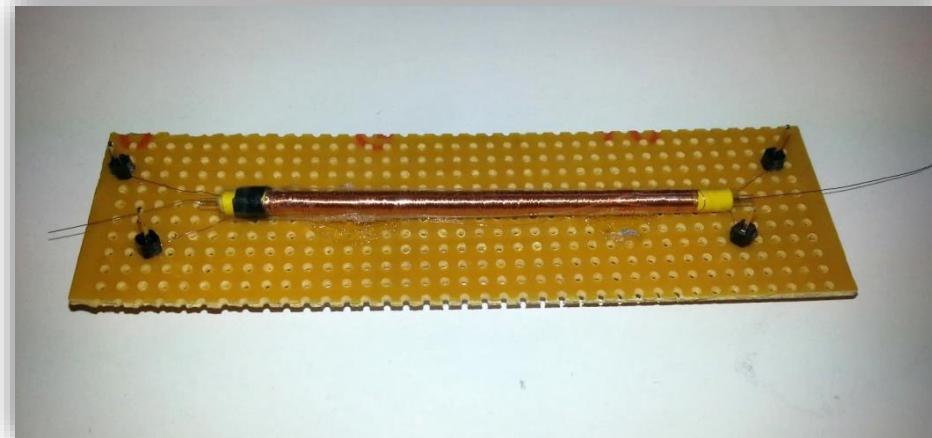




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΩΝ
<http://sensors.ece.ntua.gr>

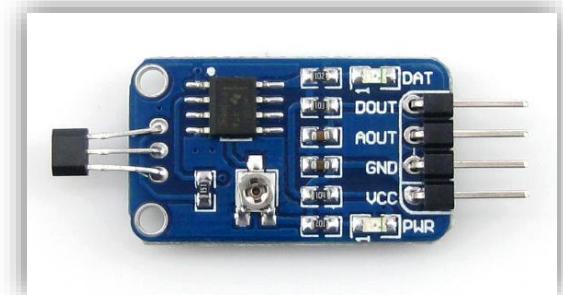
Μαγνητικοί αισθητήρες μέτρησης θέσης και πεδίου

Σπυρίδων Αγγελόπουλος



Μαγνητόμετρα

- Προσφέρουν τη δυνατότητα ανίχνευσης και μέτρησης του μαγνητικού πεδίου που προέρχεται από τη Γη ή από κάποια άλλη πηγή.
- Χρησιμοποιούνται στις επιστήμες, στις μεταφορές, στη βιομηχανία και σε καταναλωτικές συσκευές (π.χ. κινητά τηλέφωνα).



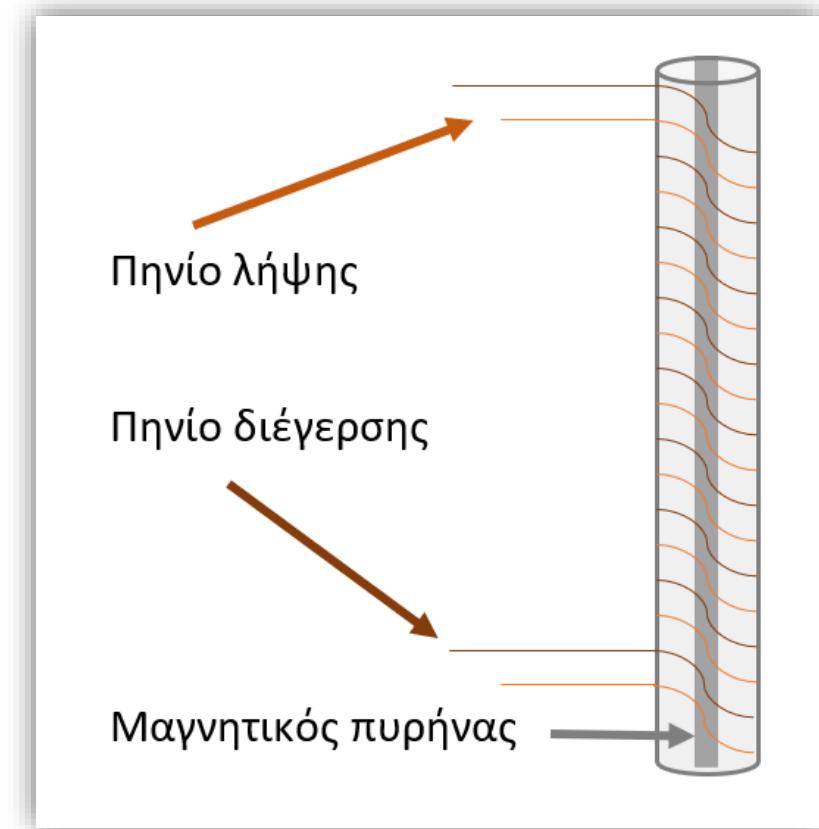
Μαγνητόμετρα Πύλης-Ροής (Fluxgate)

- Αποτελούν **συνήθη επιλογή** για τη μέτρηση του μαγνητικού πεδίου.
- Χαρακτηρίζονται από **υψηλή ευαισθησία**.
- Αποτελούνται από **πηνία** και έναν **μαγνητικό πυρήνα**.
- Ως πυρήνες, χρησιμοποιούνται **άμορφα μαγνητικά υλικά** (CoSiB, FeSiB, CoFeSiB) σε μορφή **σύρματος** ή **ταινίας**.



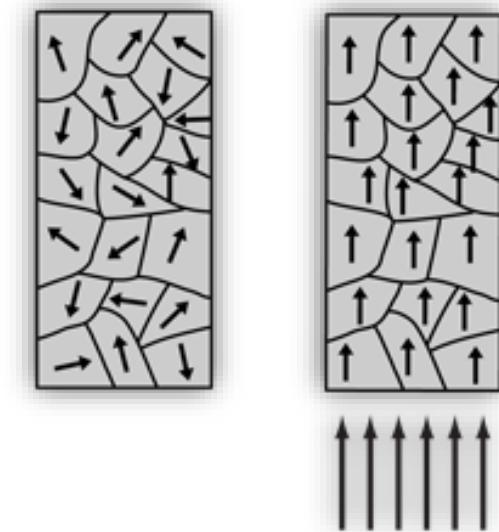
Αισθητήρας Fluxgate άσκησης

- Περιλαμβάνει δύο όμοια πηνία (διέγερσης & λήψης).
- Το κάθε πηνίο αποτελείται από 1100 περιελίξεις σύρματος χαλκού $\varnothing 0.1$ mm.
- Έχει ως πυρήνα άμορφη ταινία CoFeSiB.
- Το μήκος του αισθητήρα είναι 70 mm.

