

# ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

Δρ. Δ. Λαμπάκης  
(3<sup>ο</sup> σειρά διαφανειών)

# Έξοδοι ψηφιακών κυκλωμάτων

Οι βαθμίδες εξόδου διαμορφώνουν τις στάθμες τάσης που εμφανίζονται στους ακροδέκτες ενός ολοκληρωμένου κυκλώματος.

Οι στάθμες αυτές αντικατοπτρίζουν την κατάσταση των εσωτερικών κόμβων του κυκλώματος, ανάλογα με την εκάστοτε λογική λειτουργία.

Η κατασκευή των βαθμίδων εξόδου καθορίζει και τον τρόπο διασύνδεσής τους.

Στη συνέχεια θα δούμε διάφορα είδη βαθμίδων εξόδου.

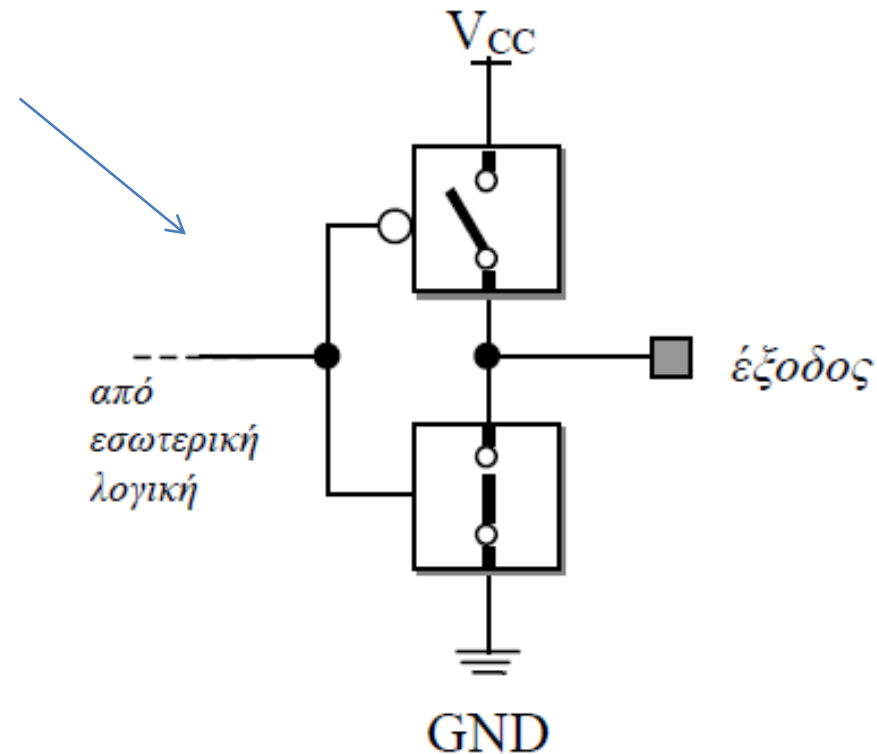
# Έξοδοι ψηφιακών κυκλωμάτων

## **Βαθμίδα totem-pole:**

Η πιο συνήθης διάταξη ψηφιακής εξόδου είναι η διάταξη totem-pole

Εδώ, δύο ενεργά στοιχεία (τρανζίστορ, που στο σχήμα απεικονίζονται συμβολικά ως διακόπτες) χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση της εξόδου εναλλάξ με το  $V_{CC}$  ή τη γείωση.

Με τον τρόπο αυτόν παράγονται οι δύο λογικές στάθμες εξόδου.



# Έξοδοι ψηφιακών κυκλωμάτων

## *Βαθμίδα totem-pole:*

Οι δύο “διακόπτες” οδηγούνται με συμπληρωματικό σήμα ελέγχου και **δεν είναι ποτέ ταυτοχρόνως “κλειστοί”**, παρά μόνον για ένα **ελάχιστο** διάστημα κατά τη μετάβαση της εξόδου από τη μία κατάσταση στην άλλη.

