

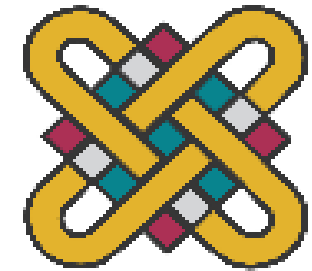
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ  
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ



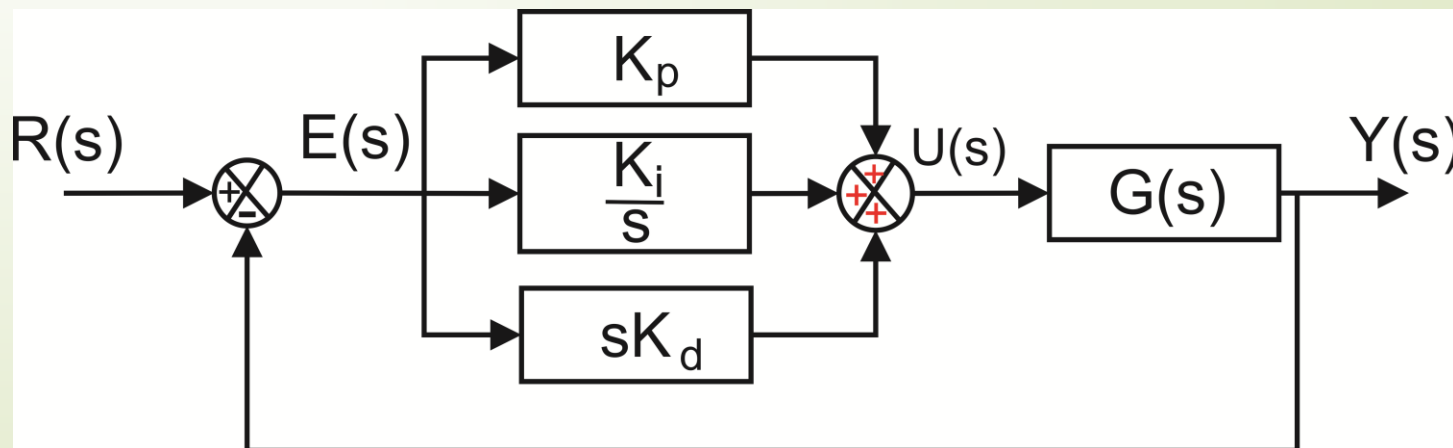
# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ II ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

Αναλογικός-Ολοκληρωτικός-Διαφορικός  
ελεγκτής (PID)

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



## Αναλογικός-Ολοκληρωτικός-Διαφορικός ελεγκτής (Ιδανικός)- PID controller



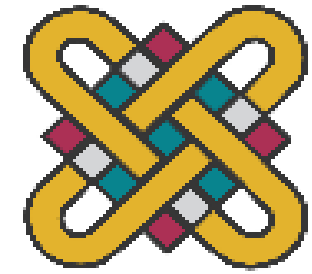
Πεδίο s

$$U(s) = E(s) \left( K_p + \frac{K_i}{s} + sK_d \right) = E(s)K_p \left( 1 + \frac{1}{sT_i} + sT_d \right)$$

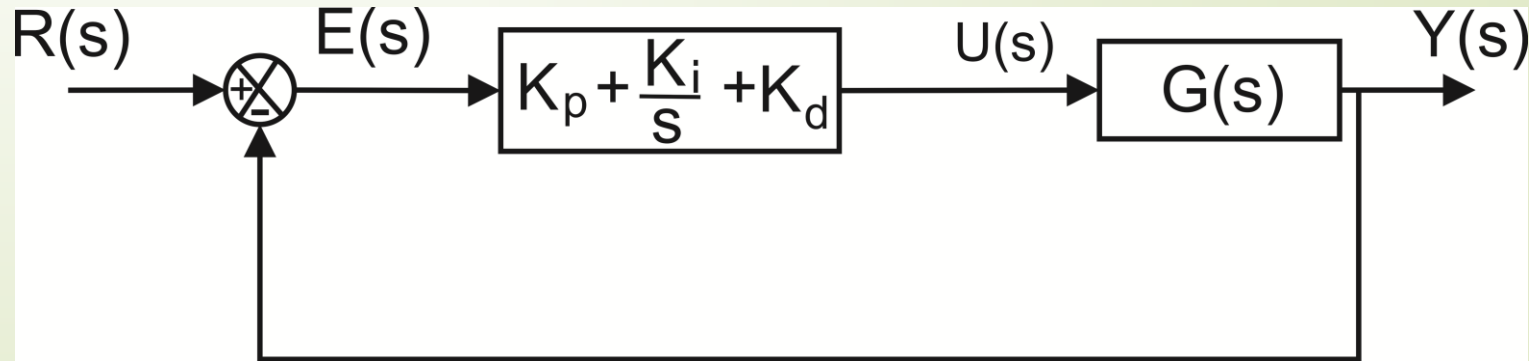
Παρίσης Κ. Καθηγητής

Βανδίκας Ι. ΕΔΙΠ

Μόσχος Ι. Υποψ. Διδ.



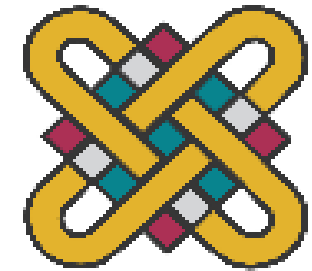
## Αναλογικός-Ολοκληρωτικός-Διαφορικός ελεγκτής (Ιδανικός)- PID controller



