



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΩΝ
<http://sensors.ece.ntua.gr>

Διακρίβωση μαγνητικού αισθητήρα Hall

Σπυρίδων Αγγελόπουλος



Διακρίβωση μαγνητομέτρων

- Συσχέτιση τιμής **τάσης εξόδου** του αισθητήρα με **γνωστό μαγνητικό πεδίο**.
- Απαραίτητη διαδικασία για τα **υφιστάμενα** και τα **νέα** μαγνητόμετρα.
- **Τεχνικές εξάλειψης μαγνητικού πεδίου:**
 - Χρήση ειδικών χώρων (**παθητική** μαγνητική θωράκιση)
 - Χρήση κατάλληλων διατάξεων (**ενεργητική** αντιστάθμιση πεδίου).



Σωληνοειδές

- Δημιουργία **γνωστού μαγνητικού πεδίου**, μέσω της παροχής **τάσης** στα άκρα του.
- Γενικός τύπος (αν $R \ll L$):

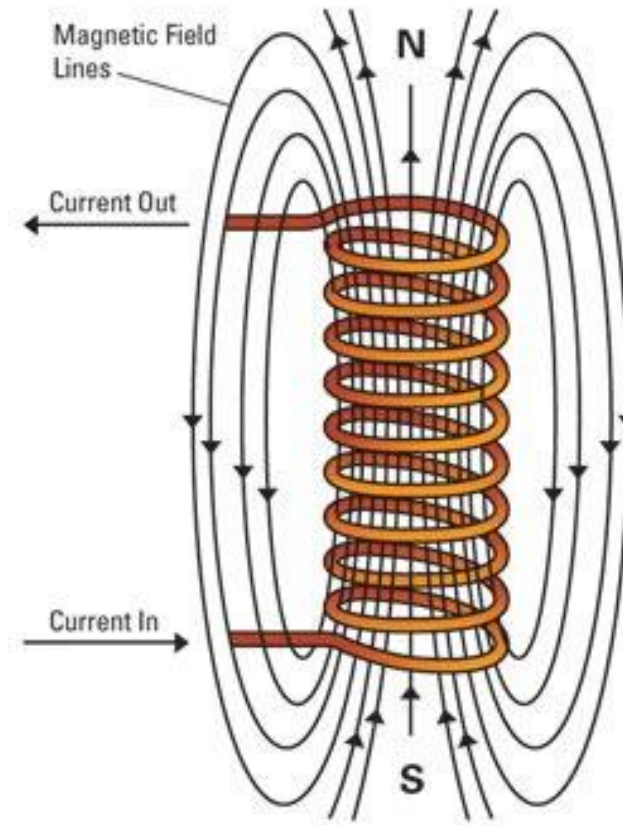
$$B = \frac{\mu NI}{2L}$$

- Αν R, L συγκρίσιμα:

$$B = \frac{\mu NI}{2\sqrt{\left(\frac{L}{2}\right)^2 + R^2}}$$

όπου:

- μ : μαγνητική **διαπερατότητα**
- N: αριθμός **σπειρών**
- I: ένταση **ρεύματος** τροφοδοσίας
- L: **μήκος** σωληνοειδούς
- R: **ακτίνα** σωληνοειδούς



