

Συστήματα Πραγματικού Χρόνου

Βασικές αρχές και παραδείγματα

Κεφάλαιο 1

Συστήματα Πραγματικού Χρόνου

- **Χρόνος:** καθημερινή χρήση στη γλώσσα μας
- **1966 :** Διεθνής Ένωση για τη Μελέτη του Χρόνου
- **Επιστήμη Υπολογιστών:** ο Χρόνος έχει παραμεληθεί σημαντικά
- **Γλώσσες Προγραμματισμού:** έχουν συμπεριλάβει το χρόνο σαν παράμετρο, η ολοκληρωμένη όμως προσέγγιση για την επιβολή χρονικών περιορισμών είναι ελλιπής



Συστήματα Πραγματικού Χρόνου

Ιστορικά

- **Αρχιμήδης:** στη 'Στατική' του, Ισορροπία των Δυνάμεων, ΧΧΧ
- **Ευκλείδεια Γεωμετρία:** Χωρικοί συσχετισμοί, ΧΧΧ
- **Μηχανική Νεύτωνα:** Σχετική Κίνηση Υλικών Σωμάτων, ΜΧΧ (19ος αιώνας)
- **Einstein:** 'Θεωρία Σχετικότητας', C, Χωροχρόνος - 4 διαστάσεις
- **Αστεροσκοπείο Greenwich:** Universal Time(UT), 24 Χρονικές Ζώνες, 1884
- **Ραδιοφωνική Εκπομπή:** Ναυσιπλοΐα, Επιστημονικοί σκοποί, 1904
- **Bureau International de l'Heure (BIH):** συντονισμός αποτελεσμάτων Αστρονομικών Παρατηρήσεων – αποφυγή αποκλίσεων

ΧΧΧ = Χωρίς Χρήση Χρόνου

ΜΧΧ = Με Χρήση Χρόνου



Συστήματα Πραγματικού Χρόνου

- **Σύστημα**

- Η αντιστοίχιση ενός συνόλου εισόδων σε ένα σύνολο εξόδων

- **Χρόνος απόκρισης συστήματος**

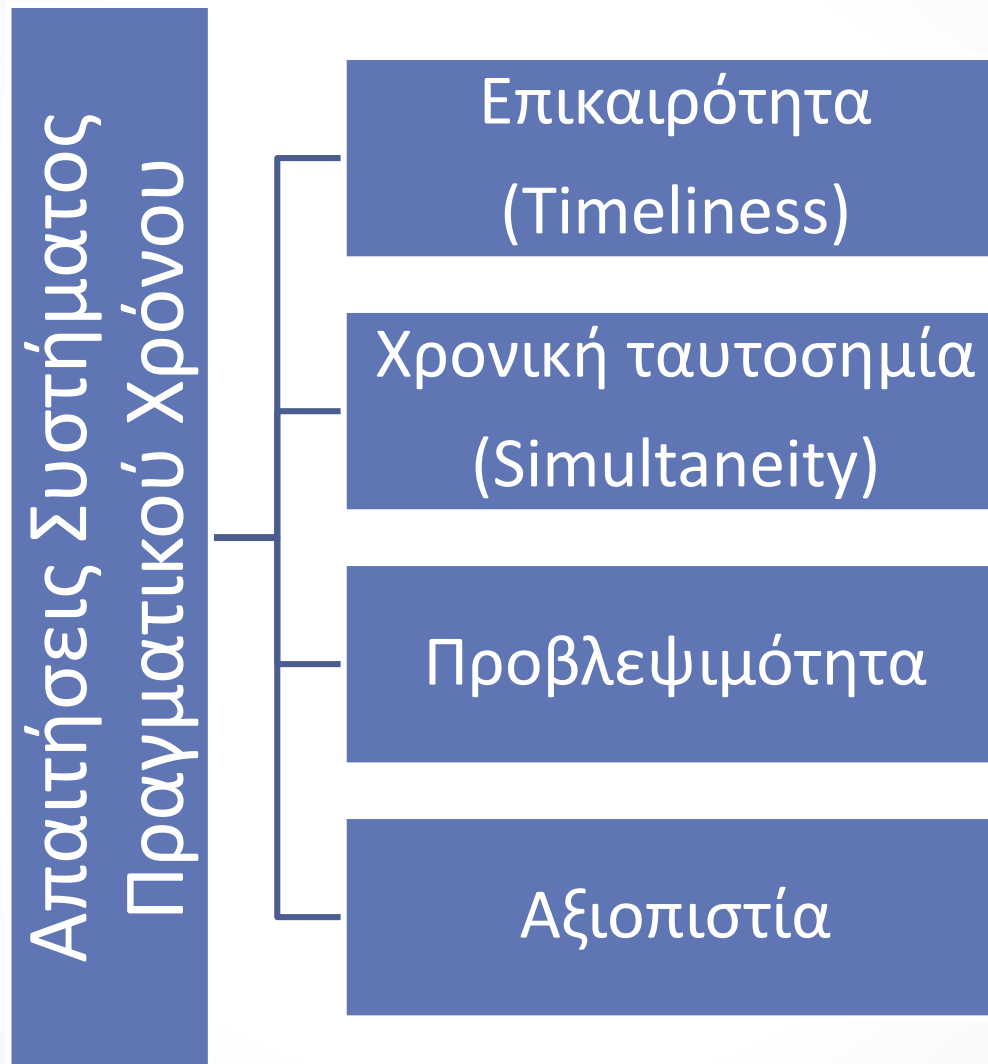
- Ο χρόνος μεταξύ της άφιξης ενός συνόλου εισόδων (διέγερση) και της πραγματοποίησης της αναμενόμενης συμπεριφοράς (απόκριση). Συμπεριλαμβάνεται ο χρόνος για να καταστούν διαθέσιμες οι αναμενόμενες έξοδοι

