



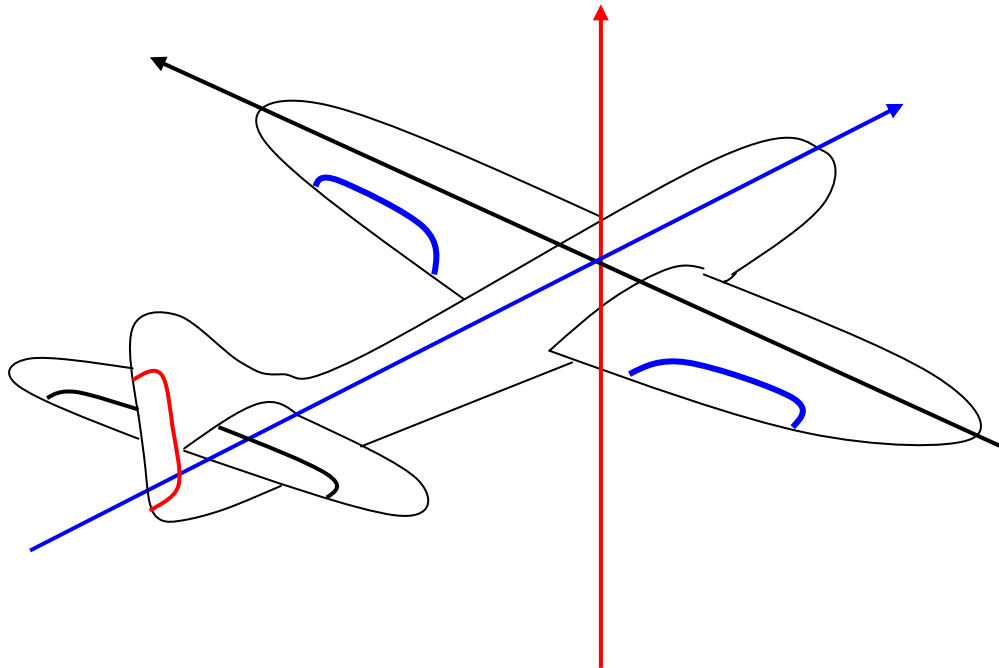
Εισαγωγή στα Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου

**Επικ. Καθ. Νίκος Καραμπετάκης
Τμήμα Μαθηματικών
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο
Θεσσαλονίκης**



Σύστημα

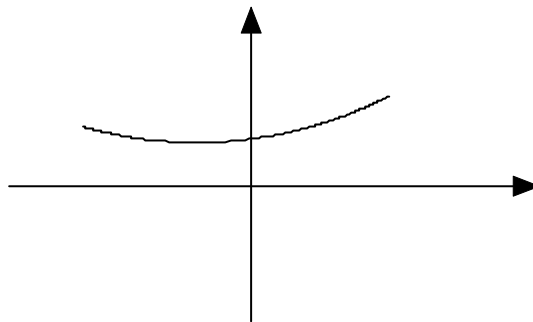
Σύστημα (Λεξικό Μπαμπινιώτη) : ...Σύνολο από επιμέρους τμήματα, εξαρτήματα, στοιχεία που συνδέονται μεταξύ τους και αλληλεπιδρούν επιτελώντας συγκεκριμένο έργο....





Σήμα

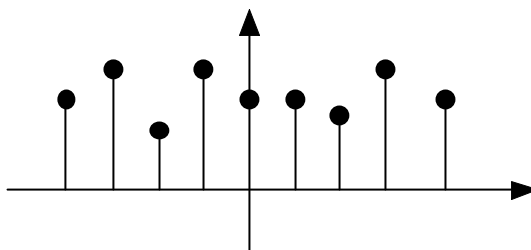
Μαθηματική Περιγραφή Σήματος Συνεχούς Χρόνου



$x(t) : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}^n$ ή πιο γενικά $x(t_1, t_2, \dots, t_m) : \mathbb{R}^m \rightarrow \mathbb{R}^n$
(συνήθως t είναι ο χρόνος)

Σήμα

Μαθηματική Περιγραφή Σήματος Διακριτού Χρόνου



$x(kT) : \mathbb{Z} \rightarrow \mathbb{R}^n$ ή πιο γενικά $x(k_1T_1, k_2T_2, \dots, k_mT_m) : \mathbb{Z}^m \rightarrow \mathbb{R}^n$
(T είναι η περίοδος δειγματοληψίας)

