

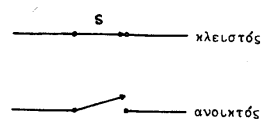


Ψηφιακά Ηλεκτρονικά Δίοδοι, BJT και MOSFET ως Διακόπτες

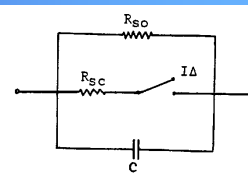
Επιμέλεια Διαφανειών: Δ. Μπακάλης

Πάτρα, Φεβρουάριος 2009

Ιδανικός διακόπτης



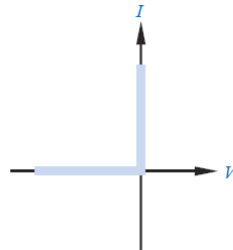
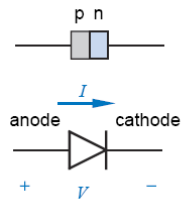
ΙΔΑΝΙΚΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ



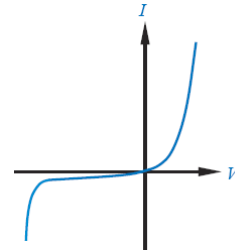
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ

- Ο ιδανικός διακόπτης εμφανίζει μηδενική αντίσταση όταν είναι κλειστός και άπειρη αντίσταση όταν είναι ανοικτός.
- Ένας πραγματικός διακόπτης δεν είναι ιδανικός, καθώς:
 - Όταν ο διακόπτης είναι κλειστός, εμφανίζει μη μηδενική αντίσταση (R_{sc})
 - Όταν ο διακόπτης είναι ανοικτός, εμφανίζει πεπερασμένη αντίσταση (R_{so})
 - Ο διακόπτης εμφανίζει αδράνεια κατά την αλλαγή κατάστασης

Δίοδος



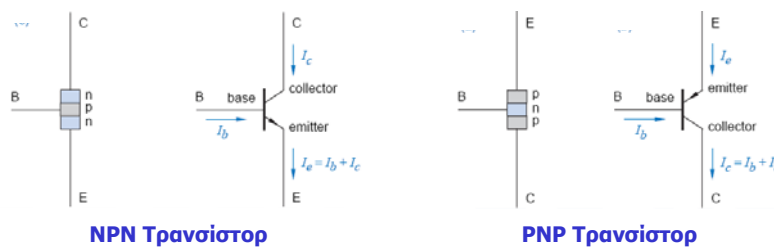
ΙΔΑΝΙΚΗ ΔΙΟΔΟΣ



ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΔΙΟΔΟΣ

- Η δίοδος μπορεί να λειτουργήσει ως πραγματικός διακόπτης ελεγχόμενος από την πολικότητα της εφαρμοζόμενης τάσης στα άκρα της.
- Εμφανίζει και τα 3 προβλήματα των πραγματικών διακοπών.