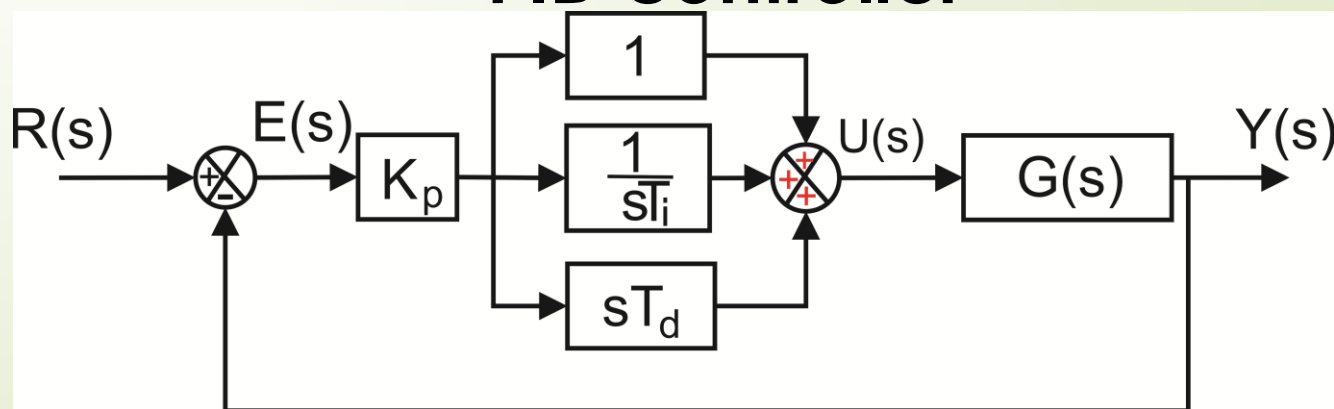
Πεδίο t

$$L^{-1}\{U(s)\} = L^{-1}\left\{E(s)\left(K_p + \frac{K_i}{s} + sK_d\right)\right\} = L^{-1}\left\{E(s)K_p + E(s)\frac{K_i}{s} + E(s)sK_d\right\} \Rightarrow$$
$$u(t) = e(t)K_p + K_i \int_0^t e(t)dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

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



# Αναλογικός-Ολοκληρωτικός-Διαφορικός ελεγκτής (Ιδανικός)- PID controller



Πεδίο  $t$  (time constants)

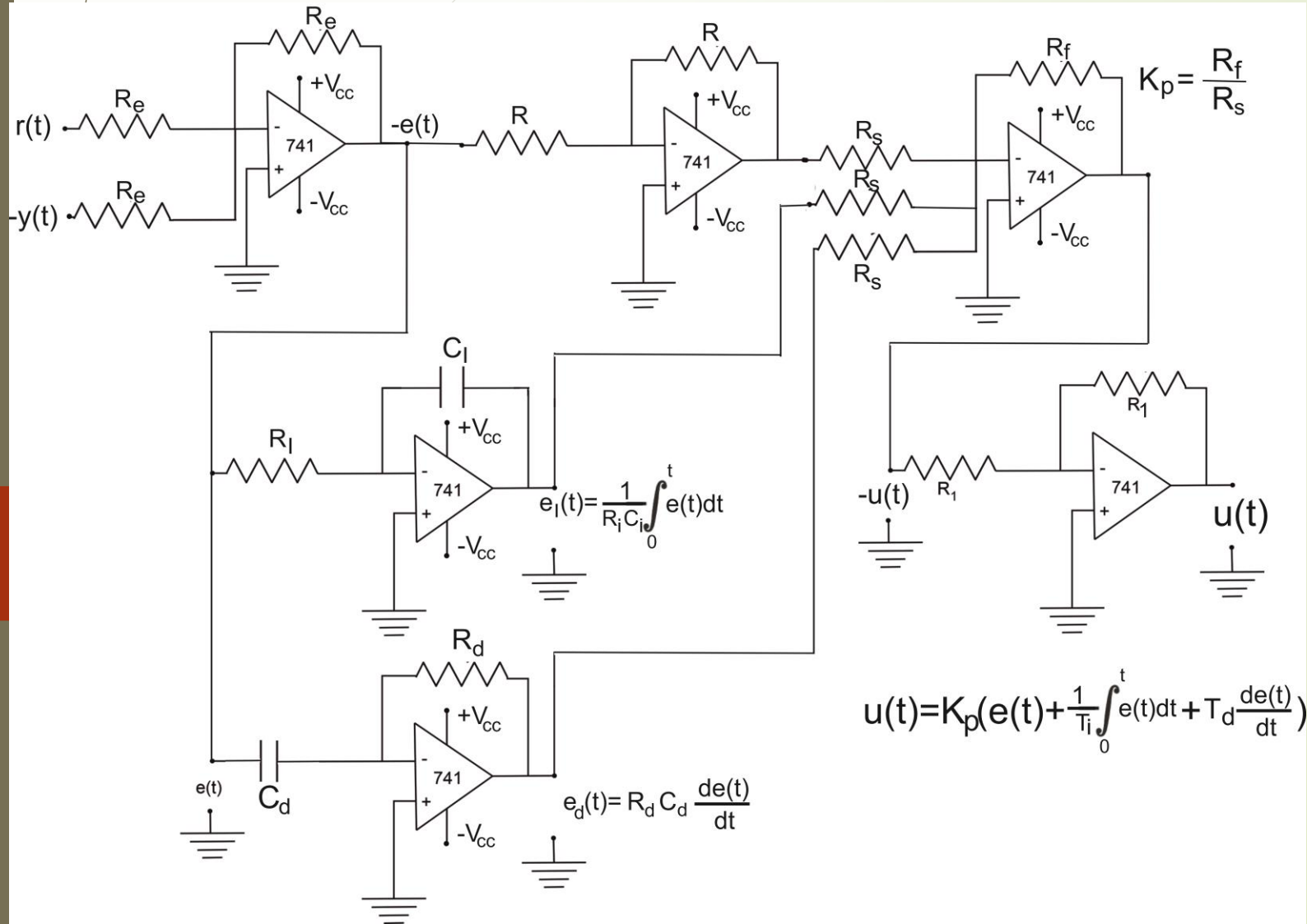
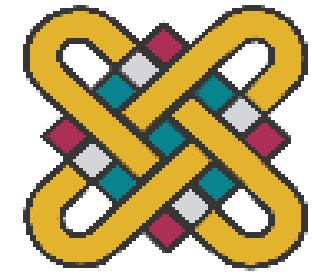
$$L^{-1}\{U(s)\} = L^{-1}\left\{E(s)K_p\left(1 + \frac{1}{sT_i} + sT_d\right)\right\} = L^{-1}\left\{E(s)K_p + E(s)K_p\frac{1}{sT_i} + E(s)sK_pT_d\right\} \Rightarrow$$

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

Παρίσης Κ. Καθηγητής

Βανδίκας Ι. ΕΔΙΠ

Μόσχος Ι. Υποψ. Διδ.



