

# «ΨΗΦΙΑΚΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»

## Ασκήσεις SPICE - Απρίλιος 2019

### Πρόβλημα 1

Έχουμε αναστροφέα με φορτίο pseudo-NMOS με τα εξής στοιχεία:

$$V_{DD}=3\text{ V}, K'_n=70\text{ }\mu\text{A}/\text{V}^2, K'_p=30\text{ }\mu\text{A}/\text{V}^2, V_{TN}=0.6\text{ V}, V_{TP}=-0.6\text{ V}, \gamma=0.6\sqrt{V}, 2\phi_F=0.6\text{ V}.$$

Θέλουμε επίσης να έχουμε  $V_L=0.3\text{ V}$  και κατανάλωση  $0.2\text{ mW}$ .

- Να σχεδιασθεί ο αναστροφέας (να ευρεθούν οι λόγοι  $W/L$ )
- Να υπολογίσετε τη χαρακτηριστική μεταφοράς VTC (voltage transfer characteristic) με χρήση του SPICE και να δώσετε με λεπτομέρεια το διάγραμμά της.
- Να ευρεθούν με αναλυτικό τρόπο τα ζεύγη ( $V_i, V_o$ ) όπου αλλάζει η περιοχή λειτουργίας τουλάχιστον ενός από τα transistor.
- Να ευρεθούν επίσης από την εξομοίωση SPICE τα  $V_{IH}, V_{IL}, V_{OH}, V_{OL}$  και να υπολογισθούν τα περιθώρια θορύβου.
- Να υπολογισθούν οι παραπάνω τάσεις με αναλυτικό τρόπο.

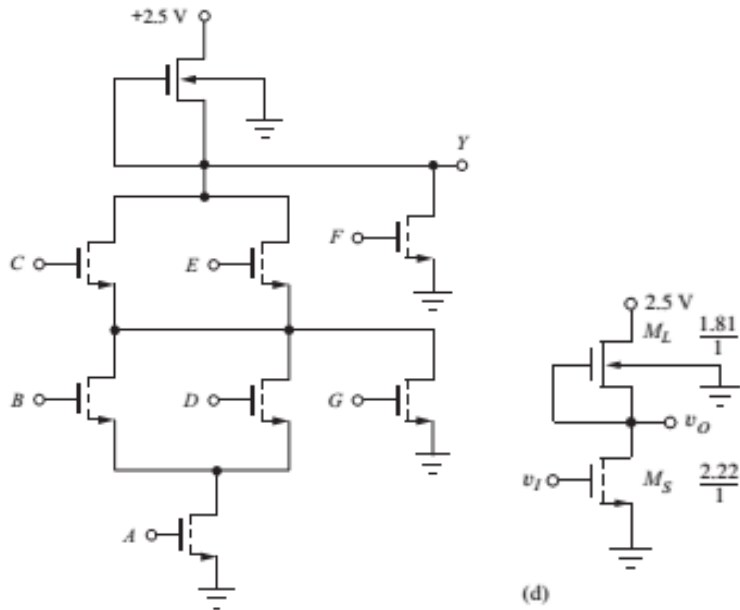
### Πρόβλημα 2

Να σχεδιασθεί πύλη NAND τριών εισόδων με φορτίο pseudo-NMOS και κατανάλωση  $0.2\text{ mW}$

- Να επιλεγούν οι διαστάσεις των τρανζίστορ MOS με βάση τη σχεδίαση αναφοράς χωρίς να ληφθεί υπόψη το φαινόμενο σώματος.
- Εάν όλες οι εισοδοί είναι λογικό "1" να ευρεθεί η τιμή της  $V_L$  λαμβάνοντας υπόψη το φαινόμενο σώματος.
- Να υπολογισθούν ξανά τα μεγέθη των τρανζίστορ λαμβάνοντας υπόψη το φαινόμενο σώματος
- Να βρεθούν με εξομοίωση SPICE οι πραγματικές τιμές της  $V_L$  (δηλ της τάσης εξόδου στο σημείο Y) για διάφορους συνδυασμούς εισόδων (δηλ. 101, 001, 110 κ.λπ)

### Πρόβλημα 3

Στο σχήμα που ακολουθεί δίνεται μια πύλη και ο αναστροφέας αναφοράς. Να ευρεθεί η λογική έκφραση για τη λειτουργία της πύλης.



