



Ενότητα 7 (κεφάλαιο 20) – Ενσωματωμένα Συστήματα

Οι διαφάνειες αυτές έχουν συμπληρωματικό και επεξηγηματικό χαρακτήρα και σε καμία περίπτωση δεν υποκαθιστούν το βιβλίο

Περιεχόμενα



- ✦ Σχεδιασμός ενσωματωμένων συστημάτων.
- ✦ Αρχιτεκτονικά σχεδιαστικά υποδείγματα.
- ✦ Χρονική ανάλυση.
- ✦ Λειτουργικά συστήματα πραγματικού χρόνου.

Ενσωματωμένο λογισμικό



- ✦ Οι υπολογιστές χρησιμοποιούνται στον έλεγχο ενός μεγάλου φάσματος συστημάτων, από απλές οικιακές μηχανές και ελεγκτές ηλεκτρονικών παιχνιδιών μέχρι ολόκληρες βιομηχανικές εγκαταστάσεις.
- ✦ Το λογισμικό αυτών των συστημάτων πρέπει να αντιδρά σε συμβάντα που παράγονται από το υλικό και να παράγει σήματα ελέγχου αποκρινόμενο σε αυτά τα συμβάντα.
- ✦ Το λογισμικό σε αυτά τα συστήματα είναι ενσωματωμένο στο υλικό, συχνά στη μνήμη για ανάγνωση (ROM), και συνήθως αποκρίνεται σε πραγματικό χρόνο σε συμβάντα του περιβάλλοντος του συστήματος.

Απόκριση



- ❖ Η απόκριση σε πραγματικό χρόνο είναι η κρίσιμη διαφορά μεταξύ των ενσωματωμένων συστημάτων και άλλων λογισμικών συστημάτων, όπως πληροφοριακών συστημάτων, συστημάτων διαδικτύου και προσωπικών συστημάτων λογισμικού.
- ❖ Για συστήματα μη πραγματικού χρόνου, η ορθότητα ενός συστήματος ορίζεται με τον καθορισμό του πως τα δεδομένα που δέχεται αντιστοιχούν σε αποτελέσματα που θα πρέπει να παραχθούν από το σύστημα.
- ❖ Σε ένα σύστημα πραγματικού χρόνου, η ορθότητά του εξαρτάται και από την απόκριση του συστήματος σε κάποια δεδομένα αλλά και από τον χρόνο που θα χρειασθεί για να αποκριθεί. Αν το σύστημα χρειασθεί πολύ χρόνο για να αποκριθεί, τότε πιθανόν η αιτούμενη απόκριση να μην είναι αποτελεσματική.

Συστήματα πραγματικού χρόνου



- ❖ Συστήματα που παρακολουθούν και ελέγχουν το περιβάλλον τους.
- ❖ Μοιραία σχετίζονται με συσκευές υλικού.
 - **Αισθητήρες:** Συγκεντρώνουν δεδομένα από το περιβάλλον του συστήματος.
 - **Μηχανισμοί δράσης (actuators):** Τροποποιούν (με κάποιον τρόπο) το περιβάλλον του συστήματος.
- ❖ Ο χρόνος έχει κρίσιμη σημασία. Τα συστήματα πραγματικού χρόνου ΠΡΕΠΕΙ να αποκρίνονται στα πλαίσια καθορισμένων χρονικών διαστημάτων.

Ορισμός



- ❖ **Σύστημα πραγματικού χρόνου** είναι ένα σύστημα λογισμικού του οποίου η σωστή λειτουργία εξαρτάται από τα αποτελέσματα που παράγονται από αυτό και από το χρόνο στον οποίο παράγονται αυτά τα αποτελέσματα.
- ❖ **Ανεκτικό (soft) σύστημα πραγματικού χρόνου** είναι ένα σύστημα που λειτουργεί με υποβαθμισμένη απόδοση αν τα αποτελέσματα δεν παράγονται σύμφωνα με τις καθορισμένες χρονικές απαιτήσεις.
- ❖ **Αυστηρό (hard) σύστημα πραγματικού χρόνου** είναι ένα σύστημα που λειτουργεί λανθασμένα αν τα αποτελέσματα δεν παράγονται σύμφωνα με τις χρονικές προδιαγραφές.

Χαρακτηριστικά ενσωματωμένων συστημάτων



- ✦ Τα ενσωματωμένα συστήματα γενικώς εκτελούνται συνεχώς και η εκτέλεσή τους δεν τερματίζεται ποτέ.
- ✦ Οι αλληλεπιδράσεις με το περιβάλλον του συστήματος είναι απρόβλεπτες και μη ελεγχόμενες.
- ✦ Δύναται να υπάρχουν φυσικοί περιορισμοί (π.χ. ηλεκτρικό ρεύμα, μέγεθος, βάρος, κλπ.) που επηρεάζουν το σχεδιασμό του συστήματος.
- ✦ Μπορεί να είναι απαραίτητη η άμεση αλληλεπίδραση με το υλικό του συστήματος.
- ✦ Θέματα σχετιζόμενα με ασφάλεια και αξιοπιστία δύναται να κυριαρχούν στο σχεδιασμό του συστήματος.

Ενότητα 7 (Κεφάλαιο 20) — Ενσωματωμένα Συστήματα

7

Σχεδιασμός ενσωματωμένων συστημάτων



- ✦ Η διαδικασία σχεδιασμού ενσωματωμένων συστημάτων πρέπει να λάβει υπόψη της και με λεπτομέρεια τον σχεδιασμό και την απόδοση του υλικού του συστήματος.
- ✦ Μέρος της διαδικασίας σχεδιασμού δύναται να εμπλέκει τη λήψη απόφασης για το ποιες δυνατότητες του συστήματος να υλοποιηθούν στο λογισμικό και ποιες στο υλικό.
- ✦ Το υλικό αποδίδει καλύτερα αλλά χρειάζεται ενδεχομένως πιο μακρόχρονη ανάπτυξη και αφήνει μικρότερα περιθώρια για αλλαγές.
- ✦ Αποφάσεις χαμηλού επιπέδου για το υλικό, το λογισμικό υποστήριξης και τη χρονική συμπεριφορά του συστήματος θα πρέπει να εξετάζονται από την αρχή της διαδικασίας.
- ✦ Αυτοί οι παράγοντες περιορίζουν την ευελξία των σχεδιαστών των συστημάτων και μπορεί να επιβάλλουν απαιτήσεις για επιπλέον λειτουργικότητα του λογισμικού, όπως διαχείριση μπαταριών και τροφοδοσίας.