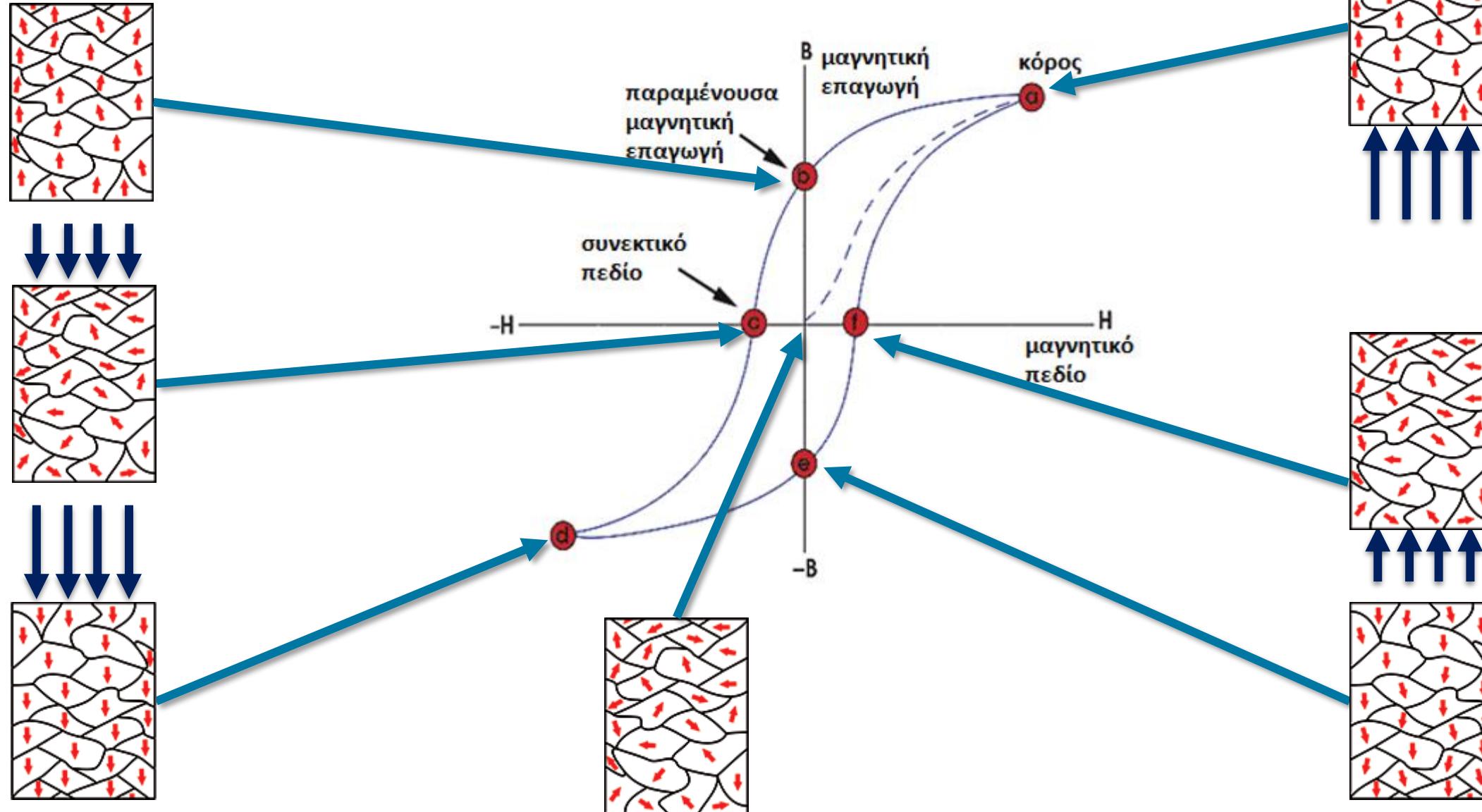


Μαγνητικός πυρήνας

- Τα σιδηρομαγνητικά υλικά αποτελούνται από μαγνητικές περιοχές.
- Τα όρια αυτών των περιοχών ονομάζονται μαγνητικά τοιχώματα.
- Η κάθε μαγνητική περιοχή χαρακτηρίζεται από μία μαγνητική ροπή.
- Οι μαγνητικές περιοχές τείνουν να ευθυγραμμιστούν στα εξωτερικώς επιβαλλόμενα μαγνητικά πεδία.