Στο **ελάχιστο** αυτό χρονικό διάστημα σχηματίζεται αγώγιμο μονοπάτι μεταξύ  $V_{CC}$  και γείωσης, κάτι που έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση **απότομων αιχμών ρεύματος** και του αντίστοιχου **θορύβου** μεταξύ των γραμμών τροφοδοσίας.

# Έξοδοι ψηφιακών κυκλωμάτων

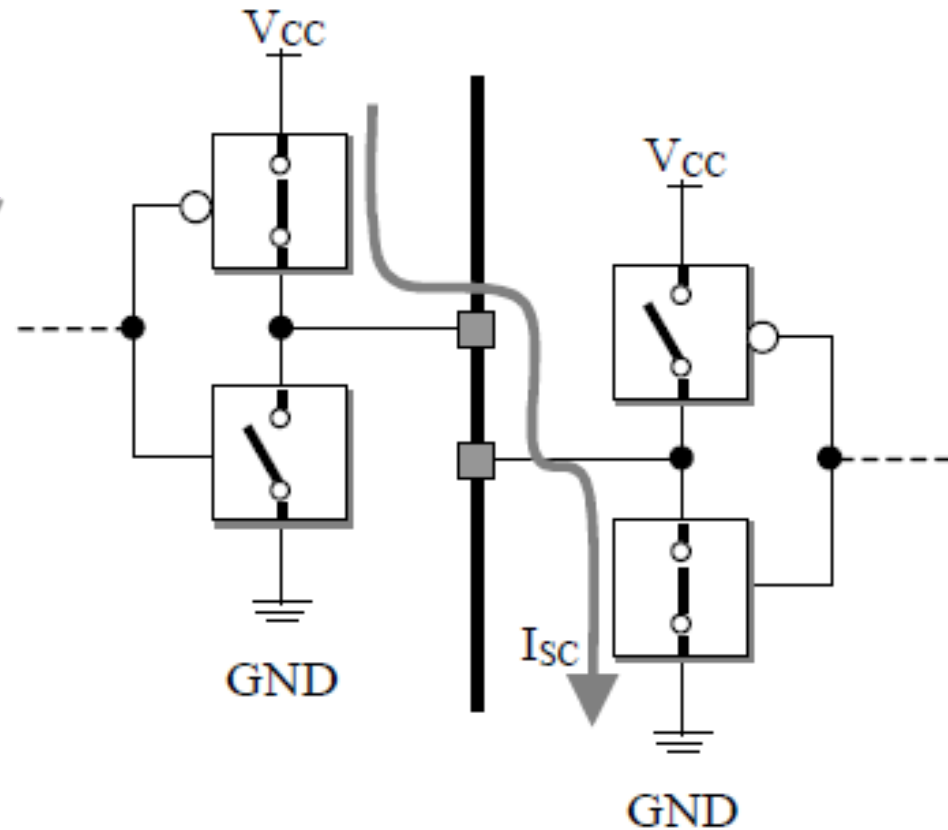
## *Έξοδοι τριών καταστάσεων :*

Κατά τη διασύνδεση πολλαπλών εξόδων σε μία κοινή γραμμή (π.χ. σε έναν δίαυλο δεδομένων), σε κάθε χρονική στιγμή **μόνο μία έξοδος μπορεί να είναι ενεργή** (δηλ. να μεταδίδει δεδομένα), ενώ οι υπόλοιπες έξοδοι πρέπει με κάποιον τρόπο να έχουν “αποσυνδεθεί” από την κοινή γραμμή.

# Έξοδοι ψηφιακών κυκλωμάτων

## Έξοδοι τριών καταστάσεων :

Έξοδοι με βαθμίδα totem-pole δεν μπορούν να συνδεθούν σε κοινή γραμμή, διότι εμφανίζεται σύγκρουση (contention) των λογικών σταθμών των εξόδων: εάν μία έξοδος προσπαθεί να μεταδώσει την υψηλή στάθμη, ενώ ταυτοχρόνως μία άλλη έξοδος βρίσκεται σε χαμηλή κατάσταση, τότε εμφανίζεται ένα ρεύμα βραχυκυκλώματος μέσω των δύο βαθμίδων totem-pole, από το  $V_{CC}$  προς τη γείωση.