Ενότητα 7 (Κεφάλαιο 20) — Ενσωματωμένα Συστήματα

8

Αντιδραστικά συστήματα



- ✦ Με δεδομένο ένα ερεθίσμα, το σύστημα πρέπει να παράγει μία απόκριση εντός καθορισμένου χρόνου.
- ✦ **Περιοδικά ερεθίσματα.** Ερεθίσματα που λαμβάνουν χώρα σε προβλέψιμα χρονικά διαστήματα.
 - Για παράδειγμα, μπορεί να γίνεται έλεγχος ενός αισθητήρα θερμοκρασίας 10 φορές το δευτερόλεπτο.
- ✦ **Μη περιοδικά ερεθίσματα.** Ερεθίσματα που δεν λαμβάνουν χώρα σε τακτά χρονικά διαστήματα.
 - Για παράδειγμα, η διακοπή της τροφοδοσίας ενός συστήματος μπορεί να προκαλέσει μία διακοπή, την οποία πρέπει να επεξεργαστεί το σύστημα.

Ενότητα 7 (Κεφάλαιο 20) — Ενσωματωμένα Συστήματα

9

Ερεθίσματα και αποκρίσεις για ένα σύστημα αντιδιαρρηκτικού συναγεμμού



Ερέθισμα	Απόκριση
Ενεργοποιείται ένας αισθητήρας.	Ενεργοποιείται ηχητικός συναγεμμός. Ανάβουν τα φώτα στον χώρο του ενεργοποιημένου αισθητήρα.
Ενεργοποιούνται δύο ή περισσότεροι αισθητήρες.	Ενεργοποιείται ηχητικός συναγεμμός. Ανάβουν τα φώτα στον χώρο του ενεργοποιημένου αισθητήρα. Καλείται η αστυνομία και της δίνεται ο χώρος που υπάρχει υποψία ότι έχει γίνει διάρρηξη.
Η τάση πέφτει μεταξύ 10% και 20%.	Ενεργοποιείται η εφεδρική τροφοδοσία. Εκτελείται ο έλεγχος για απρόσκοπτη παραγωγή ηλεκτρισμού.
Η τάση πέφτει πάνω από 20%.	Ενεργοποιείται η εφεδρική τροφοδοσία. Ενεργοποιείται ηχητικός συναγεμμός. Καλείται η αστυνομία. Εκτελείται ο έλεγχος για απρόσκοπτη παραγωγή ηλεκτρισμού.
Διακοπή τροφοδοσίας.	Κάλεσε τον τεχνικό.
Διακοπή λειτουργίας αισθητήρα.	Κάλεσε τον τεχνικό.
Ενεργοποίηση του κομπιούτρου της κονσόλας ελέγχου.	Ενεργοποιείται ηχητικός συναγεμμός. Ανάβουν τα φώτα της κονσόλας. Καλείται η αστυνομία.
Διακοπή συναγεμμού.	Απενεργοποίηση όλων των ενεργοποιημένων συναγεμμών. Σβήσιμο όλων των φώτων που έχουν ανάψει.

Ένα γενικό μοντέλο για ένα ενσωματωμένο σύστημα πραγματικού χρόνου

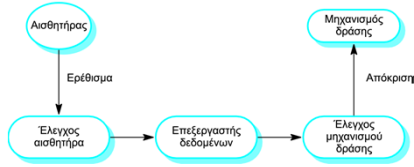


Προβληματισμοί σχετικά με την αρχιτεκτονική



- ✦ Λόγω της ανάγκης ανταπόκρισης σε χρονικές απαιτήσεις που εγείρουν τα διάφορα ερεθίσματα ή αποκρίσεις, η αρχιτεκτονική του συστήματος πρέπει να δίνει τη δυνατότητα ταχείας εναλλαγής μεταξύ των χειριστών ερεθισμάτων.
- ✦ Οι απαιτήσεις χρονισμού διαφέρουν για κάθε ερέθισμα, επομένως συνήθως δεν φτάνει ένας απλός σειριακός βρόχος.
- ✦ Συνεπώς τα συστήματα πραγματικού χρόνου συνήθως σχεδιάζονται ως συνεργαζόμενες διεργασίες, αλλά υπάρχει και ένας μηχανισμός πραγματικού χρόνου που ελέγχει τις διεργασίες αυτές.

Διεργασίες αισθητήρα και μηχανισμού δράσης



Ενότητα 7 (Κεφάλαιο 20) — Ενσωματωμένα Συστήματα

13

Στοιχεία του συστήματος



- ◇ Διεργασίες ελέγχου αισθητήρων.
 - Συλλέγουν πληροφορίες από τους αισθητήρες. Μπορεί να αποθηκεύουν σε προσωρινό χώρο τις πληροφορίες που συγκεντρώνουν κατά την απόκριση στο ερέθισμα ενός αισθητήρα.
- ◇ Επεξεργαστής δεδομένων.
 - Πραγματοποιεί την επεξεργασία των συγκεντρωμένων πληροφοριών και υπολογίζει την απόκριση του συστήματος.
- ◇ Διεργασίες ελέγχου των μηχανισμών δράσης.
 - Παράγουν σήματα ελέγχου για τους μηχανισμούς δράσης.

Ενότητα 7 (Κεφάλαιο 20) — Ενσωματωμένα Συστήματα

14

Στάδια διαδικασίας σχεδιασμού λογισμικού πραγματικού χρόνου (α)



- ◇ Επιλογή πλατφόρμας εκτέλεσης του συστήματος, δηλαδή του υλικού και του λειτουργικού συστήματος πραγματικού χρόνου που θα χρησιμοποιηθούν.
 - Στους παράγοντες που επηρεάζουν αυτές τις επιλογές περιλαμβάνονται οι χρονικοί περιορισμοί του συστήματος, οι περιορισμοί της διαθέσιμης ενέργειας, η πείρα της ομάδας ανάπτυξης και η τιμή του συστήματος που θα παραδοθεί.
- ◇ Προσδιορισμός των ερεθισμάτων που πρέπει να επεξεργάζεται το σύστημα και των απαιτούμενων αποκρίσεων σε αυτά.
- ◇ Για κάθε ερέθισμα και αντίστοιχη απόκριση, προσδιορισμός των χρονικών περιορισμών που ισχύουν για την επεξεργασία και του ερεθίσματος και της απόκρισης.
- ◇ Συγκέντρωση της επεξεργασίας ερεθισμάτων και αποκρίσεων σε μία σειρά από ταυτόχρονες διεργασίες και η βελτιστοποίηση της εκτέλεσής τους με τρόπο που να αντανακλούνται οι απαιτήσεις του συστήματος.

