

# Μνήμες Flash-EPROM

## Σβήσιμο αστραπή, χωρίς υπεριώδες φως.

Στον τομέα των μνημών είχε πολλά χρόνια να συμβεί κάτι το πρωτοποριακό. Μέχρι που ήρθαν οι μνήμες EEPROM. Κι αμέσως μετά μόνο δύο χρόνια αργότερα, ήρθαν και οι μνήμες Flash-EPROM. Και ενώ οι EEPROM δεν στάθηκαν μέχρι σήμερα πολύ καλά στην αγορά, οι Flash-EPROM υπόσχονται ένα λαμπρό μέλλον: Μόλις ένα χρόνο απ' την ημέρα που άρχισαν να παράγονται μαζικά τοποθετούνται ήδη σε προϊόντα σειράς. Οι κατασκευαστές ολοκληρωμένων προβλέπουν καλές ημέρες για τις νέες EPROM.

Όποιος παρακολουθεί από κοντά τα τεκταινόμενα στον χώρο των εταιρειών κατασκευής ολοκληρωμένων, θα γνωρίζει ότι η κατασκευή ολοκληρωμένων μνημών

αξίζει επιχειρηματικά μόνο εφ' όσον πρόκειται για τεράστιες ποσότητες. Όποιος καταφέρει ν' αναπτύξει πρώτος μια νέα τεχνολογία και να κατασκευάσει πρώτος τη νέα γενιά ολοκληρωμένων έχει πολλές πιθανότητες να κερδίσει το παιχνίδι. Τόπος διεξαγωγής του αγώνα είναι προπαντός ο χώρος των δυναμικών RAM, γιατί οι δυναμικές μνήμες αφ' ενός μεν κατέχουν ένα πολύ μεγάλο κομμάτι της αγοράς αφ' ετέρου δε είναι πολύ απλές στη δομή τους, με αποτέλεσμα όλοι οι κατασκευαστές να εφαρμόζουν κάθε νέα τεχνολογία σ' αυτές τις μνήμες.

Τα πράγματα με τους επεξεργαστές είναι εντελώς διαφορετικά. Οι επεξεργαστές καταλαμβάνουν κι αυτοί ένα πολύ μεγάλο κομμάτι της αγοράς, αλλά εδώ ο κάθε κατασκευαστής επιδιώκει κυρίως να μπορέσει να κατασκευάσει τον επεξεργαστή εκείνον που θα επικρατήσει ως βιομηχανικό πρότυπο. Κατ' αυτόν τον τρόπο θα μπορέσει ίσως κάποτε να μονοπωλήσει την αγορά. Το τρίγωνο Intel-Motorola-Υπόλοιποι άρχισε τα τελευταία χρόνια να αλλάζει σιγά-σιγά μορφή. Οι επεξεργαστές της Intel κατασκευάζονται τώρα και από άλλους, όπως την Harris και την AMD. Η εταιρεία Συμμοιράζει απλόχερα άδειες κατασκευής των επεξεργαστών SPARC και σε άλλες εταιρείες. Η συμμαχία Apple-IBM που συμ-

φωνήθηκε τον περασμένο χρόνο είναι βέβαιο ότι θα εξασφαλίσει στην IBM ένα μεγάλο κομμάτι της πίτας.

Θα αναρωτιόταν κανείς, τί σχέση έχουν όλα αυτά που γράψαμε μέχρι εδώ με τις Flash-EPROM. Κι όμως υπάρχει άμεση σχέση. Οι κατασκευαστές βρίσκονται υπό πίεση και έχουν στραμμένη την προσοχή τους στην αναζήτηση νέων τεχνικών και νέων προϊόντων. Η αγορά των επεξεργαστών είναι λίγο-πολύ κορεσμένη. Εκτός αυτού δεν υπάρχουν πια και τόσα πολλά περιθώρια βελτίωσης και δημιουργίας νέων επαναστατικών προϊόντων. Στις μνήμες όμως υπάρχει ακόμα πολύς χώρος. Και ακριβώς αυτό φιλοδοξούν τώρα να αποδείξουν οι νέες Flash-EPROM.

### Σύγκριση

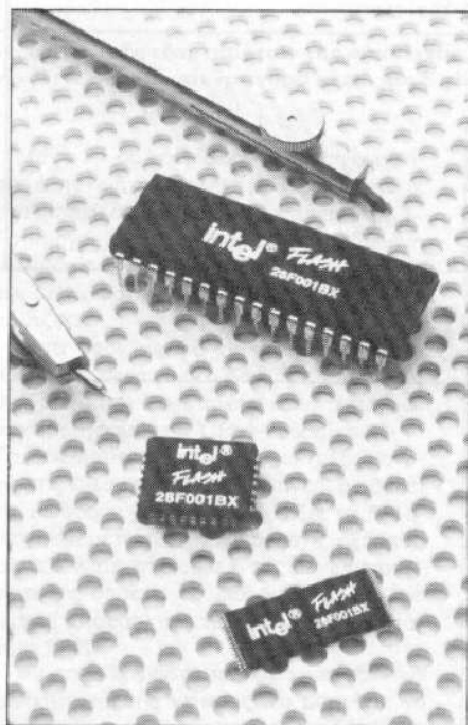
Οι Flash-EPROM σβήνονται με ηλεκτρικό τρόπο, χωρίς αυτό όμως να τις κατατάσει απαραίτητα σε κάποια εξέχουσα θέση, γιατί υπήρχαν ήδη από πολύ νωρίτερα οι μνήμες EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory) που σβήνουν κι αυτές με ηλεκτρικό τρόπο. Οι διαφορές λοιπόν μεταξύ των κοινών EPROM, EEPROM και Flash-EPROM πρέπει να αναζητηθούν στις λεπτομέρειες των τεχνικών τους χαρακτηριστικών (Σχ. 1).