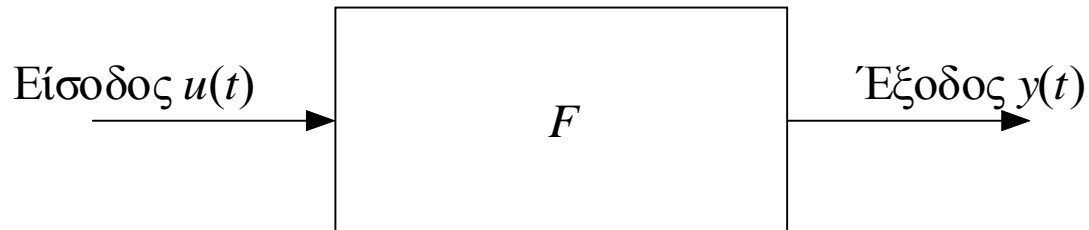
Σύστημα

Μαθηματική Περιγραφή Συστήματος

Ένα σύστημα είναι μια απεικόνιση :

$$F : \text{χώρο σημάτων} \rightarrow \text{χώρο σημάτων}$$

$$y(t) = (Fu)(t) \text{ ή } y(kT) = (Fu)(kT)$$



- Οι είσοδοι διαχωρίζονται σε διεγέρσεις ελέγχου και σε διαταραχές.
- Η τιμή της εξόδου $y(t)$ εξαρτάται όχι μόνο από την τιμή της εισόδου $u(t)$ την χρονική στιγμή t αλλά από όλες τις τιμές της εισόδου $u(t)$ μέχρι την χρονική στιγμή t και για τον λόγο αυτό δεν γράφουμε $y(t) = F(u(t))$ αλλά $y(t) = (Fu)(t)$.



Σύστημα Αυτομάτου Ελέγχου Ανοικτού Βρόχου

Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου Ανοικτού Βρόχου

Σε ένα Σύστημα Αυτομάτου Ελέγχου Ανοικτού Βρόχου χρησιμοποιείται κάποια ενεργός διάταξη για τον απευθείας έλεγχο μιας διεργασίας χωρίς την παρουσία ανάδρασης.



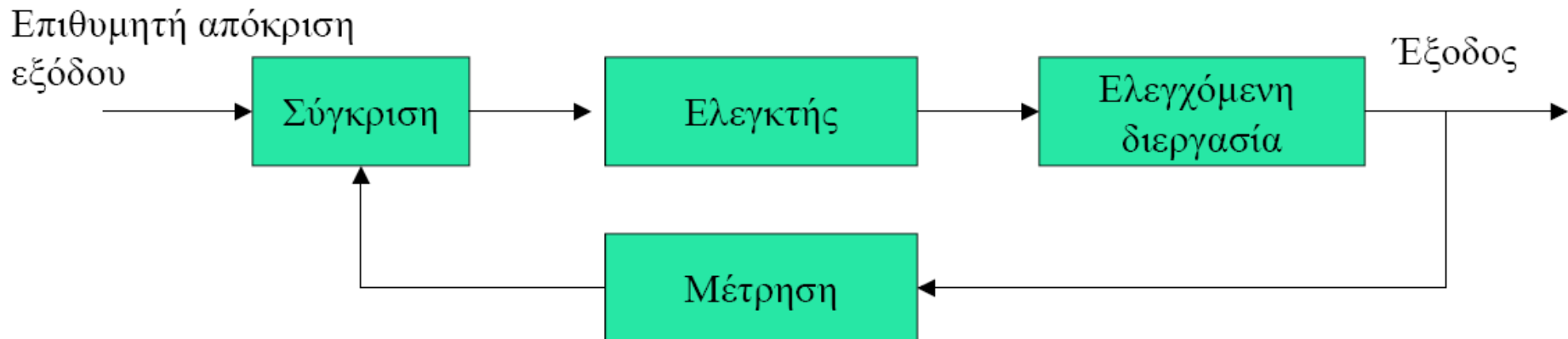
Παραδείγματα : Ένα πλυντήριο, μια φρυγανιέρα, ένας φούρνος μικροκυμάτων κ.λ.π.



Σύστημα Αυτομάτου Ελέγχου Κλειστού Βρόχου

Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου Κλειστού Βρόχου

Σε ένα Σύστημα Αυτομάτου Ελέγχου Κλειστού Βρόχου χρησιμοποιείται ένα σήμα το οποίο προέρχεται από την μέτρηση της πραγματικής εξόδου και το οποίο με την βοήθεια της ανάδρασης επιστρέφει στην είσοδο του συστήματος όπου συγκρίνεται με ένα σήμα αναφοράς που αντιστοιχεί την επιθυμητή έξοδο.



