

ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

Δρ. Δ. Λαμπάκης
(11^η σειρά διαφανειών)

Μελέτη των Παρασιτικών Χωρητικοτήτων και της Καθυστέρησης στα Κυκλώματα CMOS

Με βάση το εργαλείο σχεδιασμού Microwind

Σκοπός: η μελέτη ορισμένων σημαντικών χαρακτηριστικών των κυκλωμάτων τεχνολογίας CMOS.

→ Μελέτη των παρασιτικών χωρητικοτήτων που συναντώνται στα κυκλώματα αυτά.

→ Μελέτη των παραγόντων που επηρεάζουν την χρονική καθυστέρηση των κυκλωμάτων αυτών.

Παρασιτικές Χωρητικότητες Κυκλώματος CMOS

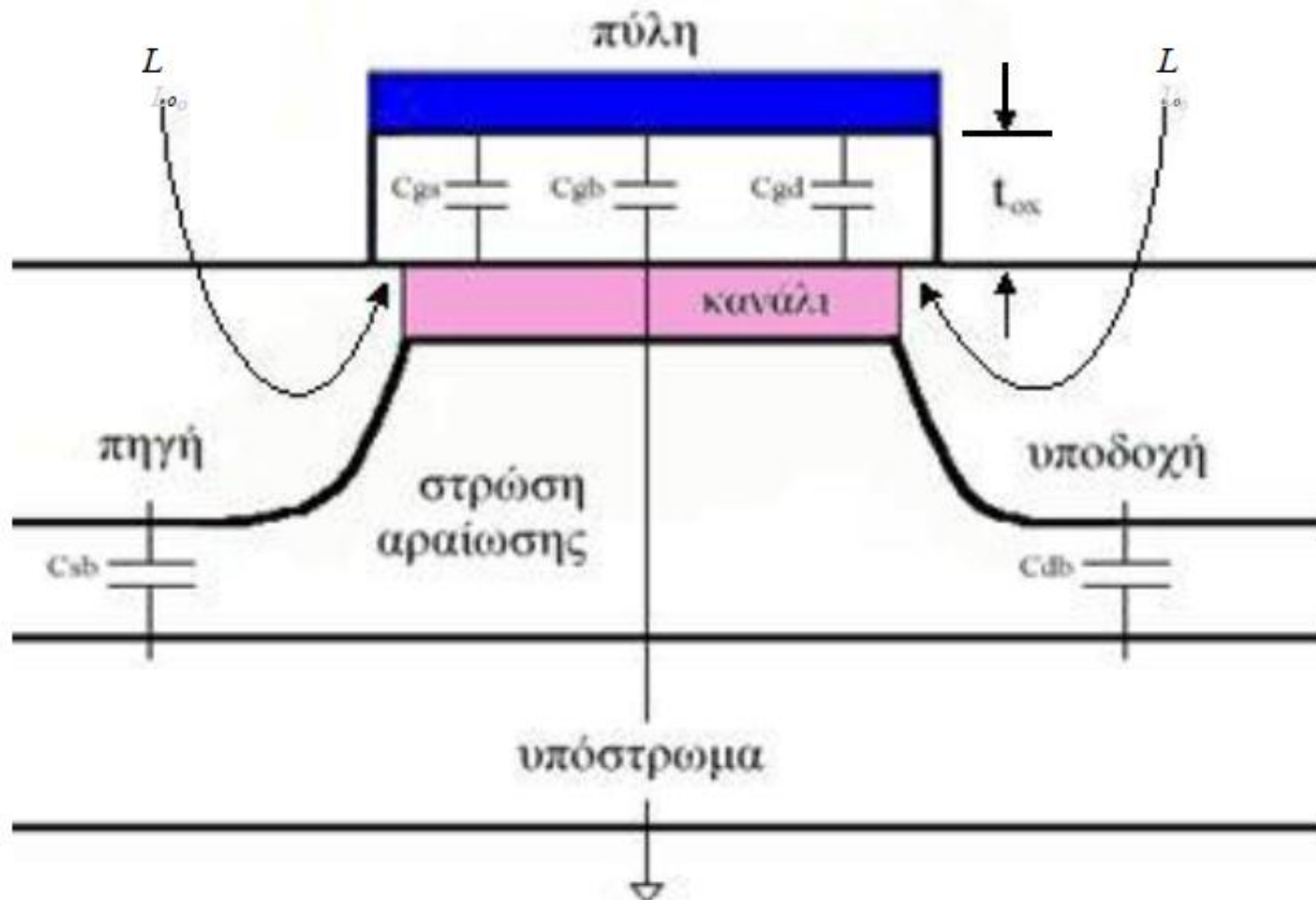
Η απόκριση των κυκλωμάτων τεχνολογίας CMOS εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις παρασιτικές χωρητικότητες των MOS στοιχείων καθώς και από τις χωρητικότητες των διασυνδέσεων που δημιουργούνται από τα καλώδια μετάλλου, πολυκρυσταλλικού πυριτίου και διάχυσης.