Κατ' αρχήν πρέπει να δούμε το σχετικό μέγεθος μιας κυψέλης μνήμης για 1 bit, αφού το μέγεθος της κυψέλης είναι εκείνο που προδιαγράφει την πυκνότητα ολοκλήρωσης και κατ' επέκταση το κόστος κατασκευής. Αν μια κοινή EPROM έχει συντελεστή μέγεθους 1, η Flash-EPROM έχει 1,2...1,3, πράγμα που σημαίνει ότι για τις ίδιες ποσότητες παραγωγής η Flash-EPROM θα είναι κατά 20% περίπου ακριβότερη της EPROM. Να δούμε όμως και τις EEPROM. Αυτές έχουν συντελεστή μεγέθους κυψέλης 3 και αν λάβει κανείς υπόψη του και το ότι παράγονται σε μικρότερες ποσότητες, δεν μπορεί παρά να είναι κατά πολύ ακριβότερες των άλλων δύο.

Αυτή τη στιγμή (Φεβρ. 1992) οι Flash-EPROM χωρητικότητας 1 Mbit κοστίζουν στην χονδρική γύρω στα 35 γερμανικά μάρκα. Βέβαια οι τιμές θα πέσουν κι άλλες φορές γιατί εκτός από την πρωτοπόρο Intel μπήκαν κι άλλες εταιρείες στο χορό.

Εκτός όμως από το κόστος κατασκευής, το μέγεθος της κυψέλης ενός bit μας ενδιαφέρει και για έναν άλλο λόγο: Για τη μέγιστη χωρητικότητα ενός ολοκληρωμένου. Η τεχνολογία ολοκλήρωσης έχει κι αυτή τα όριά της και δεν μπορεί να ενσωματώσει απεριόριστο αριθμό τρανζίστορ σε μια δεδομένη επιφάνεια. Με την σημερινή τεχνολογία 1 μm μπορούν να κατασκευαστούν μνήμες DRAM, EPROM και Flash-EPROM με χωρητικότητα 1Mbit ανά ολοκληρωμένο. Αντίθετα οι στατικές RAM και οι EEPROM δεν φτάνουν παρά μόνο μέχρι τα 256kbit ανά ολοκληρωμένο.

Ένα άλλο σημαντικό κριτήριο σύγκρισης των μνημών είναι το είδος, ο τρόπος και ο χρόνος προγραμματισμού. Η ανάλυση του προγραμματισμού δεν ενδιαφέρει στην παρούσα σύγκριση γιατί και οι τρεις μνήμες προγραμματίζονται κατά Byte. Η κοινή



Σύγκριση	EPROM	Flash EPROM	EEPROM
σχετ. μέγεθος κυψέλης	1	1,2...1,3	3
προγραμματισμός	αυτ.	επί του κυκλώματος	επί του κυκλώματος
μέθοδος	έγχυση θερμών κλ.	έγχυση θερμών κλ.	μέθοδος σύραγας
τάση	12,5V	12V	5V (εσωτ. ανύψωση)
ανάλυση	Byte	Byte	Byte
χρόνος	100μς	10μς	5ms
σβήσιμο	αυτ.	επί του κυκλώματος	επί του κυκλώματος
μέθοδος	υπεριώδες φως	μέθοδος σύραγας	μέθοδος σύραγας
τάση	12,5V	12V	5V (εσωτ. ανύψωση)
ανάλυση	όλο το ολοκληρωμ.	όλο το ολοκληρωμ.	Byte
χρόνος	15 min	1ς	5ms

EPROM έχει το μεγάλο μειονέκτημα ότι για να προγραμματιστεί πρέπει να βγει από το κύκλωμα στο οποίο βρίσκεται και να μπει σε μια ειδική συσκευή προγραμματισμού. Οι άλλες δύο EPROM μπορούν αντίθετα να προγραμματιστούν επί του κυκλώματος και εκτός αυτού έχουν το πλεονέκτημα ότι περιέχουν ήδη ενσωματωμένο ένα μεγάλο μέρος της λογικής προγραμματισμού. Βλέπουμε λοιπόν ότι την κοινή EPROM είμαστε αναγκασμένοι να την τοποθετήσουμε σε βάση ολοκληρωμένου αν θέλουμε να έχουμε την δυνατότητα να την αναπρογραμματίζουμε. Αυτό συνεπάγεται όμως και μεγαλύτερο κόστος ανά ηλεκτρονική συσκευή, πέρα απ' το κόστος χρόνου και χρήματος από πλευράς χρήστη. Αυτά όσον αφορά τη γενική σύγκριση. Να υπεισέλθουμε όμως και στις λεπτομέρειες. Οι κοινές EPROM και οι Flash-EPROM χρειάζονται για τον προγραμματισμό τους βοηθητική τάση +12V γιατί αλλιώς δεν πετυχαίνει η «έγχυση θερμών ηλεκτρονίων» (Hot Electron Injection). Οι EEPROM όμως αρκούνται στην συνηθισμένη τάση +5V γιατί περιλαμβάνουν ενσωματωμένο το κύκλωμα ανύψωσης της τάσης από +5V έως και τα +18V. Ωστόσο το πρόβλημα δεν είναι μεγάλο γιατί οι Flash-EPROM δεν καταναλώνουν από τα +12V παρά μόνο 30 mA περίπου ανά ολοκληρωμένο και εκτός αυτού σχεδόν όλοι οι υπολογιστές διαθέτουν σταθεροποιημένη τάση +12V. Σε περίπτωση που δεν είναι διαθέσιμα τα +12V μπορούμε να καταφύγουμε σε έναν μικρό, όχι ακριβό μετατροπέα τάσης σε συσκευασία DIL.