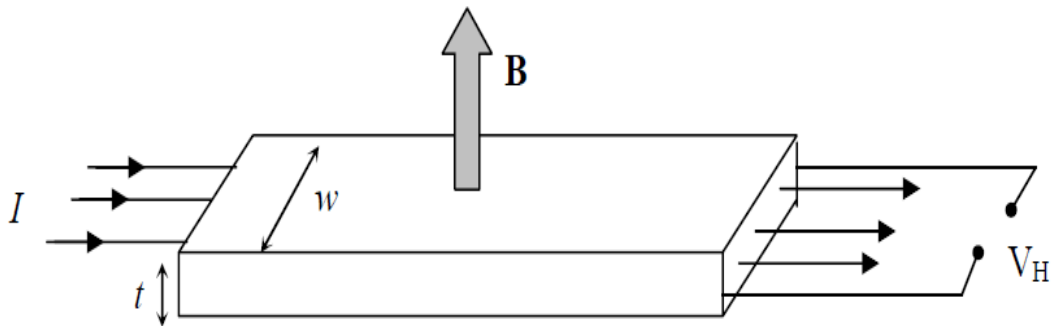
Αισθητήρες Hall

- Δυνατότητα **ανίχνευσης** και **μέτρησης** **μαγνητικού πεδίου**.
- Προσφέρουν **μεγάλο εύρος** μέτρησης.
- Χρησιμοποιούνται σε πολλές καταναλωτικές συσκευές.
- Κατηγορίες:
 - **Latch: Εντοπισμός** πεδίου
 - **Linear Unipolar: Τιμή** πεδίου
 - **Linear Bipolar: Τιμή & Φορά** πεδίου



Φαινόμενο Hall

Όταν ένα **ρεύμα** διαρρέει έναν **αγωγό** ή **ημιαγωγό** και ταυτοχρόνως στο υλικό εφαρμόζεται και ένα **μαγνητικό πεδίο κάθετο** στη διεύθυνση του ρεύματος, τότε κατά μήκος του υλικού **εμφανίζεται μια τάση**, η οποία είναι **κάθετη** τόσο **στο ρεύμα**, όσο και **στο μαγνητικό πεδίο**. Η τάση αυτή ονομάζεται **τάση Hall (V_H)**.

