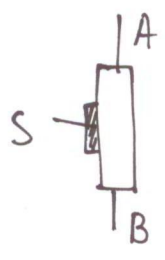


Ψηφιακές πύλες με διακόπτες

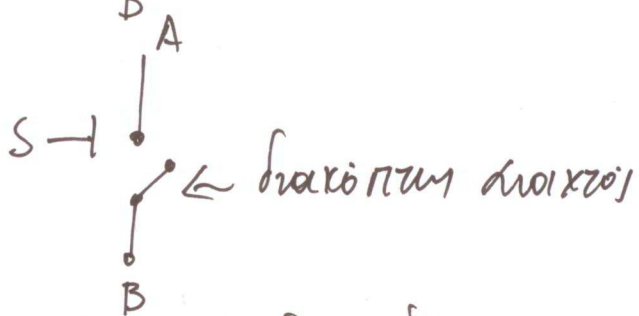
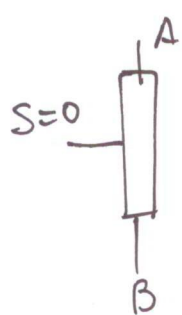
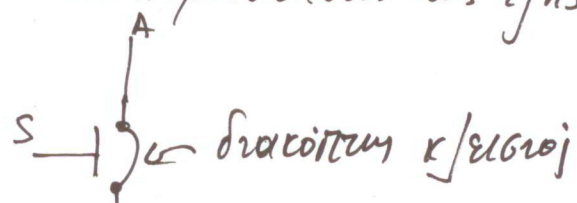
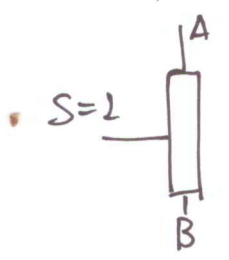
Σκοπός αυτών των σημειώσεων είναι να παρουσιάσει τον τρόπο κατασκευής ψηφιακών λογικών πυλών χρησιμοποιώντας ιδανικές διακόπτες και αντιστάσεις.

Ο διακόπτης ορίζεται σαν ένα ιδανικό στοιχείο με τρεις ακροδέκτες



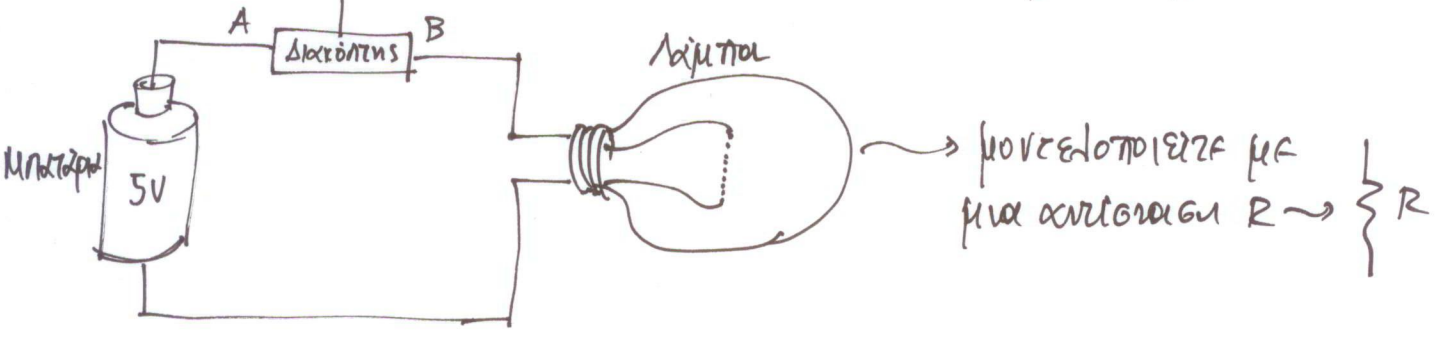
το οποίο δέχεται στην είσοδο του  $S$  μόνο ψηφιακή τιμή που αντιστοιχούν στο λογικό-1 ή στο λογικό-0.