Ένας άλλος παράγοντας που πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη είναι ο χρόνος που απαιτείται για τον προγραμματισμό. Μία EPROM 1 Mbit απαιτεί υπό ιδανικές συνθήκες τουλάχιστον 15s. Η Flash-EPROM απαιτεί μόνο 1,5s. Η πιο αργή υπό αυτή την άποψη είναι η EEPROM η οποία θα απαιτούσε ολόκληρα λεπτά για τον προγραμματισμό της. Και λέμε «θα απαιτούσε» γιατί ως γνωστόν δεν υπάρχουν EEPROM με χωρητικότητα 1 Mbit.

Ο τρόπος και η ταχύτητα με την οποία σβήνονται οι διάφορες μνήμες αποτελούν επίσης πολύ σημαντικό κριτήριο αξιολόγησης. Για να σβήσουμε μια EPROM πρέπει να την βγάλουμε από την βάση της και να την υποβάλουμε σε υπεριώδη ακτινοβολία μέσα σε μια ειδική συσκευή. Η διαδικασία αυτή διαρκεί ένα τέταρτο της ώρας περίπου. Αντίθετα, οι Flash-EPROM και οι EEPROM σβήνονται με ηλεκτρικό τρόπο και δεν χρειάζεται ν' απομακρυνθούν από τη θέση τους. Στις EEPROM το σβήσιμο δεν είναι τίποτα άλλο από αναπρογραμματισμό και γι' αυτό διαρκεί ακριβώς όσο και ο προγραμματισμός. Οι περισσότερες EEPROM μπορούν να προγραμματιστούν κατά σελίδες (Page-Mode). Κατ' αυτόν τον τρόπο πετυχαίνει κανείς ταχύτερες δεκαεξαπλάσιες ή τριακονταδιπλάσιες του κανονικού και δεν χρειάζεται να περιμένει μερικά λεπτά για να προγραμματίσει μια EEPROM μεγάλης χωρητικότητας.

Οι Flash-EPROM σβήνουν επίσης με ηλεκτρικό τρόπο, με τη διαφορά μόνο ότι δεν σβήνουν κατά ομάδες αλλά με μιας, όλο το

ολοκληρωμένο μαζί. Για το σβήσιμο μιας Flash-EPROM 1 Mbit χρειάζονται ανάλογα με τους μέχρι τώρα διεξαχθέντες κύκλους προγραμματισμού/σβήσιματος από 1 έως 4s. Πρέπει επίσης να γνωρίζετε ότι πριν να σβήσει κανείς μια Flash-EPROM πρέπει να προγραμματίσει όλα τα bit με την τιμή «0».

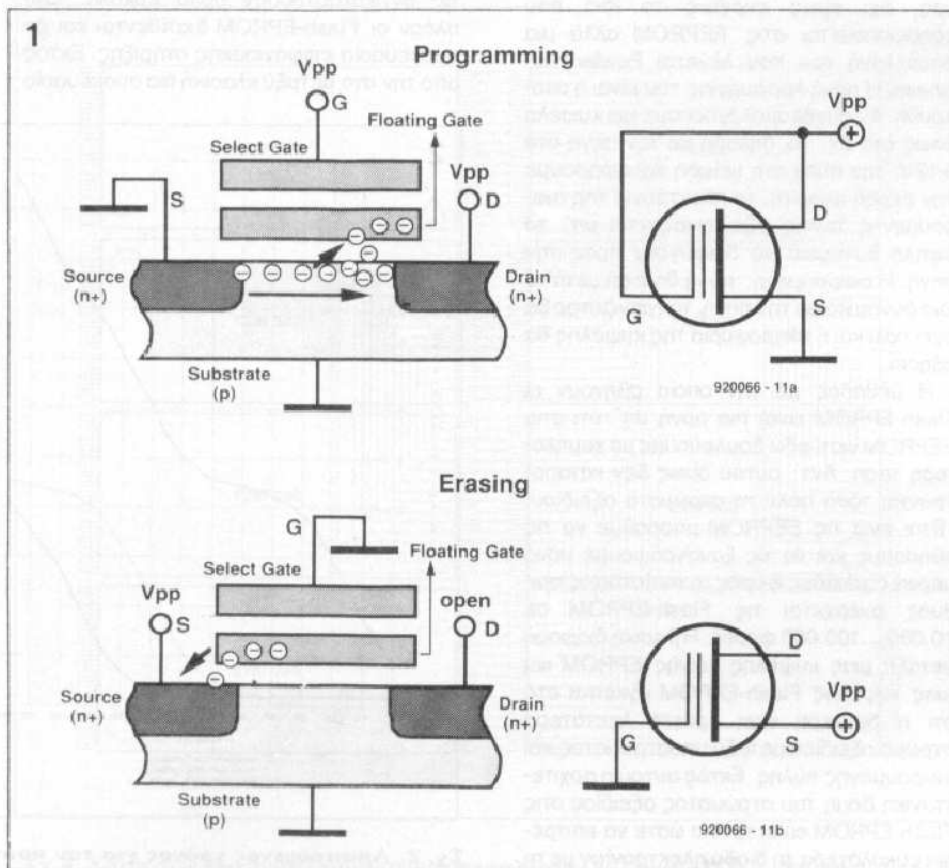
Ανακεφαλαιώνοντας μπορούμε να εξάγουμε το συμπέρασμα ότι οι Flash-EPROM έχουν σαφή πλεονεκτήματα έναντι των άλλων. Το μοναδικό μειονέκτημα έναντι των EEPROM είναι ότι στις Flash-EPROM δεν μπορεί κανείς να σβήσει επιλεκτικά κάποια bit αλλά είναι αναγκασμένος να σβήσει όλη τη μνήμη. Το μειονέκτημα αυτό όμως αντισταθμίζεται με το παραπάνω από την εκπληκτική ταχύτητα προγραμματισμού τους. Εκτός αυτού υπάρχουν και Flash-EPROM για ειδικούς σκοπούς, οι οποίες είναι διαιρεμένες σε περισσότερους τομείς ανεξάρτητους μεταξύ τους, ώστε ο χρήστης να σβήνει επιλεκτικά όποιον τομέα θέλει χωρίς να είναι αναγκασμένος να σβήσει όλη την Flash-EPROM.