## Ιδανικός PID ελεγκτής (ηλεκτρολογικό σχέδιο)

- $K_p = \frac{R_f}{R_s}$
- $T_i = R_i C_i, K_i = \frac{K_p}{T_i}$
- $T_d = R_d C_d, K_d = K_p T_d$

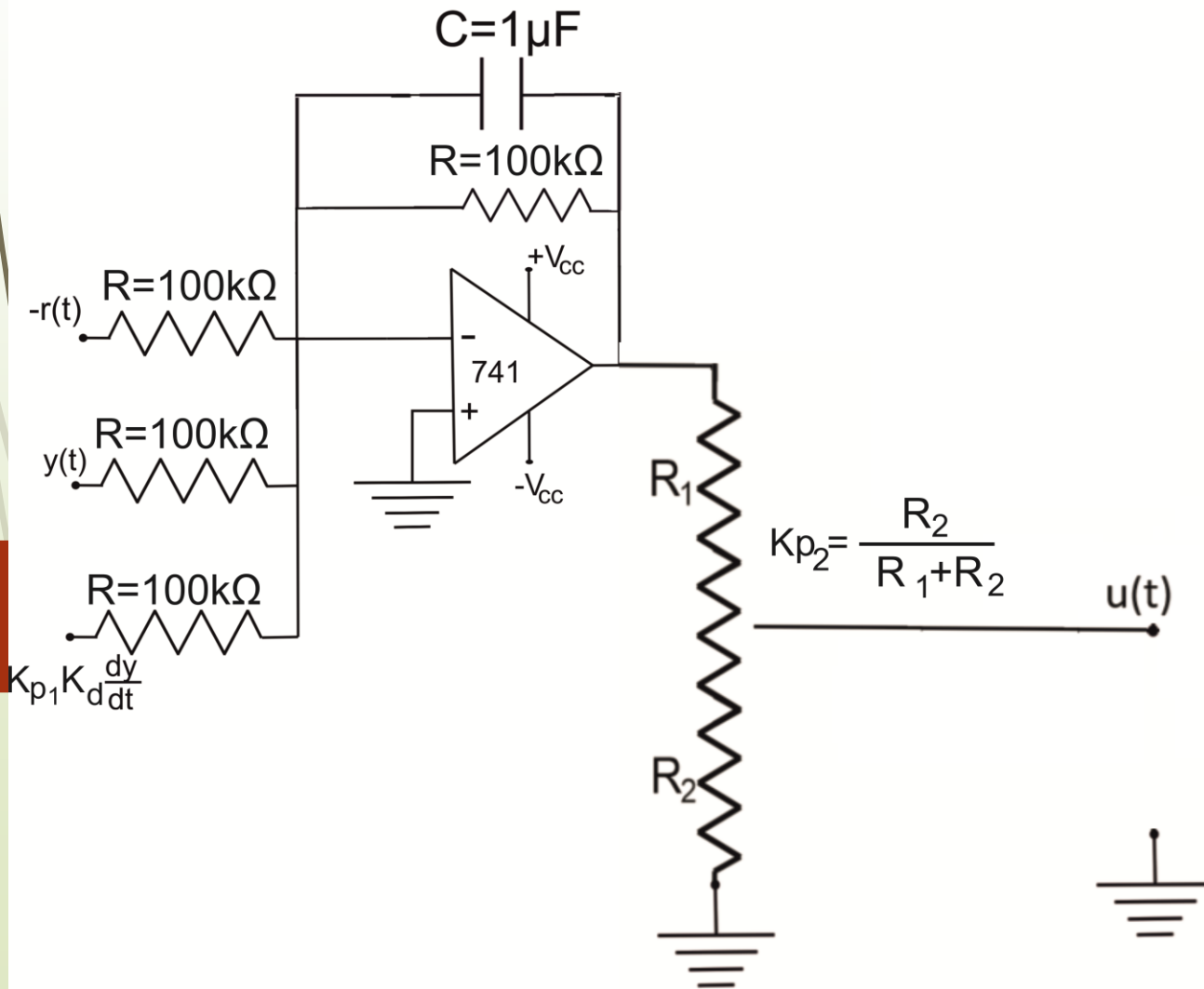
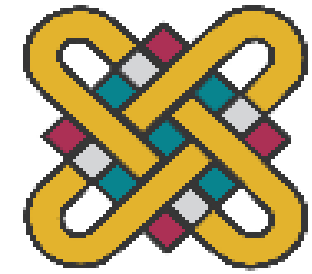
Έξοδος ελεγκτή:

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

Παρίσης Κ. Καθηγητής

Βανδίκας Ι. ΕΔΙΠ

Μόσχος Ι. Υποψ. Διδ.