Όταν το  $S$  είναι ίσο με λογικό-1 τότε ο διακόπτης "κλείνει" και ο ακροδέκτης  $A$  συνδέεται (βραχυκυκλώνεται λόγω απουσίας αντίστασης) με τον ακροδέκτη  $B$ . Αντίθετα, όταν στο  $S$  εφαρμόσουμε μη  $\times$  τιμή ίση με το λογικό-0 ο διακόπτης "ανοίγει" και ο ακροδέκτης  $A$  αποσυνδέεται από τον ακροδέκτη  $B$ . Σχηματικά οι δύο περιπτώσεις μπορούν να αναπαρασταθούν ως εξής:

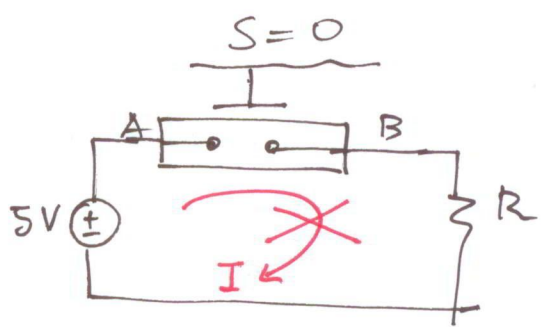
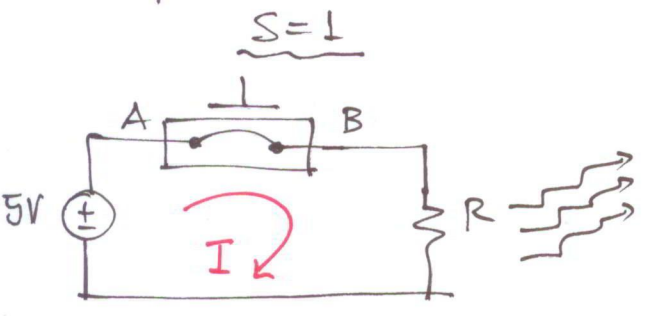


Παρατηρείστε πως ο ακροδέκτης ελέγχου  $S$  δε συνδέεται σε καμία περίπτωση ούτε με το  $A$  ούτε με το  $B$ .

Με τη χρήση του διακόπτη μπορούμε να ελέγχουμε τη λειτουργία ποιά απλών κυκλωμάτων. Ας δούμε ένα παράδειγμα:



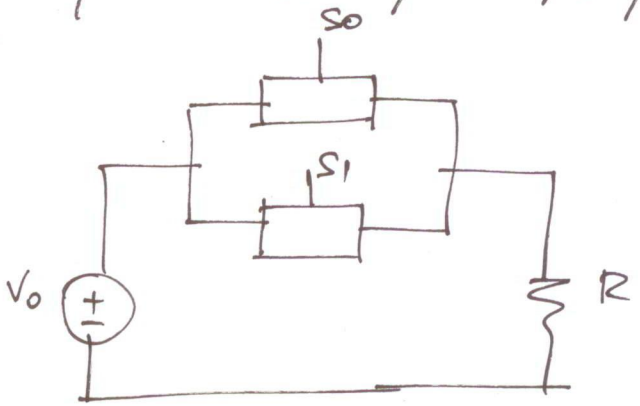
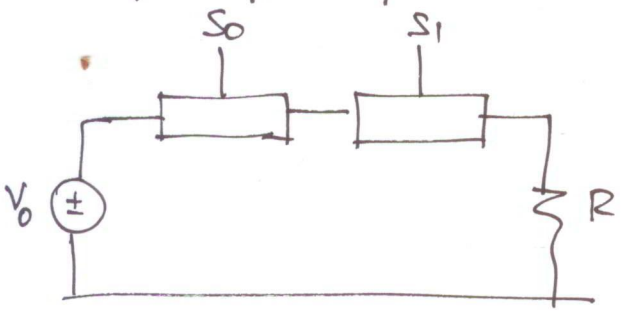
Ανάλογα με την τιμή που εφαρμόζουμε στο  $S$  έχουμε τα δύο κοινά χαρακτηριστικά:



Στην περίπτωση αυτή ο διακόπτης επιτρέπει τη ροή ρεύματος με αποτέλεσμα η λάμπτα να ανάψει.

Στην περίπτωση αυτή λόγω του ανοικτού κυκλώματος η λάμπτα παραμένει εβηστική και η αντίσταση δε διαρρέεται από ρεύμα.