- **Σύστημα πραγματικού χρόνου**

- Σύστημα που πρέπει να ικανοποιεί ρητούς χρονικούς περιορισμούς απόκρισης
- Σύστημα του οποίου η ορθότητα εξαρτάται από τα λογικά αποτελέσματα των διεργασιών του αλλά και από τον χρόνο παραγωγής των αποτελεσμάτων του
- Σύστημα πλήρως υπεύθυνο για τον ορθό συγχρονισμό της λειτουργίας του σε σχέση με ένα εξελισσόμενο περιβάλλον



Συστήματα Πραγματικού Χρόνου



Απαιτήσεις Συστήματος Πραγματικού Χρόνου

- **Επικαιρότητα**
 - Σεβασμός χρονικών περιορισμών σχετικού ή απόλυτου χρόνου
 - Απόκλιση Επιτρεπτή μόνο στις απαιτήσεις σχετικού χρόνου
- **Χρονική ταυτοσημία**
 - Απόκριση με προβλέψιμο τρόπο σε απρόβλεπτες χρονικά αλλά και ταυτόχρονες εξωτερικές αφίξεις γεγονότων (με σεβασμό στα deadlines)
 - Παραλληλισμός διεργασιών: Πολυπρογραμματισμός/Πολυεπεξεργασία
- **Προβλεψιμότητα / Ντετερμινισμός**
 - Αντιδράσεις πλήρως προβλέψιμες στις εισόδους πληροφοριών από το περιβάλλον
 - Γνώση συμπεριφοράς για οποιαδήποτε είσοδο αλλά και της τρέχουσας κατάστασης του σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή
 - Υπερφόρτωση; → Υποβάθμιση απόδοσής του κατά προβλέψιμο τρόπο
- **Αξιοπιστία**
 - Ορθότητα: Ορθό αποτέλεσμα σε λάθος χρόνο → λάθος αποτέλεσμα
 - Ευρωστία: π.χ. ομαλή υποβάθμιση απόδοσης σε περίπτωση βλάβης
 - Μόνιμη Ετοιμότητα: Συνεχής αλληλεπίδραση με περιβάλλον



Κατηγορίες Συστημάτων Πραγματικού Χρόνου

- **Ήπιο/ελαστικό σύστημα**

- Η απόδοση μπορεί να μειώνεται χωρίς να σταματά η λειτουργία του
- Αποτυχία ανταπόκρισης στους περιορισμούς χρόνου απόκρισης δεν οδηγεί σε καταστροφή
- Κόστος μετά την εκπνοή της διορίας → Βαθμιαία αύξουσα και συνεχής συνάρτηση του χρόνου

- **Αυστηρό/ανελαστικό σύστημα**

- Αποτυχία ανταπόκρισης στους περιορισμούς χρόνου απόκρισης οδηγεί σε καταστροφή
- Ασυνεχής και απότομη αύξηση της συνάρτησης κόστους μετά τη χρονική διορία (deadline)