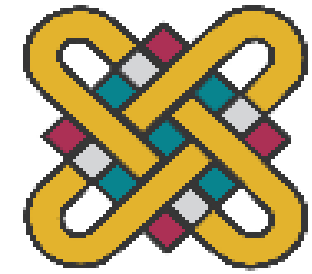


## Πρακτικός “PID” ελεγκτής (εργαστηρίου)-ηλεκτρολογικό σχέδιο

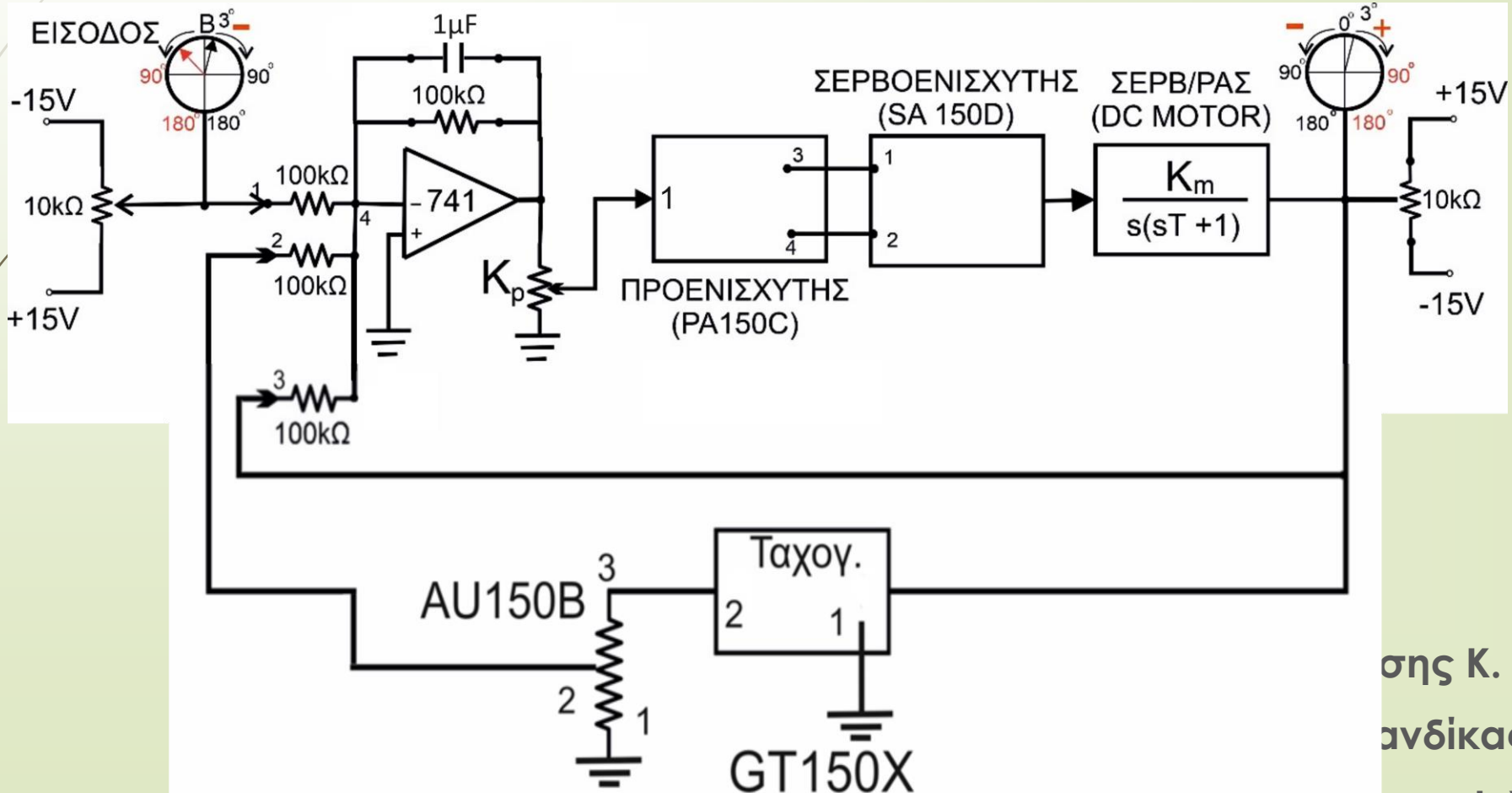
### Επίδραση όρων στο σύστημα

Αντίδραση Ελεγκτή	Χρόνος Ανύψωσης	Υπερύψωση	Χρόνος Αποκατάστασης	Μόνιμο Σφάλμα
$K_p$	Μείωση	Αύξηση	Μικρή Αλλαγή	Μείωση
$K_i$	Μείωση	Αύξηση	Αύξηση	Εξάλειψη
$K_d$	Μικρή Αλλαγή	Μείωση	Μείωση	Μικρή Αλλαγή

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

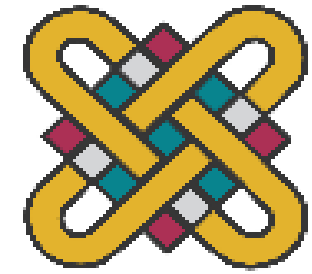


## Πρακτικός “PID” ελεγκτής (εργαστηρίου)-ηλεκτρολογικό σχέδιο συστήματος θέσης (GT150X)

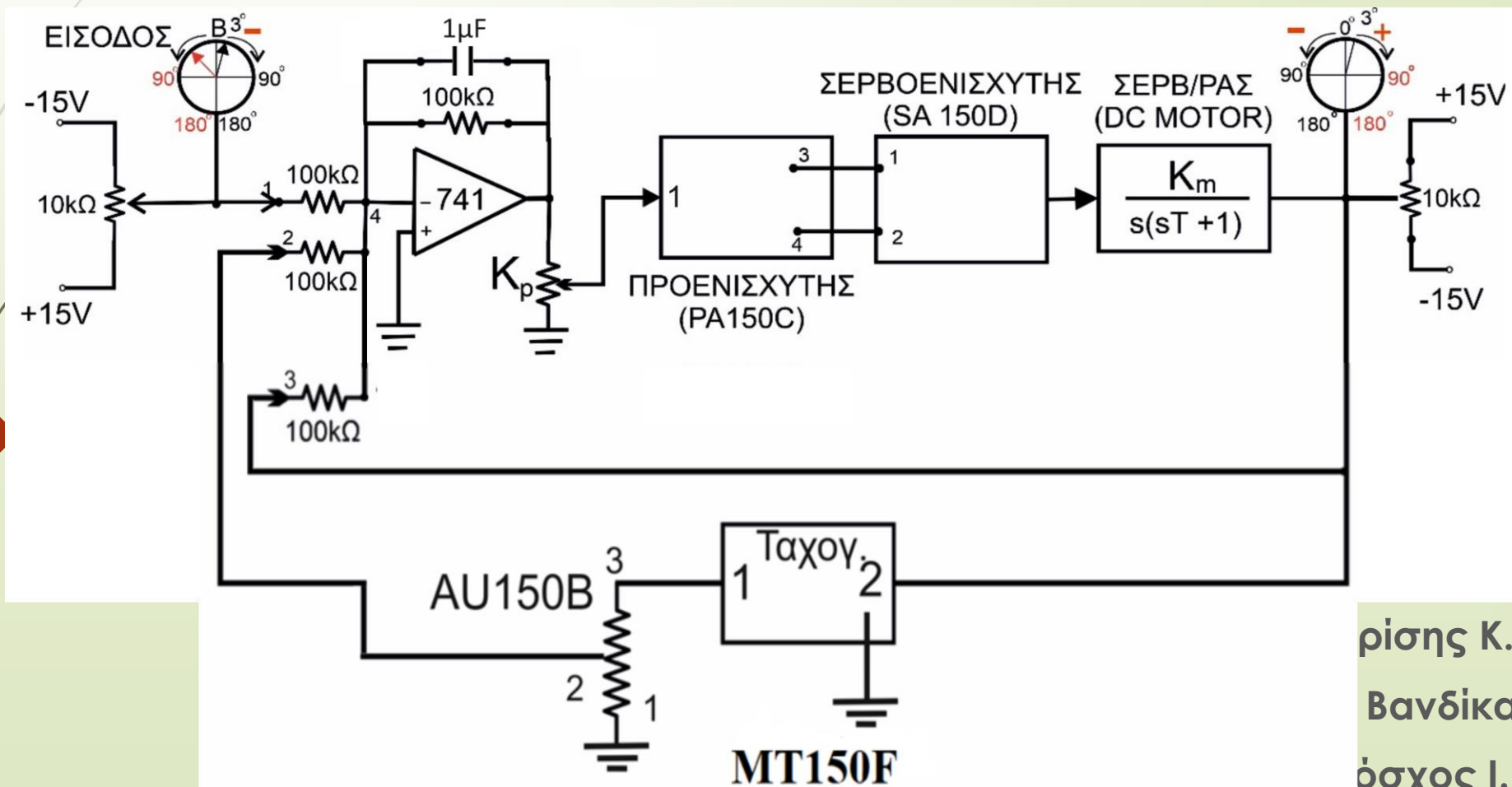


σης Κ. Καθηγητής  
ανδίκας Ι. ΕΔΙΠ  
γχος Ι. Υποψ. Διδ.



