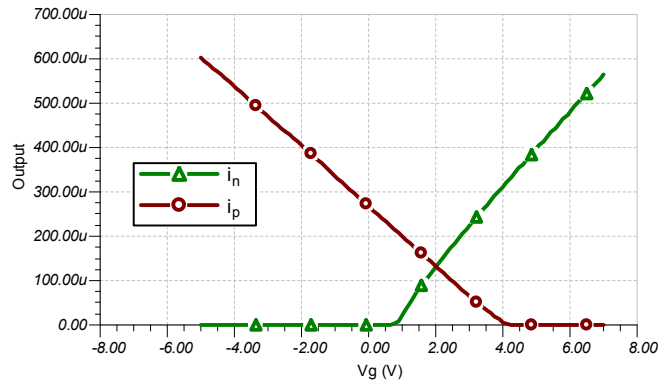
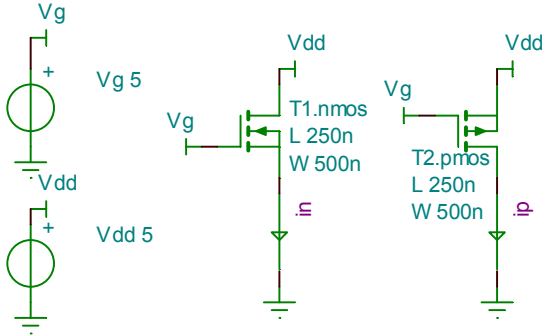


2^ο ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

Εργασία 1 - Προσομοίωση DC χαρακτηριστικής nMOS, pMOS.

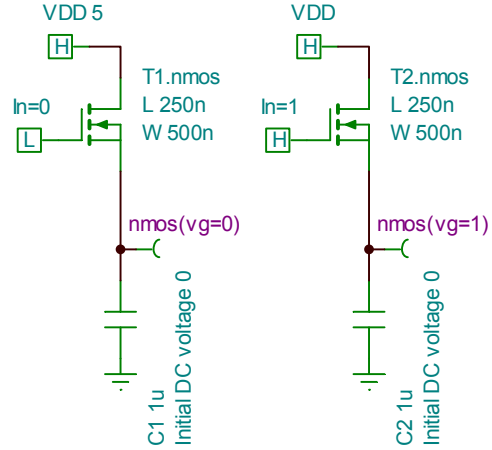
Χρησιμοποιείτε μοντέλο BSIM3 για τις διατάξεις.



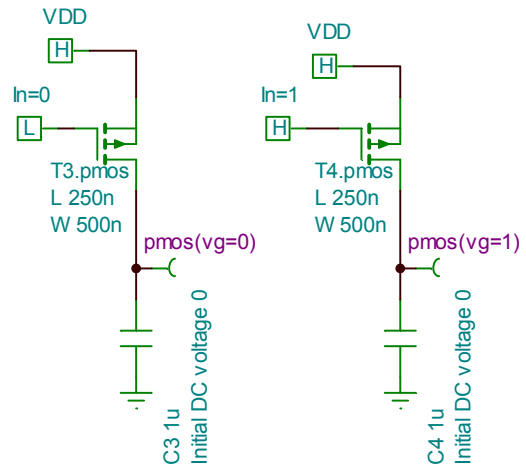
Ερώτηση - Ποια η επίδραση του ηλεκτροδίου υποβάθρου (backgate) στις DC χαρακτηριστικές;

Εργασία 2 - Προσομοίωση nMOS και pMOS υπό συνθήκες υψηλού και χαμηλού σήματος εισόδου;

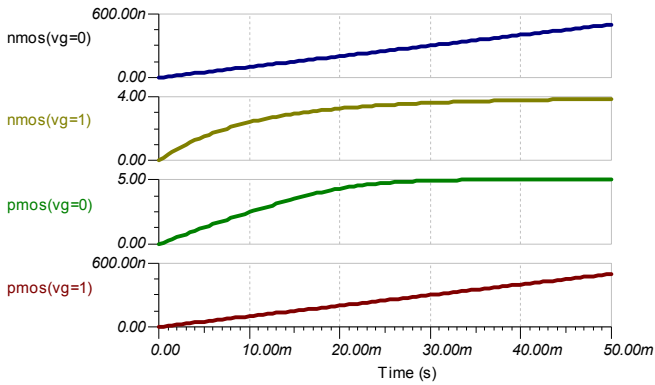
Ένα transistor συμπεριφέρεται στα ψηφιακά ως διακόπτης ελεγχόμενος από την τάση στην πύλη του. Ο διακόπτης αυτός στην περίπτωση του nmos είναι κλειστός όταν η τάση πύλης είναι σε λογικό 1, και ανοικτός όταν η τάση πύλης είναι σε λογικό 0. Η λειτουργία του pmos διακόπτη είναι συμπληρωματική, δηλαδή είναι ανοικτός όταν στην πύλη του εφαρμόζεται λογικό 1 και κλειστός όταν στην πύλη του εφαρμόζεται λογικό 0.



