

Μέρος 3^ο (*)

ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΘΕΣΗΣ & ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗΣ ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΟ

(*) Αντιστοιχεί στο κεφάλαιο 6 του βιβλίου των Κ. Καλαϊτζάκη και Ε. Κουτρούλη “Ηλεκτρικές μετρήσεις και αισθητήρες: Αρχές λειτουργίας και σχεδιασμός των ηλεκτρονικών συστημάτων μέτρησης”

Αισθητήρες θέσης - μετατόπισης

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΘΕΣΗΣ – ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗΣ

Ποτενσιόμετρα

Πιεζοαντιστάσεις

Πηνία με κινητό σπλισμό

Γραμμικοί μεταβλητοί διαφορικοί μετασχηματιστές (LVDT)

Αισθητήρες υπερήχων

Χωρητικοί αισθητήρες

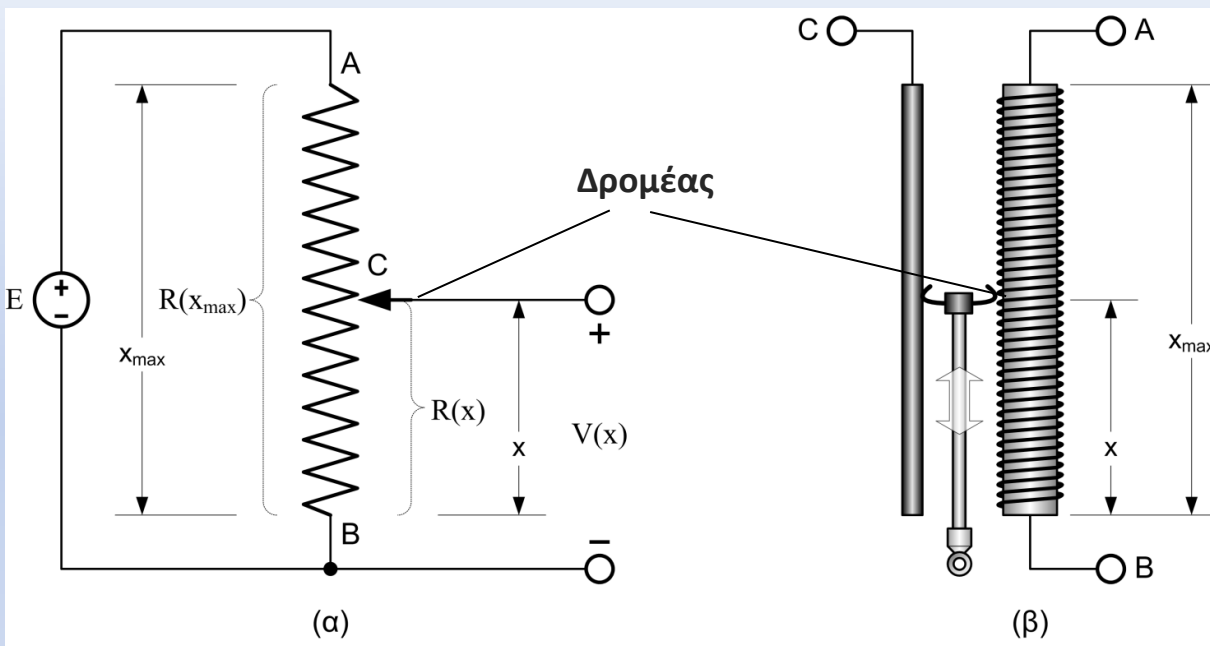
Πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες

Συμβολόμετρα

Οπτικοί κωδικοποιητές

Ποτενσιόμετρα

- Τα γραμμικά ποτενσιόμετρα (linear potentiometers) είναι οι απλούστεροι ηλεκτρικοί αισθητήρες θέσης και μετατόπισης