### Δομή και λειτουργία

Η δομή της Flash-EPROM δεν διαφέρει πολύ απ' τη δομή της κοινής EPROM. Η πληροφορία του ενός bit αποθηκεύεται στην αιωρούμενη πύλη (Floating Gate) ενός τρανζίστορ MOS (Σχ. 1). Ο προγραμματισμός γίνεται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως στην κοινή EPROM (Σχ. 1α). Στο υπόστρωμα έχουμε δύο ζώνες n+ που παίζουν τον ρόλο της πηγής (source) και της εκροής (Drain) του MOSFET. Μεταξύ της «πραγματικής» πύλης και του καναλιού

έχουμε την αιωρούμενη πύλη. Οι δύο πύλες χωρίζονται μεταξύ τους και από το υπόστρωμα με στρώσεις οξειδίου του πυριτίου υψηλής μονωτικής ικανότητας. Όταν η EPROM είναι σβησμένη, η αιωρούμενη πύλη δεν έχει φορτίο έναντι της πηγής. Αν στην εκροή εφαρμοσθεί η κανονική τάση τροφοδοσίας +5V και το τρανζίστορ είναι ενεργοποιημένο από την πύλη, το κανάλι άγει και στην πηγή θα έχουμε υψηλή λογική στάθμη «1». Το να προγραμματίσει κανείς μια τέτοια κυψέλη σημαίνει να εξαναγκάσει το τρανζίστορ κατά κάποιον τρόπο σε αποκοπή. Προς τούτο απαιτείται ροή αρνητικού φορτίου στην αιωρούμενη πύλη, πράγμα όχι και τόσο απλό γιατί η αιωρούμενη πύλη είναι πλήρως μονωμένη.

Η λύση του προβλήματος είναι η τεχνική έγχυσης θερμών ηλεκτρονίων. Αν συνδεσμολογήσουμε την κυψέλη όπως στο Σχ. 1α και εφαρμόσουμε στην πύλη και στην πηγή τάση προγραμματισμού +5V και ταυτόχρονα έχουμε μειωμένη την πηγή, θα δημιουργηθεί ένα κανάλι με σχετικά μεγάλη ροή ρεύματος. Παράλληλα δημιουργούνται και ορισμένα «θερμά» ηλεκτρόνια τα οποία εξοστρακίζουν και άλλα ηλεκτρόνια από το υπόστρωμα. Λόγω της υψηλής πυκνότητας ηλεκτρονίων κατορθώνουν ορισμένα να φτάσουν και στο στρώμα οξειδίου μεταξύ υποστρώματος και αιωρούμενης πύλης. Στην «πραγματική» πύλη έχουμε υψηλό δυναμικό και έτσι κατορθώνουν ορισμένα ηλεκτρόνια να διαπεράσουν εν τέλει το μονωτικό στρώμα οξειδίου και να φτάσουν στην αιωρούμενη πύλη όπου και παραμένουν εγκλωβισμένα (για τουλάχιστον 10



Σχ. 1. Δομή κυψέλης μιας Flash-EPROM. Στο Σχ. 1α δείχνεται ο τρόπος προγραμματισμού και στο Σχ. 1β ο τρόπος σβήσιματος.

χρόνια, σύμφωνα με τους κατασκευαστές) ακόμα κι αν αφαιρέσουμε την τάση προγραμματισμού 12V. Κατ' αυτόν τον τρόπο καταφέρνουμε λοιπόν να κάνουμε την αιωρούμενη πύλη αρνητική έναντι της πηγής και να εξαναγκάσουμε το τρανζίστορ σε αποκοπή.

Για το σβήσιμο των κοινών EPROM δεν υπάρχει παρά ένας και μοναδικός δρόμος: Το υπεριώδες φως. Προς τούτο διαθέτουν οι κοινές EPROM ένα παράθυρο διαφανούς γυαλιού ακριβώς πάνω από το πλακίδιο πυριτίου. Τα φωτόνια του υπεριώδους φωτός προσπίπτουν απ' το παράθυρο στις κυψέλες και καθώς είναι πλούσια σε ενέργεια δεν τους είναι δύσκολο να εκδιώξουν το φορτίο ηλεκτρονίων απ' την αιωρούμενη πύλη.

Στις EEPROM, οι οποίες σβήνουν με ηλεκτρικό τρόπο, γίνεται χρήση ενός άλλου φυσικού φαινομένου για να κατορθώσουν τα ηλεκτρόνια να περάσουν μέσα απ' τα στρώματα οξειδίου. Το φαινόμενο αυτό λέγεται φαινόμενο σύραγγας (Tunneling) αλλά δυστυχώς δεν μπορεί να εξηγηθεί μέσα στα πλαίσια αυτού του άρθρου. Εν πάση περιπτώσει όμως, με δύο λόγια μπορούμε να πούμε ότι το φαινόμενο αυτό μπορεί να απαιτεί σχετικά μεγάλο χρόνο αλλά έχει το αναμφισβήτητο πλεονέκτημα ότι επιτρέπει τέλος πάντων το σβήσιμο με ηλεκτρικό τρόπο. Το επόμενο βήμα στην τεχνολογία θα ήταν να μπορέσει να συνδυάσει κανείς και τους δύο τρόπους σβήσιματος που γνωρίσαμε μέχρι τώρα.

Και πράγματι οι Flash-EPROM χρησιμοποιούν κι αυτές το φαινόμενο της σύραγγας, όχι όμως ακριβώς το ίδιο που χρησιμοποιείται στις EEPROM αλλά μια παραλλαγή του που λέγεται Fowler-Nordheim. Η αρχή λειτουργίας του είναι η ακόλουθη: Αν συνδεσμολογήσουμε μια κυψέλη όπως στο Σχ. 1b, δηλαδή με την πηγή στα +12V, την πύλη στη γείωση και αφήσουμε την εκροή ανοικτή, τα ηλεκτρόνια της αιωρούμενης πύλης εξαναγκάζονται απ' το υψηλό δυναμικό να διαφύγουν προς την πηγή. Η αιωρούμενη πύλη θα έχει μετά το ίδιο δυναμικό με την πηγή, το τρανζίστορ θα άγει πάλι και η πληροφορία της κυψέλης θα σβήσει.