Σύστημα Αυτομάτου Ελέγχου Κλειστού Βρόγχου

Παραδείγματα Συστημάτων Έλεγχος απόστασης από προπορευόμενα οχήματα

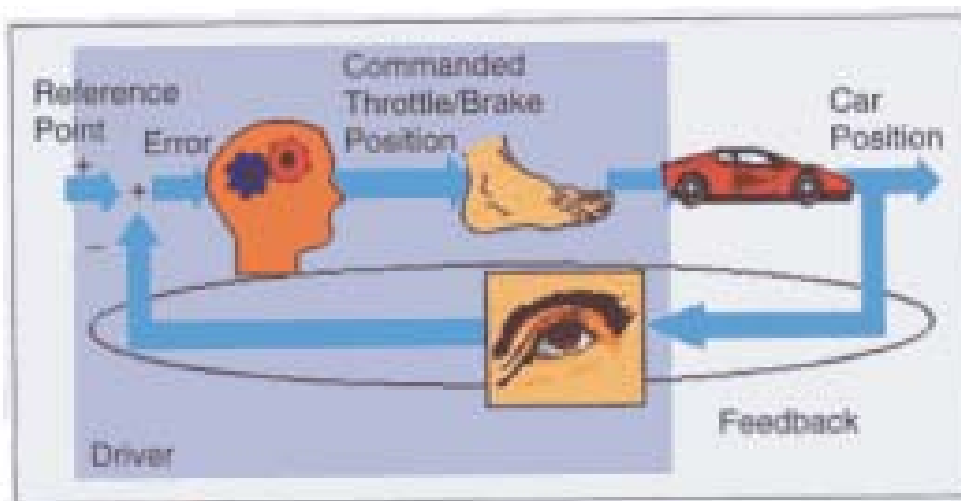


Figure 1. Representation of how a driver uses feedback to follow other cars at a safe distance. Our eyes sense the distance between our car and the one ahead, our brain determines whether we must speed up or slow down to match the desired distance, and our foot actuates the car speed so that we drive at the desired distance.

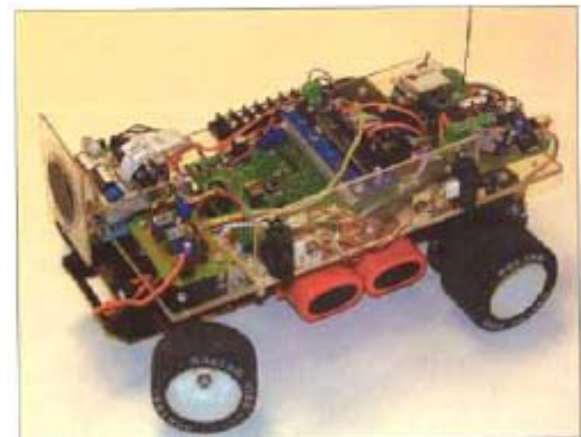
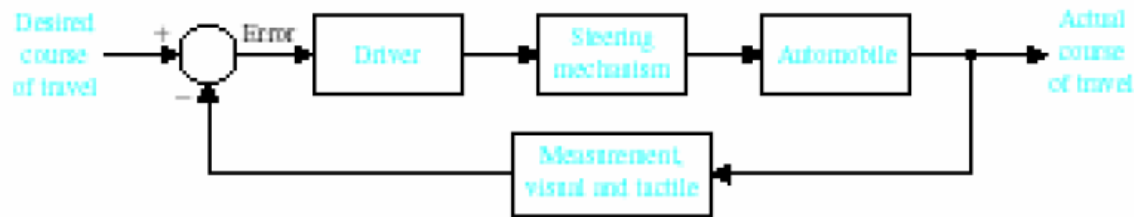


Figure 2. Computer intelligent model car (CIMCAR) with servo motor and batteries. CIMCAR's speed is controlled by the current to the motor. Using a sonar sensor for its "eye" and a microprocessor for its "brain," the CIMCAR can be controlled so that it stops before hitting a wall, even if it is going up or down a ramp.

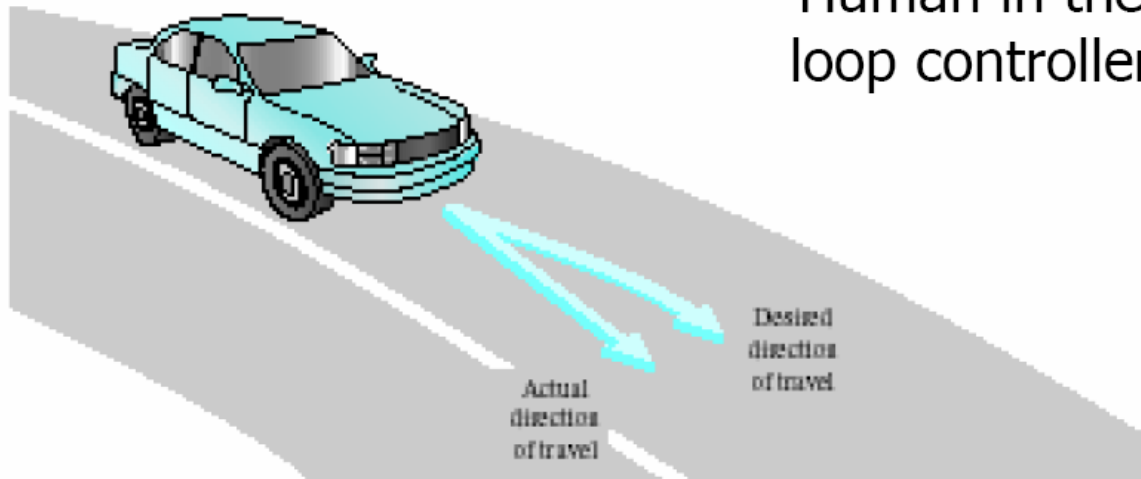
Σύστημα Αυτομάτου Ελέγχου Κλειστού Βρόγχου