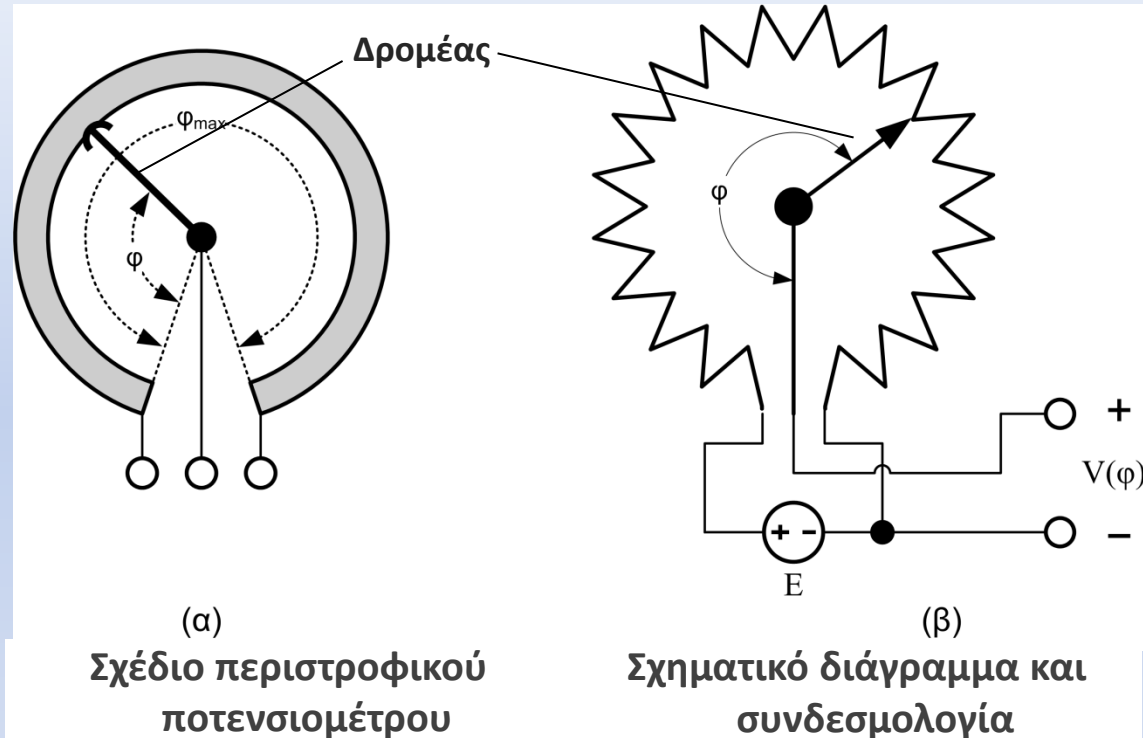


Σχέση μεταξύ θέσης δρομέα (x) και αντίστασης $R(x)$:
$$\frac{R(x)}{R(x_{max})} = \frac{x}{x_{max}}$$

Τάση εξόδου γραμμικού ποτενσιομέτρου:
$$V(x) = E \frac{R(x)}{R(x_{max})} = E \frac{x}{x_{max}}$$

Ποτενσιόμετρα (συνέχεια)

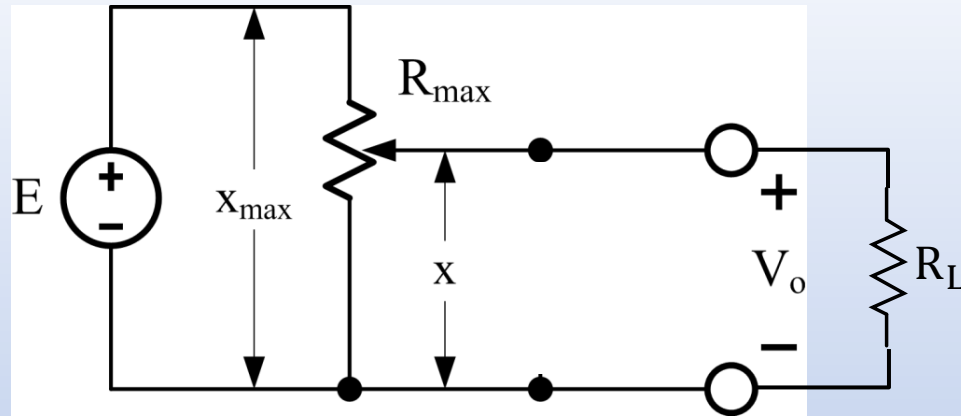
- Τα **περιστροφικά ποτενσιόμετρα (rotational potentiometers)** είναι αισθητήρες γωνιακής θέσης με το δρομέα να περιστρέφεται αντί να κινείται ευθύγραμμα.



