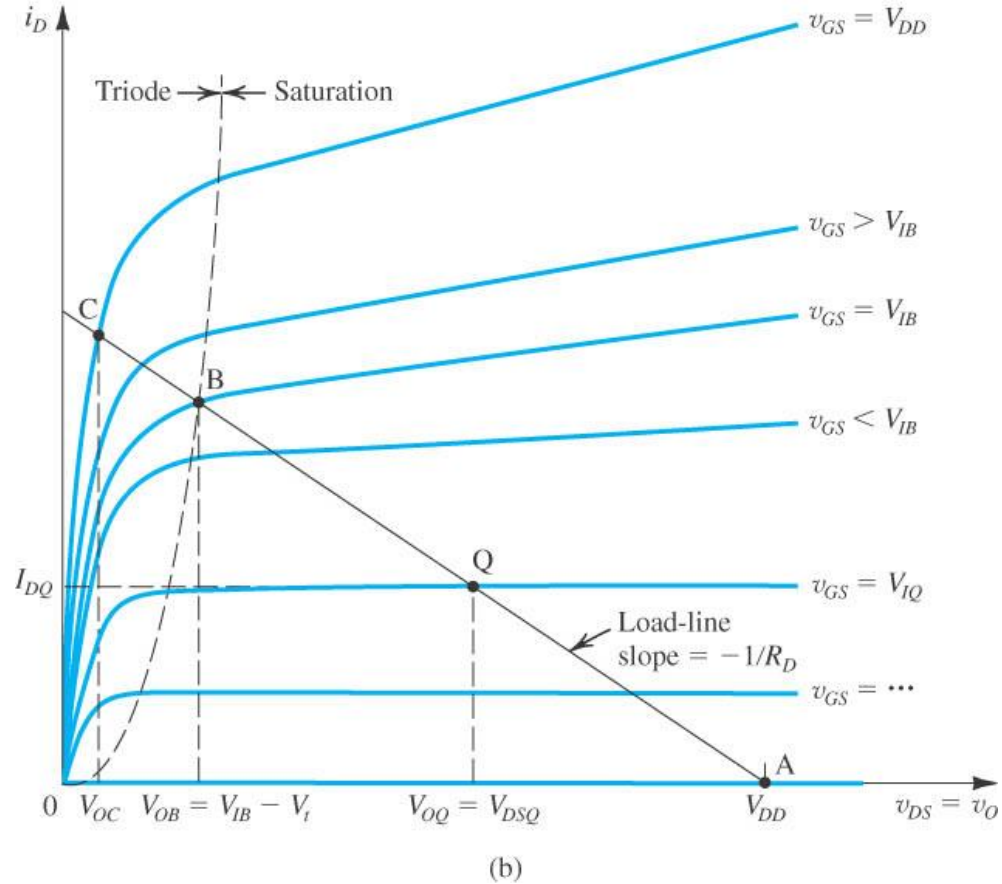
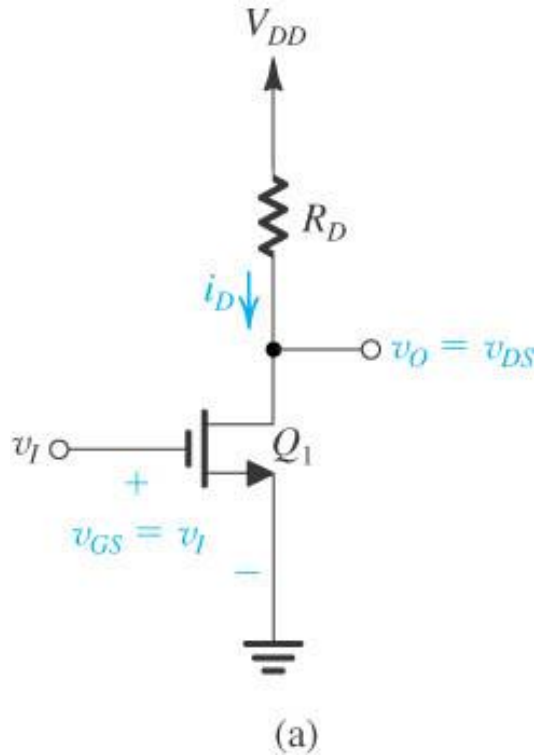
$$r_o = \left(\frac{\partial i_d}{\partial v_{ds}} \right)^{-1} \approx \frac{V_A}{I_D} = \frac{1}{\lambda I_D}$$