Έλεγχος κατεύθυνσης αυτοκινήτου



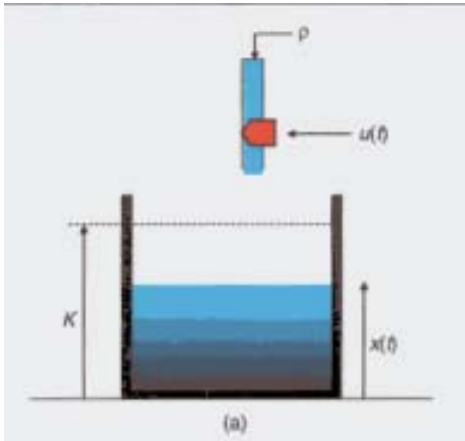
(a)

Human in the loop controller

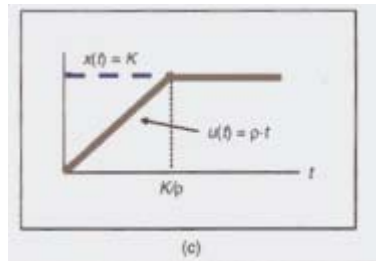


Σύστημα Αυτομάτου Ελέγχου Κλειστού Βρόγχου

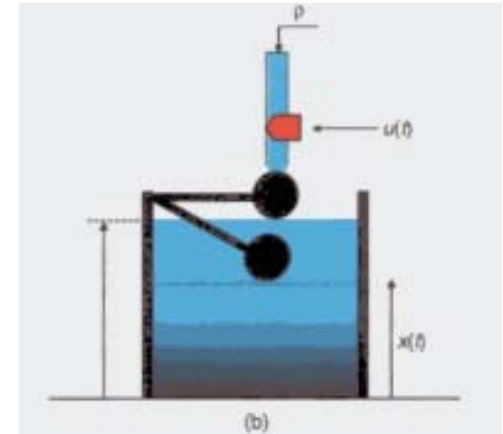
Έλεγχος στάθμης υγρού



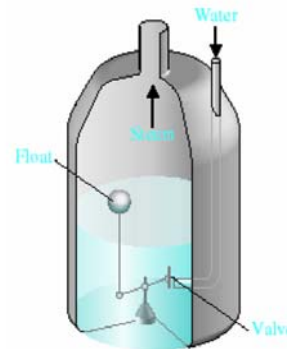
Χωρίς αυτόματο έλεγχο



Επιθυμητή συμπεριφορά

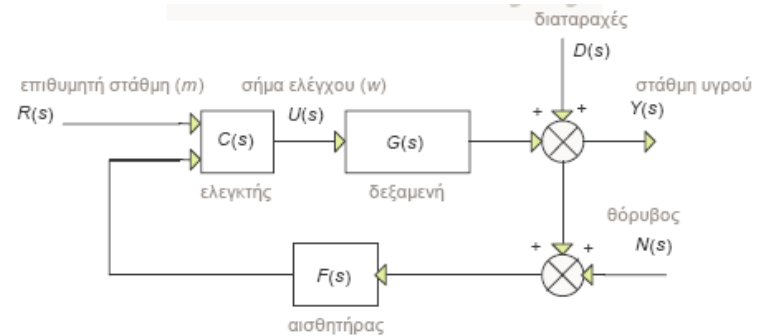
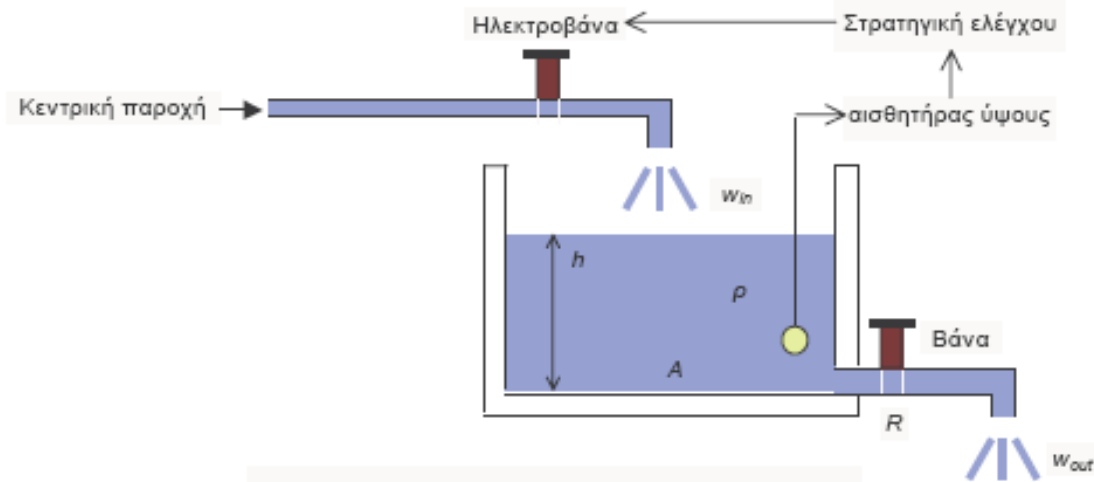


Με αυτόματο έλεγχο



Σύστημα Αυτομάτου Ελέγχου Κλειστού Βρόγχου

Σχηματικό διάγραμμα ελέγχου στάθμης υγρού



Σχήμα 2.5 Δομικό διάγραμμα συστήματος ελέγχου στάθμης υγρού



Σύστημα Αυτομάτου Ελέγχου Κλειστού Βρόγχου

Σχηματικό διάγραμμα ελέγχου στάθμης υγρού

Οι εξωτερικές διαταραχές μπορεί να είναι μεταβολή στην ροή εισόδου (απρόβλεπτη), μεταβολή στην ζήτηση (ροή εξόδου) και σφάλματα λόγω γραμμικοποίησης του μη γραμμικού μοντέλου της δεξαμενής (θα διευκρινισθεί αργότερα).