Ενότητα 7 (Κεφάλαιο 20) — Ενσωματωμένα Συστήματα

15

Στάδια διαδικασίας σχεδιασμού λογισμικού πραγματικού χρόνου (β)



- ✦ Για κάθε ερέθισμα και απόκριση, σχεδιασμός αλγορίθμων για την εκτέλεση των απαιτούμενων υπολογισμών.
 - Πολλές φορές οι σχεδιασμοί αλγορίθμων χρειάζεται να αναπτυχθούν σχετικά νωρίς στη διαδικασία σχεδιασμού, ώστε να δώσουν μία ένδειξη για την ποσότητα της απαιτούμενης επεξεργασίας και του απαιτούμενου χρόνου για την ολοκλήρωση αυτής της επεξεργασίας.
- ✦ Σχεδιασμός των πληροφοριών που θα ανταλλάσσονται μεταξύ των διεργασιών και των γεγονότων που συντονίζουν την ανταλλαγή πληροφοριών, καθώς επίσης και τις δομές δεδομένων που θα υποστηρίζουν αυτή την ανταλλαγή. Οι δομές αυτές δύνανται να διαμοιράζονται από ένα αριθμό από ταυτόχρονα εκτελούμενες διεργασίες.
- ✦ Σχεδιασμός ενός συστήματος χρονοπρογραμματισμού που να διασφαλίζει ότι οι διεργασίες ξεκινούν έγκαιρα και ικανοποιούν τους χρονικούς τους περιορισμούς.

Ενότητα 7 (Κεφάλαιο 20) — Ενσωματωμένα Συστήματα

16

Χρονικοί περιορισμοί



- ✦ Μπορεί να χρειάζονται εκτεταμένες προσομοιώσεις και πειραματισμοί για να εξασφαλιστεί ότι πληρούνται από το σύστημα.
- ✦ Ενδέχεται να συνεπάγονται ότι δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ορισμένες σχεδιαστικές στρατηγικές, όπως ο αντικειμενοστρεφής σχεδιασμός, λόγω της πρόσθετης επιβάρυνσης της απόδοσης.
- ✦ Ενδέχεται να συνεπάγονται ότι πρέπει να χρησιμοποιηθούν χαρακτηριστικά γλωσσών προγραμματισμού χαμηλού επιπέδου για λόγους απόδοσης.

Ενότητα 7 (Κεφάλαιο 20) — Ενσωματωμένα Συστήματα

17

Συντονισμός διεργασιών

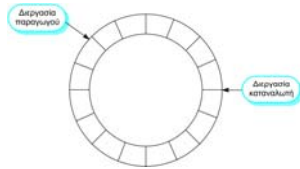


- ✦ Οι διεργασίες ενός συστήματος πραγματικού χρόνου πρέπει να είναι συντονισμένες.
- ✦ Οι μηχανισμοί συντονισμού των διεργασιών διασφαλίζουν τον αμοιβαίο αποκλεισμό των κοινόχρηστων πόρων.
- ✦ Όταν μία διεργασία τροποποιεί έναν κοινόχρηστο πόρο, άλλες διεργασίες δε θα πρέπει να είναι σε θέση να μεταβάλουν τον πόρο αυτόν.
- ✦ Όταν σχεδιάζετε την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των διεργασιών, πρέπει να λάβετε υπόψη το ότι αυτές οι διεργασίες μπορεί να εκτελούνται με διαφορετικές ταχύτητες.

Ενότητα 7 (Κεφάλαιο 20) — Ενσωματωμένα Συστήματα

18

Διεργασίες παραγωγού-καταναλωτή που διαμοιράζονται ένα κυκλικό χώρο προσωρινής αποθήκευσης



Αμοιβαίος αποκλεισμός



- ❖ Οι διεργασίες παραγωγού συλλέγουν δεδομένα και τα προσθέτουν στο χώρο προσωρινής αποθήκευσης. Οι διεργασίες καταναλωτή παίρνουν τα δεδομένα από το χώρο προσωρινής αποθήκευσης και τα διαθέτουν.
- ❖ Πρέπει να υλοποιηθεί αμοιβαίος αποκλεισμός για να εμποδίζονται οι διεργασίες παραγωγού και καταναλωτή από το να προσπελάσουν το ίδιο στοιχείο.
- ❖ Οι διεργασίες παραγωγού δεν πρέπει να μπορούν να προσθέτουν πληροφορίες όταν ο χώρος προσωρινής αποθήκευσης είναι γεμάτος, ενώ οι διεργασίες καταναλωτή δεν πρέπει να προσπαθούν να πάρουν πληροφορίες από το χώρο προσωρινής αποθήκευσης όταν αυτός είναι άδειος.

Υλοποίηση κυκλικού χώρου προσωρινής αποθήκευσης (α)



```
class CircularBuffer
{
    int bufsize ;
    SensorRecord [] store ;
    int numberOfEntries = 0 ;
    int front = 0, back = 0 ;

    CircularBuffer (int n) {
        bufsize = n ;
        store = new SensorRecord [bufsize] ;
    } // CircularBuffer
}
```

Υλοποίηση κυκλικού χώρου προσωρινής αποθήκευσης (β)



```
synchronized void put (SensorRecord rec )
    throws InterruptedException
{
    if ( numberOfEntries == bufsize)
        wait () ;
    store [back] = new SensorRecord (rec.sensorId,
rec.sensorVal) ;
    back = back + 1 ;
    if (back == bufsize)
        back = 0 ;
    numberOfEntries = numberOfEntries + 1 ;
    notify () ;
} // put
```

Ενότητα 7 (Κεφάλαιο 20) — Ενοσωματωμένα Συστήματα

22

Υλοποίηση κυκλικού χώρου προσωρινής αποθήκευσης (γ)



```
synchronized SensorRecord get () throws InterruptedException
{
    SensorRecord result = new SensorRecord (-1, -1) ;
    if (numberOfEntries == 0)
        wait () ;
    result = store [front] ;
    front = front + 1 ;
    if (front == bufsize)
        front = 0 ;
    numberOfEntries = numberOfEntries - 1 ;
    notify () ;
    return result ;
} // get
} // CircularBuffer
```

Ενότητα 7 (Κεφάλαιο 20) — Ενοσωματωμένα Συστήματα

23

Μοντελοποίηση συστημάτων πραγματικού χρόνου

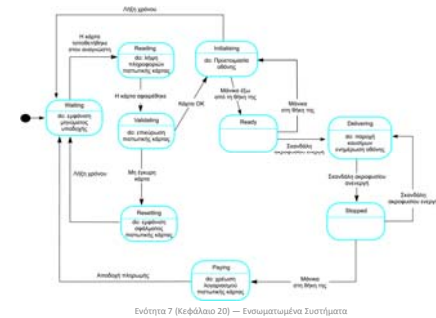


- ✦ Το ερέθισμα ενός συστήματος πραγματικού χρόνου μπορεί να προκαλέσει μετάβαση από μία κατάσταση σε μία άλλη.
- ✦ Για τη μοντελοποίηση συστημάτων πραγματικού χρόνου μπορούν να χρησιμοποιηθούν μηχανές πεπερασμένων καταστάσεων.
- ✦ Ωστόσο, από τα μοντέλα μηχανών πεπερασμένων καταστάσεων λείπει η δομή. Ακόμα και απλά συστήματα μπορεί να έχουν πολύπλοκα μοντέλα.
- ✦ Η Ενοποιημένη Γλώσσα Μοντελοποίησης (UML) περιλαμβάνει σημειογραφίες για τον ορισμό μοντέλων μηχανών καταστάσεων.

