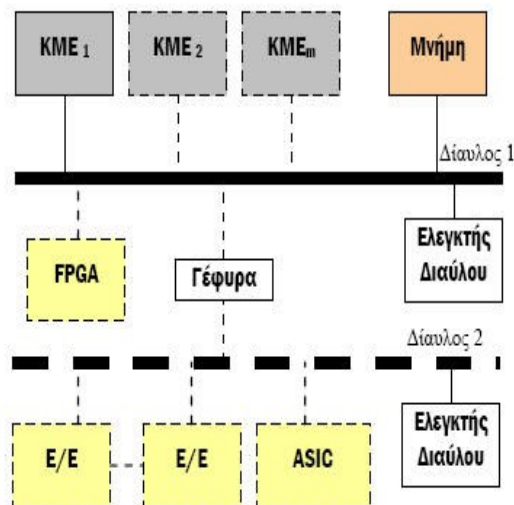


Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
Τμήμα: Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών
Υπολογιστών
Καθηγητής Δασυγένη Μηνάς
2006

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΧΕΙΩΝ ΣΕ ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΑ
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Εισαγωγικά

Τα Ενσωματωμένα Συστήματα (embedded systems) είναι υπολογιστικά συστήματα ειδικού σκοπού προσανατολισμένα στο να εξυπηρετήσουν τις ανάγκες των συσκευών της σύγχρονης ζωής όπως κινητά τηλέφωνα, palmtops, ελεγκτές αεροσκαφών και αυτοκινήτων κλπ. Για το λόγο αυτό συνήθως χαρακτηρίζονται από το μικρό τους μέγεθος και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους ως προς την κατανάλωση ισχύος, την απόδοση σε συγκεκριμένες εφαρμογές και το χαμηλό τους κόστος. Ένα «*Ενσωματωμένο Σύστημα*» (Ε.Σ.) (Embedded System) αποτελεί υπολογιστική μονάδα με αρχιτεκτονική και αρχές λειτουργίας παρόμοιες με αυτές των συμβατικών υπολογιστών, η οποία ωστόσο προσαρμόζεται στις ανάγκες και απαιτήσεις της εκάστοτε εφαρμογής. Έτσι, και στην περίπτωση των Ε.Σ., βασικό δομικό στοιχείο αποτελεί ένας μικροεπεξεργαστής, ο οποίος βρίσκεται συνδεδεμένος μέσω μιας ιεραρχίας διαύλων με στοιχεία προσωρινής και μόνιμης αποθήκευσης (μνήμες RAM, EPROM, Flash, non-Volatile). Παράλληλα, στα Ενσωματωμένα Συστήματα μπορεί να απαντώνται και στοιχεία εξειδικευμένου υλικού τα οποία επικοινωνούν με τα βασικά δομικά στοιχεία και καλούνται να επιτελέσουν συγκεκριμένες εργασίες ανάλογα με τις απαιτήσεις της εκάστοτε εφαρμογής σε απόδοση, κατανάλωση ισχύος, λειτουργίες Εισόδου/Εξόδου κ.α. Τα στοιχεία αυτά υλοποιούνται είτε σε μη προγραμματιζόμενο υλικό (VLSI, ASICs) είτε σε προγραμματιζόμενο υλικό (PLDs, FPGAs) και διασυνδέονται μέσω μιας ιεραρχίας (πιθανώς πολλών επιπέδων) διαύλων με τον μικροεπεξεργαστή και τη μνήμη. Η εικόνα 1 περιγράφει το γενικό διάγραμμα αρχιτεκτονικής δομής Ενσωματωμένου Συστήματος



Εικόνα 1 Γενικό διάγραμμα αρχιτεκτονικής δομής Ενσωματωμένου Συστήματος

Ένα ενσωματωμένο σύστημα είναι ένα οποιοδήποτε υπολογιστικό σύστημα ή συσκευή που εκτελεί μια ειδική λειτουργία ή έχει σχεδιαστεί για μια συγκεκριμένη εφαρμογή. Τα ενσωματωμένα συστήματα μπορεί να χρησιμοποιήσουν ένα λειτουργικό σύστημα βασισμένο στη μνήμη ROM ή ένα σύστημα βασισμένο στο δίσκο, όπως ο υπολογιστής. Αλλά ένα ενσωματωμένο σύστημα δεν είναι χρησιμοποιήσιμο σαν ένα PC.

Για να είναι χρήσιμο ένα ενσωματωμένο λειτουργικό σύστημα πρέπει να ικανοποιεί τα παρακάτω χαρακτηριστικά

- Να είναι Αρθρωτό
- Να είναι Κλιμακωτό
- Να είναι Διαμορφώσιμο
- Να υποστηρίζει επεξεργαστή
- Να περιέχει οδηγούς σύσκευης

Βασικά ένα ενσωματωμένο σύστημα χρειάζεται λίγα Kbytes της μνήμης ROM και λίγα της μνήμης RAM. Τυπικά, τα ενσωματωμένα λειτουργικά συστήματα μπορούν να ξεκινήσουν από τη ROM χωρίς την ανάγκη μιας συσκευής αποθήκευσης όπως έναν σκληρό δίσκο. Τα περισσότερα ενσωματωμένα λειτουργικά συστήματα έχουν όλα τα χαρακτηριστικά που έχουν και τα λειτουργικά συστήματα, π.χ. εκκίνηση συστήματος, συστήματα αρχείων, δίκτυο, διαχείριση μνήμης, γραφικά, κ.τ.λ.. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των ενσωματωμένων συστημάτων είναι ότι γίνεται επιλογή μόνο των απαιτούμενων τμημάτων, έτσι αν το σύστημα δεν έχει γραφικά ή δίκτυο, δεν περιλαμβάνονται τα τμήματα του λειτουργικού συστήματος στο προϊόν. Οι εφαρμογές τους ποικίλλουν. Τα κινητά τηλέφωνα, τα ABS, τα TiVo, και ο Διεθνής διαστημικός σταθμός όλα τρέχουν με ενσωματωμένα λειτουργικά συστήματα.

Στον κόσμο των ενσωματωμένων λειτουργικών συστημάτων, οι πιο σημαντικές ιδιότητες είναι η ενέργεια, η εγκαιρότητα και η αξιοπιστία.