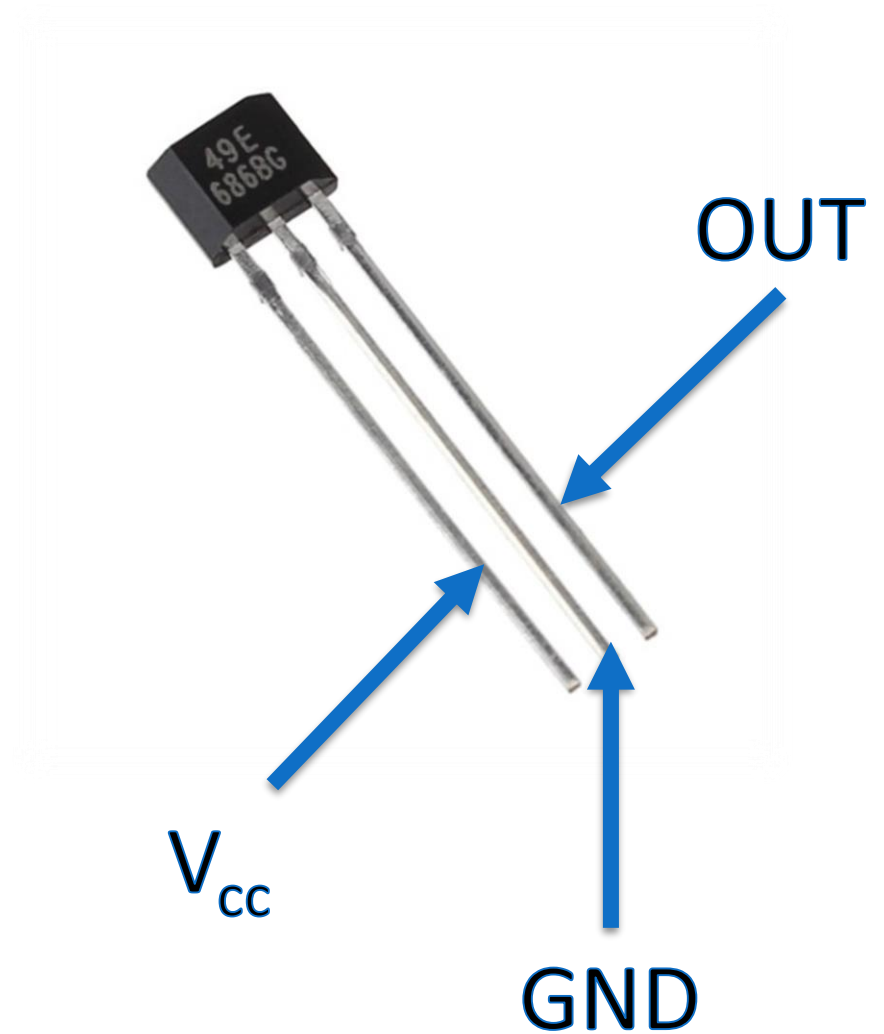


$$V_H = \frac{R_H \cdot I_x \cdot B_z}{t}$$

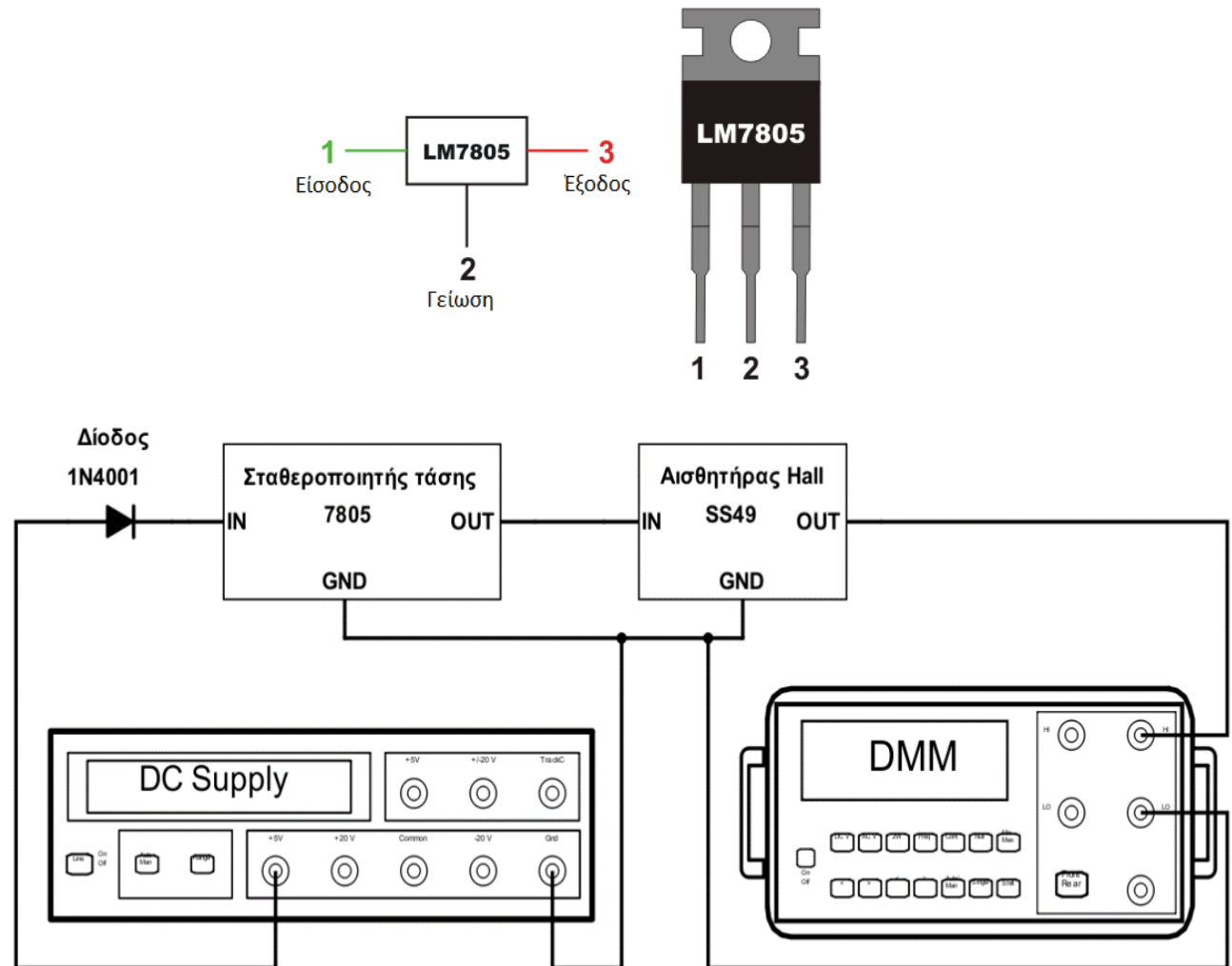
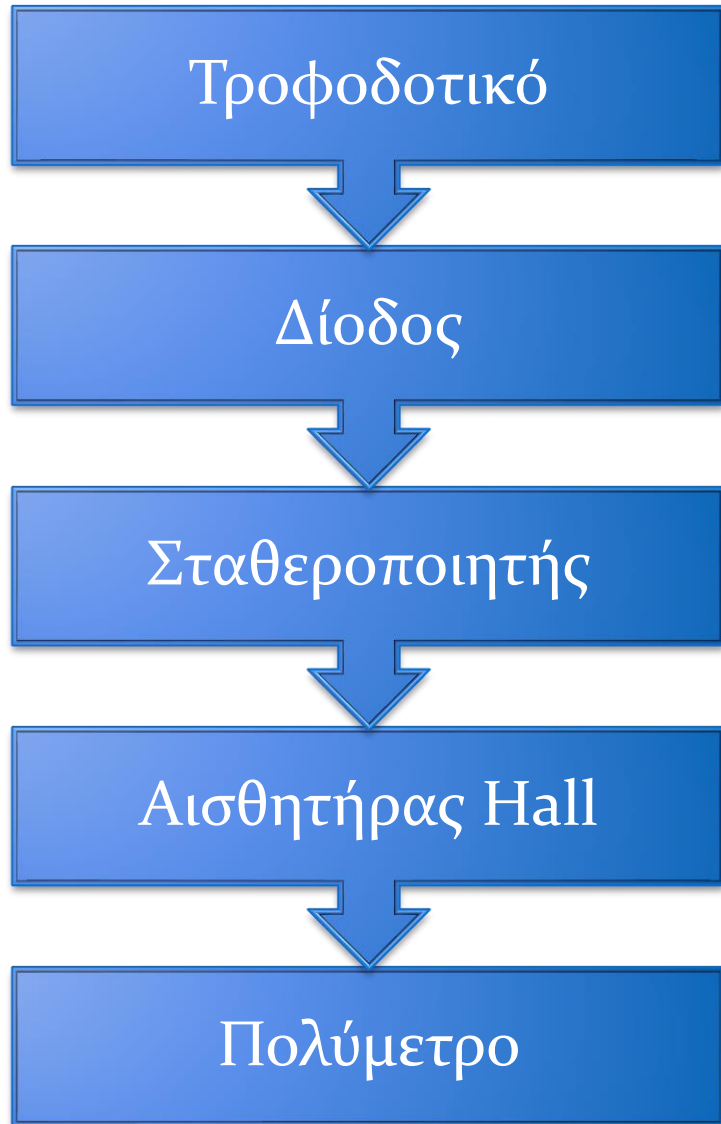
R_H	συντελεστής Hall
I_x	ένταση του ρεύματος κατά τη διεύθυνση του άξονα x
B_z	μαγνητικό πεδίο κατά τη διεύθυνση του άξονα z
t	πάχος του ημιαγωγού