Ενότητα 7 (Κεφάλαιο 20) — Ενοσωματωμένα Συστήματα

24

Μοντέλο μηχανής καταστάσεων για μία αντλία βενζίνης



Ενότητα 7 (Κεφάλαιο 20) — Ενσωματωμένα Συστήματα

25

Προγραμματισμός συστημάτων πραγματικού χρόνου



- ❖ Οι γλώσσες προγραμματισμού για συστήματα πραγματικού χρόνου πρέπει να έχουν τη δυνατότητα πρόσβασης στο υλικό του συστήματος και θα πρέπει να είναι δυνατή η πρόβλεψη του χρόνου εκτέλεσης κάποιων εντολών σε αυτές τις γλώσσες.
- ❖ Τα αυστηρά συστήματα πραγματικού χρόνου χρειάζεται μερικές φορές να προγραμματίζονται σε γλώσσα assembly προκειμένου να ικανοποιούνται οι αυστηρές χρονικές προθεσμίες.
- ❖ Γλώσσες όπως η C επιτρέπουν τη δημιουργία αποδοτικών προγραμμάτων και γι' αυτό το λόγο προτιμούνται έναντι γλωσσών σαν τη Java, αλλά δεν διαθέτουν δομές για να υποστηρίξουν τον ταυτοχρονισμό ή τη διαχείριση κοινόχρηστων πόρων.
- ❖ Όμως στα αντικειμενοστρεφή συστήματα υπάρχει σημαντική επιβάρυνση της απόδοσης, επειδή απαιτείται η μεσολάβηση επιπλέον κώδικα για την προσέλαση των γνωρισμάτων και το χειρισμό των κλήσεων λειτουργιών. Η επακόλουθη απώλεια απόδοσης μπορεί να κάνει αδύνατη την ικανοποίηση των περιορισμών πραγματικού χρόνου.

Ενότητα 7 (Κεφάλαιο 20) — Ενσωματωμένα Συστήματα

26

Η Java ως γλώσσα προγραμματισμού πραγματικού χρόνου (α)



- ❖ Η Java υποστηρίζει τον ταυτοχρονισμό σε μικρή κλίμακα (νήματα εκτέλεσης και συγχρονισμένες μέθοδοι) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κάποια ανεκτικά συστήματα πραγματικού χρόνου.
- ❖ Η έκδοση 2.0 της Java δεν ενδείκνυται για προγραμματισμό αυστηρών συστημάτων πραγματικού χρόνου, αλλά πλέον διατίθενται εκδόσεις πραγματικού χρόνου της Java που αντιμετωπίζουν προβλήματα όπως:

Ενότητα 7 (Κεφάλαιο 20) — Ενσωματωμένα Συστήματα

27

Η Java ως γλώσσα προγραμματισμού πραγματικού χρόνου (β)



- Την αδυναμία καθορισμού του χρόνου στον οποίο θα πρέπει να εκτελεστούν τα νήματα.
- Τη διαφορετική χρονική συμπεριφορά σε κάθε εικονική μηχανή.
- Τη μη ελεγχόμενη περισυλλογή απορριμμάτων.
- Την αδυναμία ανεύρεσης του μεγέθους των ουρών των κοινόχρηστων πόρων.
- Την αδυναμία προσπέλασης του υλικού του συστήματος.
- Την αδυναμία ανάλυσης του χώρου ή της χρονικής συμπεριφοράς.

Αρχιτεκτονικά σχεδιαστικά υποδείγματα για ενσωματωμένα συστήματα

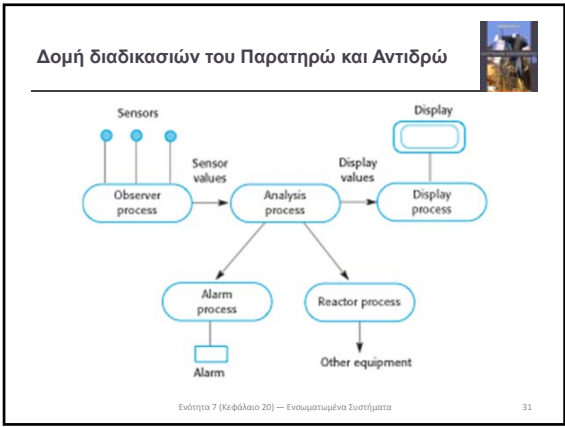


- ✦ Τα αρχιτεκτονικά σχεδιαστικά υποδείγματα είναι αφηρημένες, τυποποιημένες περιγραφές καλών σχεδιαστικών πρακτικών. Εμπειρέχουν γνώση για την οργάνωση των αρχιτεκτονικών συστημάτων, πότε αυτές οι αρχιτεκτονικές πρέπει να χρησιμοποιηθούν, και ποια είναι τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά τους.
- ✦ Τα αρχιτεκτονικά σχεδιαστικά υποδείγματα που μπορούν να εφαρμοσθούν στα ενσωματωμένα συστήματα είναι διαφορετικά από αυτά που χρησιμοποιούνται σε άλλα συστήματα λογισμικού, το οποίο είναι απόρροια των σημαντικών διαφορών μεταξύ των συστημάτων αυτών.
- ✦ Τα αρχιτεκτονικά σχεδιαστικά υποδείγματα για ενσωματωμένα συστήματα είναι προσανατολισμένα προς τη διαδικασία και όχι αντικειμενοστρεφή ή βασισμένα σε επαναχρησιμοποίηση συστατικά στοιχεία.
- ✦ Μπορούν να συνδυασθούν μεταξύ τους, έτσι ώστε σε μία εφαρμογή να χρησιμοποιούνται περισσότερα του ενός. Μπορούν να αποτελέσουν σημείο εκκίνησης για το σχεδιασμό ενός συστήματος αλλά δεν αποτελούν σχεδιαστικά πρότυπα γιατί από μόνα τους είναι μη αποδοτικά.