Βρόχος Υστέρησης



Συνολική διάταξη

Σήμα διέγερσης

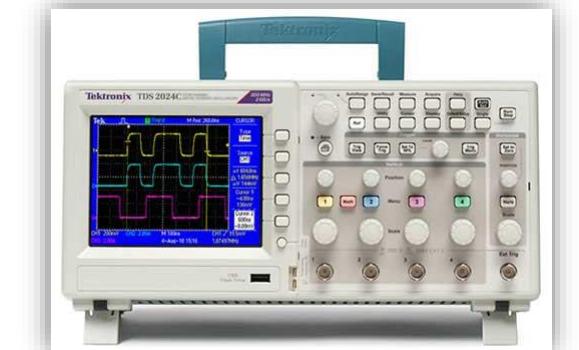


Πηνίο διέγερσης



Μαγνητικός πυρήνας

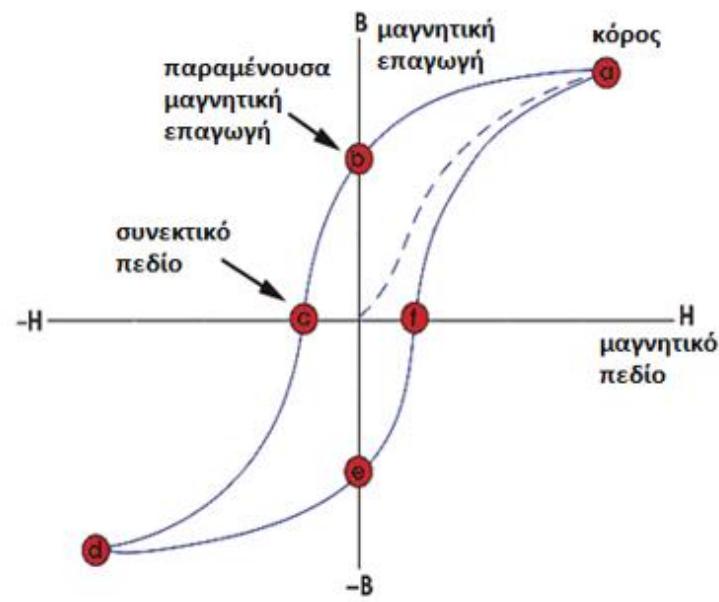
Πηνίο λήψης



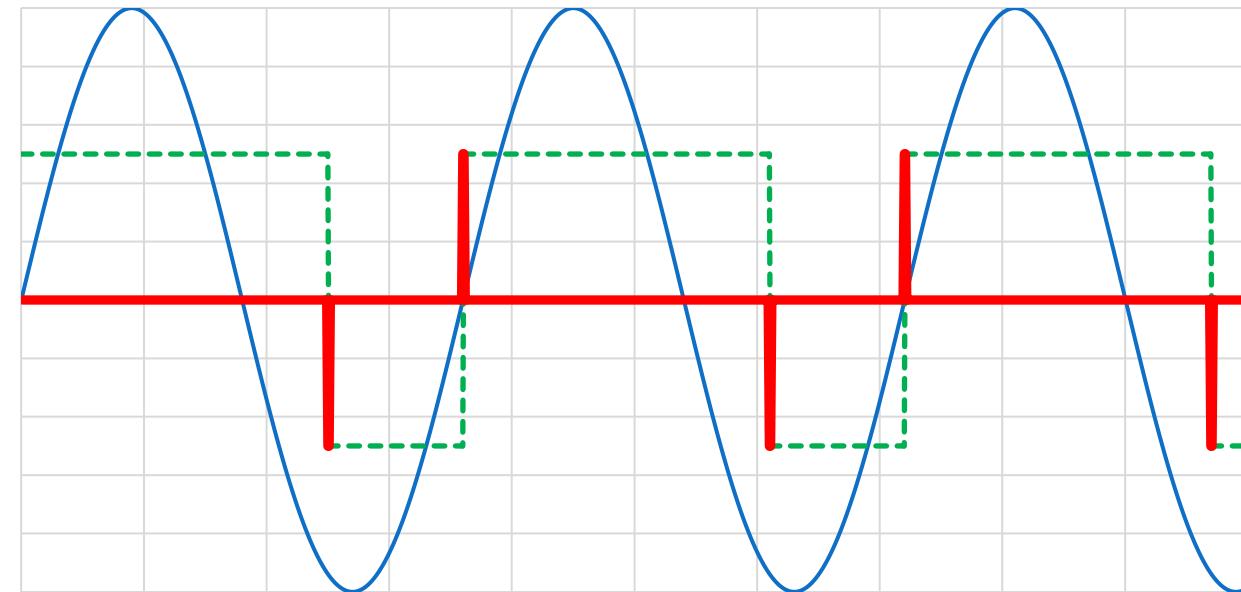
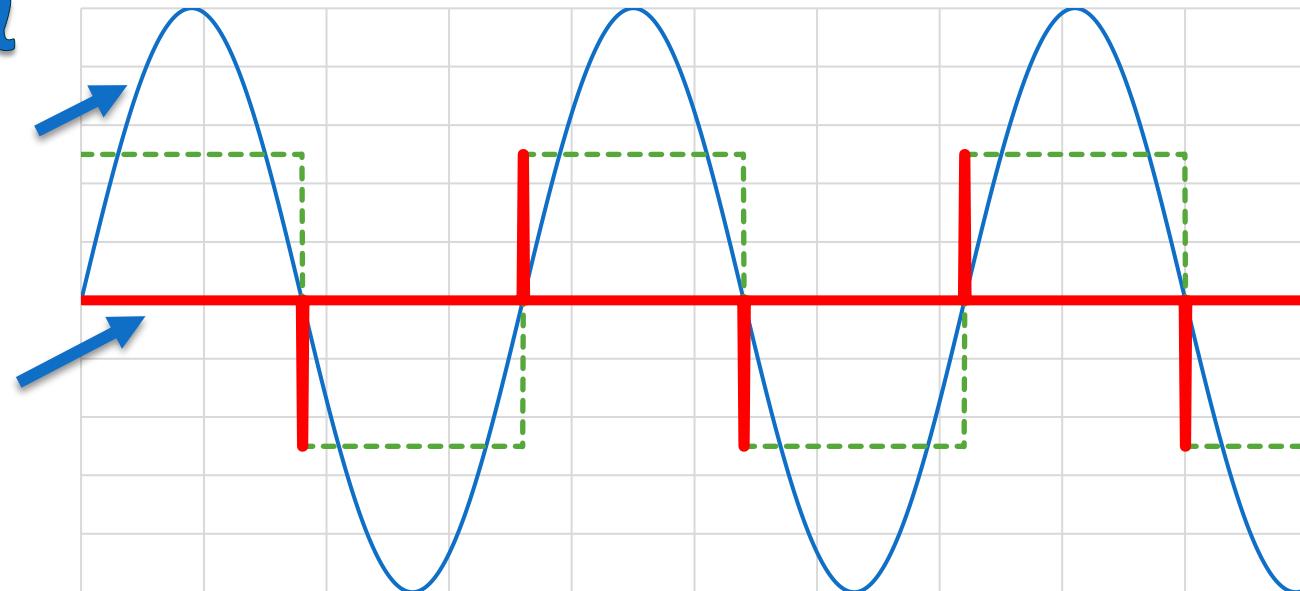
Λήψη σήματος