Εικόνα. Συνδεσμολογίες nmos με πύλη σε λογικό 0 και σε λογικό 1. Στην προσομοίωση αυτή καταγράφουμε τη διάρκεια φόρτισης του πυκνωτή που είναι συνδεδεμένος στην έξοδο. Παρατηρήστε ότι ο ακροδέκτης του υποστρώματος για τα nmos είναι συνδεδεμένος στην πηγή και μέσω αυτής στη γείωση.

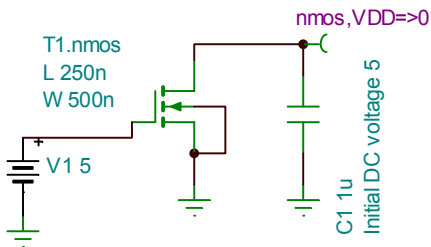


Εικόνα. Συνδεσμολογίες pmos με πύλη σε λογικό 0 και σε λογικό 1. Στην προσομοίωση αυτή καταγράφουμε τη διάρκεια φόρτισης του πυκνωτή που είναι συνδεδεμένος στην έξοδο. Παρατηρήστε ότι ο ακροδέκτης του υποστρώματος για τα pmos είναι συνδεδεμένος στον απαγωγό και μέσω αυτού στην τροφοδοσία.

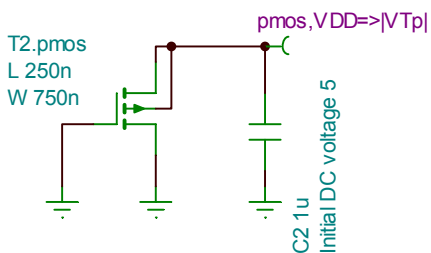


Εικόνα. Αποτελέσματα χρονικής ανάλυσης για τα προηγούμενα κυκλώματα. Επαληθεύεται ότι όταν η πύλη του nmos είναι σε λογικό 1 και του pmos σε λογική 0, οι αντίστοιχες διατάξεις άγουν και ο πυκνωτής φορτίζεται. Στην περίπτωση που η πύλη του nmos είναι σε λογικό 0 και του pmos σε λογικό 1, βλέπουμε ότι η διαρροή είναι πολύ μικρή για να φορτίσει τον πυκνωτή, οπότε οι διατάξεις θεωρούνται ότι δεν άγουν.

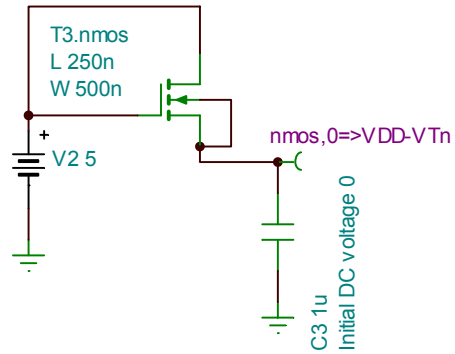
Εργασία 3 - Δείξτε με προσομοίωση το πλεονέκτημα του nMOS για καλύτερη οδήγηση στο μηδέν (pull-down) και του pMOS για καλύτερη οδήγηση στο ένα (pull-up).



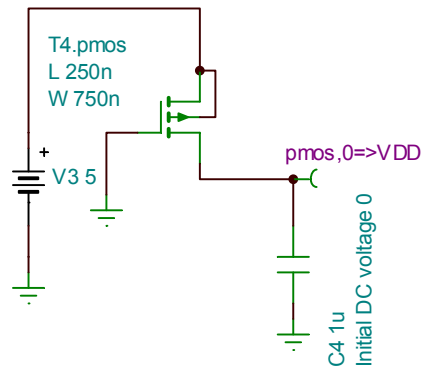
Εικόνα. Nmos με πύλη σε λογικό 1. Αντιστοιχεί σε κλειστό διακόπτη πηγής-απαγωγού, οπότε τα φορτία που είναι αποθηκευμένα στον πυκνωτή του απαγωγού θα περάσουν μέσω της πηγής στη γείωση.