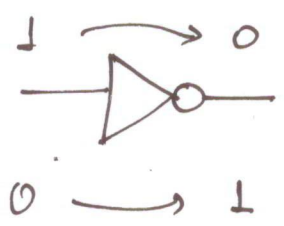
Θα μπορούσαμε να ελέγξουμε το άναμα ή το βήσισμο της λάμπτας και με περιεργότερες διακοπές.



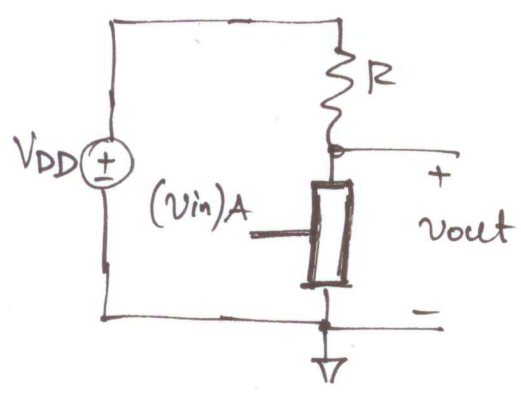
Σ'αυτήν την περίπτωση η λάμπτα θα ανάψει όταν  $S_0 = 1$  ή  $S_1 = 1$ .

Η λάμπτα θα ανάψει όταν συνδυασμών ενός διακόπτη δε του είδους του λογικού 1. Με άλλα λόγια  $S_0 = 1$  ή  $S_1 = 1$ .

Έχουμε στο μυαλό μας αυτή τη απλή λειτουργία του διακόπτη μπορεί να σχεδιάσουμε την πρώτη ψηφιακή πύλη - τον αντιστροφέα.



Ένα κύκλωμα που θα μπορούσε να εκτελεί τη λειτουργία του αντιστροφέα είναι το εξής:

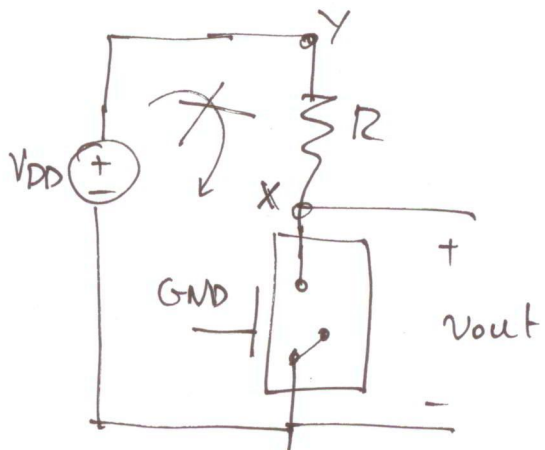
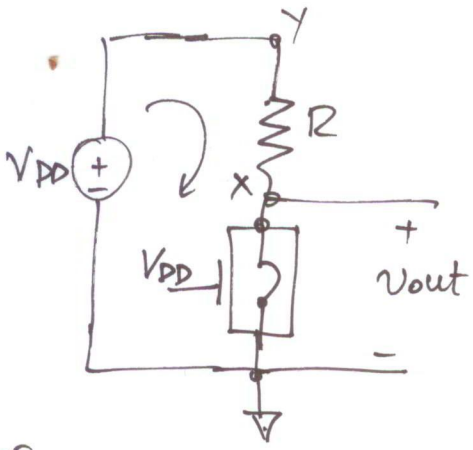


Ο αντιστροφέα έχουμε σαν είσοδο το σήμα A ( $v_{in}$ ) το οποίο συνδέεται στο σήμα ελέγχου ενός διακόπτη. Η τιμή που παίρνει το A είναι αμυγνή ψηφιακή (λογικό-1 :  $V_{DD} \cong 5\text{Volt}$ ) (λογικό-0 :  $GND = 0\text{Volt}$ )

Μας ενδιαφέρει να παρατηρήσουμε τη τιμή της εξόδου  $v_{out}$  - Η διαφορά δυναμικού μεταξύ του ενός άκρου της αντιστάσεως ή του κόμβου αναφοράς - Ανάλογα με την τιμή του  $v_{in}$  προκύπτουν τα δύο βασικά κυκλώματα:

$v_{in} = V_{DD} \rightarrow$  λογικό-1.