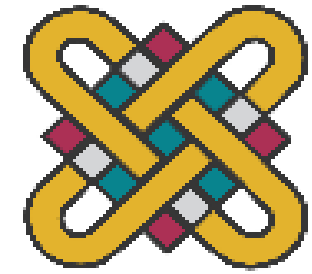


## Πρακτικός “PID” ελεγκτής (εργαστηρίου)-ηλεκτρολογικό σχέδιο συστήματος θέσης (MT150X)



ρίσης Κ. Καθηγητής  
Βανδίκας Ι. ΕΔΙΠ  
όσχος Ι. Υποψ. Διδ.



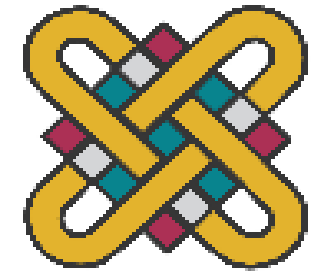


## Σύστημα Αυτομάτου Ελέγχου Θέσης με πρακτικό “PID” ελεγκτή

Για επιθυμητή τιμή 40 μοίρες ΒΑ:

1. Με την πέδη στην θέση 0. Μεταβάλλοντας τα  $K_{p1}$  και  $K_{p2}$  προσπαθήστε να πετύχετε μικρό ποσοστό υπερύψωσης, μικρό χρόνο αποκατάστασης και μικρό χρόνο ανόδου.
  - Να μετρήσετε το ποσοστό υπερύψωσης, το χρόνο αποκατάστασης και το χρόνο ανόδου του συστήματος.
  - Να σημειώσετε τις τιμές των  $K_{p1}$  και  $K_{p2}$
  - Να γίνει καταγραφή της χρονικής απόκρισης από τον παλμογράφο.
2. Με την πέδη στην θέση 5 και  $K_{p1}$ ,  $K_{p2}$  τις τιμές που βρήκατε στο προηγούμενο ερώτημα:
  - Να μετρήσετε το ποσοστό υπερύψωσης, το χρόνο αποκατάστασης και το χρόνο ανόδου του συστήματος.
  - Να γίνει καταγραφή της χρονικής απόκρισης από τον παλμογράφο.

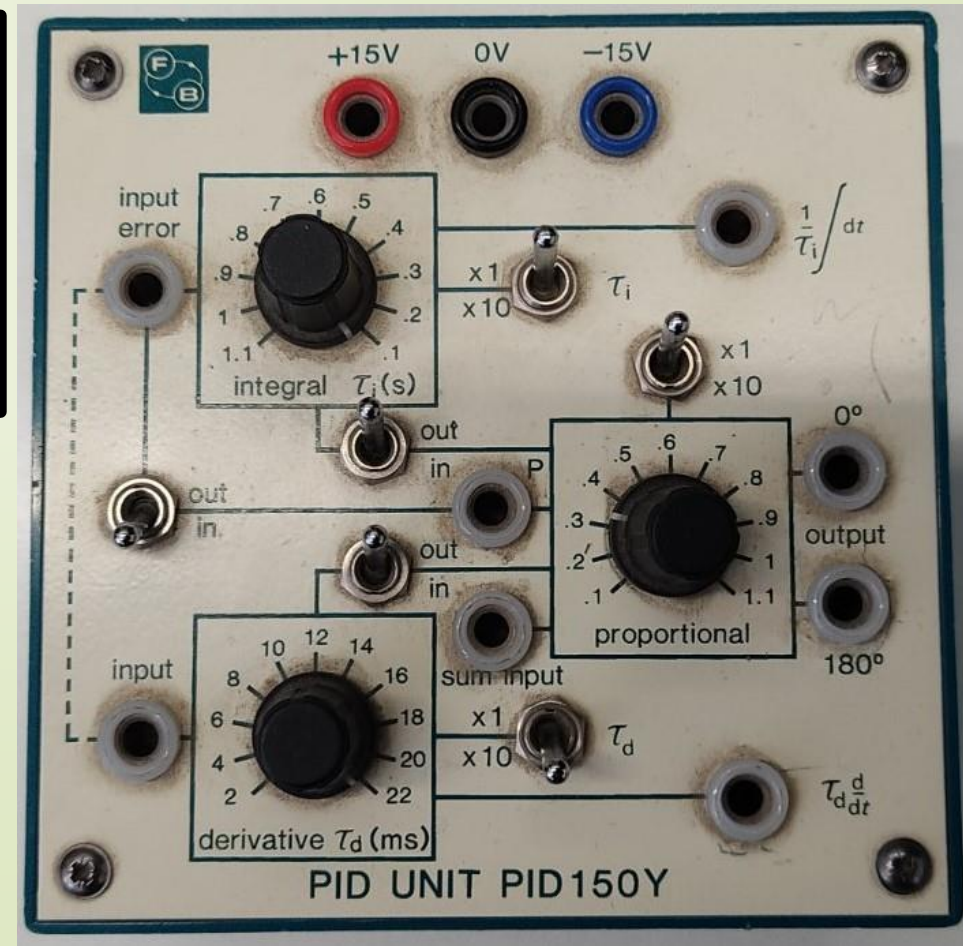
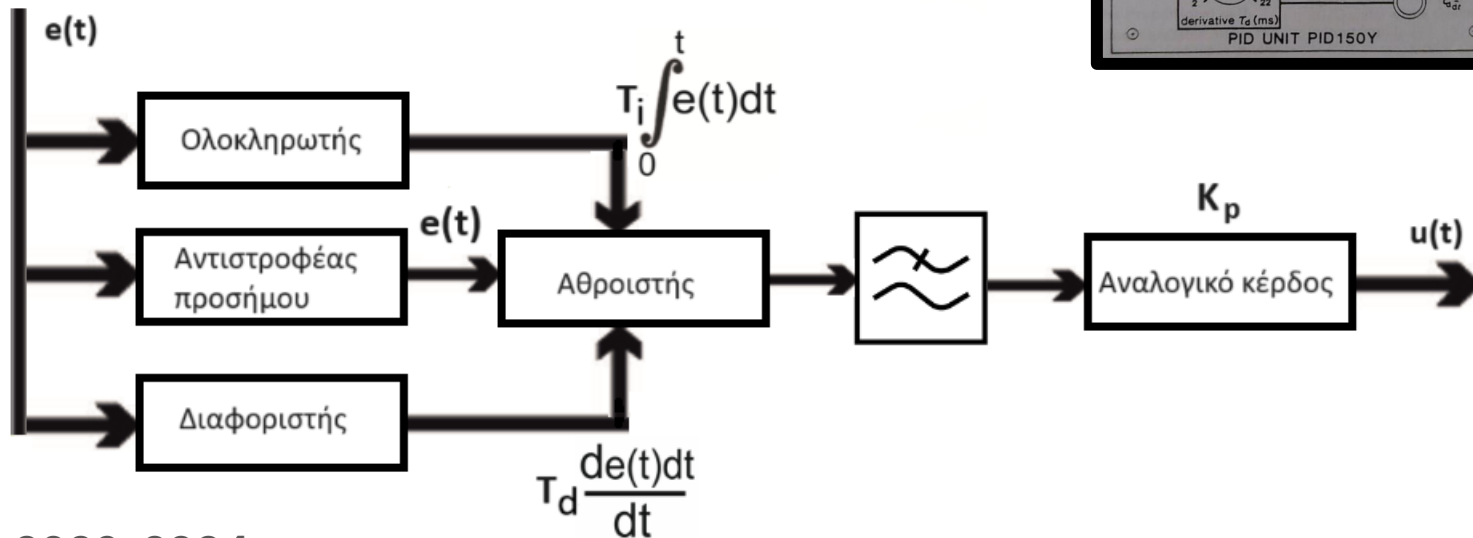
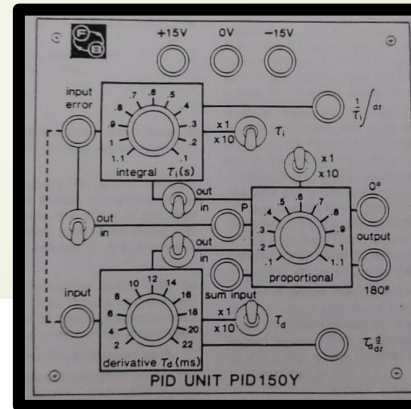
Αντίδραση Ελεγκτή	Χρόνος Ανύψωσης	Υπερύψωση	Χρόνος Αποκατάστασης	Μόνιμο Σφάλμα
$K_p$	Μείωση	Αύξηση	Μικρή Αλλαγή	Μείωση
$K_i$	Μείωση	Αύξηση	Αύξηση	Εξάλειψη
$K_d$	Μικρή Αλλαγή	Μείωση	Μείωση	Μικρή Αλλαγή

