



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ  
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ



# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ II

## ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ

Βανδίκας Ι. ΕΔΙΠ  
Μόσχος Ι. Υποψ. Διδ.

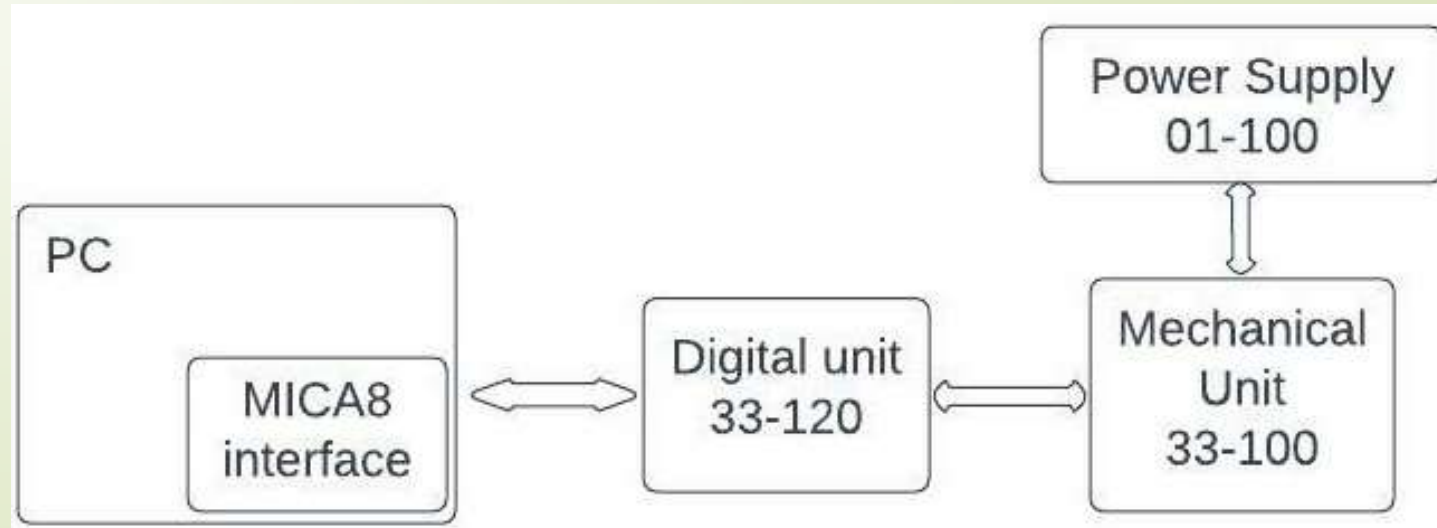


## Ψηφιακή έλεγχος Σερβοκινητήρα

Αποτελεί μια εργαστηριακή διάταξη ψηφιακού ελέγχου θέσης/ ταχύτητας σερβο-κινητήρα DC της εταιρίας Feedback

### Τα κύρια μέρη:

- Ψηφιακή μονάδα: DU 33-120
- Αναλογική μονάδα (για αναλογικό έλεγχο): AU 33-110
- Μηχανική μονάδα: MU 33-100
- Τροφοδοτικό: PS 01-100
- Πλακέτα διασύνδεσης μεταξύ Η/Υ και εξοπλισμού: USB to MICA8 Interface

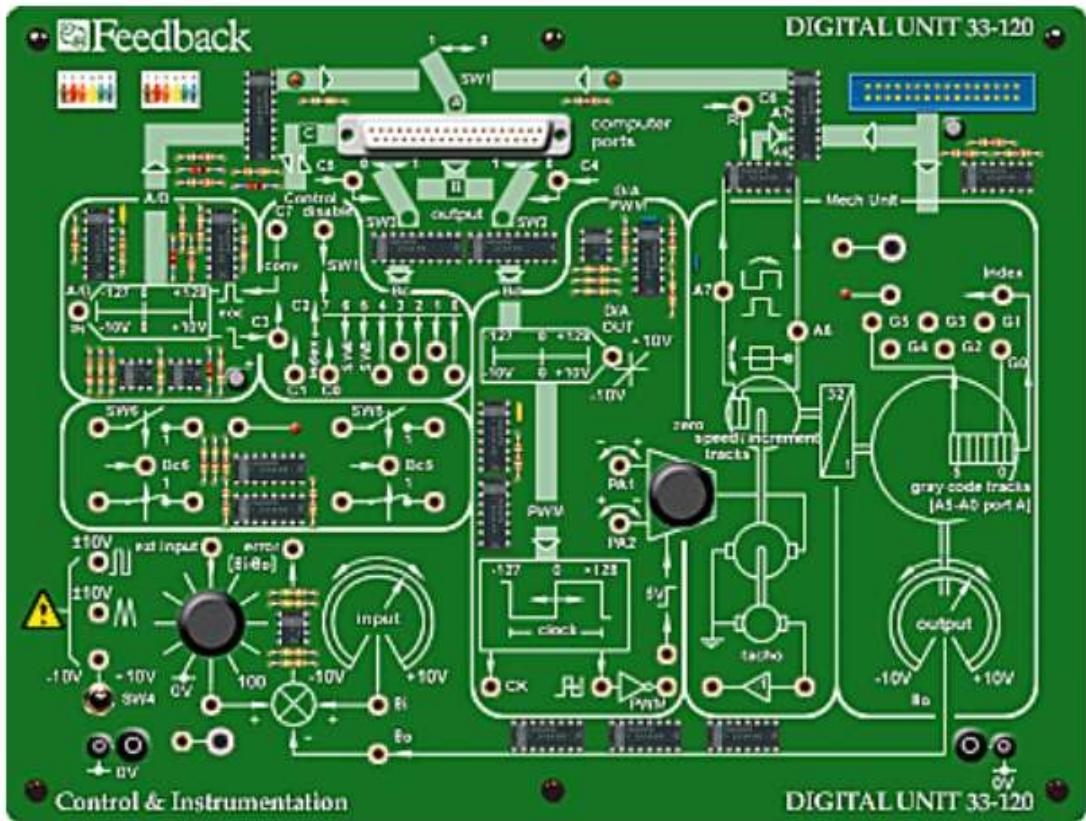


Βανδίκας Ι. ΕΔΙΠ

Μόσχος Ι. Υποψ. Διδ.



## Ψηφιακή έλεγχος Σερβοκινητήρα



Βανδίκας Ι. ΕΔΙΠ

Μόσχος Ι. Υποψ. Διδ.



## Ψηφιακή Μονάδα DU 33-120

Η μονάδα συνδέεται με την κάρτα MICA8 μέσω καλωδίου 37 αγωγών (ταινιοκαλώδιο) για την επικοινωνία Η/Υ και της μονάδας DU 33-120.

Η σύνδεση της Ψηφιακής και μηχανικής μονάδας πραγματοποιείται μέσω καλωδίου 34 αγωγών

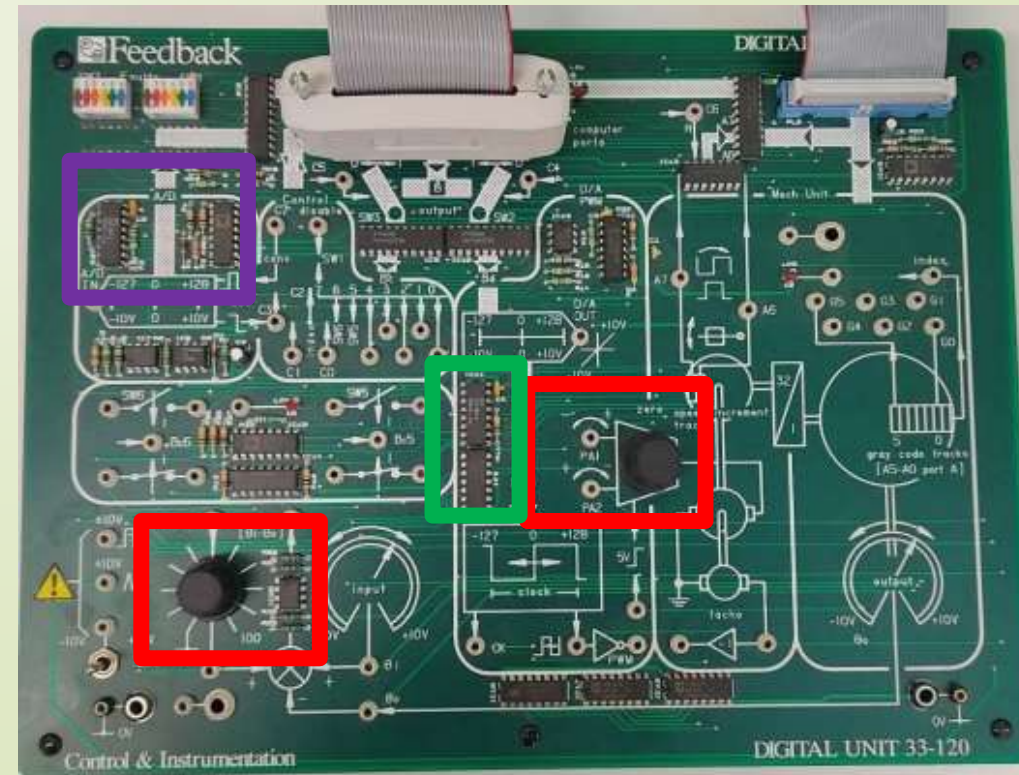
- **A/D converter (8bit)**
- **D/A converter (8bit)**

Δύο ποτενσιόμετρα:

**Αριστερά:** Έλεγχος πλάτους διεγερσης

**Δεξιά:** Zero set

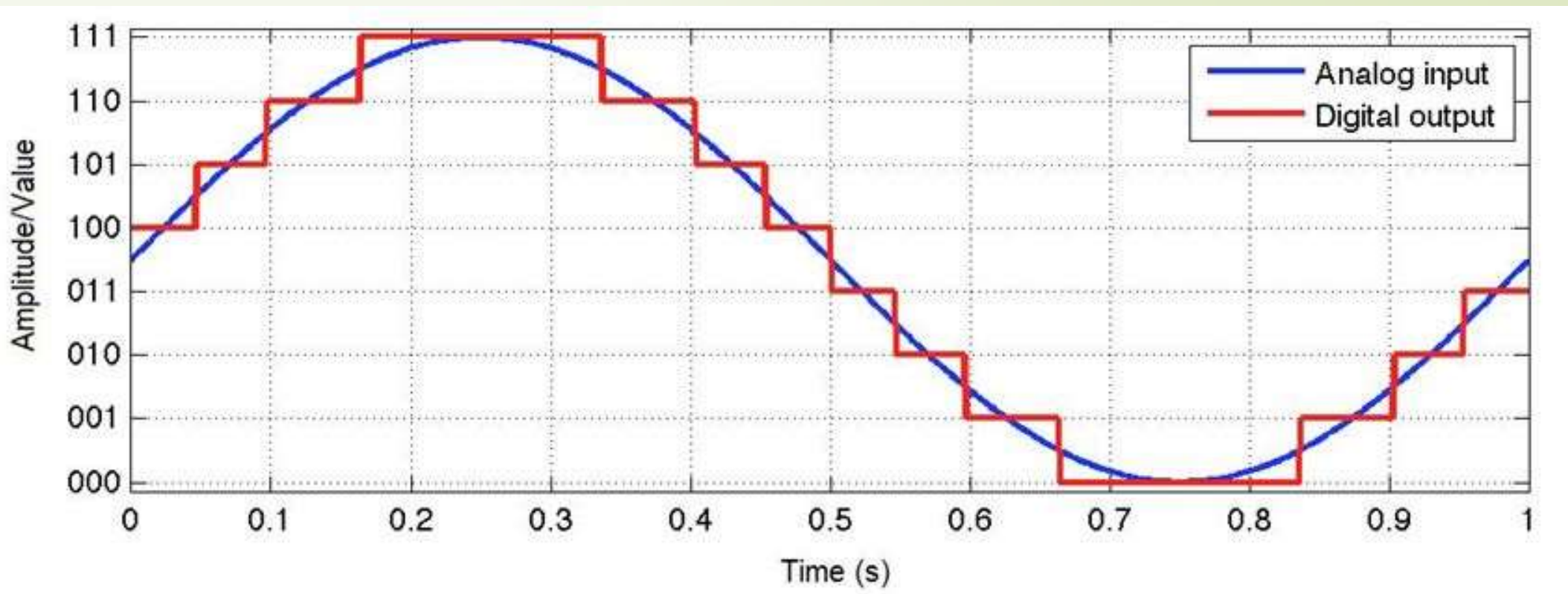
- **Διεγέρσεις:**
  - +10/-10 DC
  - Τετραγωνικό σήμα:  $\pm 10$
  - Πριονωτό σήμα:  $\pm 10V$