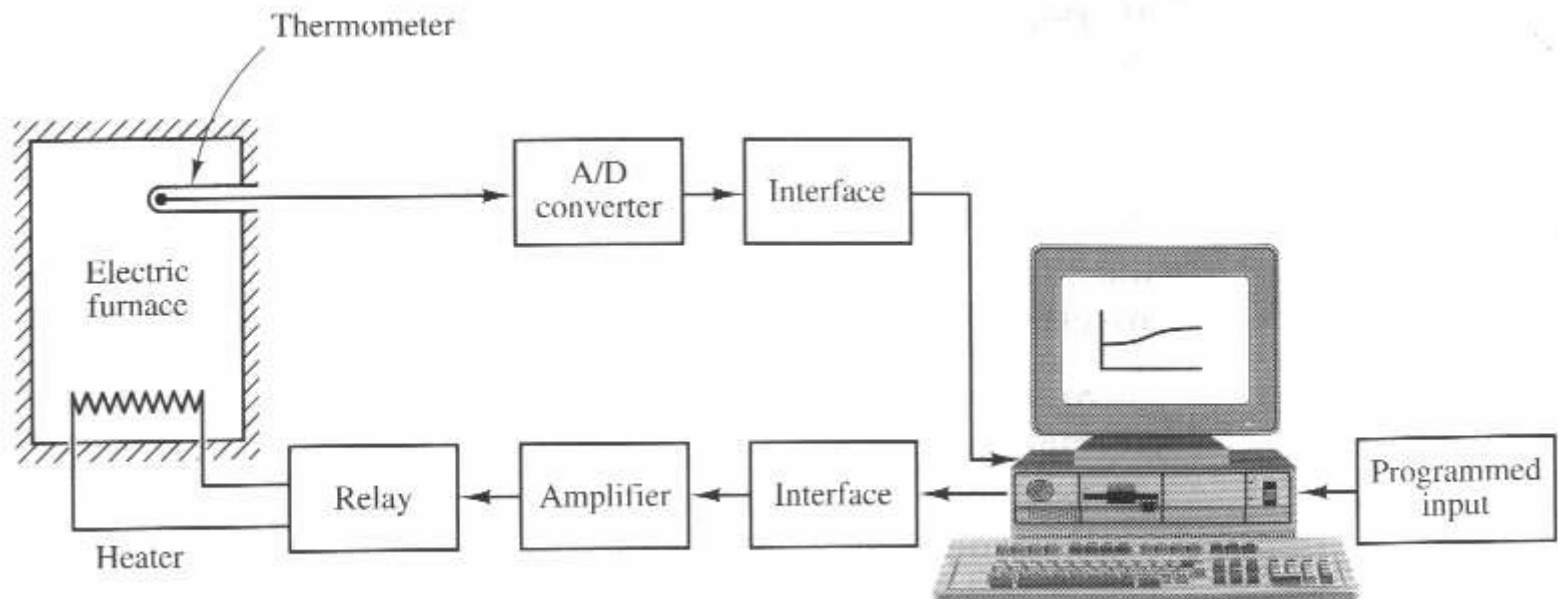
Ο θόρυβος στην μέτρηση μπορεί να προέρχεται από σφάλματα του οργάνου μέτρησης (είτε φυσιολογικά, είτε λόγω φθοράς).

Ο ελεγκτής είναι το ζητούμενο.

Η συνάρτηση μεταφοράς της εγκατάστασης προκύπτει από τις φυσικές σχέσεις που διέπουν την διαδικασία της δεξαμενής υγρού.