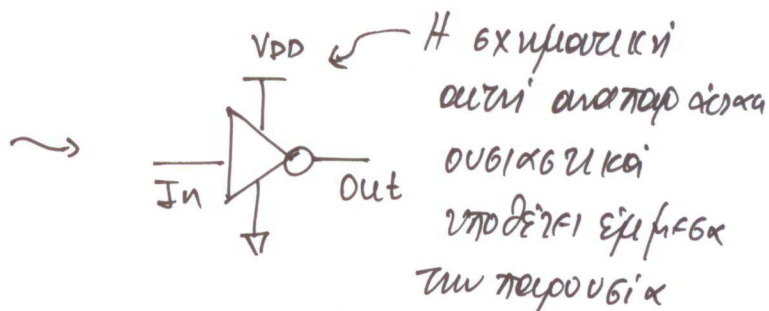
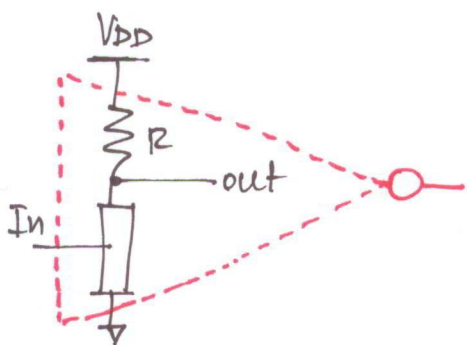
$v_{in} = GND \rightarrow$  λογικό-0



Εδώ  $v_{out} = 0\text{ Volt}$  γιατί το X βραχυκυκλώνεται με τον κόμβο αναφοράς. Ρεύμα διαρρέει την αντίσταση.

Το κύκλωμα δε διαρρέει από ρεύμα λόγω του ανοιχτού κυκλώματος. Έτσι η διαφορά δυναμικού μεταξύ X ή Y είναι 0. Επομένως  $v_x = v_y = V_{DD}$  ή αλλιώς  $v_{out} = V_{DD}$

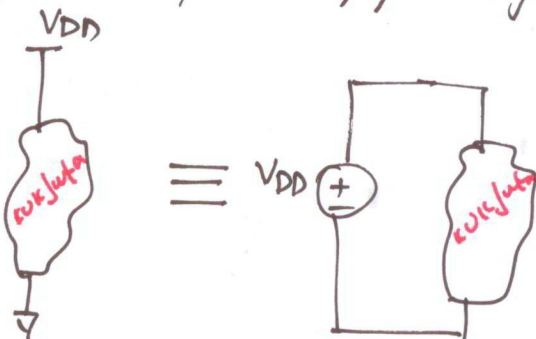
Από τις δύο περιπτώσεις διακρίνουμε εύκολα πως η βωδέβα αυτή του διακόπτη και της αντίστασης επιφέρει στην έξοδο των ιδίων λειτουργία με αυτή του αντιστροφέα.



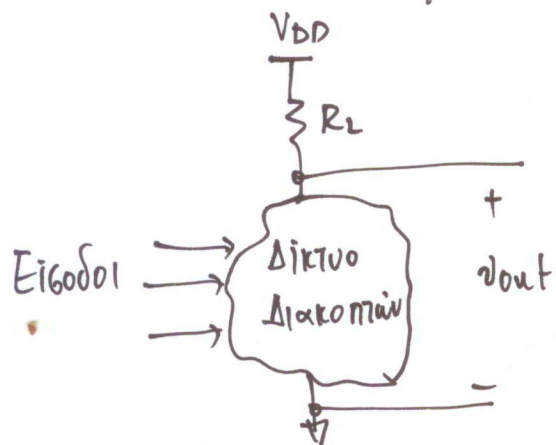
Η εχρηματική αυτή αναπαράσταση ουσιαστικά υποδεικνύει έμφαση των περιουσιών

μιας πυκνής τσίχλας η οποία βωδέβαται.