➤ Ενέργεια

Ειδικά για κινητά ή ανεξάρτητα ενσωματωμένα συστήματα (αλλά και για servers, για κεντρικούς υπολογιστές ή για τους υπερυπολογιστές), η ενέργεια είναι ένας πολύτιμος πόρος. Η κατανάλωση ενέργειας είναι μια μη λειτουργική ιδιότητα του προγραμματισμού των λειτουργιών, όπως αυτού της διαδικασίας, της μνήμης, ή ο I/O προγραμματισμός. Παραδείγματος χάριν, η στρατηγική τοποθέτηση της διαχείρισης της μνήμης μπορεί να έχει έμμεσο έλεγχο στην κατανάλωση της ενέργειας μιας τρέχουσας διαδικασίας εάν το χαρακτηριστικό

hardware της (κυρίως) μνήμης, από άποψη απαίτησης ενέργειας και θερμότητας, διαφέρει με τις τράπεζες μνήμης ή τα υποσυστήματα. Προκειμένου να παρέχεται κάποιου είδους ένδειξη της ενέργειας, η εκτίμηση της σε διάφορα σημεία του λογισμικού του συστήματος γίνεται απαραίτητη.

➤ Εγκαιρότητα

Οι προθεσμίες χαρακτηρίζονται ως μαλακές, σταθερές ή σκληρές. Ανάλογα με το είδος της προθεσμίας, οι μέθοδοι όσον αφορά στην εγγύηση ότι κάποια προθεσμία τηρείται, διαφέρουν. Περιστασιακά, αποτρεπτικά σημεία πρέπει να παρεμβάλλονται σε κρίσιμες διαδρομές εκτέλεσης για να μειωθεί ο προγραμματισμένος μέσος χρόνος μεταξύ εντολής και εκτέλεσης. Η ύπαρξη, η τοποθεσία, καθώς επίσης και η συχνότητα ενός τέτοιου σημείου είναι ένα μη λειτουργικό ζήτημα της αντίστοιχης διαδρομής εκτέλεσης.

➤ Αξιοπιστία

Αυτή η ιδιότητα αναφέρεται στην αξιοπιστία ενός υπολογιστικού συστήματος η οποία επιτρέπει την δικαιολογημένη τοποθέτηση της εμπιστοσύνης στην υπηρεσία που παραδίδει. Αυτό καλύπτει τις πτυχές της αξιοπιστίας, της διαθεσιμότητας, της ασφάλειας, και της προστασίας. Η προσθήκη πλεονασμού σε ένα σύστημα είναι ένα μέτρο ώστε να παρέχονται πολλές διαθέσιμες υπηρεσίες. Κατά συνέπεια, η απαίτηση μπορεί να προκύψει για να πολλαπλασιάσει ένα ενιαίο αίτημα συστημάτων και για να αντιμετωπίσει πολλές απαντήσεις..

Παρατίθεται μια λίστα από ενσωματωμένα λειτουργικά συστήματα στη συνέχεια θα περιγραφουν τα πιο δημοφιλή

:

- DSPnano
- eCos
- Embedded Linux
- embOS (Segger)
- Forth
- FreeDOS
- FreeRTOS
- Inferno
- ITRON
- LynxOS RTOS
- MicroC/OS-II
- MicroSuse
- NetBSD
- Nucleus RTOS
- OpenBSD
- OSE
- OS-9
- Palm OS
- QNX

- RTEMS
- RTXC Quadros
- SymbianOS
- ThreadX
- T2 SDE
- uKOS
- Unison Operating System
- VxWorks
- Windows CE
- Windows XP Embedded

Δυο από τα πιο διαδεδομένα ενσωματωμένα λειτουργικά συστήματα είναι τα ενσωματωμένα Linux και τα ενσωματωμένα Windows XP

Ενσωματωμένα Windows XP

Τα ενσωματωμένα Windows XP ή αλλιώς XPe, είναι μια έκδοση των Microsoft Windows [XP](#) Professional και ο διάδοχος των ενσωματωμένων Windows [NT 4.0](#). Τα XPe είναι βασισμένα στους ίδιους δυαδικούς κώδικες με τα XP Professional, αλλά πωλούνται σε αυτούς που αναπτύσσουν λογισμικό για OEMs, ISVs and IHVs, οι οποίοι θέλουν την πλήρη υποστήριξη του Win32 API των [Windows](#) αλλά χωρίς τα έξοδα του Professional. Τρέχει υπάρχουσες εφαρμογές των Windows και οδηγούς συσκευών σε συσκευές με τουλάχιστον 32MB Compact [Flash](#), 32MB RAM και ένα P-200 μικροεπεξεργαστή.

Ιδιότητες

Στοιχεία του λειτουργικού συστήματος

Τα XPe λειτουργούν με τον ίδιο κώδικα με τα XP Professional, αλλά με τα XPe ένα OEM είναι ελεύθερο να επιλέξει μόνο τα στοιχεία που απαιτούνται και με αυτόν τον τρόπο να μειώσει το ψηφιακό αποτύπωμα του λειτουργικού συστήματος και επίσης να μειώσει την περιοχή επίθεσης καθώς συγκρίνεται με τα XP Professional.

Φίλτρα εγγραφής

Επίσης τα XPe περιλαμβάνουν χαρακτηριστικά στοιχείων γνωστά ως φίλτρα εγγραφής, τα οποία μπορεί να χρησιμοποιηθούν για να φιλτράρουν δίσκους εγγραφής. Οι τόμοι μπορούν να χαρακτηριστούν ως μόνο για ανάγνωση χρησιμοποιώντας αυτά τα φίλτρα και όλες οι εγγραφές σε αυτό μπορούν να επαναπροσανατολιστούν. Οι εφαρμογές στις ρυθμίσεις του χρήστη δεν είναι ενημερώνονται για αυτά τα φίλτρα εγγραφής.

Εκκίνηση με USB

Άλλο ένα χαρακτηριστικό είναι ότι τα XPe προσθέτουν USB boot στα windows. Οι ενσωματωμένες XPe συσκευές μπορεί να διαμορφωθούν ώστε να γίνεται η εκκίνηση τους από ένα οδηγό USB.

Εκκίνηση με CD-ROM

Μια συσκευή XPe μπορεί να διαμορφωθεί ώστε να γίνεται η εκκίνηση της μέσω ενός CD-ROM. Αυτό επιτρέπει στη συσκευή να ξεκινάει χωρίς την απαίτηση ύπαρξης ενός σκληρού δίσκου, παρέχει επίσης μια «φρέσκια εκκίνηση» κάθε φορά που ξεκινάει η εικόνα (μια ιδιότητα που κληρονομείται από το γεγονός ότι το λειτουργικό σύστημα ξεκινάει από μέσο ανάγνωσης μόνο).

