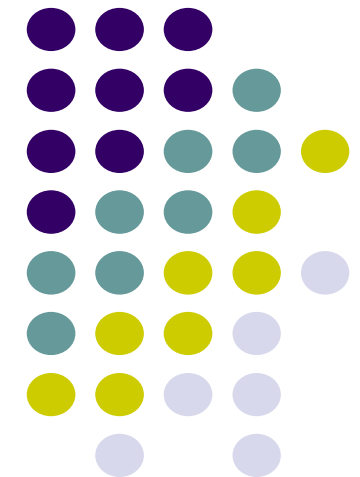


# Δυναμική & Ρύθμιση Διεργασιών

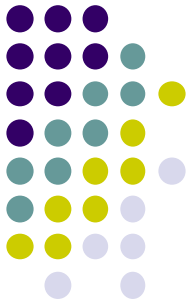
**Διάλεξη 1:**  
Εισαγωγή στα συστήματα αυτομάτου  
ελέγχου



# Εισαγωγικές έννοιες



# Χημική βιομηχανία



## Πρώτες ύλες

- Υδρογονάνθρακες
- Βασικά Χημικά
- Αγροτικά προϊόντα
- Ορυκτά

φυσικές διεργασίες



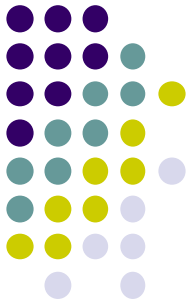
(βιο)χημικές διεργασίες

## Προϊόντα

- Καύσιμα (υδρογονάνθρακες)
- Σύνθετα Χημικά
- Πλαστικά (πολυμερή)
- Συνθετικές ίνες
- τσιμέντο
- Χαρτί
- Φάρμακα
- Τρόφιμα
- καθαρισμοί



# Αποφάσεις στην βιομηχανία



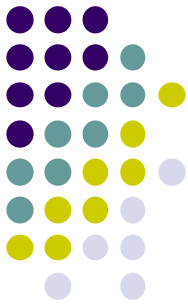
## Στόχοι

- Αυξημένη απόδοση της μονάδας
- Βέλτιστη χρήση πόρων
- Ασφαλής λειτουργία μονάδας
- Απόρριψη διαταραχών



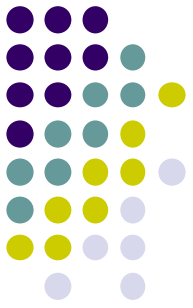
**Μεγιστοποίηση κέρδους.**

# Βελτιστοποίηση και έλεγχος/ρύθμιση



Βελτιστοποίηση και ρύθμιση είναι όροι που συχνά χρησιμοποιούνται λανθασμένα εναλλάξ.

- Η βελτιστοποίηση **ορίζει** την τιμή των συνθηκών λειτουργίας έτσι ώστε οι διεργασίες λειτουργούν σε **ασφαλείς και οικονομικά καλύτερες συνθήκες**.
- Η ρύθμιση **ορίζει** την τιμή των μεταβλητών χρησιμότητας ώστε η διεργασία να λειτουργεί στις **επιλεγμένες συνθήκες λειτουργίας**.

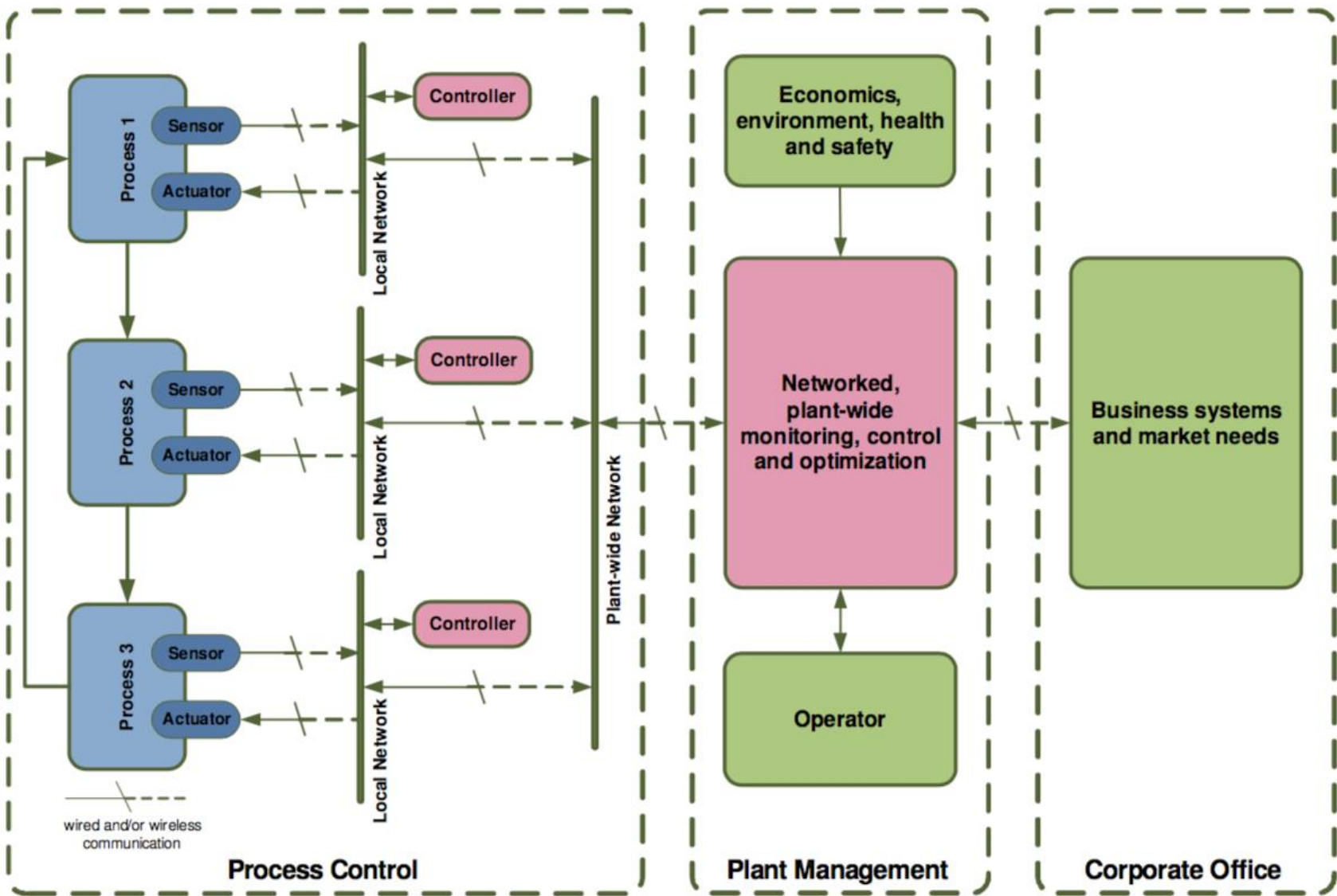
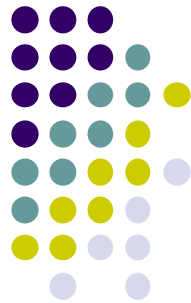


# Ένα καθημερινό παράδειγμα: Οδηγώντας ένα αυτοκίνητο.

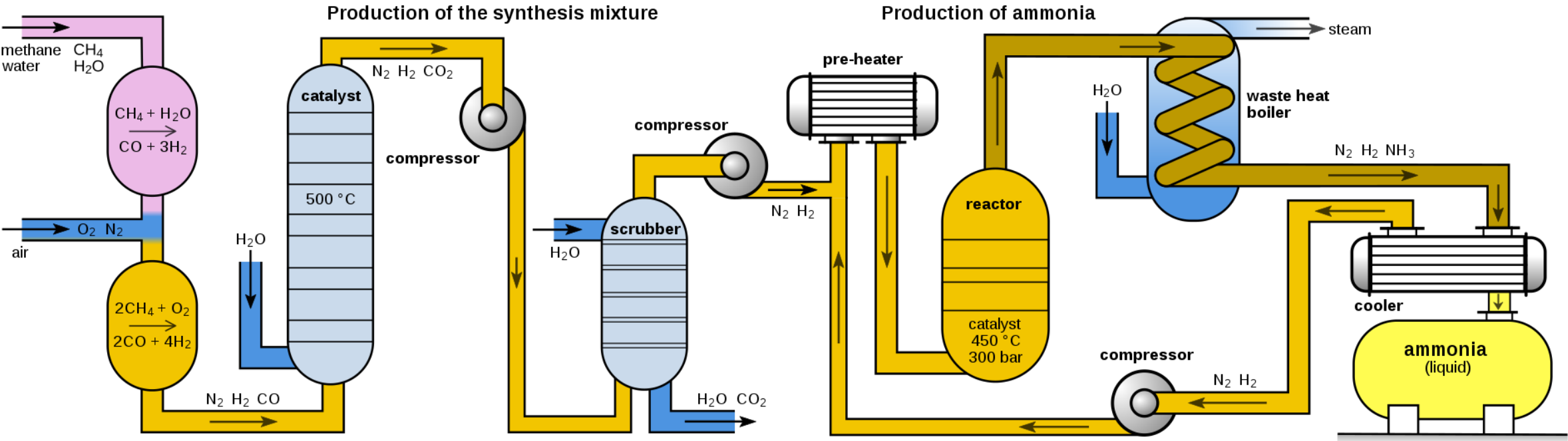
- Η βελτιστοποίηση που κάνουμε δίνει
  - Ταχύτητα αυτοκινήτου
  - Διαδρομή
  - Λωρίδα
- Η ρύθμιση που κάνουμε
  - Πόσο πατάμε το πετάλι γκαζιού και φρένου
  - Πόσο στρίβουμε το τιμόνι