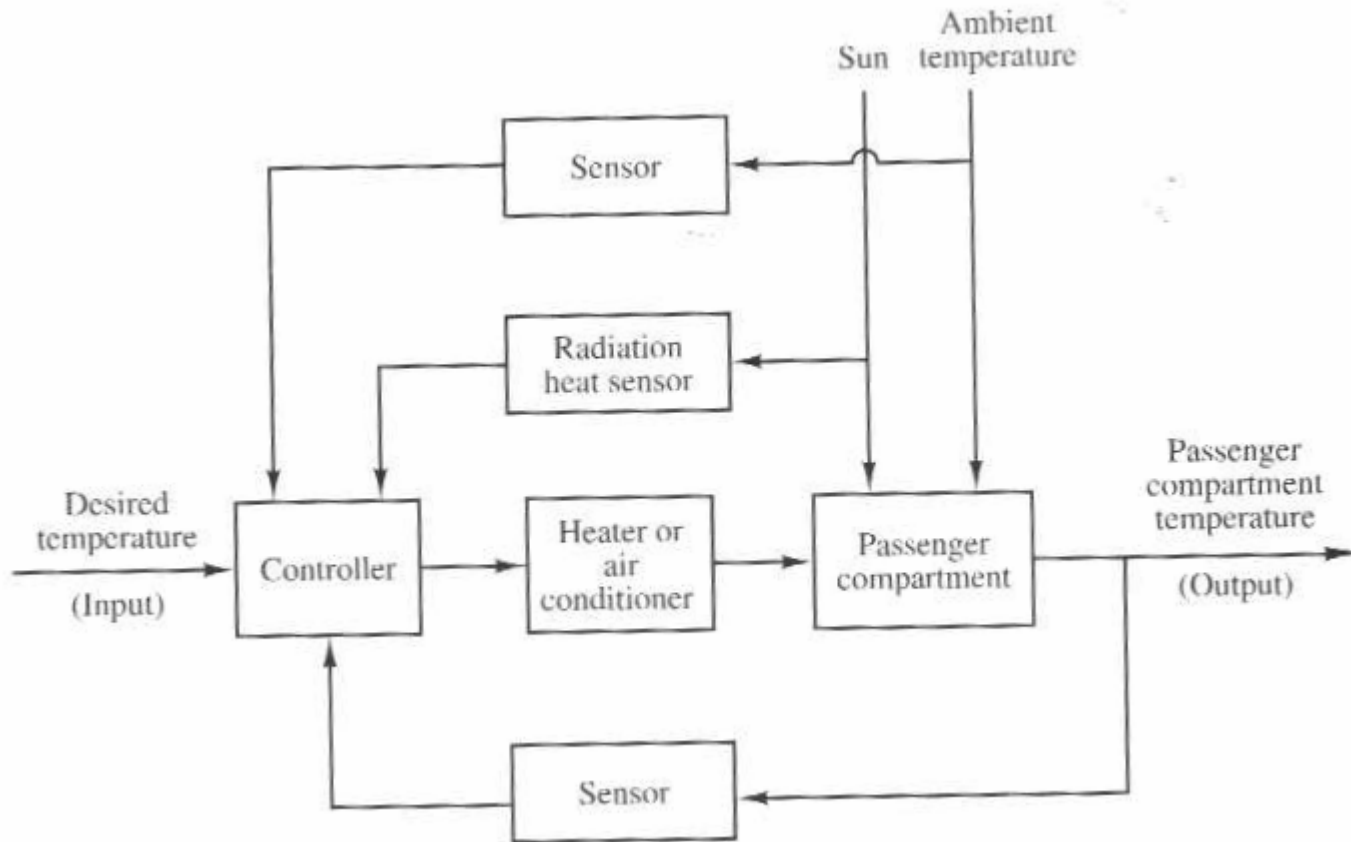
Σύστημα Αυτομάτου Ελέγχου Κλειστού Βρόγχου

Σύστημα Ελέγχου Θερμοκρασίας



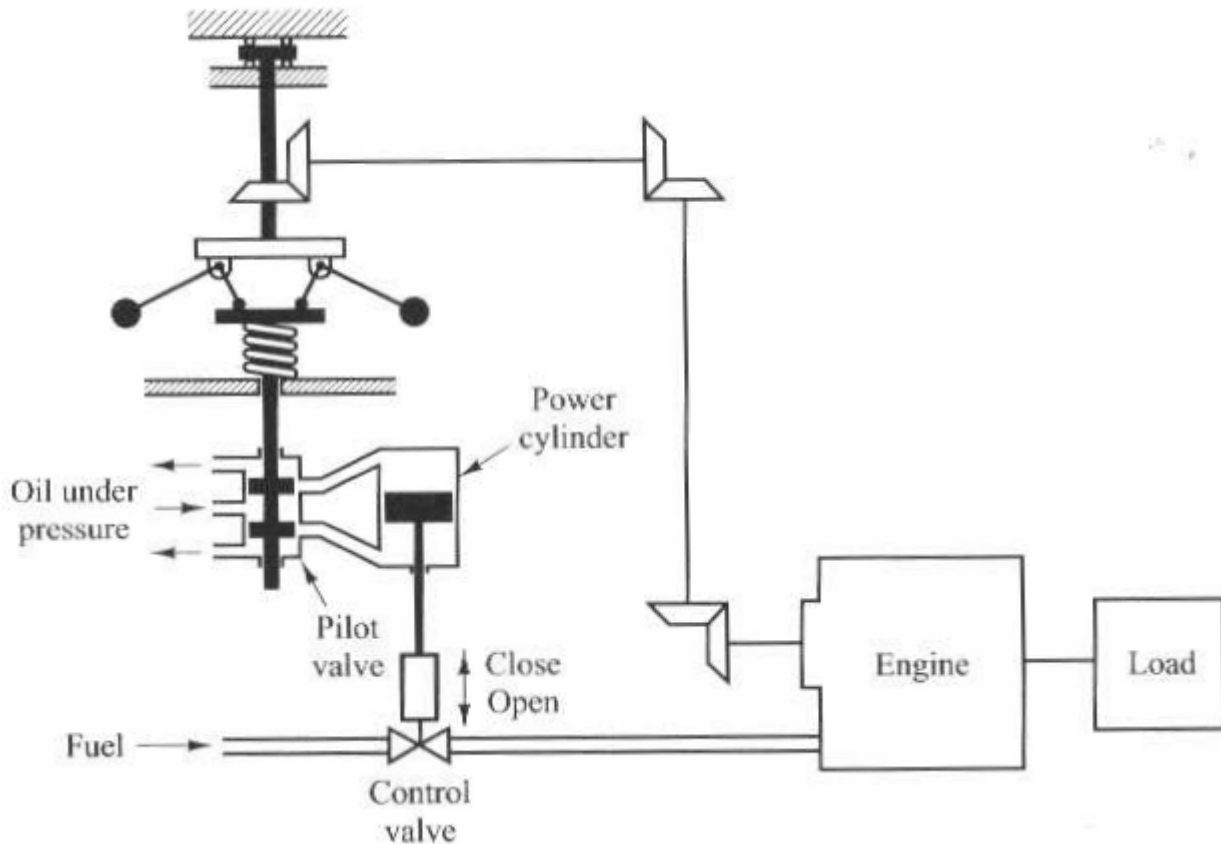
Σύστημα Αυτομάτου Ελέγχου Κλειστού Βρόγχου