Εκκίνηση μέσω δικτύου

Μια συσκευή XPe μπορεί επιπλέον να διαμορφωθεί ώστε να ξεκινάει η λειτουργία της από ένα κατάλληλα διαμορφωμένο δίκτυο. Όπως η CD εκκίνηση, η εκκίνηση από το δίκτυο αφαιρεί την απαίτηση ύπαρξης ενός σκληρού δίσκου και παρέχει επίσης μια «φρέσκια εκκίνηση».

To Ενσωματωμένο Linux

Περιέχει τις βασικές λειτουργίες του λειτουργικού συστήματος Linux και χρησιμοποιείται σαν ενσωματωμένο λειτουργικό σύστημα σε υπολογιστικά συστήματα όπως κινητά τηλέφωνα, palms, ipod και σε πολλές άλλες ηλεκτρονικές συσκευές ευρείας κατανάλωσης.. [To ενσωματωμένο Linux](#) είναι επίσης κατάλληλο για άλλες ενσωματωμένες εφαρμογές όπως [εξοπλισμός δικτύων](#) , έλεγχος μηχανών, σε [βιομηχανικούς](#) αυτοματισμούς, σε εξοπλισμούς ναυσιπλοΐας, και ιατρικά όργανα και αλλά..

Το Ενσωματωμένο Linux είναι διαφορετικό από το Λειτουργικό σύστημα Linux που χρησιμοποιούμε στα PC και στις εκδόσεις του Linux για τους servers. Είναι σχεδιασμένο για τις συσκευές που χρησιμοποιούν περιορισμένους πόρους, όπως π.χ. μικρές RAM . Οι βασισμένες στο ενσωματωμένο Linux συσκευές περιλαμβάνουν μνήμες Flash..

Είναι μια εναλλακτική λύση από τις συνήθεις γλώσσες σε assembly που γίνονταν κατά παραγγελία για την κάθε συσκευή ή ακόμα και σε γλώσσα C που χρησιμοποιείται κατά ένα μεγάλο μέρος στα ενσωματωμένα συστήματα

Υπάρχουν πολλά πλεονεκτήματα του ενσωματωμένου Linux έναντι άλλων ενσωματωμένων λειτουργικών συστημάτων όπως:

[ο Πηγαίος κώδικας](#) μπορεί να τροποποιηθεί και να ανακατανεμηθεί ανάλογα με τις απαιτήσεις της κάθε συσκευής.

Ακόμα η εγκατάσταση του λειτουργικού αυτού συστήματος καταλαμβάνει μικρό χώρο γεγονός πολύ θετικό για τις μικρές ηλεκτρονικές συσκευές, για παράδειγμα μια χαρακτηριστική εγκατάσταση μπορεί να απαιτήσει λιγότερο από δύο 2MB μνήμης. Επιπλέον δεν υπάρχει δαπάνη για χρήση αδειών γεγονός μεγάλης οικονομικής σημασίας.

Τα ενσωματωμένα συστήματα Linux περιέχουν εκτός από το λειτουργικό σύστημα Linux και επιπλέον ελεύθερο λογισμικό. Η GNU βιβλιοθήκη της C που είναι μια [Τυποποιημένη βιβλιοθήκη C](#) είναι από τις εναλλακτικές λύσεις που χρησιμοποιούν λιγότερους πόρους όπως [dietlibc](#), [uClibc](#) ή [Newlib](#).

Πολλές βιομηχανίες έχουν διαμορφώσει και χρησιμοποιούν το ενσωματωμένο Linux για ενσωματωμένες εφαρμογές.. [To forum CE Linux](#), που ιδρύθηκε το 2003 για να βοηθήσει στην ανάπτυξη εφαρμογών για τα ενσωματωμένα συστήματα. Ακόμα το [Ίδρυμα Linux](#) (αναπτύσσει εφαρμογές για το Linux ανοικτού λογισμικού)Επιπλέον για την ανάπτυξη εφαρμογών στο Linux εμπλεκεται και το Forum τηλεφωνικών προτύπων που δημιουργήθηκε 2004 για την ανάπτυξη λογισμικών που αφορούν κινητά τηλέφωνα(ή ακόμα παρόμοιες συσκευές με αυτά και τα οποία χρησιμοποιούν το Linux σαν λειτουργικό σύστημα). Το [LiMo ίδρυμα](#), ιδρύθηκε το 2006 από την [Motorola](#), [Nec](#), [Panasonic](#), Samsung, [DoCoMo](#), και [Vodafone](#) για να καθιερώσει ένα σύνολο τυποποιημένων τμημάτων του λειτουργικού συστήματος για την βελτίωση της λειτουργίας τη τρίτης γενναίας κινητών τηλεφώνων.

Η κοινοπραξία του Linux παρήγαγε το ELCPS που προορίστηκε ως οδηγός για τους για την ανάπτυξη λογισμικού των ενσωματωμένων συσκευών Linux

Παρακάτω θα αναλυθούν μερικά από τα πιο γνωστά συστήματα αρχείων στα ενσωματωμένα λειτουργικά συστήματα

THIN FILE SYSTEM

Μια ιδιαίτερα βελτιστοποιημένη, έκδοση του επιτυχημένου συστήματος αρχείων fat. Αυτό το συμβατό σύστημα αρχείων DOS σχεδιάζεται για την ενσωμάτωση σε ένα χαρακτηριστικό οκτάμπιτο επεξεργαστη περιορισμένους

πόρους. Το σύστημα ελέγχθηκε σε 8051, MSP430 και H8S και στην σειρά MCUs και είναι κατάλληλο για τις περισσότερες 8 ή 16 bit CPU

Αυτό το σύστημα είναι κλιμακωτό. – Επιλέγει μόνο τις λειτουργικές απαιτήσεις για εφαρμογές και για υψηλή βελτιστοποίηση για ταχύτητα και μέγεθος

Χαρακτηριστικά

- FAT12, FAT16 and FAT32
- Μεγάλα ονόματα αρχείων
- Υψηλή κλιμάκωση
- Small Footprint
- Ελάχιστη χρήση μνήμης
- Συμβατό με PC

THIN είναι συμβατό με συστήματα αρχείων flash το οποίο είναι σχεδιασμένο με ακρως υψηλή κλιμάκωση το οποίο επιτρέπει στον προγραμματιστή χρησιμοποιώντας ελάχιστους όρους να διαμορφώσει το σύστημα.