# Λειτουργία εργοστασίου

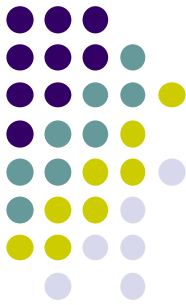


# Ανάγκη συστημάτων αυτομάτου ελέγχου





# Ανάγκη συστημάτων αυτομάτου ελέγχου



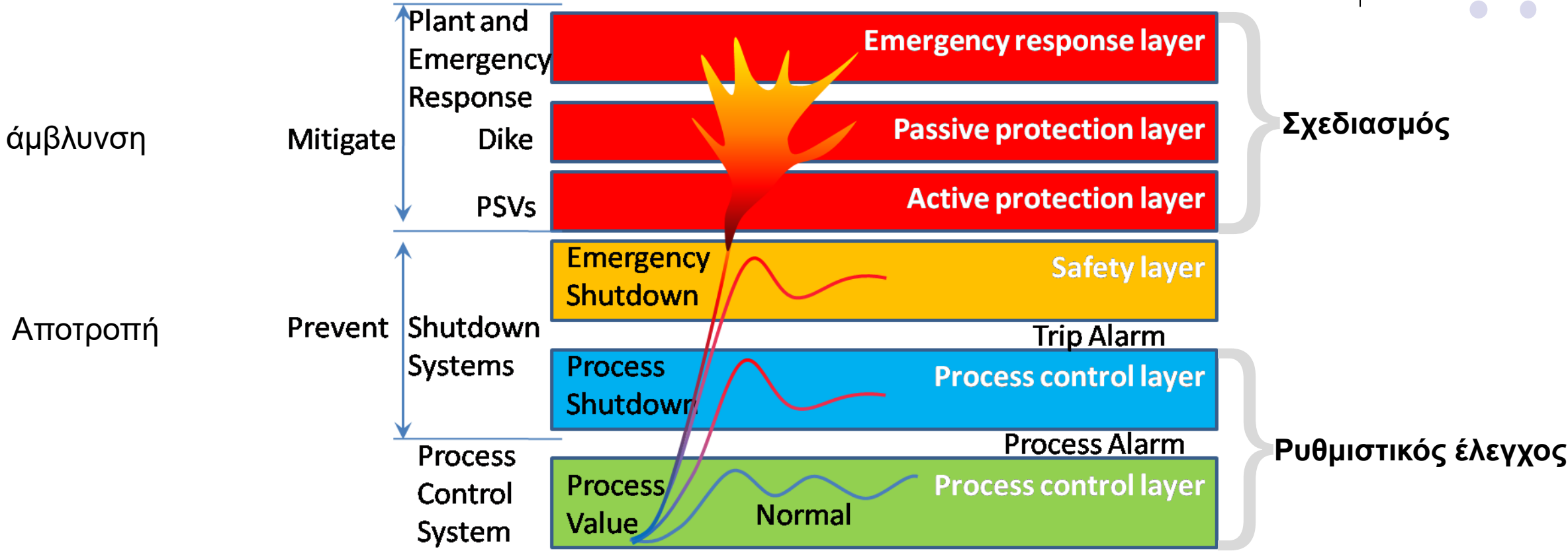
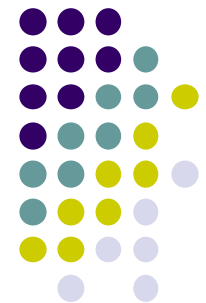
## Συστήματα αυτομάτου ελέγχου

- επηρεάζουν άμεσα την ασφάλεια και την αξιοπιστία μιας διεργασίας.
- καθορίζουν την ποιότητα των προϊόντων που παράγονται από μια διεργασία.
- διασφαλίζουν την επιλογή των βέλτιστων συνθηκών λειτουργίας.
- **Συμπέρασμα**: ΣΑΕ έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην κερδοφορία της μονάδας.

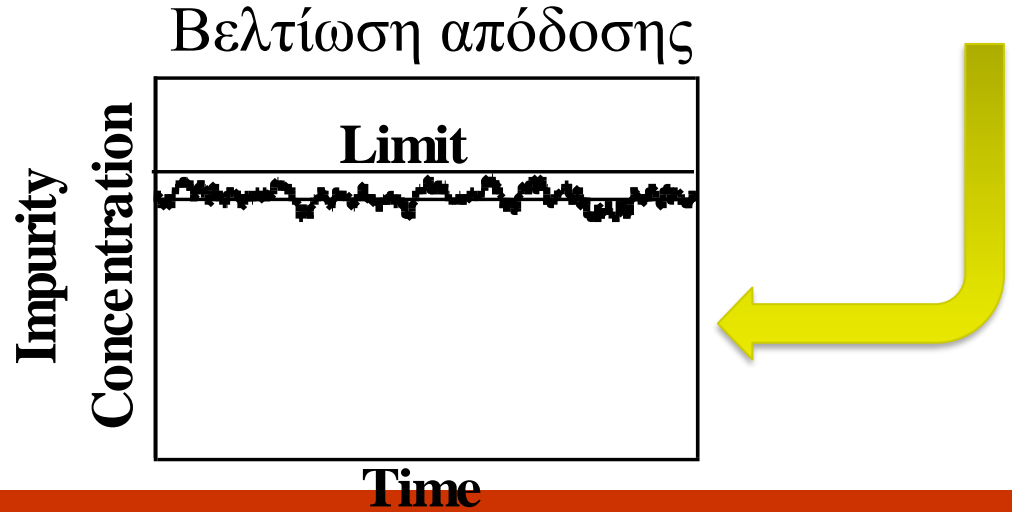
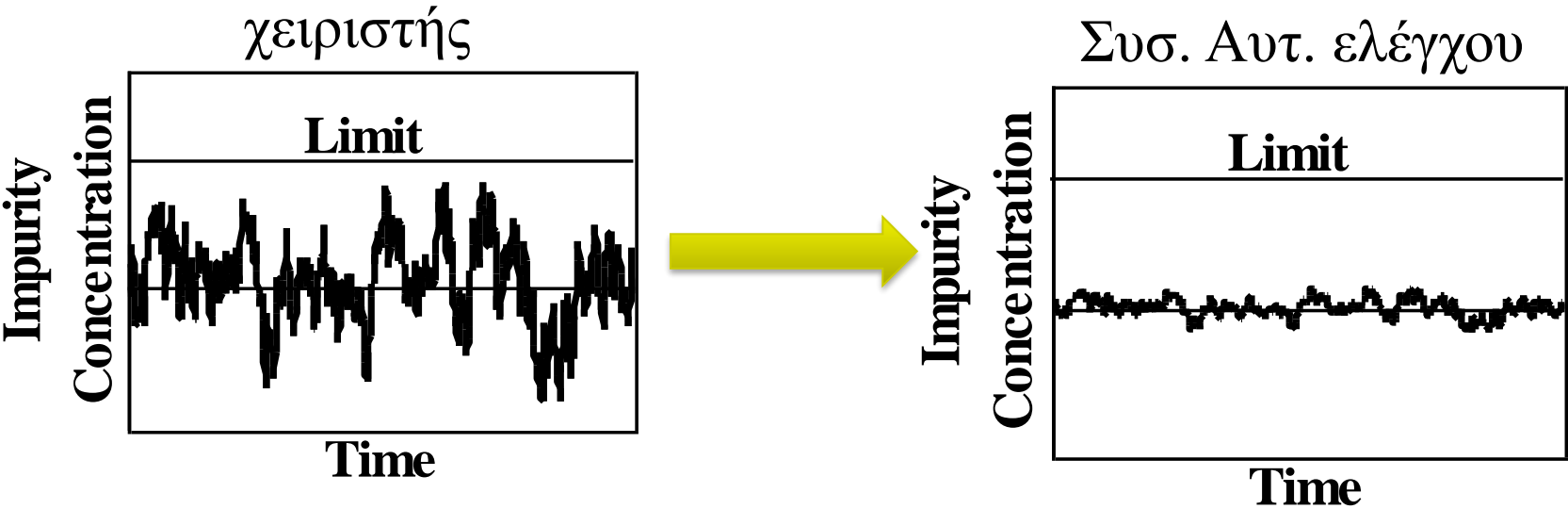
## Ασφάλεια και αξιοπιστία