Το συνολικό χωρητικό φορτίο μιας πύλης τεχνολογίας CMOS προκύπτει από το άθροισμα των παρακάτω χωρητικοτήτων:

- χωρητικότητα πύλης των εισόδων που συνδέονται στην έξοδο,
- χωρητικότητα διάχυσης των περιοχών υποδοχής που συνδέονται στην έξοδο,
- χωρητικότητα διασυνδέσεων .

Παρασιτικές Χωρητικότητες Κυκλώματος CMOS

Οι παρασιτικές χωρητικότητες ενός στοιχείου MOS φαίνονται στο παρακάτω σχήμα:



Παρασιτικές Χωρητικότητες Κυκλώματος CMOS

Η συνολική χωρητικότητα της πύλης ενός MOS στοιχείου δίνεται ως εξής:

$$C_g = C_{gb} + C_{gs} + C_{gd} + C_{Lo}$$

Υπάρχει επικάλυψη της πηγής και της υποδοχής από την πύλη (βλ. παραπάνω σχήμα), η οποία δημιουργεί την παρασιτική χωρητικότητα επικάλυψης (C_{Lo}).

Η χωρητικότητα αυτή είναι ανεξάρτητη από την τάση στην πύλη του στοιχείου και δίνεται ως εξής:

$$C_{Lo} = C_{gb} + C_{gs-Lo} + C_{gd-Lo} = 2 C_{ox} W L_o$$

όπου L_o είναι το μήκος της περιοχής επικάλυψης και $C_{ox} = \epsilon_{ox}/t_{ox}$.

Οι υπόλοιπες χωρητικότητες που συνθέτουν τη χωρητικότητα πύλης είναι αποτέλεσμα της **αλληλεπίδρασης** μεταξύ της τάσης πύλης και του φορτίου του καναλιού και εξαρτώνται από την τάση στην πύλη του στοιχείου. Άρα, όταν το στοιχείο βρίσκεται στην αποκοπή τότε **δεν** έχει δημιουργηθεί κανάλι που να συνδέει την πηγή με την υποδοχή κάτω από την επιφάνεια της πύλης, με αποτέλεσμα $C_{gs} = C_{gd} = 0$.

Παρασιτικές Χωρητικότητες Κυκλώματος CMOS

Στην περίπτωση αυτή η χωρητικότητα μεταξύ πύλης και υποστρώματος είναι:

$$C_{gb} = C_{ox} W L$$

Όταν το στοιχείο λειτουργεί στη γραμμική περιοχή, το κανάλι εκτείνεται μεταξύ της πηγής και της υποδοχής.

Έτσι το υπόστρωμα απομονώνεται από το ηλεκτρικό πεδίο της πύλης με αποτέλεσμα:

$$C_{gb} = 0$$

Η κατανομημένη χωρητικότητα μεταξύ της πηγής και της υποδοχής είναι:

$$C_{gs} = C_{gd} = \frac{1}{2} C_{ox} W L$$

Όταν το στοιχείο λειτουργεί στον κόρο το κανάλι δεν εκτείνεται μέχρι την υποδοχή, οπότε $C_{gd} = 0$. Η πηγή συνεχίζει να είναι συνδεδεμένη με την επιφάνεια της πύλης μέσω του καναλιού, οπότε το υπόστρωμα παραμένει απομονωμένο, άρα $C_{gb} = 0$.