## Ψηφιακή Μονάδα DU 33-120

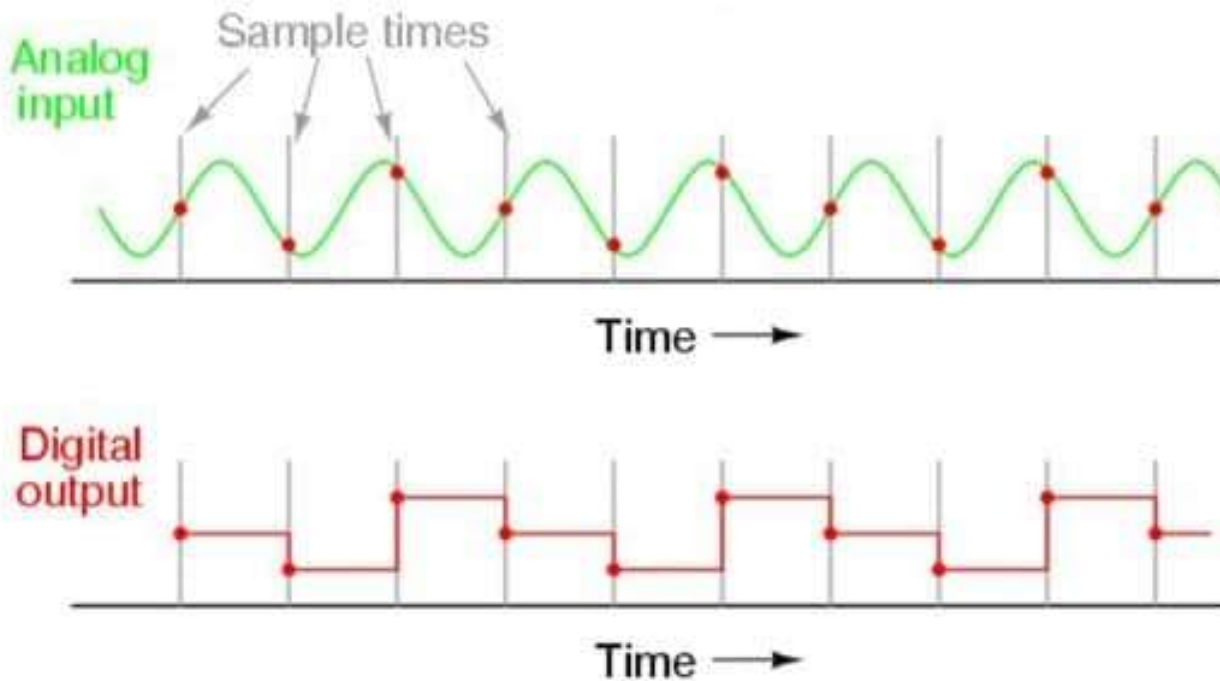
- A/D converter





## Ψηφιακή Μονάδα DU 33-120

- A/D converter:** Χρόνος Δειγματοληψίας ( $F_{\text{sampling}}$ ), Διακριτική ικανότητα (Resolution n-Bit)



Bit Length	Levels	Step Size (5V Range)
8-bits	256	19.53 mV
10-bits	1024	4.88 mV
12-bits	4096	1.22 mV
16-bits	65536	76.29 $\mu$ V
18-bits	262144	19.07 $\mu$ V
20-bits	1048576	4.76 $\mu$ V
24-bits	16777216	0.298 $\mu$ V



## Ψηφιακή Μονάδα DU 33-120

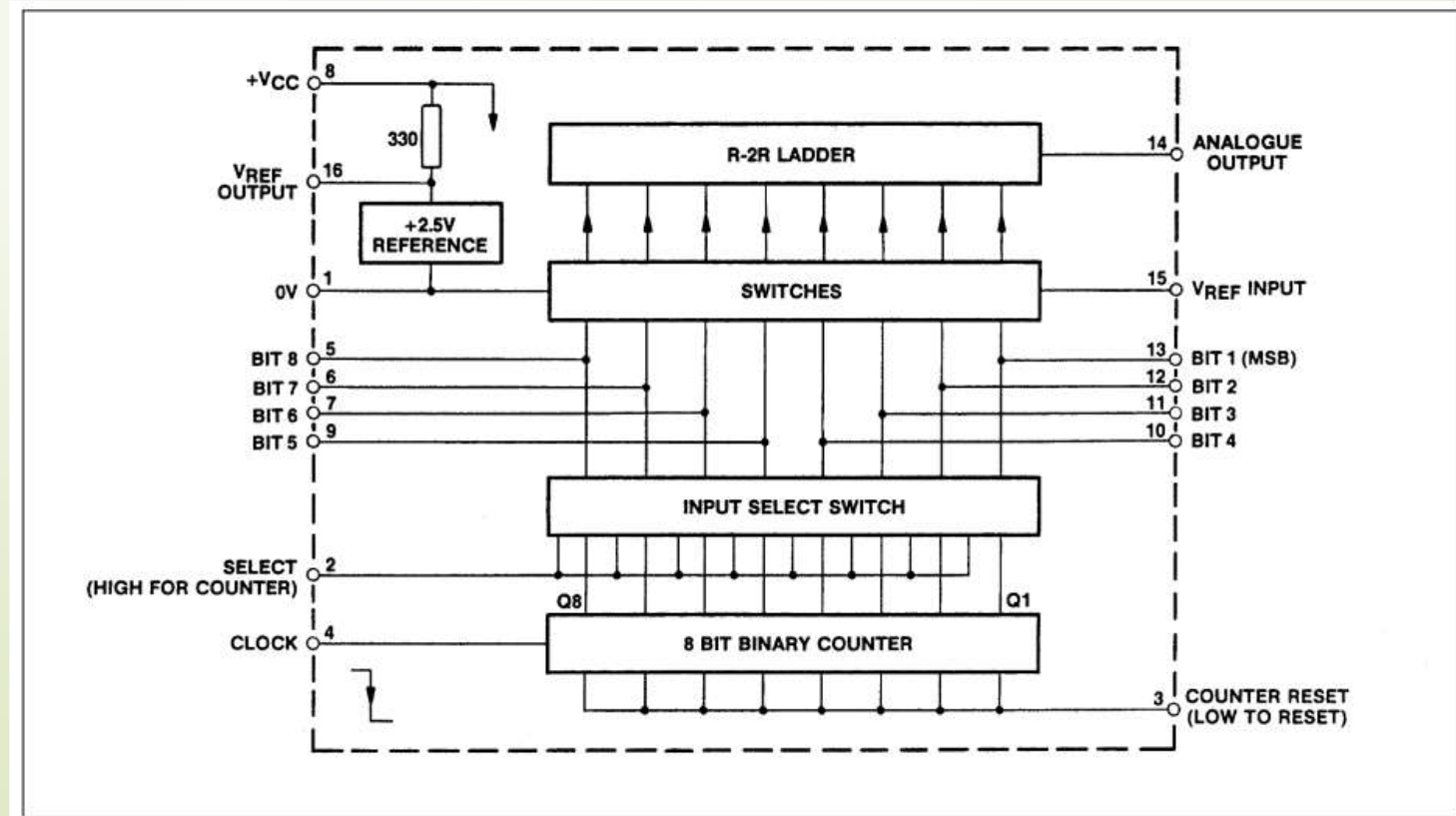
- A/D converter

DESIGN	SPEED	RESOLUTION	NOISE IMMUNITY	COST
Successive approximation	Medium	10–16 bits	Poor	Low
Integrating	Slow	12–18 bits	Good	Low
Ramp/counting	Slow	14–24 bits	Good	Medium
Flash/parallel	Fast	4–8 bits	None	High



## Ψηφιακή Μονάδα DU 33-120

- **A/D & D/A converter (8bit) ZN425E**
- Διακριτική ικανότητα 8-Bit
- Συνολικό σφάλμα :  $\pm 1/2$  LSB
- Χρόνος μετατροπής 1 $\mu$ s
- Συμβατότητα TTL/CMOS
- Δεν απαιτεί ρύθμιση του μηδενός
- Είσοδος 0-5V με τροφοδοσία 5V

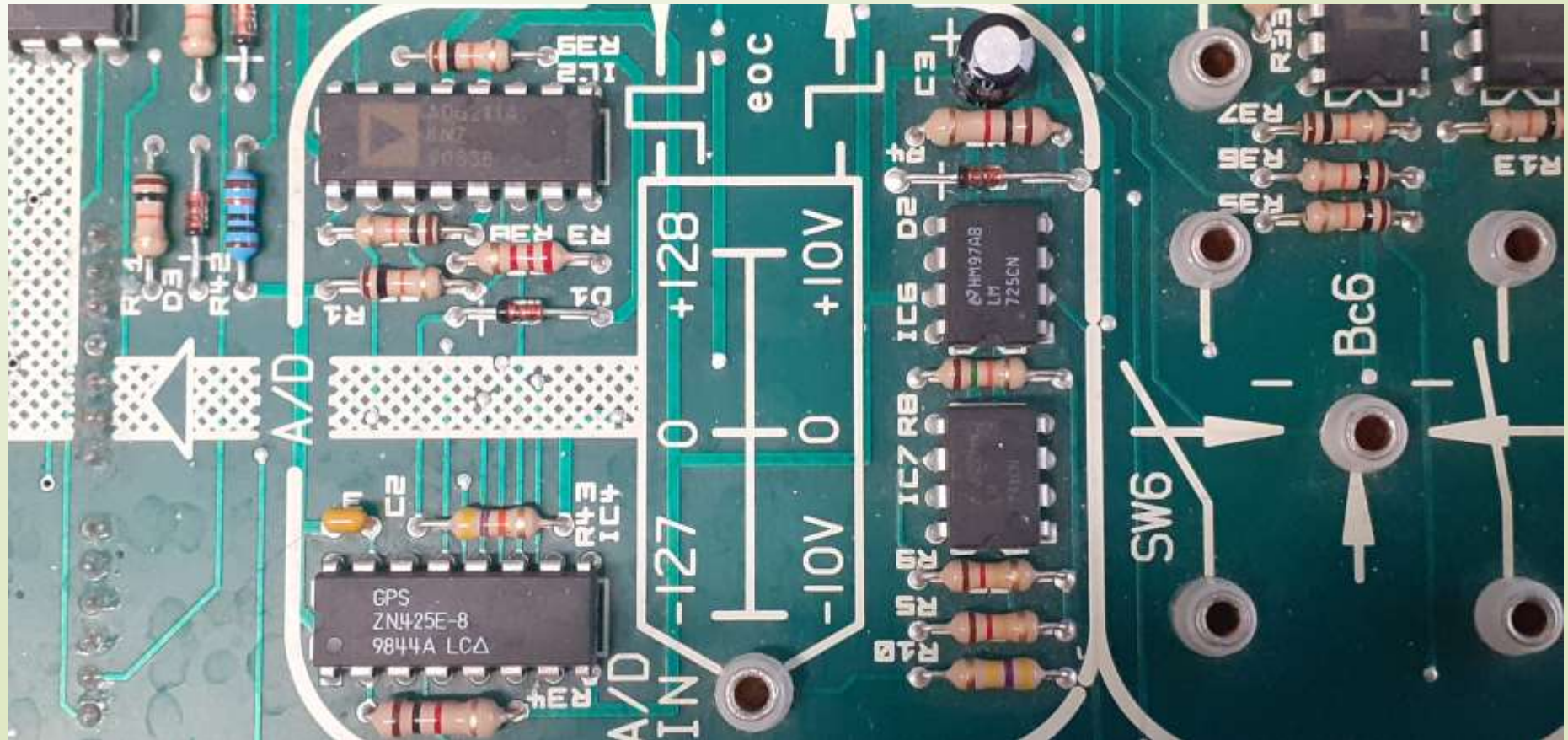






## Ψηφιακή Μονάδα DU 33-120

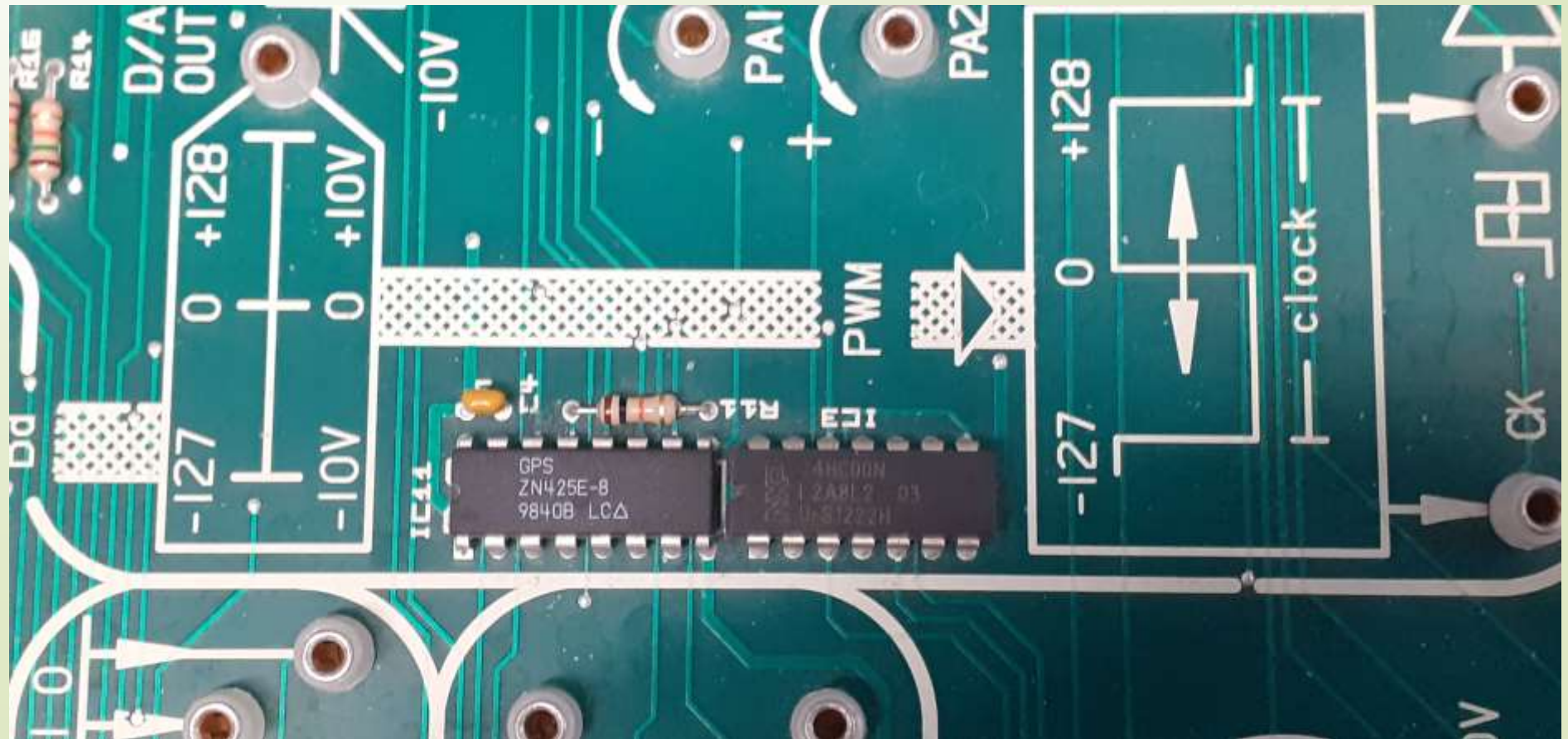
- A/D & D/A converter (8bit)