Η μέθοδος με την οποία σβήνουν οι Flash-EPROM είναι πιο αργή απ' ότι στις EEPROM γιατί εδώ δουλεύουμε με χαμηλότερη τάση. Αντ' αυτού όμως δεν καταπονούνται τόσο πολύ τα στρώματα οξειδίου. Έτσι ενώ τις EEPROM μπορούμε να τις σβήσουμε και να τις ξαναγράψουμε μόνο μερικές χιλιάδες φορές, ο αντίστοιχος αριθμός ανέρχεται τις Flash-EPROM σε 10.000...100.000 φορές. Η βασική διαφορά μεταξύ μιας κυψέλης κοινής EPROM και μιας κυψέλης Flash-EPROM έγκειται στο ότι η δεύτερη έχει αρκετά λεπτότερο στρώμα οξειδίου με ταξί υποστρώματος και αιωρούμενης πύλης. Εκτός αυτού η αρχιτεκτονική δομή του στρώματος οξειδίου στις Flash-EPROM είναι τέτοια ώστε να επιτρέπει ευκολότερα τη διέοδο ηλεκτρονίων με τη μέθοδο της σύραγγας, με σκοπό να συντομεύει τον χρόνο σβήσιματος.

## Τύποι και ιδιότητες

Οι πληροφορίες που είναι αποθηκευμένες στην Flash-EPROM θα μπορούσαν να καταστραφούν από τις παρασιτικές αιχμές τάσης που δημιουργούνται κατά τη θέση του κυκλώματος εντός και εκτός λειτουργίας. Γι' αυτό οι Flash-EPROM είναι εφοδιασμένες με ένα λογικό κύκλωμα προστασίας που επιτρέπει το σβήσιμο ή τον προγραμματισμό μόνο εφ' όσον προηγηθούν κάποιοι συγκεκριμένοι συνδυασμοί παλμών στις αντίστοιχες ακίδες οδήγησης του ολοκληρωμένου. Οι αλγόριθμοι που απαιτούνται για το σβήσιμο ή τον προγραμματισμό δίνονται από τους κατασκευαστές και είναι διαφορετικοί για κάθε τύπο μικροεπεξεργαστή που χρησιμοποιείται.

Η αξιοπιστία μιας Flash-EPROM έχει φυσικά μεγάλη σημασία για τον χρήστη. Οι κατασκευαστές εγγυώνται 10.000 κύκλους σβήσιματος/προγραμματισμού, αλλά στην πράξη οι Flash-EPROM λειτουργούν αξιοπίστα και μετά από 100.000 κύκλους. Το πιο ενδιαφέρον όμως απ' όλα είναι ότι συνήθως δεν χαλάει κάποιο Byte (χωρίς όμως και να αποκλείεται κάτι τέτοιο) αλλά απλά αυξάνεται με την πολυχρησία ο απαιτούμενος χρόνος σβήσιματος/προγραμματισμού. Στο διάγραμμα του Σχ. 2 βλέπουμε την καμπύλη απαιτούμενου χρόνου της πιο μεγάλης προς το παρόν Flash-EPROM, της 28F020 με χωρητικότητα 2 Mbit (512 kByte).

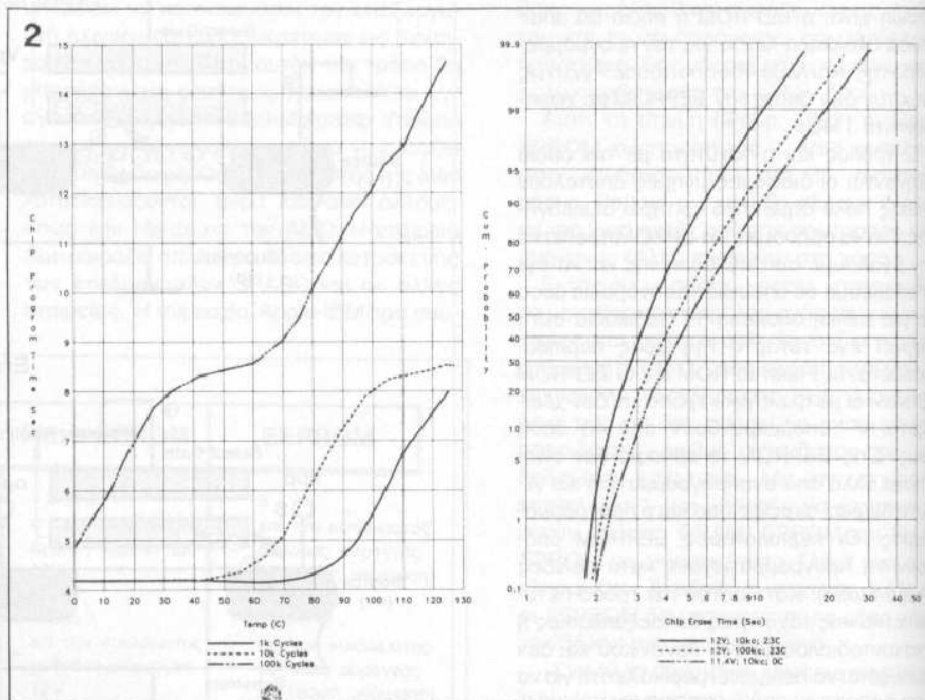
Οι σύγχρονες Flash-EPROM διατίθενται σε συσκευασία DIL 32 ακίδων (Σχ. 3) και είναι ιδανικές για ιδιοκατασκευές γιατί είναι σε μεγάλο βαθμό συμβατές (ως προς τη διάταξη ακίδων) με τις στατικές RAM και τις κοινές EPROM, και συνεπώς μπορούν να τις αντικαταστήσουν πολύ εύκολα. Επιπλέον οι Flash-EPROM διατίθενται και σε συσκευασία επιφανειακής στήριξης. Εκτός από την στο με ταξί κλασική πια συσκευασία