Σήμα εξόδου αισθητήρα

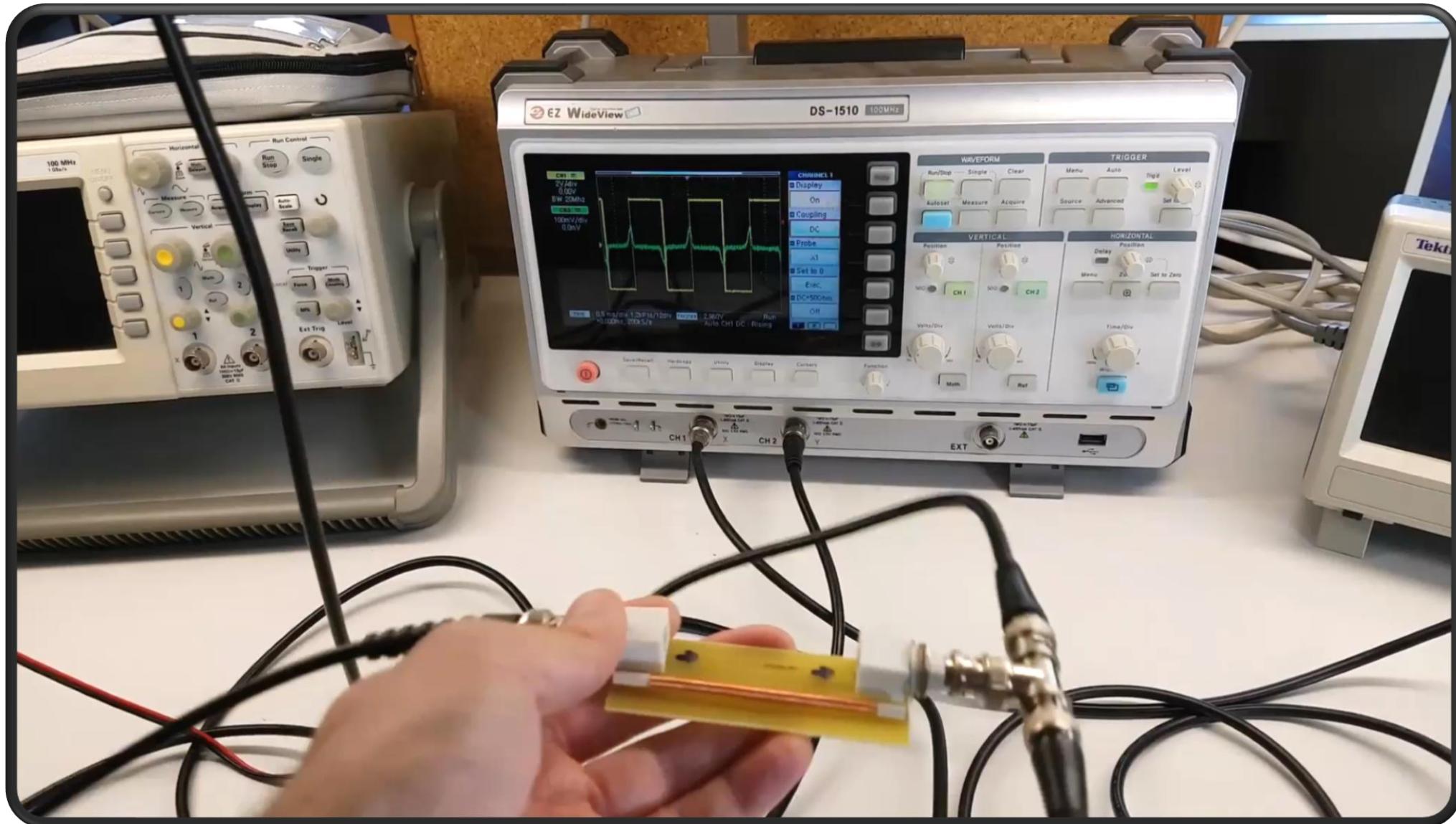
Σήμα διέγερσης



Σήμα λήψης



Σήμα εξόδου αισθητήρα



Μέτρηση πεδίου

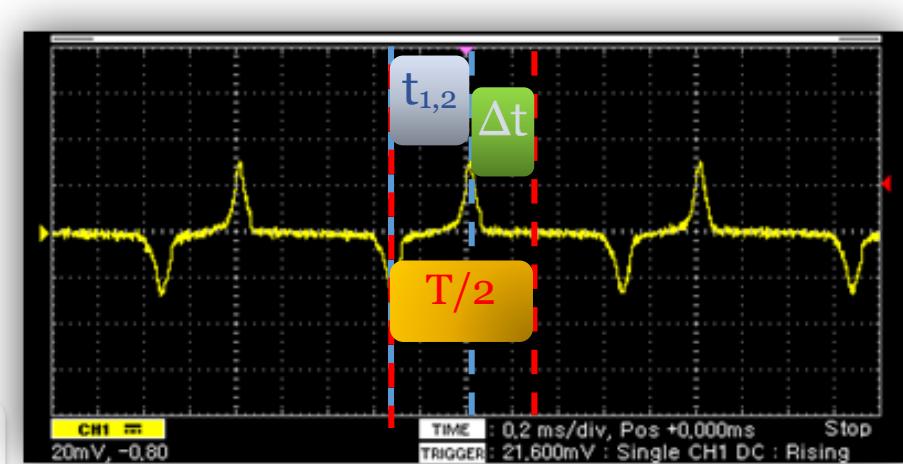
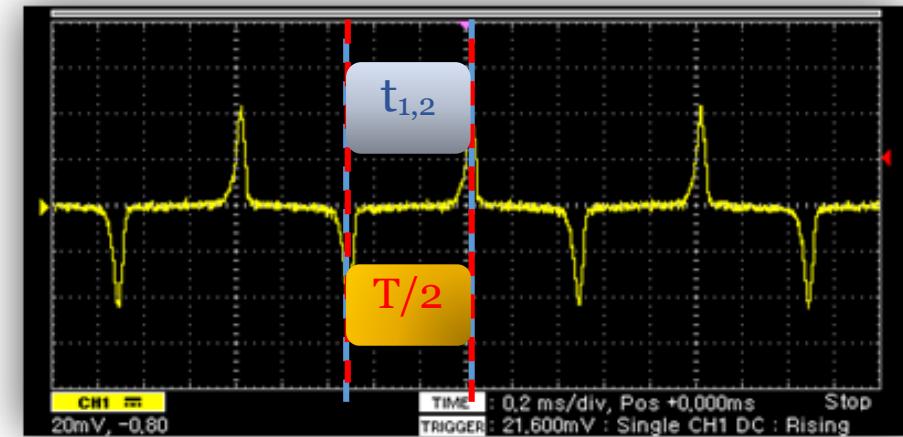
- Κατά την επιβολή επιπρόσθετου εξωτερικού μαγνητικού πεδίου, ο πυρήνας του μαγνητομέτρου φθάνει πιο αργά ή πιο γρήγορα στον κορεσμό.
- Συνεπώς, μεταβάλλεται η απόσταση μεταξύ των μεγίστων και των ελαχίστων του ληφθέντος σήματος, ως προς τον άξονα του χρόνου.

AC
Τροφοδοσία
πηνίου
διέγερσης

Προσθήκη
DC
συνιστώσας

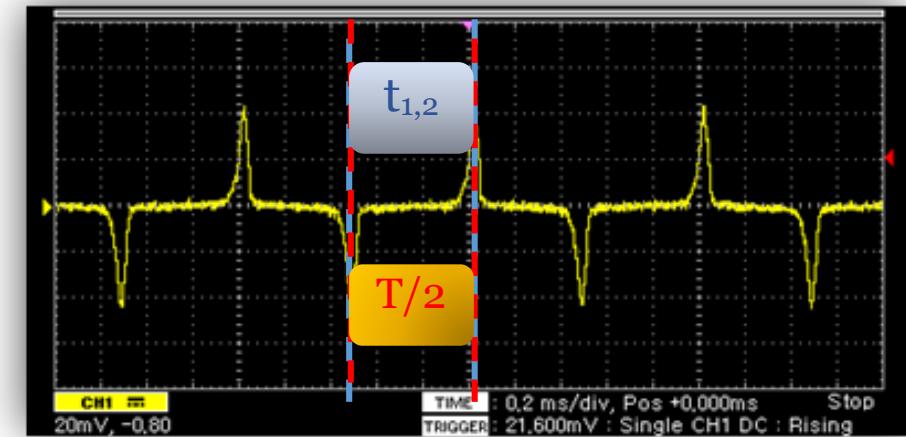
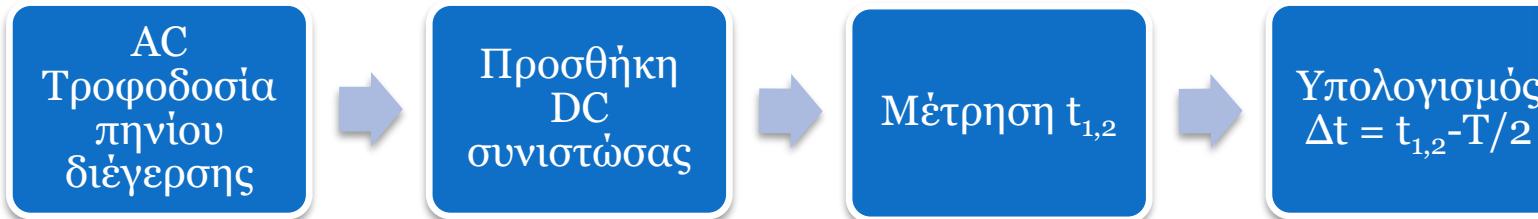
Μέτρηση $t_{1,2}$

Υπολογισμός
 $\Delta t = t_{1,2} - T/2$



Λήψη μετρήσεων πεδίου

1. Πηνίο διέγερσης -> γεννήτρια
Πηνίο λήψης -> παλμογράφος
2. Ημιτονοειδές σήμα $V_{in_pp} = 5 \text{ V}$, 1 kHz
3. DC Offset από -2 V έως 2 V , με βήμα 0.5 V και καταγραφή του $t_{1,2}$
4. Ομοίως για 5 kHz



Μέτρηση Θέσης

Η εισαγωγή/αφαίρεση του μαγνητικού πυρήνα οδηγεί σε αύξηση/μείωση αντιστοίχως της τάσης του σήματος εξόδου.