Ποιοί είναι οι λόγοι  $W/L$  των τρανζίστορς που αποτελούν την πύλη εάν η πύλη καταναλώνει διπλάσια ισχύ σε σύγκριση με τον αναστροφέα αναφοράς.

Να λυθεί το Πρόβλημα αναλυτικά και με εξομοιώσεις SPICE.

#### Πρόβλημα 4

Δίνεται CMOS αναστροφέας.

- α) Να ευρεθεί η σχέση μεταξύ  $U_o$  και  $U_i$  που θα χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό των  $V_{IH}$ ,  $V_{OL}$ . Με βάση αυτό να υπολογισθούν τα  $V_{IH}$ ,  $V_{OL}$  σαν συνάρτηση των  $V_{DD}$ ,  $V_{TN}$ ,  $V_{TP}$ ,  $K_R$ .
- β) Ομοίως, να ευρεθεί σχέση μεταξύ  $U_o$  και  $U_i$  που θα χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό των  $V_{IL}$ ,  $V_{OH}$  και να υπολογισθούν οι τάσεις αυτές σαν συνάρτηση των  $V_{DD}$ ,  $V_{TN}$ ,  $V_{TP}$ ,  $K_R$ .
- γ) Να υπολογισθούν τα περιθώρια θορύβου για  $V_{DD}=3.3\text{ V}$ ,  $V_{TN}=0.75\text{ V}$ ,  $V_{TP}=-0.75\text{ V}$  και  $K_R=1, 2, 6$  και  $8$ .
- δ) Να χρησιμοποιηθεί εξομοίωση SPICE (με τιμές  $V_{DD}$ ,  $V_{TN}$ ,  $V_{TP}$  όπως παραπάνω) για να φτιάξετε διάγραμμα των περιθωρίων θορύβου σαν συνάρτηση του  $K_R$  και να συγκριθεί με τις θεωρητικές τιμές από το ερώτημα γ.

#### Πρόβλημα 5

Στόχος του προβλήματος είναι να μελετηθεί η μεταβατική κατάσταση και η δυναμική κατανάλωση ισχύος σε έναν αναστροφέα CMOS. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούμε τον αναστροφέα αναφοράς στο Σχήμα 7.12 του Jaeger (5<sup>η</sup> Έκδοση).

- α) Να υπολογίσετε με εξομοίωση τον λόγο  $t_r/t_f$  και τις κλίσεις  $t_r/\Delta V$ ,  $t_f/\Delta V$  για φορτίο  $C_L=0.1\text{ pF}$ . Να συγκρίνετε τις τιμές με τις αναμενόμενες θεωρητικές.
- β) Θεωρήσατε ότι η έξοδος του προηγούμενου αναστροφέα (με τις κλίσεις παρυφών που υπολογίσατε) εφαρμόζεται σε έναν επόμενο αναστροφέα (πάλι αναφοράς). Να εξάγετε με εξομοίωση και να δείξετε γραφικά τον τριγωνικό παλμό του ρεύματος βραχυκυκλώματος ( βλ. Σχήμα 7.18 Jaeger) ως συνάρτηση του χρόνου για φορτία  $C_L=0.01\text{ pF}$ ,  $0.1\text{ pF}$ , και  $0.5\text{ pF}$ .

Σχολιάστε τις μέγιστες τιμές ( $I_{PEAK}$ ) που λαμβάνει το ρεύμα βραχυκυκλώματος.