PLCC διατίθενται και σε συσκευασία TSOP. Η τελευταία έχει το πλεονέκτημα του πολύ χαμηλού ύψους (μόνο 1,25 mm) και υπάρχει σε δύο τύπους: Στον τύπο E με κανονική διάταξη ακίδων και στον τύπο F με αντίστροφη διάταξη ακίδων. Οι τύποι E και F χρησιμοποιούνται συνήθως εναλλάξ επί της ίδιας πλακέτας, απλουστεύοντας έτσι κατά πολύ τη σχεδίαση του τυπωμένου.

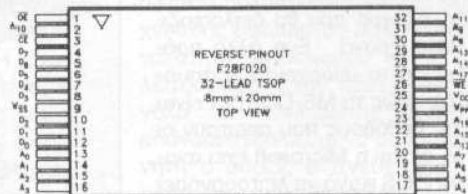
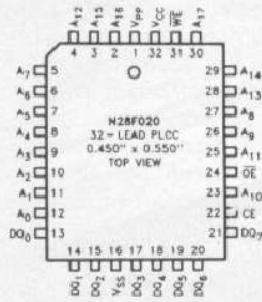
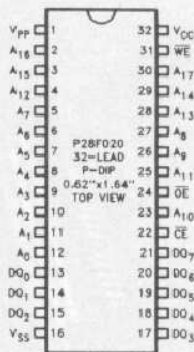
Οι τυποποιημένες Flash-EPROM που διατίθενται σήμερα στην αγορά έχουν χωρητικότητα από 256 Kbit έως 2 Mbit και είναι οργανωμένες κατά byte των 8 bit όπως ακριβώς οι κοινές EPROM. Οι κατασκευαστές υποσχονται να φέρουν ως το 1994 στην αγορά και Flash-EPROM των 16 bit, πράγμα που σημαίνει δεδομένα 2 Mbyte σε ένα μόνο ολοκληρωμένο! Πέρα όμως απ' τις τυποποιημένες Flash-EPROM υπάρχουν και άλλες για πολύ ειδικές εφαρμογές. Για παράδειγμα αναφέρουμε τις ειδικές Flash-EPROM που αποτελούνται από πολλούς, ανεξάρτητους μεταξύ τους τομείς. Στην 28F01BX χωρητικότητας 1 Mbit ο χρήστης έχει την δυνατότητα να σβήσει όποια απ' τις παρακάτω ζώνες θέλει: Την πρώτη ζώνη που έχει 8 Kbyte, τη δεύτερη ή την τρίτη ζώνη που έχουν 4 Kbyte η κάθε μία ή, τέλος, την τέταρτη ζώνη που έχει 112 Kbyte. Πρέπει να πούμε ότι αυτή η Flash-EPROM σχεδιάστηκε ειδικά για να χρησιμοποιηθεί σε υπολογιστές συμβατούς με IBM: Η ζώνη 1 είναι για τον Boot Loader, οι ζώνες 2 και 3 για τις παραμέτρους του συστήματος και η ζώνη 4 για το BIOS. Τέλος υπάρχουν και άλλες ειδικές Flash-EPROM για εφαρμογές σε κάρτες μνήμης με χωρητικότητα 1...4 MByte κ.τ.λ.

## Εφαρμογές

Αφού είδαμε πως λειτουργούν οι Flash-EPROM, καιρός είναι τώρα να δούμε και που



Σχ. 2. Απαιτούμενος χρόνος για τον προγραμματισμό και το σβήσιμο μιας Flash-EPROM σε συνάρτηση με τον αριθμό των ήδη διεξαχθέντων κύκλων προγραμματισμού/σβήσιματος.



Σχ. 3. Συσκευασίες της Flash-EPROM 28F020 χωρητικότητας 2Mbit.