Συσχέτιση της τάσης εξόδου με τη θέση του πυρήνα.



Λήψη μετρήσεων Θέσης

1. Πηνίο διέγερσης -> γεννήτρια
Πηνίο λήψης -> παλμογράφος
2. Ημιτονοειδές σήμα $V_{in_pp} = 5 \text{ V, } 1 \text{ kHz}$
3. Αφαίρεση πυρήνα έως τα 50 mm, με βήμα 5 mm
4. Καταγραφή μεταβολής V_{out_pp}
5. Ομοίως για 5 kHz

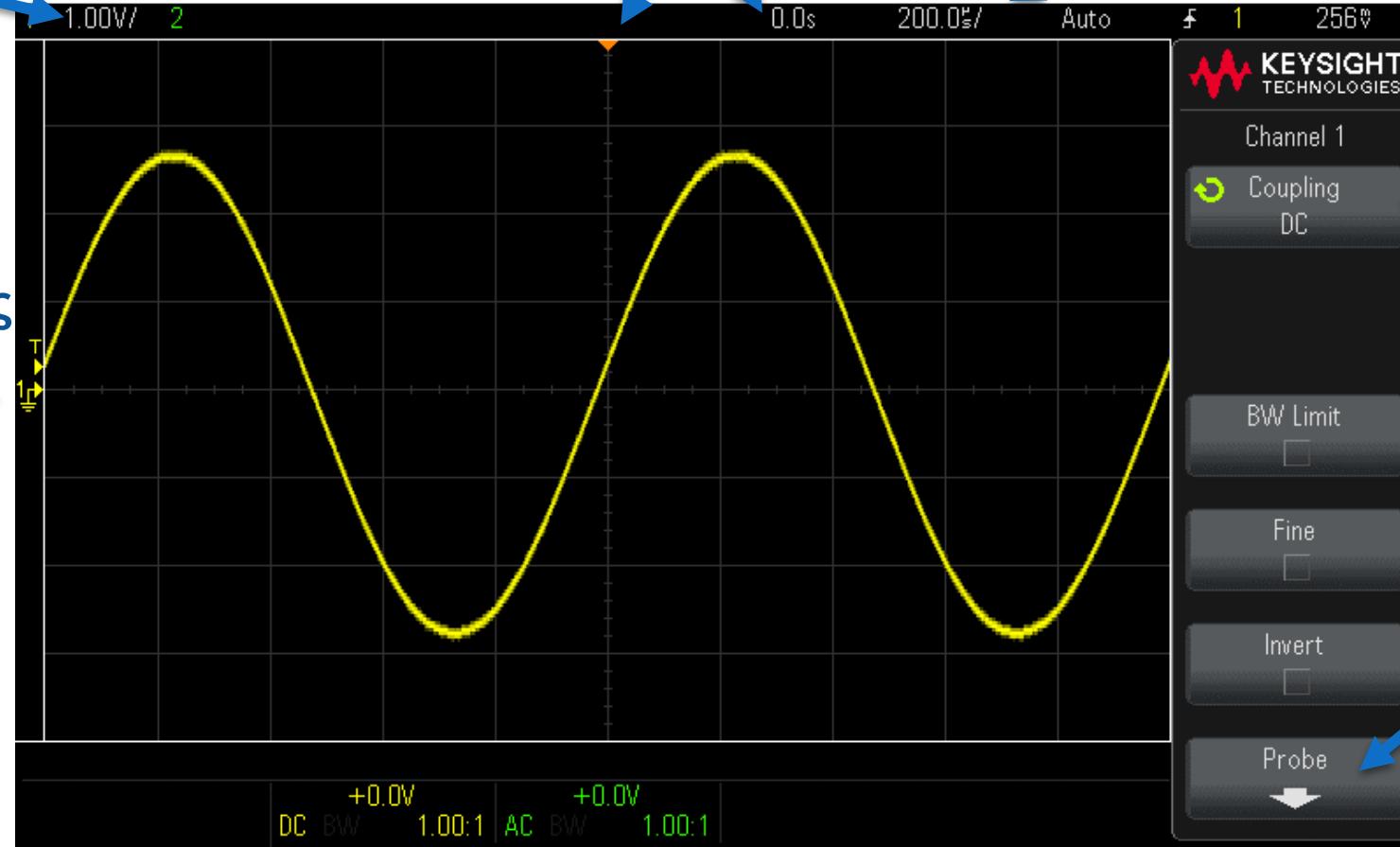


Παλμογράφος



Οθόνη παλμογράφου

Τάση ανά υποδιαιρέση της οθόνης (volt/div)



Επίπεδο τάσης αναφοράς

Χρόνος ανά υποδιαιρέση της οθόνης (time/div)

Coupling:

Επιλογή εμφάνισης μόνο AC (AC), επιπέδου αναφοράς (GND) ή AC+DC (DC)