- Ένα σύστημα ελέγχου πρέπει να διασφαλίζει ασφαλή λειτουργία
  - Alarms, safety constraint control, start-up and shutdown.
- Ένα σύστημα ελέγχου πρέπει να είναι σε θέση να «απορροφά» μια ποικιλία διαταραχών και να διατηρεί τη διεργασία σε ένα καλό σημείο λειτουργίας
  - Thunderstorms, feed composition upsets, temporary loss of utilities (e.g., steam supply), day to night variation in the ambient conditions

# Ασφάλεια εργοστασιακής μονάδας



# Πλεονεκτήματα αυτομάτου ελέγχου

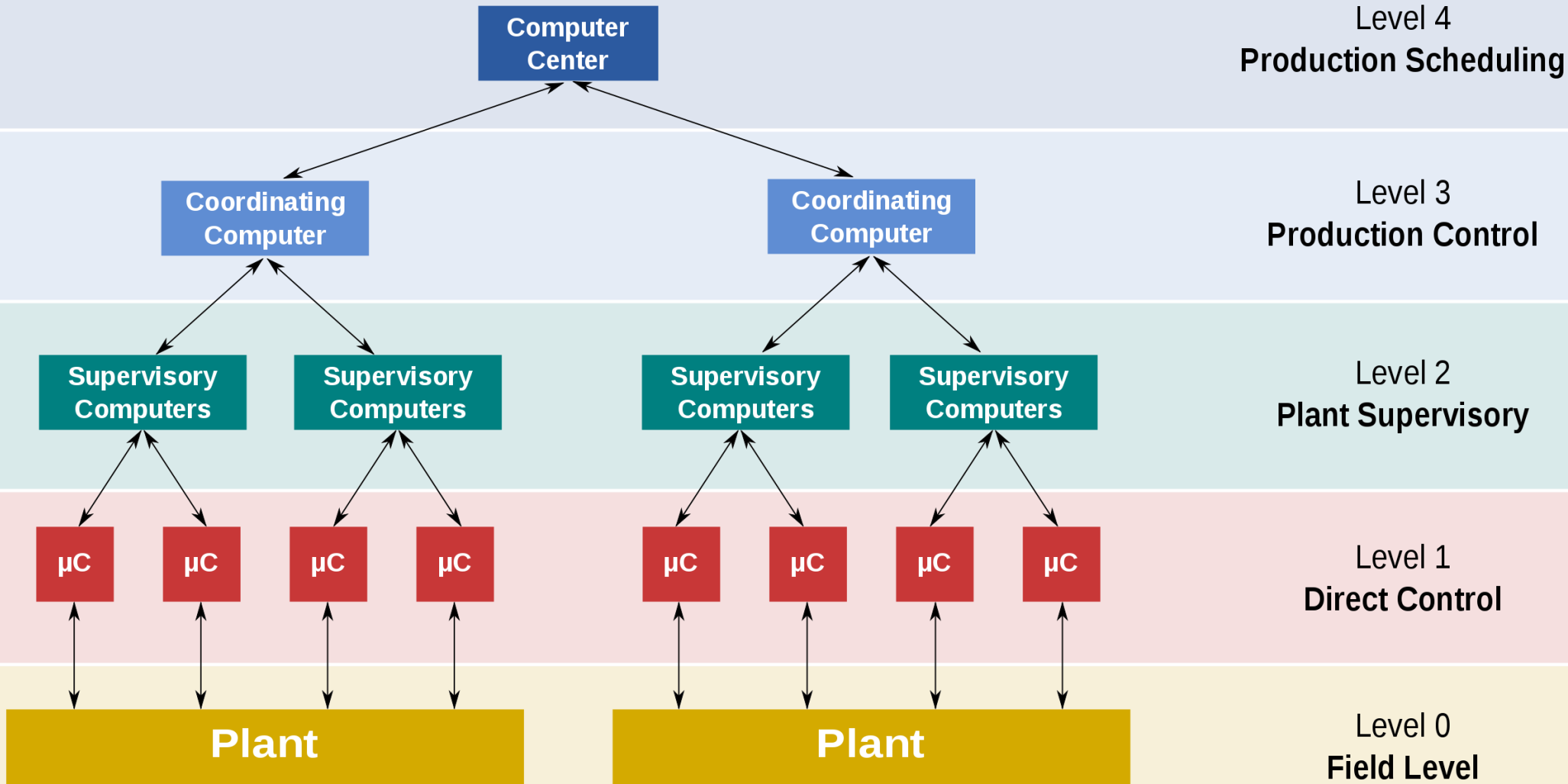


# Τύποι συστημάτων αυτομάτου ελέγχου (ΣΑΕ)



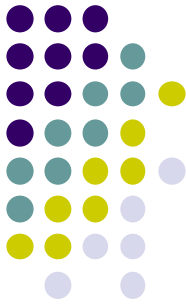
- **Manual Control:** Χρησιμοποιείται από χειριστές και βασίζεται σε αποκρίσεις ανοιχτού βρόχου
- **On-Off Control:** Απλές επιλογές λειτουργίας,
  - π.χ. θερμοστάτης δωματίου
- **Classic control:** Χρησιμοποιεί το μοντέλο της διαδικασίας για να βαθμονομήσει βασικούς ρυθμιστές.
  - **PID:** Ο πιο συνηθισμένος ελεγκτής. Χρησιμοποιεί την απόκλιση από το σημείο ρύθμισης.
- **Multiloop Control:** Βελτιώσεις του PID με βάση έξτρα μετρήσεις/ρυθμιστές ratio, cascade, feedforward
- **Modern Control:** Χρησιμοποιεί το μοντέλο της διαδικασίας απευθείας για βελτίωση της συμπεριφοράς του ελεγκτή
  - **MPC:** Το νέο βιομηχανικό στάνταρτ. Χρησιμοποιεί έννοιες βελτιστοποίησης

# Βασική αρχιτεκτονική βιομηχανικών ΣΑΕ



- DCS
- SCADA

# Υποχρεώσεις του μηχανικού



- Σχεδιασμός της δομής ΣΑΕ με πολλαπλές εισόδους και εξόδους
  - Επιλογή της σωστής δομής PID ή/και προηγμένων δομών PID
- Επιλογή παραμέτρων των ΣΑΕ (**βαθμονόμηση ΣΑΕ**) για απόδοση και αξιοπιστία
  - Επιλογή της σωστής τιμής του P του I και του D
  - Επιλογή της σωστής τιμής των φίλτρων
- Αντιμετώπιση προβλημάτων βρόχου ελέγχου
- Τεκμηρίωση αλλαγών ελέγχου διεργασίας

# Χαρακτηριστικά αποτελεσματικών μηχανικών ελέγχου «διεργασιών».

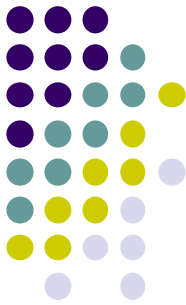


- Χρησιμοποιούν τις γνώσεις τους για τις διεργασίες για να επιλέξουν τις σωστές δομές συστημάτων αυτομάτου ελέγχου.
- Έχουν μια βασικά σωστή εικόνα της **δυναμικής** της διεργασίας και της επίδρασης της ανάδρασης στην δυναμική της.
- Συνεργάζονται αποτελεσματικά με τους χειριστές της μονάδας.

## Αποδοχή από χειριστές

- Η καλή σχέση με τους χειριστές είναι **απαραίτητη** προϋπόθεση για την επιτυχία ενός μηχανικού ελέγχου.
- Χτίστε μια σχέση με τους χειριστές βασισμένη στον αμοιβαίο σεβασμό.
- Οι χειριστές αποτελούν πολύτιμη πηγή εμπειρίας στα εργοστάσια.
- Ένα επιτυχημένο ΣΑΕ θα πρέπει να κάνει τη δουλειά των χειριστών ευκολότερη, όχι δυσκολότερη.
- Ένα επιτυχημένο ΣΑΕ θα πρέπει να γίνεται αποδεκτό από τους χειριστές.

