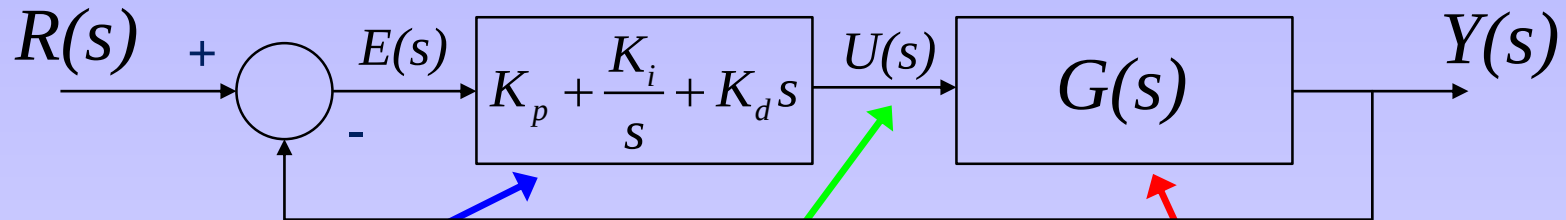


Εισαγωγικές έννοιες θεωρίας Συστημάτων Αυτομάτου Ελέγχου ΜΕΡΟΣ 2ο ΕΛΕΓΚΤΕΣ -CONTROLLERS

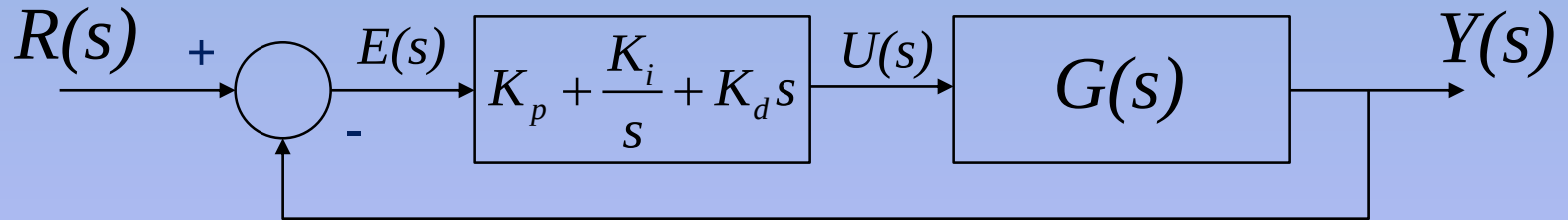
Controllers - Ελεγκτές

Στις επόμενες ενότητες θα εξετασθούν οι βιομηχανικοί ελεγκτές ή ελεγκτές τριών όρων **PID**, (με τους διάφορους συνδυασμούς τους όπως: **P**, **PI** ή **PID**). Η προτίμηση των ελεγκτών **PID** οφείλεται εν μέρει στην σθεναρή και εν μέρει στην απλή τους λειτουργία, κάτω από πολλές και διαφορετικές συνθήκες.

Η υλοποίηση ενός τέτοιου ελεγκτή βασίζεται στον προσδιορισμό των τριών παραμέτρων K_p , K_i , K_d



Ο **Ελεγκτής** παράγει το **σήμα διέγερσης** για το **Ελεγχόμενο σύστημα**



Σήμα εξόδου του ελεγκτή στο πεδίο του χρόνου

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

Σήμα εξόδου του ελεγκτή στο πεδίο του Laplace

$$U(s) = \left(K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s \right) E(s)$$

Η έξοδος του ελεγκτή **PID** σχηματίζεται από το άθροισμα τριών όρων,

- ενός όρου **P (Proportional)** ανάλογου του σφάλματος,
- ενός όρου **I (Integral)** ανάλογου του ολοκληρώματος του σφάλματος και
- ενός όρου **D (Derivative)** ανάλογου της παραγώγου του σφάλματος.

Ορισμοί

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$$
$$= K_p \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right)$$

integral time constant

σταθερά χρόνου ολοκλήρωσης

όπου $T_i = \frac{K_p}{K_i}$,

proportional gain
Αναλογικό κέρδος

integral gain
Ολοκληρωτικό κέρδος

derivative time constant

σταθερά χρόνου διαφορίσης

$$T_d = \frac{K_d}{K_p}$$

derivative gain
Διαφορικό κέρδος

Επιρροή των όρων **P**, **I** και **D** στην απόκριση του συστήματος

- Ο **αναλογικός όρος P** βοηθά στη βελτίωση της συμπεριφοράς του συστήματος τόσο στην μεταβατική όσο και στην μόνιμη κατάσταση, αλλά αδυνατεί να εξαλείψει πλήρως το μόνιμο σφάλμα. Δεν μπορεί να αντεπεξέλθει ικανοποιητικά σε όλους τους τύπους των συστημάτων και των εξωτερικών διαταραχών, γι' αυτό (όπου απαιτείται) συνδυάζεται μαζί με άλλους όρους.
- Ο **ολοκληρωτικός όρος I** χρησιμοποιείται σε συστήματα που παρουσιάζουν σφάλμα στη μόνιμη κατάσταση, αφού για όσο χρόνο υπάρχει σφάλμα, η έξοδος του ελεγκτή, λόγω του ολοκληρώματος αυξάνεται με αποτέλεσμα την εξάλειψη του σφάλματος, αλλά αυτό γίνεται σε βάρος της ταχύτητας απόκρισης και της ευστάθειας του συστήματος.
- Ο **διαφορικός όρος D** αυξάνει την ευστάθεια του συστήματος και βελτιώνει τη συμπεριφορά του κατά τη μεταβατική κατάσταση, αλλά λόγω της επιβολής στην πράξη περιορισμού της εξόδου του ελεγκτή δεν χρησιμοποιείται ποτέ από μόνος του.

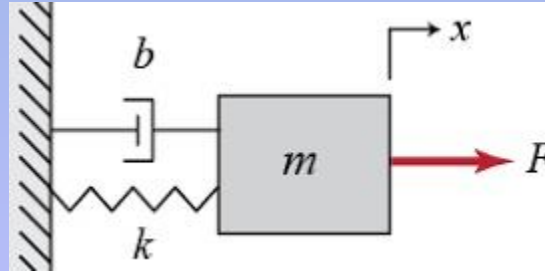
Επιρροή των όρων **P**, **I** και **D** στην απόκριση του συστήματος κλειστού βρόγχου

	Rise time Χρόνος ανόδου ή ανύψωσης (t_r)	Maximum overshoot Μέγιστη υπερύψωση (y_m)	Settling time Χρόνος αποκατάστασης (t_s)	Steady-state error Μόνιμο σφάλμα
P	ΜΕΙΩΣΗ	ΑΥΞΗΣΗ	Μικρή αλλαγή	ΜΕΙΩΣΗ
I	ΜΕΙΩΣΗ	ΑΥΞΗΣΗ	ΑΥΞΗΣΗ	ΕΞΑΛΕΙΨΗ
D	Μικρή αλλαγή	ΜΕΙΩΣΗ	ΜΕΙΩΣΗ	Μικρή αλλαγή

Να σημειωθεί ότι η συσχέτιση στον πίνακα μπορεί να μην είναι ακριβής, διότι οι όροι **K_p**, **K_i** και **K_d** είναι αλληλοεξαρτώμενοι.

Παράδειγμα εφαρμογής PID ελεγκτή

Έστω ότι έχουμε το εικονιζόμενο μηχανικό σύστημα.



Η μαθηματική περιγραφή είναι:

$$m\ddot{x} + b\dot{x} + kx = f$$

Μετασχηματίζοντας σε Laplace, παίρνουμε:

$$ms^2 X(s) + bsX(s) + kX(s) = F(s)$$

Η συνάρτηση μεταφοράς είναι:

$$\frac{X(s)}{F(s)} = \frac{1}{ms^2 + bs + k}$$

Έστω

$$m = 1\text{kg}, \quad b = 10 \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}}, \quad k = 20\text{N} / \text{m}, \quad f = 1\text{N}$$

Με αυτές τις τιμές η συνάρτηση που προκύπτει είναι:

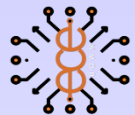
$$\frac{X(s)}{F(s)} = \frac{1}{s^2 + 10s + 20}$$

Σκοπός μας είναι να δούμε, πως κάθε ένας από τους όρους K_p , K_i και K_d συμβάλει στο να έχουμε:

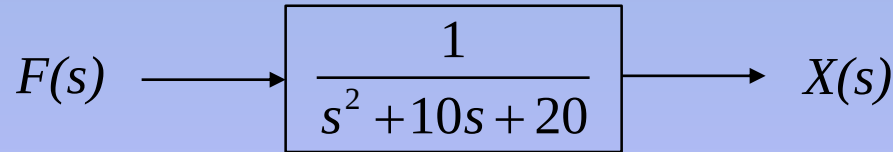
Μικρό χρόνο ανόδου

Ελάχιστη υπερύψωση

Μηδενικό μόνιμο σφάλμα



Διάγραμμα ανοιχτού συστήματος χωρίς ελεγκτή



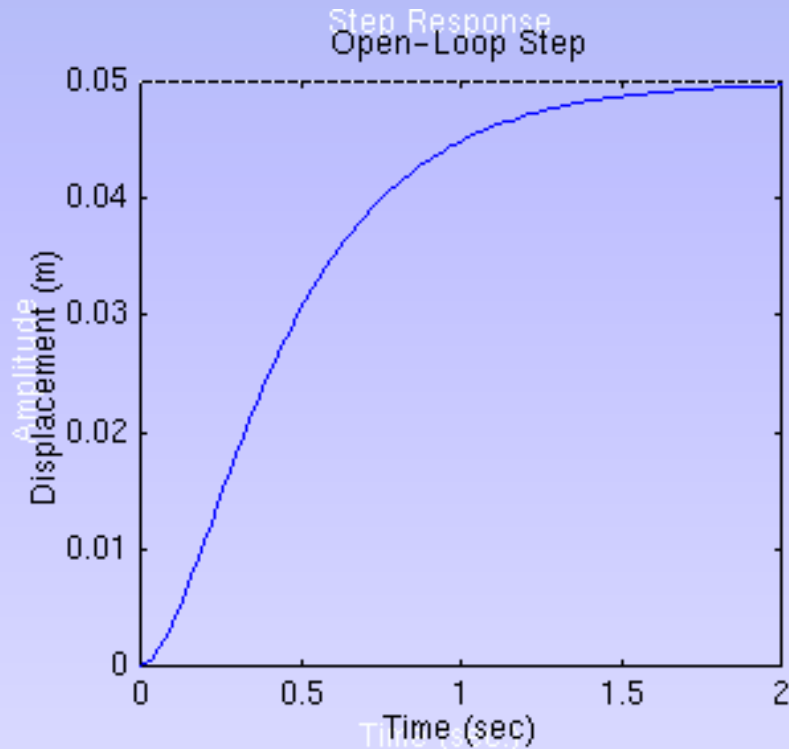
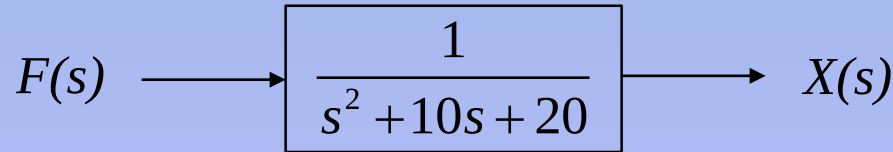
Η συνάρτηση μεταφοράς ανοιχτού βρόγχου είναι:

$$\frac{X(s)}{F(s)} = \frac{1}{s^2 + 10s + 20}$$

Η τιμή της εξόδου στη μόνιμη κατάσταση είναι:

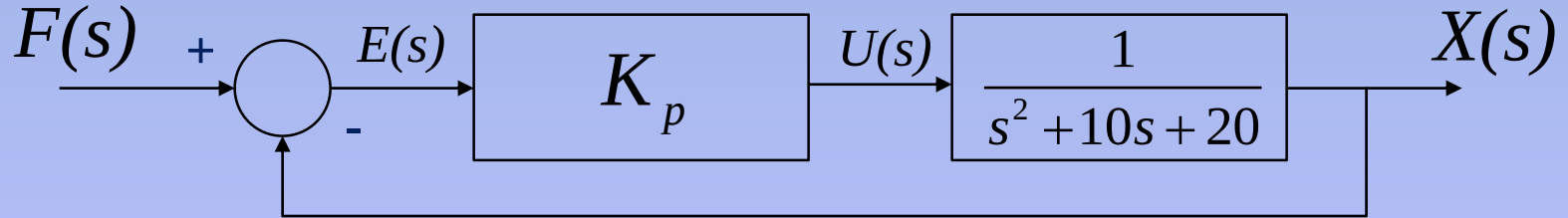
$$x_{ss} = \lim_{t \rightarrow \infty} x(t) = \lim_{s \rightarrow 0} sX(s) = \lim_{s \rightarrow 0} sF(s) \frac{X(s)}{F(s)} = \frac{1}{20}$$