Σχέση μεταξύ γωνίας δρομέα (φ) και αντίστασης εξόδου R :
$$\frac{R(\varphi)}{R(\varphi_{\max})} = \frac{\varphi}{\varphi_{\max}}$$

Τάση εξόδου περιστροφικού ποτενσιομέτρου:
$$V(\varphi) = E \frac{\varphi}{\varphi_{\max}}$$

Φαινόμενο φόρτισης σε ποτενσιόμετρο



- Τάση εξόδου **αφόρτιστου** ποτενσιόμετρου ($R_L = \infty$) ή συνδεδεμένο σε επόμενη βαθμίδα πολύ μεγάλης αντίστασης εισόδου, $R_L \gg R_{max}$)

$$V_o = E \cdot \frac{R_x}{R_{max}} = E \cdot \frac{x}{X_{max}}$$

- Τάση εξόδου ποτενσιόμετρου **υπό φορτίο** (R_L)

$$V_o = E \cdot \frac{R_x R_L}{(R_x + R_L) R_{max} - (R_x)^2}$$

Πρόβλημα 3α.1 Αποδείξτε την παραπάνω σχέση της τάσης εξόδου ποτενσιόμετρου στο οποίο έχει συνδεθεί φορτίο.

Μη-γραμμικότητα ποτενσιομέτρου λόγω φαινομένου φόρτισης

- Η συνάρτηση μεταφοράς, δηλαδή, η τάση εξόδου V_o του ποτενσιομέτρου υπό φορτίο R_L σαν συνάρτηση της θέσης x του δρομέα

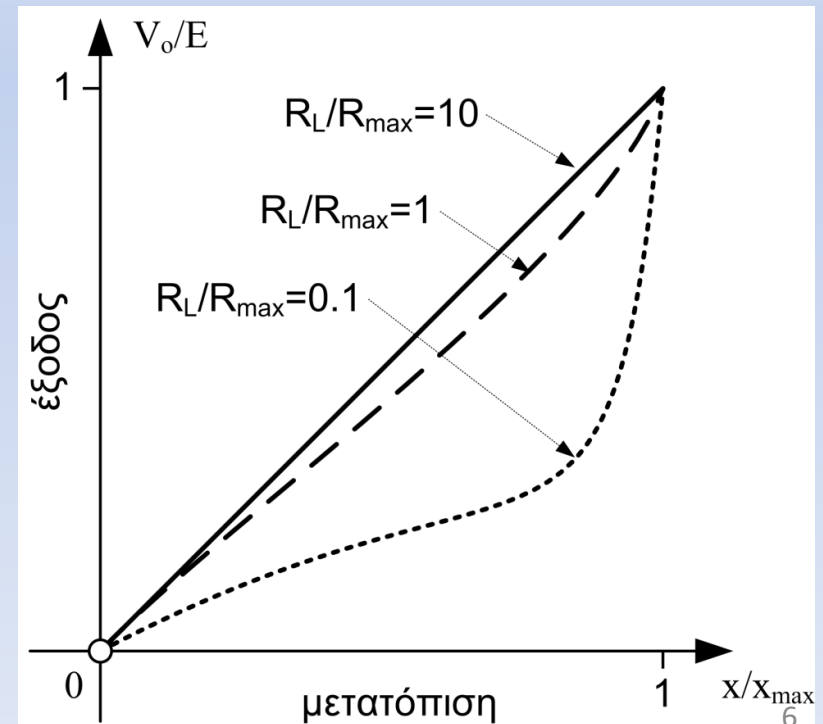
$$\frac{V_o}{E} = \frac{\frac{x}{x_{\max}} \cdot \frac{R_L}{R_{\max}}}{\frac{R_L}{R_{\max}} + \frac{x}{x_{\max}} - \left(\frac{x}{x_{\max}}\right)^2}$$

- Η γραφική παράσταση της συνάρτησης μεταφοράς ποτενσιομέτρου υπό φορτίο, για τιμές του λόγου $\frac{R_L}{R_{\max}}$