# Θεμελιώδεις γνώσεις και Βιομηχανικά Σχετικές Δεξιότητες



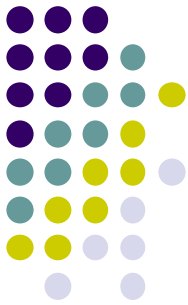
- Θεμελιώδεις γνώσεις
  - Μαθηματικές γνώσεις
    - Γραμμική άλγεβρα
    - Μετασχηματισμοί Laplace
    - Γραμμικοποίηση συναρτήσεων
  - Δυναμική συστημάτων
    - Ιδανική δυναμική συμπεριφορά
    - Ανάλυση: Ευστάθεια
    - Δυναμική απόκριση
- Βιομηχανικά σχετικές δεξιότητες
  - Βασικός εξοπλισμός
  - Υλοποίηση και αντιμετώπιση προβλημάτων
  - Βαθμονόμηση ρυθμιστών
  - Χρήση λογισμικού



# Ορολογία ΣΑΕ



- Απαραίτητο για την επικοινωνία με τους χειριστές και συναδέλφους.
  - Θεωρητικές έννοιες
  - Συντμήσεις
  - Όργανα / εξοπλισμός



# Βασικές έννοιες ΣΑΕ: Μεταβλητές

- Σήματα (μεταβλητές) εισόδου

- Επηρεάζουν την κατάσταση της διεργασίας

- Διαταραχές

- Χειριζόμενες μεταβλητές

- (Εσωτερικές) μεταβλητές κατάστασης

- Περιγράφουν την κατάσταση της διεργασίας

- Σταθερή τιμή όταν σε ισορροπία

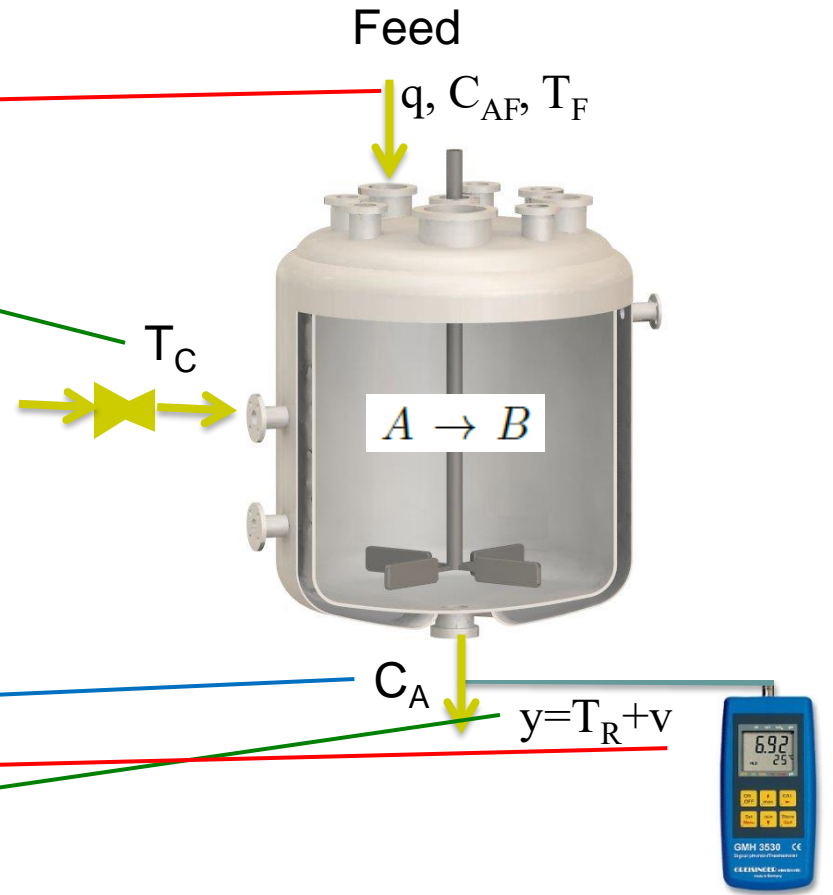
- Σήματα (μεταβλητές) εξόδου

- Είναι το αποτέλεσμα της διεργασίας