Το σχεδιαστικό υπόδειγμα Παρατηρώ και Αντιδρώ



Όνομα	Παρατηρώ και Αντιδρώ
Περιγραφή:	Οι τιμές εισόδου για ένα σύνολο από αισθητήρες του ίδιου τύπου, οι οποίες εμφανίζονται με κάποιον τρόπο, συλλέγονται και αναλύονται. Αν οι τιμές αυτές υποδεικνύουν ότι έχει προκύψει κάποια μη αναμενόμενη κατάσταση, τότε γίνονται ενέργειες να τραβηχτεί η προσοχή ενός ελεγκτή και αν υπάρχει ανάγκη να ληφθούν κάποια μέτρα.
Ερεθίσματα:	Τιμές αισθητήρων συνδεδεμένων στο σύστημα.
Αποκρίσεις:	Εμφάνιση τιμών, ενεργοποίηση συναγερμού, αποστολή σημάτων σε αντιδραστικά συστήματα.
Διαδικασίες:	Παρατηρητής, Ανάλυση, Εμφάνιση, Συναγερμός, Αντιδραστήρας.
Χρησιμοποιείται σε:	Συστήματα παρακολούθησης ή συναγερμού.



Σύστημα αντιδιαρρηκτικού συναγερμού

- ✦ Για την ανίχνευση εισβολών σε ένα κτίριο απαιτείται ένα σύστημα παρακολούθησης των αισθητήρων που είναι τοποθετημένοι στις πόρτες και τα παράθυρα.
- ✦ Όταν κάποιος αισθητήρας ειδοποιεί για παραβίαση, το σύστημα ανάβει τα φώτα του χώρου και καλεί αυτόματα την αστυνομία.
- ✦ Στο σύστημα πρέπει να υπάρχει και πρόβλεψη για λειτουργία χωρίς παροχή ρεύματος από την κεντρική τροφοδοσία.
- ✦ Τα ερεθίσματα και οι αποκρίσεις του συστήματος αυτού περιγράφηκαν στη διαφάνεια 9.

Ενότητα 7 (Κεφάλαιο 20) — Ενοποιημένα Συστήματα 32

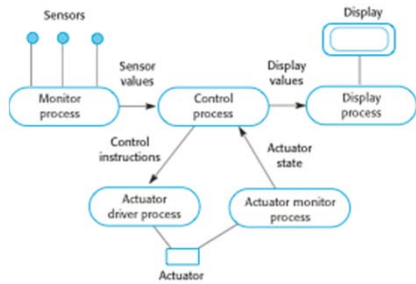


Το σχεδιαστικό υπόδειγμα Έλεγχος Περιβάλλοντος

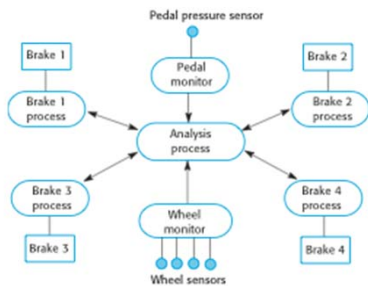


Όνομα	Έλεγχος Περιβάλλοντος
Περιγραφή:	Το σύστημα αναλύει πληροφορίες από ένα σύνολο αισθητήρων οι οποίοι συλλέγουν δεδομένα από το περιβάλλον του συστήματος. Επιπλέον πληροφορίες δύνανται να συλλεχθούν για την κατάσταση των μηχανισμών δράσης που είναι συνδεδεμένοι με το σύστημα. Με βάση όλες αυτές τις πληροφορίες στέλνονται σήματα ελέγχου στους μηχανισμούς δράσης οι οποίοι με τη σειρά τους προκαλούν αλλαγές στο περιβάλλον του συστήματος. Δύνανται να εμφανισθούν τιμές αισθητήρων και η κατάσταση των μηχανισμών δράσης.
Ερεθίσματα:	Τιμές από αισθητήρες συνδεδεμένους με το σύστημα και η κατάσταση των μηχανισμών δράσης.
Αποκρίσεις:	Σήματα ελέγχου στους μηχανισμούς δράσης, εμφάνιση πληροφοριών.
Διαδικασίες:	Παρακολούθητής, Ελεγκτής, Παρουσίαση, Οδηγός Μηχανισμού Δράσης, Οθόνη Μηχανισμού Δράσης.
Χρησιμοποιείται σε:	Συστήματα ελέγχου.

Δομή διαδικασιών του Έλεγχος Περιβάλλοντος



Δομή διαδικασιών σε ένα αντιολισθητικό σύστημα πέδησης



Το σχεδιαστικό υπόδειγμα Διοχέτευση Διεργασιών



Όνομα	Διοχέτευση Διεργασιών
Περιγραφή.	Μία ομάδα διεργασιών οργανώνεται με τρόπο που τα δεδομένα μετακινούνται σειριακά από τη μία διεργασία στην επόμενη. Συχνά οι διεργασίες ενώνονται με συγχρονισμένες προσωρινές θέσεις αποθήκευσης (buffers) που επιτρέπουν σε διεργασίες τύπου παραγωγού και καταναλωτή να εκτελούνται με διαφορετικές ταχύτητες. Στο τέλος της διαδικασίας, μπορεί να εμφανισθούν σε μία οθόνη κάποιες πληροφορίες ή να γίνει αποθήκευση αποτελεσμάτων ή να γίνει επίκληση ενός μηχανισμού δράσης.
Ερεθίσματα.	Τιμές εισόδου από το περιβάλλον κάποιας διεργασίας.
Αποκρίσεις.	Τιμές εξόδου στο περιβάλλον ή σε προσωρινό χώρο μνήμης.
Διαδικασίες.	Παραγωγός, Προσωρινός χώρος μνήμης, Καταναλωτής.
Χρησιμοποιείται σε:	Συστήματα απόκτησης δεδομένων ή πολυμέσων.

Ενότητα 7 (Κεφάλαιο 20) — Ενσωματωμένα Συστήματα

37

Δομή διαδικασιών στο Διοχέτευση Διεργασιών



Ενότητα 7 (Κεφάλαιο 20) — Ενσωματωμένα Συστήματα

38

Συγκέντρωση δεδομένων αντιδραστήρα



- ✦ Ένα σύστημα συγκεντρώνει δεδομένα από ένα σύνολο αισθητήρων που παρακολουθεί τη ροή νετρονίων από έναν πυρηνικό αντιδραστήρα.
- ✦ Τα δεδομένα της ροής τοποθετούνται σε ένα κυκλικό χώρο προσωρινής αποθήκευσης για μετέπειτα επεξεργασία.
- ✦ Ο ίδιος ο χώρος προσωρινής αποθήκευσης υλοποιείται ως ταυτόχρονη διεργασία ώστε οι διεργασίες συγκέντρωσης δεδομένων και επεξεργασίας να είναι συγχρονισμένες.