## Ψηφιακή Μονάδα DU 33-120

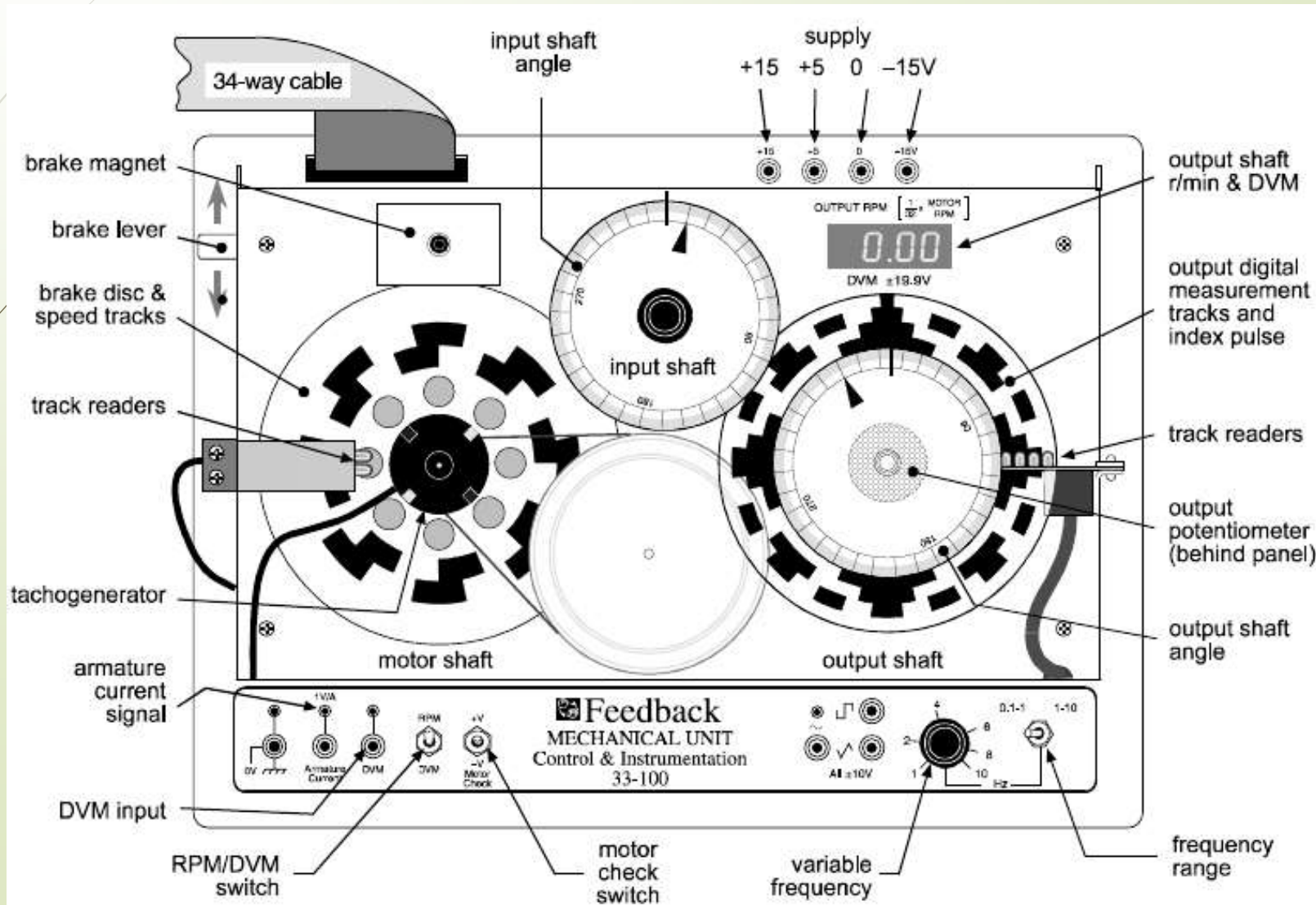
- A/D & D/A converter (8bit)





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ

ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ



ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ



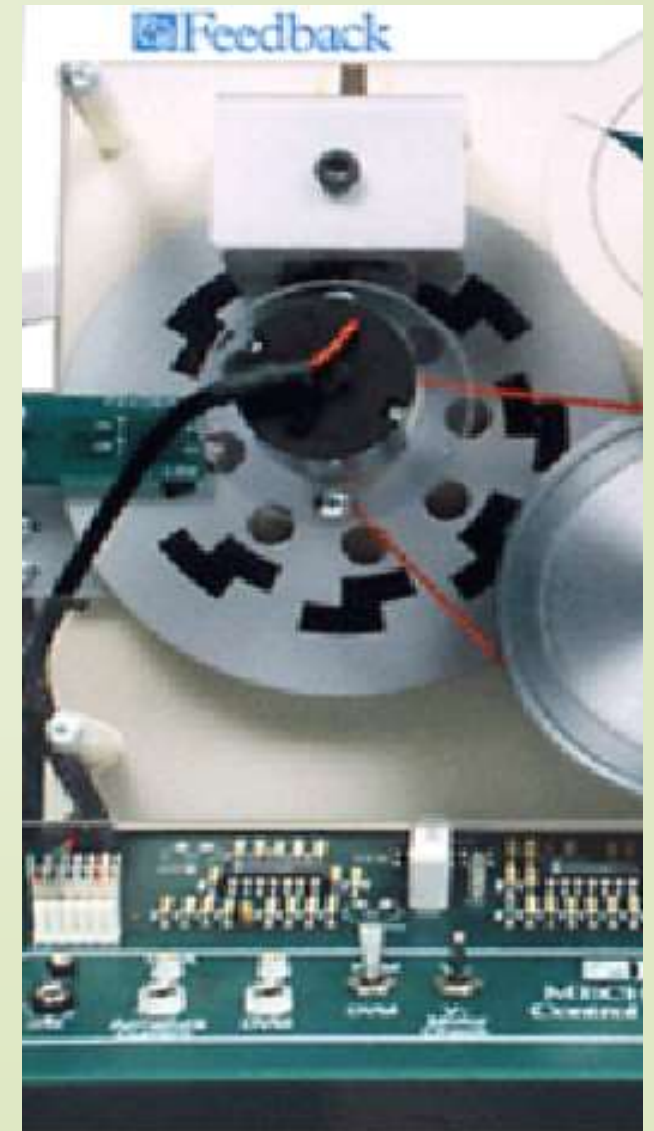


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ  
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ



## Ψηφιακή Μονάδα DU 33-120

- Ταχογεννήτρια : 2,5V / 1000rpm

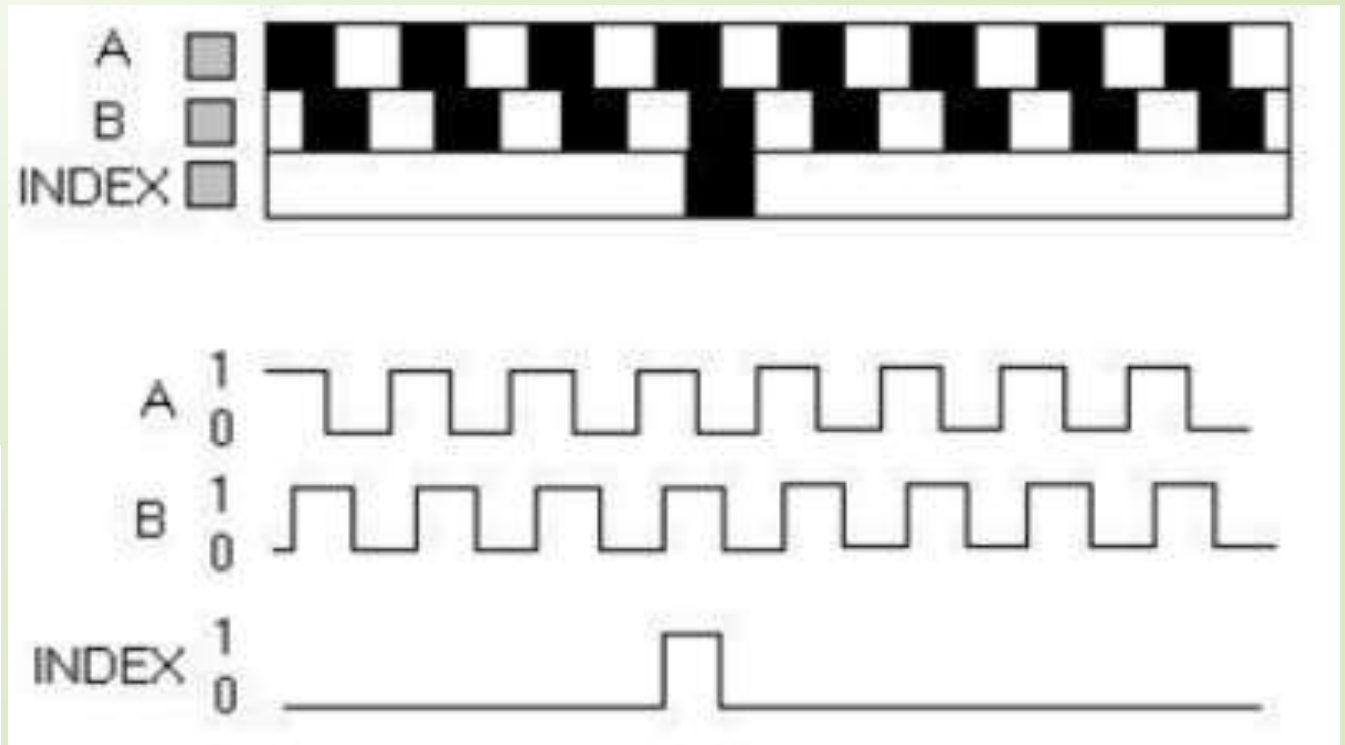




ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ  
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ



Οπτικοί αισθητήρες ταχύτητας





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ  
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ



Οπτικοί αισθητήρες θέσεως ( $2^6$ ) 64 θέσεων



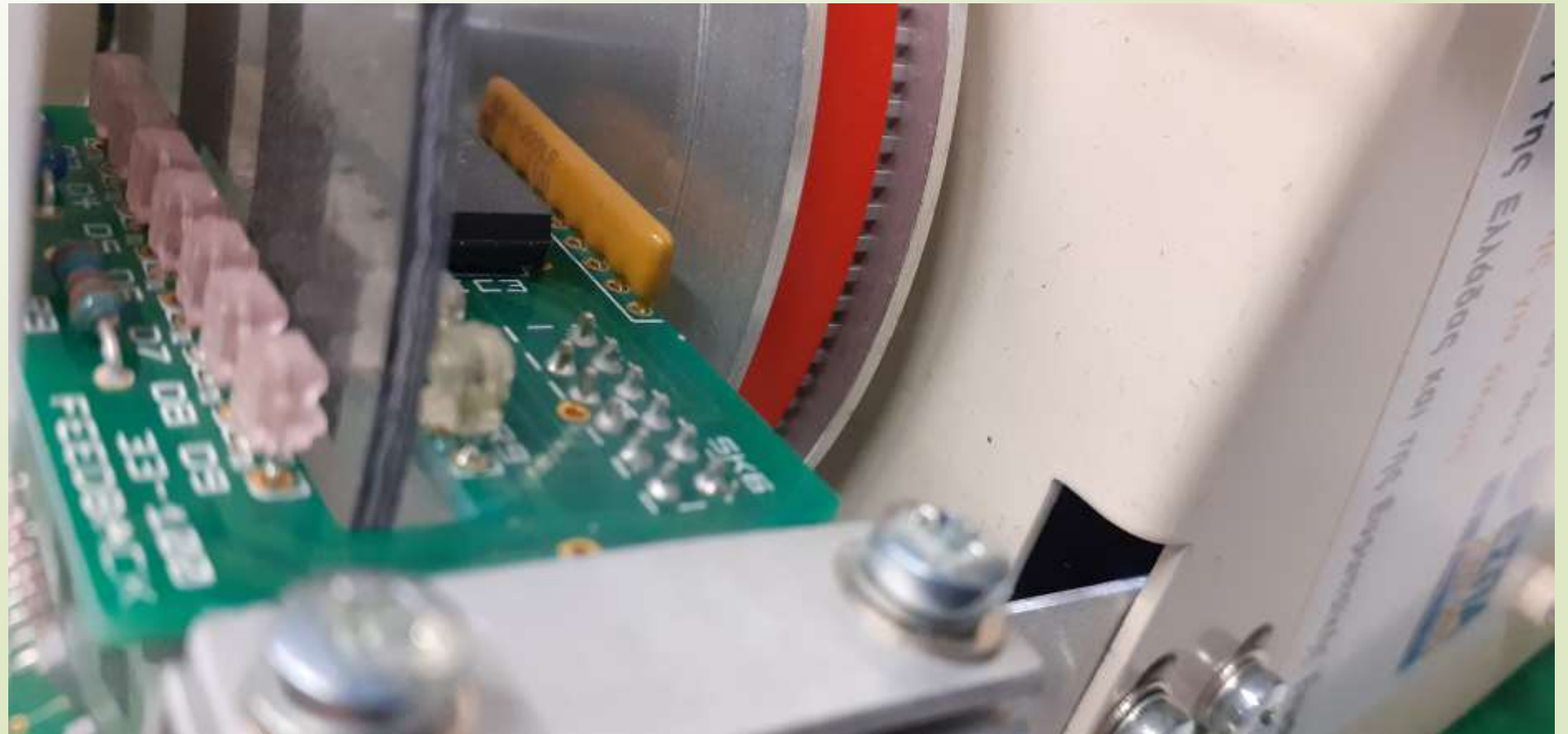
Decimal	Pure Binary	Gray Code
0	0000	0000
1	0001	0001
2	0010	0011
3	0011	0010
4	0100	0110
5	0101	0111
6	0110	0101
7	0111	0100
8	1000	1100
9	1001	1101
10	1010	1111
11	1011	1110
12	1100	1010
13	1101	1011
14	1110	1001
15	1111	1000