Σύστημα Κλιματισμού Αυτοκινήτου



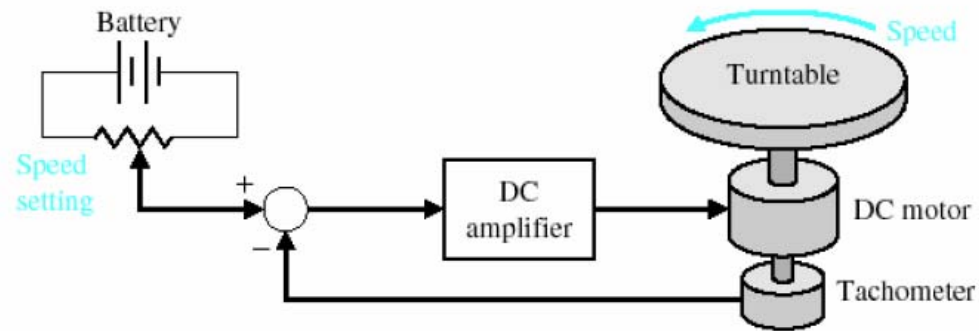
Σύστημα Αυτομάτου Ελέγχου Κλειστού Βρόγχου

Έλεγχος ταχύτητας μηχανής του Watt (1769)

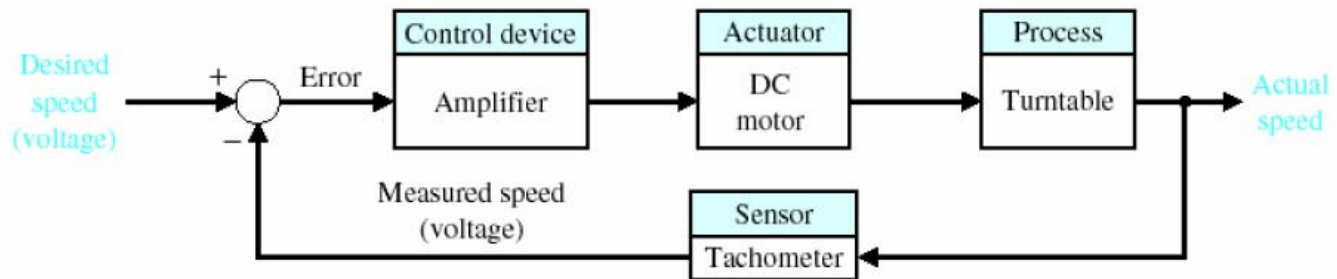


Σύστημα Αυτομάτου Ελέγχου Κλειστού Βρόγχου

Έλεγχος ταχύτητας περιστροφής δίσκου
(εφαρμογή σε σκληρούς δίσκους, cd-rom)



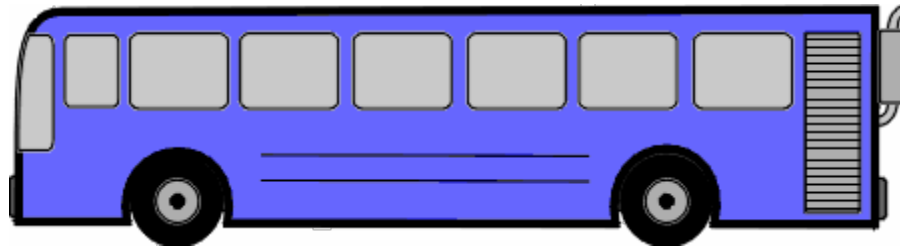
(a)