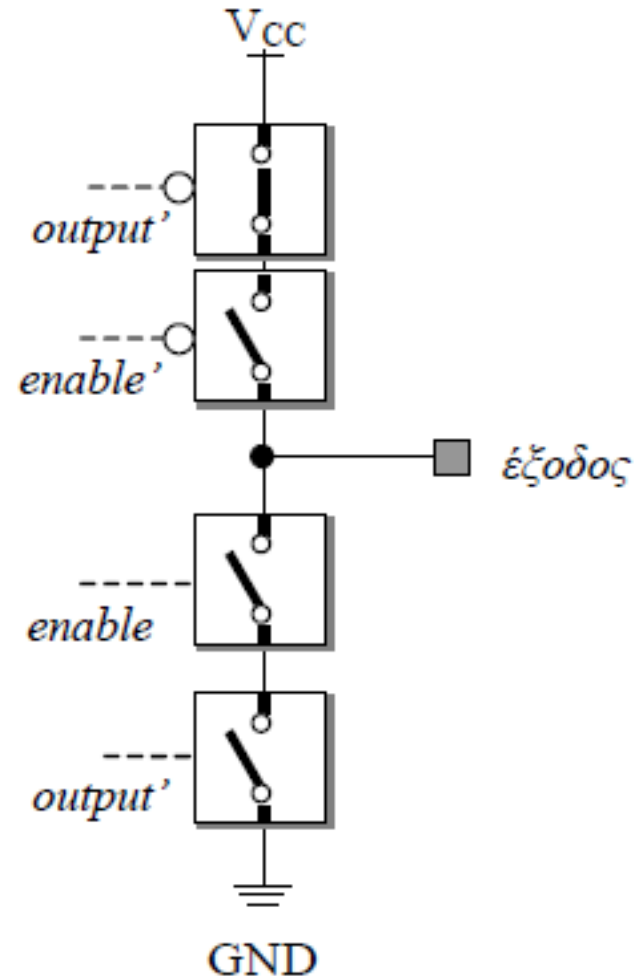


Η σύγκρουση έχει ως αποτέλεσμα την **καταπόνηση** των βαθμίδων εξόδου (ιδίως της βαθμίδας που βρίσκεται σε υψηλή κατάσταση) και την αύξηση της καταναλισκόμενης ισχύος. Η αύξηση αυτή μπορεί να οδηγήσει σε **καταστροφή** των βαθμίδων εξόδου.

# Έξοδοι ψηφιακών κυκλωμάτων

## Έξοδοι τριών καταστάσεων :

Για την αποφυγή του φαινομένου της σύγκρουσης, χρησιμοποιούνται βαθμίδες εξόδου, οι οποίες μπορούν να “αποσυνδέονται” πλήρως από την κοινή γραμμή, οδηγούμενες σε μία **“Τρίτη κατάσταση”** εξόδου, αυτή της **υψηλής εμπέδησης** (high impedance, συμβολικά **Hi-Z**).