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ  
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ



Οπτικοί αισθητήρες θέσεως







## Πλεονεκτήματα

- ▶ Έλλειψη φθοράς
- ▶ Προκαλούν λιγότερο θόρυβο και σφάλμα
- ▶ Εύκολος προσδιορισμός της κατεύθυνσης και της απόλυτης θέσης
- ▶ Ευκολία συνεργασίας με μικρουπολογιστές

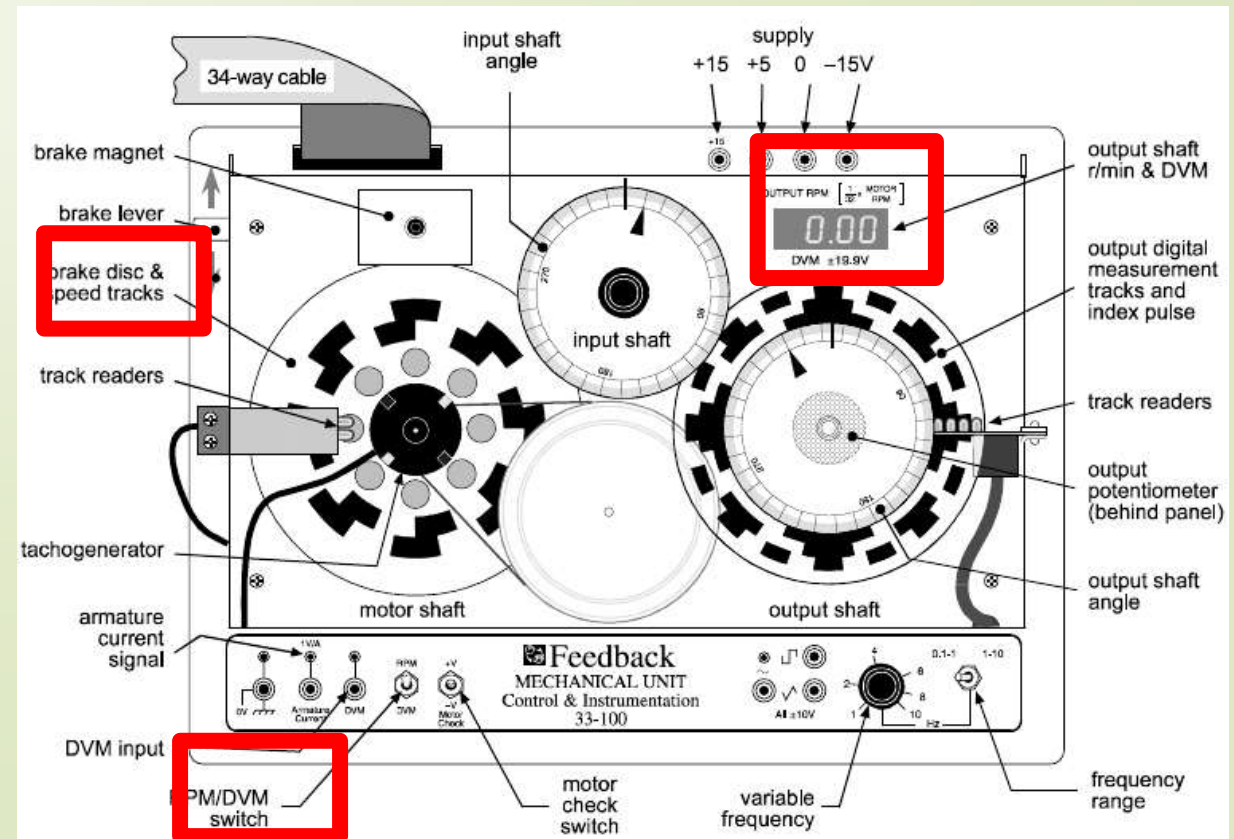
## Μειονεκτήματα

- ▶ Οι ψηφιακοί κωδικοποιητές είναι σχετικά πιο σύνθετοι και ακριβότεροι από ένα ποτενσιόμετρο που χρησιμοποιείται σαν αισθητήρας θέσης του άξονα.
- ▶ Επηρεάζονται από την σκόνη και για αυτό στην βιομηχανία βρίσκονται σε ερμητικά κλειστές θήκες.



## Μηχανική μονάδα MU 33-100

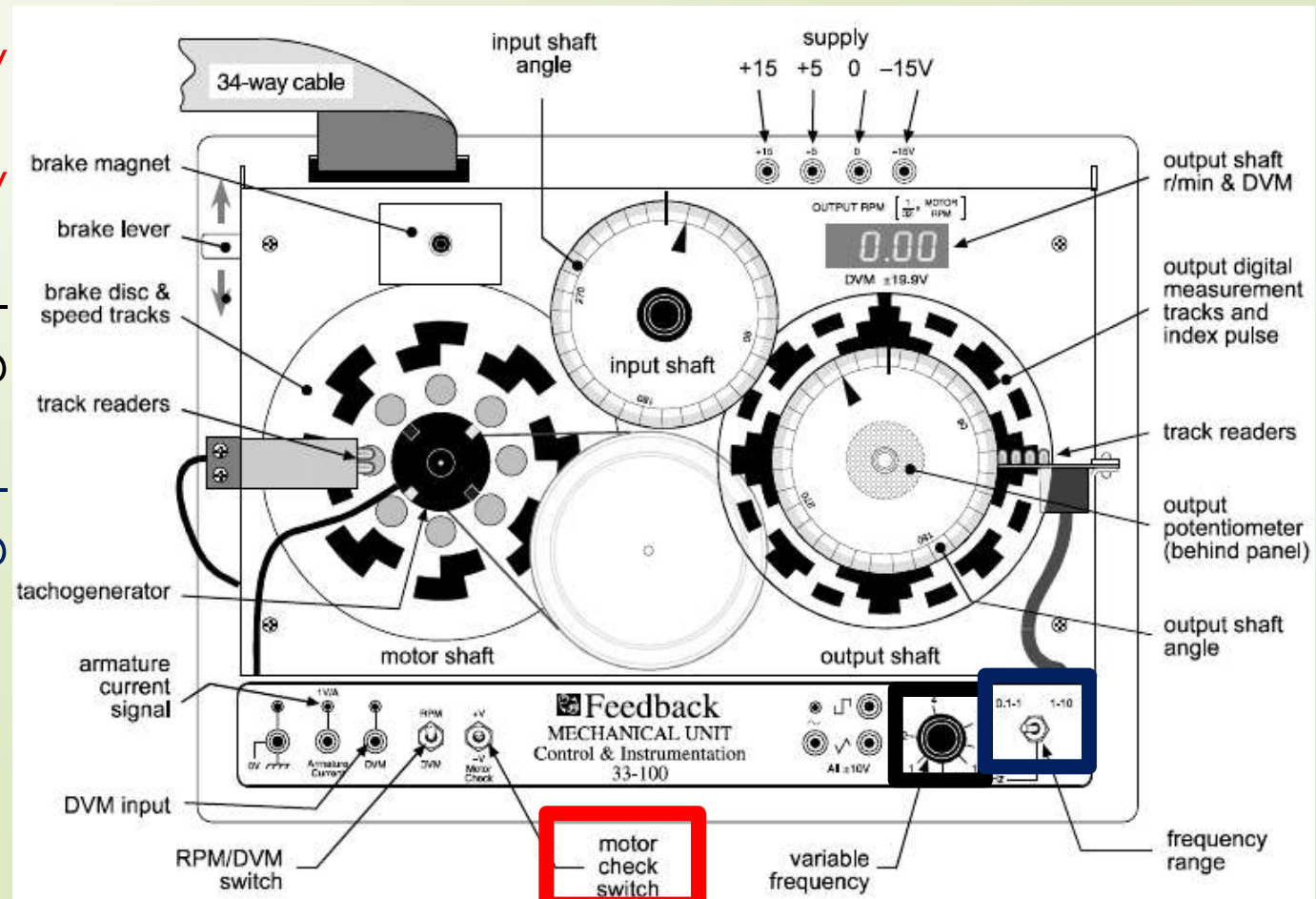
- **RPM:** 0.00-99.9 ( $\pm$ ανάλογα την φορά περιστροφής) η μέτρηση λαμβάνεται από το δίσκο φρένου με μείωση στροφών 32:1 από τον κινητήρα προς τον άξονα εξόδου.
- **Διακόπτης RPM/DVM (digital voltage meter)**





## Μηχανική μονάδα MU 33-100

- **Διακόπτης: +V/-V (έλεγχος λειτουργίας)**
  - **+V:** Θετική τάση, περιστρέφει τον τροχό προς τα δεξιά
  - **-V:** Αρνητική τάση, περιστρέφει τον τροχό προς τα αριστερά
- **Ποτενσιόμετρο Hz:** Ρύθμιση της συχνότητας του τετραγωνικού και τριγωνικού παλμού (0.1 έως 10Hz)
- **Διακόπτης Hz:** Ορίζει το πεδίο συχνοτήτων του τετραγωνικού και τριγωνικού παλμού  $\rightarrow [0.1, 1]$  ή  $[1, 10]$  (Hz)





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ  
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ



- Αισθητήρες κινητήρων:
  - Θέσης
  - Ταχύτητας (συχνή απαίτηση)
  - Επιτάχυνσης

Η καλύτερη μέθοδος για την άμεση μέτρηση της ταχύτητας ενός κινητήρα είναι αυτή της ταχογεννήτριας, η οποία είναι μια γεννήτρια συνεχούς τάσης. Η γεννήτρια είναι μόνιμου μαγνήτη που παράγει συνεχή τάση dc ανάλογα με την ταχύτητα του άξονα της.



Βανδίκας Ι. ΕΔΙΠ  
Μόσχος Ι. Υποψ. Διδ.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ  
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

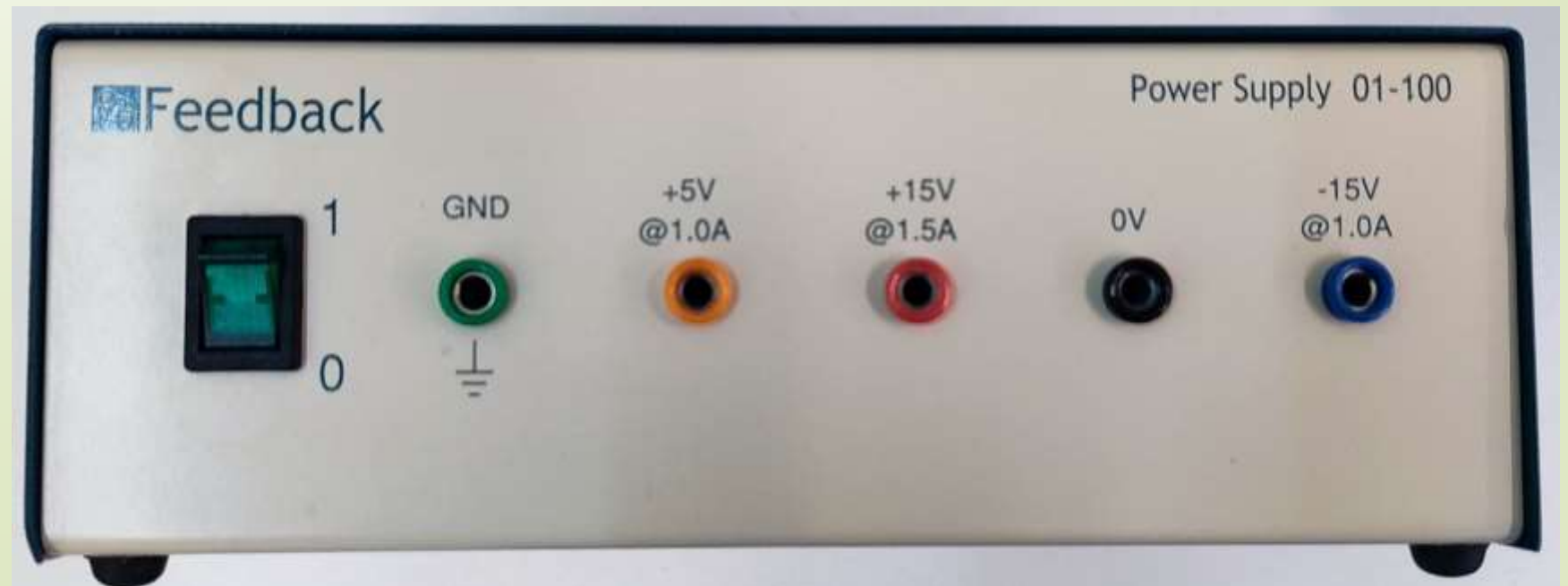


## Τροφοδοτικό (Power Supply 01-100)

Είσοδος 230V AC 50Hz,

“Εξοδοι:

- Πορτοκαλί: +5Vdc/1A
- Κόκκινο: +15Vdc/1.5A
- Μπλε: -15Vdc/1A
- Μαύρο: +0V





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ  
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ



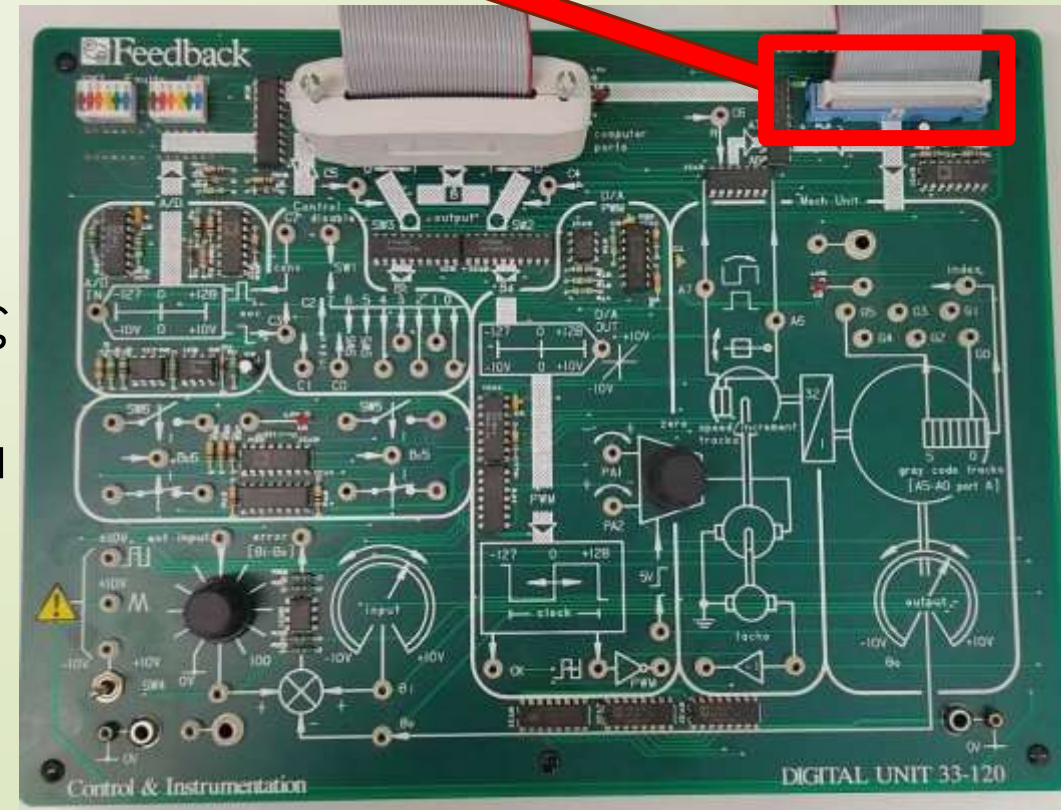
- **Κάρτα MICA8: Επιτρέπει την αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ Η/Υ και εξοπλισμού**





## Αρχικοί έλεγχοι μονάδων

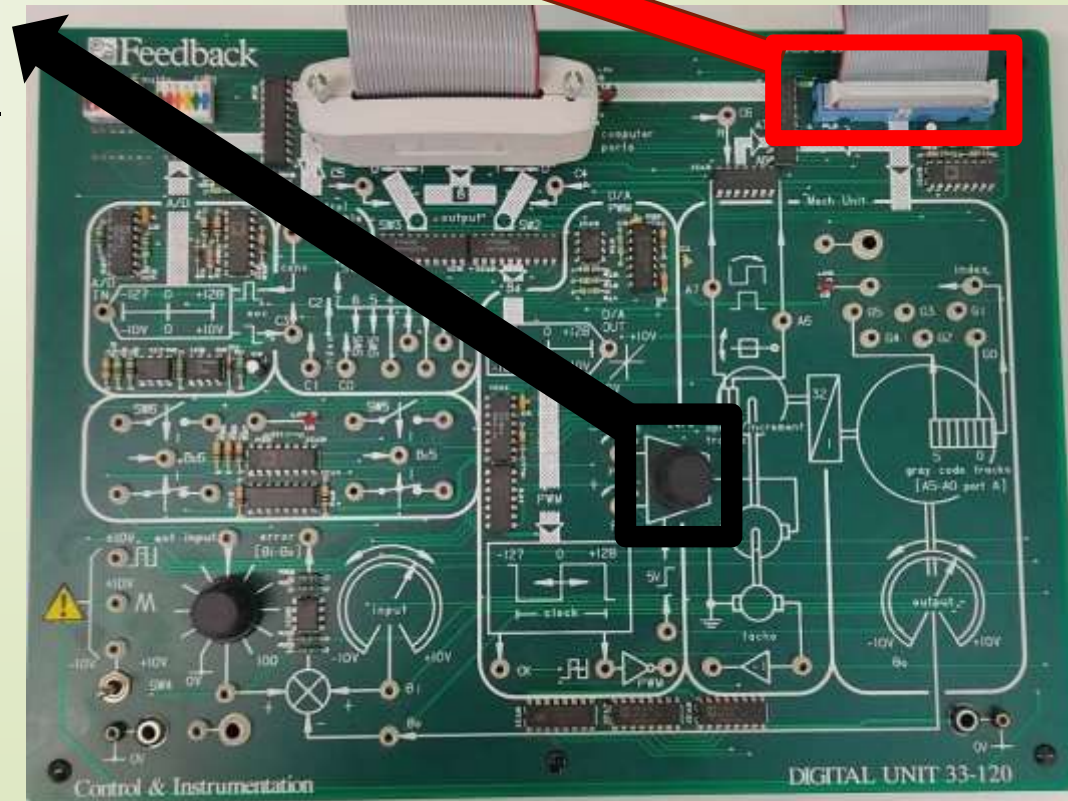
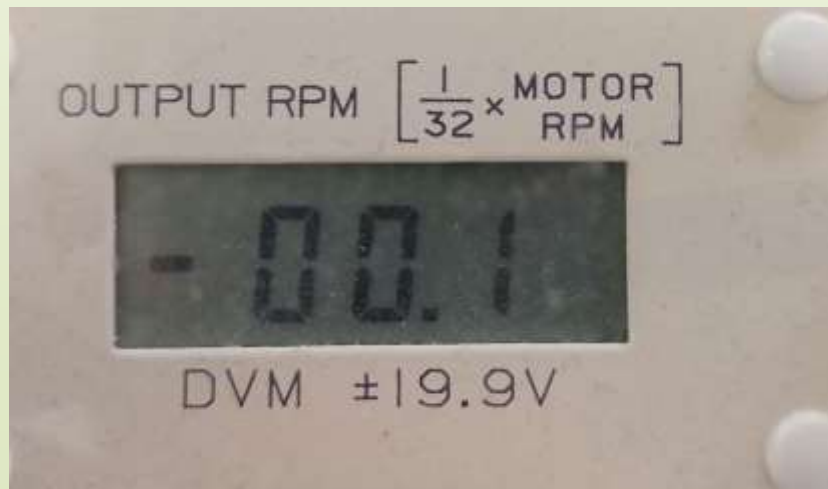
- Αποσυνδέουμε **προσεκτικά** το ταινιοκαλώδιο της μηχανικής μονάδας και της Ψηφιακής μονάδας. Στη συνέχεια ανοίγουμε την τροφοδοσία.
- Θα πρέπει το display να δείχνει 0.00rpm, αυτό σημαίνει ότι η τροφοδοσία **+5V** λειτουργεί.
- Βάζουμε τον διακόπτη motor check στην θέση +V, θα πρέπει ο κινητήρας να περιστρέφεται με την φορά του ρολογιού. Επιλέγουμε -V κινητήρας θα πρέπει να κουνιέται με αντίθετη φορά και με ίδιες στροφές. Αυτό σημαίνει ότι η τροφοδοσία **+/- 15V** λειτουργεί.





## Αρχικοί έλεγχοι μονάδων

- **Κλείνουμε την τροφοδοσία και συνδέουμε το ταινιοκαλώδιο που αφαιρέσαμε**
- Ανοίγουμε ξανά την τροφοδοσία, αν ο κινητήρας κουνιέται ρυθμίζουμε το ποτενσιόμετρο εξόδου ώστε να σταματήσει η κίνηση του κινητήρα (zero set).
- Κλείνουμε την τροφοδοσία.







- **Πείραμα 1<sup>ο</sup>: Μέτρηση της απόκρισης του κινητήρα**

- Στόχος της άσκησης είναι η μελέτη της μεταβατικής κατάστασης, δηλαδή τις αποκρίσεις από ξαφνικές αλλαγές της εισόδου. Στο πείραμα εφαρμόζεται βηματική είσοδο ανά ίσα χρονικά διαστήματα.
- Αναμένουμε κάποια καθυστέρηση στην απόκριση του κινητήρα, λόγω της αδράνειας του οπλισμού και κάθε άλλου φορτίου, όπως είναι ο δίσκος του φρένου.
- Η καθυστέρηση αυτή ονομάζεται **σταθερά χρόνου του κινητήρα**.

Ο Η/Υ παράγει μια βηματική τάση εισόδου για να αρχίσει να κινείται ο κινητήρας, ενώ η μέτρηση του στροφόμετρου εμφανίζεται στην οθόνη του υπολογιστή.

Η προσεγγιστική τιμή της τάσης υπολογίζεται μέσω του τύπου:  $V = \frac{x}{128} \mathbf{10}$ ,  $x \in [-127, 127]$

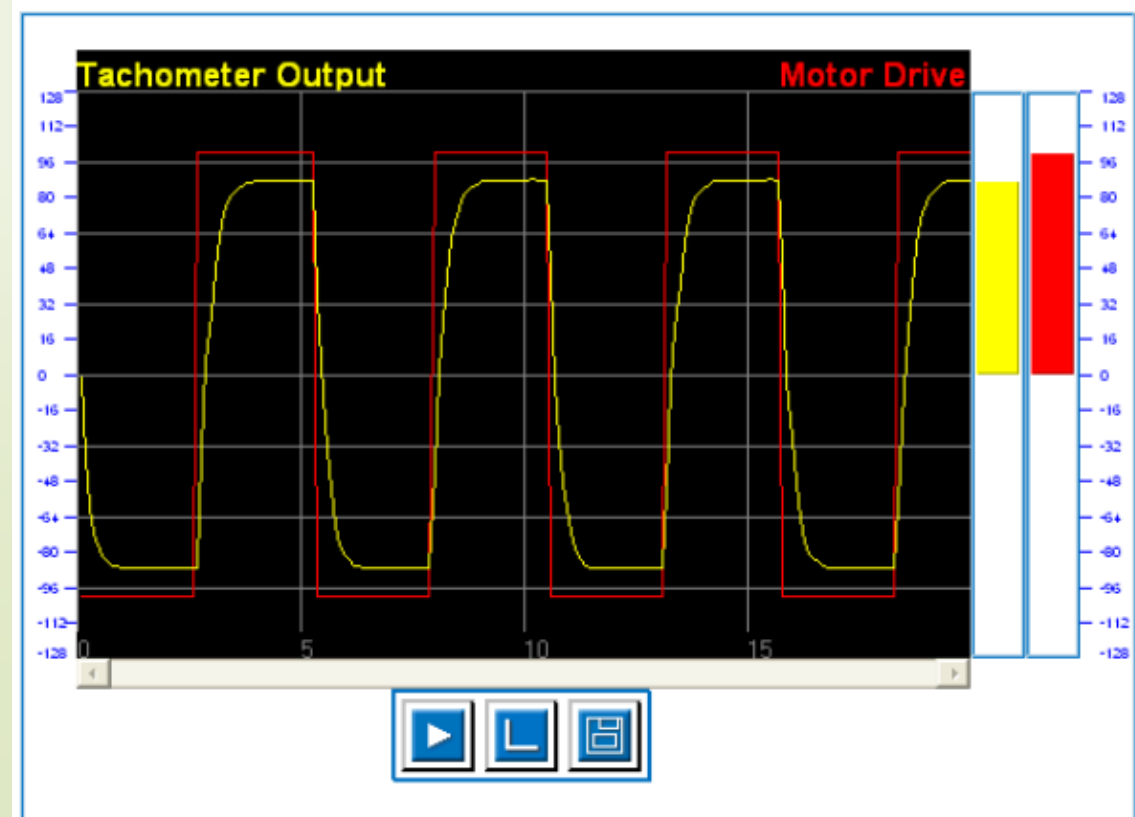
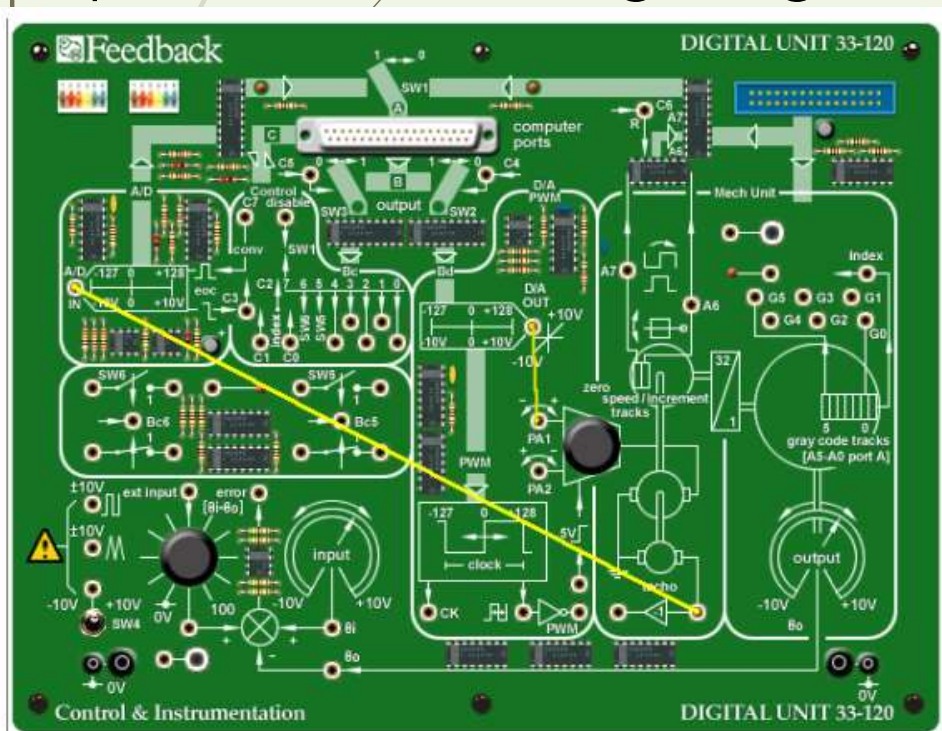
Βανδίκας Ι. ΕΔΙΠ