Αισθητήρας Hall άσκησης

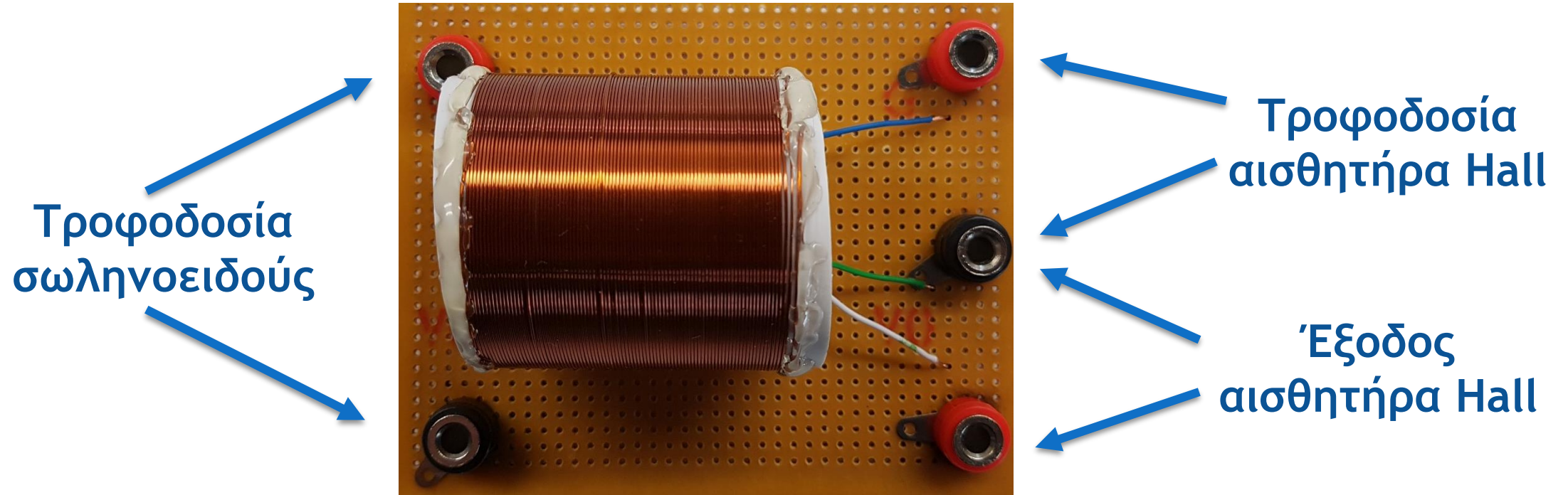
- Αισθητήρας άσκησης: **SS49E** (linear bipolar)
- Τάση **τροφοδοσίας**: $V_{cc} = 2.7-6.5 \text{ V}$
- Τυπική **έξοδος**: 1.4 mV/Gauss ($1 \text{ G} = 10^{-4} \text{ T}$)
- Τυπικό **εύρος** μέτρησης: $\pm 1000 \text{ G}$ ($\pm 100 \text{ mT}$)
- Έξοδος για μηδενικό πεδίο: $\frac{V_{cc}}{2}$



Ηλεκτρονικό κύκλωμα Hall



Διάταξη διακρίβωσης



Διάμετρος σύρματος d (mm)	Ακτίνα σωληνοειδούς r (mm)	Μήκος σωληνοειδούς L (mm)
0.4	22	38

Διαδικασία μέτρησης



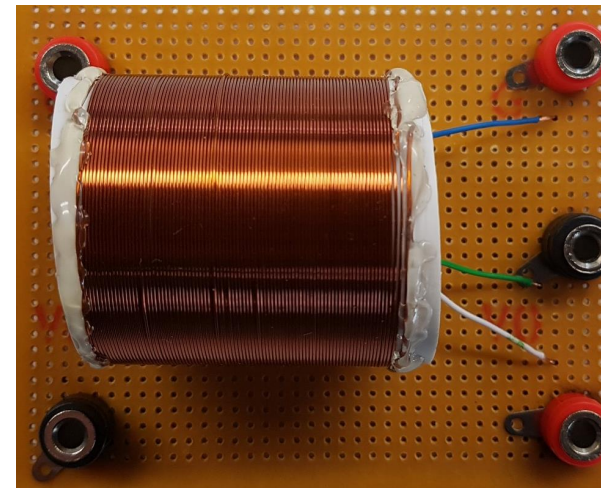
Προσοχή!!

Αρνητική τροφοδοσία ή αύξηση τάσης του αισθητήρα Hall οδηγεί στην καταστροφή του!

Διαδικασία μέτρησης

1. Μέτρηση **αντίστασης** σωληνοειδούς
2. Σύνδεση τροφοδοσίας **Hall** με **τροφοδοτικό** ($>7 V_{DC}$)
3. Σύνδεση εξόδου **Hall** με **πολύμετρο**
4. Επαλήθευση ένδειξης τάσης εξόδου Hall $\sim 2.5 V$
5. Σύνδεση **σωληνοειδούς** με το **τροφοδοτικό**
 - Τροφοδοσία του σωληνοειδούς με $2.6 A - 0 A$, με βήμα $0.2 A$
 - Καταγραφή ένδειξης πολυμέτρου
6. **Αντιστροφή** της **πολικότητας** τροφοδοσίας του σωληνοειδούς
 - Τροφοδοσία με $0.2 A - 2.6 A$, με βήμα $0.2 A$
 - Καταγραφή ένδειξης πολυμέτρου

Τροφοδοσία
σωληνοειδούς



+V (τροφοδοτικό)

-V (τροφοδοτικό)

COM (πολύμετρο)

+ (πολύμετρο)

Τροφοδοτικό

Προσοχή!!