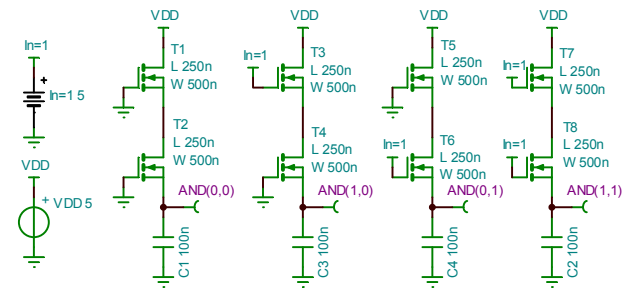
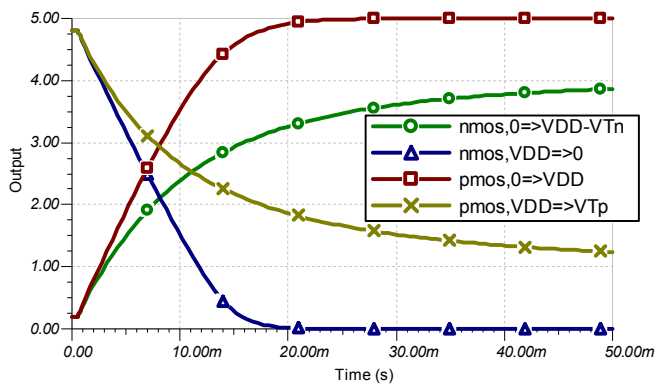
Εικόνα. Pmos με πύλη σε λογικό 0. Αντιστοιχεί σε κλειστό διακόπτη πηγής-απαγωγού, οπότε τα φορτία που είναι αποθηκευμένα στον πυκνωτή του απαγωγού θα περάσουν μέσω της πηγής στη γείωση.



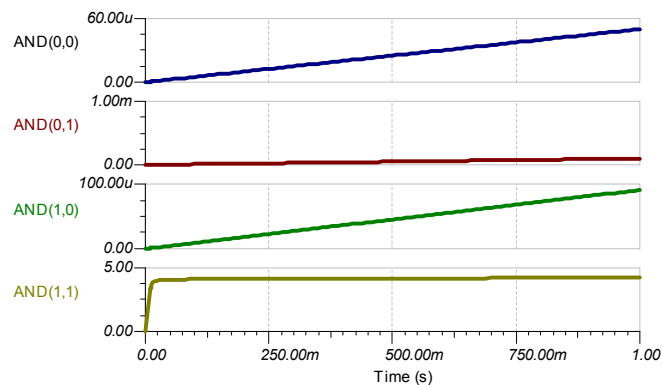
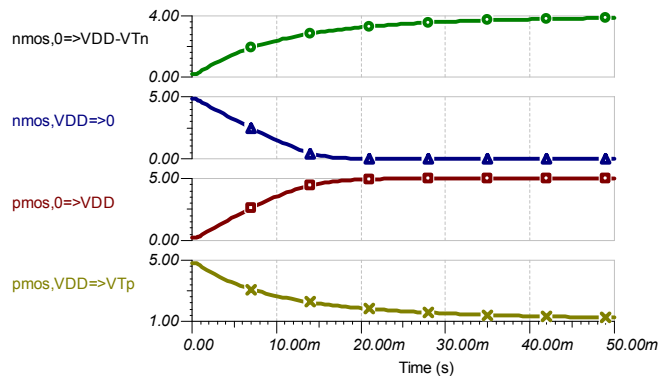
Εικόνα. Nmos με πύλη σε λογικό 1 και απαγωγό σε τροφοδοσία. Αντιστοιχεί σε κλειστό διακόπτη πηγής-απαγωγού, οπότε φορτία από την τροφοδοσία θα περάσουν μέσω της απαγωγού-πηγής και θα φορτίσουν τον πυκνωτή στην άκρη της πηγής.



Εικόνα. Pmos με πύλη σε λογικό 0 και απαγωγό σε τροφοδοσία. Αντιστοιχεί σε κλειστό διακόπτη πηγής-απαγωγού, οπότε φορτία από την τροφοδοσία θα περάσουν μέσω της απαγωγού-πηγής και θα φορτίσουν τον πυκνωτή στην άκρη της πηγής.



Εικόνα. Υλοποιήσεις nmos AND πύλης.