Μόσχος Ι. Υποψ. Διδ.



- **Πείραμα 1<sup>ο</sup>: Μέτρηση της απόκρισης του κινητήρα**

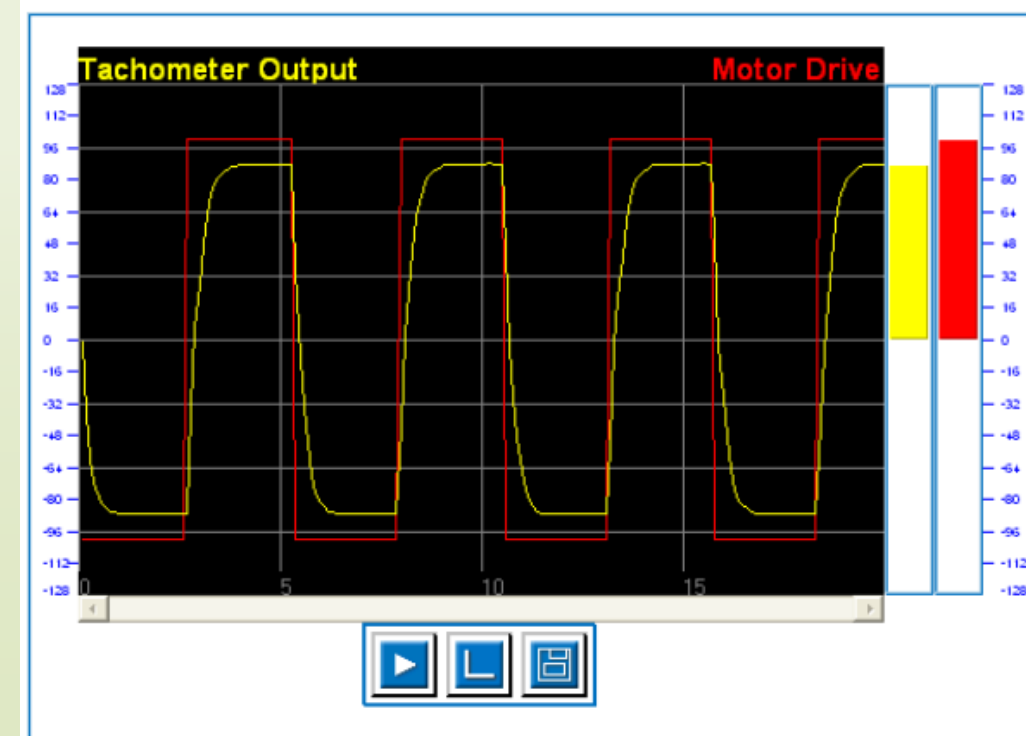
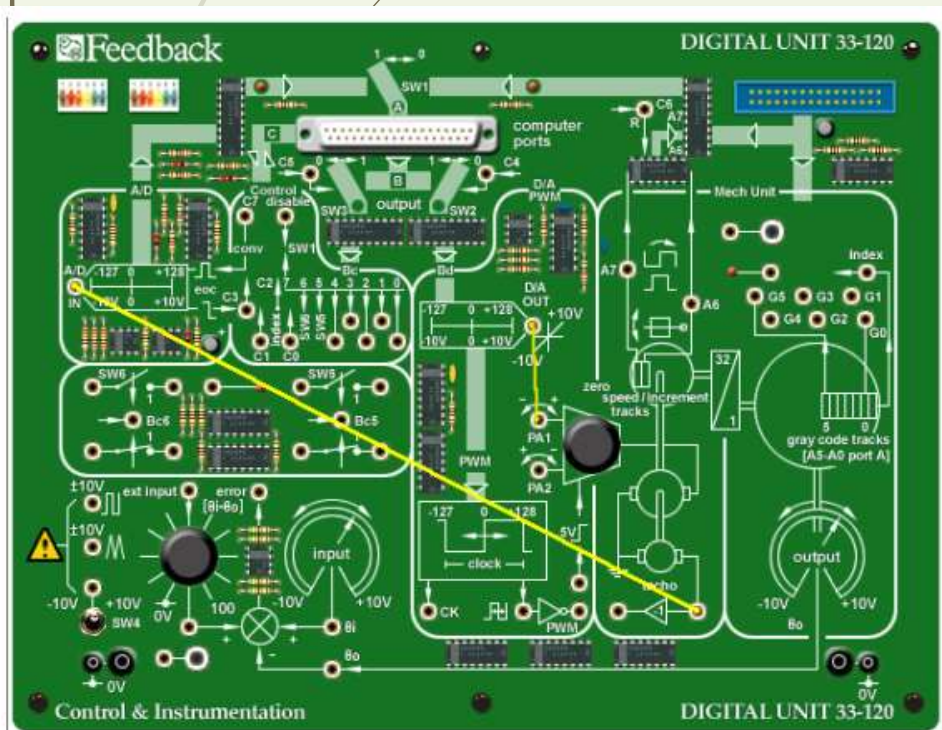
Μονοπάτι στο Discovery II IMS: Control and Instrumentation → Digital Servo Fundamentals → Motor Control → Practical 2: Measuring Motor Response → Patching diagram





- **Πείραμα 1<sup>ο</sup>: Μέτρηση της απόκρισης του κινητήρα**

1. Να μετρήσετε το σφάλμα ανάμεσα στην είσοδο και την έξοδο.
2. Το σύστημα είναι ανοικτού ή κλειστού βρόχου?
3. Να καταγράψετε την χρονική απόκριση του συστήματος.

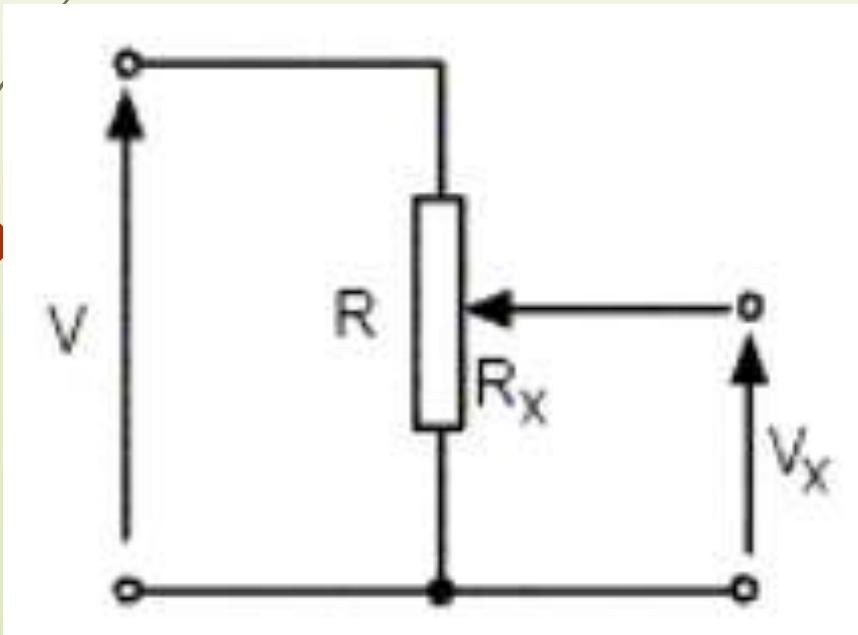




- **Αναλογικός αισθητήρας θέσης**

Ο πιο απλός αισθητήρας θέσης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι το ποτενσιόμετρο.

$$V_x = \frac{R_x}{R} V$$



Βανδίκας Ι. ΕΔΙΠ

Μόσχος Ι. Υποψ. Διδ.



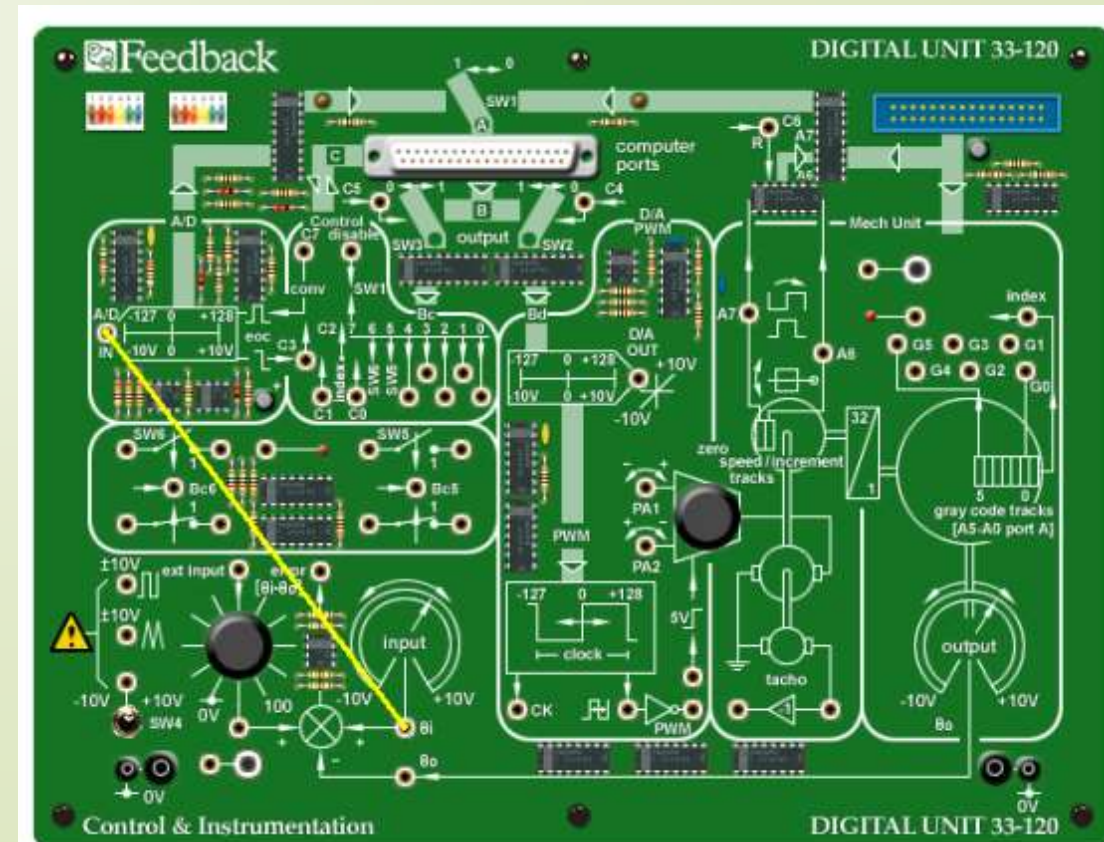
- Πείραμα 2<sup>ο</sup>: Ποτενσιόμετρο εισόδου**

Μονοπάτι στο Discovery II IMS: Control and Instrumentation → Digital Servo Fundamentals → Analogue Shaft as Position Sensors → Practical 1: A to D input and the Potentiometer → Patching diagram