-Κώδικας ψηφιακού αποτυπώματος

Όσο αφορά τις επιλεγμένες επιλογές ο κώδικας ψηφιακού αποτυπώματος του αρχείου μπορεί να είναι μικρότερος από 4K για το DOS για πρόσβαση σε αρχεία σε δίσκους γύρω στα 20K για ολοκληρωμένο σύστημα αρχείων

-Ψηφιακό αποτύπωμα δεδομένων

THIN δουλεύει πλήρως ανεξάρτητο για κάθε κύριο σύστημα και μνήμη Το αντιπροσωπευτικό ψηφιακό αποτύπωμα δεδομένων είναι << 1,5K.

-Επιλογές

Το σύστημα περιλαμβάνει ένα μεγάλο αριθμό δομημένων επιλογών, οι οποίες είναι λεπτομερείς στον οδηγό του προγραμματιστή. Μερικές από τις επιλογές είναι:

- F_FAT12
- F_FAT16
- F_FAT32
- F_FORMAT
- F_LONGFILES
- F_WRITE
- F_NAMECHECKING
- F_WILDCARDS
- F_DIRECTORIES
- ... και πολλές άλλες

Τα THIN έχουν σχεδιαστεί για να είναι φορητά. Έχουν δοκιμαστεί σε πολλά εμπορικά λειτουργικά συστήματα πραγματικού χρόνου και σε ανεξάρτητα συστήματα χωρίς λειτουργικά συστήματα πραγματικού χρόνου. Όλος ο κώδικας είναι εφοδιασμένος με ANSI C , έχει δομηθεί σε 4 διαφορετικά περιβάλλοντα και εκτελείται μέσω ενός ελεγκτή κωδικής σύνταξης εντολών ώστε να εγγυηθεί το μέγιστο επίπεδο συμβατότητας. Επίσης παρέχεται με το σύστημα ο κώδικας δειγμάτων εφαρμογής για την εύκολη άσκηση του συστήματος και δείγματα οδηγών για τους διαφορετικούς τύπους μέσων με τη σαφή αναφορά στις εξαρτήσεις του hardware τους. Ο οδηγός του υπεύθυνου για την ανάπτυξη του προγράμματος δίνει αναλυτικές πληροφορίες για όλες τις πτυχές porting και υποδεικνύει σαφώς τις περιοχές που μπορεί να πρέπει να τροποποιηθούν για ένα συγκεκριμένο κύριο σύστημα. Ειδικότερα, το κύριο σύστημα μπορεί να παρέχει:

- Ρολόι πραγματικού χρόνου για πληροφορίες πάνω στην ώρα και την ημερομηνία- απαραίτητο όταν οι πληροφορίες ώρας και ημερομηνίας πρόκειται να αποθηκευτούν με αρχεία εγγραφής.
- Τυχαίος αριθμός- παραγωγή σειριακού αριθμού κατά τη διάρκεια της διαμόρφωσης- προτεινόμενο μόνο αν η διαμόρφωση των μέσων απαιτείται.
- Σηματοφόροι για τον αμοιβαίο αποκλεισμό - που απαιτείται μόνο σε ένα προ-αγοραστικό σύστημα.

Ο οδηγός του υπεύθυνου για την ανάπτυξη του προγράμματος δίνει επίσης πληροφορίες για το πώς να διαβαθμίσει το σύστημα:

- Ποια λειτουργία να αποκλείσει

TINY FILE SYSTEM

Η flash τεχνολογία μεταβάλλεται συνεχώς και εμφανίζεται με πολλές παραλλαγές. Τα συστήματα αρχείων πρέπει να υποστούν κατεργασία προκειμένου να λάβουν τη μέγιστη ποσότητα από κάθε συγκεκριμένη flash ρύθμιση. Το TINY υπόκειται κατεργασία ώστε να δουλεύει με flash το οποίο έχει τομείς που διαγράφονται με ένα συγκεκριμένο σκοπό σχεδιασμού να είναι εξασφαλισμένης αποτελεσματικότητας, έχοντας ψηφιακό αποτύπωμα ROM και το ελάχιστο ψηφιακό αποτύπωμα RAM καθιστώντας έτσι εφικτή τη χρήση του με πολύ μικρά υποσυστήματα ελέγχου λειτουργιών του H/Y. Παραδοσιακά, οι περισσότερες flash συσκευές έπρεπε να είχαν πολύ μεγάλους τομείς που να διαγράφονται (τυπικά 32K ή περισσότερο) το οποίο πάντα οδηγεί στον κατακερματισμό των εξόδων όταν δημιουργείται ένα σύστημα αρχείου. Σχεδιάζοντας ένα TINY ώστε να συντονίζεται με ένα συγκεκριμένο flash επιτρέπει στον σχεδιαστή να στήσει ένα σύστημα αρχείου ώστε να συναντήσει τις απαιτήσεις του αρχείου του με ελάχιστη χρήση πηγών. Επιπλέον, όταν γίνεται χρήση με τη uCDrive τεχνολογία, το υποσύστημα ελέγχου λειτουργιών του H/Y μετατρέπεται σε ένα πλήρως συντονισμένο και εύχρηστο οδηγό με ελάχιστες λειτουργικές δαπάνες.

Οι μικροελεγκτές, όπως είναι οι σειρές MSP430Fxxx, περιλαμβάνουν flash το οποίο είναι διαγράψιμο σε μικρούς τομείς και είναι και προγραμματισίμη εφαρμογή. Όταν χρησιμοποιείται με το TINY προκύπτουν νέες δυνατότητες όπως π.χ. η ικανότητα αποθήκευσης όλων των αρχείων διαμόρφωσης ως πρότυπα .ini ή .txt αρχεία ή ακόμα η ικανότητα να μεταφέρει ένα νέο wav αρχείο στους μικροελεγκτες χωρίς να υπάρχει λόγος ανησυχίας για το flash layout και για τον κατακερματισμό εξόδων. Επιπροσθέτως, υπάρχουν πολλές αυτόνομες flash συσκευές (και ειδικότερα σειριακές flash συσκευές) οι οποίες έχουν σχετικά μικρού μεγέθους διαγράψιμους τομείς και έτσι μπορούν να επωφεληθούν από ένα σύστημα αρχείου επεξεργασμένο για τις ρυθμίσεις τους. Οι πρότυπες NOR flash συσκευές έχουν επίσης το μειονέκτημα ότι η διαγραφή διαρκεί πολύ χρόνο –συχνά περισσότερο από 1 δευτερόλεπτο- ενώ αυτοί οι μικρότεροι διαγράψιμοι τομείς έχουν μειώσει τον χρόνο διαγραφής- τυπικά λίγα मिलιδευτερόλεπτα. Αυτό το γεγονός δίνει νέες δυνατότητες σχεδιασμού στα προϊόντα που βασίζονται στους μικροελεγκτες, απαιτώντας κάποιου είδους ευέλικτης αποθήκευσης. Παραδοσιακά, οι μικροελεγκτες δεν κάνουν χρήση των συστημάτων αρχείων εξαιτίας των λειτουργικών δαπανών που εμπλέκονται, τώρα πλέον είναι εφικτό για τον προγραμματιστή να λάβει τα πλεονεκτήματα της θέσης της ανεξάρτητης αποθήκευσης μαζί με ένα πολύ καλό ψηφιακό αποτύπωμα και τα χαρακτηριστικά της απόδοσης, το οποίο προσφέρει νέες δυνατότητες για τη διαμόρφωση και τη διαχείριση των προϊόντων που βασίζονται στους μικροελεγκτες.