- $\frac{R_L}{R_{\max}} = 10$

- $\frac{R_L}{R_{\max}} = 1$

- $\frac{R_L}{R_{\max}} = 0.1$

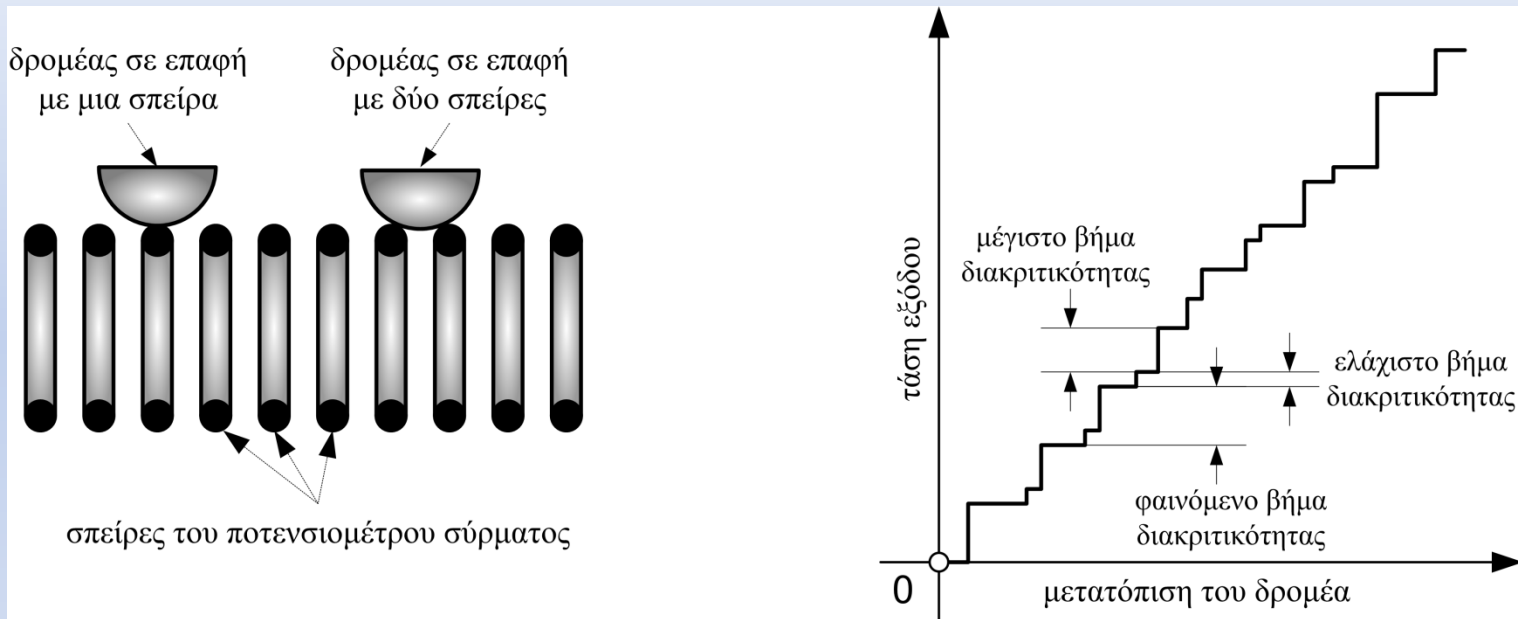


Πρόβλημα 3α.2:

1. Φτιάξτε έναν πίνακα με στήλες $\frac{x}{x_{\max}}$ και $\frac{V_o}{E}$. Μπορείτε να φτιάξετε τον πίνακα με το χέρι σε ένα φύλλο χαρτί ή, ακόμα καλύτερα, μπορείτε να ανοίξετε ένα φύλλο Excel® (περιλαμβάνεται στο πακέτο MS Office®)
2. Υπολογίστε τις τιμές της στήλης $\frac{V_o}{E}$ για τιμές $\frac{x}{x_{\max}} = 0, 0.1, 0.2, \dots, 1$ και για τιμές του λόγου φόρτισης $\frac{R_L}{R_{\max}} = 10$ και 0.1 .
3. Σχεδιάστε τη συνάρτηση μεταφοράς του ποτενσιόμετρου για $\frac{R_L}{R_{\max}} = 10$ και 0.1 .
4. Υπολογίστε το μέγιστο σφάλμα γραμμικότητας ε_{\max} .

Διακριτική ικανότητα ποτενσιομέτρου

- Η διακριτική ικανότητα ενός ποτενσιομέτρου περιορίζεται από την απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών σπειρών (βλ., Μέρος 1^ο)



- Η διακριτική ικανότητα του ποτενσιομέτρου βελτιώνεται με τη χρήση λεπτότερου σύρματος τυλιγμένου σε πυκνότερες σπείρες.