Ισχύει ο νόμος του Ohm,

$$I = \frac{V}{R}$$

Συνεπώς, είναι δυνατή η ρύθμιση είτε της τάσης, είτε της έντασης ρεύματος.



Ρύθμιση
ανώτατου
ορίου έντασης
ρεύματος

Ρύθμιση τάσης

Ένδειξη
βραχυκυκλώματος
(CC-Constant
current)

Ρύθμιση εξόδων
(Ανεξάρτητες,
σε σειρά,
παράλληλες)

Έξοδοι μεταβλητής
τάσης (V-, GND, V+)

Έξοδος
σταθερής τάσης
(V-, V+)

Τροφοδοτικό

Προσοχή!!

Ισχύει ο νόμος του Ohm,

$$I = \frac{V}{R}$$

Συνεπώς, είναι δυνατή η ρύθμιση είτε της τάσης, είτε της έντασης ρεύματος.

Κόκκινο LED: Ένδειξη βραχυκυκλώματος (CC-Constant current)



Ρύθμιση τάσης (CH1)

Ρύθμιση ανώτατου ορίου έντασης ρεύματος (CH1)

Ρύθμιση τάσης (CH3)

Επιλογή εμφάνισης τάσης και έντασης του CH1 ή CH3

Ενεργοποίηση εξόδων

Ρύθμιση εξόδων (Ανεξάρτητες, σε σειρά, παράλληλες)

Έξοδοι μεταβλητής τάσης (V-, GND, V+)

Έξοδος σταθερής τάσης (V-, V+)

Τροφοδοτικό

Ένδειξη
βραχυκυκλώματος
(CC-Constant current)

Προσοχή!!

Ισχύει ο νόμος του Ohm,

$$I = \frac{V}{R}$$

Συνεπώς, είναι δυνατή η
ρύθμιση είτε της τάσης,
είτε της έντασης
ρεύματος.

Ρύθμιση τάσης

Ρύθμιση
ανώτατου
ορίου έντασης
ρεύματος



Ενεργοποίηση
εξόδου

Έξοδοι μεταβλητής
τάσης (V-, GND, V+)

Έξοδοι σταθερής
τάσης (V-, V+)

Τροφοδοτικό

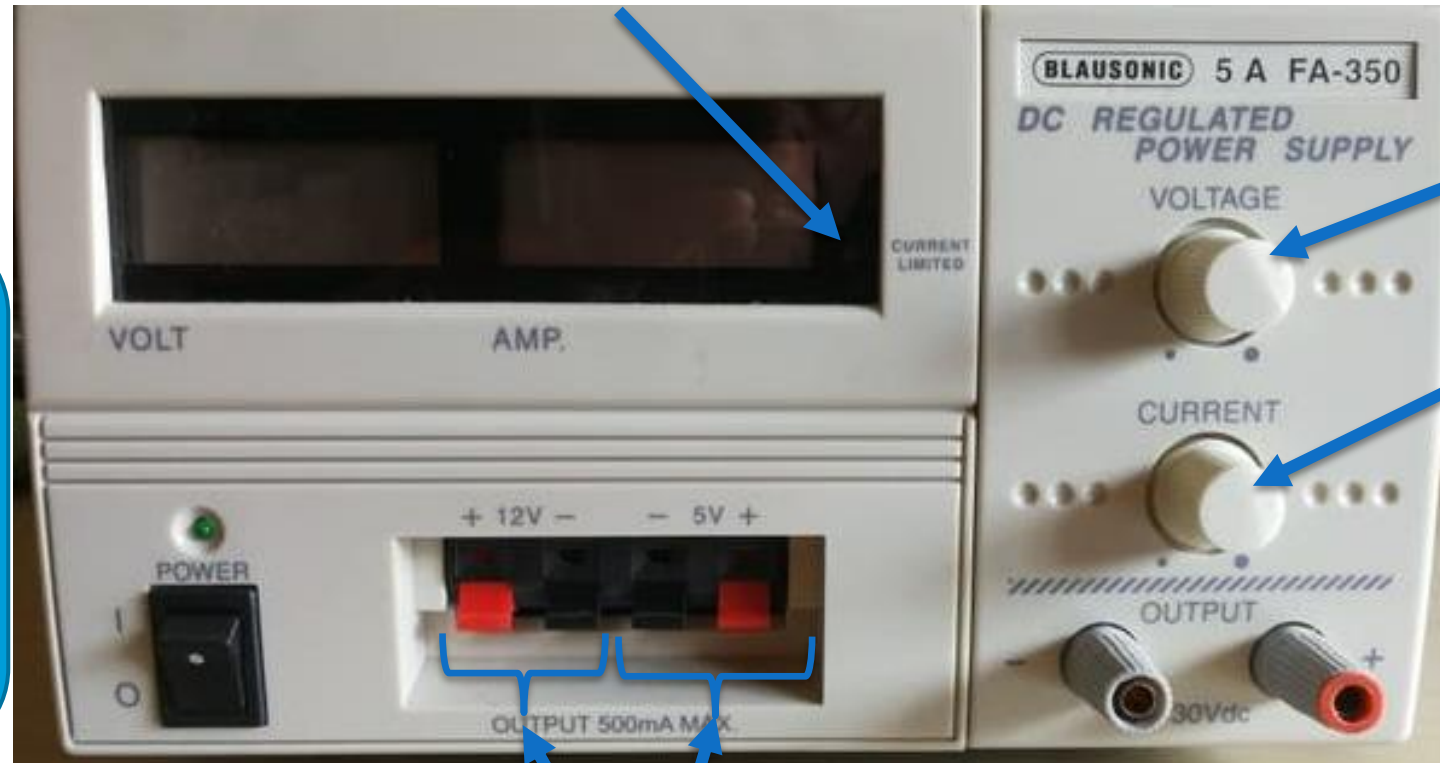
Ένδειξη
βραχυκυκλώματος
(CC-Constant current)