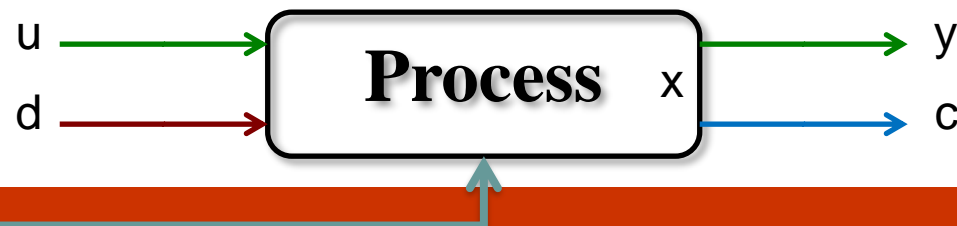
- Ρυθμιζόμενες μεταβλητές

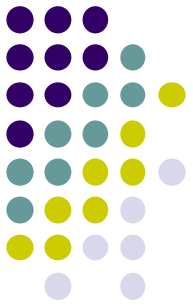
- Θόρυβος

- Μετρούμενες μεταβλητές

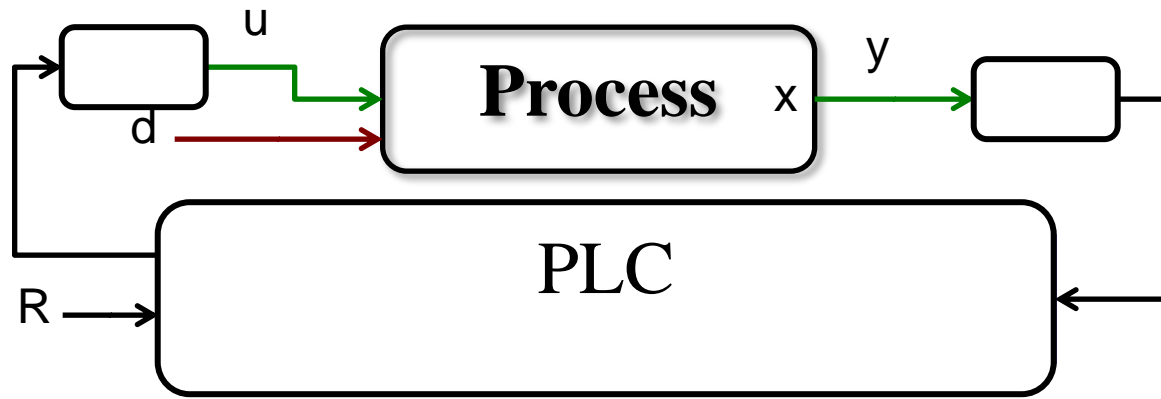


βαθμίδα





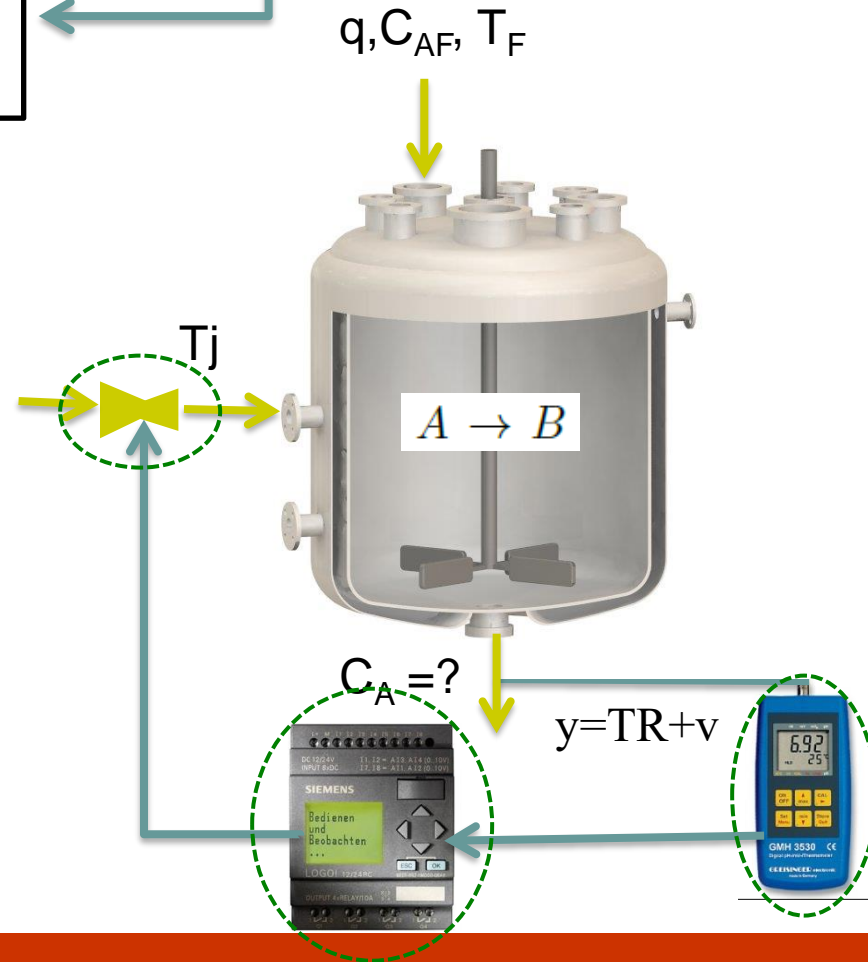
# Βασικές έννοιες ΣΑΕ: Αρχιτεκτονική



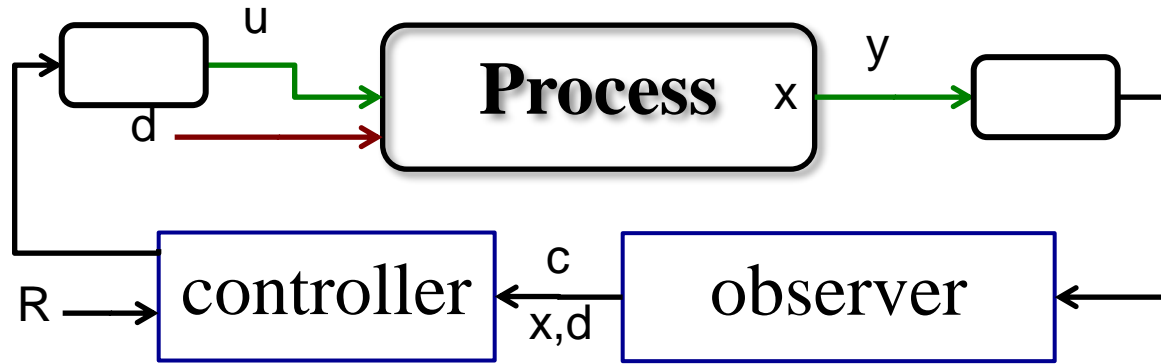
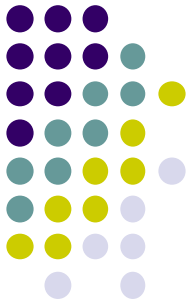
Διάγραμμα  
βαθμίδων

## Βασικά στοιχεία

- Τελικό στοιχείο ρύθμισης
- Μετρητικό όργανο
- Προγραμματιζόμενη λογική (PLC)
  - Παρατηρητής (software)
  - Ρυθμιστής (software)
- Σημείο ρύθμισης (από βελτιστοποίηση)



# Βασικές έννοιες ΣΑΕ: Στόχοι

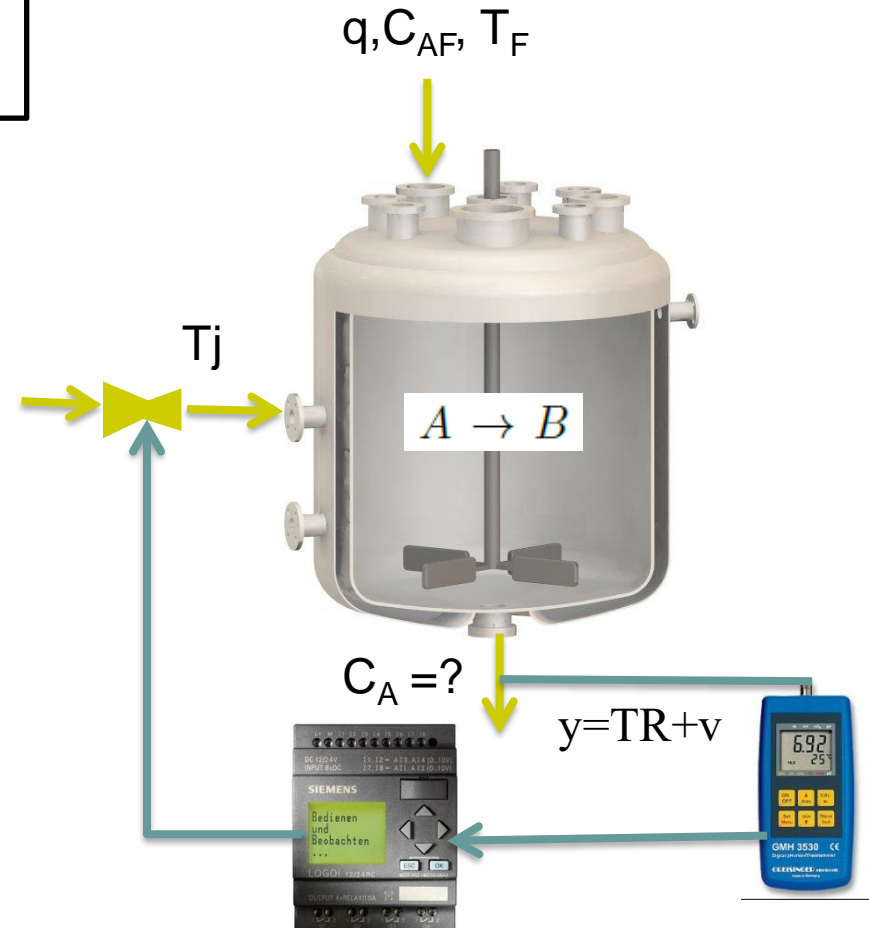


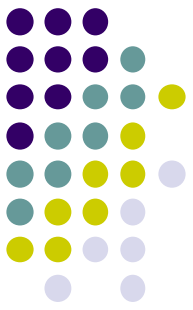
## Στόχοι ρυθμιστή

- Σταθεροποίηση διεργασίας
- Απόρριψη διαταραχής (προβ. φορτίου)
- Παρακολούθηση σημείου (προβ. servo)

## Στόχοι παρατηρητή

- Υπολογισμός μεταβλητών κατάστασης
- Αναγνώριση διαταραχών / απόρριψη θορύβου
- Αναγνώριση παραμέτρων διεργασίας



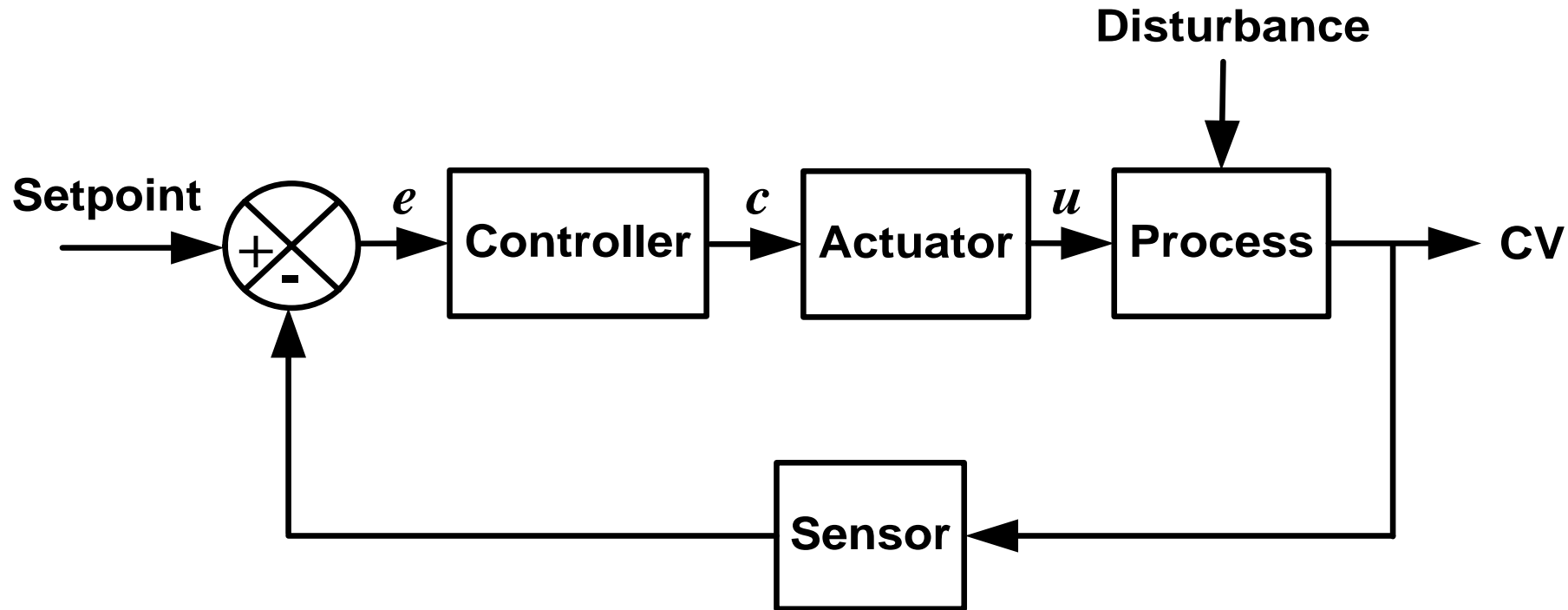
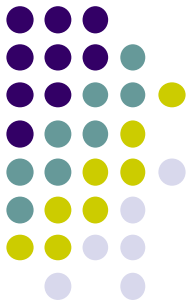