- **Σταθερό σύστημα**

- Αν χαθεί μικρό πλήθος προθεσμιών → Μη σημαντικές επιπτώσεις
- Αν χαθεί μεγαλύτερο πλήθος προθεσμιών → Πιθανή καταστροφή



Παράδειγμα συστημάτων

Σύστημα	Κατηγορία
Μετάδοση φωνής και βίντεο	Ήπιο
Έλεγχος ψησίματος σε αρτοβιομηχανία	Σταθερό
Έλεγχος πυρηνικού αντιδραστήρα	Αυστηρό

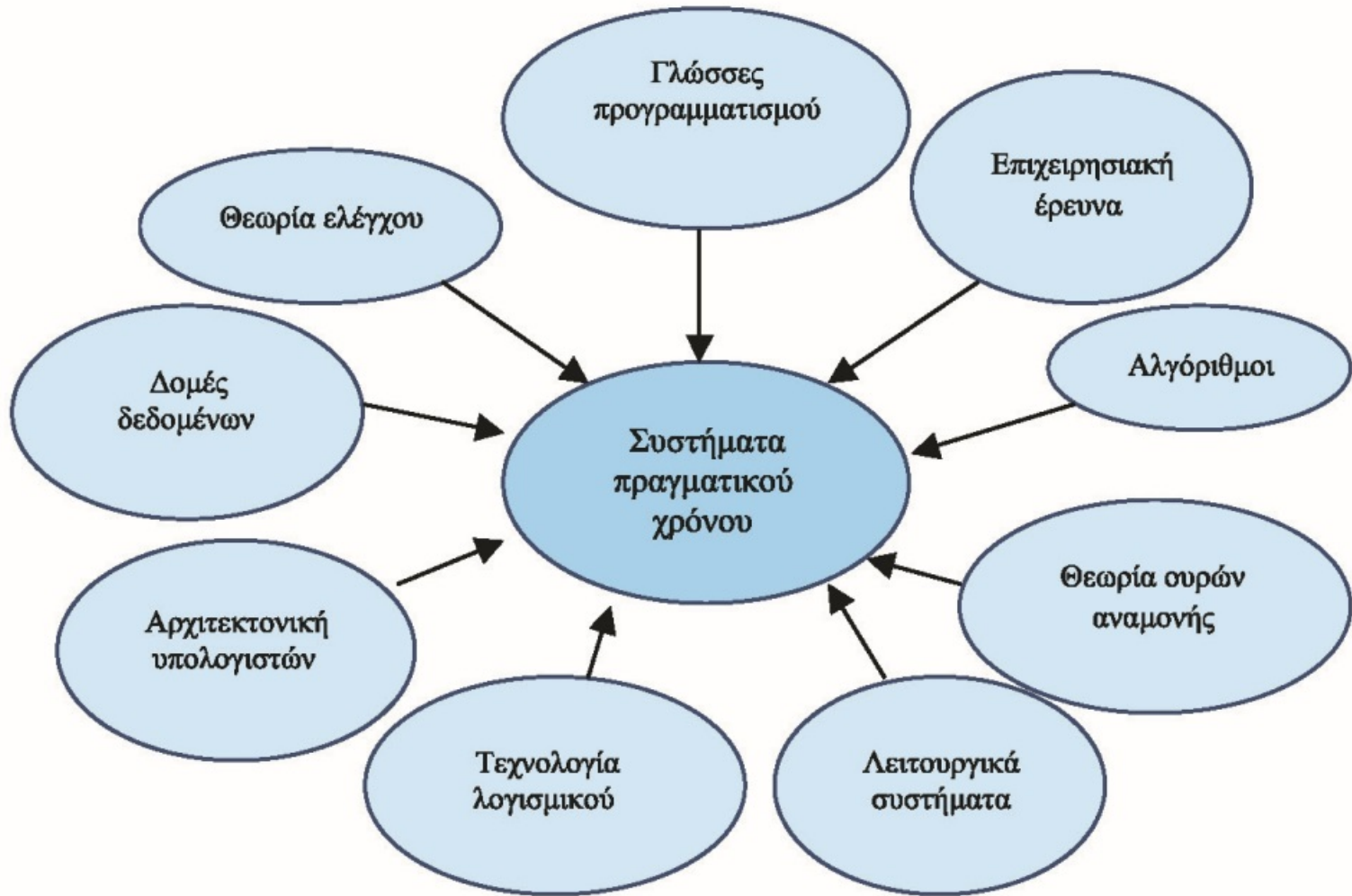


Ζώνες αξιοποίησης Κεντρικής Μονάδας Επεξεργασίας

Αξιοποίηση (%)	Τύπος Ζώνης	Τυπική Εφαρμογή
0-25	Υπερπληθώρα διαθέσιμης επεξεργαστικής ισχύος. Ισχυρότερη κεντρική μονάδα επεξεργασίας από ό,τι χρειάζεται	Διάφορες
26-50	Πολύ ασφαλές	Διάφορες
51-68	Ασφαλές	Διάφορες
69	Θεωρητικό όριο	Ενσωματωμένα συστήματα
70-82	Αμφισβητήσιμο	Ενσωματωμένα συστήματα
83-99	Επικίνδυνο	Ενσωματωμένα συστήματα
100+	Υπερφόρτωση	Πιεσμένα (stressed) συστήματα



Σχεδιασμός Συστημάτων Πραγματικού Χρόνου



Σχεδιασμός Συστημάτων Πραγματικού Χρόνου

Θέματα τα οποία πρέπει να ληφθούν υπόψιν:

- Επιλογή φυσικού υλικού και λογισμικού
- Επιλογή του αναγκαίου ισοζυγίου (trade-off) για μια οικονομικά αποδοτική λύση
- Προδιαγραφές
- Σωστή αναπαράσταση χρονικής συμπεριφοράς
- Επιπτώσεις γλωσσών προγραμματισμού στον πραγματικό χρόνο
- Μεγιστοποίηση ανθεκτικότητας σε σφάλματα - Επίτευξη αξιοπιστίας
- Σχεδιασμός και διαχείριση δοκιμών
- Εκμετάλλευση τεχνολογιών ανοιχτών συστημάτων
- Μέτρηση και πρόβλεψη χρόνου απόκρισης



Παραδείγματα Συστημάτων Πραγματικού Χρόνου (1)