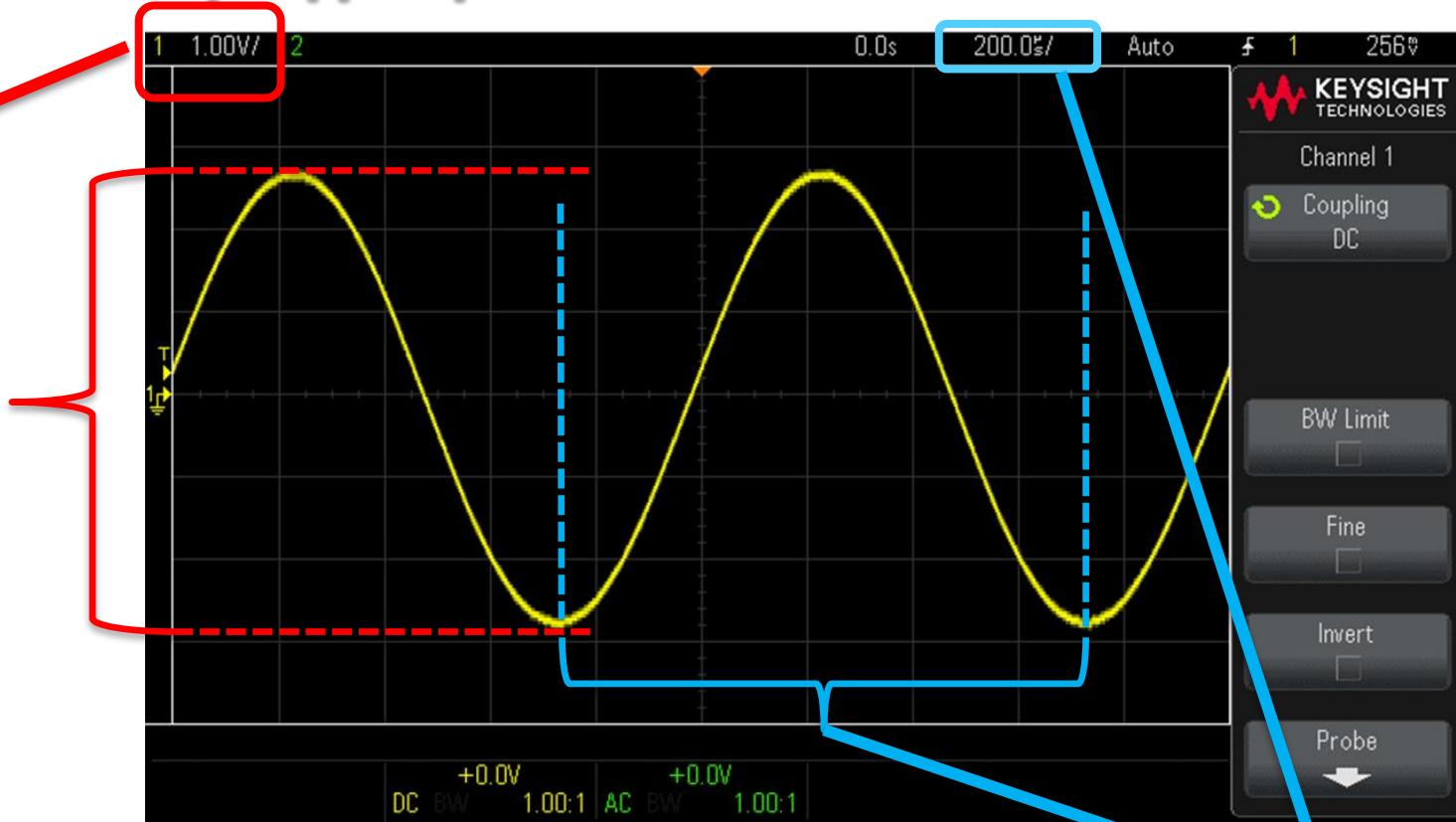
Προσθήκη φίλτρου

Probe:

Πολλαπλασιασμός των μετρήσεων με αυτόν τον συντελεστή (1x, 10x, 100x, ...) Η ένδειξη πρέπει να είναι ίδια με αυτήν που τίθεται στο probe!

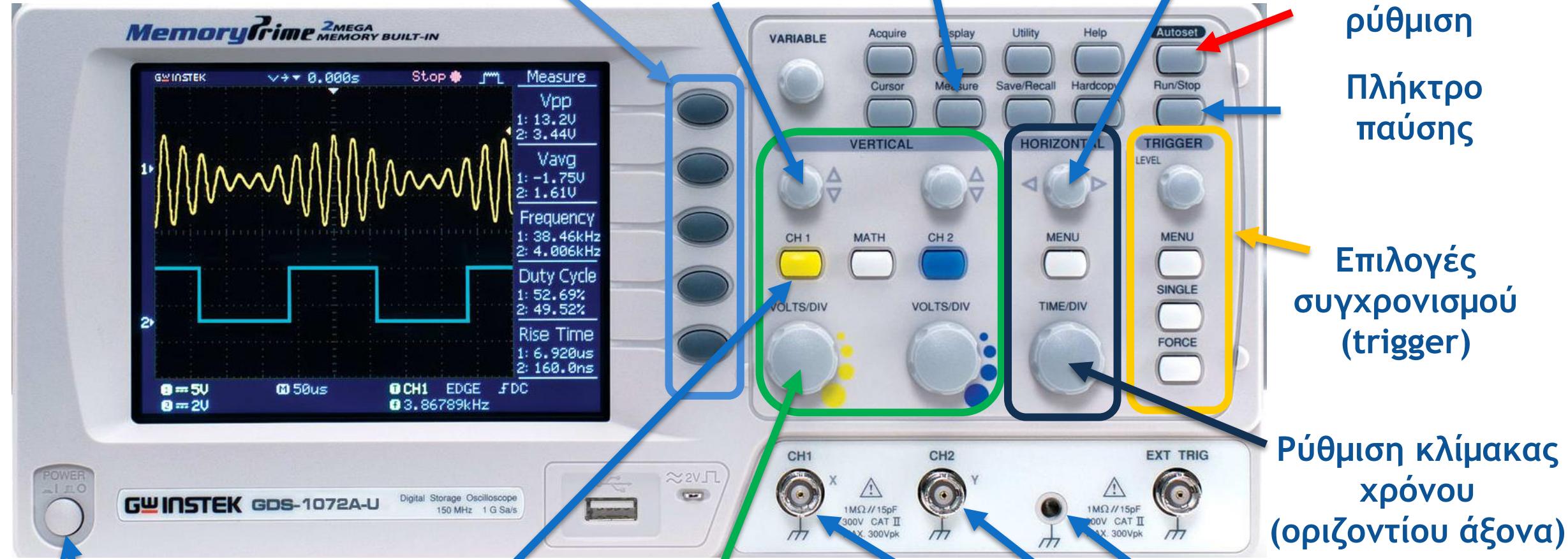
Μέτρηση σήματος στον παλμογράφο

Μέτρηση V_{pp} (V peak-to-peak)
 5.5 Divisions
 $CH1: 1 V/div$
 Άρα: $V_{pp} = 5.5 \times 1 V = 5.5 V$



Μέτρηση περιόδου T
 5 Divisions
 TIME: 200 μs/div
 Άρα: $T = 5 \times 0.2 ms = 1 ms$

Παλμογράφος



Πλήκτρο ενεργοποίησης

Επιλογή καναλιού και ρύθμισεων

Ρύθμιση κλίμακας τάσης (κατακόρυφου άξονα)