Προσοχή!!

Ισχύει ο νόμος του Ohm,

$$I = \frac{V}{R}.$$

Συνεπώς, είναι δυνατή η
ρύθμιση είτε της τάσης,
είτε της έντασης
ρεύματος.



Ρύθμιση τάσης

Ρύθμιση
ανώτατου
ορίου έντασης
ρεύματος

Έξοδοι σταθερής
τάσης (V-, V+)

Έξοδοι μεταβλητής
τάσης (V-, V+)

Τροφοδοτικό

Ενδείξεις
βραχυκυκλώματος
(CC-Constant current)

Ρύθμιση τάσης

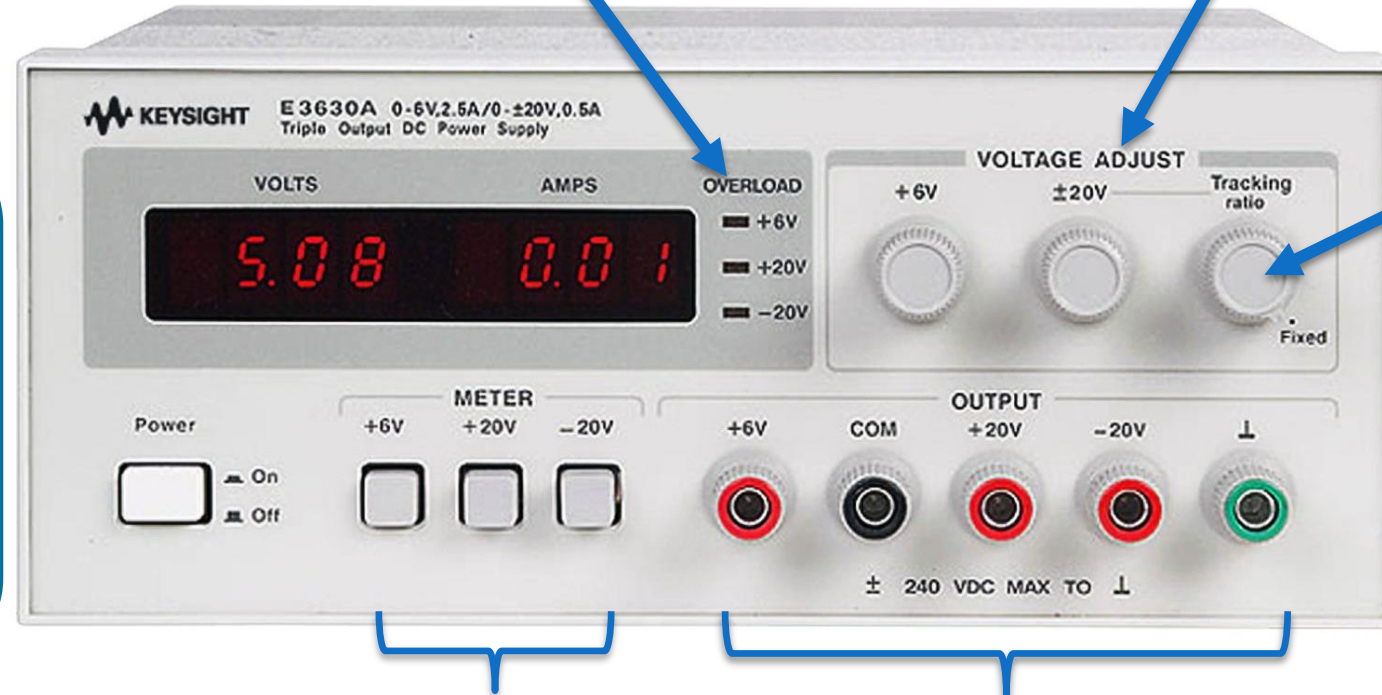
Ρύθμιση
αναλογίας
θετικής και
αρνητικής
τάσης (για
ταυτόχρονη
ρύθμιση)