Οι ενσωματωμένες συσκευές δεν έχουν την πολυτέλεια των προγραμμάτων αποκατάστασης περίπλοκων δίσκων, όπως έχουν οι συμβατές PC συσκευές. Εάν το ενσωματωμένο σύστημα φθαρεί επειδή μια λειτουργία διαγραφής ή εγγραφής τερματίζεται απρόσμενα τι θα γίνει στο σύστημα; Το robust δεν είναι αρκετό σε πολλές περιπτώσεις. Το σύστημα θα πρέπει να σχεδιάζεται ώστε να αποθηκεύει το σύστημα αρχείων από εκείνο το σημείο όπου απέτυχε. Αυτό είναι το TINY σύστημα.

Η βασική μέθοδος λειτουργίας είναι αρκετά απλή, ένα ολοκληρωμένο, καινούριο σύστημα αρχείου πρέπει να είναι διαθέσιμο πριν διαγραφεί οποιαδήποτε πληροφορία. Με αυτό τον τρόπο, στη χειρότερη περίπτωση, το σύστημα θα πρέπει να ξαναδημιουργηθεί είτε στη μορφή που ήταν πριν αρχίσει η εγγραφή (σαν να μην άρχισε ποτέ η εγγραφή) είτε να περιλαμβάνονται νέες μετατροπές. Ένα DOS συμβατό σύστημα αρχείου δεν μπορεί να το εγγραφεί.

Ενώ η ιδέα είναι σχετικά απλή, μια αποδοτική εφαρμογή με flash συσκευές που απαιτεί τομείς να διαγράφονται πριν την εγγραφή, είναι σίγουρα πολύπλοκη και ακόμα περισσότερο για ένα σύστημα με ελάχιστη διαθέσιμη μνήμη RAM και ROM. Οι χρόνοι εγγραφής και διαγραφής μπορεί να είναι σχετικά μεγάλοι στις flash συσκευές και είναι υπερβολικά σημαντικό να επιβεβαιωθεί ότι ο αριθμός των λειτουργιών αυτών ελαχιστοποιείται. Το TINY είναι φτιαγμένο να διαχειρίζεται flash συσκευές με μικρούς διαγράψιμους τομείς με μεγάλη αποτελεσματικότητα.

Η κύρια μέθοδος της επαλήθευσης είναι μέσω ενός εξομοιωτή Η/Υ του συστήματος αρχείου όπου χιλιάδες περιπτώσεις δοκιμής μπορεί να τρέξουν σχετικά εύκολα τρέχοντας την πρότυπη πηγή κώδικα με εξομοιωτές flash συσκευών. Ο κώδικας τότε σταματάει σε τυχαία ή επιλεγμένα σημεία και ελέγχεται αν το σύστημα ξαναξεκινάει έγκυρα και αν κανένα από δεδομένα δεν έχουν χαθεί. Επιπλέον δοκιμές έχουν γίνει σε αληθινές συσκευές διακόπτοντας επανηλλήμενα τον κώδικα σε οποιοδήποτε σημείο, ξαναξεκινώντας το σύστημα και επαληθεύοντας ότι η λειτουργία του είναι σωστή και ότι δεν έχει χαθεί κανένα από τα δεδομένα του συστήματος.

Συσκευές

Το TINY είναι ειδικά σχεδιασμένο για χρήση με flash συσκευές με μικρούς διαγράψιμους τομείς. Τυπικά αυτό σημαίνει συσκευές με μέγεθος διαγράψιμων τομέων μικρότερο από τα 4KBytes αν και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε πολύ μεγαλύτερες συσκευές. Το TINY έχει ειδικά δοκιμαστεί, εξακριβωθεί και έχει δείγματα οδηγών για:

- MSP430 Internal Flash
- RAM drive in battery backed RAM
- Atmel DataFlash
- ST Serial flash for data
- SST Serial flash devices

SolFS σύστημα αρχείου

Το solid σύστημα αρχείου(SolFS) είναι ευέλικτο, υψηλής αποδοτικότητας σύστημα αρχείου, σχεδιασμένο και για πραγματικά μέσα επικοινωνίας (όπως είναι οι σκληροί δίσκοι ή η flash κάρτα) και για εικονικά μέσα (αρχεία στο δίσκο, βάσεις δεδομένων, πηγές εφαρμογών, ακατέργαστη μνήμη).

Το SolFS είναι μια εφαρμογή του συστήματος αρχείου, αποθηκευμένο σε ένα μεμονωμένο αρχείο (αρχείο στο δίσκο, εγγραφή σε μια βάση δεδομένων ή απλά ένα block μνήμης). Το SolFS έχει όλη την απαιτούμενη λειτουργικότητα, η οποία μπορεί να βρεθεί στα σύγχρονα συστήματα αρχείων, όπως είναι η υποστήριξη των streams μέσα στα αρχεία, αρχεία και κωδικοποίηση stream, κατάλογος χρονικής μεταβολής δεδομένων (υποστήριξη για την ακεραιότητα των δεδομένων), τήρηση την ώρα προσπέλασης των τελευταίων δεδομένων κ.ο.κ..