**Γωνία ποτενσιόμετρου**

**Τάση στην έξοδο του ποτενσιόμετρου**

0  
45  
90  
-60  
-90



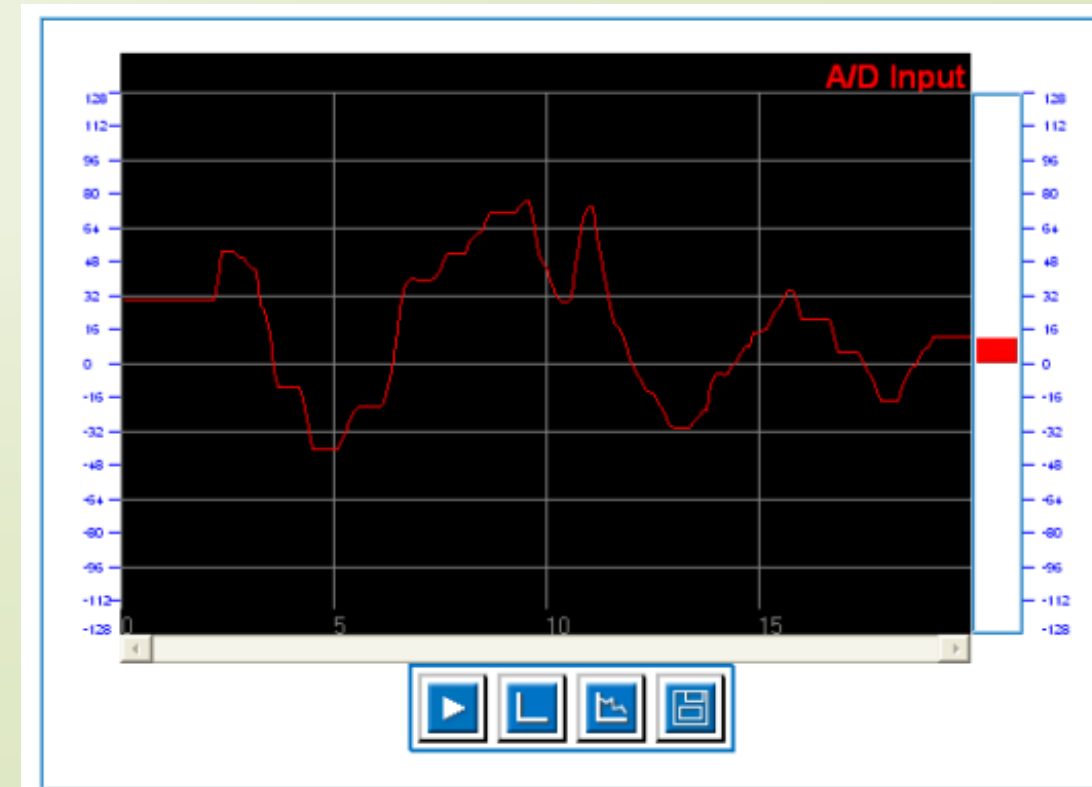


- Πείραμα 2<sup>ο</sup>: Ποτενσιόμετρο εισόδου**

Να συμπληρώσετε τον πίνακα

Μονοπάτι στο Discovery II IMS: Control and Instrumentation → Digital Servo Fundamentals → Analogue Shaft as Position Sensors → Practical 1: A to D input and the Potentiometer → Patching diagram

Γωνία ποτενσιόμετρου	Τάση στην έξοδο του ποτενσιόμετρου
0	
45	
90	
-60	
-90	





## Ψηφιακοί αισθητήρες θέσης

- **Απόλυτος κωδικοποιητής (absolute encoder)**

Ο απόλυτος κωδικοποιητής δίνει σαν έξοδο μια δυαδική τιμή σε Gray code, που δείχνει την απόλυτη θέση. Πάνω στον δίσκο του κωδικοποιητή υπάρχει τυπωμένο ένα σχέδιο από ίχνη. Κάθε ίχνος αντιπροσωπεύει από ένα Bit και ένας τομέας από τα ίχνη παράγει τη θέση του δίσκου σε Gray code.



Βανδίκας Ι. ΕΔΙΠ  
Μόσχος Ι. Υποψ. Διδ.



## Ψηφιακοί αισθητήρες θέσης

- **Αυξητικός κωδικοποιητής (incremental encoder)**

Ο αυξητικός κωδικοποιητής αποτελείται από έναν περιστρεφόμενο δίσκο που έχει διαφανή παράθυρα. Στην μια πλευρά του δίσκου υπάρχει μια πηγή φωτός και ακριβώς απέναντι της υπάρχει ένας αισθητήρας φωτός. Ο κωδικοποιητής δίνει ένα παλμό τάσης κάθε φορά που ένα “παράθυρο” περνά από την πηγή του φωτός. Η γωνία περιστροφής καθορίζεται από ηλεκτρονικά στοιχεία που μετράνε τους παλμούς.







## Ψηφιακοί αισθητήρες θέσης

- **Αυξητικός κωδικοποιητής (incremental encoder)**

Για τον προσδιοριστεί η κατεύθυνση της περιστροφής, ένας δεύτερος αισθητήρας φωτός τοποθετείται σε ένα διαφορετικό παράθυρο. Ο δεύτερος αισθητήρας εστιάζει την άκρη του παραθύρου, ενώ ο πρώτος στην άκρη του παραθύρου.

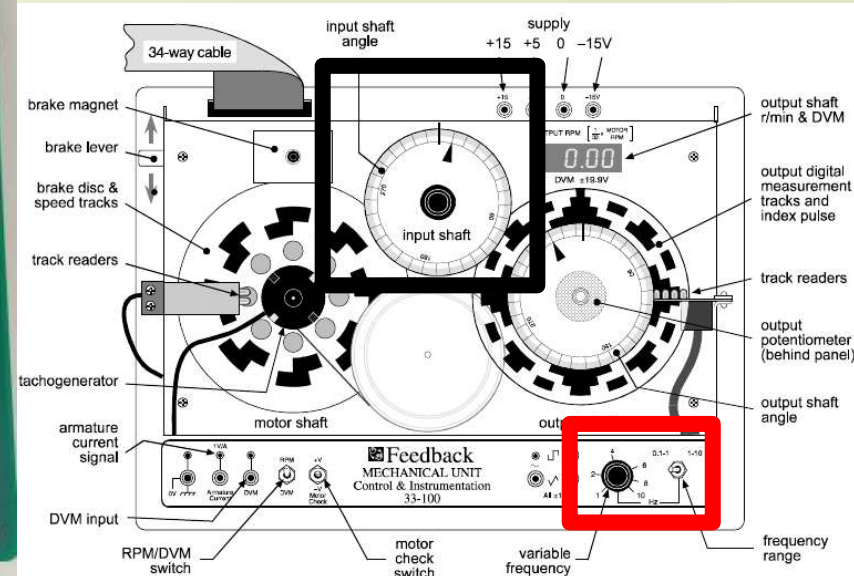
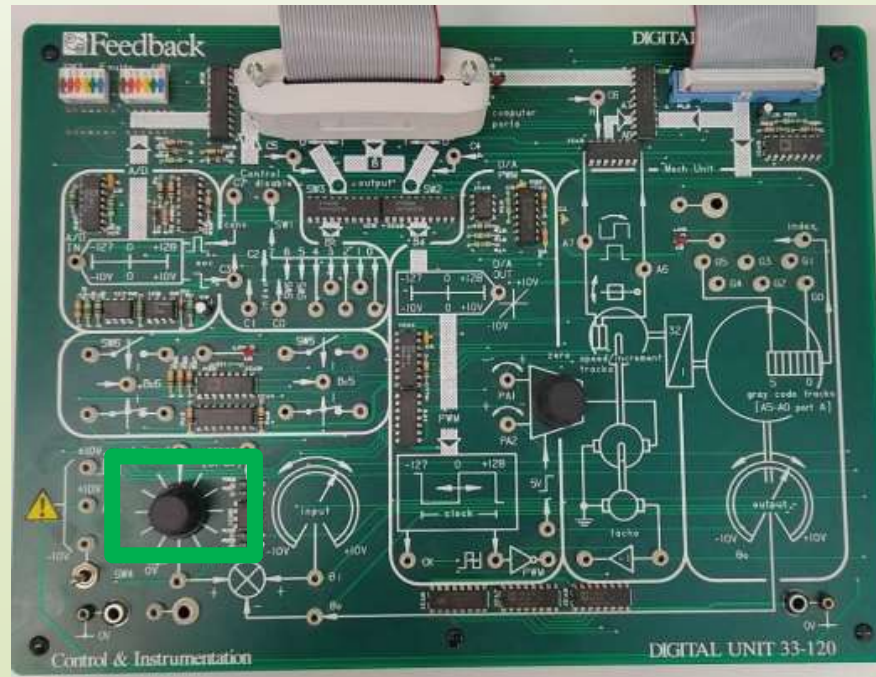
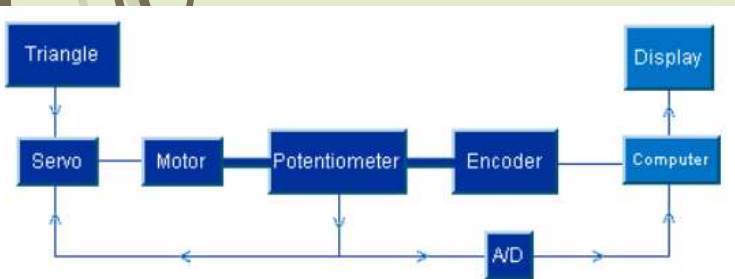




### Πείραμα 3.1<sup>ο</sup>: Απόλυτος κωδικοποιητής

Με κλειστή τροφοδοσία ρυθμίζουμε το ποτενσιόμετρο εισόδου στις **0 μοίρες**. Θέτουμε το **εύρος της συχνότητας της γεννήτριας στην επιλογή "0.1-1Hz"** και ρυθμίζουμε το ποτενσιόμετρο της συχνότητας στο **ελάχιστο (0.1Hz)**. Τέλος, ρυθμίζουμε το πλάτος της διαταραχής στα **0 Volt**.

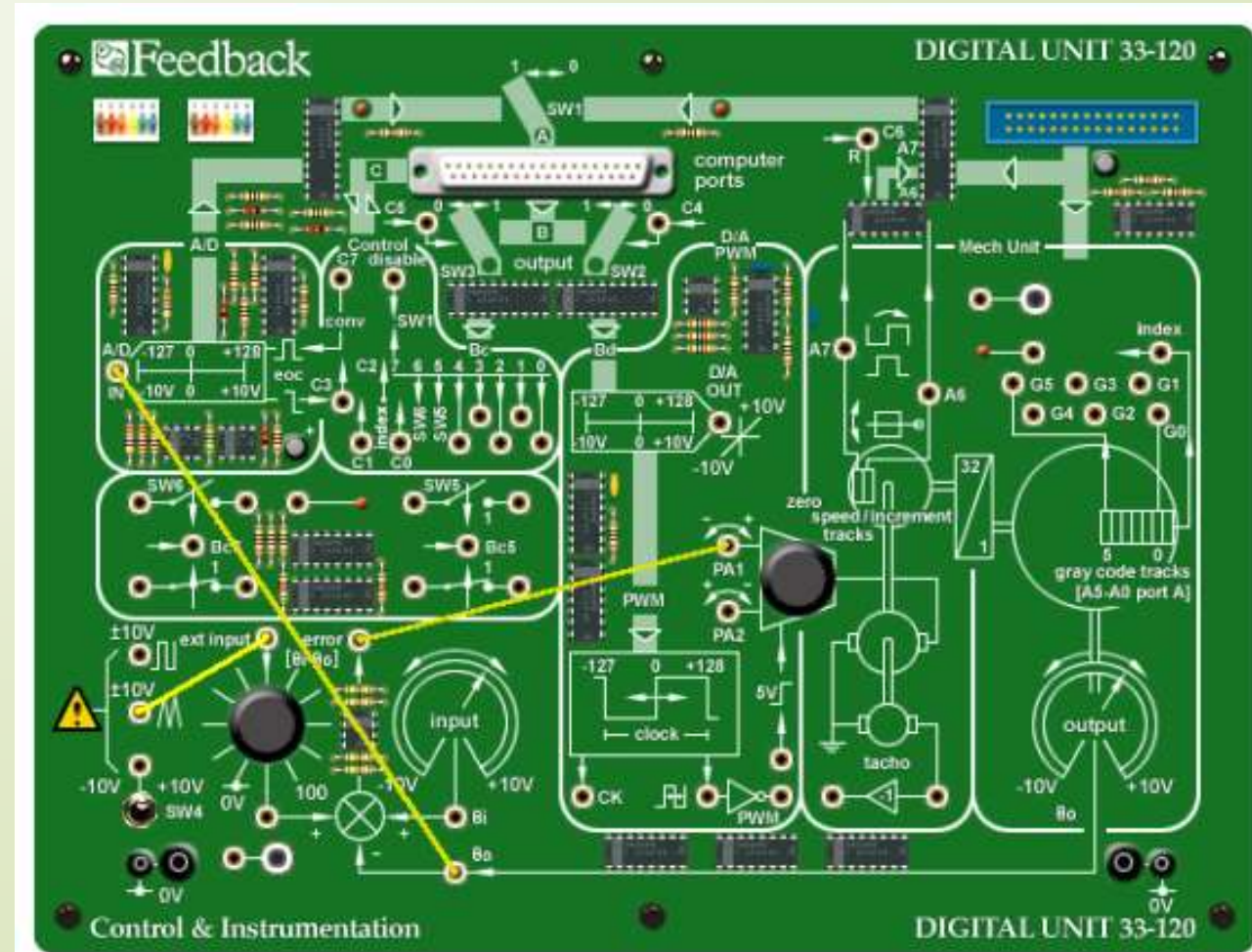
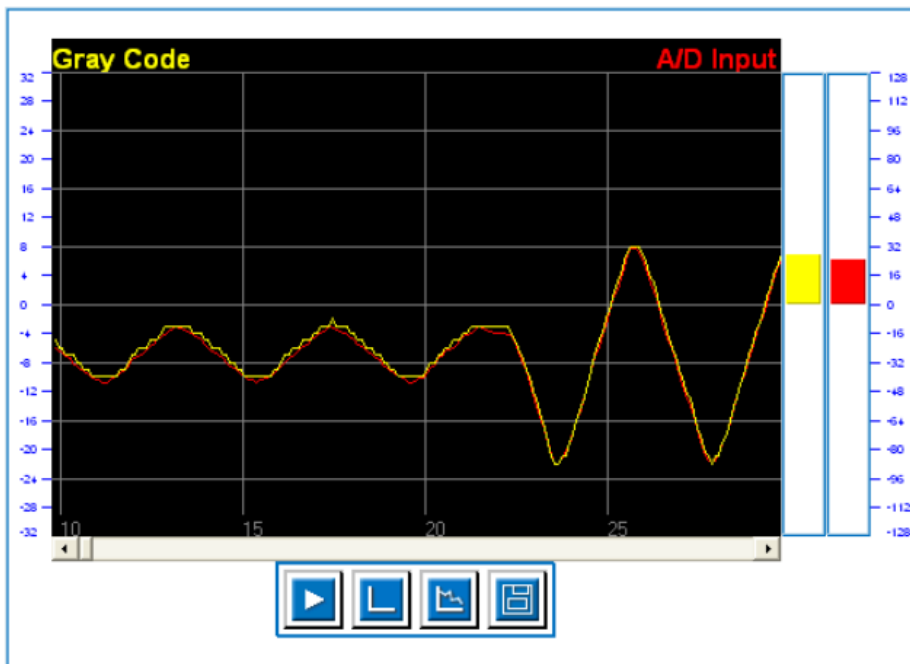
Μονοπάτι στο Discovery II IMS:  
Control and Instrumentation →  
Digital Servo Fundamentals →  
Digital Shaft Position Encoder →  
Practical 1: Absolute Encoder →  
Patching diagram