Βηματική Απόκριση Συστήματος Ανοιχτού Βρόγχου



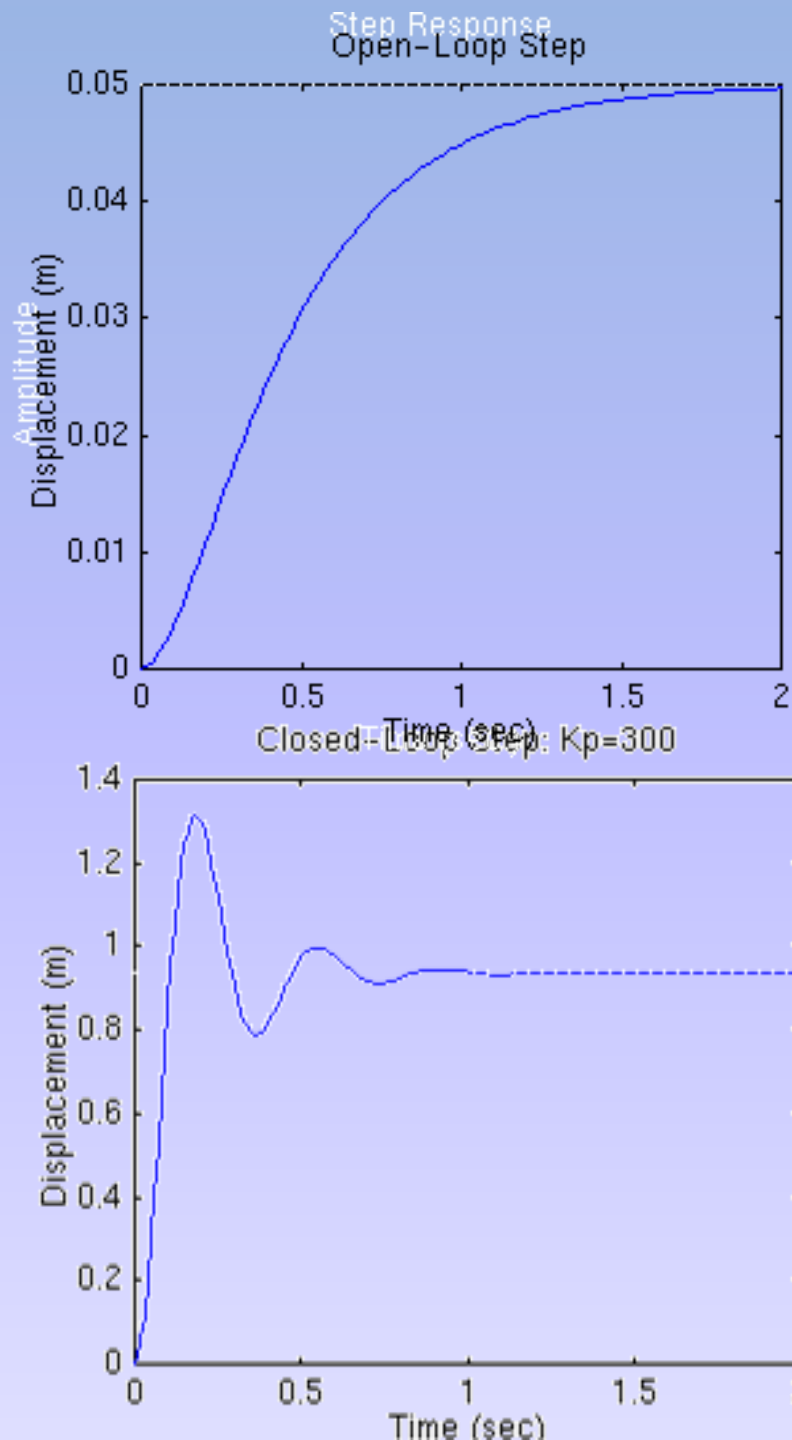
- $0.05=1/20$ είναι η τελική τιμή της εξόδου $X(t)$ σε μοναδιαία βηματική διέγερση.
- Αυτό σημαίνει ότι το μόνιμο σφάλμα στο ανοιχτό σύστημα είναι 95%.
- Ο χρόνος αποκατάστασης T_s είναι περίπου 1,5 sec.

P Controller - Αναλογικός Ελεγκτής



Η **ΣΜ** του συστήματος κλειστού βρόγχου είναι:

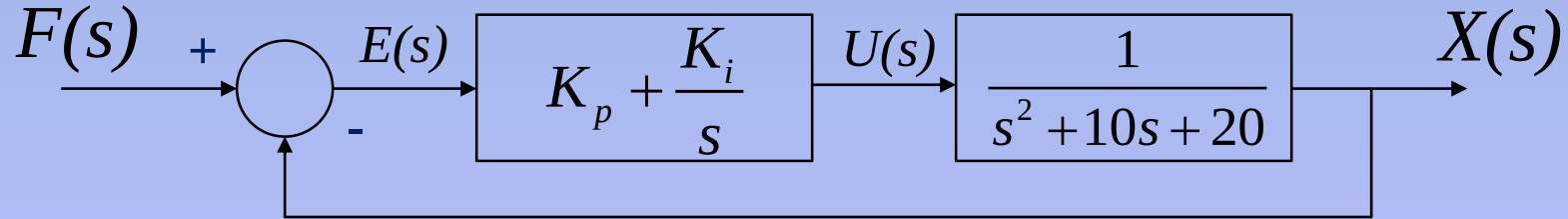
$$\frac{X(s)}{F(s)} = \frac{\frac{K_p}{s^2 + 10s + 20}}{1 + \frac{K_p}{s^2 + 10s + 20}} = \frac{K_p}{s^2 + 10s + (20 + K_p)}$$



Επιλέγοντας $K_p = 300$

Από τη γραφική παράσταση της απόκρισης φαίνεται ότι ο αναλογικός ελεγκτής, μειώνει το χρόνο ανόδου και το μόνιμο σφάλμα αυξάνει την υπερύψωση και επιφέρει Μικρή αλλαγή στο χρόνο αποκατάστασης.

PI Controller Αναλογικός-Ολοκληρωτικός Ελεγκτής



Η **ΣΜ** του συστήματος κλειστού βρόγχου είναι:

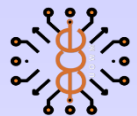
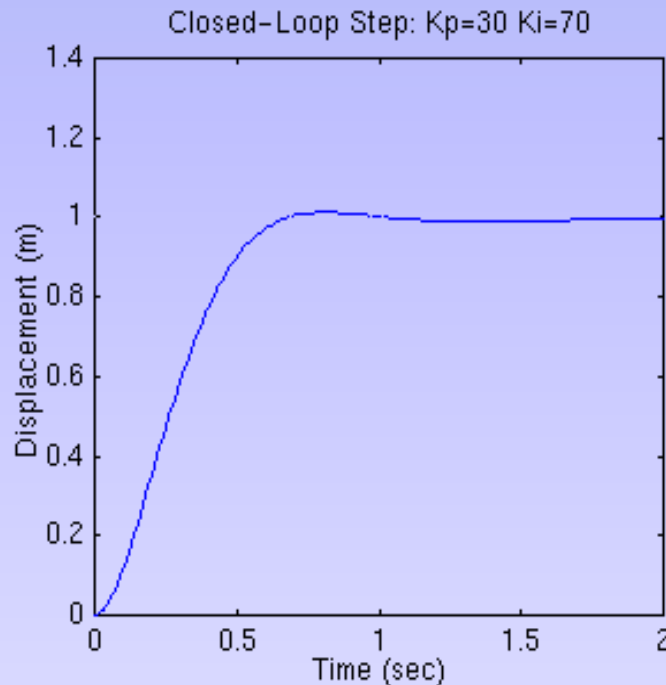
$$\frac{X(s)}{F(s)} = \frac{\frac{K_p + K_i / s}{s^2 + 10s + 20}}{1 + \frac{K_p + K_i / s}{s^2 + 10s + 20}} = \frac{K_p s + K_i}{s^3 + 10s^2 + (20 + K_p)s + K_i}$$

PI Controller Αναλογικός-Ολοκληρωτικός Ελεγκτής

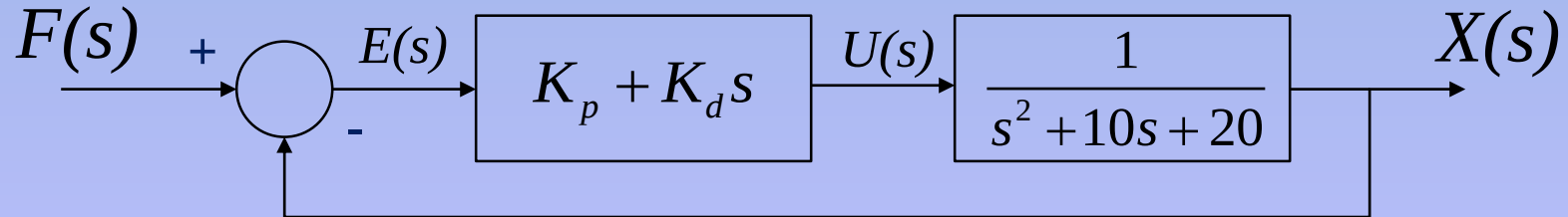
Επιλέγοντας

$K_p = 30$ και $K_i = 70$

Από τη γραφική παράσταση της απόκρισης φαίνεται ότι ο αναλογικός ολοκληρωτικός ελεγκτής, μειώνει το χρόνο ανόδου και μηδενίζει το μόνιμο σφάλμα.



PD Controller Αναλογικός-Διαφορικός Ελεγκτής



Η **ΣΜ** του συστήματος κλειστού βρόγχου είναι:

$$\frac{X(s)}{F(s)} = \frac{\frac{K_p + K_d s}{s^2 + 10s + 20}}{1 + \frac{K_p + K_d s}{s^2 + 10s + 20}} = \frac{K_p + K_d s}{s^2 + (10 + K_d)s + (20 + K_p)}$$

PD Controller Αναλογικός-Διαφορικός Ελεγκτής

Επιλέγοντας

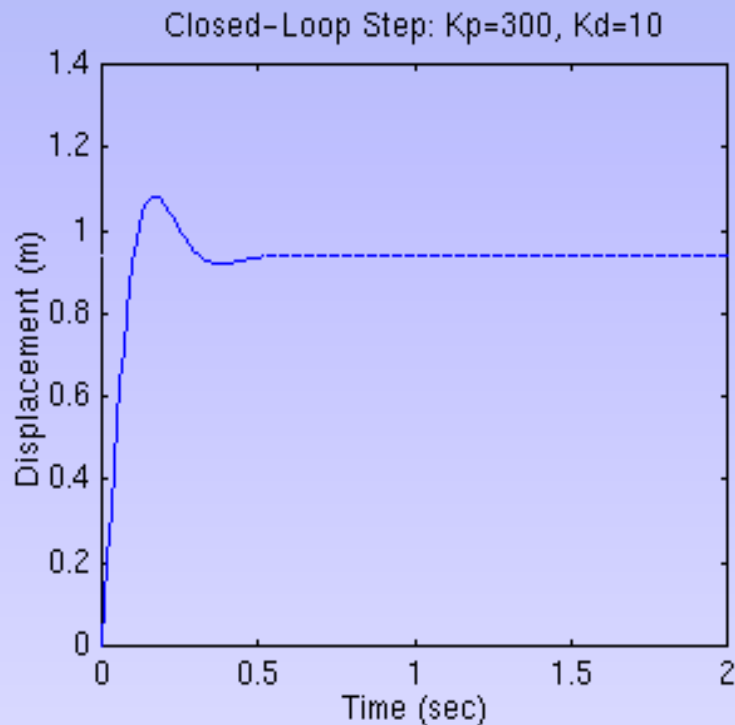
$K_p = 300$ και $K_d = 10$

Από τη γραφική παράσταση της απόκρισης φαίνεται ότι ο

Αναλογικός-Διαφορικός ελεγκτής, μειώνει την

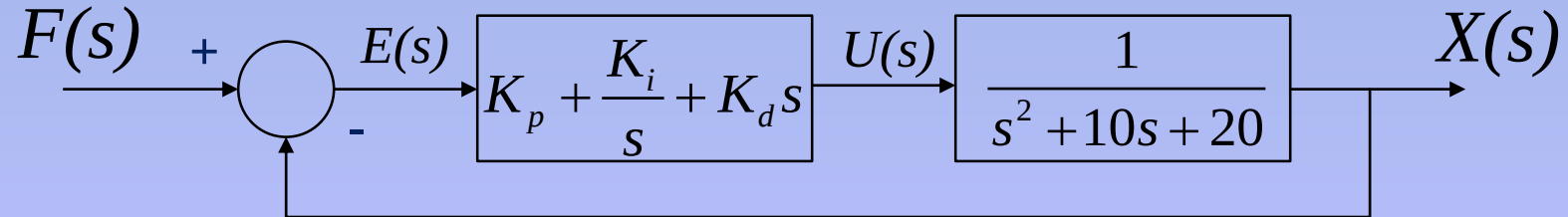
υπερύψωση και το χρόνο

αποκατάστασης ενώ έχει μικρή επιρροή στο χρόνο ανύψωσης και στο μόνιμο σφάλμα



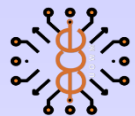
PID Controller

Αναλογικός-Ολοκληρωτικός-Διαφορικός Ελεγκτής



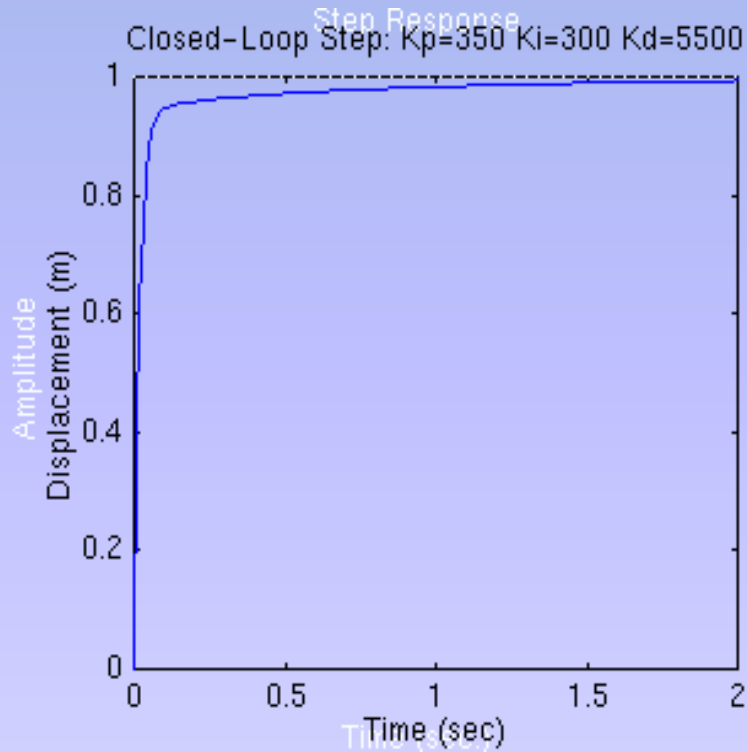
Η **ΣΜ** του συστήματος κλειστού βρόγχου είναι:

$$\begin{aligned} \frac{X(s)}{F(s)} &= \frac{\frac{K_p + K_d s + K_i / s}{s^2 + 10s + 20}}{1 + \frac{K_p + K_d s + K_i / s}{s^2 + 10s + 20}} = \\ &= \frac{K_d s^2 + K_p s + K_i}{s^3 + (10 + K_d)s^2 + (20 + K_p)s + K_i} \end{aligned}$$

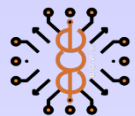


PID Controller

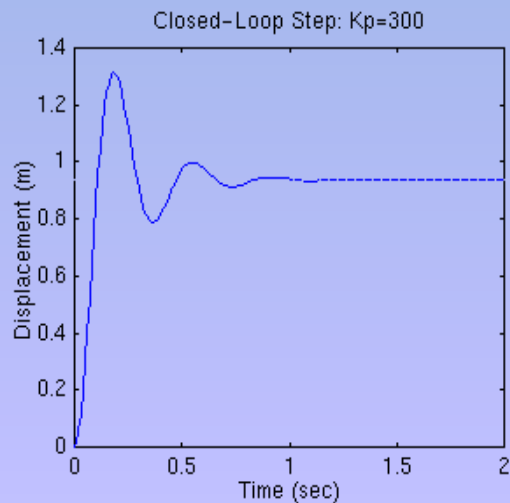
Αναλογικός-Ολοκληρωτικός-Διαφορικός Ελεγκτής



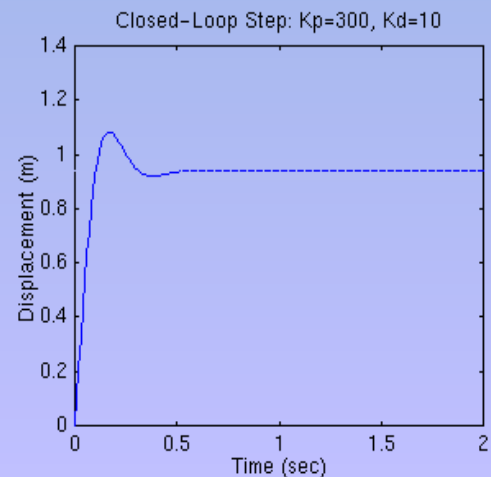
Επιλέγοντας
 $K_p = 350$ $K_i = 300$ $K_d = 5500$
Έχουμε τη
ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ



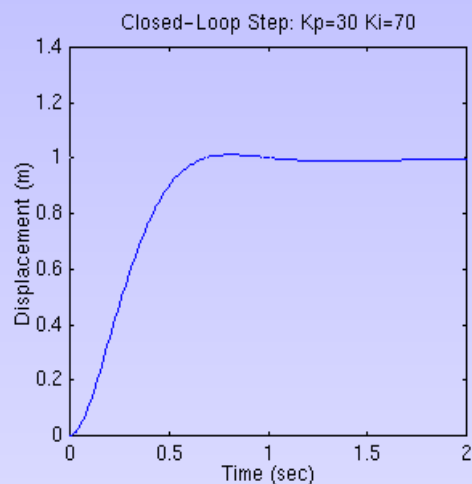
P



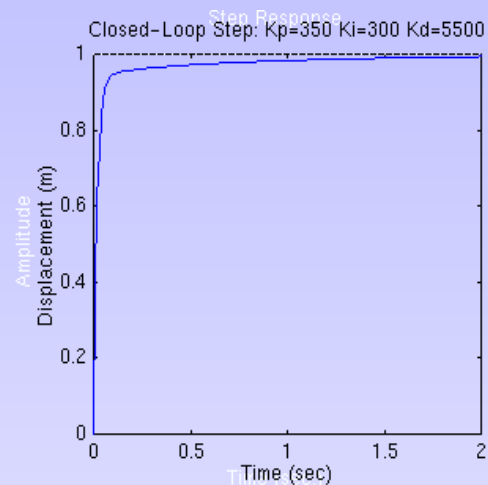
PD

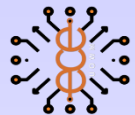


PI



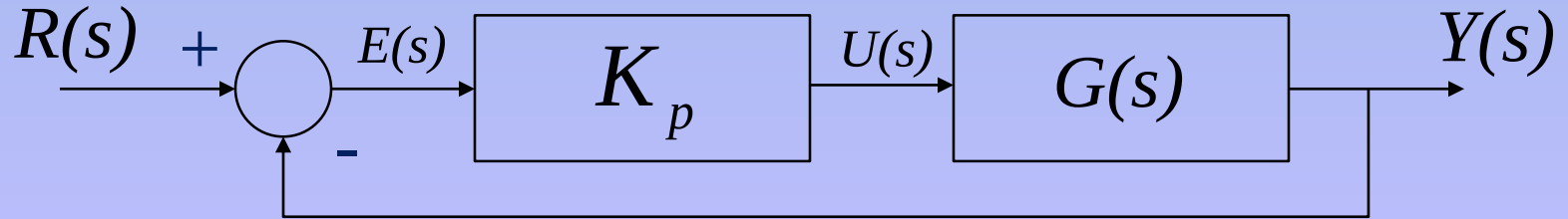
PID



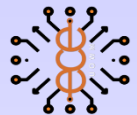


Επίδραση του Αναλογικού, Ολοκληρωτικού και Διαφορικού κέρδους στη Δυναμική Απόκριση του Συστήματος

Αναλογικός Ελεγκτής



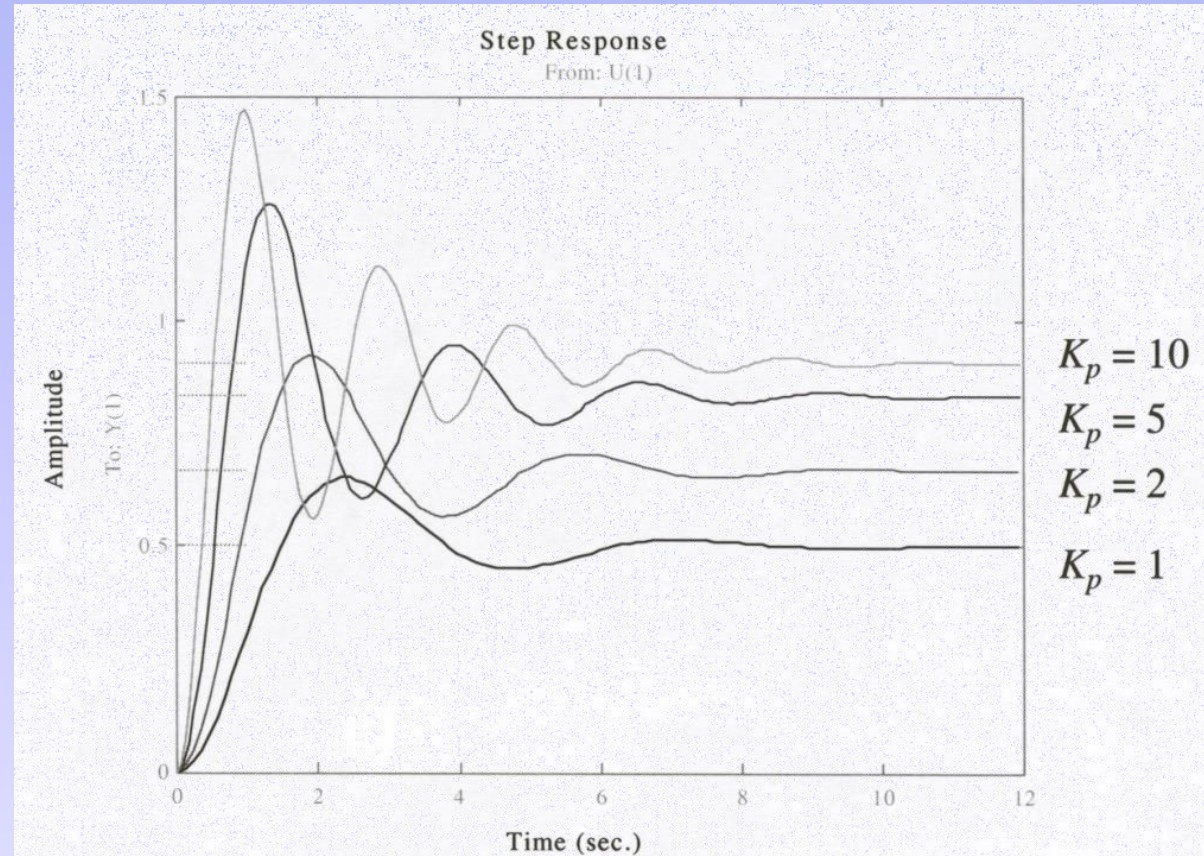
$$U(s) = E(s)K_p \Rightarrow u(t) = K_p e(t)$$



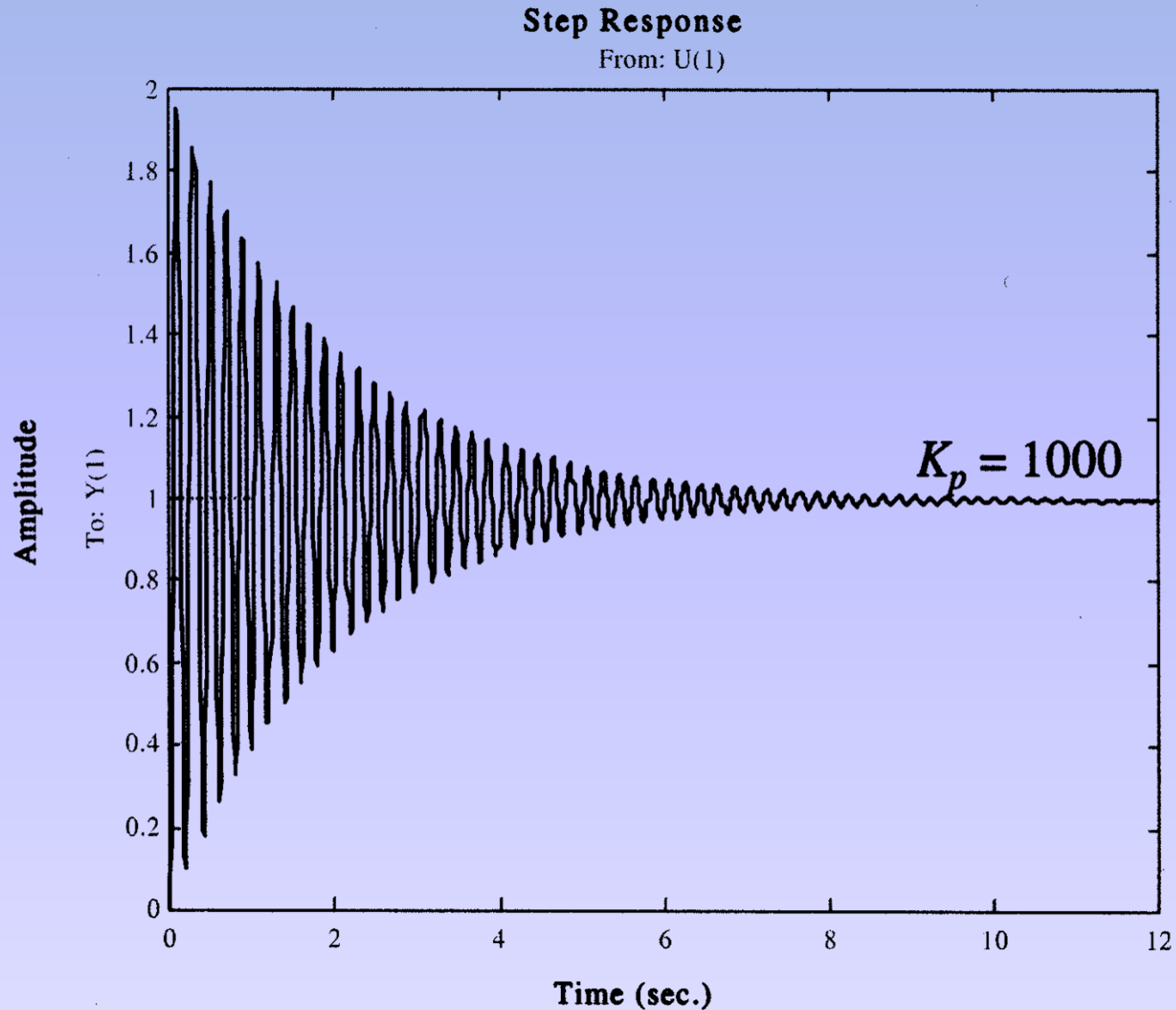
Μεταβολή του κέρδους σε Αναλογικό Ελεγκτή

Αύξηση του κέρδους:

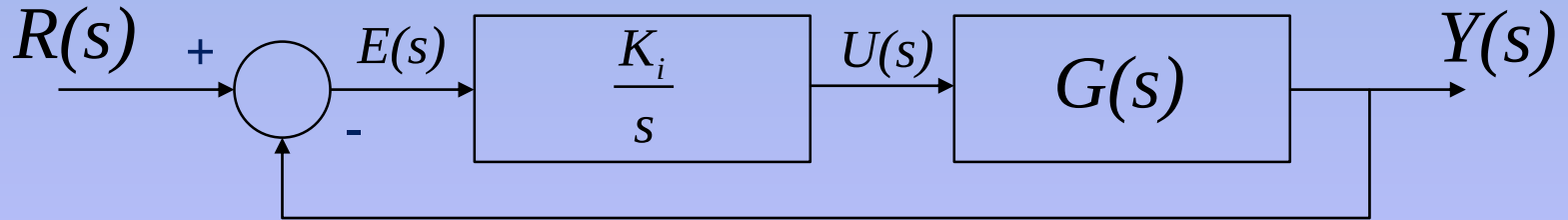
- Βελτιώνει την μεταβατική και την μόνιμη απόκριση
- Μειώνει το μόνιμο σφάλμα.
- *Μειώνει την Ευστάθεια !*



Αναλογικός Ελεγκτής με πολύ μεγάλο κέρδος



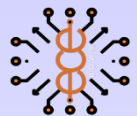
Ολοκληρωτικός Ελεγκτής

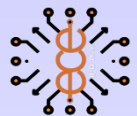


$$E(s) \frac{K_i}{s} = U(s) \Rightarrow u(t) = K_i \int_0^t e(t) dt$$

Το Ολοκλήρωμα του σφάλματος με σταθερό κέρδος επιφέρει:

- **Αύξηση** του τύπου του συστήματος κατά 1
- **Εξάλειψη** του μονίμου σφάλματος σε βηματική διέγερση
- **Αύξηση** της υπερύψωσης και των ταλαντώσεων



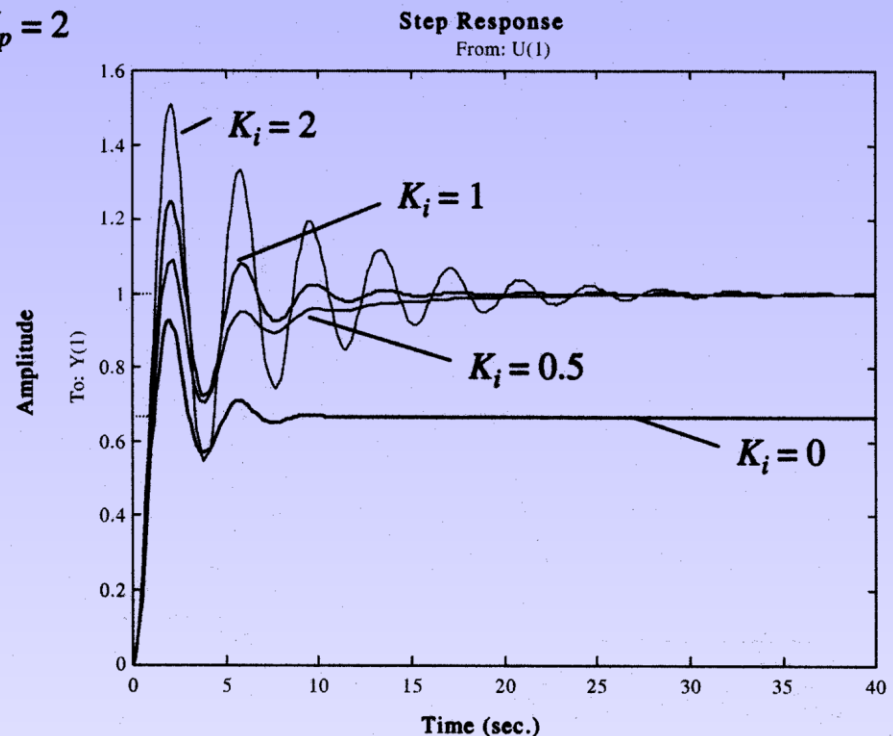


Αύξηση του κέρδους σε Αναλογικό-Ολοκληρωτικό Ελεγκτή (PI)

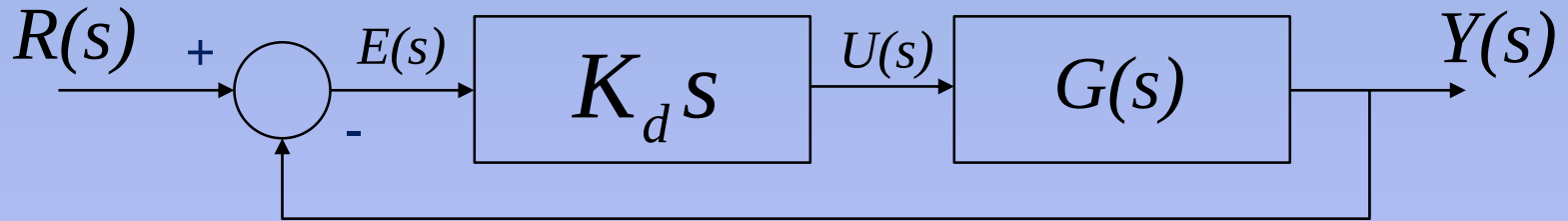
Αύξηση του κέρδους :

- Δεν βελτιώνει τη μόνιμη απόκριση
- Αυξάνει ελαφρώς το χρόνο αποκατάστασης
- Αύξηση της υπερύψωσης και των ταλαντώσεων

$K_p = 2$



Διαφορικός Ελεγκτής



$$E(s)K_d s = U(s) \Rightarrow u(t) = K_d \frac{de(t)}{dt}$$

Διαφόριση του σφάλματος με σταθερό κέρδος

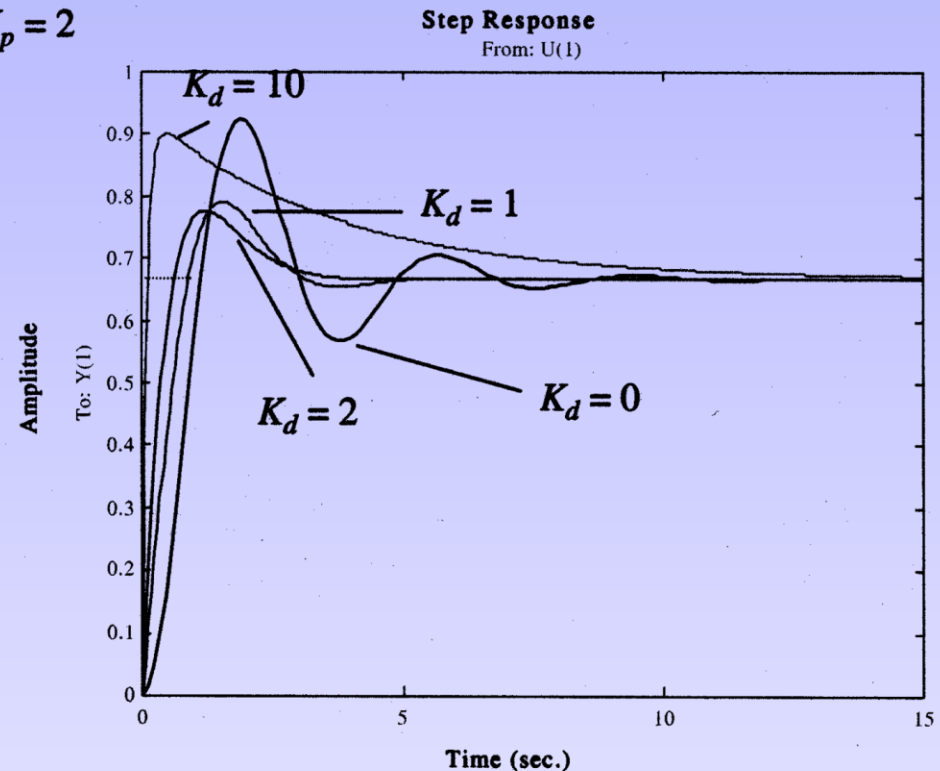
- γρήγορη ανίχνευση των μεταβολών της εξόδου
- μείωση υπερύψωσης και ταλαντώσεων
- δεν επηρεάζει τη μόνιμη απόκριση
- βελτίωση της μεταβατικής απόκρισης

Αύξηση του κέρδους σε Αναλογικό-Διαφορικό Ελεγκτή (PD)

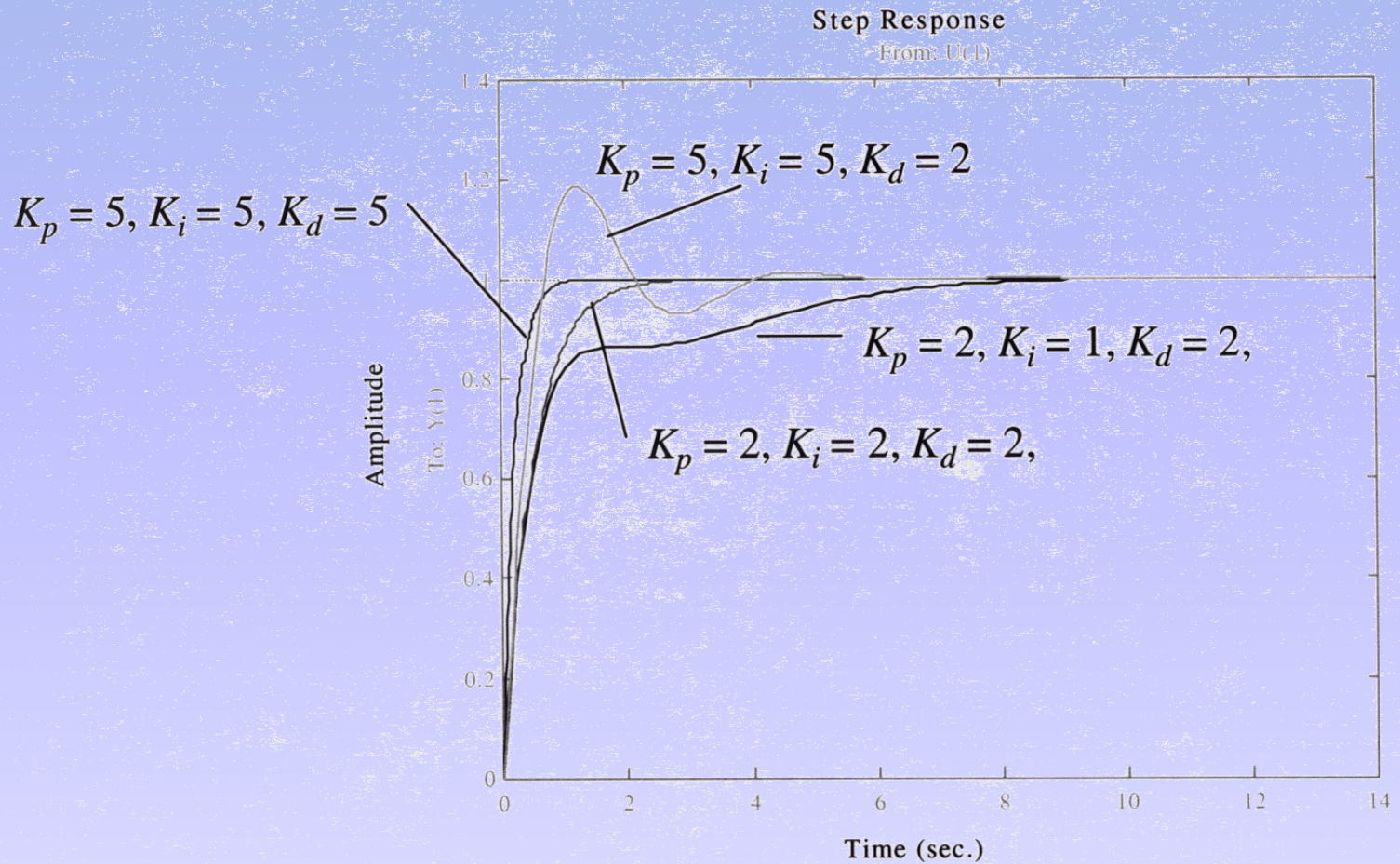
Αύξηση του κέρδους :

- βελτίωση της μεταβατικής απόκρισης
- Μείωση της κορυφής και του χρόνου ανόδου
- *Αύξηση της υπερύψωσης και του χρόνου αποκατάστασης!*

$K_p = 2$

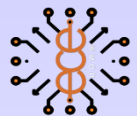


Μεταβολές κέρδους σε Ελεγκτή PID

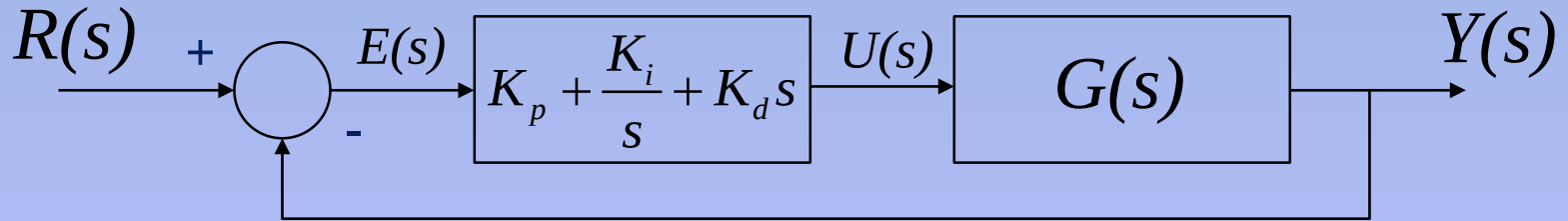


ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Αυξάνοντας το αναλογικό κέρδος **μειώνεται το μόνιμο σφάλμα**, αν όμως το αυξήσουμε πολύ το σύστημα **αποσταθεροποιείται**.
- Ο Ολοκληρωτικός έλεγχος επιφέρει **ισχυρή μείωση του μόνιμου σφάλματος**, αλλά συχνά **μειώνει την ευστάθεια** του συστήματος.
- Ο Διαφορικός έλεγχος **αυξάνει την απόσβεση και βελτιώνει την ευστάθεια** χωρίς να επηρεάζει το μόνιμο σφάλμα



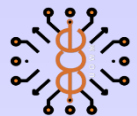
Περιγραφή PID Ελεγκτή



Ο βασικός τύπος PID ελεγκτή περιγράφεται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$U(s) = \left(K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s \right) E(s)$$

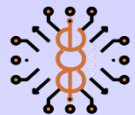
$$\text{or} \quad U(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i} s + T_d s \right) E(s)$$



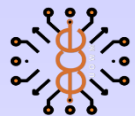
Μαθηματικό μοντέλο ελέγχου που χρησιμοποιείται από τον ελεγκτή Twido

$$u(i) = K_p \left\{ \varepsilon(i) + (T_s / T_i) \sum \varepsilon(j) + T_d / T_s [\varepsilon(i) - \varepsilon(i-1)] \right\}$$

- **Kp** το αναλογικό κέρδος του ελεγκτή
- **Ti** η ολοκληρωτική σταθερά χρόνου
- **Td** η διαφορική σταθερά χρόνου
- **Ts** η περίοδος δειγματοληψίας
- **ε(i)** η απόκλιση **ε(i)=set point-μεταβλητή διεργασίας**



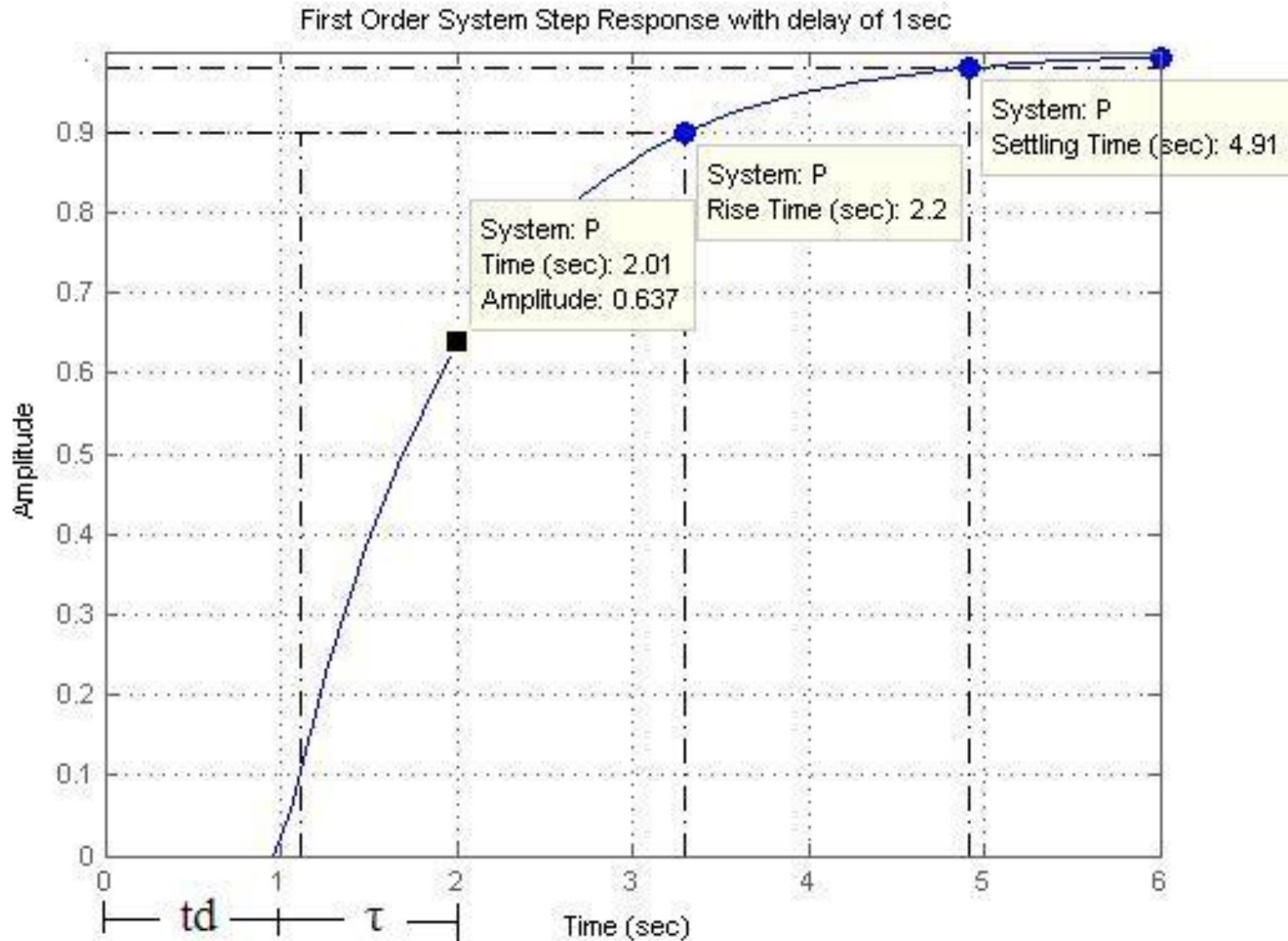
- Στην προηγούμενη εξίσωση, μια από τις παραμέτρους για τη ρύθμιση του ελέγχου PID είναι η περίοδος δειγματοληψίας T_s .
- Η περίοδος δειγματοληψίας T_s εξαρτάται από τη χρονική σταθερά τ ,
- Η χρονική σταθερά τ , είναι μία παράμετρος η οποία είναι εσωτερική στη **διεργασία** την οποία ο **PID** καλείται να ελέγξει.
- Οι απλές διεργασίες μπορούν να προσεγγιστούν ικανοποιητικά από ένα **μοντέλο πρώτης τάξης με χρονική καθυστέρηση**.



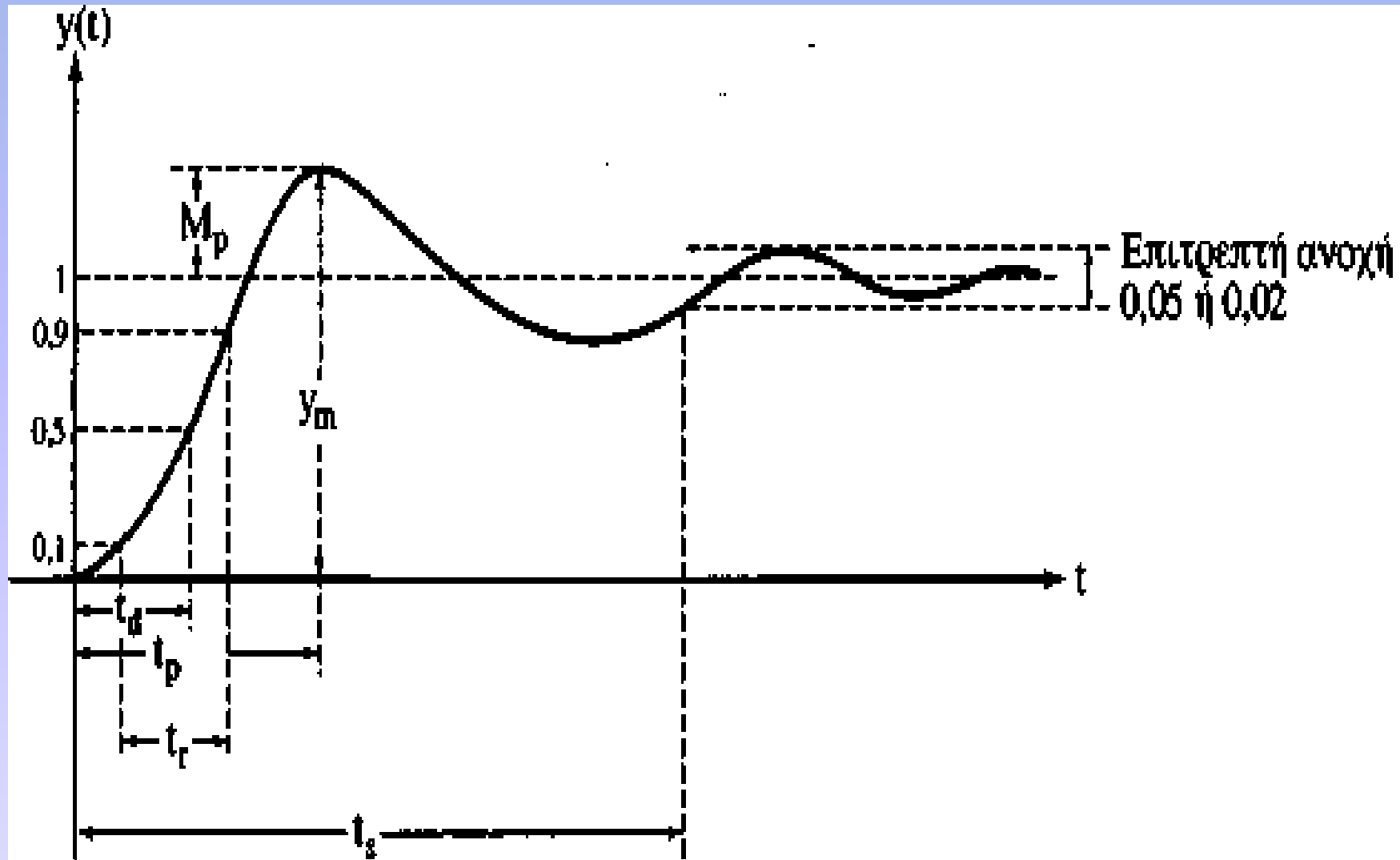
Η συνάρτηση μεταφοράς ενός τέτοιου συστήματος, διεργασίας ανοιχτού βρόχου, έχει την παρακάτω μορφή στο πεδίο του Laplace:

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{K}{1 + \tau \cdot s} \cdot e^{-t_d \cdot s}$$

Βηματική Απόκριση Συστήματος 1^{ης} τάξης με καθυστέρηση

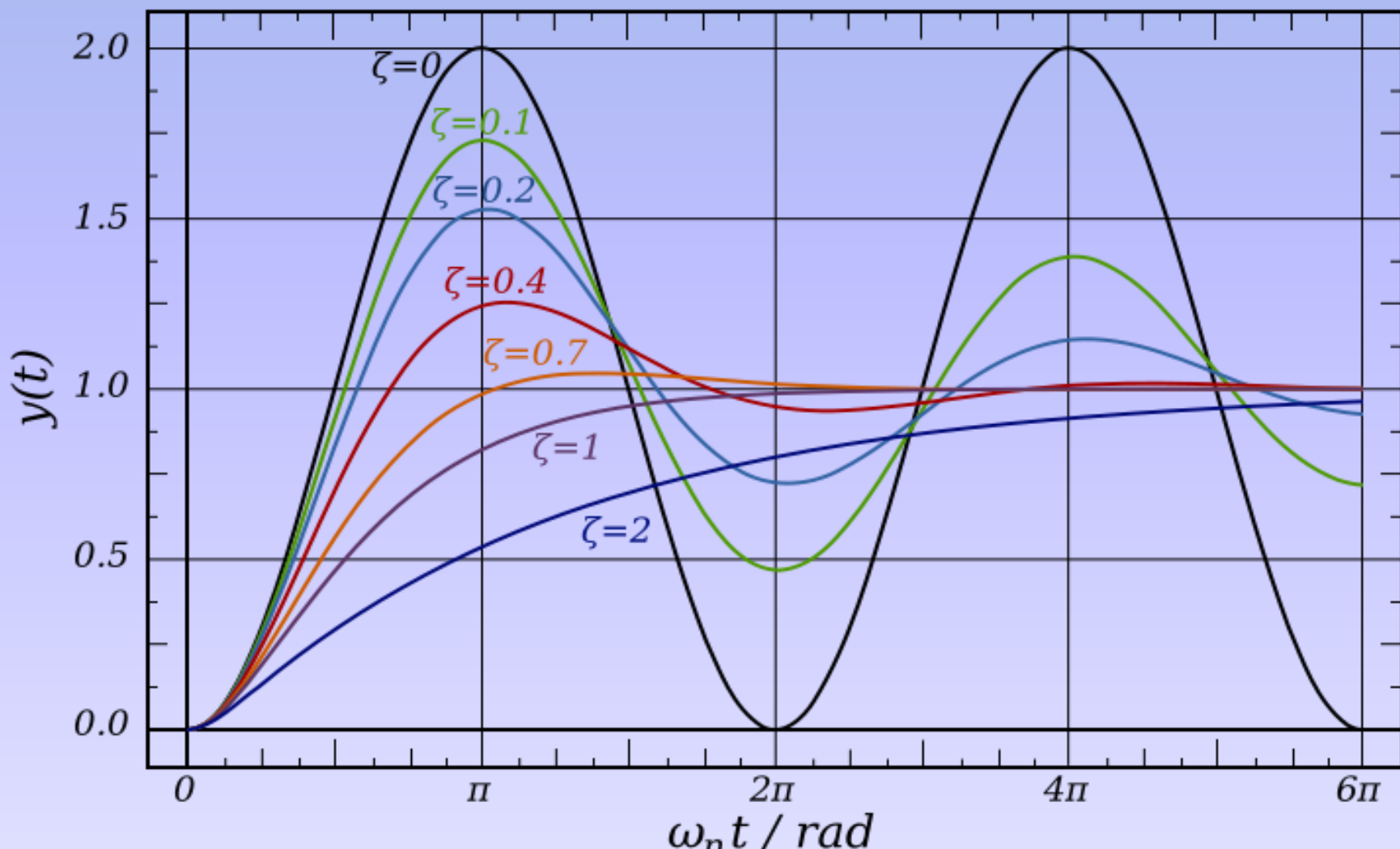


Βηματική Απόκριση Συστήματος 2^{ης} τάξης



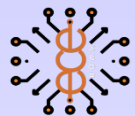
Βηματική Απόκριση Συστήματος 2^{ης} τάξης

$$T(s) = \frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$



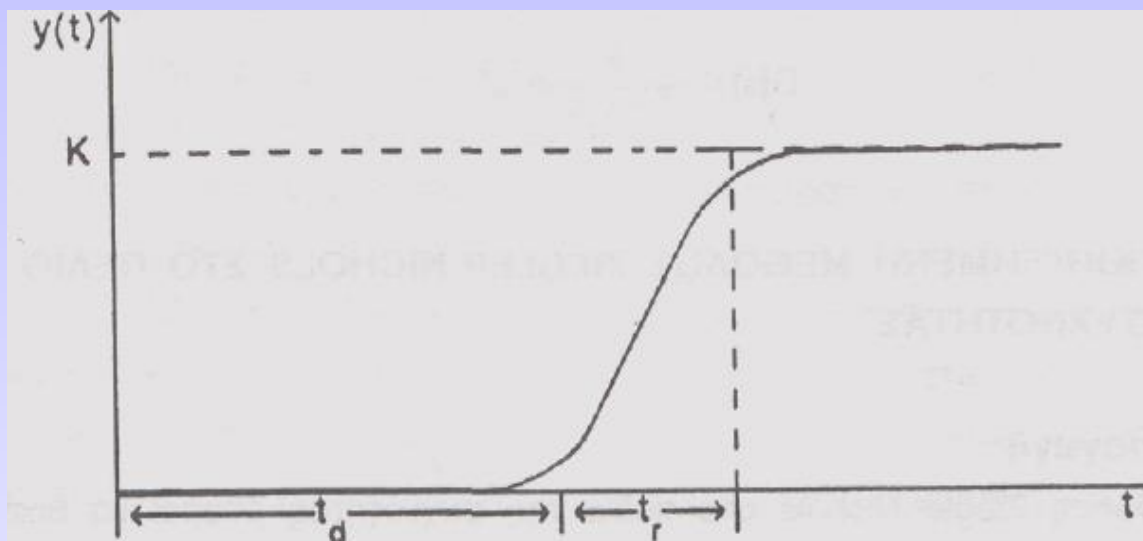
Σχεδίαση ρυθμιστών PID με την μέθοδο των ZIEGLER και NICHOLS

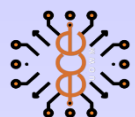
Για ακόμα μεγαλύτερη ευκολία στον προσδιορισμό των παραμέτρων K_p , T_i και T_d και για περιπτώσεις όπου δεν είναι διαθέσιμο κάποιο μαθηματικό μοντέλο για το υπό έλεγχο σύστημα, οι Ziegler και Nichols, έχουν προτείνει τις πιο κάτω δύο μεθόδους:



Η μέθοδος της μεταβατικής απόκρισης.

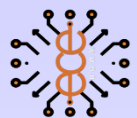
Διεγείρουμε το υπό έλεγχο σύστημα με την μοναδιαία βηματική συνάρτηση. Η μεταβατική απόκριση του ανοικτού υπό έλεγχο συστήματος είναι, εν γένει, όπως στο παρακάτω σχήμα. Εισάγουμε τις παραμέτρους θ και t_d , όπου $\theta = K/tr$ όπου tr χρόνος που απαιτείται για να φτάσει το σύστημα την επιθυμητή τιμή και όπου t_d = χρόνος καθυστέρησης (χρόνος αντίδρασης του συστήματος). Με στόχο να πετύχουμε συντελεστή απόσβεσης περίπου $\zeta = 0.2$, οι παράμετροι K_p , T_i και T_d εκλέγονται όπως στο πίνακα της επόμενης διαφάνειας.





Οι τιμές των παραμέτρων K_p , T_i και T_d των Ziegler και Nichols με τη μέθοδο της μεταβατικής απόκρισης

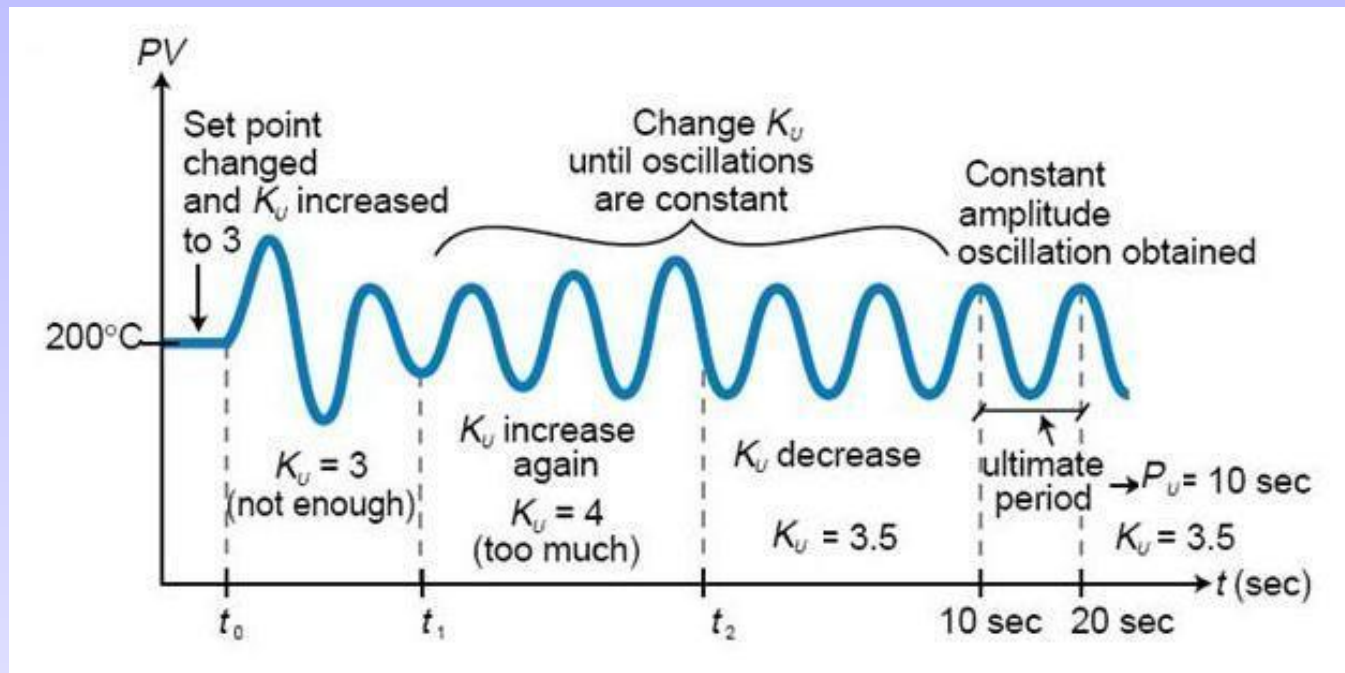
Ρυθμιστής		K_p	T_i	T_d
Αναλογικός	P	$\frac{1}{t_d \theta}$		
Αναλογικός- Ολοκληρωτικός	PI	$\frac{0.9}{t_d \theta}$	$3.3t_d$	
Αναλογικός- Ολοκληρωτικός- Διαφορικός	PID	$\frac{1.2}{t_d \theta}$	$2t_d$	$0.5t_d$



Η μέθοδος ορίου ευστάθειας

Πρώτα ελέγχουμε το σύστημα μόνο με αναλογικό ρυθμιστή, αυξάνοντας την παράμετρο K_p σιγά-σιγά έως ότου έχουμε συντηρούμενη ταλάντωση.

Στο σημείο αυτό, σημειώνουμε την τιμή της παραμέτρου K_p , που συμβολίζουμε με K_u και την αντίστοιχη περίοδο ταλάντωσης, που συμβολίζουμε με P_u τότε οι παράμετροι K_p , T_i και T_d εκλέγονται από τον πίνακα της επόμενης διαφάνειας.



Οι τιμές των παραμέτρων K_p , T_i και T_d των Ziegler και Nichols με την μέθοδο του ορίου ευστάθειας

Ρυθμιστής		K_p	T_i	T_d
Αναλογικός	P	$K_u / 2$		
Αναλογικός-Ολοκληρωτικός	PI	$K_u / 2.2$	$P_u / 1.2$	
Αναλογικός-Ολοκληρωτικός-Διαφορικός	PID	$K_u 1.7$	$P_u / 2$	$P_u / 8$

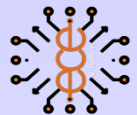
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΛΟΓΙΚΟΙ ΕΛΕΓΚΤΕΣ

Programmable Logic Controllers PLCs



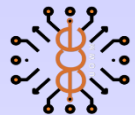
Typical PLCs

1. Ορισμός του PLC.
2. Εφαρμογές του PLC.
3. Αρχιτεκτονική δομή του PLC.
4. Πλεονεκτήματα της χρήσης του PLC στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις ελέγχου έναντι των συμβατικών εξαρτημάτων.
5. Τρόποι προγραμματισμού του PLC.



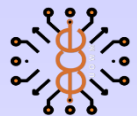
Ορισμός του PLC

- Είναι προγραμματιζόμενη ηλεκτρονική συσκευή (βιομηχανικός Η/Υ), που δέχεται σήματα εισόδου από διακόπτες και αισθητήρες.
- Αξιολογεί τα σήματα εισόδου σύμφωνα με ένα αποθηκευμένο πρόγραμμα και παράγει σήματα εξόδου για τον έλεγχο μηχανών και γενικά διαδικασιών παραγωγής.

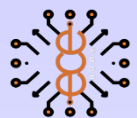
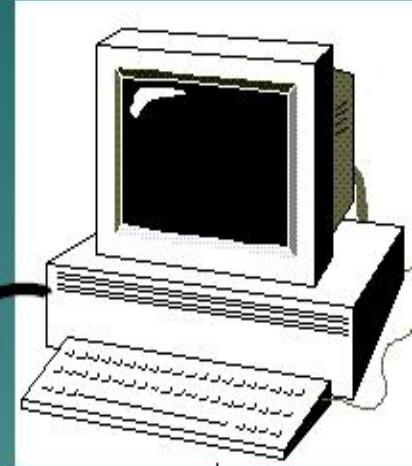
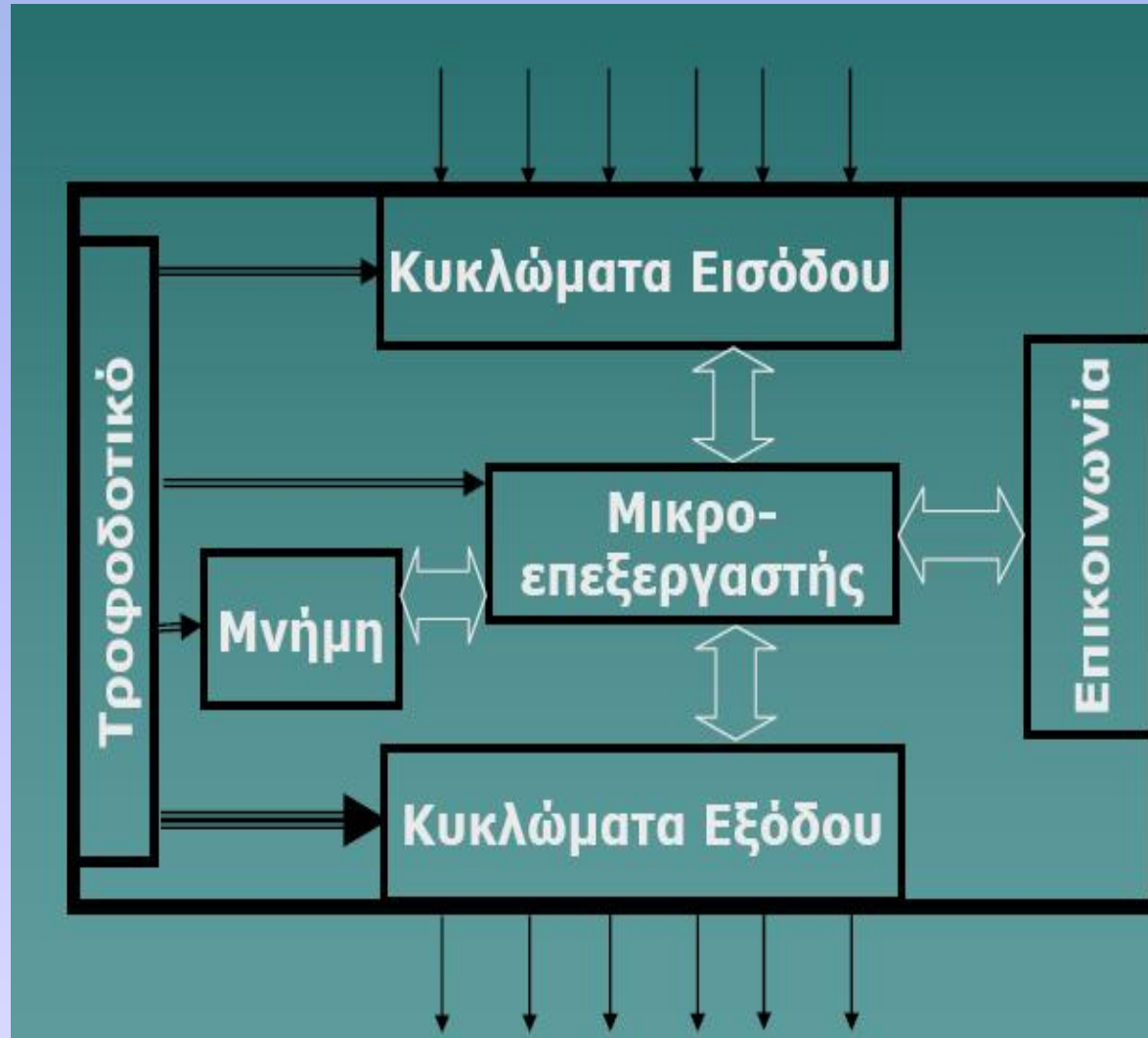


Εφαρμογές του PLC.

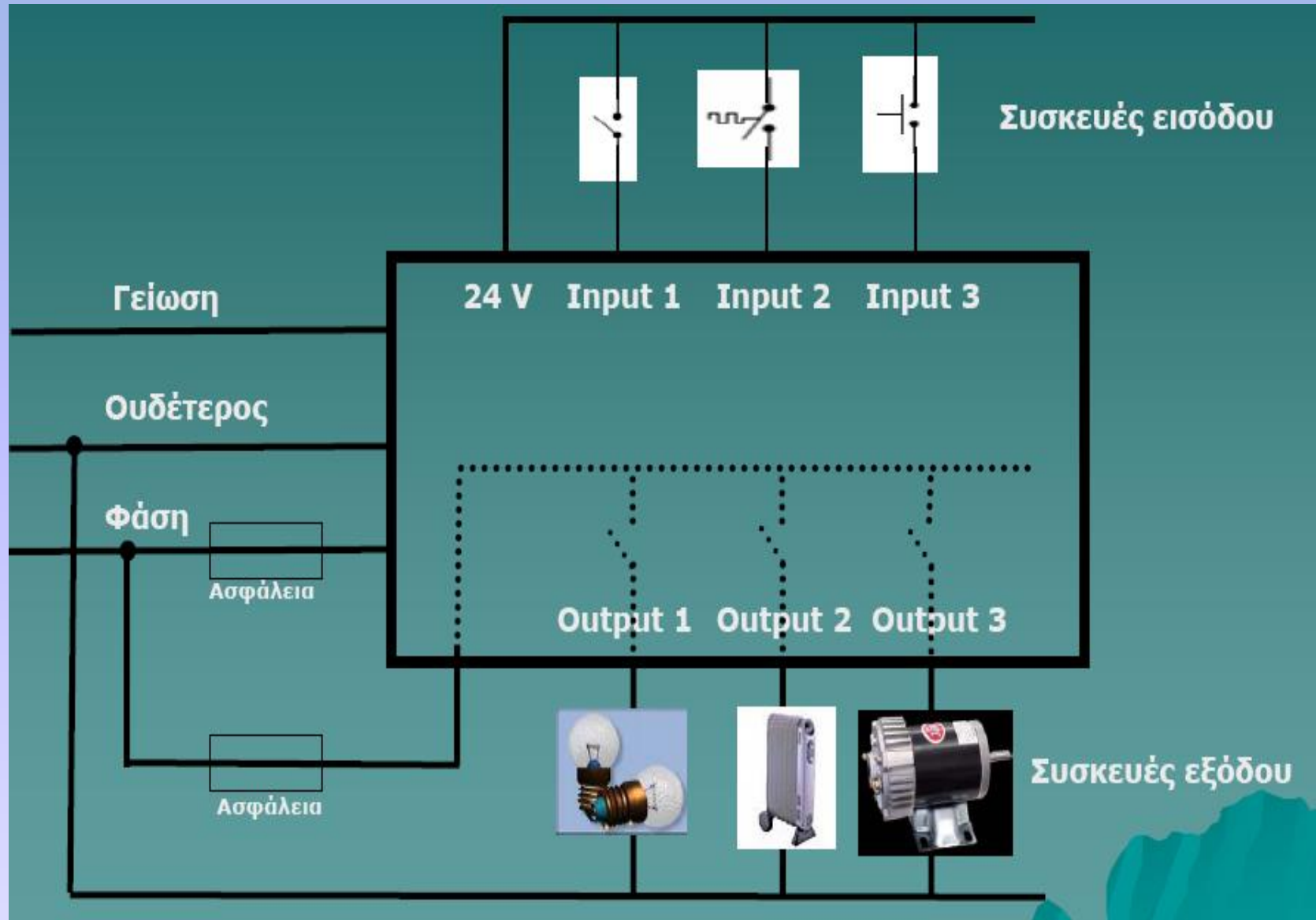
- Τα PLCs χρησιμοποιούνται για την αυτοματοποίηση των διαφόρων μηχανημάτων σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις.
- Έχουν αντικαταστήσει πολλά ηλεκτρομηχανικά και ηλεκτρονικά μέσα (ηλεκτρονόμους, χρονοδιακόπτες, μετρητές, κ.λ.π), που χρησιμοποιούνται για τη λειτουργία και τον έλεγχο της λειτουργίας των μηχανημάτων.
- Με τη χρήση των PLCs το ηλεκτρικό κύκλωμα ελέγχου των μηχανών απλοποιείται, γίνεται πιο έξυπνο, πιο ευέλικτο σε μετατροπές, πιο αξιόπιστο στη λειτουργία.
- Η καλωδίωση του κυκλώματος ελέγχου μπαίνει όλη σχεδόν στο πρόγραμμα του PLC.

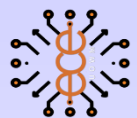


Αρχιτεκτονική δομή του PLC.



Συνδεσμολογία PLC



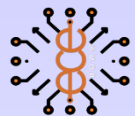


Πλεονεκτήματα της χρήσης του PLC στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις ελέγχου έναντι των συμβατικών εξαρτημάτων

- Το κόστος των PLCs επιτρέπει σήμερα και στο πιο απλό μηχάνημα, που έχει κάποιον ηλεκτρικό έλεγχο να το χρησιμοποιεί.
- Το PLC διαθέτει τέτοιες δυνατότητες, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για οποιοδήποτε μηχάνημα.
- Ο προγραμματισμός του είναι σχετικά εύκολος. Μπορούμε να αλλάξουμε τη διαδικασία στη λειτουργία ενός μηχανήματος, που ελέγχεται από PLC διαφοροποιώντας το πρόγραμμα του και δεν είναι ανάγκη να αλλάξουμε ηλεκτρικά μέσα και καλωδίωση.
- Η χρήση του PLC στο κύκλωμα ελέγχου φέρνει και πιο χαμηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.
- Γενικά η παραγωγικότητα των μηχανημάτων με τη χρήση του PLC αυξάνεται, οι βλάβες και τα σταματήματα μειώνονται, η αυτοματοποίηση γίνεται εύκολη.

Γλώσσες προγραμματισμού των PLC

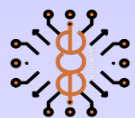
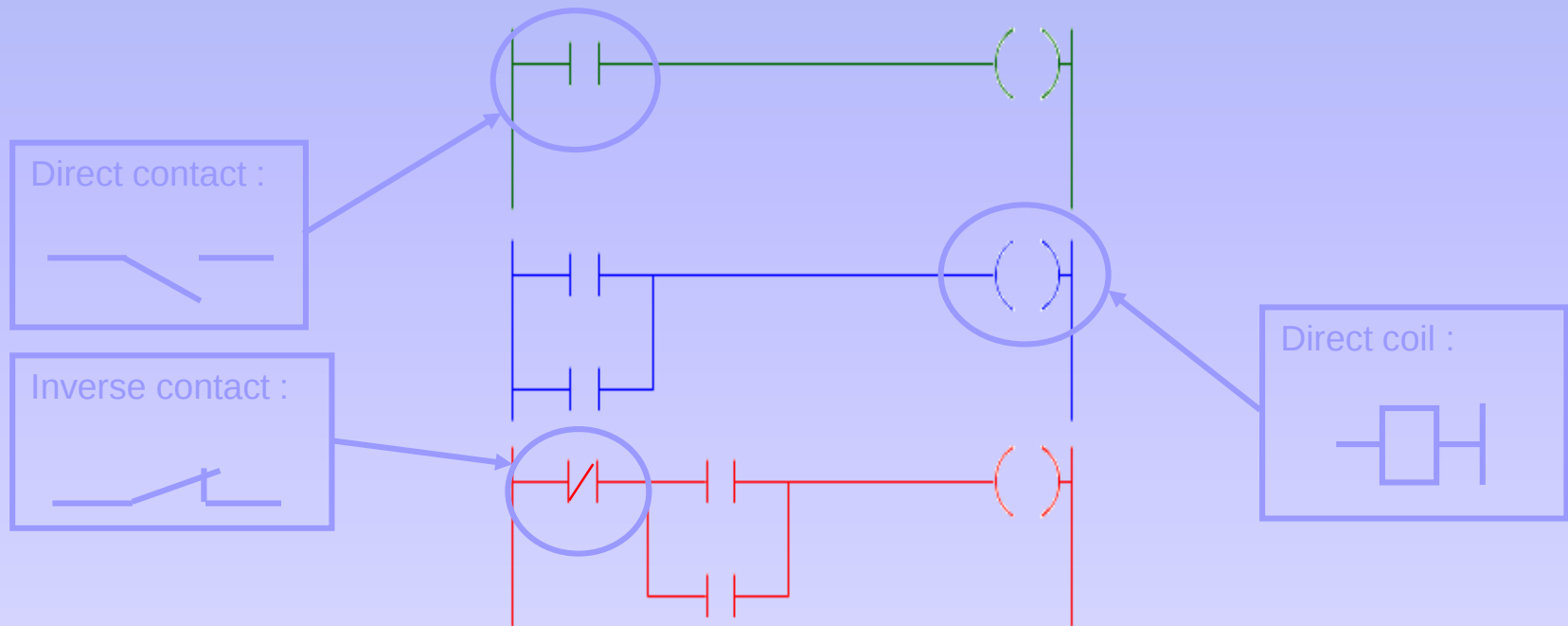
1. Διάγραμμα επαφών (Ladder Diagram Program)
2. Λίστα εντολών (Instruction List)
3. Λειτουργικό διάγραμμα (Function block diagram)
4. Γλώσσα ST (Structured Text)
5. Γλώσσα SFC : Sequential Function Chart



Γλώσσες προγραμματισμού των PLC

1. Διάγραμμα επαφών (Ladder Diagram Program)

- Η γλώσσα Ladder αποτελείται από ένα σετ από rungs (βαθμίδες)
- Κάθε rung έχει μια σελίδα με γραμμές και στήλες
- Κάθε κελί μπορεί να περιέχει μια επαφή (contact) ή μια έξοδο (coil) ή μια σύνδεση
- Η αναλογία μεταξύ γλώσσας Ladder και ηλεκτρικού διαγράμματος είναι αρκετά απλή όπως φαίνεται στο πιο κάτω παράδειγμα:

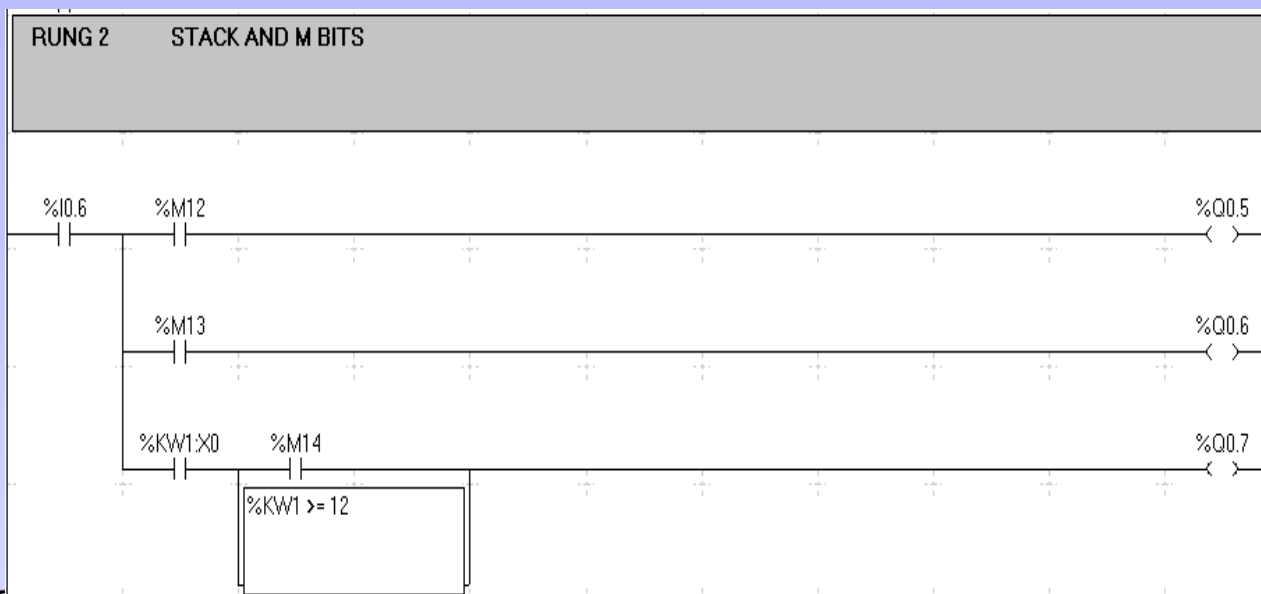


Γλώσσες προγραμματισμού των PLC

2. Λίστα εντολών (Instruction List)

- Γλώσσα μηχανής για αριθμητική και λογική επεξεργασία
- Συμβατή με το IEC 61131
- Βέλτιστος και γρήγορος κώδικας για κρίσιμες καταστάσεις
- Ιδανική για αντιμετώπιση προβλημάτων που οι άλλες γλώσσες αδυνατούν
- Δύσκολη στην γραφή, ανάγνωση, και κατανόηση του προγράμματος
- Δύσκολη στο να ακολουθηθεί η ροή του προγράμματος (Animation)

Ladder language



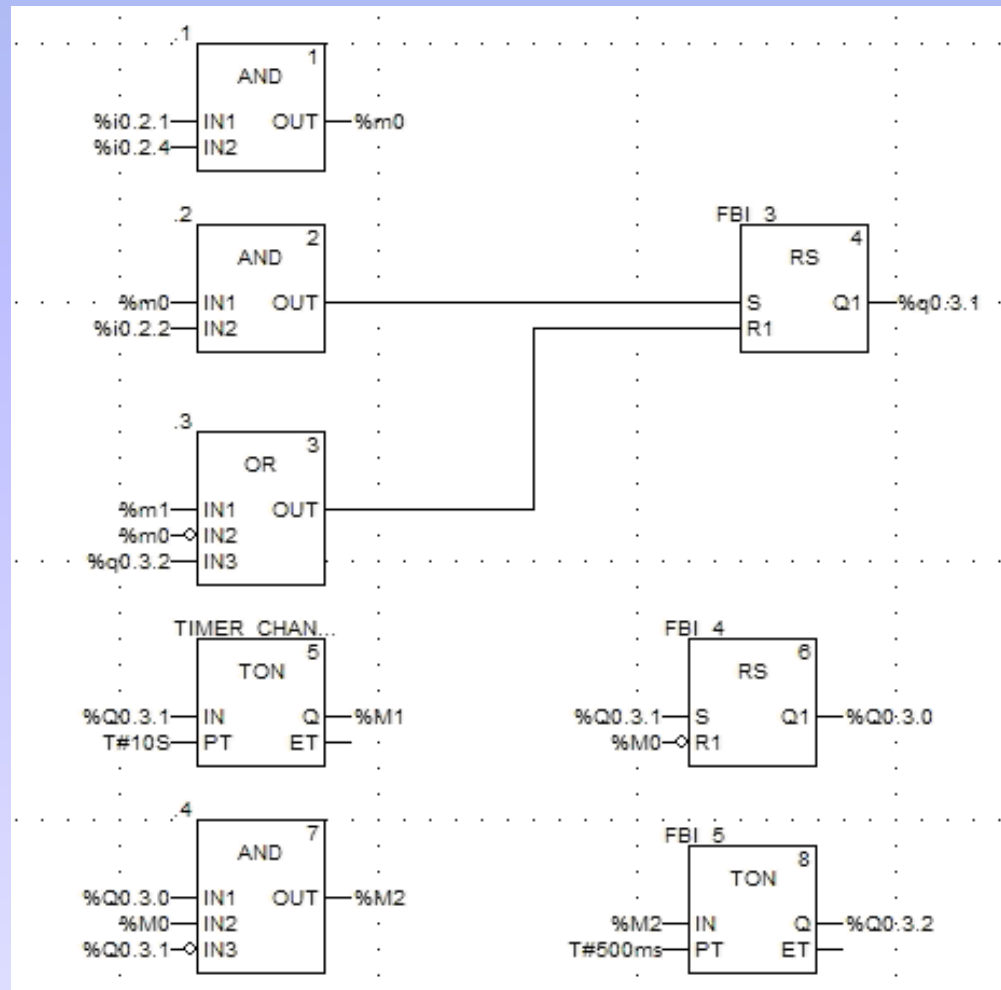
List language

```
--- (* STACK AND M BITS *)
7 LD    %I0.6
8 MPS
9 AND    %M12
10 ST    %Q0.5
11 MRD
12 AND    %M13
13 ST    %Q0.6
14 MPP
15 AND    %KW1:X0
16 AND(   %M14
17 OR     [ %KW1 >= 12 ]
18 )
19 ST    %Q0.7
```

Γλώσσες προγραμματισμού των PLC

3. Λειτουργικό διάγραμμα (Function block diagram)

- Συμβατή με το IEC 61131-3 standard
- Ιδιαίτερα ιδανική για συνεχή και διακριτές εφαρμογές ελέγχου
- Γλώσσα που αποτελείται από επαναχρησιμοποιούμενα Elementary and Derived Function Blocks, στοιχεία προγράμματος, Macros και δομές δεδομένων.

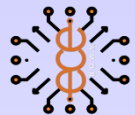


Γλώσσες προγραμματισμού των PLC

4. Γλώσσα ST (Structured Text) Δομημένου Κειμένου

- Γλώσσα προγραμματισμού (όπως VBA, Pascal, ...) που χρησιμοποιεί περιεκτικό σύνολο εντολών για τον καθορισμό μεταβλητών, κάλεσμα FFBs, δημιουργία εκφράσεων, επαναλήψεων, και βρόγχων σε ένα συγκεκριμένο τμήμα του κώδικα
- Χρήση για εγγραφή δομημένου λογικού και ψηφιακού προγραμματισμού
- Συμβατό με το IEC 61131 standard
- Εύκολη στην χρήση και στην εκμάθηση
- Ιδιαίτερα ιδανική για τον προγραμματισμό σύνθετων αριθμητικών λειτουργιών, και επαναλήψεων
- Αλγόριθμοι με ενσωματωμένο κώδικα ελέγχου ; Προχωρημένο σύστημα ελέγχου λαθών

```
IF %I0.2.1 AND %I0.2.4 THEN %M0:=1;
ELSE %M0:=0;
END_IF;
SET_RESET (S := %I0.2.2 AND %M0,
  R1 := %M1 OR NOT %M0 OR %Q0.3.2,
  Q1 => %Q0.3.1);
TIMER_START (IN := %Q0.3.1,
  PT := T#10S,
  Q => %M1);
SET_RESET_1 (S := %Q0.3.1,
  R1 := NOT %M0,
  Q1 => %Q0.3.0);
IF %Q0.3.0 AND %M0 AND NOT %Q0.3.1 THEN %M2:=1;
ELSE %M2:=0;
END_IF;
TIMER_OFF (IN := %M2,
  PT := T#500ms,
  Q => %Q0.3.2);
```



Γλώσσες προγραμματισμού των PLC

5. Γλώσσα SFC : Sequential Function Chart (Διάγραμμα διαδοχικών λειτουργιών)

- Γραφική μέθοδος παρουσίασης ακολουθιακού ελέγχου χρησιμοποιώντας μια ακολουθία από βήματα “steps” και μεταβάσεις “transitions”
- Κάθε βήμα είναι μια εντολή ή ενέργεια που είναι είτε ενεργή είτε ανενεργή.
- Η ροή του ελέγχου περνάει από το ένα βήμα στο επόμενο διαμέσου μεταβάσεων υπό συνθήκης, που είναι αληθής “true” είτε ψευδής “false”
- Ακολουθεί το IEC 1131-3