Εικόνα. Χρονική προσομοίωση nmos AND πύλης. Μόνο στην περίπτωση που και οι δύο εισόδοι είναι σε λογικό 1, παίρνουμε στην έξοδο λογικό 1.

Εργασία 5 - Λειτουργία πύλης OR δύο εισόδων τύπου nMOS.

Μια πύλη nmos OR, σχηματίζεται αν συνδέσουμε τους δύο απαγωγούς με την τροφοδοσία και τις δύο πηγές μαζί. Οι δύο πύλες είναι οι δύο εισόδοι της OR και η κοινή πηγή, η έξοδος της OR. Η έξοδος αυτή θα δίνει λογικό 1 κάθε φορά που τουλάχιστον μία από τις εισόδους είναι σε λογικό 1.

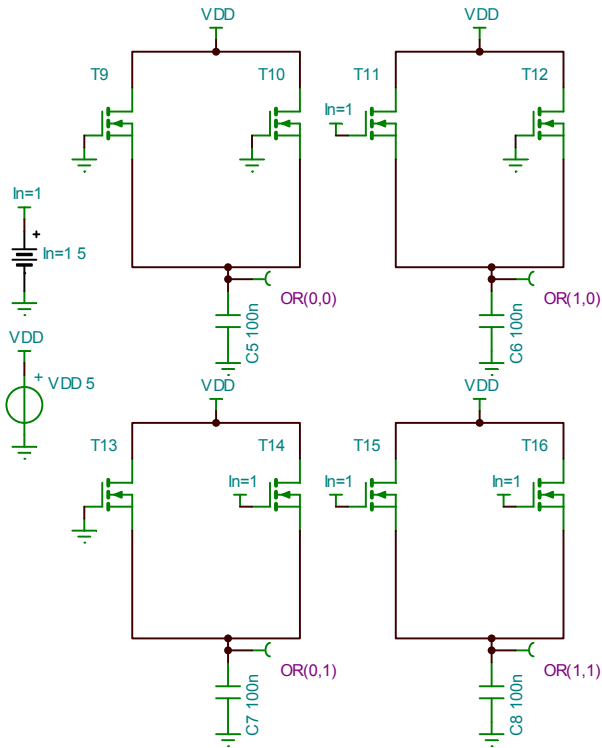
Η δομή της πύλης έχει τα δύο nmos σε παράλληλα.

Εικόνα. Αποτελέσματα εκφορτίσεων – φορτίσεων για τα προηγούμενα κυκλώματα. Παρατηρούμε ότι στην περίπτωση του nmos ο πυκνωτής φορτίζεται μέχρι $V_{DD}-V_{Tn}$ δηλαδή δεν παίρνουμε τέλειο λογικό 1, ενώ στην περίπτωση του pmos φορτίζεται μέχρι το V_{DD} , δηλαδή παίρνουμε τέλειο λογικό 1. Αντίστοιχα, στην περίπτωση του nmos, ο πυκνωτής εκφορτίζεται μέχρι 0, δηλαδή τέλειο λογικό 0, ενώ στην περίπτωση του pmos εκφορτίζεται μέχρι V_{Tp} , δηλαδή δεν παίρνουμε τέλειο λογικό 0.

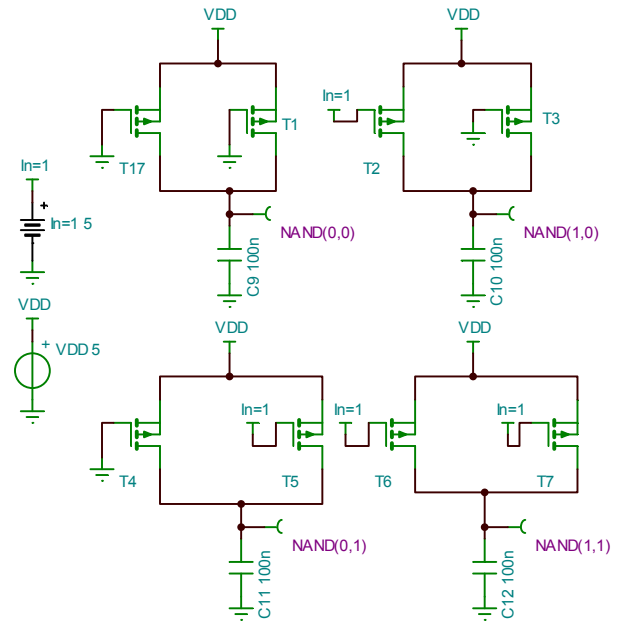
Εργασία 4 - Λειτουργία πύλης AND δύο εισόδων τύπου nMOS.