Χαρακτηριστικά των ποτενσιομετρικών αισθητήρων

Υπέρ	Κατά
Απλές διατάξεις	Χαμηλή ακρίβεια
Χαμηλό κόστος	Χαμηλή διακριτική ικανότητα
Μεγάλο πλάτος τάσης εξόδου (V_o). Συνήθως, δεν χρειάζεται ενίσχυση	Έλλειψη επαναληπτικότητας
	Λόγω της τριβής του δρομέα πάνω στις σπείρες, παθαίνουν μηχανικές φθορές

Εργαστηριακή άσκηση 2^η

Μετατροπéας Μεταβλητού Μήκους

ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

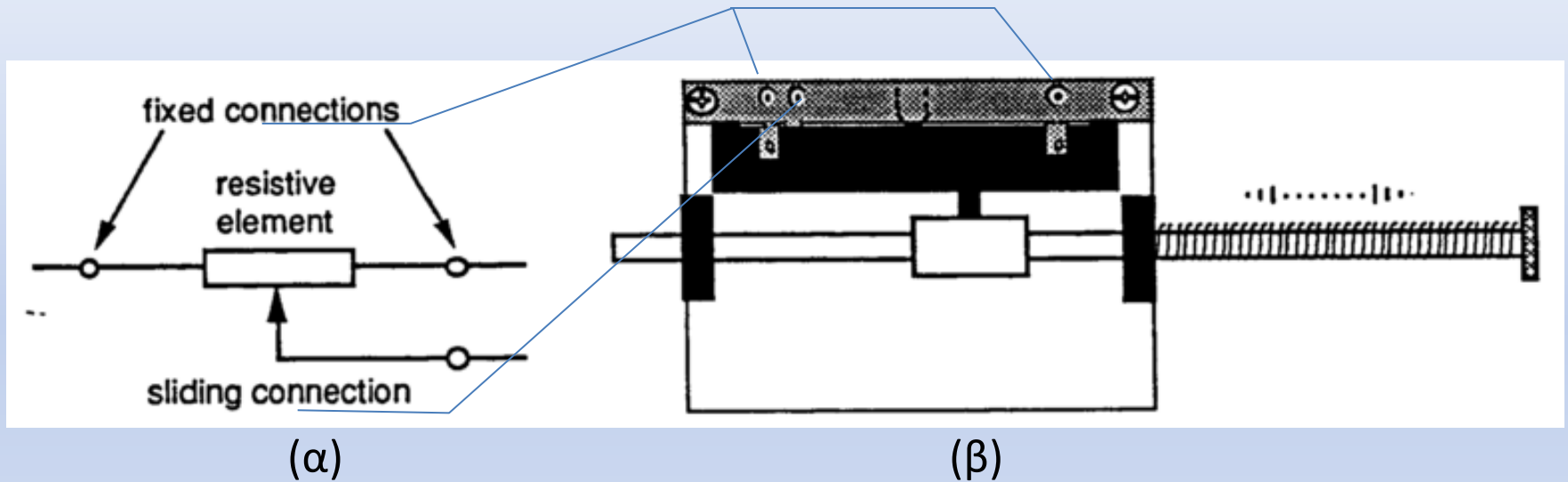
- Να επιβεβαιώσουμε τη σχέση μεταξύ του μήκους και της αντίστασης ενός υλικού.
- Να παρατηρήσουμε πως μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτή η σχέση σε ένα μετατροπéας μεταβλητού μήκους (ποτενσιόμετρο).
- Να βρούμε έναν τρόπο, να παίρνουμε απ'ευθείας την ένδειξη της τιμής της αντίστασης (χωρίς χρήση γέφυρας).

