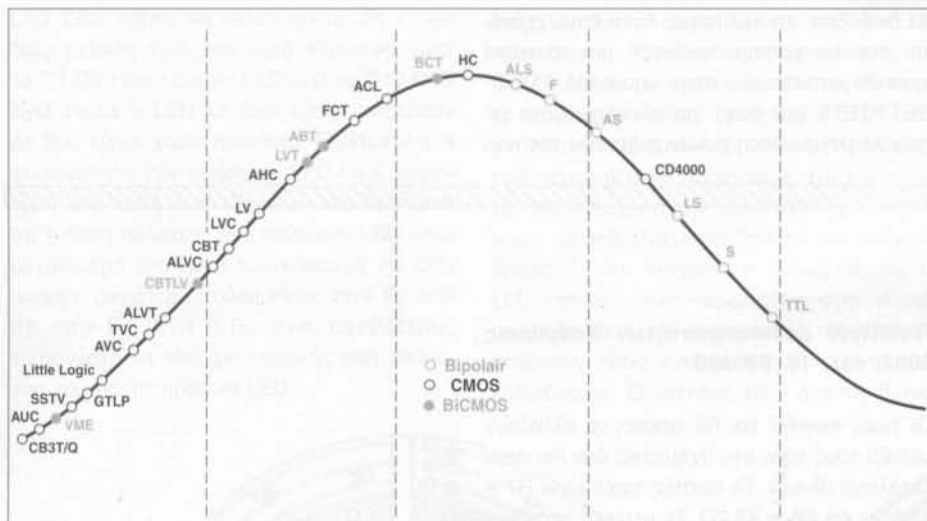


# Οικογένειες ψηφιακών ολοκληρωμένων

## ομοιότητες και διαφορές

Δεν είναι ήλιοι οι αναγνώστες μας που κατά καιρούς μας ζητούν να μιλήσουμε για τις οικογένειες λογικών κυκλωμάτων. Έτσι λοιπόν, ανταποκρινόμενοι στις επιθυμίες τους παρουσιάζουμε σήμερα ένα άρθρο που καθύπτει με τον απλούστερο δυνατό τρόπο τις κατασκευαστικές ιδιαιτερότητες των ψηφιακών ολοκληρωμένων. Και φυσικά επειδή μια απλή παρουσίαση δεν είναι πάντα ό,τι καλύτερο, την έχουμε επαυξήσει με ένα σύνολο οδηγιών επαρκών για την επιλογή του καταλληλότερου εξαρτήματος για κάθε μια εφαρμογή.



030317 - 11

Σχ. 1. Το μερίδιο αγοράς των διαφόρων οικογενειών ψηφιακών ολοκληρωμένων

Είναι σε όλους γνωστό πως στις αρχές της δεκαετίας του 60, όταν άρχισαν να κυκλοφορούν ευρέως στην αγορά τα τρανζίστορ, η χρήση τους περιοριζόταν σε βαθμίδες ενίσχυσης αναλογικών σημάτων. Σήμερα, τα πράγματα έχουν αλλάξει ριζικά. Τα περισσότερα κυκλώματα που φιλοξενούν τέτοιου είδους εξαρτήματα συμπεριφέρονται πιο πολύ σαν διακόπτες παρά σαν ενισχυτές. Στο άρθρο αυτό θα ασχοληθούμε με την 'διακοπτική' συμπεριφορά των τρανζίστορ, που με τη σειρά της αποτελεί το A και το Ω της ψηφιακής τεχνολογίας. Ας μη ξεχνούμε άλλωστε, πως οι υπολογιστές που επιλύουν τα τόσο πολύπλοκα προβλήματα, που τους αναθέτου-

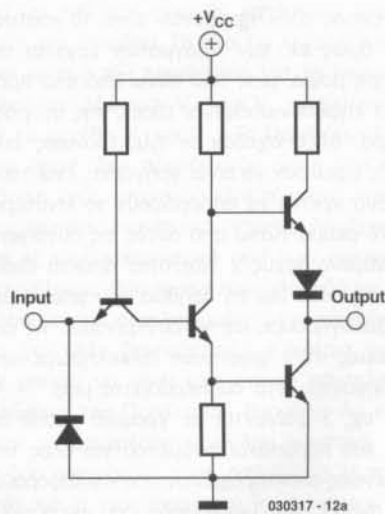
με, περιέχουν ψηφιακά κυκλώματα.

Η σημασία των διαφόρων οικογενειών ψηφιακών ολοκληρωμένων κυκλωμάτων φαίνεται από την ίδια την εξέλιξη τους. Σήμερα, στο 2004, πολλές από αυτές έχουν εξαφανιστεί, κάποιες άλλες μεσοραρούν, ενώ κάποιες περισσότερο εξελιγμένες περιμένουν να διεκδικήσουν μια θέση στις προτιμήσεις των σχεδιαστών. Αυτή και μόνο η παρατήρηση φθάνει για να μας απαλλάξει από την υποχρέωση να ασχοληθούμε εκτενώς με την παρουσίαση τους. Αν επιχειρούσαμε να κάνουμε κάτι τέτοιο θα χρειαζόμαστε σίγουρα πολλά τεύχη του περιοδικού. Ας επιχειρήσουμε όμως να ξεδιαλύνουμε λίγο τα πράγ-

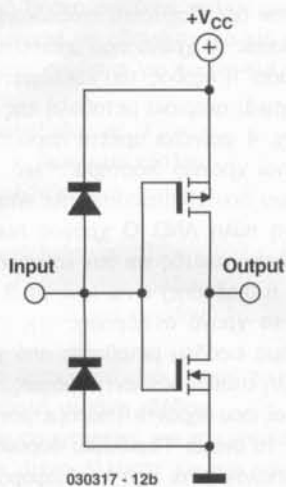
ματα σχετικά με τις οικογένειες των λογικών ψηφιακών κυκλωμάτων ρίχνοντας μια ματιά στο σχ. 1.

Στις πλευρές της 'καμπάνας' που κυριαρχεί στο σχήμα, βλέπουμε σημειωμένα τα ονόματα όλων των οικογενειών ψηφιακών ολοκληρωμένων της αγοράς. Οι οικογένειες που εμφανίζονται δεξιά βαίνουν προς εξαφάνιση (πηγή Texas Instruments) ενώ αυτές που σημειώνονται αριστερά είναι εκείνες που χρησιμοποιούνται περισσότερο στις σημερινές σχεδιάσεις. Μια σύντομη ματιά αρκεί για να μας πείσει πως η καταξιωμένη οικογένεια των LS TTL, όπως και η S TTL έχουν βγει πλέον εκτός αγωνιστικού χώρου, ενώ το παιχνίδι φαίνεται να το κερδίζουν εκείνες που βρίσκονται στην άλλη μεριά της καμπάνας. Αν λοιπόν σκοπεύετε να κάνετε μια σχεδίαση με μακροχρόνιο ορίζοντα εγκαταλείψτε ανεπιφύλακτα τα TTL και εναποθέστε τις προσδοκίες στις περισσότερο καινούργιες οικογένειες. Οι οικογένειες αυτές περιλαμβάνουν ολοκληρωμένα συσκευασμένα σε μικρότερες θήκες, που 'αντέχουν' σε περισσότερα MHz, ενώ έχουν σαφώς μικρότερη κατανάλωση από τις παλαιότερες. Κατά κοινή ομολογία τα δύο τελευταία χαρακτηριστικά αποτελούν τις πλέον καθοριστικές παραμέτρους στις επιλογές των σχεδιαστών.

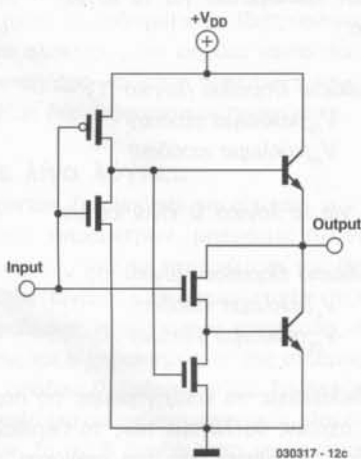
Στο άρθρο θα ασχοληθούμε με εκείνες τις οικογένειες που παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον. Μην περιμένετε λοιπόν να μιλήσουμε π.χ. για την οικογένεια ECL που αντιπροσωπεύει μια από τις ταχύτερες της αγοράς. Το κόστος των ολοκληρωμένων που την αποτελούν είναι τόσο μεγάλο που είναι



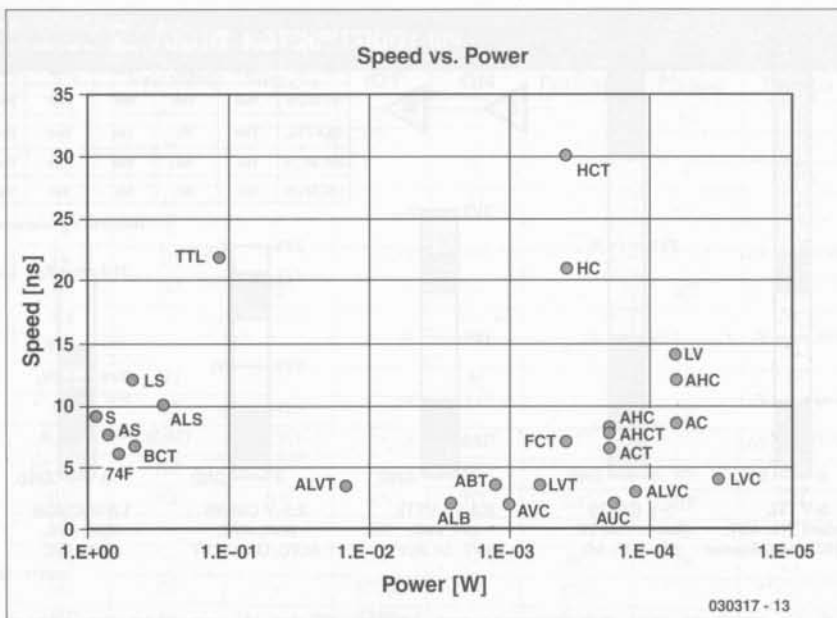
Σχ. 2a. Ένας αναστροφέας TTL.



Σχ. 2b. Ένας αναστροφέας CMOS



Σχ. 2c. Ένας αναστροφέας BiCMOS



Σχ. 3. Η ταχύτητα και η απαιτούμενη ισχύς προσφέρουν ένα εύκολο τρόπο αξιολόγησης των οικογενειών ψηφιακών ολοκληρωμένων.

βέβαιο πως κανείς ερασιτέχνης δεν θα θελήσει να 'δουλέψει' μαζί της.

### Πως είναι φτιαγμένα;

Από όλες τις παλιές οικογένειες που έχουν καταφέρει να επιζήσουν μέχρι σήμερα, η περισσότερο γνωστή είναι αυτή των ολοκληρωμένων TTL. Ένα τέτοιο ολοκληρωμένο είναι κατασκευασμένο με τη βοήθεια συνηθισμένων διπολικών τρανζίστορ. Δεν πρέπει να ξεχνούμε πως η λέξη TTL προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων Transistor Transistor Logic, (Λογική Τρανζίστορ - Τρανζίστορ). Το θεωρητικό διάγραμμα της απλούστερης πύλης (ενός αναστροφέα) TTL φαίνεται στο σχ. 2a.

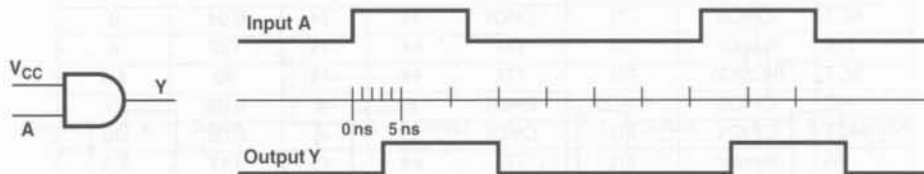
Για την ευκολότερη σύγκριση των TTL με τα ολοκληρωμένα της, εξ ίσου καταξιωμένης, οικογένειας CMOS, σημειώνεται ακριβώς από κάτω στο σχ. 2b το θεωρητικό διάγραμμα ενός αναστροφέα κατασκευασμένου με συμπληρωματικά τρανζίστορ FET. Τα αρχικά CMOS προέρχονται από τις λέξεις Complementary Metal Oxide Semiconductors, Συμπληρωματικοί Ημιαγωγοί Μεταλλικού Οξειδίου), δικαιολογώντας πλήρως την πολικότητα και τη συνδεσμολογία των παραπάνω τραν-

ζίστορ. Τέλος στο σχ. 2c φαίνεται το εσωτερικό ενός αναστροφέα τεχνολογίας BiCMOS (Bipolar CMOS). Αυτός ο τύπος αναστροφέα χρησιμοποιεί τόσο CMOS (κύκλωμα εισόδου) όσο και διπολικά τρανζίστορ (κύκλωμα εξόδου).

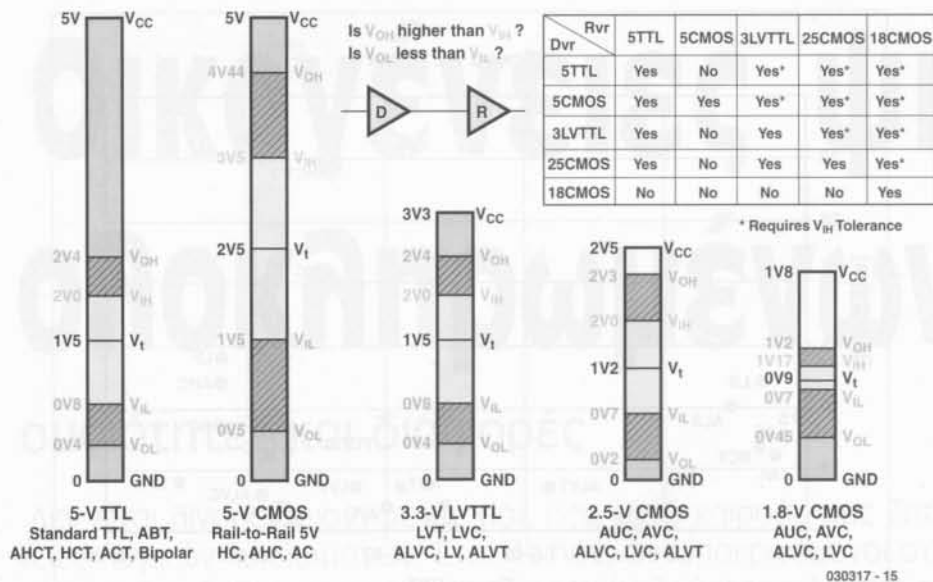
Τα ολοκληρωμένα που έχουν κατασκευαστεί με τη τεχνολογία CMOS απαιτούν λιγότερο ρεύμα από ότι τα συγγενικά τους που χρησιμοποιούν διπολικά. Αυτό οφείλεται στο ότι ένα ζευγάρι συμπληρωματικών τρανζίστορ συνδεσμοποιημένο σε διάταξη Push - Pull 'τραβάει' ρεύμα μόνο όταν επιχειρείται αλλαγή της κατάστασής του. Σε όλες τις άλλες χρονικές στιγμές συμπεριφέρεται σαν μια πολύ μεγάλη αντίσταση μέσα από την οποία ρέει ένα (πρακτικά) μηδενικό ρεύμα. Έχει όμως και ένα μειονέκτημα: λόγω της μεγάλης αντίστασης εισόδου των FET που το σχηματίζουν, οι εισοδοί του είναι περισσότερο ευαίσθητες στο στατικό ηλεκτρισμό και γενικά στα υψηλά ρεύματα οδήγησης.

### Σημαντικές παράμετροι

Για τους απλούς ηλεκτρονικούς η πιο σημαντική, ίσως, παράμετρος για την επιλογή μιας



Σχ. 4. Καθυστέρηση μετάδοσης σε μια πύλη AND τεχνολογίας CMOS.



Σχ. 5. Οι στάθμες που αντιστοιχούν στο λογικό '0' και '1' για όλες τις οικογένειες ψηφιακών ολοκληρωμένων. (Όταν υπολογίζετε τα περιθώρια θορύβου ή τη συμβατότητα χρησιμοποιήστε τις ελάχιστες τιμές τάσης που εμφανίζονται στην έξοδο ενός ολοκληρωμένου όταν βρίσκεται σε λογικό '1' και τις μέγιστες όταν βρίσκεται σε λογικό '0'. Η παρουσία ενός αστερίσκου στον πίνακα συμβατότητας δηλώνει την αναγκαιότητα ανοχής στη στάθμη V<sub>IH</sub>).

οικογένειας ολοκληρωμένων είναι το κόστος. Αυτή όμως εκ των πραγμάτων έρχεται σε δεύτερη μοίρα, μιας που πάνω από όλα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι τάσεις της αγοράς. Σήμερα, όλες σχεδόν οι ηλεκτρονικές συσκευές οφείλουν να είναι γρήγορες, ενώ ταυτόχρονα πρέπει να απορροφούν το λιγότερο δυνατό ρεύμα. Κάτω από αυτές τις συνθήκες το γινόμενο 'Ισχύς x Ταχύτητα' αποκτά ιδιαίτερη σημασία. Με τη βοήθειά του μπορούμε να αξιολογήσουμε και να συγκρίνουμε τις οικογένειες των ψηφιακών ολοκληρωμένων καταλήγοντας στα συμπεράσματά μας.

Στο σχ. 3 φαίνονται με γραφικό τρόπο οι τιμές του παραπάνω γινομένου για όλες τις οικογένειες ολοκληρωμένων που κυκλοφορούν στην αγορά. Κάθε μια κουκίδα έχει μια συγκεκριμένη θέση που έχει προκύψει από ένα ζευγάρι τιμών: την 'Ταχύτητα' και την απαιτούμενη 'Ισχύ' ενός τυπικού μέλους της οικογένειας. Με τον όρο 'Ταχύτητα' επιδιώκουμε να προσδιορίσουμε το χρόνο που απαιτείται για να 'αντιδράσει' η έξοδος του κυκλώματος σε μια (θεωρητικά) ακαριαία μεταβολή της εισόδου. Στο σχ. 4 φαίνεται αρκετά παραστατικά το παραπάνω χρονικό διάστημα.

Το κύκλωμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν μια συνηθισμένη πύλη AND. Ο χρόνος που μετρήθηκε (είναι γνωστός και σαν καθυστέρηση μετάδοσης ή διάδοσης) είναι ίσος με 3 nsec και ορίζει το χρόνο αντίδρασης της πύλης όταν το σήμα εισόδου μεταβαίνει από χαμηλή σε υψηλή στάθμη και αντιστρόφως.

Μια άλλη εξ ίσου σημαντική παράμετρος είναι γνωστή με το όνομα 'Περιθώριο θορύβου'. Η τιμή της υπολογίζεται από τη διαφορά των τάσεων που αναδεικνύονται στην έξοδο και στην είσοδο ενός τυπικού ολοκληρωμένου της οικογένειας για μια δοσμένη λογική στάθμη. Σύμφωνα με την παραπάνω διατύπωση, το Περιθώριο θορύβου οποιασδήποτε οικογένειας λογικών κυκλωμάτων για το λογικό '1' είναι ίσο με:

$$\text{Περιθώριο Θορύβου (λογικό '1')} = V_{OH}(\text{κύκλωμα εξόδου}) - V_{IH}(\text{κύκλωμα εισόδου})$$

ενώ για το λογικό '0' είναι ίσο με:

$$\text{Περιθώριο Θορύβου (λογικό '0')} = V_{IL}(\text{κύκλωμα εισόδου}) - V_{OL}(\text{κύκλωμα εξόδου})$$

Αν θελήσουμε να εξηγήσουμε τις παραπάνω σχέσεις θα λέγαμε πως το Περιθώριο θορύβου προκύπτει από την αφαίρεση της τάσης που επιβαλλόμενη στην είσοδο ενός ολοκληρωμένου το κάνει να 'πιστεύει' ότι έχει λογικό '1', από την τάση που παράγει το ίδιο ολοκληρωμένο στην έξοδό του όταν επιχει-

Πίνακας 1. Τα χαρακτηριστικά μερικών οικογενειών

Family	Technology	Compatibility		Drive		Static Current	Speed
		Input V <sub>ih</sub> /V <sub>ih</sub>	Output V <sub>oh</sub> /V <sub>oh</sub>	I <sub>ol</sub> (mA)	I <sub>oh</sub> (mA)	I <sub>cc</sub> (mA)	T <sub>pd max</sub> (ns)
1.8 V							
AUC	CMOS	CMOS	CMOS	8	-8	0.01	2
2.5 V							
AVC	CMOS	CMOS	CMOS	8	-8	0.04	2
3.3 V							
ALVT	BiCMOS	CMOS	LVTTTL	24	-8	4.5	3.5
LVT	BiCMOS	LVTTTL	LVTTTL	64	-32	0.19	3.5
ALVC	CMOS	LVTTTL	LVTTTL	24	-24	0.04	3
LVC	CMOS	LVTTTL	LVTTTL	24	-24	0.01	4
ALB	BiCMOS	LVTTTL	LVTTTL	25	-25	0.8	2
AC	CMOS	CMOS	CMOS	12	-12	0.02	8.5
AHC	CMOS	CMOS	CMOS	4	-4	0.02	11.9
LV	CMOS	LVTTTL	LVTTTL	8	-8	0.02	14
5 V							
FCT	BiCMOS	TTL	TTL	64	-15	0.08	7
ABT	BiCMOS	TTL	TTL	64	-32	0.25	3.5
AHC	CMOS	CMOS	CMOS	8	-8	0.04	7.5
AHCT	CMOS	TTL	CMOS	8	-8	0.04	7.7
AC	CMOS	CMOS	CMOS	24	-24	0.04	6.5
ACT	CMOS	TTL	CMOS	24	-24	0.04	8
74F	Bipolar	TTL	TTL	64	-15	120	6
BCT	BiCMOS	TTL	TTL	64	-15	90	6.6
HC	CMOS	CMOS	CMOS	6	-6	0.08	21
HCT	CMOS	TTL	CMOS	6	-6	0.08	30
AS	Bipolar	TTL	TTL	64	-15	143	7.5
ALS	Bipolar	TTL	TTL	24	-15	58	10
LS	Bipolar	TTL	TTL	24	-15	95	12
S	Bipolar	TTL	TTL	64	-15	180	9
TTL	Bipolar	TTL	TTL	16	-0.4	22	22

ρεί να την οδηγήσει σε κατάσταση ίδια με αυτή της εισόδου. Τα ίδια θα λέγαμε και για τον ορισμό του περιθωρίου για το λογικό '0' μόνο που εδώ των  $V_{OH}$  και  $V_{IH}$  χρησιμοποιούμε τα μεγέθη  $V_{OL}$  και  $V_{OC}$ . Το Περιθώριο θορύβου όμως, δεν προσδιορίζει μόνο την αναισθησία ενός ψηφιακού εξαρτήματος στα πάσης φύσεως παρασιτικά σήματα. Αποδεικνύεται εξ ίσου καθοριστικό εκεί που πρέπει να 'ταιριάξουμε' δύο οικογένειες, δηλαδή να οδηγήσουμε ένα ολοκληρωμένο μιας οικογένειας με ένα άλλο διαφορετικής. Κριτήριο για το αν μπορεί να γίνει κάτι τέτοιο αποτελεί το πρόσημο του Περιθωρίου θορύβου. Αν κάνοντας τις αφαιρέσεις προκύψει αρνητικό, τότε οι δύο οικογένειες είναι ασύμβατες. Η τελευταία και η πιο σημαντική ίσως παράμετρος αφορά σε δύο μεγέθη που στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρονται σαν fan-in και σαν fan-out. Οι αριθμοί που τα περιγράφουν καθορίζουν το πόσες εισόδους πυλών μιας οικογένειας μπορεί να οδηγήσει μια και μόνο έξοδος. Κατά συνέπεια για το fan-out ισχύει:

$$\text{fan-out(έξοδος σε '1')} = \frac{I_{OH}(\text{κύκλωμα εξόδου})}{I_{IH}(\text{κύκλωμα εισόδου})} \text{ ή } f$$

$$\text{fan-out(έξοδος σε '0')} = \frac{I_{OL}(\text{κύκλωμα εξόδου})}{I_{IL}(\text{κύκλωμα εισόδου})}$$

αν το ζητούμενο είναι η τιμή του μεγέθους για χαμηλή στάθμη εξόδου.

Όπως παρατηρείτε, για τον υπολογισμό του fan-out, όπως άλλωστε και για τον υπολογισμό του Περιθωρίου θορύβου, πρέπει να γίνουν δύο πράξεις: μία όταν έχουμε λογικό '1' και άλλη μία όταν έχουμε λογικό '0'. Η μικρότερη τιμή είναι εκείνη που καθορίζει το fan-out. Οι πράξεις αυτές μπορούν να γίνουν τόσο στην περίπτωση που το ολοκληρωμένο εξόδο (αυτό που οδηγεί) είναι ίδιας οικογένειας με το ολοκληρωμένο εισόδο (αυτό που διεγείρεται) όσο και στην περίπτωση που ανήκουν σε δύο διαφορετικές οικογένειες.

### Με λίγα λόγια...

Έχοντας ξεκαθαρίσει τη σημασία των παραπάνω παραμέτρων, μπορούμε πλέον να ασχοληθούμε με τα περιεχόμενα του Πίνακα 1. Στον πίνακα αυτό σημειώνονται η τάση τροφοδοσίας, η τεχνολογία κατασκευής όπως επίσης και ο χαρακτηρισμός της στάθμης τάσης εισόδου / εξόδου (στήλη: Συμβατότητα) για κάθε μια οικογένεια ψηφιακών ολοκληρωμένων. Το σχ. 5 βοηθάει στο να γίνει περισσότερο κατανοητό το τι υποδηλώνει ο κάθε ένας χαρακτηρισμός. Σημειώστε ότι οι τιμές που σημειώνονται είναι εκείνες που οι κατασκευαστές των ολοκληρωμένων ορίζουν σαν

## Πίνακας 2. Λίστα κατασκευαστ'ων

	TI	Fairchild	Hitachi	IDT	ON	Pericom	Philips	Toshiba
Bipolar	ALS	ALS	-	-	-	-	ALS	-
	AS	AS	-	-	-	-	-	-
	74F	F	-	-	F	-	F	-
	LS	LS	-	-	LS	-	-	-
	S	S	-	-	-	-	-	-
	TTL	TTL	-	-	-	-	-	-
BICMOS	ABT	ABT	ABT	-	-	-	ABT	ABT
	ALB	-	-	-	-	-	-	-
	ALVT	-	-	-	-	ALVT	ALVT	-
	BCT	BCT	-	-	BC	-	-	BC
	LVT	LVT	LVT	-	-	-	LVT	-
CMOS	AC/ACT	AC/ACT	AC/ACT	-	AC/ACT	-	-	AC/ACT
	AHC/AHCT	VHC	-	-	VHC	-	AHC	VHC
	ALVC	VCX	ALVC	ALVC	VCX	ALVC	ALVC	VCX
	AUC	-	-	AUC	-	-	AUC	-
	AVC	-	-	-	-	AVC	AVC	-
	CBT	FST	-	FST/QS	-	PISC	-	-
	CBTLV	-	-	CBTLV	-	P13B	-	-
	CD4K	CD4K	-	-	MC1400	-	-	-
	FCT	-	-	FCT	-	FCT	-	-
	HC/HCT	HC/HCT	HC/HCT	-	HC/HCT	-	HC/HCT	HC/HCT
	LV-A	LVQ/LVX	LV	-	LVQ/LVX	-	LV	LVQ/LVX
LVC	LCX	LVC	LVC/LCX	LCX	LCX/LPT	LVC	LCX	

### Family

ABT/E  
AC/ACT  
AHC/AHCT  
ALB  
ALS  
ALVC  
ALVT  
AS  
AUC  
AVC  
BCT  
CBT/LV/CB3x  
CD4000  
F  
FB  
FCT  
GTL  
GTLF  
HC/HCT  
HSTL  
LS  
LV  
LVC  
LVT  
S  
SSTL  
SSTV  
TTL  
TVC  
VME

## SN74 ABT H 16 2 244 A DGG R

Standard Prefix  
Military (54)  
Commercial (74)

### Special Feature

Blank = No special features  
C = Configurable  $V_{CC}$   
D = Level Shifting Diode  
H = Bus Hold  
K = Undershoot Clamp  
R = Damping Resistor on Inputs/Outputs  
S = Schottky Clamping Diodes  
Z = Power Up 3 State

### Bit Width

Blank = Gates, MSI, and Octals  
1G = Single Gate  
2G = Dual Gate  
3G = Triple Gate  
8 = Octal IEEE 1149 (JTAG)  
16 = Widebus™ (16, 8, and 20)  
18 = Widebus IEEE 1149.1 (JTAG)  
32 = Widebus+™ (32 and 36 bit)

### Options

Blank = No Options  
2 = Series Damping Resistor on Outputs  
3 = Level Shifter  
4 = Level Shifter  
25 = 25Ω Line Driver

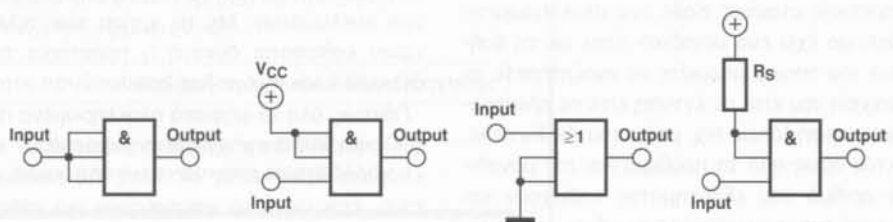
### Package Type

D, DW = SOIC  
DB, DL = SSOP  
DBB, DGV = TVSOP  
DCT, DCU = TSSOP  
DBV, DCK = SOT  
DGG, PW = TSSOP  
FK = LCCC  
FN = PLCC  
GB = CPGA  
GKE, GKF = LFBGA  
GQL = VFBGA  
HFP, HS, HT, HV = CQFP  
J, JT = CDIP  
N, NP, NT = PDIP  
PAG, PAH, PCA, PCB, PM, PN, PZ = TQFP  
PH, PQ, RC = QFP  
RGY, RGQ = QFN  
W, WA, WD = CFP  
YEA, YEP, YZA, YZP = DSBGA

Device revision  
Blank = No Revision  
Letter Designator A-Z

030317 - 16

Σχ. 6. Η σημασία των χαρακτήρων που σχηματίζουν τον τύπο ενός ολοκληρωμένου σύμφωνα με την Texas Instruments.



030317 - 17

Σχ. 7. Οι χρησιμοποιήσιμες εισόδους πρέπει να οδηγούνται πάντα σε σταθερά δυναμικά.

### Πίνακας 3. Συντόμηση ονομάτων κατασκευαστών

AD	Analog Devices	HM	Harris Microwave	SI	Siliconix
AM	Advanced Micro Devices	IDT	Integrated Devices Technology, IDT	SN	Texas Instruments, TI (Standard)
AT	Atmel	IRF	International Rectifier	SNJ	Texas Instruments, TI (MIL/QML Qualified)
bq	Benchmark	IP	Integrated Power	SPT	Signal Processing Technologies, SPT
CA	RCA (analog)	LM	National	SSD	Samsung Electronics
CD	RCA (digital)	M	Mitsubishi	SU	Signetics
CL	CComlinear Corp.	MACH	Vantis (MACH, PLD)	SY	Synergy Semiconductor
CS	Crystal Semiconductor	MAX	Maxim	TA	Toshiba
CS	Cherry Semiconductor	MB	Fujitsu	TC	Toshiba
CY	Cypress Semiconductor	MC	Motorola	TD	Pro-Electronics
DG	Siliconix	MN	Micro Networks	TD	Pro-Electronics
DS	Dallas Semiconductor	NDS	National Semiconductor	TL	Texas Instruments (analog, Linear)
DM	National Semiconductor (digital)	NE	Signetics	TMS	Texas Instruments
ED	IElectronic Designs Inc, EDI	PI	Pericom	X	Xicor
EL	Elantec	PM	PMI 'Analog Devices'	XC	Xilinx
EP	Altera (Classic series)	PWM	Siliconix	XR	Exar Corp.
EPC	Altera (EPROM)	QL	Quick Logic	uA	Fairchild
EPF	Altera (Flex series)	QSI	Quality Semiconductor	UC	Unitrode integrated circuits
EPM	Altera (MAX series)	SA	Signetics	Z	Zilog
HA	Hitachi (analog)	SD	SGS Thomson	ZD	Zeltex
HAT	Hitachi	SE	Signetics		
HD	Hitachi (digital)	SG	Silcon General		
HI	Harris				

τυπικές. Αν κάποια στιγμή χρειαστεί να κάνετε κάποιους περισσότερο ακριβείς υπολογισμούς θα ήταν καλύτερο να αναζητήσετε το τεχνικό εγχειρίδιο του ολοκληρωμένου που σας ενδιαφέρει και να αναζητήσετε τα παραπάνω μεγέθη όπως ορίζονται ειδικά γι' αυτό. Το ίδιο είναι σκόπιμο να κάνετε και στην περίπτωση που το ζητούμενο είναι το ρεύμα εξόδου ή το ρεύμα ηρεμίας, που επίσης σημειώνονται στον πίνακα. Τέλος, στον ίδιο πίνακα βλέπουμε τους τυπικούς χρόνους μετάδοσης κάθε οικογένειας που είναι απαραίτητοι για την αξιολόγηση του πόσο 'γρήγορη' είναι η κάθε μια.

#### Προτάσεις και υποδείξεις

Από τη στιγμή που αποφασίσετε να ασχοληθείτε με ψηφιακά κυκλώματα υπάρχουν μερικά πράγματα που είναι απαραίτητα να γνωρίζετε εκ των προτέρων. Το πρώτο αφορά στις μικρές (ή μεγάλες) ασυμβατότητες που υφίστανται μεταξύ ολοκληρωμένων του ίδιου τύπου αλλά κατασκευασμένων από διαφορετικές εταιρίες. Κάθε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα έχει ένα μοναδικό τύπο, με τη βοήθεια του οποίου μπορείτε να αναζητήσετε τα στοιχεία του είτε σε έντυπη είτε σε ηλεκτρονική μορφή (όπως π.χ. μέσω του Διαδικτύου). Εκτός όμως από το πρόθεμα και τον μοναδικό αριθμό του εξαρτήματος υπάρχουν και μερικοί ακόμα χαρακτήρες που διαφοροποιούν (ελαφρά) τα τυπικά χαρακτηριστικά του. Στο σχ. 6 βλέπουμε τον τρόπο που η Texas Inst-

uments χαρακτηρίζει τα προϊόντα της, γνωστής σε όλους, σειράς 74xxx. Σε ότι αφορά στα ρεύματα εισόδου θα πρέπει κάθε φορά που κάνετε υπολογισμούς να λαμβάνετε υπόψη τις μέγιστες τιμές τους. Το ίδιο σημαντικό είναι να εξασφαλίσετε και την προστασία των πάσης φύσεως ακίδων εισόδου από αιχμές τάσης και ηλεκτροστατικά φορτία (ESD). Ένας από τους πολλούς τρόπους για να το πετύχετε προβλέπει τη χρήση δύο ανάστροφα πολωμένων διόδων, η μια εκ των οποίων συνδέεται μεταξύ εισόδου και γης και η άλλη μεταξύ εισόδου και θετικής τροφοδοσίας. Οι διόδοι γίνονται αγωγίμες μόνο όταν εμφανιστούν στην είσοδο τάσεις που ξεπερνούν τη στάθμη της θετικής τροφοδοσίας (προς τα πάνω) ή της γης (προς τα κάτω). Η αγωγιμότητά τους έχει σαν αποτέλεσμα την κατάπνιξη της αιχμής και κατά συνέπεια την προστασία της ακίδας εισόδου. Αυτή τη στιγμή διατίθενται στην αγορά όχι μόνο μεμονωμένες διόδοι προστασίας, αλλά και συστοιχίες διόδων συσκευασμένων σε μορφή ολοκληρωμένων κυκλωμάτων. Με τη χρήση των τελευταίων καθίσταται δυνατή η προστασία των αγωγών ολοκληρωμένων κυκλωμάτων.

Πάντως, όλα τα ψηφιακά ολοκληρωμένα που κυκλοφορούν στην αγορά ενσωματώνουν κυκλώματα προστασίας σε όλες τις εισόδους τους, έτσι ώστε να αποτρέπουν μια πιθανή καταστροφή όταν τα αγγίξει κάποιος που είναι φορτισμένος με τάση έως και 24 V. Η προστασία αυτή κρίνεται επαρκής για τις

περισσότερες περιπτώσεις. Κάτι άλλο εξ ίσου σημαντικό στη σχεδίαση ενός ψηφιακού κυκλώματος είναι ο τρόπος σύνδεσης των ολοκληρωμένων μεταξύ τους ή ο τρόπος σύνδεσης των ολοκληρωμένων με τον 'εξωτερικό κόσμο'. Όλες οι γραμμές χαλκού ή τα καλώδια που θα χρησιμοποιηθούν οφείλουν να έχουν το μικρότερο δυνατό μήκος. Ειδικά στις περιπτώσεις που το κύκλωμα εργάζεται σε εξαιρετικά υψηλές συχνότητες οι αγωγοί συμπεριφέρονται σαν γραμμές μεταφοράς, πάνω στις οποίες μπορούν εύκολα να δημιουργηθούν ανακλάσεις ή παρασιτικές ταλαντώσεις. Η απλούστερη αντιμετώπιση ενός τέτοιου προβλήματος απαιτεί τη χρήση αντιστάσεων τερματισμού στις άκρες των αγωγών.

Η σχεδίαση γραμμών χαλκού που διατηρούνται για μεγάλα μήκη η μια δίπλα στη άλλη είναι, επίσης, κάτι που πρέπει να αποφεύγει κάθε σχεδιαστής. Οι παρασιτικές χωρητικότητες που σχηματίζονται συντείνουν στην αύξηση της διαφωνίας.

Για τον περιορισμό των 'θυθίσεων' της τάσης τροφοδοσίας λόγω της επαγωγικής συμπεριφοράς των αγωγών τροφοδοσίας κάθε φορά που μια έξοδος ολοκληρωμένου αλλάζει κατάσταση, είναι απαραίτητο οι τελευταίοι να είναι όσο το δυνατόν πιο παχείς. Εξ ίσου καλή συμπεριφορά πετυχαίνουμε όταν 'γεμίζουμε' τις περιοχές της πλακέτας που δεν έχουν γραμμές με πλέγματα ή και συμπαγείς επιφάνειες γείωσης.

Οι πυκνωτές απόζευξης βοηθούν και αυτοί

κατά πολύ στη μείωση των ανεπιθύμητων φαινομένων, αρκεί να είναι τοποθετημένοι όσο το δυνατόν πιο κοντά στις ακίδες τροφοδοσίας των ολοκληρωμένων. Φροντίζετε ακόμα, κάνοντας ενδεχομένως διάφορα τεχνάσματα, να ελαχιστοποιείτε όσο πιο πολύ γίνεται το μήκος των τυπωμένων γραμμών τροφοδοσίας πάνω στην πλακέτα.

Μια άλλη ομάδα προβλημάτων μπορεί κάλλιστα να έχει την αιτία της σε μια αξιοσημείωτη εισόδο ολοκληρωμένου που μένει στον 'αέρα'. Η τάση πάνω σε αυτήν, λόγω της φύσης των κυκλωμάτων εισόδου δεν μπορεί θεωρηθεί σταθερή (όπως στα συνηθισμένα TTL). Αντίθετα, μεταβάλλεται διαρκώς δημιουργώντας ταλαντώσεις υψηλής συχνότητας, που εκτός από την κακή λειτουργία του συνολικού κυκλώματος μπορούν να προκαλέσουν και την καταστροφή του ίδιου του ολοκληρωμένου. Για την αποφυγή τέτοιων φαινομένων πρέπει όλες οι αξιοσημείωτες εισόδοι να οδηγούνται σε συγκεκριμένα δυναμικά. Στο σχ. 7 βλέπουμε τέσσερις διαφορετικούς τρόπους σύνδεσης. Ο απλούστερος από όλους θέλει τις αξιοσημείωτες εισόδους μιας πύλης πολλών εισόδων να συνδέονται με τη χρησιμοποιούμενη και να οδηγούνται από το ίδιο σήμα. Αν αποφασίσετε να τον

ακολουθήσετε, βεβαιωθείτε πρώτα πως η έξοδος που τις διεγείρει είναι σε θέση να προσφέρει το απαραίτητο ρεύμα οδήγησης (επαρκές fan-out). Ένας άλλος τρόπος που δεν προϋποθέτει μεγάλο fan-out εκ μέρους του κυκλώματος οδήγησης φαίνεται στα διαγράμματα των δύο επόμενων πυλών. Σύμφωνα με αυτά οι αξιοσημείωτες εισόδοι οδηγούνται είτε στη χαμηλή είτε στην υψηλή στάθμη, ανάλογα με το πια από τις δύο αποτελεί ουδέτερο στοιχείο στην λογική πράξη που εκτελούν.

Αν οι πύλες είναι τύπου TTL, το μόνο που μπορείτε να κάνετε είναι να οδηγήσετε τις εισόδους τους στη γραμμή τροφοδοσίας μέσω μιας αντίστασης μερικών ΚΩ (δεξιότερο διάγραμμα). Η αντίσταση περιορίζει το ρεύμα εισόδου σε ασφαλή επίπεδα.

Αν τα κυκλώματά σας είναι περισσότερο πολύπλοκα και χρησιμοποιούν φλιπ - φλοπ, καταχωρητές ή μανδαλωτές τότε θα πρέπει να δώσετε ιδιαίτερη σημασία στους χρόνους προετοιμασίας και συγκράτησης των λογικών καταστάσεων που επιβάλλονται στις εισόδους δεδομένων. Αυτό με απλά λόγια σημαίνει πως θα πρέπει να είστε βέβαιοι πως οι στάθμες στις εισόδους θα έχουν σταθεροποιηθεί προτού φθάσει ο παλμός χρονισμού. Θα αποφύ-

γουμε όμως να μιλήσουμε περισσότερο γι' αυτό το θέμα, αφού μια τέτοια αναφορά ξεφεύγει από τους σκοπούς του παρόντος άρθρου. Για τους αναγνώστες που, ενδεχομένως, θέλουν να εμβαθύνουν, προτείνουμε τη μελέτη των τεχνικών εγχειριδίων και των φύλλων εφαρμογών που σχετίζονται με το εκάστοτε χρησιμοποιούμενο ακολουθιακό εξάρτημα.

## Συμπεράσματα

Στον Πίνακα 2 σημειώνονται οι οικογένειες ψηφιακών ολοκληρωμένων κυκλωμάτων που κατασκευάζει κάθε εταιρία. Αν πάλι αυτό που σας ενδιαφέρει είναι να ξέρετε τα προθέματα που χρησιμοποιεί για τα προϊόντα της κάθε εταιρία, δεν έχετε παρά να ρίξετε μια ματιά στον Πίνακα 3.

(030317-1)