Το MOSFET απογύμνωσης



(c)

Το MOSFET σαν κυκλωματικό στοιχείο



Άσκηση

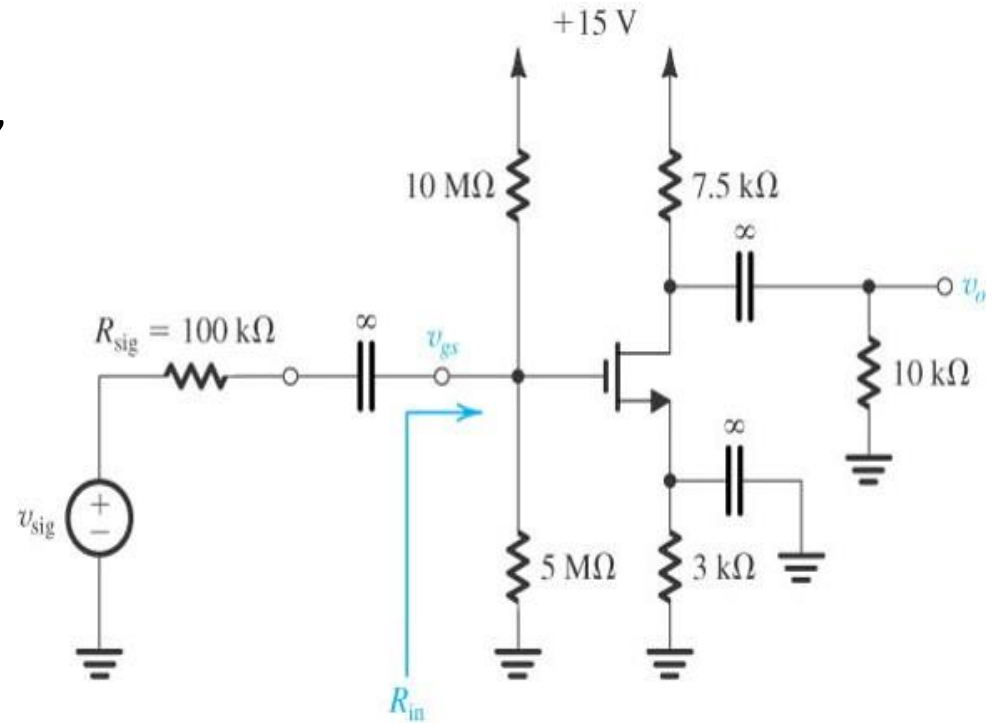
Στο κύκλωμα του σχήματος το MOSFET έχει $V_t=2V$, $\mu_n C_{ox}=20\mu A/V^2$, $W/L=100$. Η αντίσταση εξόδου του είναι $r_o=100k\Omega$.

α) Υπολογίστε τις DC ποσότητες V_G , I_D , V_{GS} και V_D .

β) Υπολογίστε την g_m .

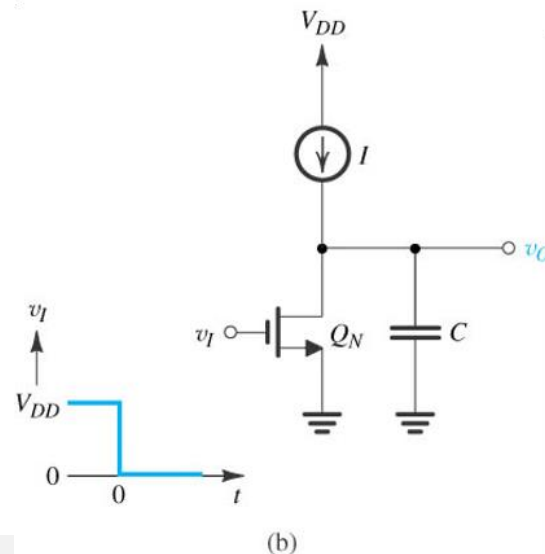
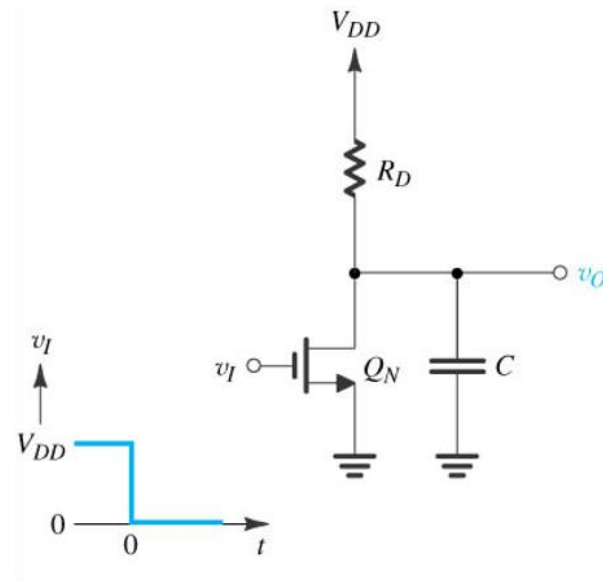
γ) Σχεδιάστε το ισοδύναμο μικρού σήματος του κυκλώματος.