Χρησιμοποιώντας το SolFS μπορεί να απλοποιηθεί ή να επιλυθεί πλήρως το πρόβλημα διαχείρισης ενός μεγάλου αριθμού συμπληρωματικών αρχείων, που απαιτείται για μια εφαρμογή. Επίσης το πρόβλημα της κατά λάθος διαγραφής αρχείων λύνεται: όλα τα αρχεία κρατούνται σε ένα μέρος μακριά από τον χρήστη. Όταν χρησιμοποιείται ένα αρχείο (σύστημα αποθήκευσης αρχείου) η υποστήριξη της εφαρμογής και του χρήστη γίνονται πιο εύκολα. Όταν μια εφαρμογή λειτουργεί με διάφορα σύνολα δεδομένων, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους, είναι σημαντικό να διατηρούνται τα δεδομένα σε ένα αρχείο. σε αυτή τη περίπτωση η χρήση του SolFS εγγυάται την εγκυρότητα και την πληρότητα των δεδομένων.

Σύστημα αρχείων FAT

Ο Πίνακας κατανομής αρχείων (File Allocation Table, FAT) είναι ένα μερικώς κατοχυρωμένο με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας σύστημα αρχείων που αναπτύχθηκε από τη Microsoft για το MS-DOS και ήταν το αρχικό σύστημα αρχείων για τις καταναλωτικές εκδόσεις των Microsoft Windows μέχρι και της έκδοσης Windows Me. FAT δεδομένου ότι ισχύει για τις εύκαμπτες δισκέτες και τους οπτικούς δίσκους (FAT12 και FAT16 χωρίς μεγάλη υποστήριξη ονόματος αρχείων) έχει τυποποιηθεί σαν ECMA-107 και ISO/IEC 9293.

Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται σαν βασικό σύστημα αρχείων σε πολλά ηλεκτρονικές συσκευές που χρησιμοποιούν ενσωματωμένα λειτουργικά συστήματα. Κυρίως χρησιμοποιούνται τα Fat32.

Το σύστημα αρχείων FAT είναι σχετικά απλό, και υποστηρίζεται από όλα τα υπάρχοντα λειτουργικά συστήματα για τους προσωπικούς υπολογιστές και από ενσωματωμένα συστήματα. Αυτή η απανταχού παρουσία το κάνει ένα ιδανικό σχήμα για τις δισκέτες και τις κάρτες μνήμης, και έναν κατάλληλο τρόπο για κοινή χρήση αρχείων μεταξύ των ανόμοιων λειτουργικών συστημάτων που εγκαθίστανται στον ίδιο υπολογιστή. Οι πιο κοινές εφαρμογές έχουν ένα σοβαρό μειονέκτημα όταν διαγράφονται αρχεία και νέα αρχεία που γράφονται στα μέσα, τα τεμάχια καταλόγου τείνουν να διασκορπιστούν, κάνοντας την ανάγνωση και την εγγραφή μια αργή διαδικασία.

Ιστορία

Το σύστημα αρχείων FAT δημιουργήθηκε από το Bill Gates και το Marc McDonald το 1977 για να διαχειριστεί τους δίσκους μέσα από το Microsoft Disk BASIC. Τον Αύγουστο του 1980 ο Tim Paterson εφάρμοσε το σύστημα αρχείων FAT στο λειτουργικό σύστημα 86-DOS για τον CPU S-100 8086. Το σύστημα αρχείων ήταν η κύρια διαφορά μεταξύ του 86-DOS και του προκατόχου του, CP/M.

Το όνομα προέρχεται από τη χρήση ενός πίνακα που συγκεντρώνει τις πληροφορίες για τις περιοχές που ανήκουν στα αρχεία, είναι ελεύθερος ή ενδεχομένως ακατάλληλος προς χρήση, και όπου κάθε αρχείο αποθηκεύεται σε δίσκο. Για να μειώσει τη διοικητική πολυπλοκότητα, το διάστημα δίσκων διατίθεται στα αρχεία στις παρακείμενες ομάδες τομέων του υλικού που καλούνται συμπλέγματα. Ο μέγιστος αριθμός συμπλεγμάτων έχει αυξηθεί εντυπωσιακά κατά τη διάρκεια του χρόνου, και ο αριθμός bit που απαιτείται για να προσδιορίσει ένα σύμπλεγμα, χρησιμοποιείται για να ονομάσει τις διαδοχικές σημαντικές εκδόσεις του συστήματος Αρχείων FAT. Τα πρότυπα FAT έχουν εξελιχθεί επίσης με διάφορους τρόπους, ενώ η συμβατότητα με το ήδη υπάρχον λογισμικό έχει συντηρηθεί.

FAT12

Αυτή η αρχική έκδοση FAT αναφέρεται τώρα ως FAT12. Σαν σύστημα αρχείων για τις δισκέτες, είχε διάφορους περιορισμούς: οι διευθύνσεις συμπλεγμάτων του δίσκου ήταν "μόνο" 12 bits και το μέγεθος του δίσκου αποθηκευόταν σαν αρίθμηση 16 bit των τομέων, που περιόριζε το μέγεθος σε 32 MB.

Από τη σύμβαση όλες οι δομές ελέγχου οργανώθηκαν για να αποθηκεύονταν μέσα στην πρώτη διαδρομή, αποφεύγοντας κατά συνέπεια την κίνηση της κεφαλής κατά τη διάρκεια της ανάγνωσης και της γραφής, αν και αυτό ποίκιλε ανάλογα με τον κατασκευαστή και το format του δίσκου. Από τότε όταν το FAT12 εισήχθη στο DOS δεν είχε καμία υποστήριξη για τους ιεραρχικούς καταλόγους Ένας περιορισμός που δεν εξετάστηκε μέχρι πολύ αργότερα ήταν ότι οποιοσδήποτε κατεστραμμένος τομέας, θα μπορούσε να αποτρέψει τη δισκέτα από το να μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Το DOS απέρριπτε τέτοιες δισκέτες εντελώς. Οι κακοί τομείς επιτράπηκαν μόνο στην περιοχή αρχείων, όπου έκαναν ολόκληρο το σύμπλεγμα εκμετάλλευσης ακατάλληλο προς χρήση.

Αρχικό FAT16

Το 1984 η IBM ανακοίνωσε το PC AT, που είχε έναν σκληρό δίσκο 20 MB. Η Microsoft παράλληλα εισήγαγε το MS-DOS 3.0. Τα συμπλέγματα διευθύνσεων αυξήθηκαν στα 16-bit, επιτρέποντας ένα μεγαλύτερο αριθμό

συμπλεγμάτων (μέχρι 65,517) και συνεπώς πολύ μεγαλύτερο μέγεθος συστήματος αρχείων. Εντούτοις, ο μέγιστος πιθανός αριθμός τομέων και το μέγιστο μέγεθος των 32 MB δεν άλλαξε. Επομένως, αν και τεχνικά ήδη ήταν "FAT16", αυτό το format δεν ήταν αυτό που σήμερα γνωρίζουμε με αυτό το όνομα..