Διπολικό τρανζίστορ BJT

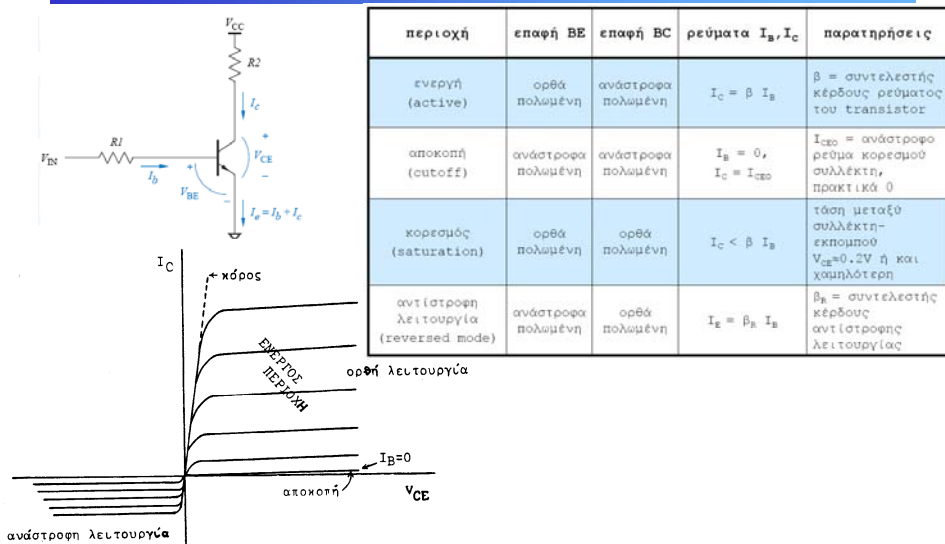


NPN Τρανζίστορ

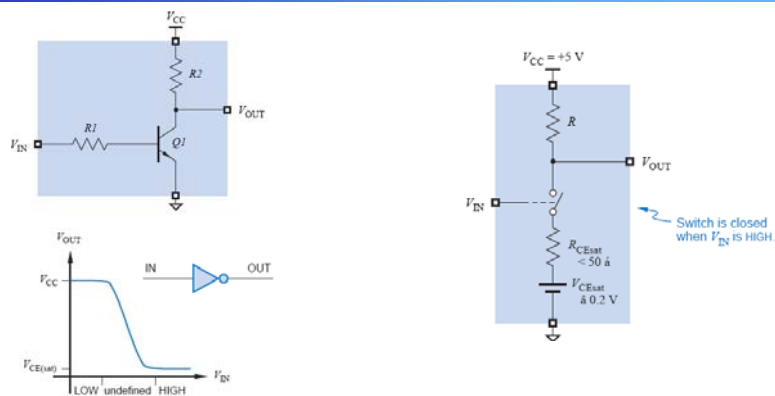
PNP Τρανζίστορ

- Το διπολικό τρανζίστορ μπορεί να λειτουργήσει, εκτός από την ενεργό περιοχή, μεταξύ του κόρου και της περιοχής αποκοπής.
- Η λειτουργία του BJT ελέγχεται από το ρεύμα της βάσης I_b .

Περιοχές λειτουργίας BJT

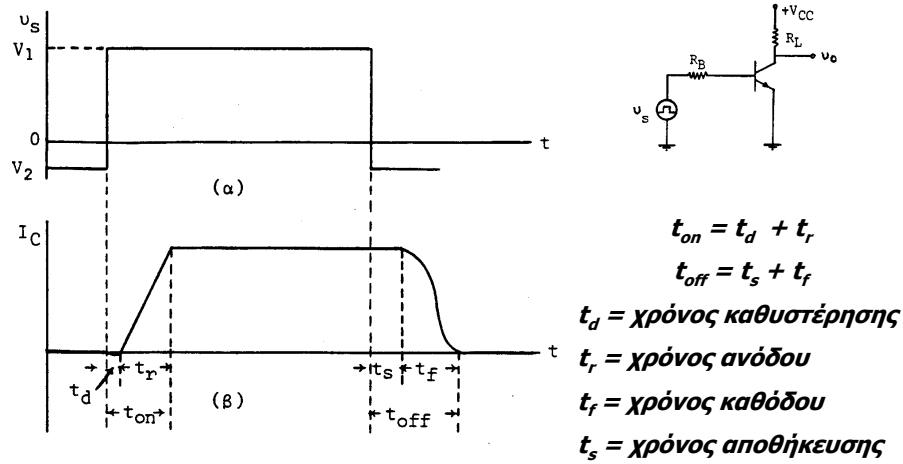


BJT ως διακόπτης – Κύκλωμα αντιστροφέα

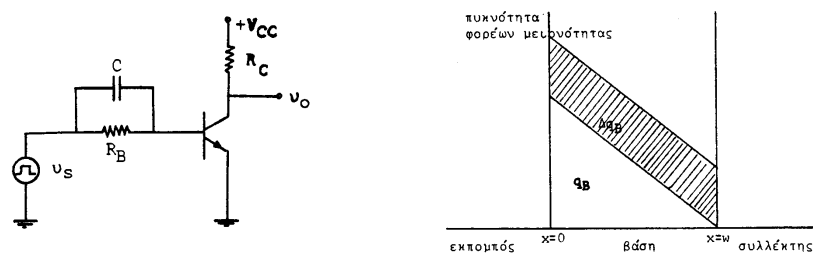


- Το BJT μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως διακόπτης όταν λειτουργεί μεταξύ κόρου (κλειστός διακόπτης) και αποκοπής (ανοικτός διακόπτης).
- Οι χρόνοι μετάβασης εξαρτώνται από τις χωρητικότητες των επαφών pn.

Κυματομορφές εισόδου - εξόδου

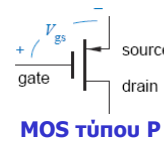
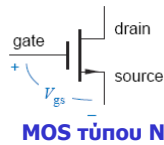
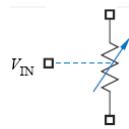


Βελτίωση των χρόνων μετάβασης



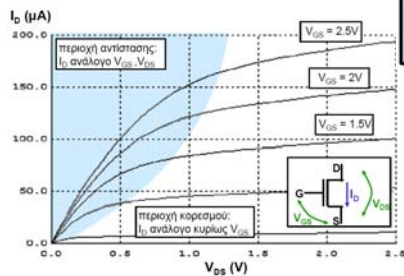
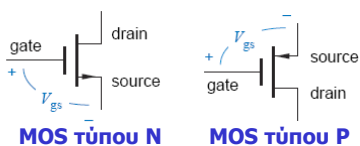
- Τυπικοί χρόνοι: $t_d = 35\text{ns}$, $t_r = 35\text{ns}$, $t_f = 50\text{ns}$, $t_s = 175\text{ns}$.
- Ο μεγάλος χρόνος αποθήκευσης οφείλεται στο επιπλέον φορτίο που συγκεντρώνεται στην περιοχή της βάσης όταν το τρανζίστορ είναι στον κόρο.
- Οι χρόνοι μπορούν να μειωθούν είτε εφαρμόζοντας στη βάση κατάλληλο παλμό αντίθετης πολικότητας από εκείνον που φέρνει το τρανζίστορ σε αγωγή είτε συνδέοντας παράλληλα προς την αντίσταση R_B πυκνωτή μικρής χωρητικότητας.