Παρασιτικές Χωρητικότητες Κυκλώματος CMOS

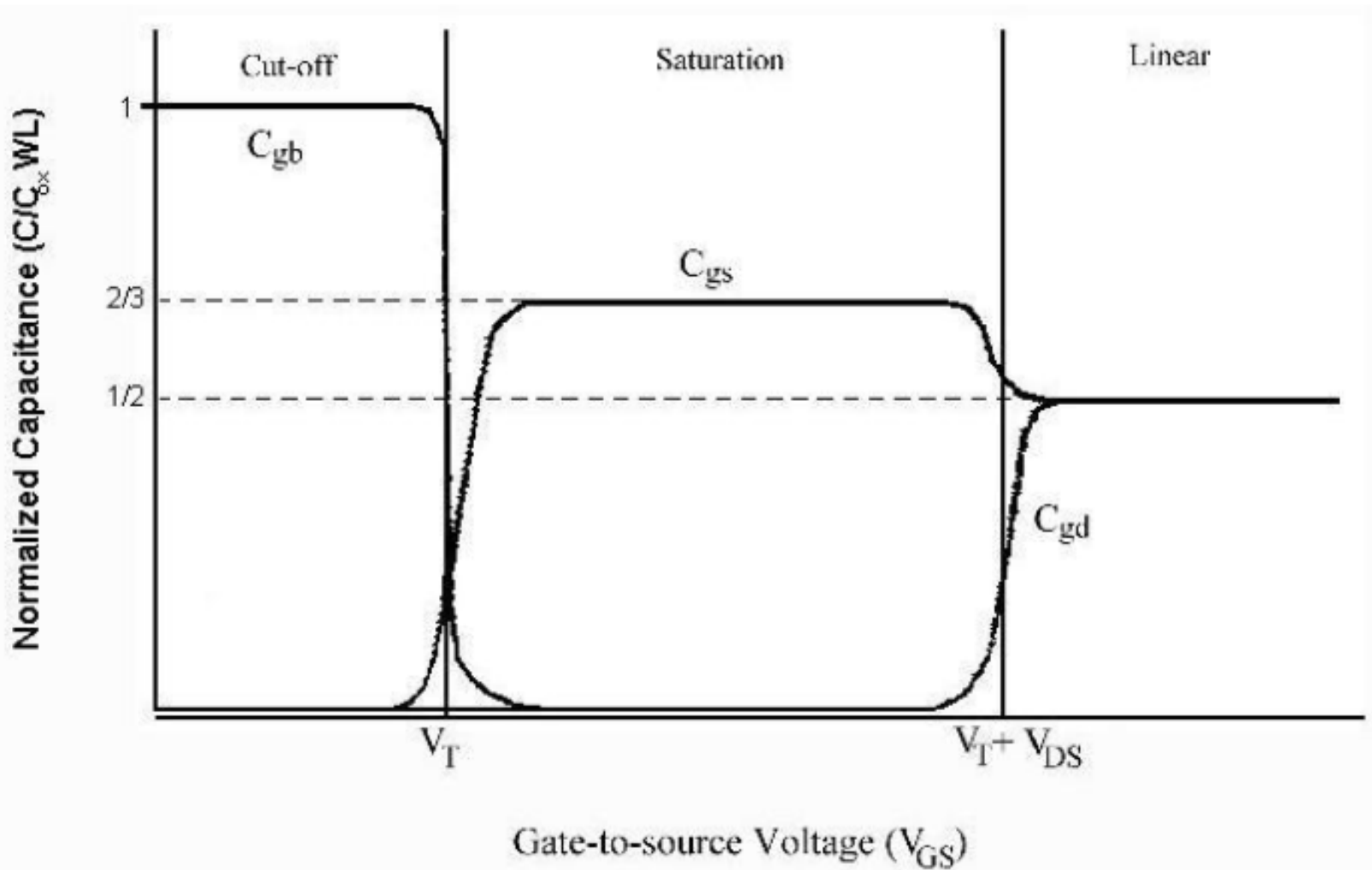
Τέλος, η χωρητικότητα μεταξύ πύλης και πηγής αυξάνεται στην τιμή:

$$C_{gs} = \frac{2}{3} C_{ox} W L$$

Σε στοιχεία με μικρό μήκος καναλιού η χωρητικότητα μεταξύ πύλης και πηγής αυξάνεται περισσότερο ($0.9 C_{ox} W L$).

Παρασιτικές Χωρητικότητες Κυκλώματος CMOS

Η επίδραση της περιοχής λειτουργίας του στοιχείου στην χωρητικότητα πύλης φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Παρασιτικές Χωρητικότητες Κυκλώματος CMOS

Οι περιοχές διάχυσης έχουν χωρητικότητα με το υπόστρωμα η οποία είναι **ανάλογη** της ολικής επιφάνειας της βάσης όπως και της επιφάνειας των περιφερειακών πλευρών τους.

Λαμβάνοντας υπόψη το παρακάτω σχήμα, η συνολική χωρητικότητα διάχυσης δίνεται ως εξής:

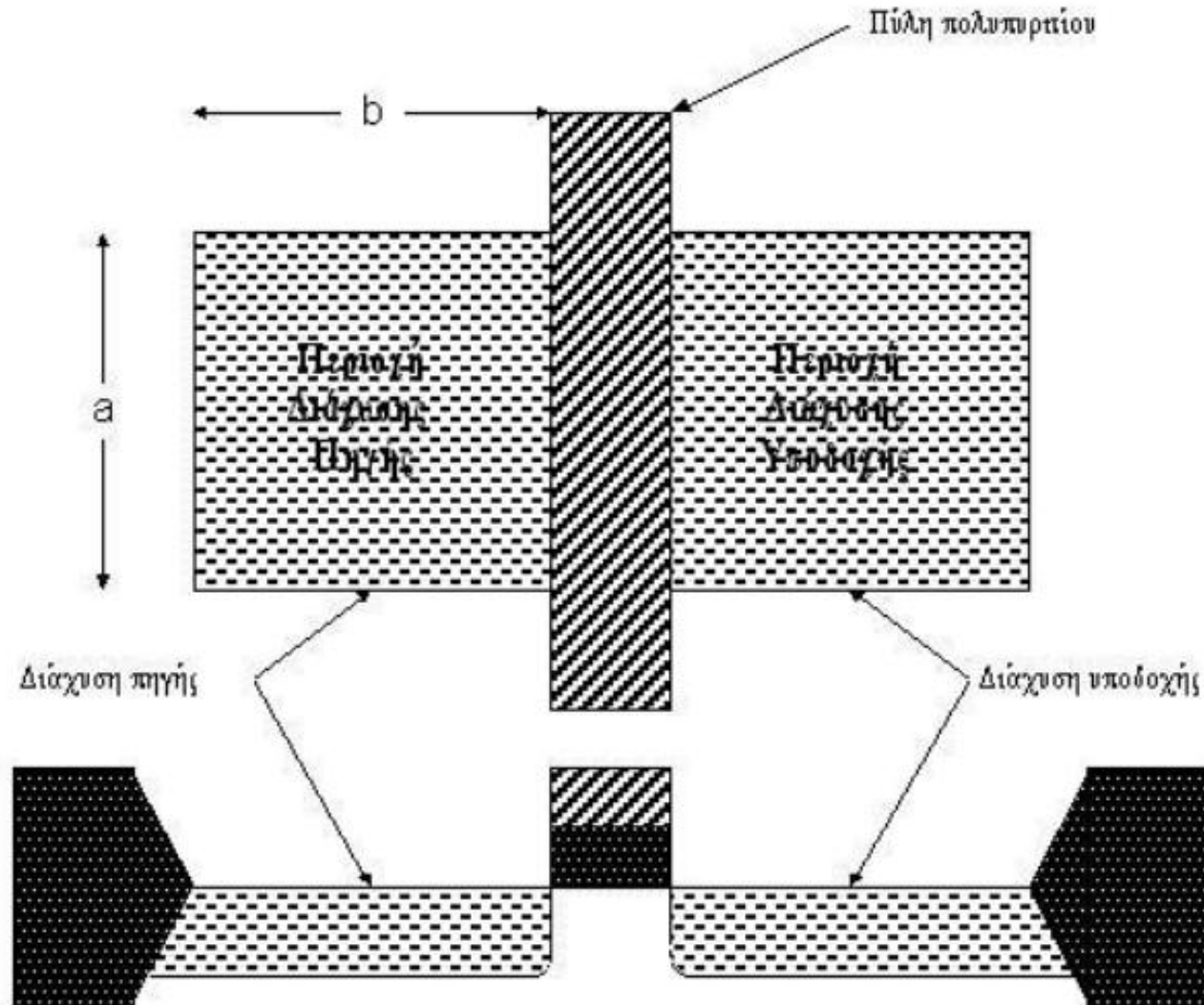
$$C_d = C_{ja} a b + C_{jp} (2a + 2b)$$

όπου C_{ja} η χωρητικότητα βάσης ανά μm^2 , C_{jp} η χωρητικότητα περιφέρειας ανά μm , a το πλάτος περιοχής διάχυσης σε μm και b το μήκος περιοχής διάχυσης σε μm .

Σημείωση: την παραπάνω έκφραση ο πρώτος όρος του αθροίσματος μοντελοποιεί τη χωρητικότητα του εμβαδού της βάσης, ενώ ο δεύτερος την χωρητικότητα της περιφέρειας.

Παρασιτικές Χωρητικότητες Κυκλώματος CMOS

Χωρητικότητες διάχυσης



Παρασιτικές Χωρητικότητες Κυκλώματος CMOS

Οι χωρητικότητες διασυνδέσεων μεταξύ μετάλλου και πολυπυριτίου καθώς και του υποστρώματος μπορούν να προσεγγιστούν με το μοντέλο των παράλληλων πλακών

$$C = (\epsilon/t) A$$

όπου A η επιφάνεια των πλακών, t το πάχος του μονωτικού υλικού και ϵ η διηλεκτρική σταθερά του μονωτικού.

Σημείωση: Το μοντέλο αυτό είναι προσεγγιστικό αφού δεν λαμβάνει υπόψη τα παρασιτικά ηλεκτρικά πεδία του αγωγού.

Βιβλιογραφία

“CAD & ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ” Α. ΚΑΡΑΓΚΟΥΝΗΣ, Γ. ΒΕΛΝΤΕΣ, ΤΕΙ ΛΑΜΙΑΣ

**ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ “Βασικές Έννοιες
Ψηφιακών Κυκλωμάτων” Δ.Λιούπης – Μ.Στεφανιδάκης,
Πανεπιστήμιο Πατρών**