Είσοδοι

Έλεγχος/Βαθμονόμηση probe

Πλήκτρα επιλογών

Κατακόρυφη μετακίνηση σήματος

Μετρήσεις

Οριζόντια μετακίνηση σήματος

Αυτόματη ρύθμιση

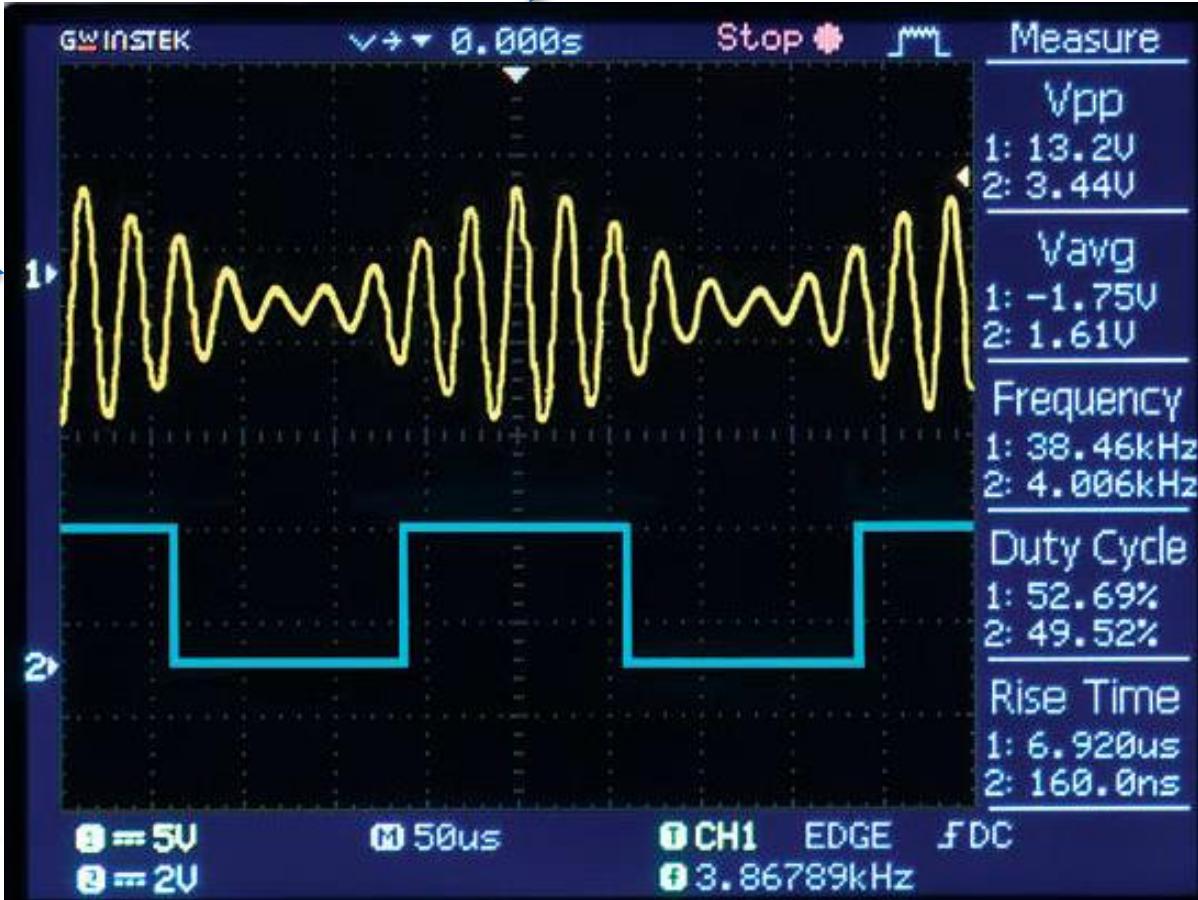
Πλήκτρο παύσης

Επιλογές συγχρονισμού (trigger)

Ρύθμιση κλίμακας χρόνου (οριζοντίου άξονα)

Οθόνη παλμογράφου

Χρόνος αναφοράς



Επίπεδο
τάσης
αναφοράς

Χρόνος αναφοράς

Τάση ανά
υποδιαιρεση της
οθόνης (volt/div)

Χρόνος ανά υποδιαιρεση της
οθόνης (time/div)

Άλλες ρυθμίσεις:

Coupling:

Επιλογή εμφάνισης μόνο AC
(AC), επιπέδου αναφοράς
(GND) ή AC+DC (DC)

BW Limit:

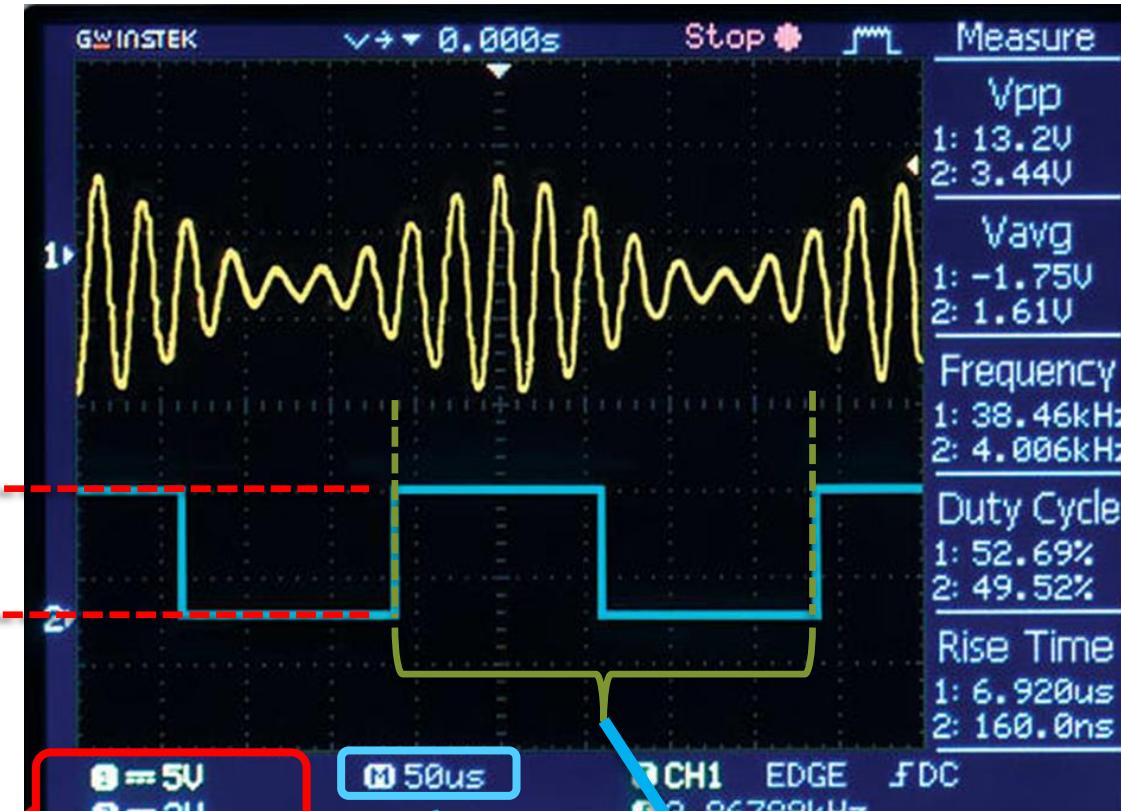
Προσθήκη φίλτρου

Probe:

Πολλαπλασιασμός των
μετρήσεων με αυτόν τον
συντελεστή (1x, 10x, 100x, ...)

Η ένδειξη πρέπει να είναι ίδια
με αυτήν που τίθεται στο
probe!

Μέτρηση σήματος στον παλμογράφο



Μέτρηση V_{pp} (V peak-to-peak)