δ) Υπολογίστε την R_{in} και την απολαβή τάσης v_o/v_{sig} .



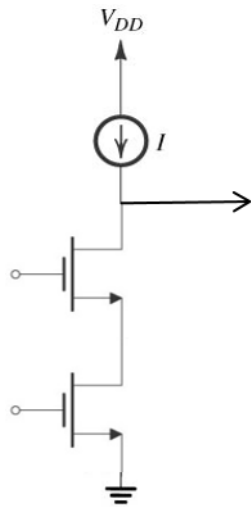
Λογικές πύλες με MOSFET (1 από 2)

Αντιστροφέας με MOSFET



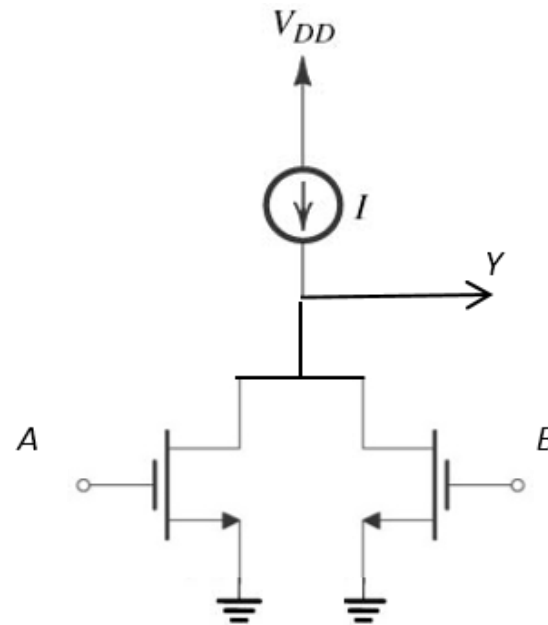
Λογικές πύλες με MOSFET (2 από 2)