ΤΑ ΜΕΡΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

- Μήκος και Αντίσταση
- Απ'ευθείας Ένδειξη της Τιμής της Αντίστασης

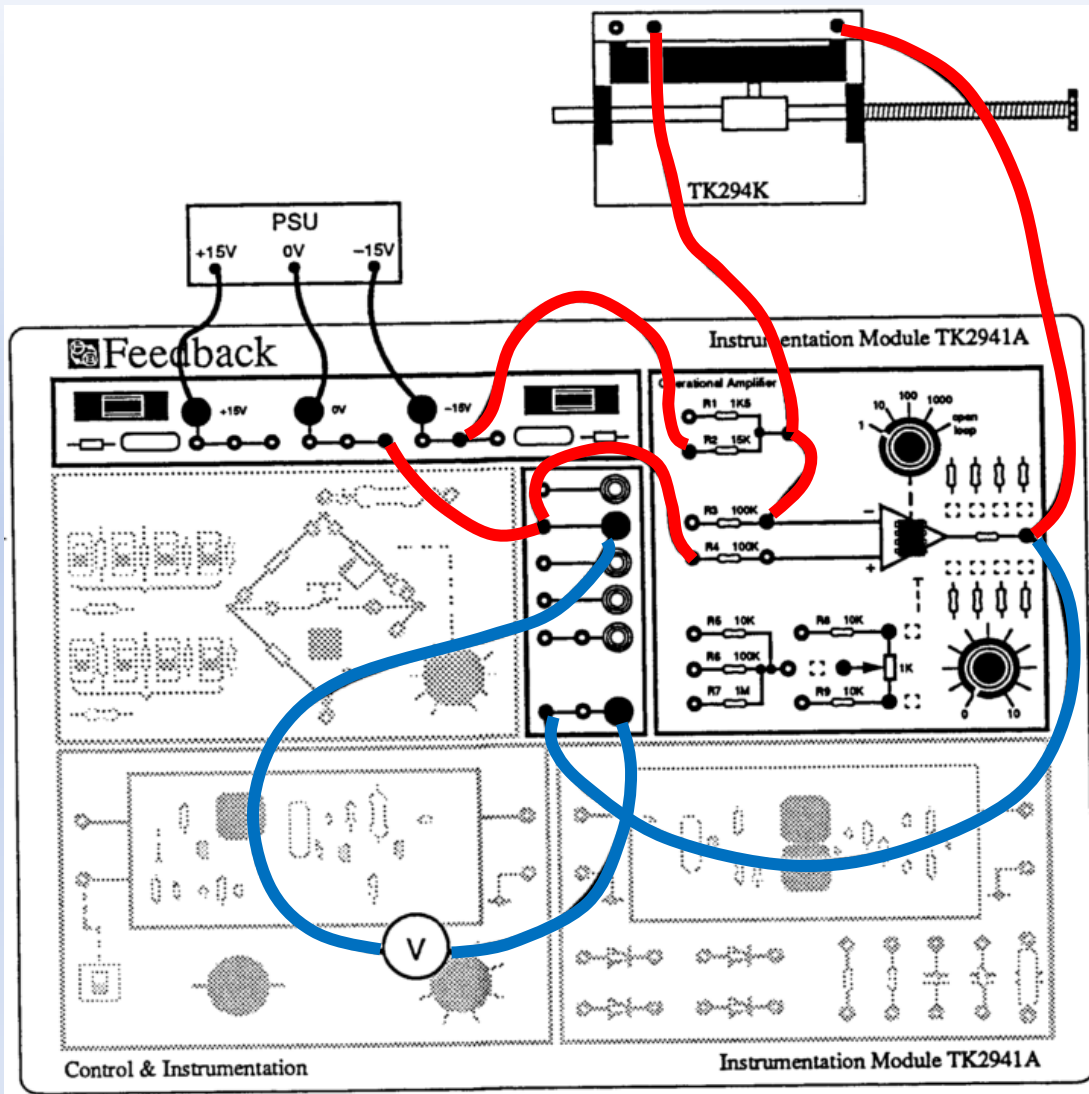
Ο μετατροπέας μεταβλητού μήκους

(α) Σύμβολο και (β) σχέδιο του γραμμικού ποτενσιόμετρου που χρησιμοποιείται σαν αισθητήρας θέσης σε αυτήν την άσκηση

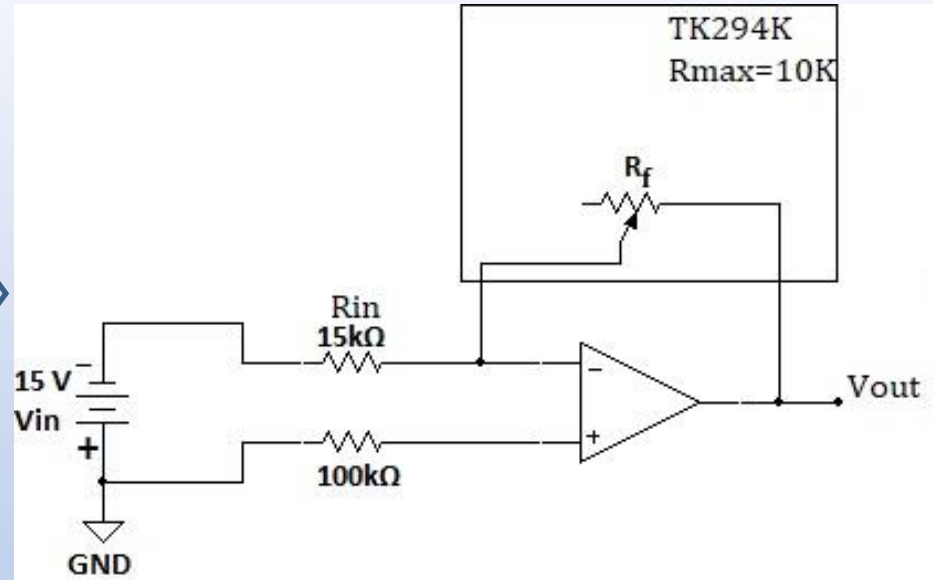
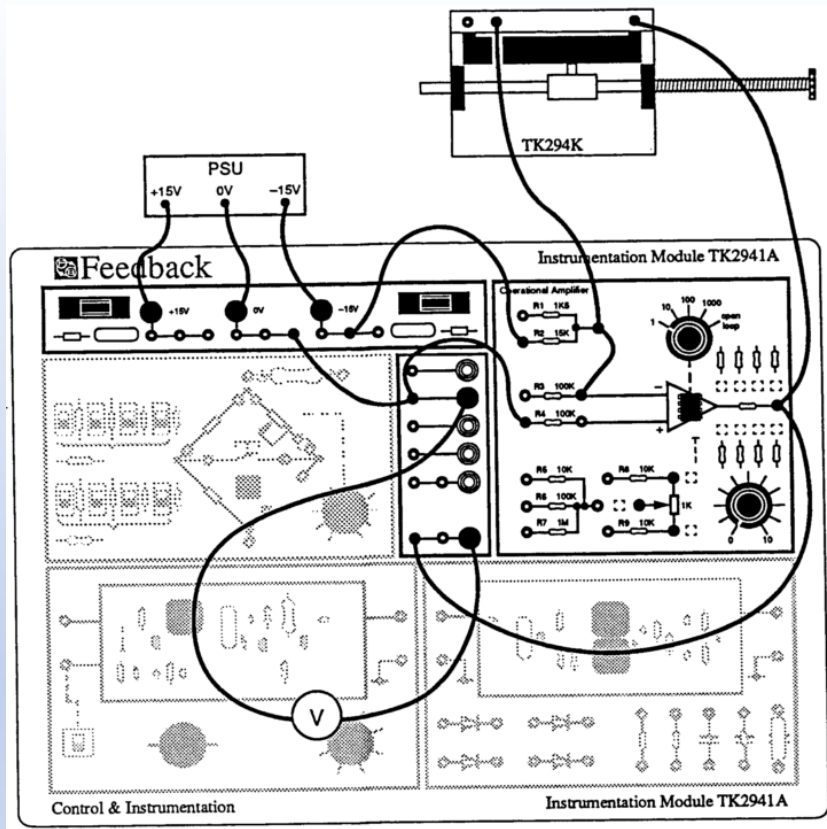


- Fixed connections = οι ακραίοι ακροδέκτες του ποτενσιόμετρου. Η αντίσταση μεταξύ τους είναι R_{max}
- Sliding connection = ο ακροδέκτης του δρομέα

Μέρος 2: Απ'ευθείας Ένδειξη της Τιμής της Αντίστασης – Η συνδεσμολογία



1. Συνδέστε την αντιστρέφουσα είσοδο του τελεστικού ενισχυτή με την τάση -15V μέσω της αντίστασης 15 kΩ.
2. Συνδέστε την έξοδο του τελεστικού ενισχυτή με την αναστρέφουσα είσοδό του μέσω του ποτενσιόμετρου TK294K.
3. Γειώστε τη μη-αναστρέφουσα είσοδο του τελεστικού ενισχυτή.
4. Τέλος, συνδέστε ένα βολτόμετρο στην έξοδο του τελεστικού ενισχυτή.