↳ στον κόμβο αναφοράς Διψαλή:



Σε γενική περίπτωση μιας λογικής πύλης η βωδέβαφορτία που θα ακολουθήσουμε έχει την εξής μορφή:

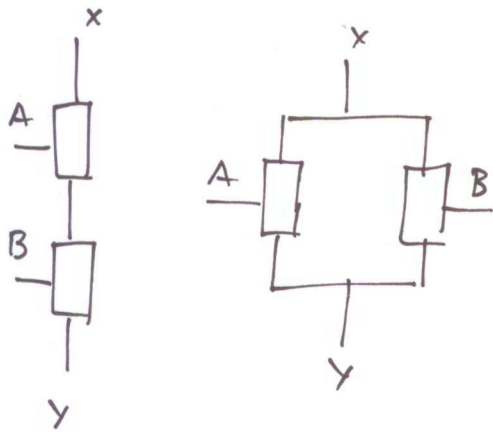


Η έξοδος πάντα παίρνεται από τον ένα άκρο της αντίστασης  $R_L$  και τον κόμβο αναφοράς. Η δομή

του δικτύου διακοπών καθορίζει τη λογική βωάρτη που υλοποιεί το κύκλωμα μας. Με τη κατάλληλη βωδέβαση των διακοπών μπορούν να υλοποιηθούν ακόμα και πολύ βωδέβατες βωάρτηδες πολλών μεταβλητών. Η αντίσταση  $R_L$  βωδέβα τον κόμβο εξόδου με το  $V_{DD}$  ενώ το δίκτυο διακοπών τον βωδέβα με τον κόμβο αναφοράς GND.

Ουσιαστικά όταν θέλουμε η έξοδος να είναι στο λογικό-0 πρέπει να ενεργοποιηθεί ένα μονοπάτι του δικτύου των διακοπών που αντίθετα όταν θέλουμε η έξοδος να είναι στο λογικό-1 πρέπει όλα τα μονοπάτια του δικτύου διακοπών να είναι "κλειστά", διακόπτες ή μη επιτρεπόμενα έτσι τη ροή ρεύματος.

Θα ανακοινηθούμε την πιο απλή περίπτωση δύο συναρτήσεων των δύο εισόδων. Τότε χρειαζόμαστε δύο διακόπτες οι οποίοι



μπορούν να συνδεθούν είτε σε σειρά είτε παράλληλα. Στην περίπτωση της εν σειρά σύνδεσης για να αχθεί ο κλάδος που συνδέει το X με το Y πρέπει ή το A ή το B να παίρουν τιμή 169 με το λογικό-1. Με άλλα λόγια η εν-σερά σύνδεση δύο διακοπών

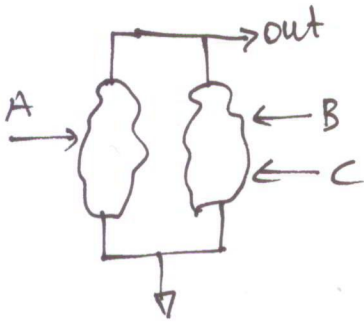
ισοδυναμεί με τη λογική πράξη AND. Αντίστοιχα, όταν δύο διακόπτες είναι συνδεδεμένοι παράλληλα αρκεί ένα από τους δύο να αχθεί (κλειστός διακόπτης) ώστε να υπάρχει μονοπάτι που να συνδέει το X με το Y. Έτσι, η παράλληλη σύνδεση των διακοπών ισοδυναμεί με τη λογική πράξη OR.

Καθε πύλη που θα σχεδιάσουμε στη συνέχεια μπορεί να χρησιμοποιήσει μόνο ανεστραμμένες λογικές συναρτήσεις, π.χ.  $\overline{A}$ ,  $\overline{A+B}$ ,  $\overline{A+BC}$ .

Για την αφαίμαξη απαιτείται είτε η σύνδεση ενός ανεστραμμένου βίαιου ή οδο της πύλης είναι η χρήση ανεστραμμένων βίαιων βίαιου εισόδους.

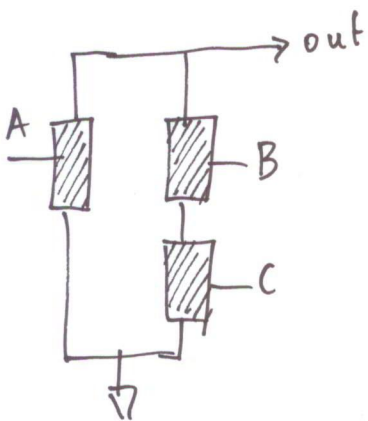
Θα παρουσιάσουμε τη φυσική δομή μιας λογικής πύλης χρησιμοποιώντας ως παράδειγμα τη συνάρτηση  $A+B \cdot C$ . Αφροίμε προς το παρόν την ανεστραφή η οποία προκύπτει ούτως ή άλλως από τη δομή της πύλης ή ακολουθήσαμε με τη συνάρτηση  $A+B \cdot C$ .