Ενότητα 7 (Κεφάλαιο 20) — Ενσωματωμένα Συστήματα

39

Παρακολούθηση ροής αντιδραστήρα



Ασθητικές ροές νερού



Ενότητα 7 (Κεφάλαιο 20) — Ενσωματωμένα Συστήματα

40

Χρονική ανάλυση



- ❖ Όπως είπαμε ήδη, η ορθότητα ενός συστήματος πραγματικού χρόνου δεν εξαρτάται μόνο από τα αποτελέσματα που παράγει αλλά και από το χρόνο που χρειάζεται για να παραχθούν αυτά.
- ❖ Επομένως η χρονική ανάλυση σε τέτοια συστήματα είναι μία πολύ σημαντική διαδικασία.
- ❖ Είναι όμως και δύσκολη, επειδή τα μη περιοδικά ερεθίσματα είναι απρόβλεπτα.
- ❖ Επομένως, πρέπει να γίνουν υποθέσεις για την πιθανότητα παρουσίας αυτών των ερεθισμάτων (και επομένως και για την ανάγκη εξυπηρέτησής τους) σε μία δεδομένη χρονική στιγμή.
- ❖ Οι υποθέσεις αυτές μπορεί να είναι λανθασμένες και ως επακόλουθο η απόδοση του συστήματος μετά την παράδοσή του να μην είναι ικανοποιητική.

Ενότητα 7 (Κεφάλαιο 20) — Ενσωματωμένα Συστήματα

41

Παράγοντες που υπεισέρχονται στη χρονική ανάλυση



- ❖ Προθεσμίες.
 - Οι χρονικές στιγμές μέχρι τις οποίες πρέπει να γίνει η επεξεργασία των ερεθισμάτων και να δοθεί κάποια απάντηση από το σύστημα. Αν το σύστημα δεν τηρήσει αυτές τις προθεσμίες, τότε σε ένα μη ανεκτικό σύστημα αυτό αποτελεί σφάλμα και σε ένα ανεκτικό σύστημα μείωση της απόδοσής του.
- ❖ Συχνότητα.
 - Πόσες φορές σε ένα λεπτό πρέπει να εκτελεστεί μία διεργασία ώστε να είναι εγγυημένη η τήρηση των προθεσμιών.
- ❖ Χρόνος εκτέλεσης.
 - Το χρονικό διάστημα που χρειάζεται μία διεργασία για να επεξεργαστεί ένα ερέθισμα και να παραγάγει μία απάντηση. Συνήθως πρέπει να ληφθούν υπόψη δύο τέτοιοι χρόνοι – ο μέσος χρόνος εκτέλεσης μίας διεργασίας και ο χειρίστος χρόνος εκτέλεσης της διεργασίας αυτής.

Ενότητα 7 (Κεφάλαιο 20) — Ενσωματωμένα Συστήματα

42

Είδη ερεθισμάτων για χρονική ανάλυση σε ένα απλοποιημένο σύστημα αντιδιαρρηκτικού συναγερμού



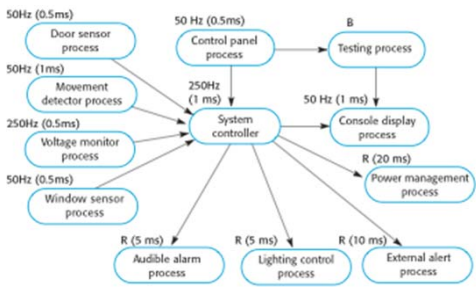
- ◇ Διακοπή τροφοδοσίας.
 - Παράγεται μη περιοδικά από το σύστημα παρακολούθησης του ηλεκτρικού κυκλώματος, όταν η τάση πέσει περισσότερο από 20%. Όταν ληφθεί, το σύστημα πρέπει να καταφύγει σε χρήση εφεδρικής τροφοδοσίας με μπαταρία.
- ◇ Συναγερμός εισβολέα.
 - Ερέθισμα που παράγεται από τους αισθητήρες του συστήματος. Η απόκριση είναι να γίνει κλήση στην αστυνομία, να αρχίσει να ηχεί ο συναγερμός και να ανάψουν τα φώτα του κτιρίου στο χώρο που πιθανόν γίνεται διάρρηξη.

Χρονικές απαιτήσεις στο σύστημα αντιδιαρρηκτικού συναγερμού



Ερέθισμα/Απόκριση	Χρονικές απαιτήσεις
Διακοπή ρεύματος.	Η μετάβαση στην εφεδρική τροφοδοσία πρέπει να ολοκληρωθεί μέσα σε ένα χρονικό όριο 50 ms.
Συναγερμός θύρας.	Κάθε συναγερμός θύρας θα πρέπει να ελέγχεται δύο φορές το δευτερόλεπτο.
Συναγερμός παραθύρου.	Κάθε συναγερμός παραθύρου θα πρέπει να ελέγχεται δύο φορές το δευτερόλεπτο.
Ανιχνευτής κίνησης.	Κάθε ανιχνευτής κίνησης θα πρέπει να ελέγχεται δύο φορές το δευτερόλεπτο.
Ηχητικός συναγερμός.	Ο ηχητικός συναγερμός θα πρέπει να ενεργοποιηθεί μέσα σε μιού δευτερόλεπτο από τη στιγμή που θα ενεργοποιηθεί ο συναγερμός από κάποιον αισθητήρα.
Διακόπτης φώτων.	Τα φώτα θα πρέπει να ανάψουν μέσα σε μιού δευτερόλεπτο από τη στιγμή που θα ενεργοποιηθεί ο συναγερμός από κάποιον αισθητήρα.
Επικοινωνίες.	Η κλήση στην αστυνομία θα πρέπει να γίνει μέσα σε 2 δευτερόλεπτα από τη στιγμή που θα ενεργοποιηθεί ο συναγερμός από κάποιον αισθητήρα.
Συνθεσάιζερ φωνής.	Ένα μήνυμα από συνθεσάιζερ θα πρέπει να είναι διαθέσιμο μέσα σε 2 δευτερόλεπτα από τη στιγμή που θα ενεργοποιηθεί ο συναγερμός από κάποιον αισθητήρα.