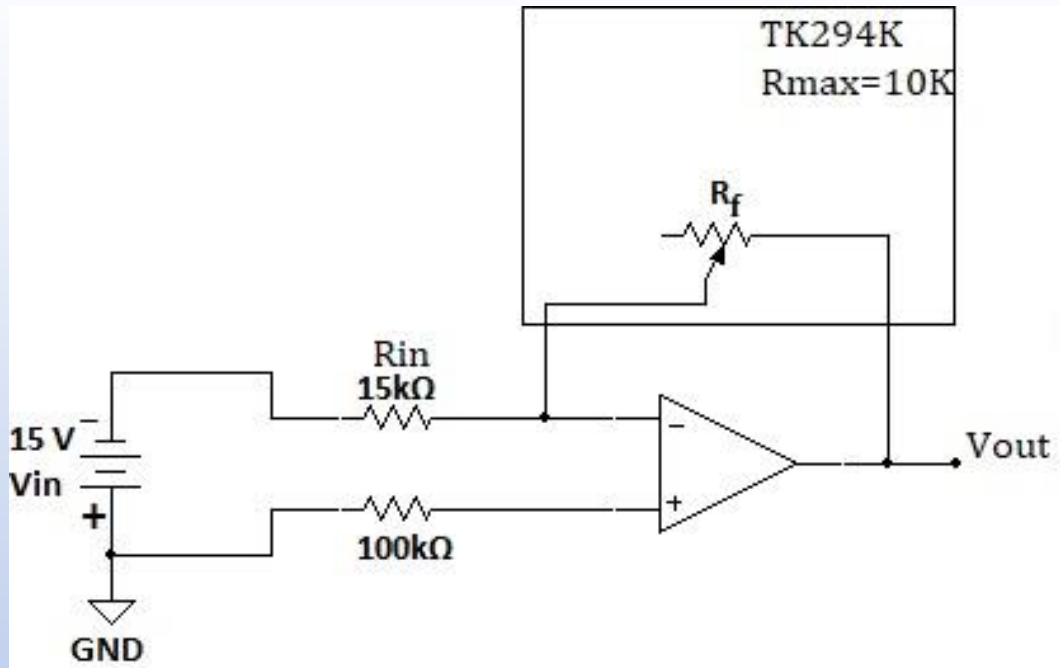


Πρόβλημα 3α.3:

Αποδείξτε ότι η έξοδος V_{out} του τελεστικού ενισχυτή είναι ανάλογη της τιμής R_f της αντίστασης του ποτενσιόμετρου

$$V_{out} = -\frac{R_f}{R_{in}} V_{in}$$

Επομένως, εφόσον $V_{in} = -15V$ και $R_{in} = 15k\Omega$, έχουμε $R_f(k\Omega) = V_{out}(Volts)$



Πρόβλημα 3α.4:

(α) Σχεδιάστε το παραπάνω κύκλωμα – ποτενσιόμετρου στο πρόγραμμα Multisim 2001 χρησιμοποιώντας την πηγή τάσης και τις τιμές αντιστάσεων που δίνονται στο σχέδιο. Το πρόγραμμα μπορείτε να κατεβάσετε από τη θέση

<https://www.dropbox.com/sh/bo9mlzbrh7hf5mg/AACuw-Ukv-J76y5kbuR2Z8wca?dl=0>

(β) ‘Τρέξτε’ το κύκλωμα και επιβεβαιώστε την σχέση $V_{out} = -\frac{R_f}{R_{in}} V_{in}$

Μέρος 2: Απ'ευθείας Ένδειξη της Τιμής της Αντίστασης – Εκτέλεση των μετρήσεων

Για κάθε τιμή της θέσης του δρομέα του Πίνακα 4.9.5,

- υπολογίστε την αντίσταση του ποτενσιομέτρου
- εκτιμήστε την από τη γραφική παράσταση του Πίνακα 4.9.3 του 1^{ου} μέρους της άσκησης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.9.5

Θέση δρομέα (mm)	Τάση Εξόδου (V)	Αντίσταση (kΩ)	
		Υπολογισμένη	Από τη γραφική παράσταση
10			
15			
20			
25			
30			
35			
40			
45			
50			
55			
60			
65			