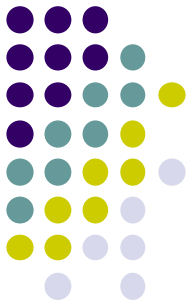
# Ένα καθημερινό παράδειγμα χειροκίνητου ελέγχου: Οδηγώντας ένα αυτοκίνητο.

- |                         |                               |                                 |
|-------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| • Σημείο ρύθμισης       | Control Objective (Set-point) | Maintain car in proper lane.    |
| • Ρυθμιζόμενη μεταβλήτη | Controlled variable           | Location on the road            |
| • Χειριζόμενη μεταβλητή | Manipulated variable          | Orientation of the front wheels |
| • Ενεργοποιητής (ΤΣΡ)   | Actuator                      | Driver's arms/steering wheel    |
| • Αισθητήρας            | Sensor                        | Driver's eyes                   |
| • Ρυθμιστής             | Controller                    | Driver                          |
| • Διαταραχή             | Disturbance                   | Curve in road                   |



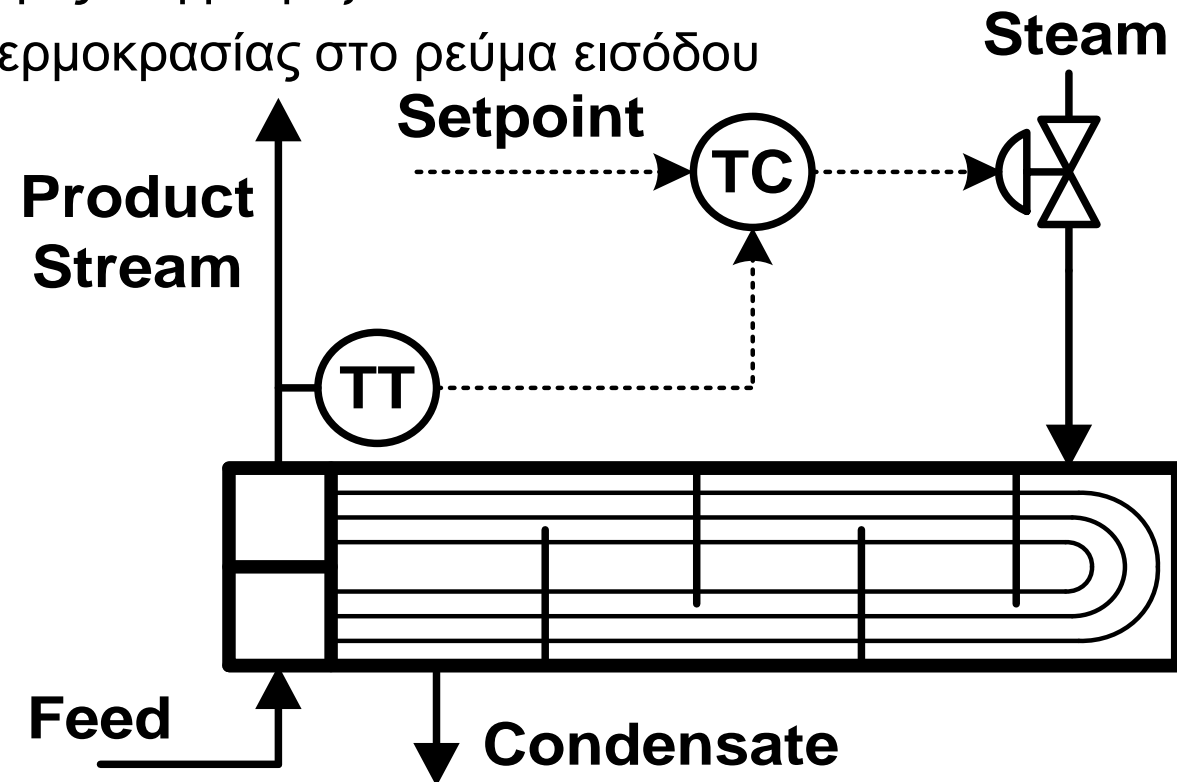
# Διάγραμμα ροής πληροφορίας (διάγραμμα βαθμίδων)



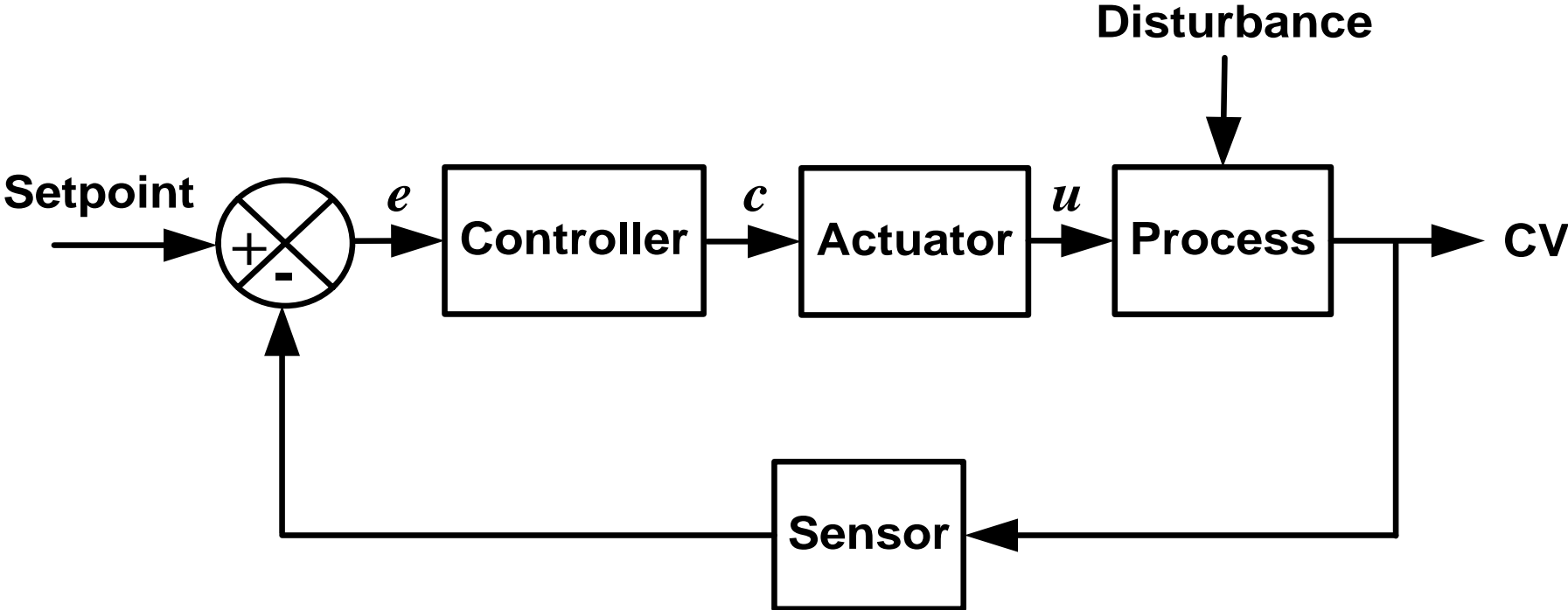


# Ένα παράδειγμα αυτομάτου ελέγχου: Ρύθμιση θερμοκρασίας της ροής εξόδου

- Ρυθμιζόμενη μεταβλητή      Θερμοκρασία εξόδου ροής προϊόντος
- Χειριζόμενη μεταβλητή      Ρυθμός ροής ατμού
- Στοιχείο ρύθμισης            Βάνα ροής
- Αισθητήρας                    Θερμοζεύγος στη ροή εξόδου
- Διαταραχή                      Αλλαγή θερμοκρασίας στο ρεύμα εισόδου