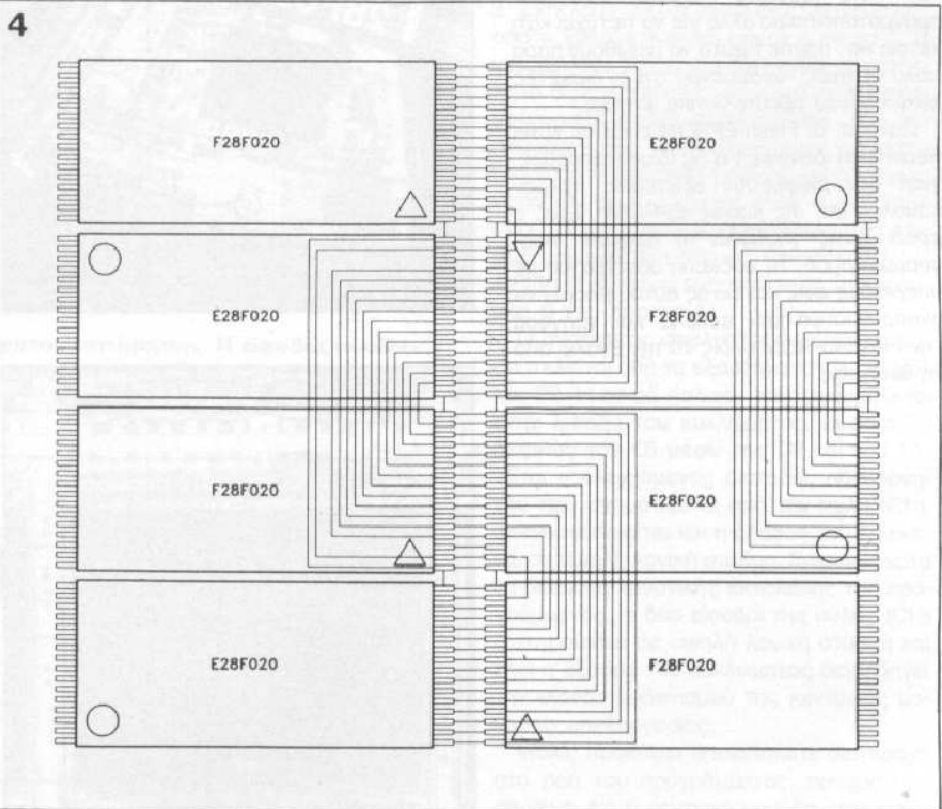
της χρησιμοποιούμε στην πράξη. Με την 28F010BX μπορεί κανείς να κατασκευάσει έναν υπολογιστή του οποίου το BIOS θα μπορεί να εκσυγχρονίζεται (Update) χωρίς να χρειάζεται ούτε καν να ανοιχθεί το κουτί του PC. Η ιδέα αυτή αποτελεί σοβαρό κίνητρο για τον αγοραστή και εφαρμόζεται όντως στην πράξη. Ο κατασκευαστής δίνει στον χρήστη μια δισκέτα με το αντίστοιχο πρόγραμμα και ο χρήστης εκσυγχρονίζει τον υπολογιστή του στο λεπτό! Ένα άλλο που μπορεί να κάνει κανείς είναι να γράψει το λειτουργικό των ηλεκτρονικών σημειωματαρίων (Notebook) σε μια Flash-EPROM ώστε ο χρήστης να μπορεί να φορτώνει κάθε νέα έκδοση που θα βγαίνει χωρίς να χρειάζεται να αλλάξει υπολογιστή. Οι εταιρείες Digital Research και Microsoft προσφέρουν προς τον σκοπό αυτό το λειτουργικό DOS και σε μια μορφή ικανή να λειτουργήσει σε μνήμη ROM. Παράλληλα γίνονται διάφορες προσπάθειες στη βιομηχανία υπολογιστών να φορτώνεται στο εξής το λειτουργικό σε Flash-EPROM. Ένας άλλος τομέας που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν οι Flash-EPROM είναι στους βιομηχανικούς αυτοματισμούς, όπου θα μπορούσε στο μέλλον να φορτώνονται νέα προγράμματα χωρίς να χρησιμοποιηθεί καθόλου καταβιβί. Είναι προφανές ότι κάτι τέτοιο θα έριχνε σημαντικά το κόστος εκσυγχρονισμού.

Ακόμα πιο πολύ νόημα θα είχε η χρήση Flash-EPROM σε συσκευές που έχουν το λογισμικό τους σε μνήμες ROM ή EPROM, όπως τα Modem και οι εκτυπωτές. Με τους σημερινούς ρυθμούς ανάπτυξης της τεχνολογίας οι συσκευές αυτές καταλήγουν σε 3-4 χρόνια να θεωρούνται σχεδόν αρχαίες. Το τελευταίο ισχύει ιδιαίτερα για τους εκτυπωτές Laser, όπου επικρατούν δύο γλώσσες περιγραφής της σελίδας (Postscript της Adobe και PCL της Hewlett Packard) και οι οποίες γλώσσες εξελίσσονται πολύ πιο γρήγορα απ' ό,τι θα προτιμούσαν οι χρήστες. Η ιδέα των εκσυγχρονισμών εκτυπωτών δεν είναι βέβαια καθόλου άσχημη. Κατά τον ίδιο τρόπο θα μπορούσε μάλιστα ο χρήστης να φορτώνει εκ των υστέρων και διάφορες επιπρόσθετες γραμματσοειρές. Αυτά που γράφουμε εδώ δεν είναι εντελώς

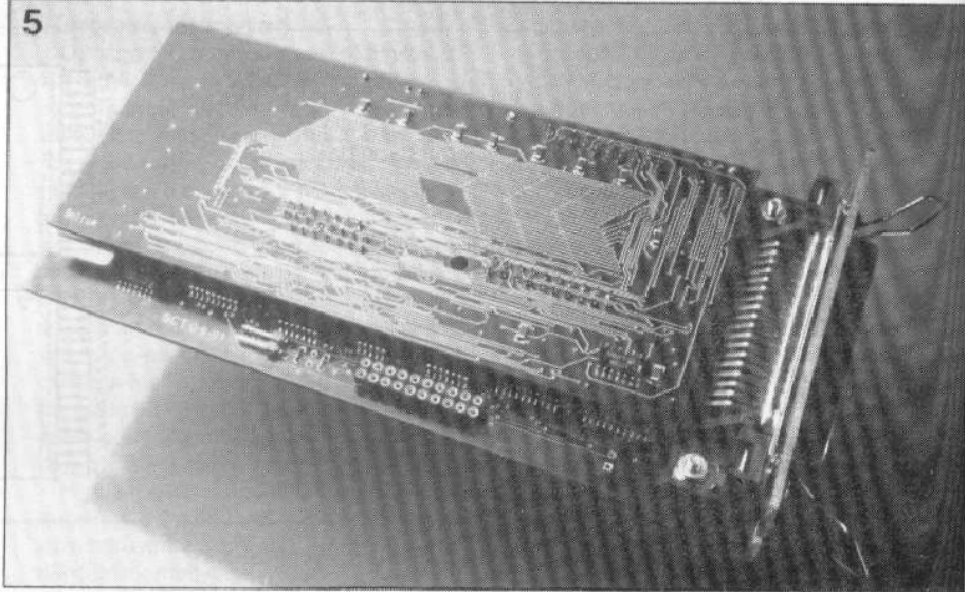
φανταστικά αλλά υπάρχουν ήδη στην πράξη. Η γερμανική εταιρεία Pyramid κατασκεύασε την κάρτα επιτάχυνσης εκτυπωτών Laser που βλέπετε στο Σχ. 5. Η κάρτα εκτός από έναν γρήγορο επεξεργαστή RISC περιλαμβάνει και Flash-EPROM 2 MByte, στην οποία εκτός από την γλώσσα PostScript περιέχονται και όλες οι απαιτούμενες γραμματσοειρές.

Ένας άλλος τομέας της αγοράς που θα μπορούσε να κάνει χρήση των πλεονεκτημάτων των Flash-EPROM είναι οι κάρτες μνήμης και οι υπολογιστές - σημειωματάρια (Notebook-PC). εδώ θα μπορούσαν οι Flash-EPROM να αναλάβουν κάλλιστα το ρόλο σκληρού δίσκου για χωρητικότητες

μέχρι 4 MByte. Ωστόσο οι κατασκευαστές έχουν πολύ πιο μακρινούς στόχους και φιλοδοξούν κάποτε να αντικαταστήσουν εντελώς τους σκληρούς δίσκους των υπολογιστών με μνήμες Flash-EPROM. Ήδη με τις Flash-EPROM 16bit που θα έρθουν σε λίγο, θα μπορούσε κανείς να κατασκευάσει κάρτες μεγέθους δισκέτας 3,5 ιντσών αλλά με χωρητικότητα 50 MByte παρακαλώ! Οι κάρτες μνήμης θα είχαν το προτέρημα - έναντι του κλασικού σκληρού δίσκου - της μικρότερης κατανάλωσης (3...5 φορές λιγότερο), της μεγαλύτερης αξιοπιστίας (10 φορές μεγαλύτερη) και της μεγαλύτερης ταχύτητας κατά την ανάγνωση, αφού λόγω της άμεσης προσπέλασης θα εκμηδενίζον-



Σχ. 4. Χάρη στις δύο συμπληρωματικές παραλλαγές της συσκευασίας TSOP μπορεί να συνδεθεί κανείς πολύ εύκολα πολλές Flash-EPROM επί της ίδιας πλακέτας εναλλάσσοντας συνεχώς τον τύπο E με τον τύπο F.



**Σχ. 5. Εφαρμογή με Flash-EPROM: Μια κάρτα ελέγχου PostScript (της Pyramid) για επιτάχυνση της λειτουργίας εκτυπωτών HP-Laserjet. Η κάρτα περιλαμβάνει μεταξύ άλλων και μια Flash-EPROM 2MB (28F020 της Intel), χάρη στην οποία ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να φορτώσει κάποια εξελιγμένη γλώσσα PostScript εκσυγχρονίζοντας έτσι την κάρτα του χωρίς να την αλλάξει.**

ταν σχεδόν οι χρόνοι προσπέλασης. Έτσι θα μπορούσαμε να διαβάζουμε απ' την κάρτα με ταχύτητα 100 MByte/ς. Όμως στο γράψιμο τα πράγματα θα είχαν εντελώς διαφορετική όψη. Εδώ οι Flash-EPROM θα τα κατάφερναν κάπως καλύτερα από τις δισκέτες αλλά θα ήταν κατά δέκα φορές αργότερες απ' ότι ένας σύγχρονος σκληρός δίσκος. Εκτός αυτού θα έπρεπε πριν την εγγραφή να σβηστούν όλες οι αντιστοιχίες Flash-EPROM, πράγμα που θα διπλασίαζε τον απαιτούμενο χρόνο. Ένα άλλο πρόβλημα θα ήταν ότι τα υπάρχοντα λειτουργικά συστήματα, όπως το MS-DOS δεν είναι συμβατά με τις μεθόδους που απαιτούν οι Flash-EPROM, αν και η Microsoft έχει αναπτύξει ήδη ένα DOS ικανό να λειτουργήσει με Flash-EPROM.

Πολύ θα θέλαμε να γνωρίσουμε τον μελλοντικό υπολογιστή που θα λειτουργεί με Flash-EPROM. Και το λέμε αυτό γιατί τα σύγχρονα λειτουργικά συστήματα, όπως το Windows της Microsoft, το OS/2 της IBM και το Finder της Apple με τις πολύ συχνές εγγραφές και αναγνώσεις δεδομένων στον σκληρό δίσκο θα αναγκάζονταν να υποστούν μεγάλες απώλειες όσον αφορά την ταχύτητά τους. Ένας άλλος αρνητικός παράγοντας είναι ότι οι Flash-EPROM έχουν περιορισμένη διάρκεια ζωής και πρέπει να αντικαθίστανται από καιρού εις καιρόν.

Βλέπουμε λοιπόν ότι είναι πολύ δύσκολο προς το παρόν να μπορέσουν οι Flash-EPROM να εκδιώξουν τον κλασικό σκληρό δίσκο. Αλλά σίγουρα θα γίνει κι αυτό κάποτε. Το μόνο ρεαλιστικό για σήμερα είναι να χρησιμοποιηθούν οι Flash-EPROM αντί δισκετών. Από τεχνικής πλευράς είναι μιν πραγματοποιήσιμο αλλά για να πετύχει κάτι τέτοιο θα 'πρεπε πρώτα να μειωθούν πάρα πολύ οι τιμές, δεδομένου ότι οι δισκέτες είναι σήμερα εξαιρετιστικά φτηνές.

Ωστόσο, οι Flash-EPROM είναι σε κάθε περίπτωση ιδανικές για τις ιδιοκατασκευές, γιατί δεν διαφέρουν εξωτερικά σχεδόν καθόλου απ' τις κοινές EPROM. Έτσι, ο ερασιτέχνης γλυτώνει τη συσκευή προγραμματισμού, τη συσκευή σβησίματος με υπεριώδες φως και εκτός αυτού μπορεί να αναπρογραμματίσει εύκολα και γρήγορα την Flash-EPROM χωρίς να την βγάλει από τη θέση της.