- **Πείραμα 3.1<sup>ο</sup>: Απόλυτος κωδικοποιητής**

Μονοπάτι στο Discovery II IMS: Control and Instrumentation → Digital Servo Fundamentals → Digital Shaft Position Encoder → Practical 1: Absolute Encoder → Patching diagram





- **Πείραμα 3.1<sup>ο</sup>: Απόλυτος κωδικοποιητής**

1. Να καταγράψετε τις καμπύλες grey Code-A/D Input

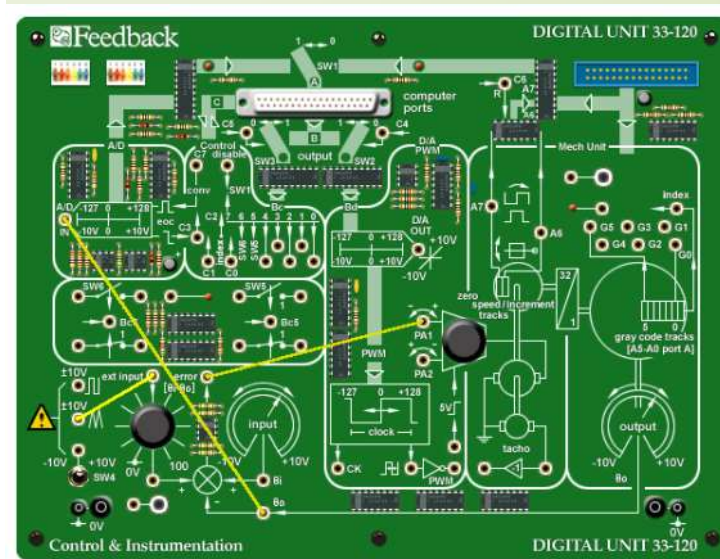
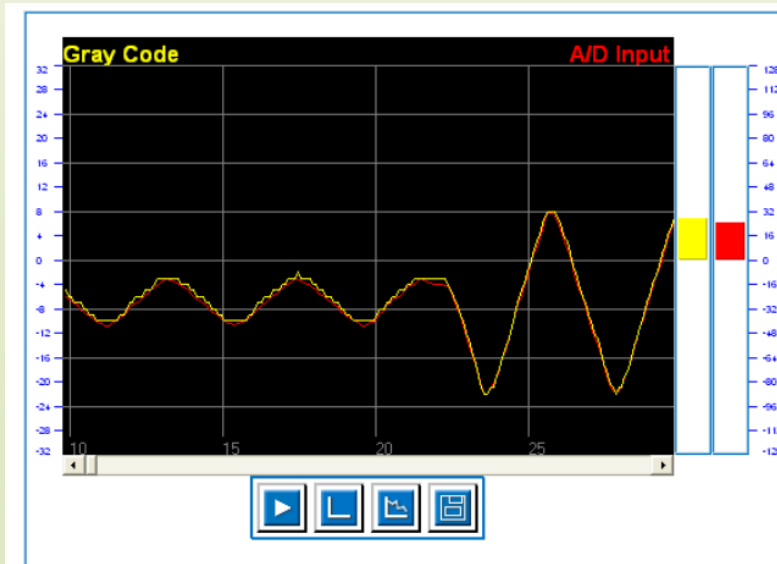
a) Για 2Vpp και 0.1Hz

b) Για 2Vpp και 10 Hz

c) Για 5Vpp και 1 Hz

d) Για 10Vpp και 0.1Hz

2. Τι παρατηρείτε με βάση τις καμπύλες? Πως επηρεάζει το πλάτος και η συχνότητα τον αισθητήρα?

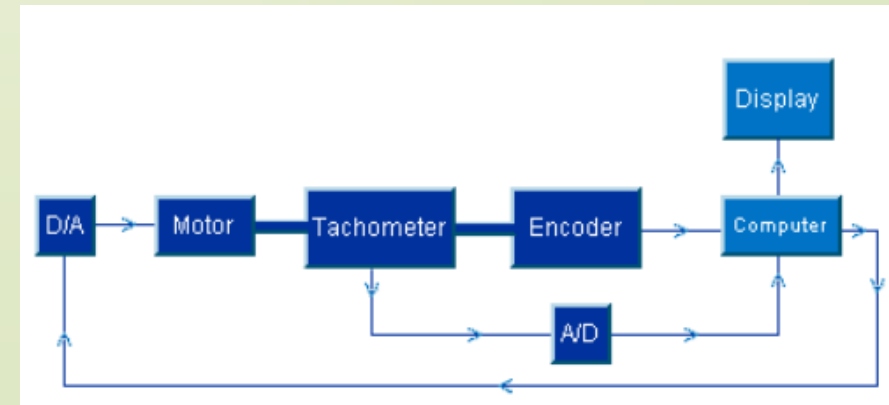
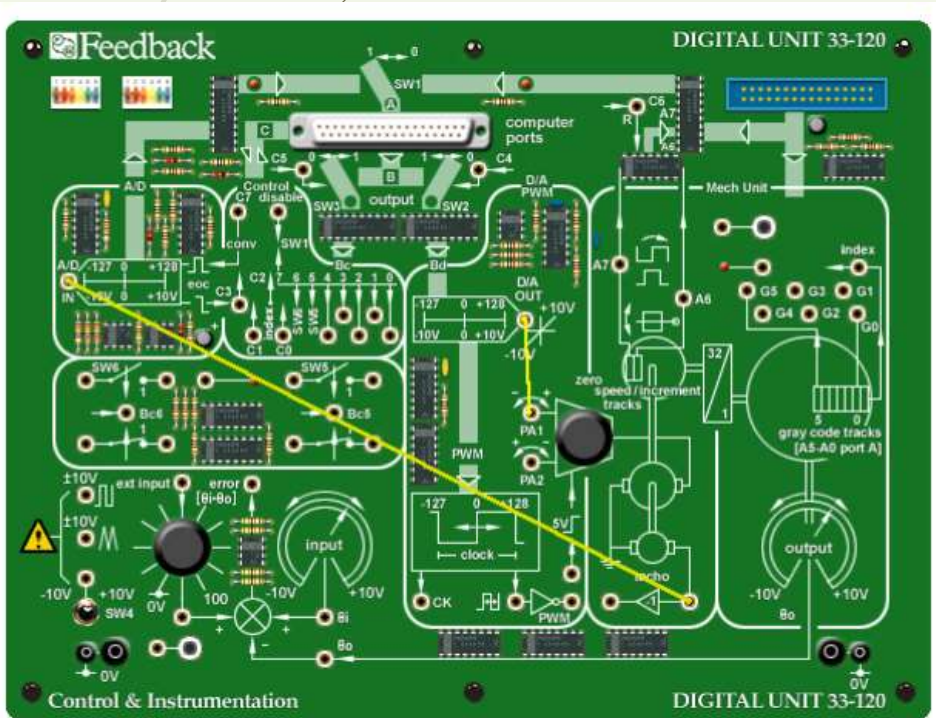




- **Πείραμα 3.2: Αυξητικός κωδικοποιητής (Μέτρηση ταχύτητας με αυξητικό κωδικοποιητή)**

Ο Η/Υ μετράει τον αριθμό των παλμών σε έναν καθορισμένο χρόνο ώστε να μπορεί υπολογίσει την ταχύτητα περιστροφής.

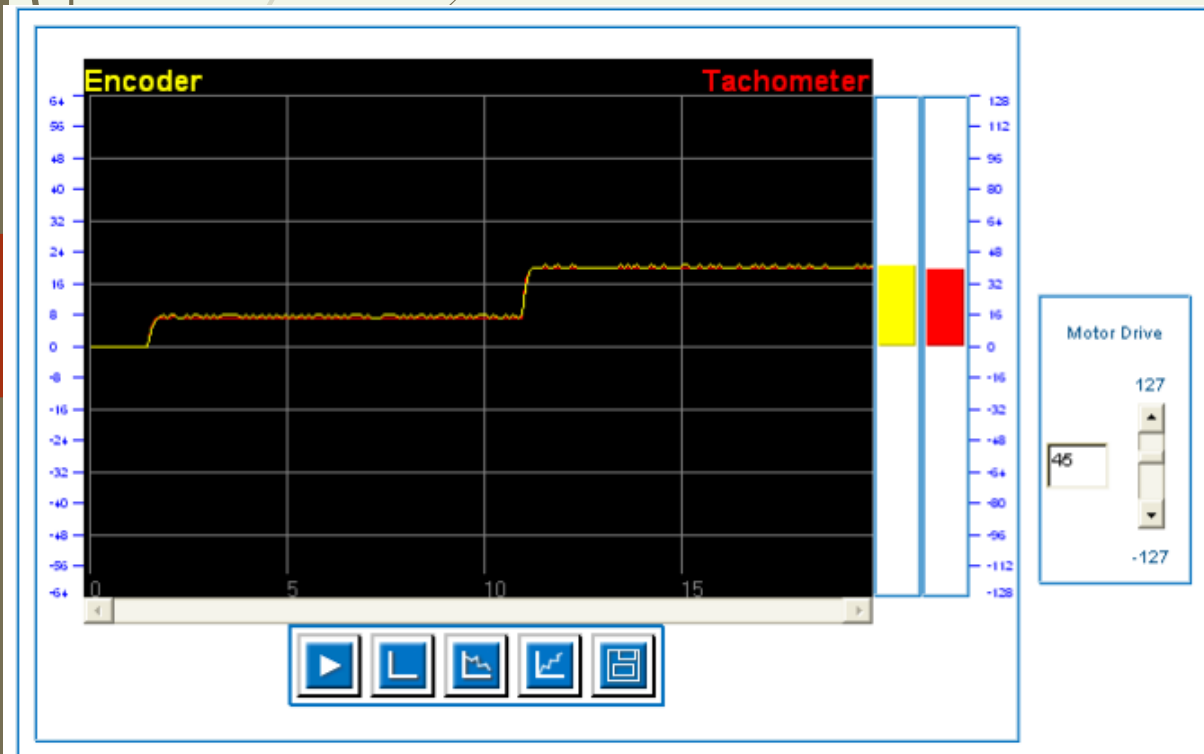
Μονοπάτι στο Discovery II IMS: Control and Instrumentation → Digital Servo Fundamentals → Digital Shaft Position Encoder → Practical 2: Speed and Direction with incremental Encoder → Patching diagram





- **Πείραμα 3.2: Αυξητικός κωδικοποιητής (Μέτρηση ταχύτητας με αυξητικό κωδικοποιητή)**

Ο Η/Υ μετράει τον αριθμό των παλμών σε έναν καθορισμένο χρόνο και από μπόρει να υπολογίσει την ταχύτητα περιστροφής.



Μονοπάτι στο Discovery II IMS: Control and Instrumentation → Digital Servo Fundamentals → Digital Shaft Position Encoder → Practical 2: Speed and Direction with incremental Encoder → Patching diagram

### Ερωτήσεις:

1. Να καταγραφεί η καμπύλη του πειράματος.
2. Τι παρατηρείτε με βάση τις καμπύλες?

Βανδίκας Ι. ΕΔΙΠ

Μόσχος Ι. Υποψ. Διδ.