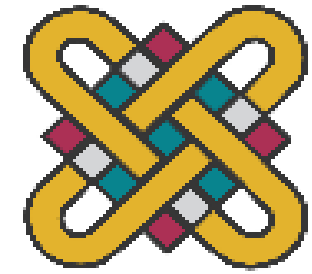


## Ιδανικός PID ελεγκτής με φίλτρο (εργαστηρίου)

Έξοδος ελεγκτή με φίλτρο:

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

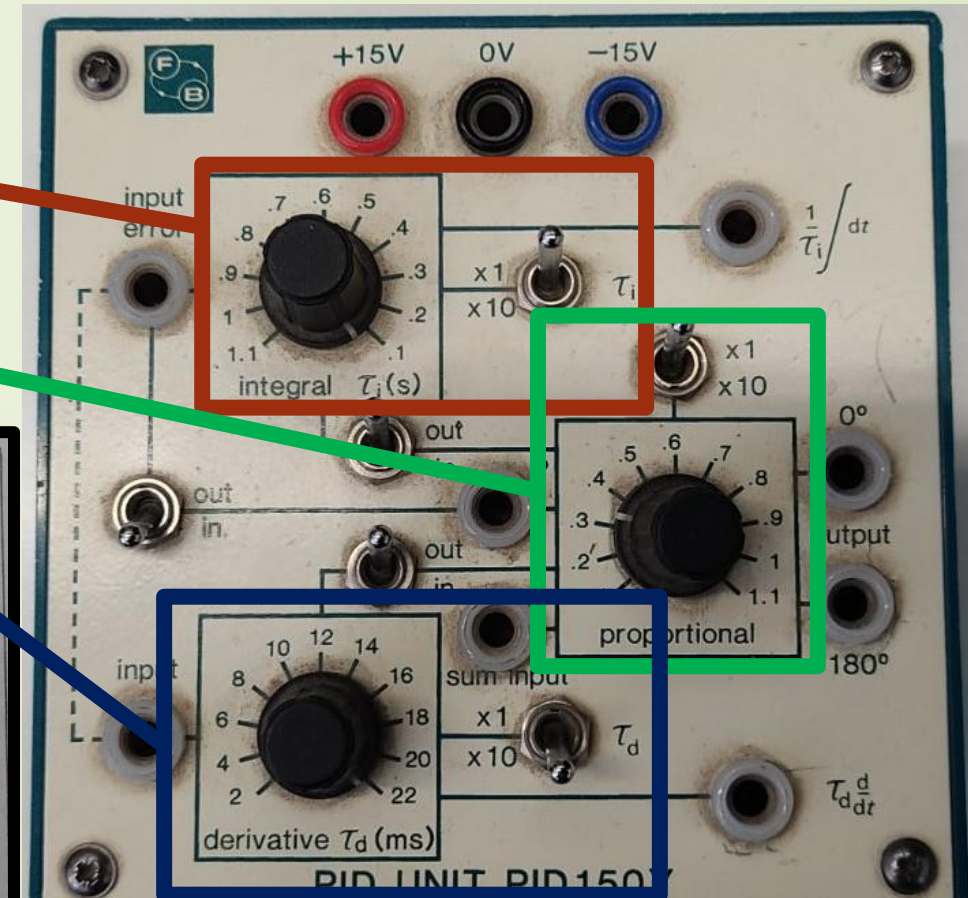
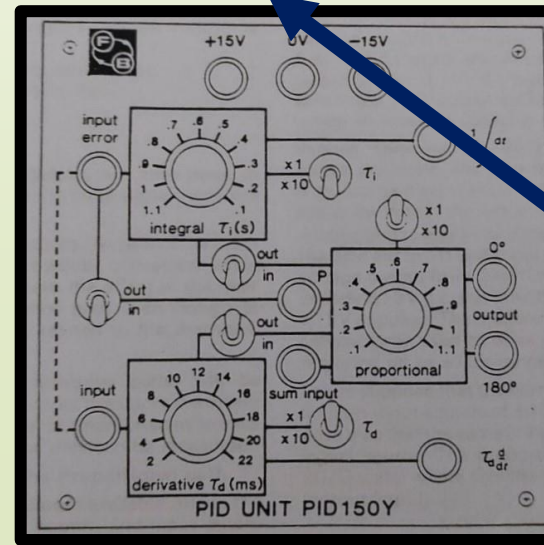