Στη γενική περίπτωση το δίκτυο των διακοχών αποτελείται από τόσους κλειδούς όσα η τα AND γινόμενα που συνδέονται μεταξύ τους με OR σχέσεις. Για το παράδειγμα μας έχουμε δύο επιμέρους γινόμενα, το A η το B·C. Αυτό φαίνεται σχηματικά στο διάγραμμα

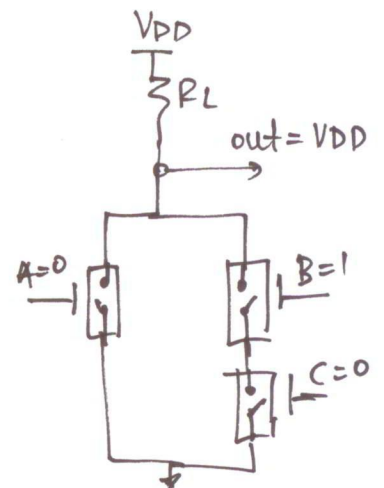
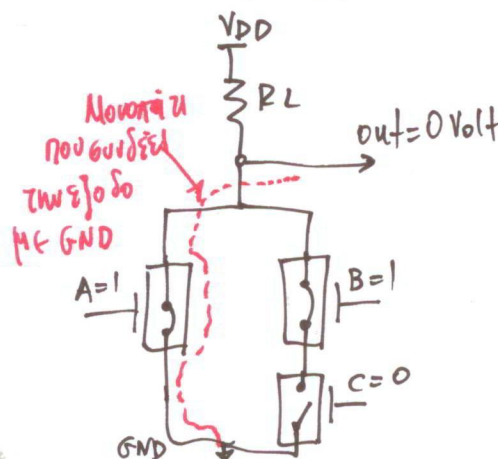
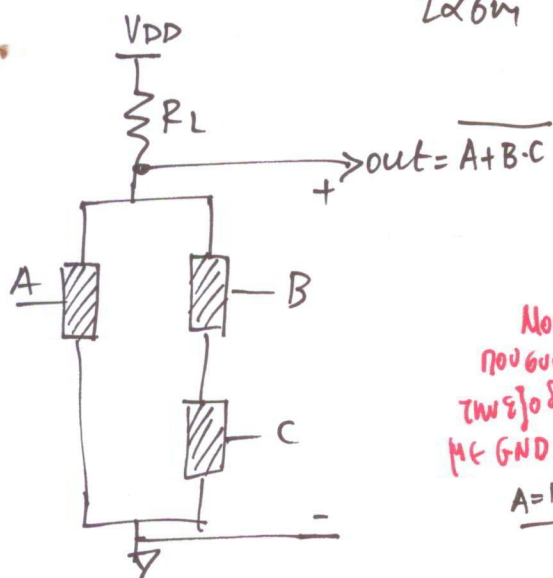


σχήμα. Με άλλα λόγια εφόσον οι όροι A η B·C ενώνονται με μια πράξη OR πρέπει τα αντίστοιχα δίκτυα τους να είναι συνδεδεμένα παράλληλα. Αφού έχουμε αποφασίσει το πλήθος των παράλληλων κλειδών μεριά ακολουθούμεστε

με τον κάθε κλειδο χωριστά. Ο κλειδος που δέχεται σαν είσοδο το A αποτελείται από ένα μόνο διακόπτη ο οποίος ελέγχεται από το A.