Χρονική ανάλυση διεργασιών στο σύστημα αντιδιαρρηκτικού συναγερμού



Διεργασία παρακολούθησης κτιρίου (α)



```
class BuildingMonitor extends Thread {
    BuildingSensor win, door, move ;

    Siren siren = new Siren () ;
    Lights lights = new Lights () ;
    Synthesizer synthesizer = new Synthesizer () ;
    DoorSensors doors = new DoorSensors (25) ;
    WindowSensors windows = new WindowSensors (25) ;
    MovementSensors movements = new MovementSensors (25) ;
    PowerMonitor pm = new PowerMonitor () ;

    BuildingMonitor ()
    {
        // απόδοση αρχικών τιμών σε όλους τους αισθητήρες
        // και εκκίνηση όλων των διεργασιών
        siren.start () ; lights.start () ;
        synthesizer.start () ; windows.start () ;
        doors.start () ; movements.start () ; pm.start () ;
    }
}
```

Ενότητα 7 (Κεφάλαιο 20) — Ενοσωματωμένα Συστήματα

46

Διεργασία παρακολούθησης κτιρίου (β)



```
public void run ()
{
    int room = 0 ;
    while (true)
    {
        move = movements.getVal () ;
        // Έλεγχος αισθητήρων παραθύρων τουλάχιστον δύο φορές/δευ. (50 Hz)
        win = windows.getVal () ;
        // Έλεγχος αισθητήρων θυρών τουλάχιστον δύο φορές/δευ. (50 Hz)
        door = doors.getVal () ;
    }
}
```

Ενότητα 7 (Κεφάλαιο 20) — Ενοσωματωμένα Συστήματα

47

Διεργασία παρακολούθησης κτιρίου (γ)



```
if (move.sensorVal == 1 | door.sensorVal == 1 | win.sensorVal == 1)
{
    // ένας αισθητήρας έχει υποδείξει την παρουσία εισβολέα
    if (move.sensorVal == 1) room = move.room ;
    if (door.sensorVal == 1) room = door.room ;
    if (win.sensorVal == 1) room = win.room ;

    lights.on (room) ; siren.on () ; synthesizer.on (room) ;
    break ;
}
lights.shutdown () ; siren.shutdown () ; synthesizer.shutdown () ;
windows.shutdown () ; doors.shutdown () ; movements.shutdown () ;
} // run
} // BuildingMonitor
```

Ενότητα 7 (Κεφάλαιο 20) — Ενοσωματωμένα Συστήματα

48

Λειτουργικά συστήματα πραγματικού χρόνου



- ✦ Τα λειτουργικά συστήματα πραγματικού χρόνου είναι εξειδικευμένα λειτουργικά συστήματα διαχείρισης των διεργασιών στο σύστημα πραγματικού χρόνου.
- ✦ Είναι υπεύθυνα για τη διαχείριση των διεργασιών και την κατανομή των πόρων (επεξεργαστή και μνήμης).
- ✦ Μπορεί να βασίζονται σε έναν τυποποιημένο πυρήνα ο οποίος χρησιμοποιείται αμετάβλητος ή τροποποιείται για κάθε εφαρμογή.
- ✦ Συνήθως δεν περιλαμβάνουν λειτουργίες όπως διαχείριση αρχείων.

Συστατικά στοιχεία ενός λειτουργικού συστήματος πραγματικού χρόνου



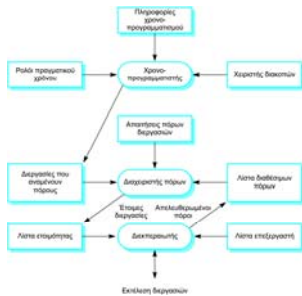
- ✦ Ρολόι πραγματικού χρόνου.
 - Παρέχει πληροφορίες για το χρονοπρογραμματισμό των διεργασιών.
- ✦ Χειριστής διακοπών (εξαιρέσεων).
 - Χειρίζεται τις μη περιοδικές αιτήσεις εξυπηρέτησης.
- ✦ Χρονοπρογραμματιστής.
 - Επιλέγει την επόμενη διεργασία που θα εκτελεστεί.
- ✦ Διαχειριστής πόρων.
 - Κατανέμει τους πόρους μνήμης και επεξεργαστή.
- ✦ Διεκπεραιωτής (dispatcher).
 - Ξεκινά την εκτέλεση μίας διεργασίας.

Συστατικά στοιχεία συνεχούς λειτουργίας



- ✦ Διαχειριστής διευθετήσεων.
 - Αναλαμβάνει τη δυναμική επαναδιευθέτηση του υλικού και του λογισμικού του συστήματος. Μπορεί να γίνει αντικατάσταση υπομονάδων του υλικού και αναβάθμιση του λογισμικού χωρίς διακοπή της λειτουργίας των συστημάτων.
- ✦ Διαχειριστής βλαβών.
 - Έχει την ευθύνη για τον εντοπισμό βλαβών του λογισμικού και του υλικού και για την ανάληψη των κατάλληλων ενεργειών (π.χ. μεταβίβαση λειτουργιών σε δευτερεύοντες δίσκους) προκειμένου να εξασφαλίσει τη συνέχιση της λειτουργίας του συστήματος.

Συσχέτιση μεταξύ των συστατικών στοιχείων ενός λειτουργικού συστήματος πραγματικού χρόνου



Ενότητα 7 (Κεφάλαιο 20) — Ενσωματωμένα Συστήματα

52

Ορισμός προτεραιότητας των διεργασιών



- ✦ Μερικές φορές πρέπει να γίνεται επεξεργασία κάποιων τύπων ερεθισμάτων κατά προτεραιότητα.
- ✦ Προτεραιότητα επιπέδου διακοπών. Το υψηλότερο επίπεδο προτεραιότητας, το οποίο αποδίδεται σε διεργασίες που χρειάζονται πολύ γρήγορη απόκριση.
- ✦ Προτεραιότητα επιπέδου ρολογιού. Αποδίδεται σε περιοδικές διεργασίες.
- ✦ Στα πλαίσια αυτών, μπορούν να εκχωρηθούν και άλλα επίπεδα προτεραιότητας.

Ενότητα 7 (Κεφάλαιο 20) — Ενσωματωμένα Συστήματα

53

Εξυπηρέτηση διακοπών



- ✦ Ο έλεγχος μεταφέρεται αυτόματα σε μία προκαθορισμένη θέση της μνήμης.
- ✦ Αυτή η θέση περιέχει μία οδηγία για μετάβαση σε μία ρουτίνα εξυπηρέτησης διακοπών.
- ✦ Απενεργοποιούνται οι περαιτέρω διακοπές, εξυπηρετείται η συγκεκριμένη διακοπή και ο έλεγχος επιστρέφεται στη διεργασία που διακόπηκε.
- ✦ Οι ρουτίνες εξυπηρέτησης διακοπών ΠΡΕΠΕΙ να είναι σύντομες, απλές και γρήγορες.