Προσοχή!!

Ισχύει ο νόμος του Ohm,

$$I = \frac{V}{R}.$$

Συνεπώς, είναι δυνατή η
ρύθμιση είτε της τάσης,
είτε της έντασης
ρεύματος.

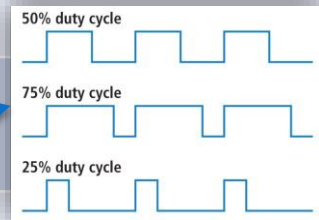


Επιλογή
τάσης για
εμφάνιση
στην οθόνη

Έξοδοι μεταβλητής τάσης
(COM, GND, +6V ή +20V ή -20V)

Πολύμετρο

Επιλογή	Μέτρηση
V_{AC}	Εναλλασσόμενη τάση (RMS)
V_{DC}	Συνεχής τάση
Hz %	Συχνότητα Duty cycle
°F °C	Θερμοκρασία σε °F Θερμοκρασία σε °C
▶ Ω)))	Πτώση τάσης διόδου Αντίσταση Έλεγχος συνέχειας
CAP	Χωρητικότητα πυκνωτή
μΑ	Ένταση ρεύματος έως μΑ
mA	Ένταση ρεύματος έως 400 mA)
10A	Ένταση ρεύματος (>400mA έως 10A)



Σχετική μέτρηση

Επιλογή λειτουργίας

Διατήρηση
τελευταίας ένδειξης

Χειροκίνητη
επιλογή κλίμακας



Μέγιστες επιτρεπόμενες
τάσεις και εντάσεις εισόδων

Υποδοχή για μέτρηση
ρεύματος >400 mA έως 10 A

Υποδοχή COM (-)

Υποδοχή για τις
υπόλοιπες μετρήσεις

Πολύμετρο

Επιλογή	Μέτρηση
Ω	Αντίσταση
V~	Εναλλασσόμενη τάση (RMS)
V—	Συνεχής τάση
A~	Ένταση εναλλασσόμενου ρεύματος
A—	Ένταση συνεχούς ρεύματος
Fcx	Χωρητικότητα πυκνωτή
°C	Θερμοκρασία σε °C
°F	Θερμοκρασία σε °F
▶+ •••••	Πτώση τάσης διόδου Έλεγχος συνέχειας



Διατήρηση
τελευταίας ένδειξης

Για μέτρηση αγνώστων
μεγεθών, ξεκινάμε από
τη μεγαλύτερη κλίμακα
και μετακινούμαστε προς
τη μικρότερη

Υποδοχή για μέτρηση
ρεύματος >200 mA έως 10 A

Υποδοχή για μέτρηση ρεύματος
έως 200 mA και °C/°F

Υποδοχή για
μετρήσεις V, Ω , ▶+, •••••

Υποδοχή COM (-)

Μέγιστες επιτρεπόμενες
τάσεις και εντάσεις εισόδων