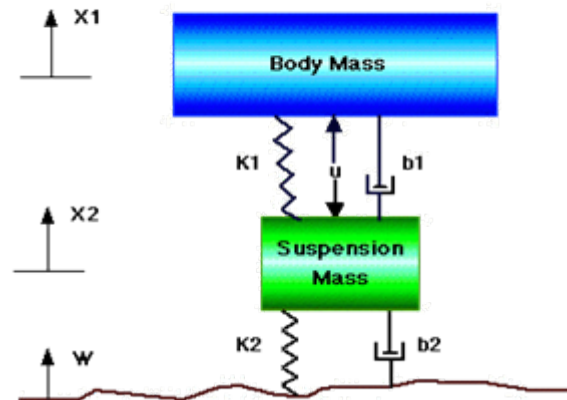
(b)

Σύστημα Αυτομάτου Ελέγχου Κλειστού Βρόγχου

Έλεγχος κραδασμών

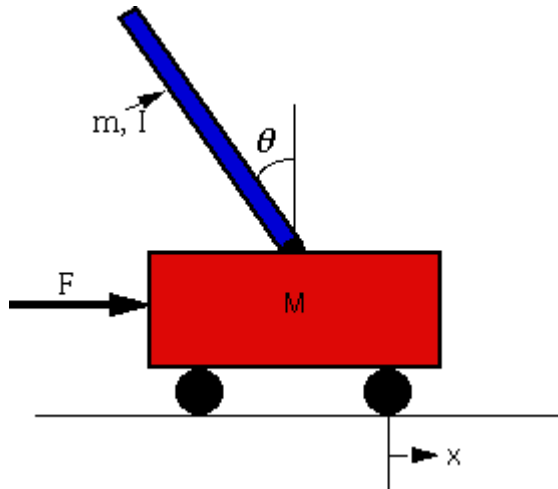


Model of Bus Suspension System
(1/4 Bus)

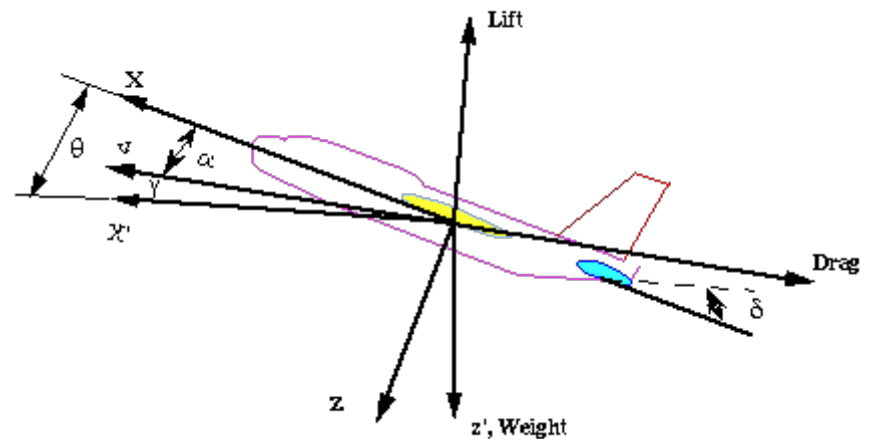


Σύστημα Αυτομάτου Ελέγχου Κλειστού Βρόγχου

Ανάστροφο εκκρεμές



Διατήρηση θέσης αεροπλάνου





Συστήματα ανοικτού βρόγχου *versus* Συστημάτων κλειστού βρόγχου

- Η χρήση της ανάδρασης κάνει το σύστημα μας σχετικά ανεπηρέαστο σε πιθανές εξωτερικές διαταραχές και εσωτερικές μεταβολές των παραμέτρων του συστήματος.
- Η ευστάθεια του κλειστού συστήματος αποτελεί ένα πρόβλημα λόγω της συνεχούς διόρθωσης των λαθών που δημιουργούνται στο σύστημα με άμεση συνέπεια την δημιουργία ταλαντώσεων σταθερού ή μεταβαλλόμενου πλάτους.
- Χρησιμοποιούμε ανοικτά συστήματα όταν γνωρίζουμε πολύ καλά το μοντέλο του συστήματος, τις εισόδους που εφαρμόζονται και όταν δεν υπάρχουν εξωτερικές διαταραχές. Στις υπόλοιπες περιπτώσεις χρησιμοποιούμε κλειστά συστήματα.



Στόχοι της Θεωρίας Ελέγχου

1. Regulator problem (πρόβλημα ρύθμισης).

Διατήρηση της εξόδου όσο το δυνατό πιο κοντά σε ένα συγκεκριμένο σημείο, παρόλες τις πιθανές διαταραχές.

Παράδειγμα. Διατήρηση σταθερής ταχύτητας σε ένα αυτοκίνητο (cruise control).

2. Servomechanism or tracking problem (πρόβλημα ανίχνευσης).

Διατήρηση της εξόδου όσο το δυνατό πιο κοντά σε έναν μεταβαλλόμενο στόχο, παρόλες τις πιθανές διαταραχές.

Παράδειγμα. Αυτόματη ανίχνευση στόχου με radar, αυτόματος πιλότος σε αεροπλάνα.