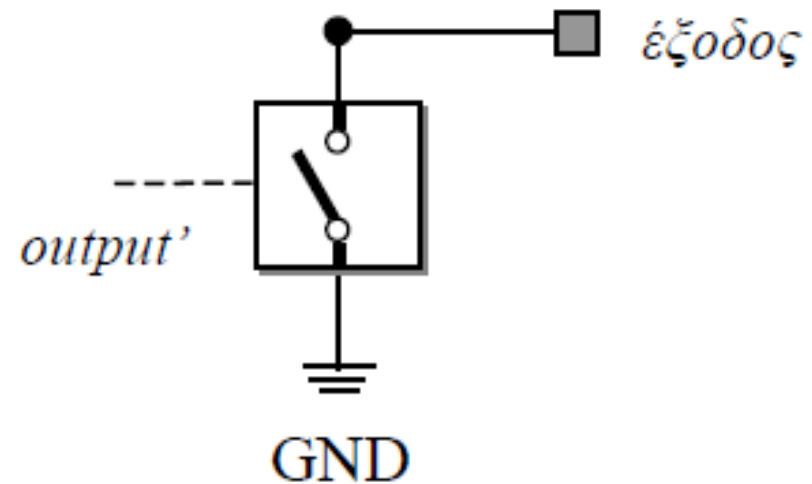
# Έξοδοι ψηφιακών κυκλωμάτων

## Έξοδοι ανοικτού συλλέκτη :

Μία εναλλακτική λύση για τη διασύνδεση πολλαπλών εξόδων σε κοινή γραμμή είναι η χρήση εξόδων **ανοικτού συλλέκτη** (*open-collector*).

Οι έξοδοι αυτού του τύπου μπορούν να παράγουν **μία** μόνο από τις δύο λογικές στάθμες.

Για την παραγωγή της δεύτερης στάθμης απαιτείται η χρήση μίας εξωτερικής αντίστασης, η οποία συνδέεται στην αντίστοιχη γραμμή τροφοδοσίας.





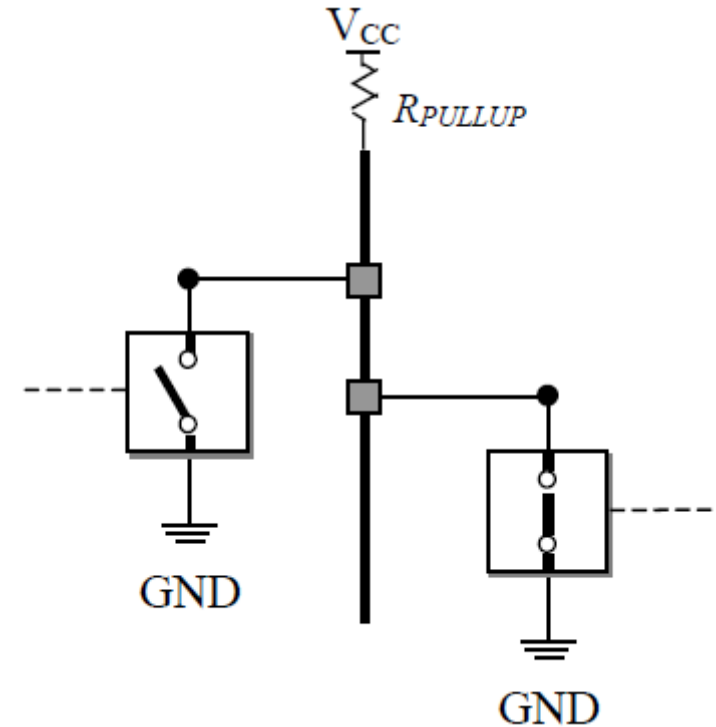
# Έξοδοι ψηφιακών κυκλωμάτων

## Έξοδοι ανοικτού συλλέκτη :

Με τη βοήθεια των εξόδων ανοικτού συλλέκτη υλοποιούνται συναρτήσεις καλωδιωμένης λογικής.

Εάν, π.χ., συνδεθούν μαζί πολλαπλές έξοδοι ανοικτού συλλέκτη και χρησιμοποιηθεί μία αντίσταση ανύψωσης δυναμικού (pullup) προς το  $V_{CC}$ , τότε η κοινή γραμμή θα βρίσκεται σε υψηλή κατάσταση μόνον όταν όλες οι έξοδοι είναι σε υψηλή κατάσταση.

Εάν έστω και μία έξοδος βρεθεί σε χαμηλή κατάσταση, όλη η γραμμή θα βρεθεί επίσης σε χαμηλή κατάσταση (λογική καλωδιωμένου-ΚΑΙ, wired-AND).



# Βιβλιογραφία

**“CAD & ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ” Α. ΚΑΡΑΓΚΟΥΝΗΣ, Γ. ΒΕΛΝΤΕΣ, ΤΕΙ ΛΑΜΙΑΣ**

**ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ “Βασικές Έννοιες Ψηφιακών Κυκλωμάτων” Δ.Λιούπης – Μ.Στεφανιδάκης, Πανεπιστήμιο Πατρών**