Σύστημα μέτρησης
αδράνειας
αεροπλάνου

Σύστημα
παρακολούθησης
σε πυρηνικό
εργοστάσιο

Σύστημα
αεροπορικών
κρατήσεων

Σύστημα
συσκευασίας σε
εργοστάσιο

Σύστημα ελέγχου
φαναριών σε
διασταύρωση

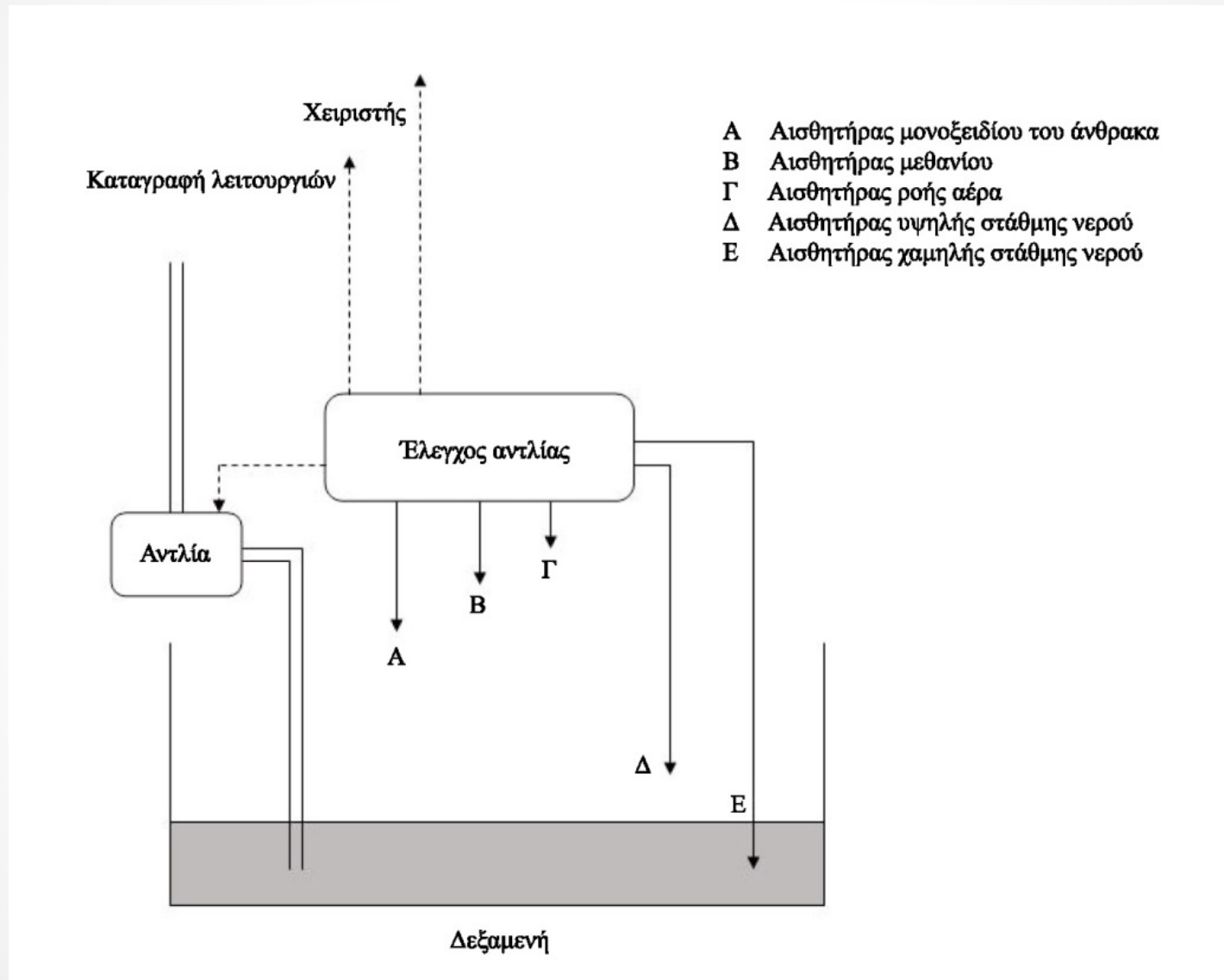


Παραδείγματα Συστημάτων Πραγματικού Χρόνου (2)

Περιοχή	Εφαρμογές
Αεροπορία	Πλοήγηση. Απεικόνιση, Έλεγχος σημάτων ανίχνευσης και τηλεπικοινωνίας (radar, δορυφορικά, κλπ.)
Πολυμέσα	Παιχνίδια, Εξομοιωτές, Εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας
Ιατρικά	Ρομποτική χειρουργική, Χειρουργική εξ αποστάσεως, Ιατρική απεικόνιση, Έλεγχος ιατρικών συσκευών (συσκευές ακτινοθεραπείας και διατήρησης ζωής)
Βιομηχανικά συστήματα	Ρομποτική, Αυτόματη επιθεώρηση, Έλεγχος βιομηχανικών διεργασιών και μονάδων, Βιομηχανία μετάλλου, Έλεγχος παραγωγής κοινών πετροχημικών, Έλεγχος διαδικασιών παραγωγής πόσιμου ύδατος, συστήματα διαχείρισης ενέργειας σε εργοστάσια ηλεκτρικής ενέργειας, μεγάλα κτήρια (για τη μείωση του κόστους)
Καθημερινή ζωή	Έλεγχος ανελκυστήρων, Συστήματα αυτοκινήτων (σύστημα φρένων κλπ), Παρακολούθηση χρηματιστηριακών δεικτών, Έλεγχος κυκλοφορίας (εναέριας, οδικής και σιδηροδρομικής)
Επικοινωνία δεδομένων	Δίκτυα μεταγωγής πακέτων, Διαχείριση γραμμών για πρωτόκολλα επικοινωνιών



Παράδειγμα συστήματος αντλίας ορυχείου (1)



Παράδειγμα συστήματος αντλίας ορυχείου (2)

- **Λειτουργικές απαιτήσεις:**

- Το ορυχείο λειτουργεί με τρεις βάρδιες την ημέρα και σκοπός είναι να μην χαθούν περισσότερες από μία στις χίλιες βάρδιες λόγω της υψηλής στάθμης του νερού.