Πύλη NAND με MOSFET



$$Y = \overline{A \cdot B}$$

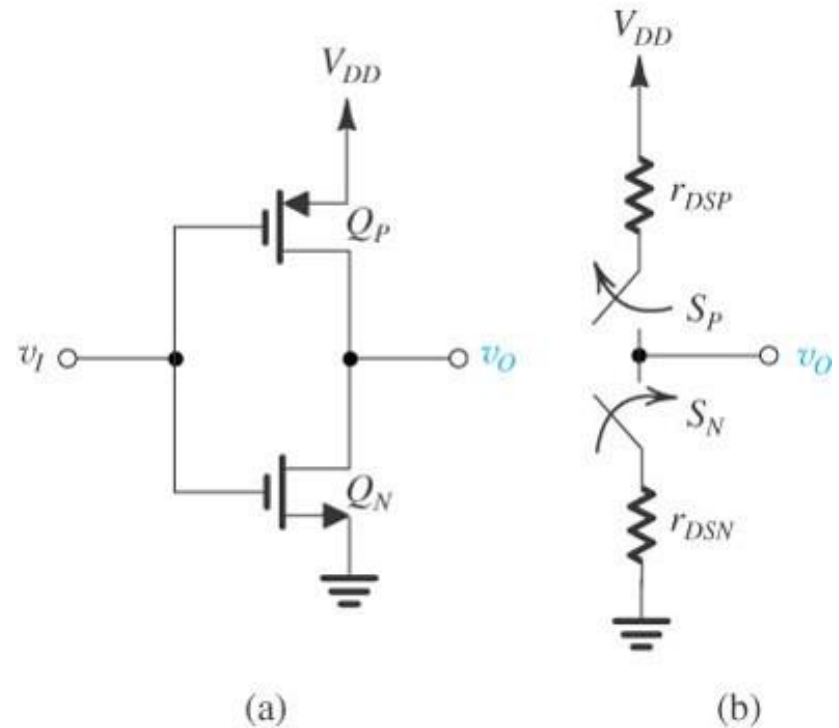
Πύλη NOR με MOSFET



$$Y = \overline{A + B}$$

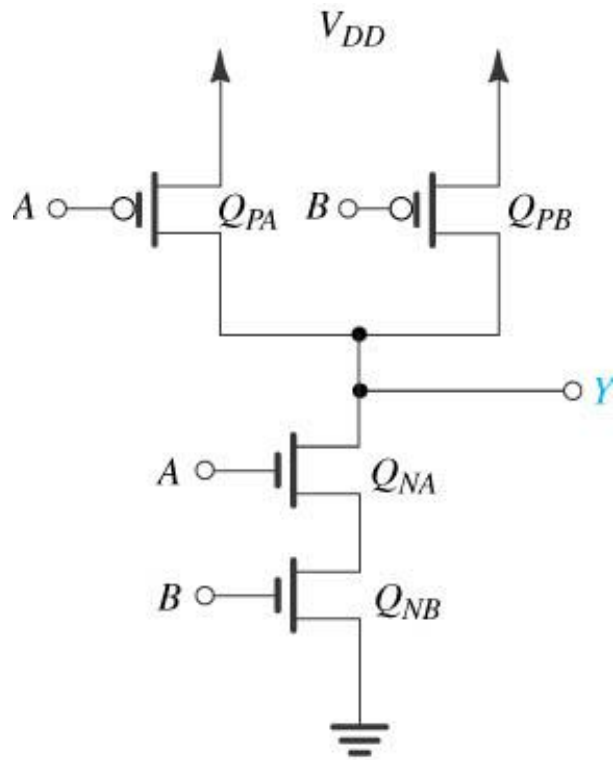
Λογικές πύλες με CMOS(1 από 2)

Αντιστροφέας με CMOS.



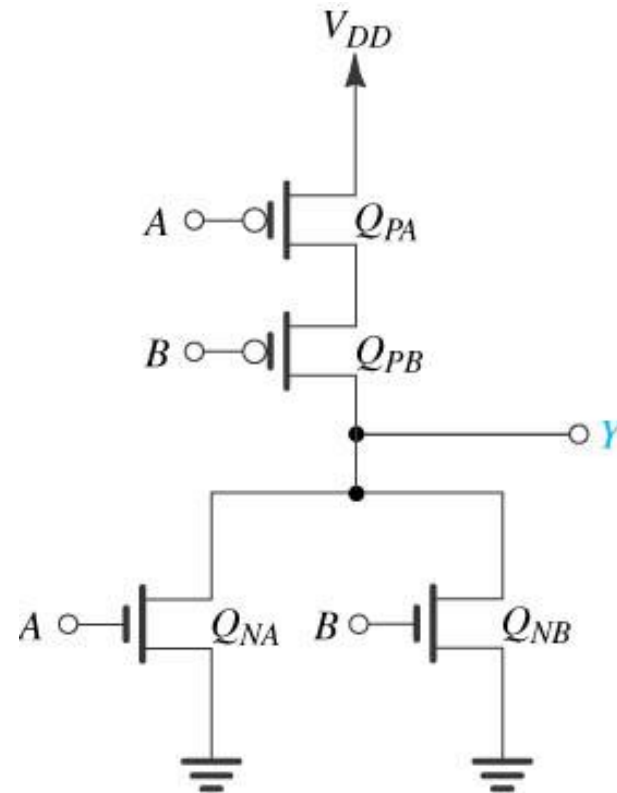
Λογικές πύλες με CMOS(2 από 2)

Πύλη NAND CMOS



$$Y = \overline{AB}$$

Πύλη NOR CMOS



$$Y = \overline{A + B}$$

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 1.01.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Αραπογιάννη Αγγελική. «Ηλεκτρονική. Ενότητα 9: Τρανζίστορ Επίδρασης Πεδίου (FET)». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/DI4/>



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.