Αν συνδέσουμε δύο nmos έτσι ώστε η πηγή του ενός να είναι και απαγωγός του άλλου και ο δεύτερος απαγωγός συνδεθεί με τροφοδοσία, τότε η δεύτερη πηγή, είναι έξοδος μια πύλης AND με nmos δύο εισόδων. Οι εισόδοι είναι οι πύλες των δύο nmos. Η πύλη αυτή θα μεταφέρει το λογικό 1 από την τροφοδοσία στην έξοδο, μόνο αν ταυτόχρονα και οι δύο εισόδοι (πύλες) είναι σε λογικό 1. Αν μία είναι σε λογικό 0, η γέφυρα σπάει και στην έξοδο θα έχουμε λογικό μηδέν.

Η δομή της πύλης έχει τα δύο nmos σε σειρά.

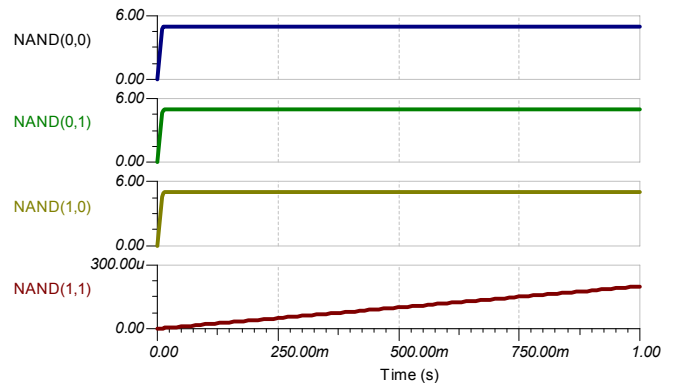
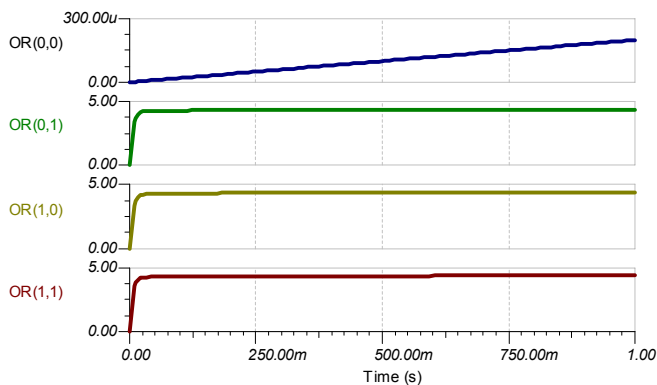


και οι δύο πύλες – εισοδοι είναι σε λογικό 1, η έξοδος θα είναι σε λογικό 0.



Εικόνα. Υλοποιήσεις ημος OR πύλης.

Εικόνα. Υλοποιήσεις ημος NAND πύλης.



Εικόνα. Χρονική προσομοίωση ημος OR πύλης. Αν σε μια είσοδο υπάρχει λογικό 1, τότε η έξοδος θα δίνει λογικό 1. Αν και οι δύο εισοδοι είναι σε λογικό 0, τότε και η έξοδος θα είναι σε λογικό 0.

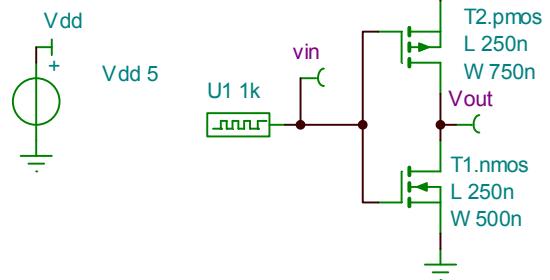
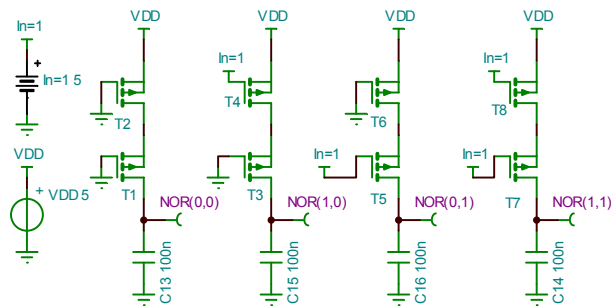
Εικόνα. Χρονική προσομοίωση ημος NAND πύλης. Αρκεί ένα λογικό 0 σε μία από τις δύο εισόδους για να δώσει λογικό 1 στην έξοδο.