- **Κανόνες ασφαλείας:**

- Η αντλία δεν πρέπει να λειτουργεί αν τα επίπεδα μεθανίου είναι οριακά
- Το ορυχείο πρέπει να εκκενωθεί μέσα σε μία ώρα από τη στιγμή που η αντλία δε θα λειτουργεί σωστά
- Ένας συναγερμός πρέπει να ενεργοποιείται τη στιγμή που τα επίπεδα μεθανίου, μονοξειδίου του άνθρακα ή ροής αέρα είναι οριακά

- **Πρόβλημα:**

- Γράψτε και επιβεβαιώστε προδιαγραφές για τον ελεγκτή της αντλίας ορυχείου, οι οποίες να δείχνουν ότι το ορυχείο λειτουργεί διαρκώς, εκτός των χρονικών περιόδων που παραβιάζονται οι κανόνες ασφαλείας



Παραδείγματα Καταστροφών εξ Αιτίας Αποτυχίας Συστημάτων Πραγματικού Χρόνου

Συσκευή ακτινοθεραπείας Therac-25

- Λογισμικό μη ελεγμένο από ανεξάρτητους μηχανικούς
- Ελλείψεις στις προδιαγραφές
- Μη ελεγμένοι συνδυασμοί πλήκτρων εισαγωγής
- Έλλειψη συστήματος ασφαλείας και διακοπής λειτουργίας

Διαστημικός πύραυλος Ariane 5 – πτήση 501

- Χρήση λογισμικού γραμμένου για παλιότερη έκδοση (Ariane 4)
- Παράλειψη δοκιμών σε προσομοιωτή
- Λάθος μετατροπές και υπολογισμοί στον κώδικα του λογισμικού

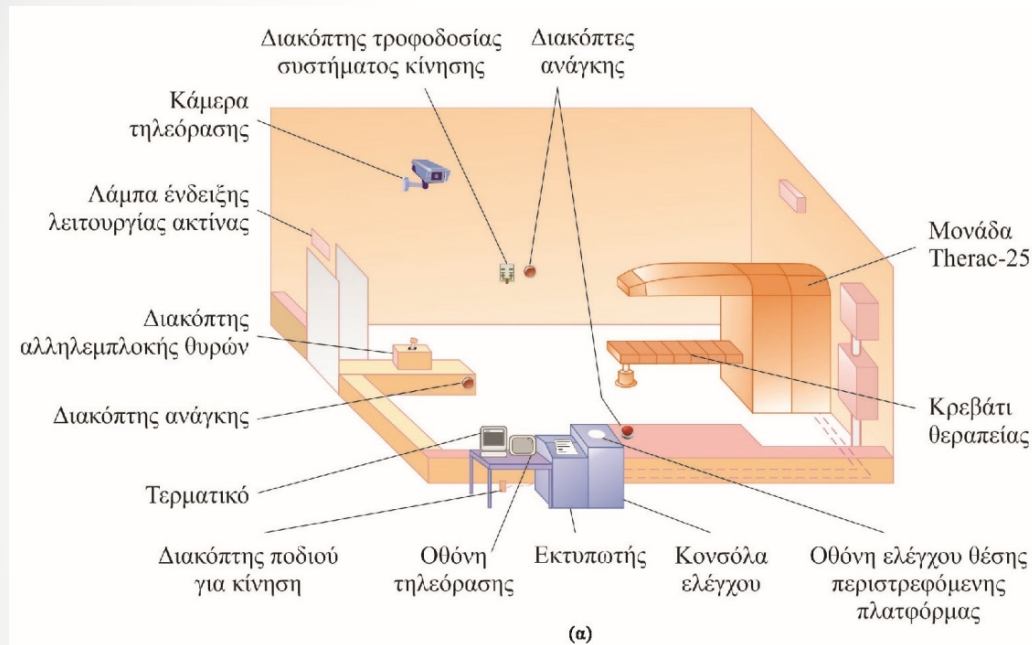
Mars Climate Orbiter & Mars polar lander

- Χρήση βρετανικών μονάδων δύναμης (pound force) αντί της διεθνούς μονάδας (Newton) από έναν υπεργολάβο της NASA στο σύστημα που ανέπτυξε
- Λάνθασμένη συνεργασία με τα υπόλοιπα συστήματα



Διάσημες καταστροφές (1)

- **Συσκευή ακτινοθεραπείας Therac-25 (1985-1987)**



(β)

- 10 ασθενείς έλαβαν υψηλές δόσεις ακτινοβολίας (100 φορές μεγαλύτερη)
- 6 θάνατοι

Πρόβλημα: Ενεργοποίηση υψηλής δέσμης ισχύος αντί της χαμηλής και φίλτρο διάχυσης δέσμης όχι στη σωστή θέση. Έλεγχος: 1) Μηχανικοί της εταιρείας και 2) Ανυπαρξία συστήματος ασφαλείας διακοπής λειτουργίας στη μη παρεμβολή φίλτρων.