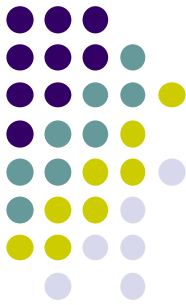


# Διάγραμμα ροής πληροφορίας





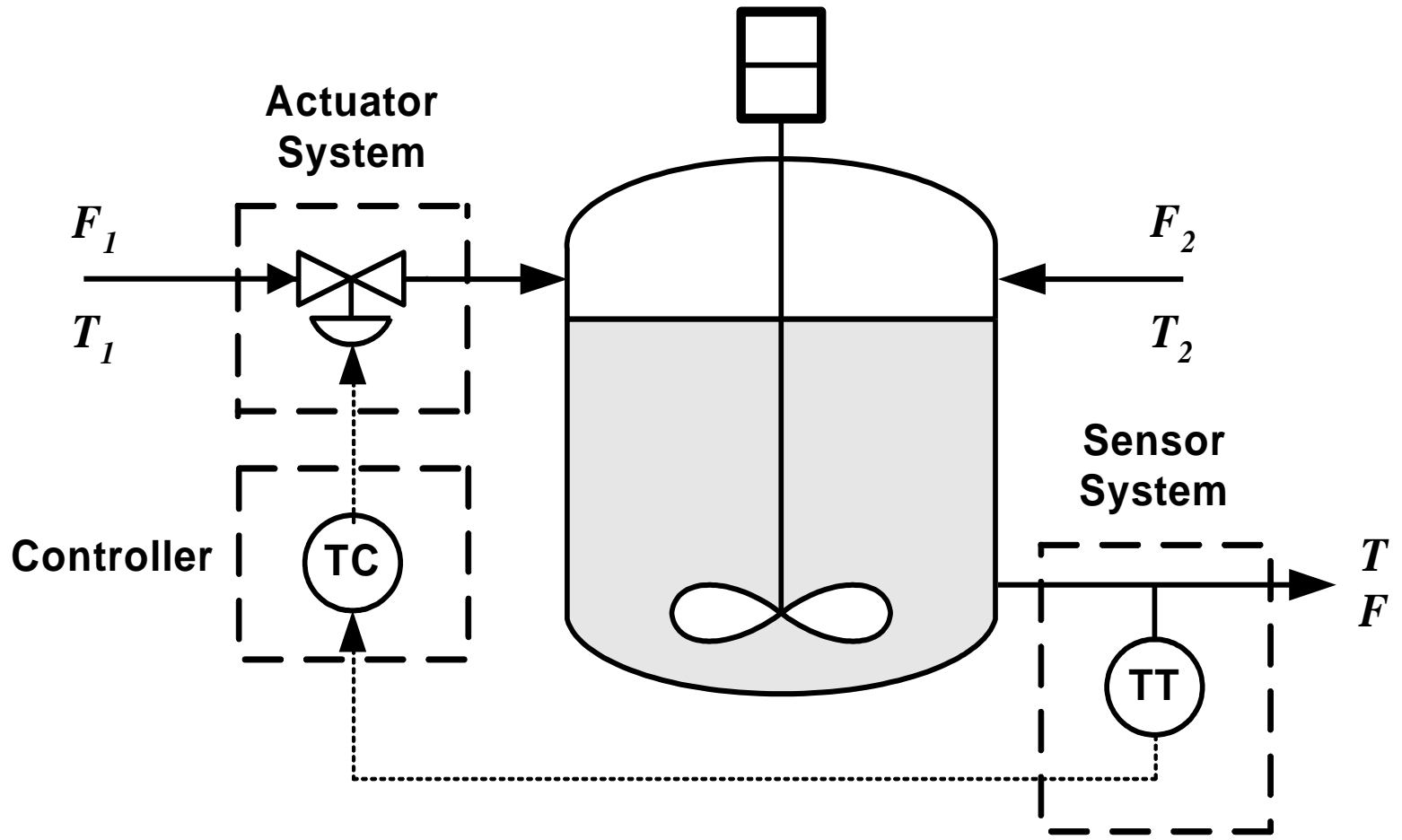
# Σύγκριση αυτοκινήτου και εναλλάκτη θερμ.



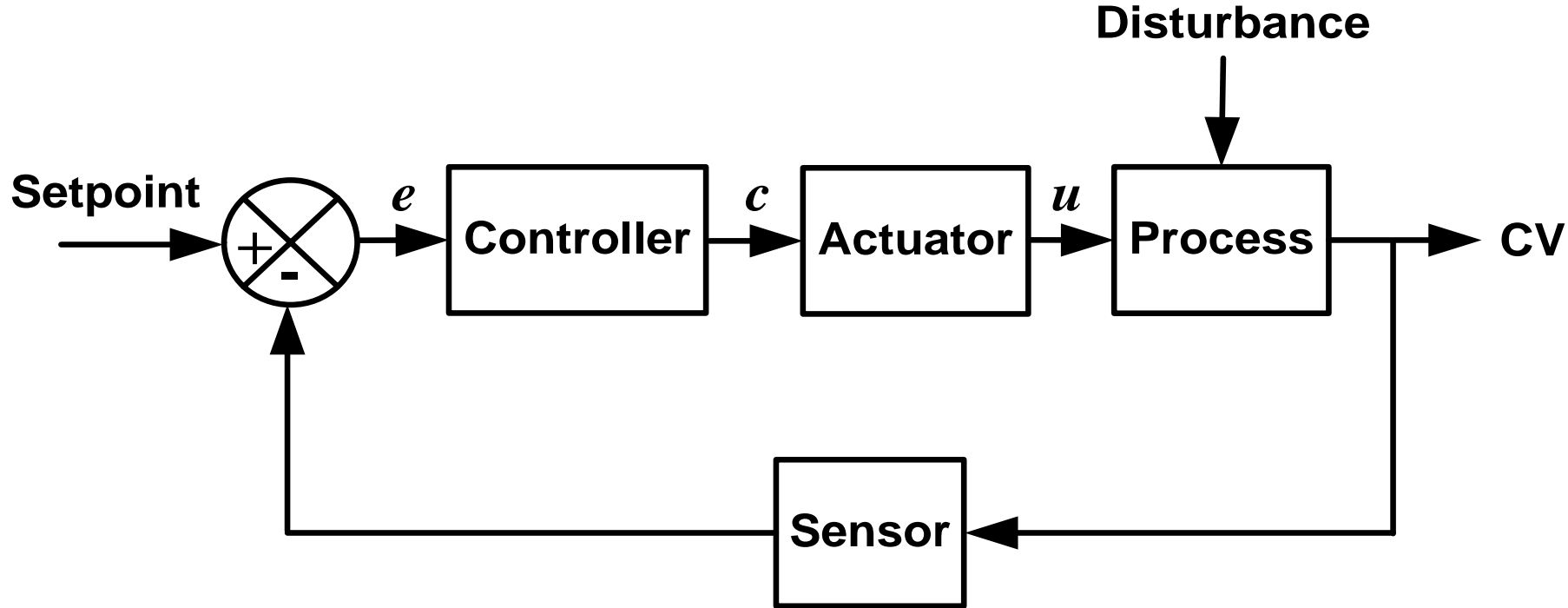
- **Ενεργοποιητής:** χέρι οδηγού και τιμόνι έν. Βαλβίδα ελέγχου
- **Ελεγκτής:** ο οδηγός εν αυτόματου ελεγκτή
- **Αισθητήρας:** τα μάτια του οδηγού εν. θερμοστοιχείου
- **Ελεγχόμενη μεταβλητή:**  
θέση του αυτοκινήτου στο δρόμο έν. θερμοκρασία ρεύματος εξόδου

Το βασικό χαρακτηριστικό όλων των βρόχων ελέγχου είναι ότι η μετρούμενη τιμή της ρυθμιζόμενης μεταβλητής συγκρίνεται με το σημείο ρύθμισης και αυτή η διαφορά χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της έντασης της αντίδρασης (ενέργειας ελέγχου) που πραγματοποιείται.