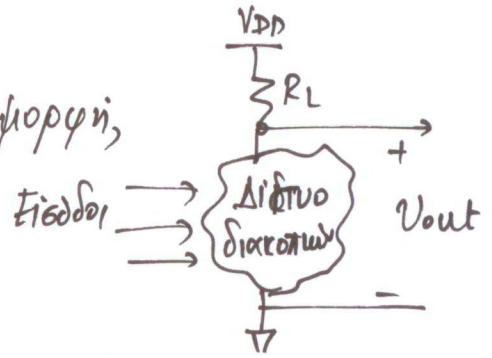
Αντίστοιχα, ο κλειδος που δέχεται σαν είσοδο τα B η C αποτελείται από 2 διακόπτες σε σειρά. Η σε σειρά σύνδεση χρειάζεται ώστε να χρησιμοποιηθεί η σχέση AND που συνδέει τα B η C. Εφόσον ολοκληρώσαμε τη σχεδίαση του δικτύου διακοχών για να ολοκληρωθεί την πύλη μας απαιτείται η σύνδεση τη πηγής τάσης η τη αντίστασης. Για παράδειγμα θα σχεδιάσουμε τα ισοδύναμα δίκτυα όταν  $A=1, B=1, C=0$  η  $A=0, B=0, C=0$ .



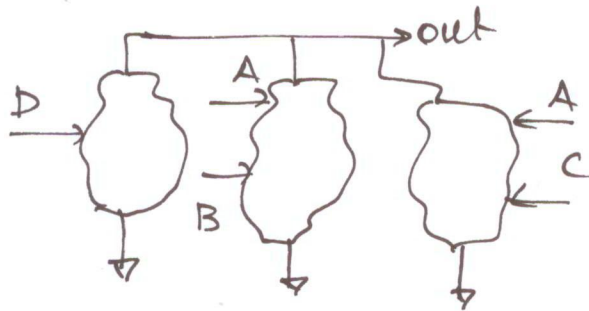
Παράδειγμα: Σχεδιάστε την λογική πύλη που υπολογίζει τη συνάρτηση

$$F = D + AB + A \cdot C$$

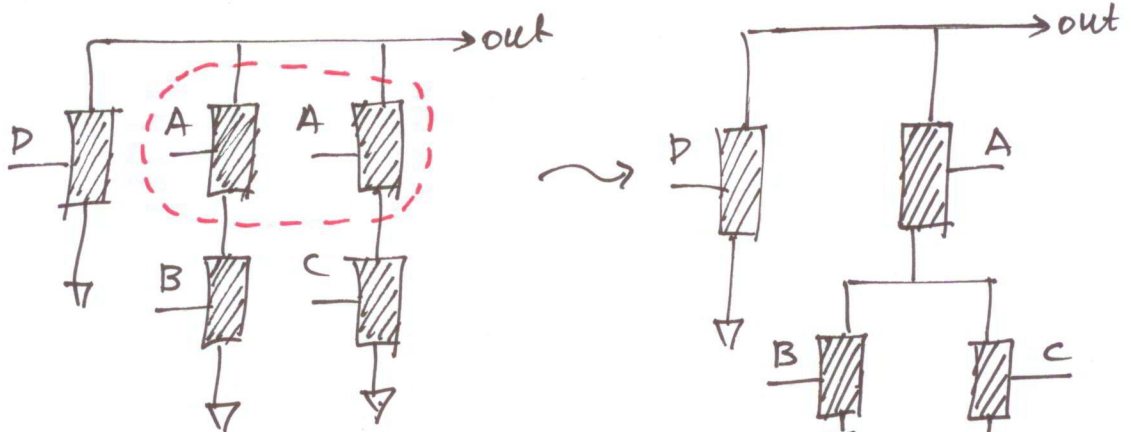
Η πύλη που θα σχεδιάσουμε θα έχει τη γενική μορφή, ενώ η λογική συνάρτηση θα καθοριστεί από το δίκτυο διακοπών.



Στη συγκεκριμένη συνάρτηση βλέπουμε 3 όρους χωρισμένου D, AB, AC. Επομένως, το δίκτυο θα αποτελείται από 3 παράλληλους κλείδους.



Ο καθένας από αυτούς θα έχει τρία τρανζίστορ σε σειρά όσα και το πλήθος των εισόδων που τον οδηγούν.



Παρατηρούμε πως η είσοδος A είναι κοινή στους κλείδους 2 ή 3. Επομένως, θα μπορούσε να μοιραστεί από τους 2 κλείδους χωρίς να αλλάξει η λογική λειτουργία της πύλης. Η ένωση αυτή ισοδυναμεί με την παραγοντοποίηση του  $AB + AC$  σε  $A \cdot (B + C)$

Έτσι συνολικά η πύλη έχει την εξής μορφή:

