

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ



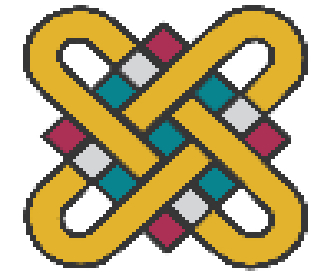
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ II

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

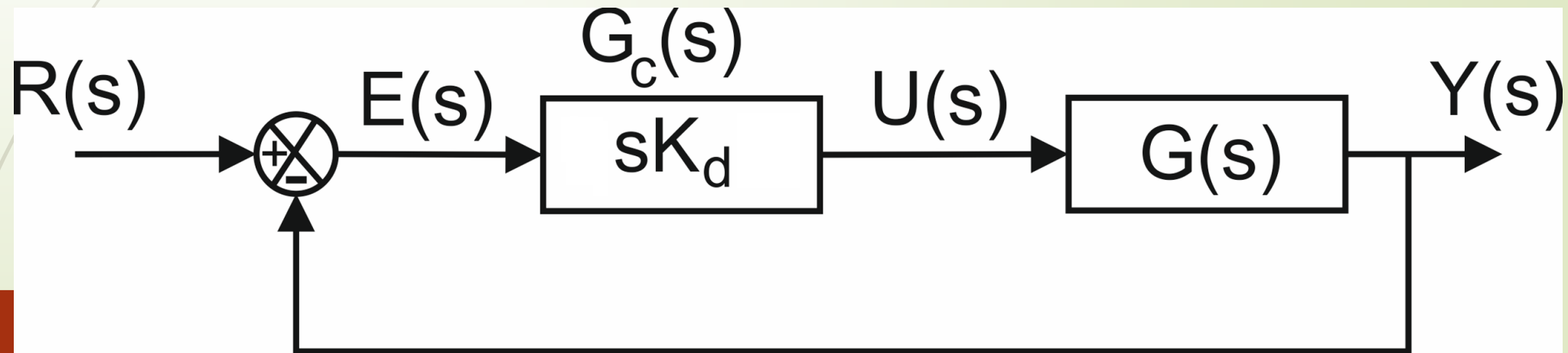
Διαφορικός ελεγκτής (D)

2024-2025

Παρίσης Κ. Καθηγητής
Βανδίκας Ι. ΕΔΙΠ
Μόσχος Ι. Υποψ. Διδ.



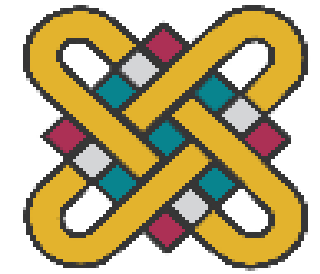
Διαφορικός ελεγκτής-D (differential controller)



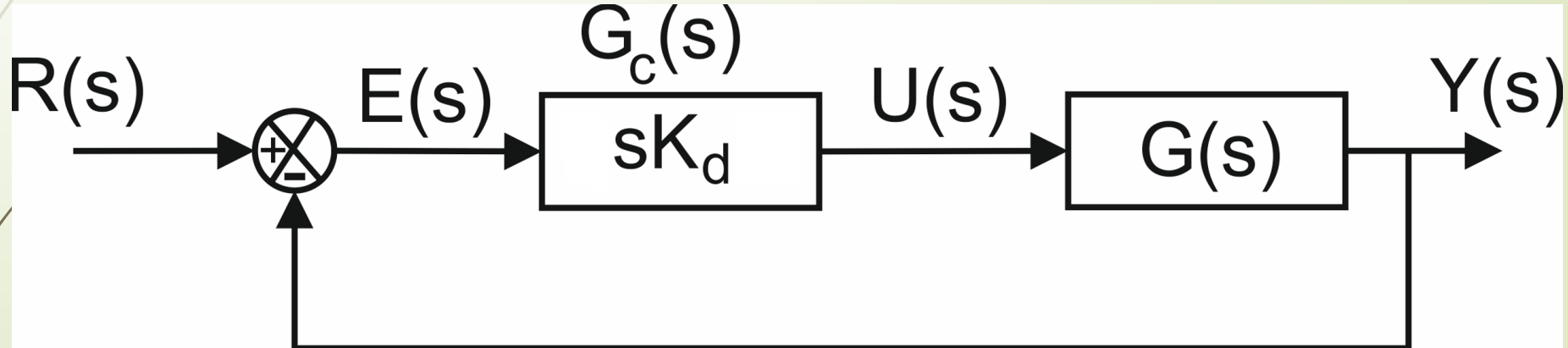
Πεδίο s

$$U(s) = E(s)sK_d$$

Παρίσης Κ. Καθηγητής
Βανδίκας Ι. ΕΔΙΠ
Μόσχος Ι. Υποψ. Διδ.



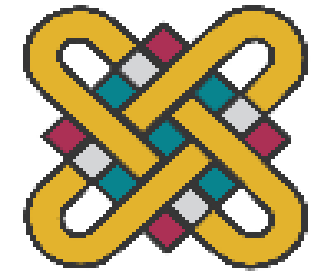
Διαφορικός ελεγκτής-D (differential controller)



Πεδίο t

$$L^{-1}\{U(s)\} = L^{-1}\{sK_d E(s)\} \Rightarrow$$
$$u(t) = K_d \frac{de(t)}{dt}$$

Παρίσης Κ. Καθηγητής
Βανδίκας Ι. ΕΔΙΠ
Μόσχος Ι. Υποψ. Διδ.



Ιδανικός διαφοριστής

Λύση με ολοκληρωδιαφορική εξίσωση

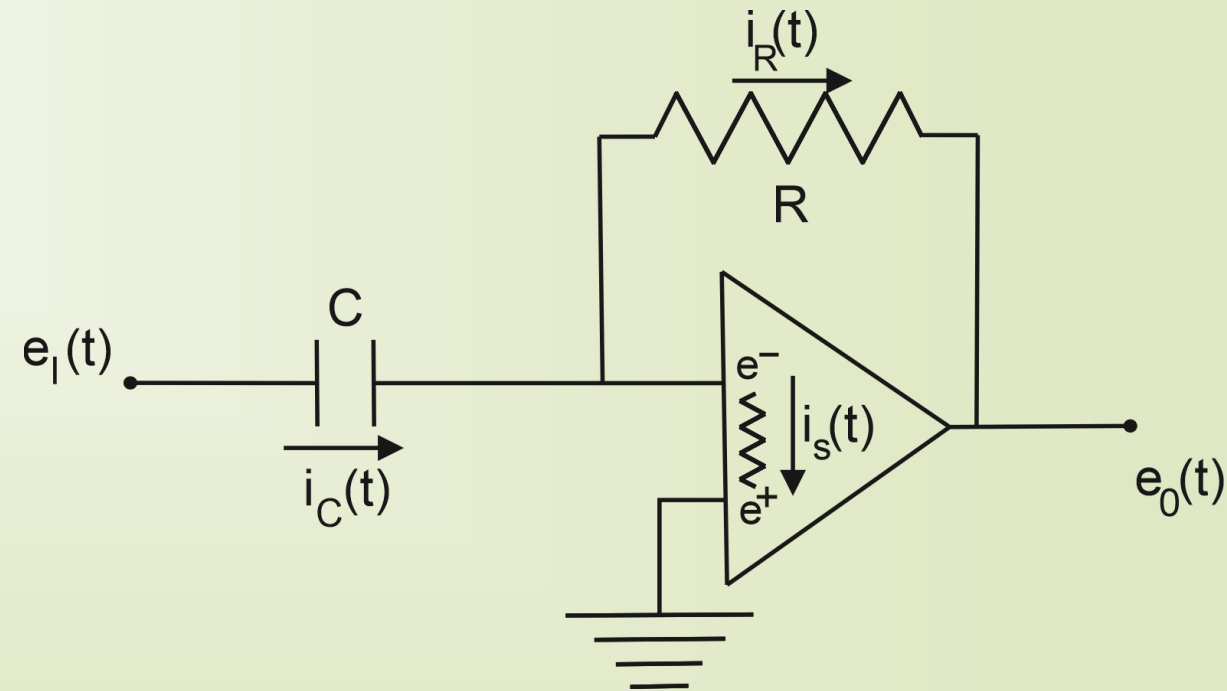
Εφαρμόζουμε τον 2^ο κανόνα του Kirchhoff

$$i_C(t) = i_R(t) + i_s(t) \xrightarrow{i_s(t)=0} i_C(t) = i_R(t) \quad (1)$$

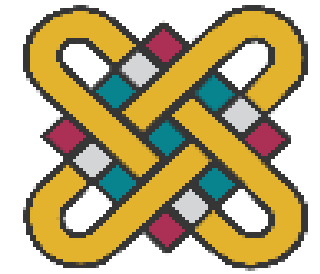
$$i_C(t) = \frac{dq}{dt} \xrightarrow{q=cV} i_C(t) = \frac{Cd(e_i(t) - e^-)}{dt} = \frac{Cde_i(t)}{dt}$$

$$i_R(t) = \frac{e^- - e_0(t)}{R} = -\frac{e_0(t)}{R}$$

$$\text{Η συνάρτηση (1) γίνεται } -\frac{e_0(t)}{R} = \frac{Cde_i(t)}{dt} \Rightarrow e_0(t) = -RC \frac{de_i(t)}{dt}$$



Παρίσης Κ. Καθηγητής
Βανδίκας Ι. ΕΔΙΠ
Μόσχος Ι. Υποψ. Διδ.



Ιδανικός διαφοριστής

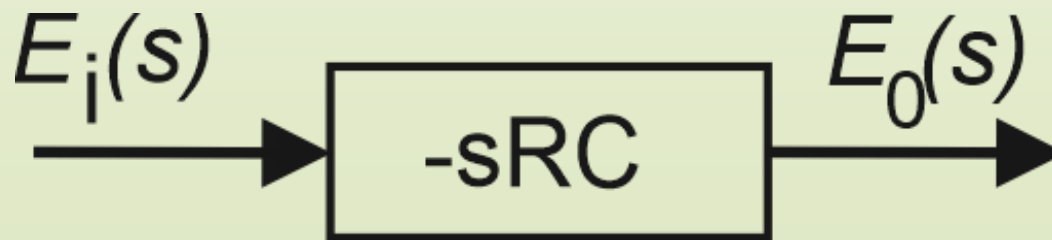
Συνάρτηση μεταφοράς

Εφαρμόζουμε τον 2^ο κανόνα του Kirchhoff

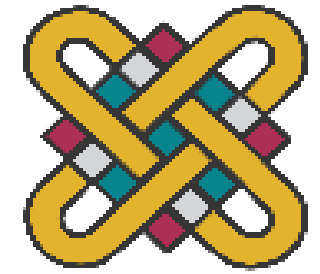
$$i_C(t) = i_R(t) + i_s(t) \xrightarrow{i_s(t)=0} i_C(t) = i_R(t) \Rightarrow \frac{e_i(t) - e^-}{X_c} = \frac{e^- - e_0(t)}{R} \xrightarrow{e^- = 0} \frac{e_i(t)}{X_c} = -\frac{e_0(t)}{R} \Rightarrow$$

$$\frac{e_i(t)}{\frac{1}{j\omega C}} = -\frac{e_0(t)}{R} \Rightarrow j\omega RC e_i(t) = -e_0(t) \xrightarrow{L} L\{j\omega RC e_i(t)\} = -L\{e_0(t)\} \Rightarrow sRC E_i(s) = -E_0(s)$$

$$\Rightarrow \frac{E_0(s)}{E_i(s)} = -sRC$$



Παρίσης Κ. Καθηγητής
 Βανδίκας Ι. ΕΔΙΠ
 Μόσχος Ι. Υποψ. Διδ.

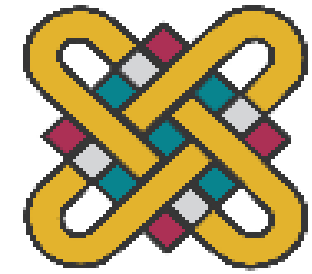


Ιδανικός διαφοριστής



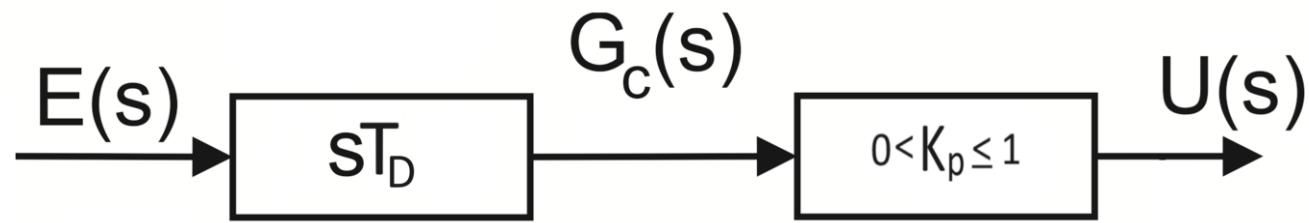
$$\frac{E_0(s)}{E_i(s)} = -sRC \Rightarrow E_0(s) = -sRCE_i(s) \xrightarrow{L^{-1}} e_0(t) = -RC \frac{de_i(t)}{dt}$$

Σταθερά χρόνου διαφοριστή: $T_D = RC$



Ιδανικός διαφορικός ελεγκτής-D (differential controller)

Αναλογικό κέρδος ($K_p \leq 1$) και σταθερά χρόνου διαφορικού ελεγκτή:



$$\frac{U(s)}{E(s)} = -sT_D K_p = -sRC \frac{R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow$$

$$K_p = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$T_D = RC$$

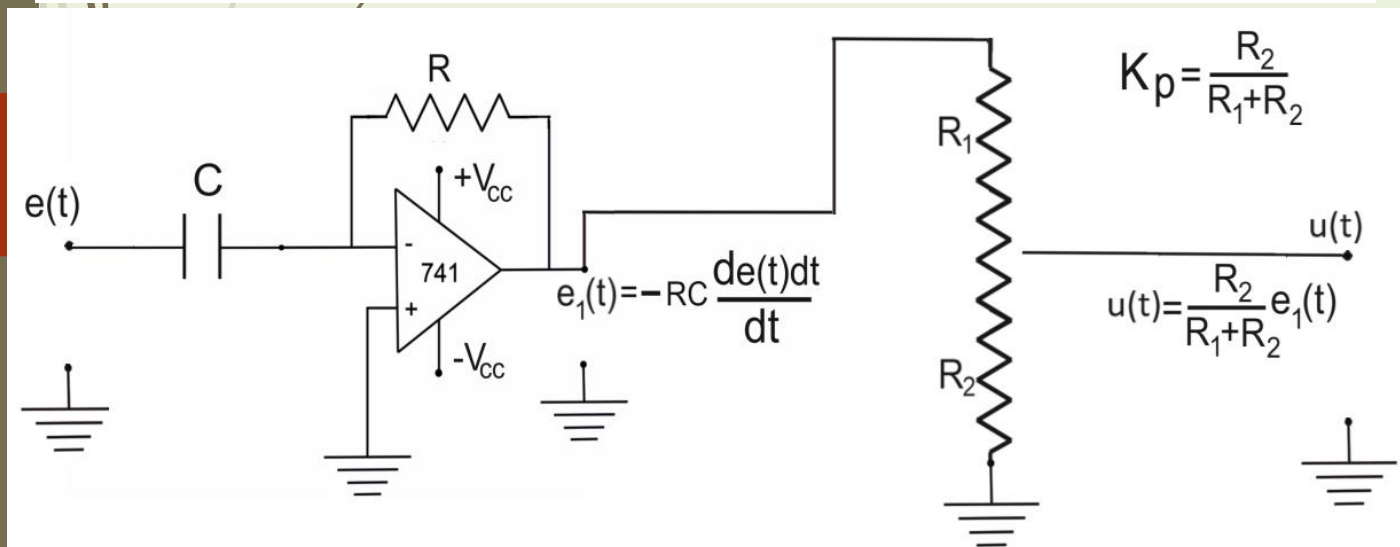
Διαφορικό κέρδος:

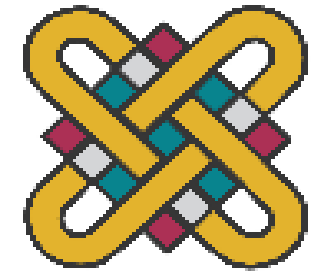
$$K_D = T_D K_p$$

Παρίσης Κ. Καθηγητής

Βανδίκας Ι. ΕΔΙΠ

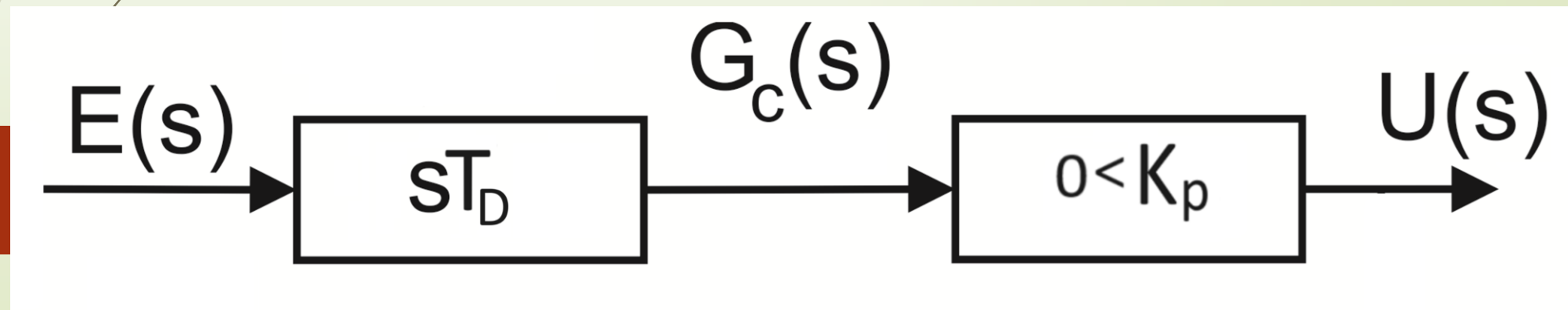
Μόσχος Ι. Υποψ. Διδ.

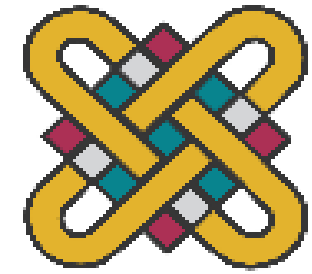




Διαφορικός ελεγκτής-D (differential controller)

Να σχεδιαστεί το ηλεκτρολογικό σχέδιο ενός ιδανικού διαφορικού ελεγκτή με σταθερά χρόνου $T_D = RC$ και αναλογικό κέρδος $K_p > 0$ κάνοντας χρήση τελεστικού ενισχυτή για την υλοποίηση του K_p .





Ιδανικός διαφορικός ελεγκτής-D (differential controller)

Μειονεκτήματα

- Το κέρδος του διαφοριστή αυξάνεται με την αύξηση της συχνότητας.
 - Στις μεγάλες συχνότητες μπορεί να ξεκινήσει να ταλαντώνεται και να γίνει το σύστημα ασταθές.
- Η σύνθετη αντίσταση εισόδου του διαφοριστή αυξάνεται με την αύξηση της συχνότητας, κάνοντας το σύστημα ευαίσθητο στο θόρυβο.

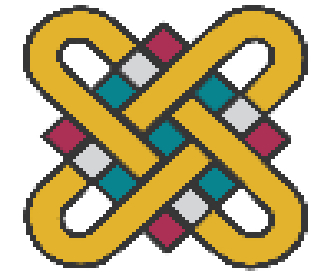
Ερωτήσεις

1. Πως μπορούμε να λύσουμε ηλεκτρολογικά τα μειονεκτήματα ενός ιδανικού διαφορικού ελεγκτή?
2. Με βάση την μαθηματική πράξη που εκτελεί ο ιδανικός διαφορικός ελεγκτής στο σφάλμα ενός συστήματος ελέγχου, γιατί πιστεύετε ότι δεν χρησιμοποιείται πότε μόνος.

Παρίσης Κ. Καθηγητής

Βανδίκας Ι. ΕΔΙΠ

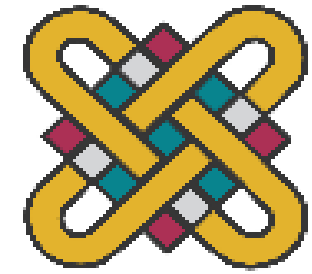
Μόσχος Ι. Υποψ. Διδ.



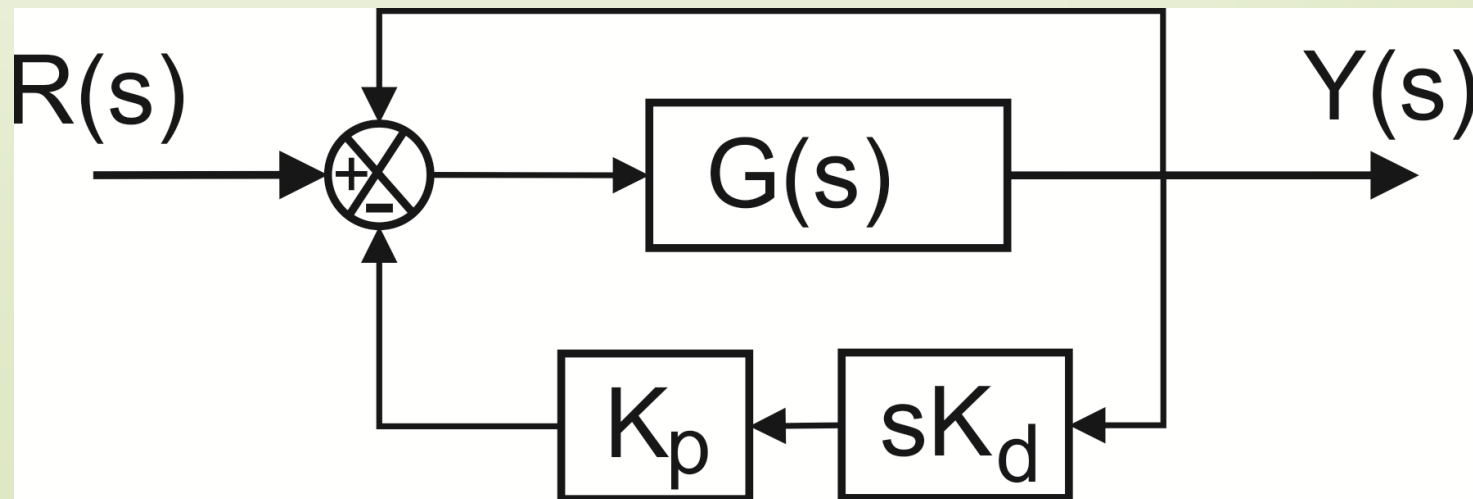
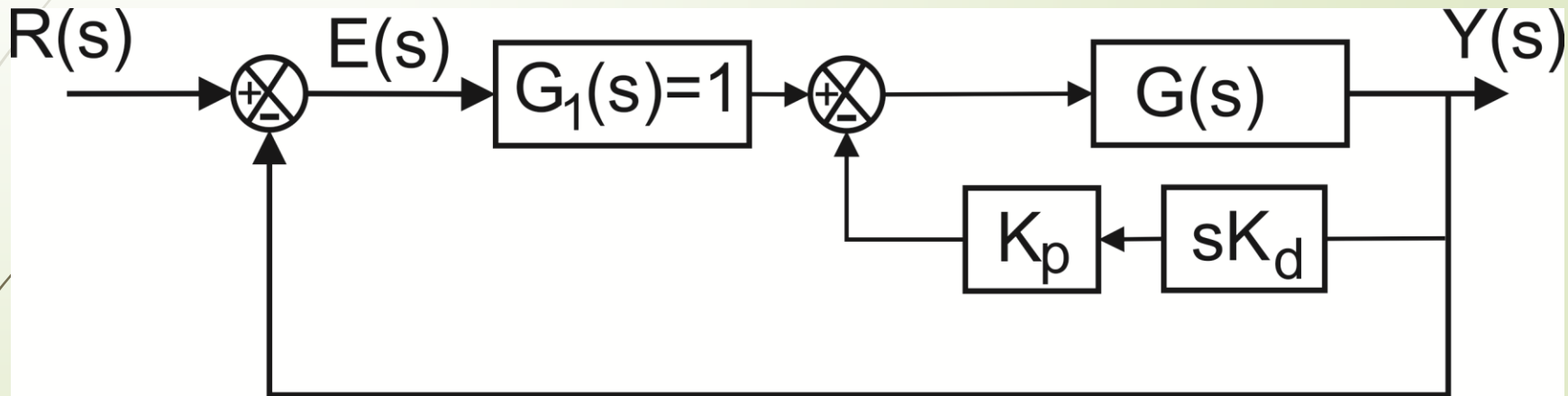
Παραγωγή διαφορικού σήματος (tachogenerator)

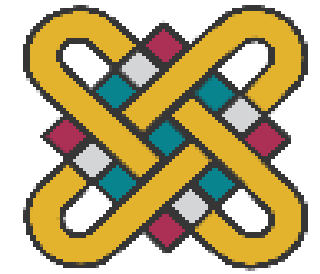
- Ταχογεννήτρια που παράγει dc έξοδο
 - Γεννήτρια συνεχούς τάσης.
 - Η γεννήτρια είναι ένας κινητήρας μόνιμου μαγνήτη που παράγει ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία ανάλογα με την ταχύτητα του άξονα.

Παρίσης Κ. Καθηγητής
Βανδίκας Ι. ΕΔΙΠ
Μόσχος Ι. Υποψ. Διδ.

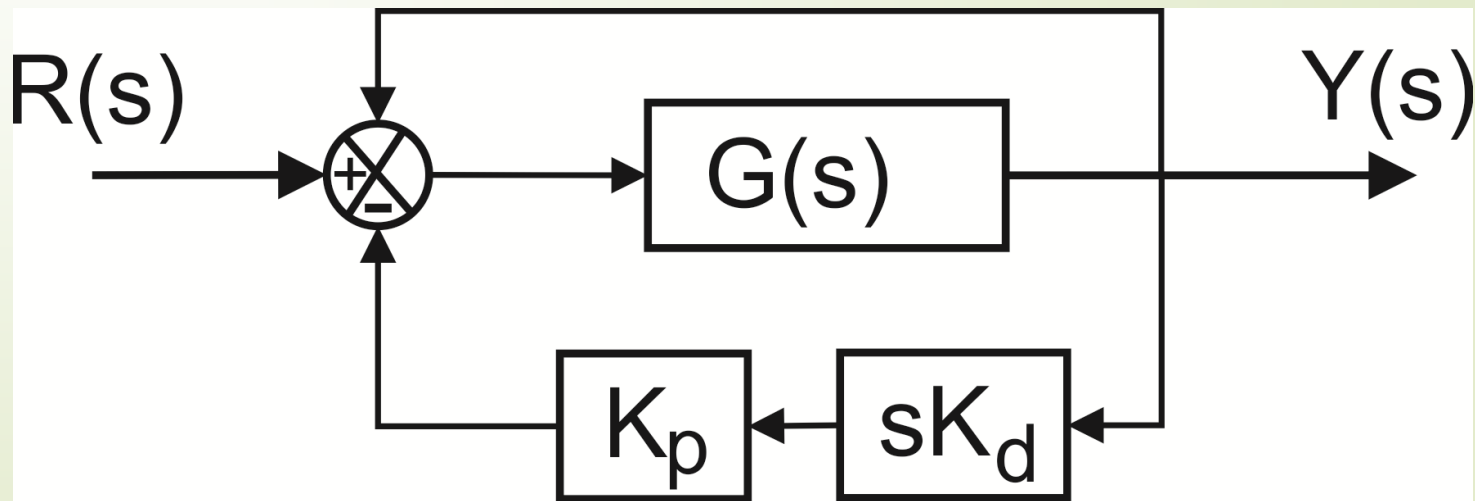


Παράλληλη αντιστάθμιση με ταχογεννήτρια (διαφορικός ελεγκτής)





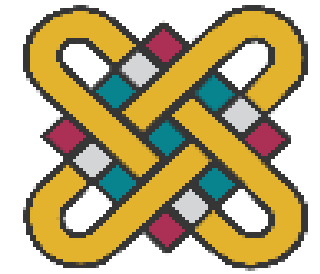
Παράλληλη αντιστάθμιση



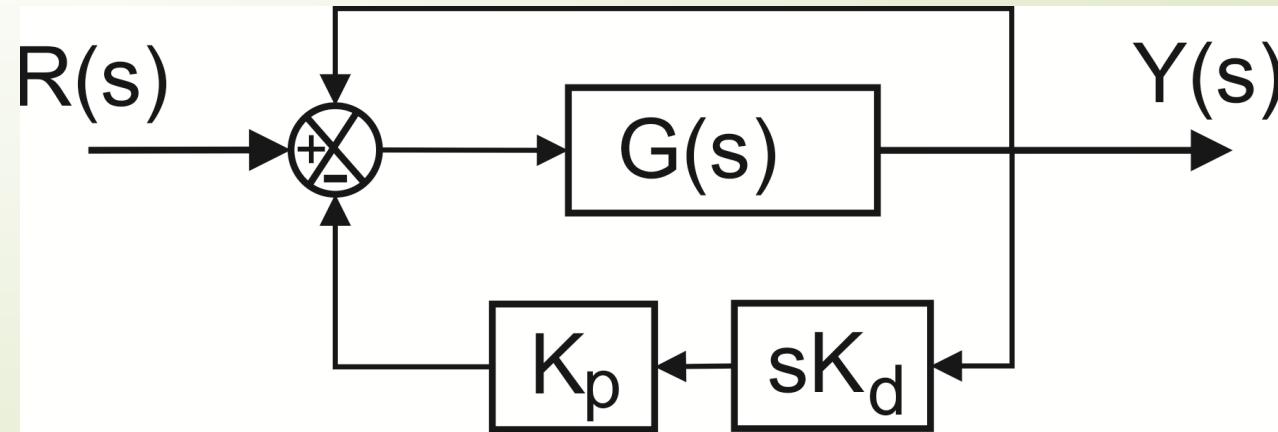
Πεδίο s

$$E(s) = R(s) - [Y(s) + (sK_p K_d)Y(s)]$$

Παρίσης Κ. Καθηγητής
Βανδίκας Ι. ΕΔΙΠ
Μόσχος Ι. Υποψ. Διδ.



Παράλληλη αντιστάθμιση με ελεγκτή 1+D



Πεδίο t

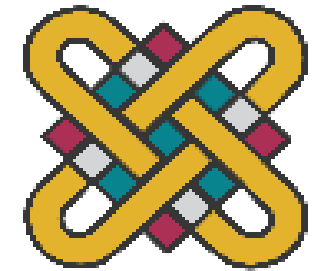
$$L^{-1}\{E(s)\} = L^{-1}\{R(s)\} - L^{-1}\{[Y(s) + (sK_p K_d)Y(s)]\}$$

$$e(t) = r(t) - L^{-1}\{Y(s)\} - K_p K_d L^{-1}\{sY(s)\}$$

$$e(t) = 1 * (r(t) - y(t)) - K_p K_d \frac{dy(t)}{dt}$$

$$e(t) = - \left[1 * (-r(t) + y(t)) + K_p K_d \frac{dy(t)}{dt} \right]$$

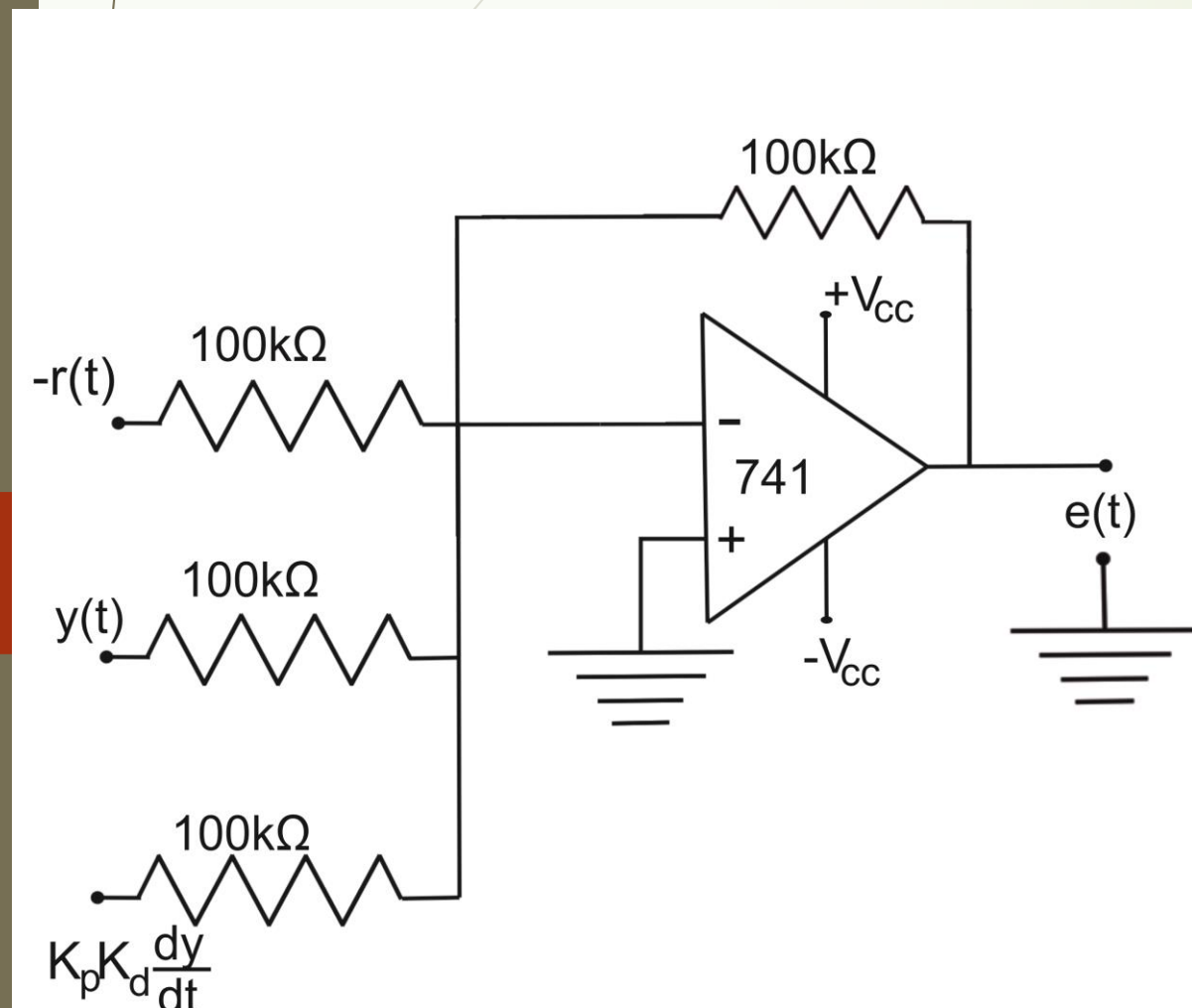
Παρίσης Κ. Καθηγητής
Βανδίκας Ι. ΕΔΙΠ
Μόσχος Ι. Υποψ. Διδ.



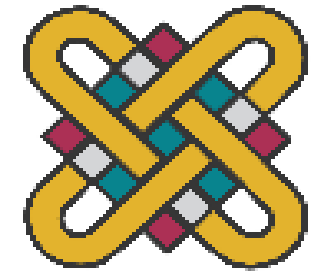
Παράλληλη αντιστάθμιση με ελεγκτή 1+D

$$e(t) = - \left[-(r(t) + y(t)) * 1 + K_p K_d \frac{dy(t)}{dt} \right]$$

Διαφορικό κέρδος: $K_D = K_p K_d$

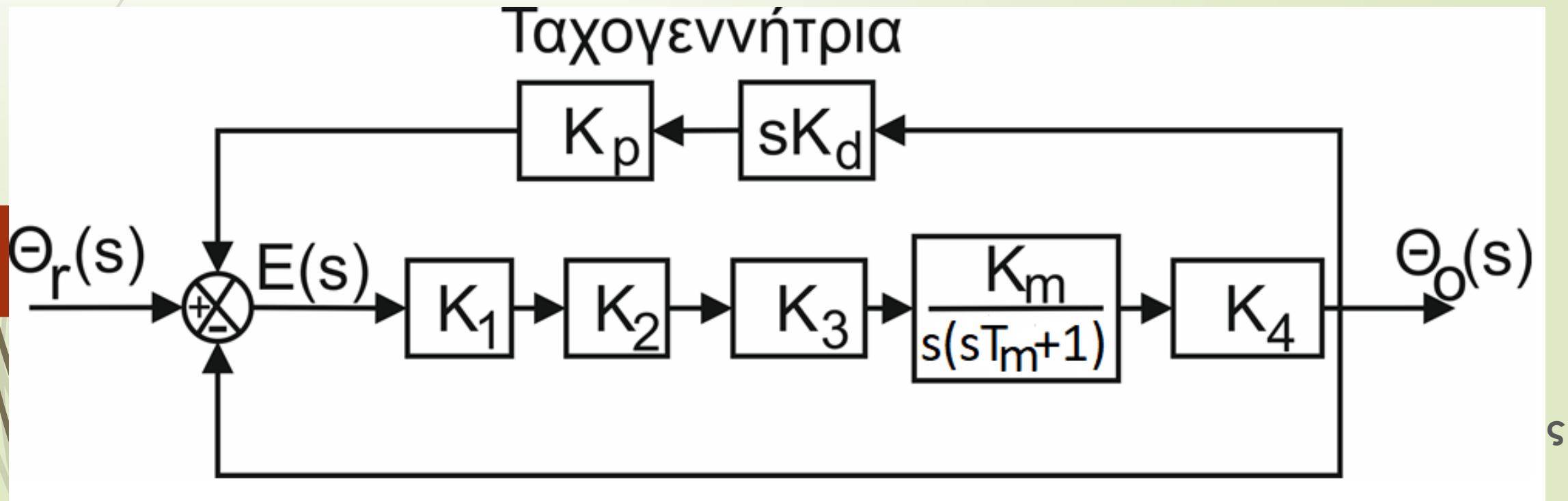


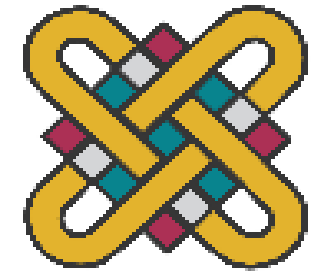
Παρίσης Κ. Καθηγητής
Βανδίκας Ι. ΕΔΙΠ
Μόσχος Ι. Υποψ. Διδ.