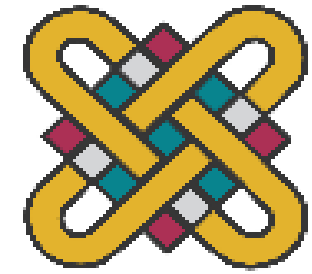
## Ιδανικός PID ελεγκτής με φίλτρο (εργαστηρίου)

Παράμετροι ιδανικού PID με φίλτρο

- $T_i = R_i C_i, T_i \in [0.1s, 1s]$  ή  $T_i \in [1s, 10s]$
- $K_p = \frac{R_f}{R_1}, K_p \in [0.1, 1]$  ή  $K_p \in [1, 10]$
- $T_d = R_d C_d, T_d \in [0.1ms, 22ms]$  ή  $T_d \in [1ms, 220ms]$



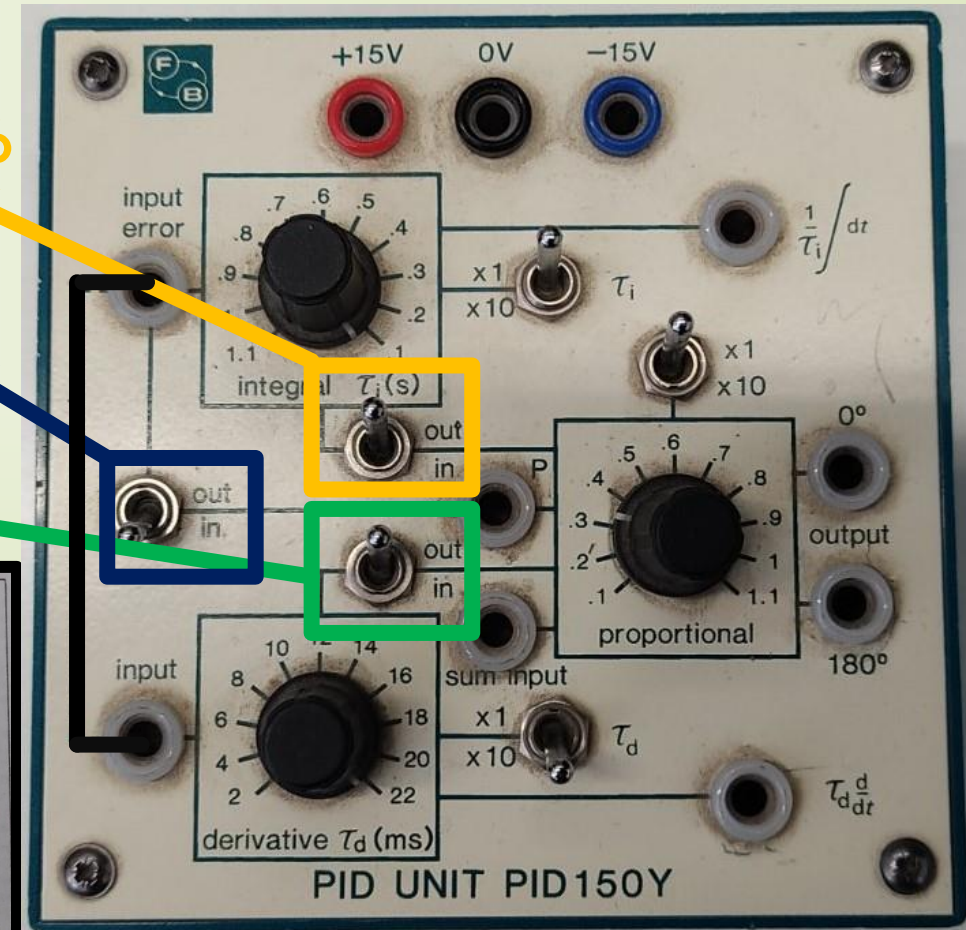
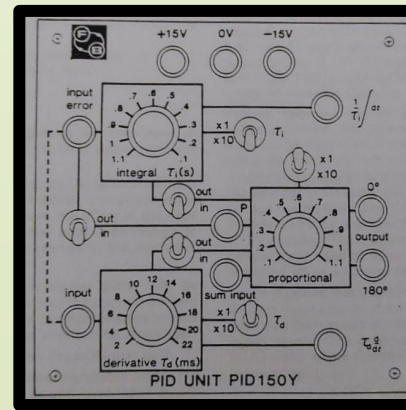