Τελικό FAT16

Τελικά τον Νοέμβριο του 1987, η Compaq DOS 3.31 εισήγαγε αυτό που σήμερα καλείται *FAT16*, με την επέκταση του δεκαεξάμπιτου δείκτη τομέα των δίσκων σε 32 μπιτ. Το αποτέλεσμα αρχικά ονομάστηκε *DOS 3.31 Large File System*. Αν και οι αλλαγές δίσκων ήταν προφανώς δευτερεύουσες, ολόκληρος ο κώδικας δίσκων DOS έπρεπε να μετατραπεί για να χρησιμοποιεί τριανταδυάμπιτους αριθμούς τομέα, ένας στόχος που περιπλέκεται από το γεγονός ότι γράφτηκε σε 16-bit assembly .

Το 1988 η βελτίωση διατέθηκε με το MS-DOS 4.0 και το. Το όριο στο μέγεθος χωρισμάτων υπαγορεύθηκε τώρα από την οκτάμπιτη υπογεγραμμένη αρίθμηση του τομέα-ανά-συμπλέγματος. Με το συνηθισμένο μέγεθος τομέα των σκληρών δίσκων 512 bits, αυτό δίνει συμπλέγματα 32 KB, με αυτόν τον τρόπο καθορίζοντας το "οριστικό " όριο για το μέγεθος των τμημάτων FAT16 στα 2 gibibytes. Στα μαγνητο-οπτικά μέσα, που μπορεί να έχουν τομείς των 1 ή 2 KB, το όριο είναι αναλογικά μεγαλύτερο.

Για ιστορικούς λόγους, τα μέσα FAT12 και FAT16 χρησιμοποιούν γενικά 512 καταχωρήσεις καταλόγου ρίζας στα μη-οπτικά μέσα, και άλλα μεγέθη μπορεί να είναι ασυμβίβαστα με λογισμικό ή συσκευές. Μερικά εργαλεία τρίτων όπως το mkdosfs επιτρέπουν στο χρήστη να θέσουν αυτήν την παράμετρο.

Fat 32

Το σύστημα αρχείων FAT32 προσφέρει τις ακόλουθες βελτιώσεις σε σχέση με προηγούμενες υλοποιήσεις του συστήματος αρχείων FAT:

Υποστηρίζει μονάδες δίσκου μεγέθους έως και 2 terabyte.
Χρησιμοποιεί το χώρο περισσότερο αποτελεσματικά.

Το FAT32 χρησιμοποιεί μικρότερα συμπλέγματα (δηλαδή συμπλέγματα 4K για μονάδες δίσκου με μέγεθος έως και 8 GB), με αποτέλεσμα την πιο αποτελεσματική χρήση του χώρου στο δίσκο κατά 10 με 15 τοις εκατό, σε σχέση με τις μεγάλες μονάδες δίσκου που χρησιμοποιούν το σύστημα αρχείων FAT16.

Περισσότερο αξιόπιστο.

Το σύστημα αρχείων FAT32 έχει τη δυνατότητα εγκατάστασης του ριζικού καταλόγου σε άλλη τοποθεσία και χρήσης του αντιγράφου ασφαλείας του Πίνακα εκχώρησης αρχείων, αντί για το προεπιλεγμένο αντίγραφο. Επιπλέον, η εγγραφή εκκίνησης των μονάδων δίσκου FAT32 έχει επεκταθεί, ώστε να συμπεριλάβει αντίγραφο ασφαλείας των ζωτικών δομών δεδομένων. Αυτό

σημαίνει ότι οι μονάδες δίσκου FAT32 είναι λιγότερο ευάλωτες σε αποτυχία σε σχέση με υπάρχοντες τόμους FAT16.
Περισσότερο ευέλικτο.

Ο ριζικός κατάλογος σε μια μονάδα δίσκου FAT32 αποτελεί τώρα ένα συνηθισμένο σύμπλεγμα. Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατό να εντοπιστεί οπουδήποτε στη μονάδα δίσκου. Για αυτόν το λόγο, δεν υπάρχουν πλέον οι προηγούμενοι περιορισμοί σε σχέση με τον αριθμό καταχωρήσεων του ριζικού καταλόγου. Επιπλέον, ο κατοπτρισμός του FAT είναι δυνατό να απενεργοποιηθεί, επιτρέποντας την ενεργοποίηση ενός αντιγράφου του FAT εκτός από το πρώτο. Αυτές οι δυνατότητες επιτρέπουν δυναμική μεταβολή του μεγέθους των διαμερισμάτων FAT32. Σημειώστε, ωστόσο, ότι αν και η αρχιτεκτονική του συστήματος αρχείων FAT32 επιτρέπει αυτήν τη δυνατότητα, δεν θα υλοποιηθεί από τη Microsoft στην αρχική έκδοση.

Για τη διατήρηση της μέγιστης δυνατής συμβατότητας με υπάρχοντα προγράμματα, δίκτυα και προγράμματα οδήγησης συσκευών, το FAT32 υλοποιήθηκε με τις μικρότερες δυνατές αλλαγές σε σχέση με την υπάρχουσα αρχιτεκτονική των Windows, με εσωτερικές δομές δεδομένων, με Application Programming Interfaces (API) και με τη διαμόρφωση στο δίσκο. Ωστόσο, επειδή τώρα απαιτούνται 4 byte για την αποθήκευση τιμών συμπλέγματος, αρκετές δομές που αφορούν εσωτερικά δεδομένα, δεδομένα στο δίσκο καθώς και δημοσιευμένες API έχουν αναθεωρηθεί ή επεκταθεί. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι υπάρχουσες API δεν θα λειτουργήσουν σε μονάδες δίσκου FAT32. Τα περισσότερα προγράμματα δεν θα επηρεαστούν από αυτές τις αλλαγές. Τα υπάρχοντα εργαλεία και τα προγράμματα οδήγησης θα πρέπει να συνεχίσουν να λειτουργούν σε μονάδες δίσκου FAT32. Ωστόσο, τα προγράμματα οδήγησης συσκευών μπλοκ του MS-DOS (για παράδειγμα, ASPIDISK.SYS) και τα εργαλεία δίσκου θα χρειαστεί να αναθεωρηθούν, για να υποστηρίξουν μονάδες δίσκου FAT32.