MOS



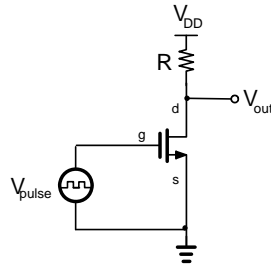
- Η λειτουργία του MOS τρανζίστορ ελέγχεται από την τάση της πύλης.
- Το MOS τρανζίστορ λειτουργεί ως ελεγχόμενη από τάση αντίσταση:
 - Όταν είναι σε αποκοπή η αντίσταση είναι άπειρη
 - Όταν είναι σε αγωγή η αντίσταση είναι της τάξης εκατοντάδων Ω.

Περιοχές Λειτουργίας MOS



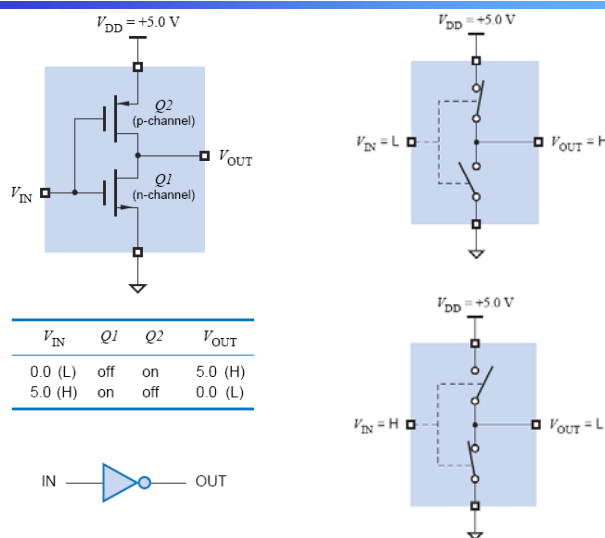
Περιοχή λειτουργίας	Συνθήκες	Λειτουργία	Συμπεριφορά transistor
αποκοπή (cutoff region)	για το NMOS: $V_{GS} < V_T$ για το PMOS: $V_{GS} > V_T$	$I_{DS} = 0$	Ανοικτό κύκλωμα
περιοχή αντίστασης (resistive region)	για το NMOS: $V_{GS} \geq V_T$ & $V_{DS} < (V_{GS} - V_T)$ για το PMOS: $V_{GS} \leq V_T$ & $V_{DS} > (V_{GS} - V_T)$	$I_{DS} = k \cdot \left[(V_{GS} - V_T) V_{DS} + \frac{V_{DS}^2}{2} \right]$	Μεταβλητή αντίσταση, ελεγχόμενη από την τάση της πύλης
περιοχή κορεσμού (saturation region)	για το NMOS: $V_{GS} \geq V_T$ & $V_{DS} \geq (V_{GS} - V_T)$ για το PMOS: $V_{GS} \leq V_T$ & $V_{DS} \leq (V_{GS} - V_T)$	$I_{DS} = k \cdot \frac{(V_{GS} - V_T)^2}{2}$	Πηγή ρεύματος, ελεγχόμενη από την τάση της πύλης

MOS ως διακόπτης – Κύκλωμα nMOS αντιστροφέα



- Όταν $V_{IN} = L$, τότε το τρανζίστορ είναι σε αποκοπή $\rightarrow V_{OUT} = H$.
- Όταν $V_{IN} = H$, τότε το τρανζίστορ είναι σε αγωγή $\rightarrow V_{OUT} = L$.

MOS ως διακόπτης – Κύκλωμα CMOS αντιστροφέα



Βιβλιογραφία

1. Ηλεκτρονικά Ψηφιακά Κυκλώματα, Θ. Δεληγιάννης, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, 2005
2. Ψηφιακή Σχεδίαση Αρχές και Πρακτικές, J. Wakerly, Εκδόσεις Κλειδάριθμος, 2002
3. Σημειώσεις Ψηφιακών Ηλεκτρονικών, Δ. Λιούπης και Μ. Στεφανιδάκης, Τμήμα Μηχανικών Η/Υ και Πληροφορικής, Παν/μιο Πατρών