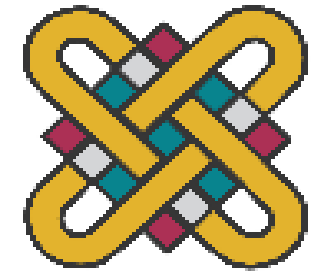


## Συνδεσμολογία ιδανικού PID ελεγκτή με φίλτρο (εργαστηρίου)

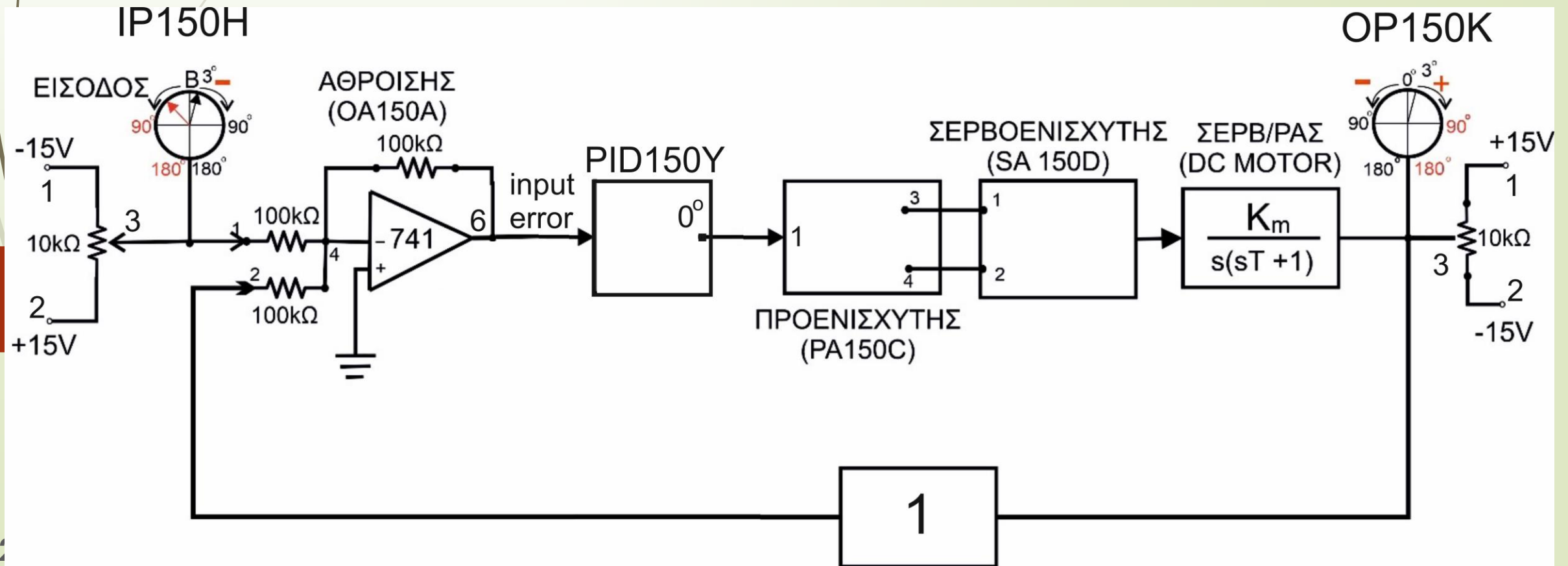
Αρχικές ρυθμίσεις:

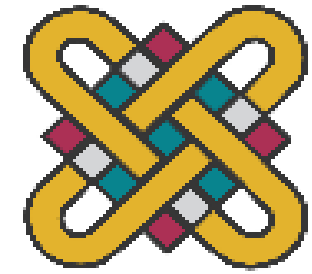
- Ελέγχουμε ότι ο διακόπτης out/in για τον ολοκληρωτικό ελεγκτή βρίσκεται στη θέση in (κλειστός διακόπτης).
- Ελέγχουμε ότι ο διακόπτης out/in για τον αναλογικό ελεγκτή βρίσκεται στην θέση in (κλειστός διακόπτης).
- Ελέγχουμε ότι ο διακόπτης out/in για τον διαφορικό ελεγκτή βρίσκεται στη θέση in (κλειστός διακόπτης).
- Συνδέουμε το input error με το input του διαφορικού ελεγκτή.





# Ηλεκτρολογικό σχέδιο ιδανικού PID ελεγκτή με φίλτρο (εργαστηρίου)



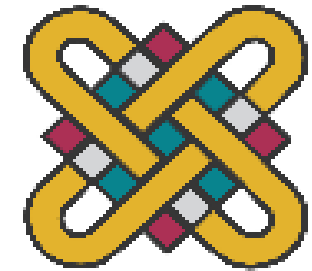


## Σύστημα Αυτομάτου Ελέγχου Θέσης με ιδανικό PID ελεγκτή και φίλτρο

Για επιθυμητή τιμή 40 μοίρες ΒΑ:

1. Με την πέδη στην θέση 0. Μεταβάλλοντας τα  $K_p$ ,  $\tau_i$  και  $\tau_d$  προσπαθήστε να πετύχετε μικρό ποσοστό υπερέψωσης, μικρό χρόνο αποκατάστασης και μικρό χρόνο ανόδου.
  - Να μετρήσετε το ποσοστό υπερέψωσης, το χρόνο αποκατάστασης και το χρόνο ανόδου του συστήματος.
  - Να σημειώσετε τις τιμές των  $K_p$ ,  $\tau_i$ ,  $\tau_d$ ,  $K_i$  και  $K_d$
  - Να γίνει καταγραφή της χρονικής απόκρισης από τον παλμογράφο.

Αντίδραση Ελεγκτή	Χρόνος Ανύψωσης	Υπερέψωση	Χρόνος Αποκατάστασης	Μόνιμο Σφάλμα
$K_p$	Μείωση	Αύξηση	Μικρή Αλλαγή	Μείωση
$K_i$	Μείωση	Αύξηση	Αύξηση	Εξάλειψη
$K_d$	Μικρή Αλλαγή	Μείωση	Μείωση	Μικρή Αλλαγή



## Σύστημα Αυτομάτου Ελέγχου Θέσης με ιδανικό PID ελεγκτή και φίλτρο

Για επιθυμητή τιμή 40 μοίρες ΒΑ:

- Με την πέδη στην θέση 5 και  $K_p$ ,  $\tau_i$ ,  $\tau_d$  τις τιμές που βρήκατε στο προηγούμενο ερώτημα:
  - Να μετρήσετε το ποσοστό υπερύψωσης, μικρό χρόνο αποκατάστασης και χρόνο ανόδου του συστήματος.
  - Να γίνει καταγραφή της χρονικής απόκρισης από τον παλμογράφο.
- Να συγκρίνετε τις χρονικές αποκρίσεις του πρακτικού και του ιδανικού PID ελεγκτή χωρίς/με την πέδη.

Αντίδραση Ελεγκτή	Χρόνος Ανύψωσης	Υπερύψωση	Χρόνος Αποκατάστασης	Μόνιμο Σφάλμα
$K_p$	Μείωση	Αύξηση	Μικρή Αλλαγή	Μείωση
$K_i$	Μείωση	Αύξηση	Αύξηση	Εξάλειψη
$K_d$	Μικρή Αλλαγή	Μείωση	Μείωση	Μικρή Αλλαγή