Όλα τα εργαλεία δίσκου της Microsoft που περιλαμβάνονται στο πακέτο (Format, FDISK, Defrag και η Εξέταση δίσκων (ScanDisk) που βασίζεται στο MS-DOS και στα Windows) έχουν ενημερωθεί, ώστε να λειτουργούν με το σύστημα αρχείων FAT32. Επιπλέον, η Microsoft συνεργάζεται με κορυφαίους προμηθευτές προγραμμάτων οδήγησης συσκευών και εργαλείων δίσκου, για να τους υποστηρίξει στην αναβάθμιση των προϊόντων τους, ώστε να υποστηρίξουν το σύστημα αρχείων FAT32.

exFAT

Το σύστημα αρχείων exFAT είναι μια αντικατάσταση για τα συστήματα αρχείων FAT που εισήχθησαν με τα Windows Embedded CE 6.0.

Προορίζεται να χρησιμοποιηθεί επάνω σε flash drives, που μέχρι σήμερα χρησιμοποιεί το σύστημα αρχείων FAT.

Drivers για τα συστήματα αρχείων των Windows XP και των Vista θα προσφερθούν από τη Microsoft αμέσως μετά από την έκδοση of Windows CE 6.0.

Το exFAT εισάγει ένα δυαδικό αρχείο εικόνας επιτρέποντας γρηγορότερες κατανομές και διαγραφές, υποστήριξη για τα αρχεία μέχρι 264 ψηφιολέξεις, μεγαλύτερα μεγέθη συμπλεγμάτων (μέχρι 32 MB στην πρώτη εφαρμογή) και μια εκκατε δομή καταλόγου. It does not have short 8.3 filenames anymore. Δεν εμφανίζεται να έχει τους καταλόγους ελέγχου πρόσβασης ασφάλειας ή περιστροφή συστημάτων αρχείων όπως τα NTFS, αν και οι κατασκευαστές συσκευών μπορούν να επιλέξουν να εφαρμόσουν υποστήριξη για απλούστερες συναλλαγές.

	FAT12	FAT16	FAT32
Developer	Microsoft		
Full Name	File Allocation Table		
	(12-bit version)	(16-bit version)	(32-bit version)
Introduced	1977 (Microsoft Disk BASIC)	November 1987, (Compaq DOS 3.31)	August 1996 (Windows 95 OSR2)
Partition identifier	0x01 (MBR)	0x04, 0x06, 0x0E (MBR)	0x0B, 0x0C (MBR) EBD0A0A2-B9E5-4433-87C0-68B6B72699C7 (GPT)
Structures			
Directory contents	Table		
File allocation	Linked List		
Bad blocks	Cluster tagging		
Limits			
Max file size	4 GiB – 1 byte (or volume size if smaller)		
Max number of files	4,077 ($2^{12}-19$)	65,517 ($2^{16}-19$)	268,435,437 ($2^{28}-19$)
Max filename size	8.3 filename, or 255 UTF-16 characters when using LFNs		
Max volume size	32 MiB	2 GiB 4 GiB with 64k clusters (not widely supported)	8 TiB

Συγκεντρωτικός πίνακας

Πολυμορφικό σύστημα αρχείου

Το πολυμορφικό ενσωματωμένο flash σύστημα αρχείου είναι ένα συμβατό με FAT12/FAT16/FAT32 ενσωματωμένο flash σύστημα αρχείο. Στοχεύει στις ενσωματωμένες εφαρμογές όπου τα flash, RAM ή ROM χρησιμοποιούνται για τη αποθήκευση αρχείων. Το πολυμορφικό flash σύστημα αρχείου είναι ικανό να διαχειρίζεται πολλαπλές ανεξάρτητες εκδόσεις. Παραδίδει μια αρχιτεκτονική layered οδηγού χρησιμοποιώντας ένα απλό υποχρεωτικό μοντέλο αλλά επιτρέποντας για το Ε.Σ πολυσυμβατότητα. Το πολυμορφικό flash σύστημα αρχείου υποστηρίζει τα επίπεδα ανθεκτικότητας, τη διόρθωση σφαλμάτων και τη συμπίεση αρχείων.

Το flash σύστημα αρχείου χρησιμοποιεί την ANSI C γλώσσα και παρέχει ένα πρότυπο διεπαφής. Είναι πλήρως δυναμικό, όχι μόνο ένα σύστημα αρχείων ανάγνωσης συσ ROM. Παρέχεται μια πλήρης αλληλουχία προγραμμάτων ηλεκτρονικού υπολογιστή που υποστηρίζει αυτοτελείς λογισμικές μονάδες. Αυτά περιλαμβάνουν: διόρθωση σφαλμάτων, συμπίεση αρχείων, fusion standard Clib, πρότυπο οδηγού και ένα I/O διαχειριστή.

Χαρακτηριστικά πολυμορφικού flash συστήματος αρχείου

- Rugged Re-entrant Ενσωματωμένο Flash Σύστημα αρχείων
- FAT 12/FAT16/FAT32
- Πλήρως δυναμικό για όλες τις λειτουργίες
- Multiple Volume Support
- Long File Names
- Support for Run time media errors
- 100% ANSI C υποστήριξη
- Πραγματικού χρόνου επεξεργαστές.

Λίγα λόγια για το μέλλον....

Η τεχνολογία των ενσωματωμένων λειτουργικών συστημάτων και κατά επέκταση και των ενσωματωμένων συστημάτων αρχείων αναπτύσσεται με γοργούς ρυθμούς. Ήδη όπως προαναφέρθηκε ετοιμάζονται καινούρια ενσωματωμένα συστήματα αρχείων που θα είναι πιο αποδοτικά και θα πλεονεκτούν κατά πολύ των σημερινών συστημάτων αρχείων. Κορυφαίες εταιρίες που έχουν αναπτύξει συστήματα αρχείων και λειτουργικά συστήματα για PC εργάζονται προς αυτήν την κατεύθυνση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΠΗΓΕΣ

1. Embedded Systems Programming (2004). Web site at <http://www.embedded.com>.
2. Embedded Linux Consortium
3. www.wikipedia.com
4. www.microsoft.com
5. www.eldos.com/SolFS
6. www.hcc-embedded.com
7. www.softpedia.com
8. www.brothersoft.com
9. www.blunkmicro.com
10. doi.ieeecomputersociety.org
11. www.linuxdevices.com/
12. www.access-company.com/