Σύστημα Αυτομάτου Ελέγχου Θέσης με Ελεγκτή 1+D Παραλλήλου

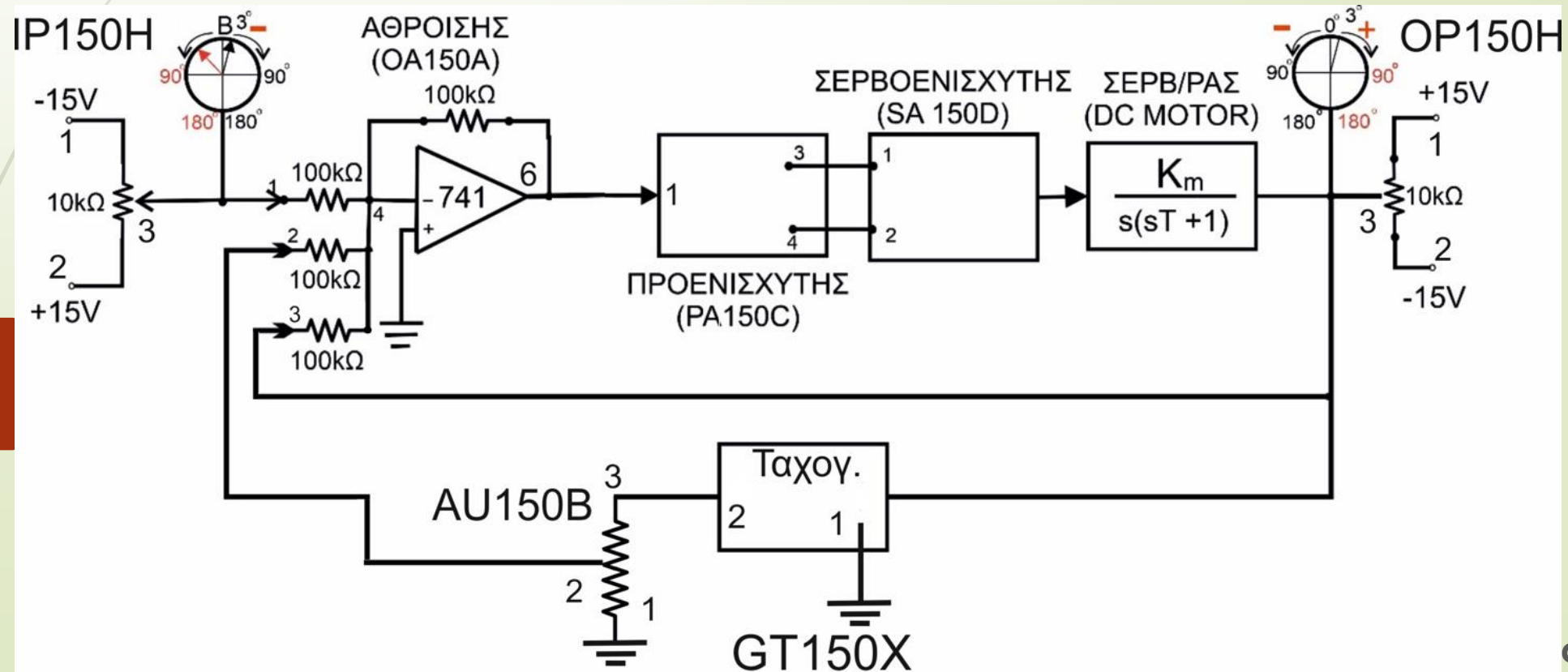
Διάγραμμα Βαθμίδων

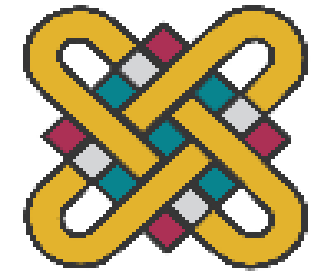




Σύστημα Αυτομάτου Ελέγχου Θέσης με Ελεγκτή 1+D Παράλληλου

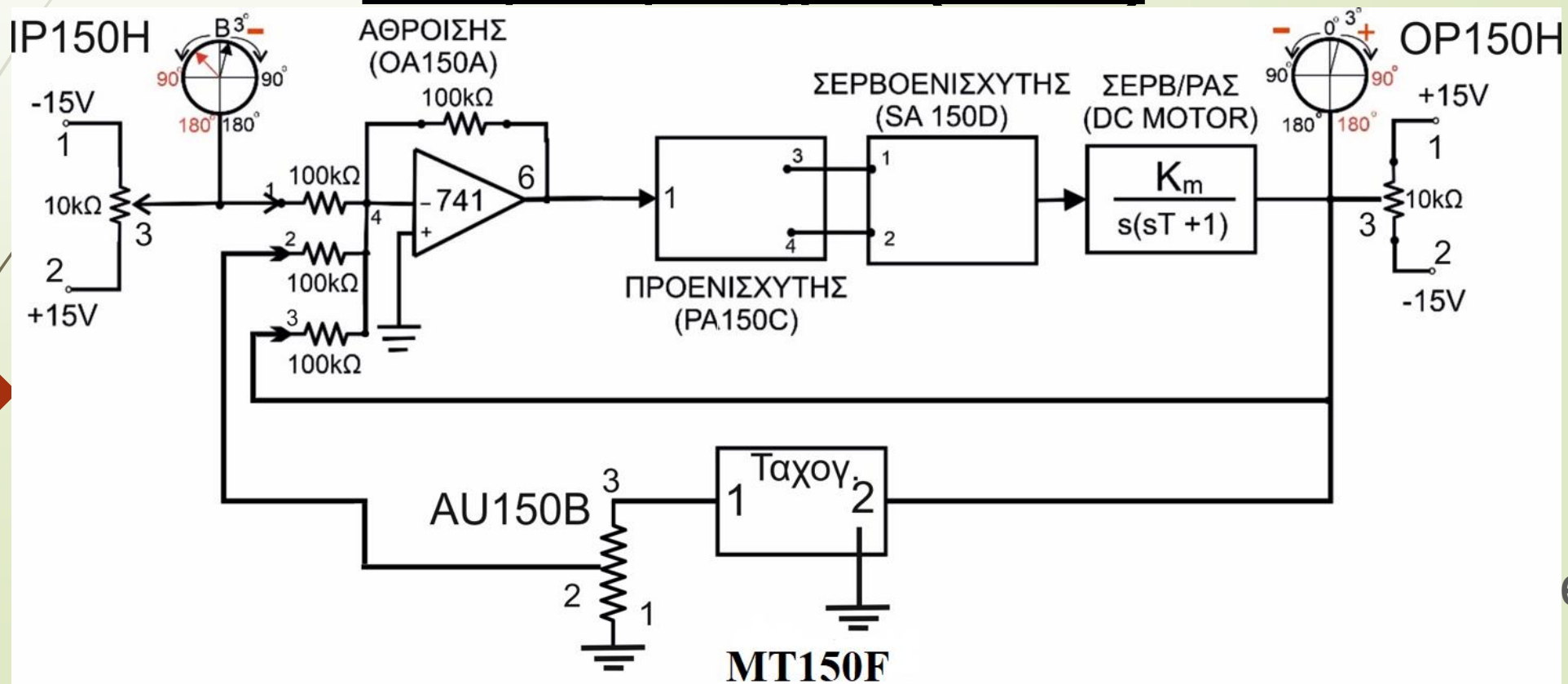
Ηλεκτρολογικό Σχέδιο (GT150X)

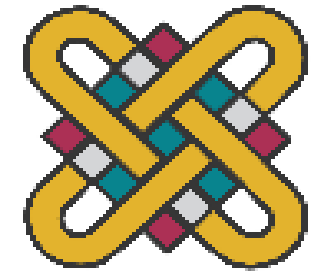




Σύστημα Αυτομάτου Ελέγχου Θέσης με Ελεγκτή 1+D Παραλλήλου

Ηλεκτρολογικό Σχέδιο (MT150F)





Σύστημα Αυτομάτου Ελέγχου Θέσης με Ελεγκτή 1+D Παραλλήλου

Για επιθυμητή τιμή 40 μοίρες ΒΑ:

1. Με την πέδη στην θέση 0 (χωρίς πέδη) και $0 < K_p \leq 0.1$. Τι παρατηρείτε στη συμπεριφορά του συστήματος?
 - Να μετρηθούν: Το ποσοστό υπερύψωσης, ο χρόνος ανόδου, ο χρόνος αποκατάστασης και ο χρόνος μεγίστου του συστήματος.
 - Να γίνει καταγραφή της χρονικής απόκρισης.
2. Με την πέδη στην θέση 0 (χωρίς πέδη) και $K_p = 1$. Τι παρατηρείτε στη συμπεριφορά του συστήματος?
 - Να μετρηθούν: Το ποσοστό υπερύψωσης, ο χρόνος ανόδου, ο χρόνος αποκατάστασης και ο χρόνος μεγίστου του συστήματος.
 - Να γίνει καταγραφή της χρονικής απόκρισης.

Παρίσης Κ. Καθηγητής
Βανδίκας Ι. ΕΔΙΠ
Μόσχος Ι. Υποψ. Διδ.