Ενότητα 7 (Κεφάλαιο 20) — Ενσωματωμένα Συστήματα

54

Εξυπηρέτηση περιοδικών διεργασιών



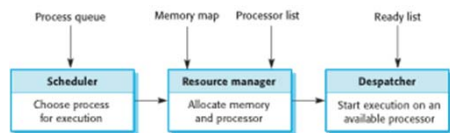
- ✦ Στα περισσότερα συστήματα πραγματικού χρόνου, θα υπάρχουν πολλές κατηγορίες περιοδικών διεργασιών, καθεμία από τις οποίες έχει τη δική της περίοδο (χρόνο που μεσολαβεί των εκτελέσεων), το δικό της χρόνο εκτέλεσης και τη δική της προθεσμία (μέχρι τότε πρέπει να ολοκληρωθεί η επεξεργασία).
- ✦ Το ρολόι πραγματικού χρόνου χτυπά περιοδικά και κάθε χτύπος του προκαλεί μία διακοπή η οποία χρονοπρογραμματίζει το διαχειριστή διεργασιών για τις περιοδικές διεργασίες.
- ✦ Ο διαχειριστής διεργασιών επιλέγει μία διεργασία που είναι έτοιμη να εκτελεστεί.

Διαχείριση διεργασιών



- ✦ Αφορά τη διαχείριση του συνόλου των ταυτόχρονων διεργασιών.
- ✦ Οι περιοδικές διεργασίες εκτελούνται σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα.
- ✦ Το λειτουργικό σύστημα πραγματικού χρόνου χρησιμοποιεί το ρολόι πραγματικού χρόνου για να προσδιορίσει πότε θα εκτελέσει μία διεργασία, λαμβάνοντας υπόψη:
 - Την περίοδο της διεργασίας – το χρόνο που μεσολαβεί μεταξύ διαδοχικών εκτελέσεων.
 - Την προθεσμία της διεργασίας – μέχρι πότε πρέπει να έχει ολοκληρωθεί η επεξεργασία.

Ενέργειες που απαιτούνται για την έναρξη μίας διεργασίας



Εναλλαγή διεργασιών



- ✦ Ο χρονοπρογραμματιστής επιλέγει την επόμενη διεργασία που θα εκτελέσει ο επεξεργαστής. Η επιλογή εξαρτάται από τη στρατηγική χρονοπρογραμματισμού, η οποία ίσως συνυπολογίζει την προτεραιότητα των διεργασιών.
- ✦ Ο διαχειριστής πόρων κατανέμει χώρο μνήμης και έναν επεξεργαστή για την εκτέλεση της διεργασίας.
- ✦ Ο διεκπεραιωτής λαμβάνει τη διεργασία από τη λίστα ετοιμότητας, τη φορτώνει σε έναν επεξεργαστή και ξεκινά την εκτέλεσή της.

Στρατηγικές χρονοπρογραμματισμού



- ✦ Μη προεκχωρήσιμος χρονοπρογραμματισμός.
 - Εφόσον μία διεργασία προγραμματιστεί για εκτέλεση, εκτελείται μέχρι να ολοκληρωθεί ή μέχρι να μπλοκαριστεί για κάποιο λόγο (πχ. περιμένοντας κάποια είσοδο/έξοδο).
- ✦ Προεκχωρήσιμος χρονοπρογραμματισμός.
 - Η εκτέλεση μίας διεργασίας μπορεί να σταματήσει αν χρειαστεί να εξυπηρετηθεί μία διεργασία υψηλότερης προτεραιότητας.
- ✦ Αλγόριθμοι χρονοπρογραμματισμού.
 - Εκ περιτροπής.
 - Μονοτονικός (πιο σύντομη περίοδος ή υψηλότερη συχνότητα).
 - Συνομότερης προθεσμίας.

Κύρια σημεία (α)



- ✦ Ένα ενσωματωμένο λογισμικό σύστημα είναι μέρος ενός συστήματος υλικού-λογισμικού το οποίο αντιδράει σε γεγονότα που λαμβάνουν χώρα στο περιβάλλον του. Το λογισμικό του είναι «ενσωματωμένο» στο υλικό του. Συνήθως τα ενσωματωμένα συστήματα είναι συστήματα πραγματικού χρόνου.
- ✦ Ένα σύστημα πραγματικού χρόνου είναι ένα λογισμικό σύστημα το οποίο πρέπει να αποκρίνεται σε γεγονότα σε πραγματικό χρόνο. Η ορθότητα του συστήματος δεν εξαρτάται μόνο από τα αποτελέσματα που παράγει αλλά και από τη χρονική στιγμή που αυτά παράγονται.
- ✦ Τα συστήματα πραγματικού χρόνου υλοποιούνται ως ένα σύνολο από διεργασίες που επικοινωνούν μεταξύ τους και αντιδρούν σε ερεθίσματα από το περιβάλλον για να παραγάγουν αποκρίσεις.

Κύρια σημεία (β)



- ❖ Τα μοντέλα καταστάσεων αποτελούν μία σημαντική σχεδιαστική αναπαράσταση για ενσωματωμένα συστήματα πραγματικού χρόνου. Χρησιμοποιούνται για να δείξουν πως το σύστημα αντιδράει στο περιβάλλον του καθώς γεγονός προκαλούν αλλαγές στην κατάσταση του συστήματος.
- ❖ Υπάρχουν μερικά τυπικά σχεδιαστικά υποδείγματα τα οποία παρατηρούνται στα διαφορετικά είδη ενσωματωμένων συστημάτων. Αυτά περιλαμβάνουν ένα σχεδιαστικό υπόδειγμα για παρακολούθηση του περιβάλλοντος σε περίπτωση που προκύψει ένα δυσμενές γεγονός, ένα για έλεγχο μηχανισμών δράσης και ένα για επεξεργασία δεδομένων.

Κύρια σημεία (γ)



- ❖ Οι σχεδιαστές των συστημάτων πραγματικού χρόνου πρέπει να κάνουν χρονική ανάλυση η οποία καθοδηγείται από τις χρονικές προθεσμίες για την επεξεργασία ερεθισμάτων και την απόκριση σε αυτά. Θα πρέπει να αποφασίσουν πόσο συχνά θα εκτελείται κάθε διεργασία και το μέσο και χείριστο χρόνο εκτέλεσής της.
- ❖ Ένα λειτουργικό σύστημα πραγματικού χρόνου είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση των διεργασιών και πόρων του συστήματος. Εμπριέχει πάντα ένα χρονοπρογραμματιστή ο οποίος καθορίζει τη χρονική σειρά με την οποία θα εκτελεστεί η κάθε διεργασία.