Διάσημες καταστροφές (2)

- Εκτόξευση πυραύλου ARIANE 5 (ESA,1996)

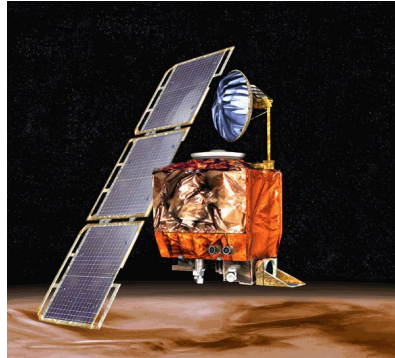


- Συνολικός χρόνος πτήσης: 37s Κόστος: \$370.000.000 US
- **Αιτία καταστροφής:** Υπερχείλιση ενός καταχωρητή ελέγχου αδράνειας. Παραβίαση ορίων που είχαν τεθεί στον κώδικα με βάση την τροχιά του ARIAN-4. Αυτοκαταστροφή λόγω ισχυρών αεροδυναμικών πιέσεων (Διαφορετική: τροχιά, ισχύ, επιτάχυνση).



Διάσημες καταστροφές (3)

- **Mars Climate Orbiter (NASA,1998)**

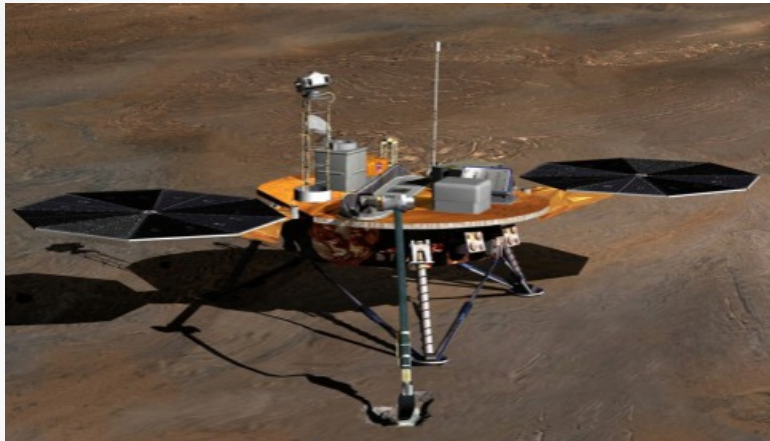


- Τέθηκε σε χαμηλότερη τροχιά από την προβλεπόμενη γύρω από την επιφάνεια του Αρη, με αποτέλεσμα να ακολουθήσει ελλειπτική τροχιά και να συντριβεί
- **Αιτία καταστροφής:** Στο JPL (NASA) το σύστημα μονάδων που χρησιμοποιείται για να δίνει δεδομένα στο διαστημόπλοιο χρησιμοποιεί μονάδες στο σύστημα (Newton-seconds), ενώ η κατασκευάστρια της διαστημοσυσκευής χρησιμοποιούσε μονάδες στο σύστημα (Pounds-seconds)



Διάσημες καταστροφές (4)

- **Mars Polar Lander (NASA,1999)**



-Στόχος : προσεγγίση στη νότια πολική περιοχή του Άρη.
-Συντριβή στον πλανήτη Άρη κατά την προσγείωση.

- **Αιτία Καταστροφής:** Το υποσύστημα των άκρων στήριξης είχε δοκιμασθεί επιτυχώς. Το υποσύστημα ανίχνευσης κραδασμών κατά την επαφή με τον πλανήτη είχε δοκιμασθεί επιτυχώς (ώστε να σταματήσουν οι ανασχετικές μηχανές κατά την προσγείωση). Οι κραδασμοί κατά την ανάπτυξη των άκρων στήριξης σε αρκετή απόσταση από την επιφάνεια (40m) οδήγησαν σε παύση των μηχανών και συντριβή στην επιφάνεια.