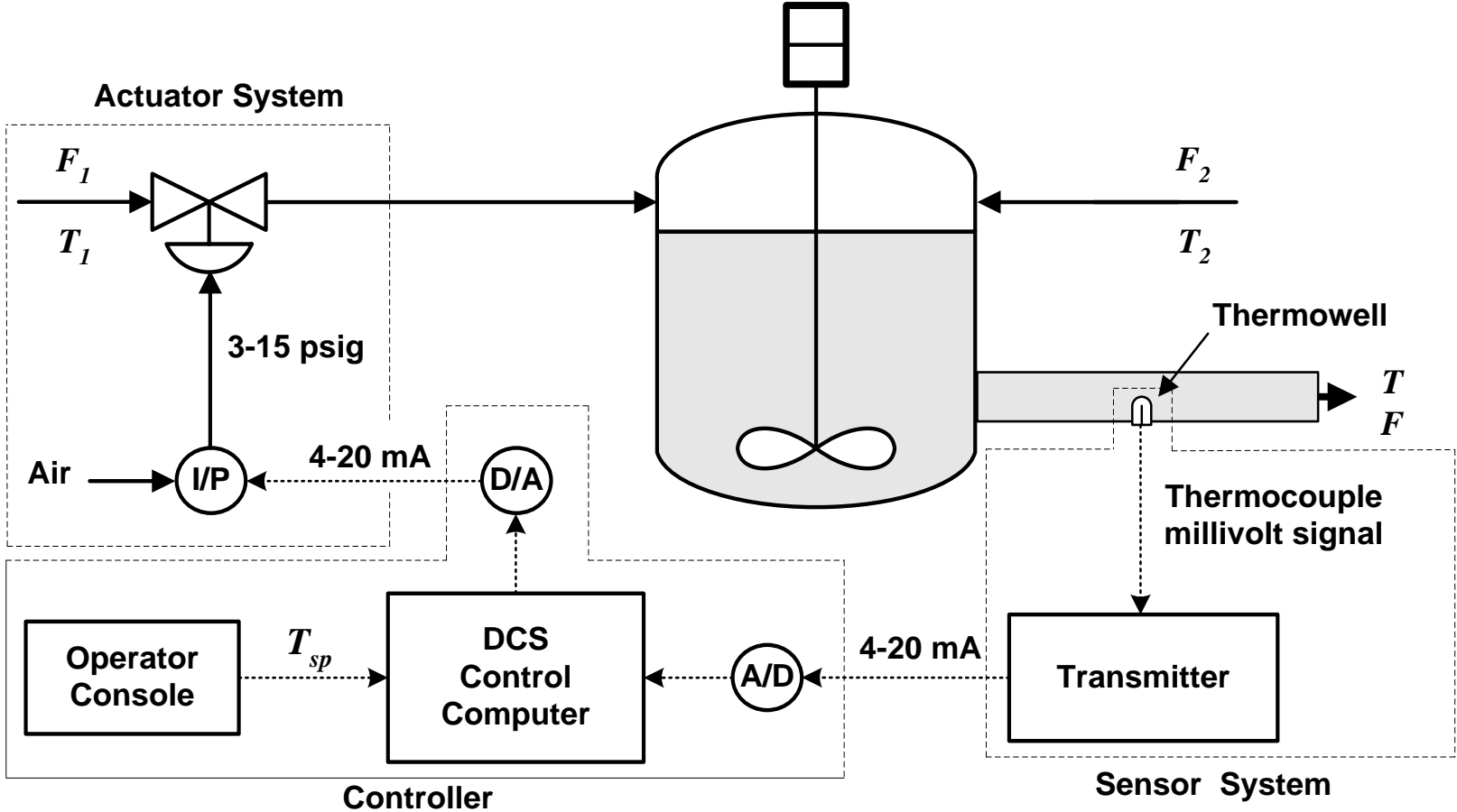
# Διάγραμμα ροής με βρόγχο ρύθμισης



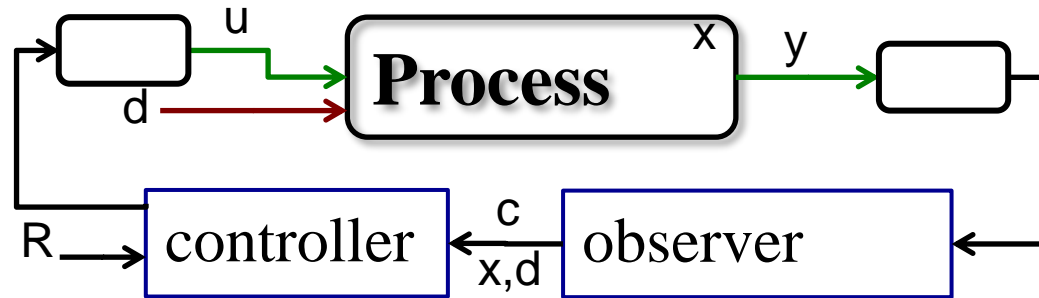
# Ροή πληροφορίας = Διάγραμμα βαθμίδων



# Στοιχεία και σήματα ενός ΣΑΕ



# Βασικές έννοιες: Κατηγορίες ρυθμιστών



## Controller design

- Classical control (1930-)
  - Frequency domain (Laplace)
  - Proportional/Integral/Differential
- Modern control (1960-)
  - State space domain (ODEs)
  - Linear controllers
  - Optimal controllers
  - Nonlinear controllers
    - Adaptive controllers

## Observer design

- Linear
  - Luenberger
  - Kalman
  - Lyapunov
- Nonlinear
  - Fuzzy observers
  - Neural nets
  - Adaptive observers

## Structure & parameters

- Experimentally
- Model-based
  - Empirical
  - Fundamental

# Στόχοι μαθήματος:

- Αναπτύξτε τις απαραίτητες δεξιότητες για να επιτύχετε ως μηχανικοί ελέγχου βιομηχανικών διεργασιών.
  - Γνώση της ορολογίας
  - Σχεδιασμός του βρόγχου ρύθμισης
  - Βαθμονόμηση του ρυθμιστή
  - Επίλυση προβλημάτων κατά την εφαρμογή
- Βασικές γνώσεις
  - Ανάλυση δυναμικής διεργασιών
  - Αυτόματη ρύθμιση διεργασιών



# Βήματα της Ρύθμισης Διεργασιών



1. Καθορισμός της διεργασίας που εξετάζεται
  2. Ανάλυση Διεργασίας
  3. Σύνθεση δομής συστήματος αυτομάτου ελέγχου
  4. Έκδοση μελέτης και εγχειριδίου λειτουργίας
- } A. δυναμική
- } B. ρύθμιση

Το μάθημα θα ασχοληθεί πρώτα με την δυναμική ανάλυση και μετά με την ρύθμιση.

# Βήματα της Ρύθμισης Διεργασιών, μέρος Α



## 1. Καθορισμός της διεργασίας που εξετάζεται

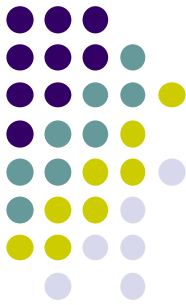
- a. Διατύπωση υποθέσεων
- b. Ταξινόμηση μεταβλητών (χειριζόμενες, διαταραχές, εσωτερικές, ελεγχόμενες, μετρούμενες)
- c. Διατύπωση μοντέλου διεργασίας
- d. Προσδιορισμός του επιθυμητού σημείου λειτουργίας
- e. Διατύπωση περιγραφής χώρου κατάστασης
- f. Διατύπωση περιγραφής συναρτήσεων μεταφοράς
- g. Αναγνώριση διεργασιών (αν χρειάζεται)

## 2. Ανάλυση Διεργασίας

- a. Ανάλυση παρατηρησιμότητας
- b. Ανάλυση ελεγκσιμότητας / ρυθμισιμότητας
- c. Ανάλυση ευστάθειας
- d. Ανάλυση δυναμικής συμπεριφοράς
  - a. Απόκριση σε παλμική αλλαγή
  - b. Απόκριση σε ημιτονική αλλαγή



# Βήματα της Ρύθμισης Διεργασιών, μέρος Β



1. Καθορισμός της διεργασίας που εξετάζεται
2. Ανάλυση Διεργασίας
3. **Σύνθεση δομής συστήματος αυτομάτου ελέγχου**
  - a. Διατύπωση της ερώτησης ελέγχου
  - b. Προσθήκη ενεργοποιητών/αισθητήρων στην περιγραφή
  - c. Κατασκευή των ρυθμιστών
  - d. Κατασκευή των παρατηρητών
  - e. Ανάλυση κλειστού βρόχου
  - f. Βαθμονόμηση ρυθμιστών
  - g. Βαθμονόμηση παρατηρητών
  - h. Αναδιατύπωση του ερωτήματος ελέγχου και επιστροφή στο [e]
  - i. Διασφάλιση ασφαλούς λειτουργίας και πρόσθεση συναγερμών
4. **Έκδοση μελέτης και εγχειριδίου λειτουργίας**
  - a. Περιγραφή συστήματος ρύθμισης
  - b. Συστάσεις και σημεία προσοχής