Άσκηση 2

**ΨΗΦΙΑΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ MOSFET**

# Σκοπός

Σκοπός της άσκησης αυτής είναι η μελέτη της βασικής τοπολογίας αναστροφέα με διαφορετικές τεχνικές καθώς επίσης και η υλοποίηση βασικών κυκλωμάτων Πυλών NAND και NOR με τις τεχνολογίες NMOS και CMOS.

# Εργασίες στο σπίτι πριν το εργαστήριο

1. Υπολογίστε τις τιμές του μήκους και του πλάτους του καναλιού για τον αναστροφέα με MOS έγχυσης στον κόρο ως φόρτο για έτσι ώστε να τις χρησιμοποιήσετε κατά την εξομοίωση στο εργαστήριο. Φροντίστε ώστε οι διαστάσεις να είναι μεγαλύτερες των 4μm.
2. Σχεδιασμός των πυλών NAND και NOR δύο εισόδων με τις τεχνολογίες NMOS και CMOS.

# Εργασίες στο χώρο του εργαστηρίου

1. **Αναστροφέας με ωμική αντίσταση φόρτου**

Υλοποιούμε στο Spice το κύκλωμα του σχήματος 1. για (L,W)=(5μm, 5μm) και τις τιμές των παραμέτρων του MOSFET που χρησιμοποιήθηκαν στην προηγούμενη άσκηση

Πραγματοποιήστε DC ανάλυση μεταβάλλοντας την τιμή της πηγής V1 από 0 έως 10Volts με βήμα 0,5V. Παρατηρήστε την χαρακτηριστική μεταφοράς  στον παλμογράφο. Σημειώστε τα επίπεδα του μηδέν και του ένα και επίσης την κλίση στην περιοχή μετάβασης από 1 σε μηδέν στην έξοδο. Επαναλάβετε για αντιστάσεις 1ΚΩ και 100ΚΩ.

Σχήμα 1

Στη συνέχεια πραγματοποιείστε transient ανάλυση με είσοδο παλμούς της μορφής PULSE 0 10 0 5N 5N 200N 400N και με .TRAN 1N 500N. Αποθηκεύστε (εκτυπώστε) τις κυματομορφές εισόδου και εξόδου. Αντικαταστήστε τη χωρητικότητα φόρτου CL με τις τιμές 0,1pF και 10pF. Αποθηκεύστε(εκτυπώστε) τις κυματομορφές εισόδου εξόδου.

1. **Αναστροφέας με MOS έγχυσης στον κόρο, ως φόρτο.**

Σχήμα 2

Υλοποιούμε στο Spice το κύκλωμα του σχήματος 2 με 

Πραγματοποιήστε DC ανάλυση μεταβάλλοντας την τιμή της πηγής V1 από 0 έως 10Volts με βήμα 0,5V. Παρατηρήστε τη χαρακτηριστική μεταφοράς  στον παλμογράφο. Σημειώστε τα επίπεδα του μηδέν και του ένα και επίσης την κλίση στην περιοχή μετάβασης από 1 σε μηδέν στην έξοδο. Επαναλάβετε για .

Στη συνέχεια πραγματοποιήστε transient ανάλυση για παλμούς της μορφής PULSE 0 10 0 5N 5N 200N 400N και με .TRAN 1N 500N. Αποθηκεύστε (εκτυπώστε) τις κυματομορφές εισόδου και εξόδου. Αντικαταστήστε τη χωρητικότητα φόρτου CL με τιμές 0,1pF και 10pF. Αποθηκεύστε(εκτυπώστε) τις κυματομορφές εισόδου εξόδου.

1. **Αναστροφέας με MOS απογύμνωσης ως φόρτο.**

Υλοποιούμε στο Spice το κύκλωμα του σχήματος 3 με  και .



Σχήμα 3

Φροντίζουμε το MOS φόρτου να είναι MOS απογύμνωσης. Αυτό μπορεί να γίνει με την επιλογή κάποιου κοινού NMOS αλλά με την αλλαγή της τάσης κατωφλίου από θετική σε αρνητική. Ενδεικτική τιμή μπορεί να είναι η . Πραγματοποιήστε DC ανάλυση μεταβάλλοντας την τιμή της πηγής V1 από 0 έως 10Volts με βήμα 0,5. Παρατηρήστε τη χαρακτηριστική μεταφοράς  στον παλμογράφο. Σημειώστε τα επίπεδα του μηδέν και του ένα και επίσης την κλίση στην περιοχή μετάβασης από 1 σε μηδέν στην έξοδο.

Στην συνέχεια πραγματοποιήστε transient ανάλυση για παλμούς της μορφής PULSE 0 10 0 5N 5N 200N 400N και με .TRAN 1N 500N. Αποθηκεύστε (εκτυπώστε) τις κυματομορφές εισόδου και εξόδου. Αντικαταστήστε τη χωρητικότητα φόρτου CL με τις τιμές 0,1pF και 10pF. Αποθηκεύστε(εκτυπώστε) τις κυματομορφές εισόδου εξόδου.

1. **Αναστροφέας CMOS.**

Σχήμα 4

Υλοποιούμε το κύκλωμα του σχήματος 4 για 

Πραγματοποιήστε DC ανάλυση μεταβάλλοντας την τιμή της πηγής V1 από 0 έως 10Volts με βήμα 0,5V. Παρατηρήστε τη χαρακτηριστική μεταφοράς  στον παλμογράφο. Σημειώστε τα επίπεδα του μηδέν και του ένα και επίσης την κλίση στην περιοχή μετάβασης από 1 σε μηδέν στην έξοδο.

Στη συνέχεια πραγματοποιήστε transient ανάλυση για παλμούς της μορφής PULSE 0 10 0 5N 5N 200N 400N και με .TRAN 1N 500N. Αποθηκεύστε (εκτυπώστε) τις κυματομορφές εισόδου και εξόδου. Αντικαταστήστε τη χωρητικότητα φόρτου CL με τιμές 0,1pF και 10pF. Αποθηκεύστε (εκτυπώστε) τις κυματομορφές εισόδου εξόδου.

1. **Πύλες NAND, NOR.**

Σχεδιάστε στο Spice τις πύλες NAND και NOR που έχετε σχεδιάσει στο σπίτι σε τεχνολογία NMOS και CMOS.

Στην συνέχεια για τις εισόδους Α και Β χρησιμοποιήστε πηγές με χαρακτηριστικά ως εξής

PULSE 0 10 0 0 0 5u 10u

PULSE 0 10 0 0 0 10u 20u

Κάντε transient ανάλυση με χρόνο εκκίνησης τα 0μsec τέλους 30μsec και με βήμα χρόνου 0,5μsec.

# Εργασίες στο σπίτι μετά το εργαστήριο

1. Συγκρίνετε τις τοπολογίες αναστροφέα μεταξύ τους. Ποια θα χρησιμοποιούσατε στην σχεδίαση κυκλωμάτων με διακριτά στοιχεία και ποια σε ένα ολοκληρωμένο;
2. Ποια από τις τοπολογίες αναστροφέα με τεχνολογία NMOS θα χρησιμοποιούσατε στην σχεδίαση σας;
3. Ποια από τις τοπολογίες αναστροφέα έχει το μεγαλύτερο περιθώριο θορύβου;
4. Κατά την εξομοίωση παρατηρείτε στην έξοδο της λογικής πύλης την υλοποίηση του αντίστοιχου πίνακα αλήθειας;