Εργασία 6 - Λειτουργία πύλης NAND δύο εισόδων τύπου ημος.

Εργασία 7- Λειτουργία πύλης NOR δύο εισόδων τύπου ημος.

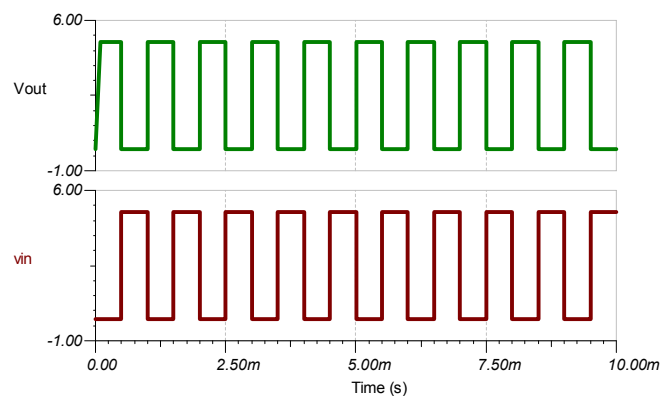
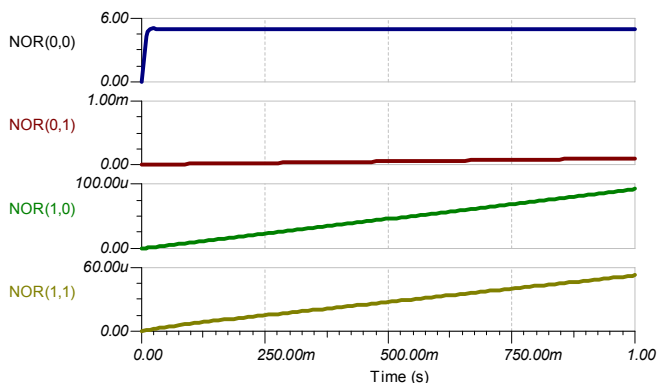
Μια πύλη ημος NAND υλοποιείται με δύο ημος συνδεδεμένα παράλληλα. Οι δύο απαγωγί συνδέονται στην τροφοδοσία και οι δύο πηγές μαζί σχηματίζουν την έξοδο της πύλης. Αν υπάρχει τουλάχιστον ένα λογικό 0 σε μια από τις δύο πύλες – εισόδους, τότε η έξοδος θα είναι σε λογικό 1. Αν

Μια πύλη ημος NOR υλοποιείται με δύο ημος σε σειρά. Ο απαγωγός του ενός συνδέεται με την τροφοδοσία. Η πηγή του με τον απαγωγό του δεύτερου και η πηγή του δεύτερου είναι η έξοδος της NOR. Οι δύο πύλες είναι οι δύο εισοδοι της NOR. Η πύλη αυτή δίνει λογικό 1 μόνο αν και στις δύο εισόδους της υπάρχει λογικό 0.



Εικόνα. Υλοποιήσεις pmos NOR πύλης.

Εικόνα. Υλοποίηση CMOS αντιστροφέα.



Εικόνα. Χρονικές προσομοιώσεις pmos NOR πύλης. Η πύλη αυτή δίνει λογικό 1 μόνο όταν και οι δύο είσοδοι είναι στο λογικό 0.

Εικόνα. Χρονική προσομοίωση συμπεριφοράς CMOS αντιστροφέα.

Εργασία 8 - Περιγράψτε τη δομή και τη λειτουργία ενός CMOS inverter.

Στην περίπτωση του αντιστροφέα:

- Το pull-down δίκτυο είναι ένα nmos.
- Το pull-up δίκτυο είναι ένα pmos.

Οι πύλες και των δύο είναι συνδεδεμένες και αποτελούν την είσοδο του αντιστροφέα. Η πηγή του pmos είναι συνδεδεμένη με τον απαγωγό του nmos και αυτό υλοποιεί την έξοδο του αντιστροφέα. Ο απαγωγός του pmos είναι συνδεδεμένος με την τροφοδοσία και η πηγή του nmos με τη γείωση.

Όταν στην είσοδο εφαρμόσουμε λογικό 1, άγει το nmos και συνδέει την έξοδο με τη γείωση, οπότε παράγεται το λογικό 0. Όταν εφαρμόσουμε λογικό 0, άγει το pmos και συνδέει την έξοδο με την τροφοδοσία οπότε παράγεται λογικό 1.