1.5 Divisions

CH2: 2 V/div

$$\text{Άρα: } V_{pp} = 1.5 \times 2 \text{ V} = 3 \text{ V}$$

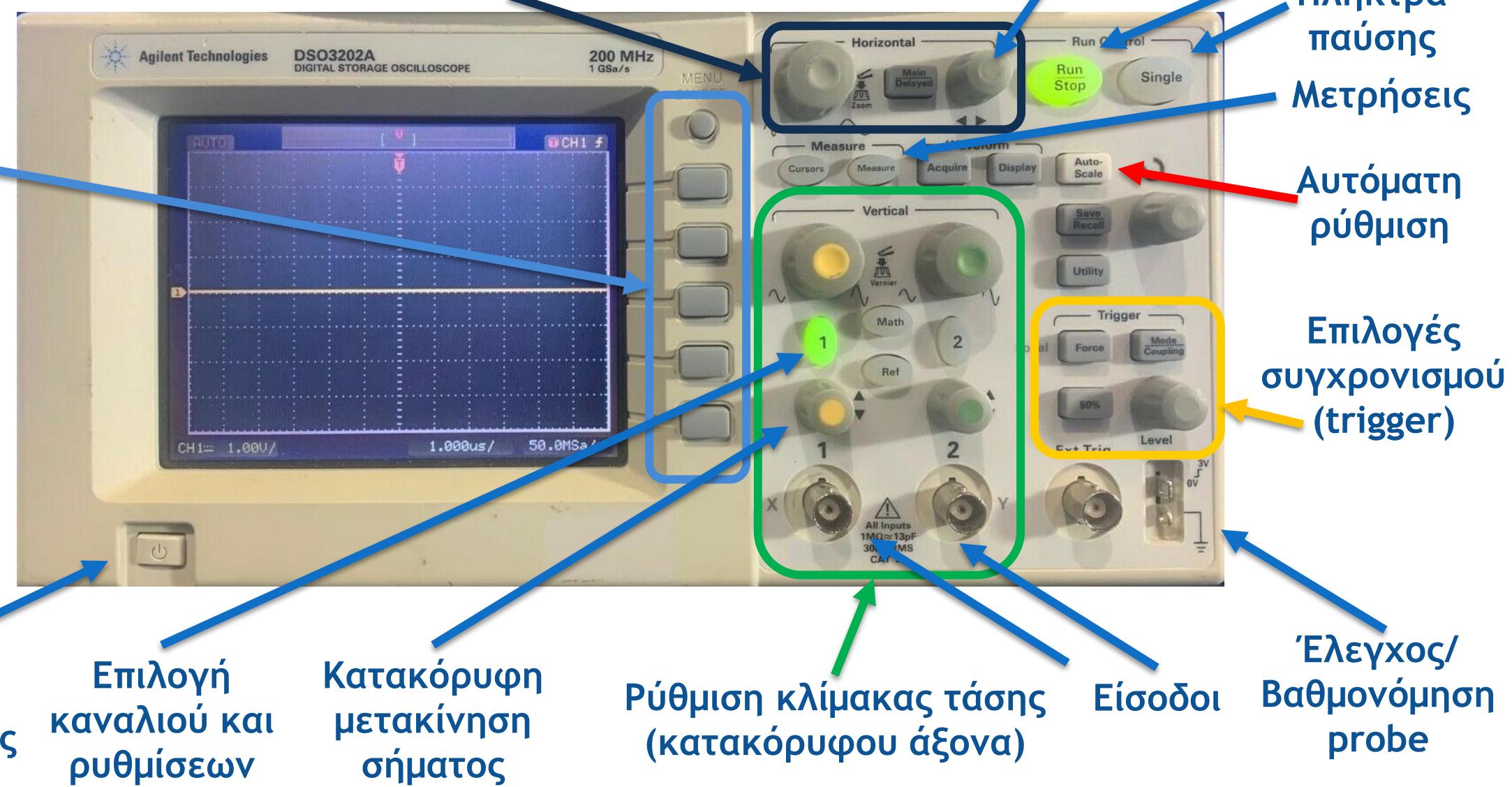
Μέτρηση περιόδου T

5 Divisions

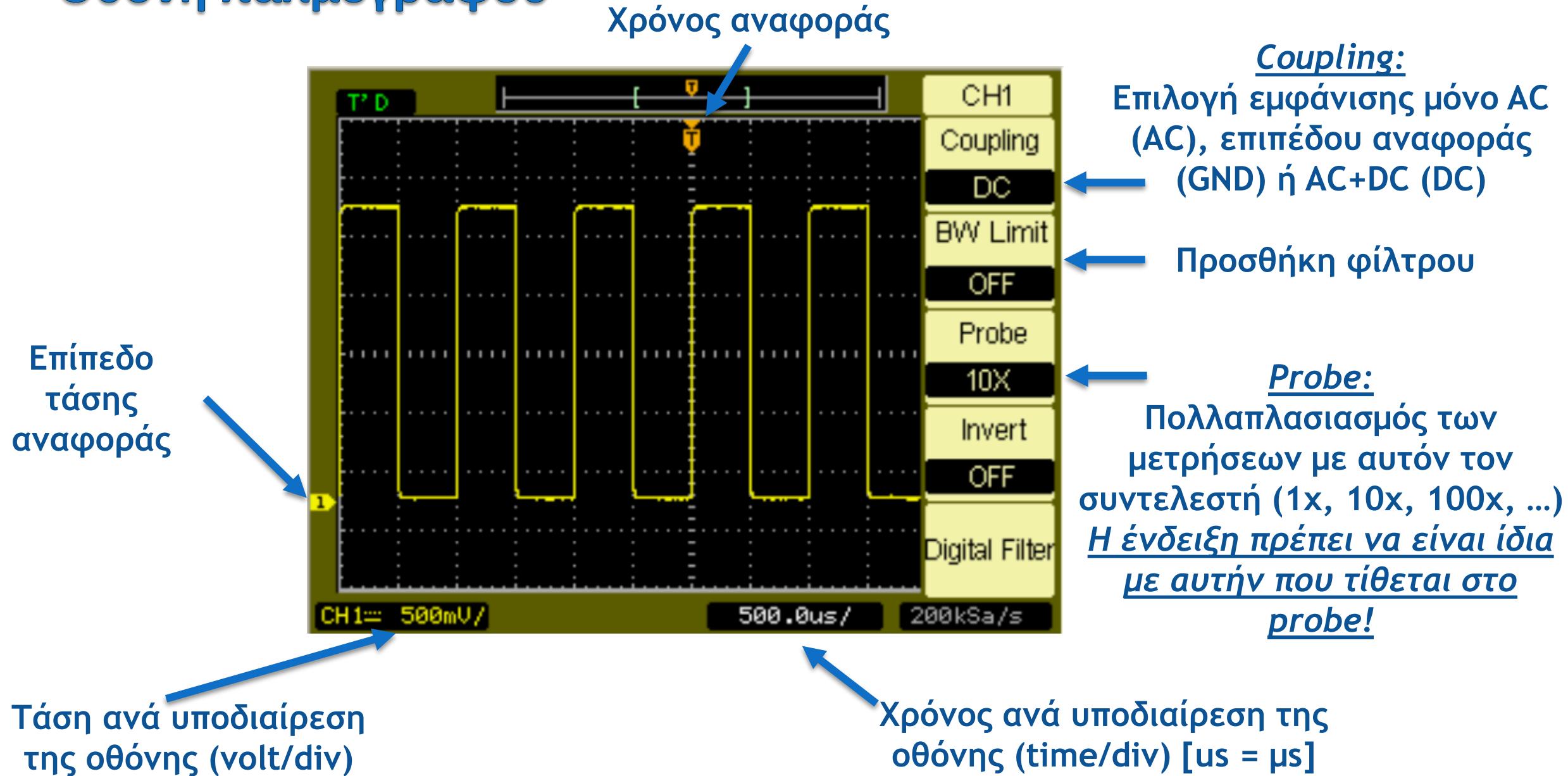
TIME: 50 $\mu\text{s}/\text{div}$ [$\mu\text{s} = \mu\text{s}$]

$$\text{Άρα: } T = 5 \times 0.05 \text{ ms} = 0.25 \text{ ms}$$

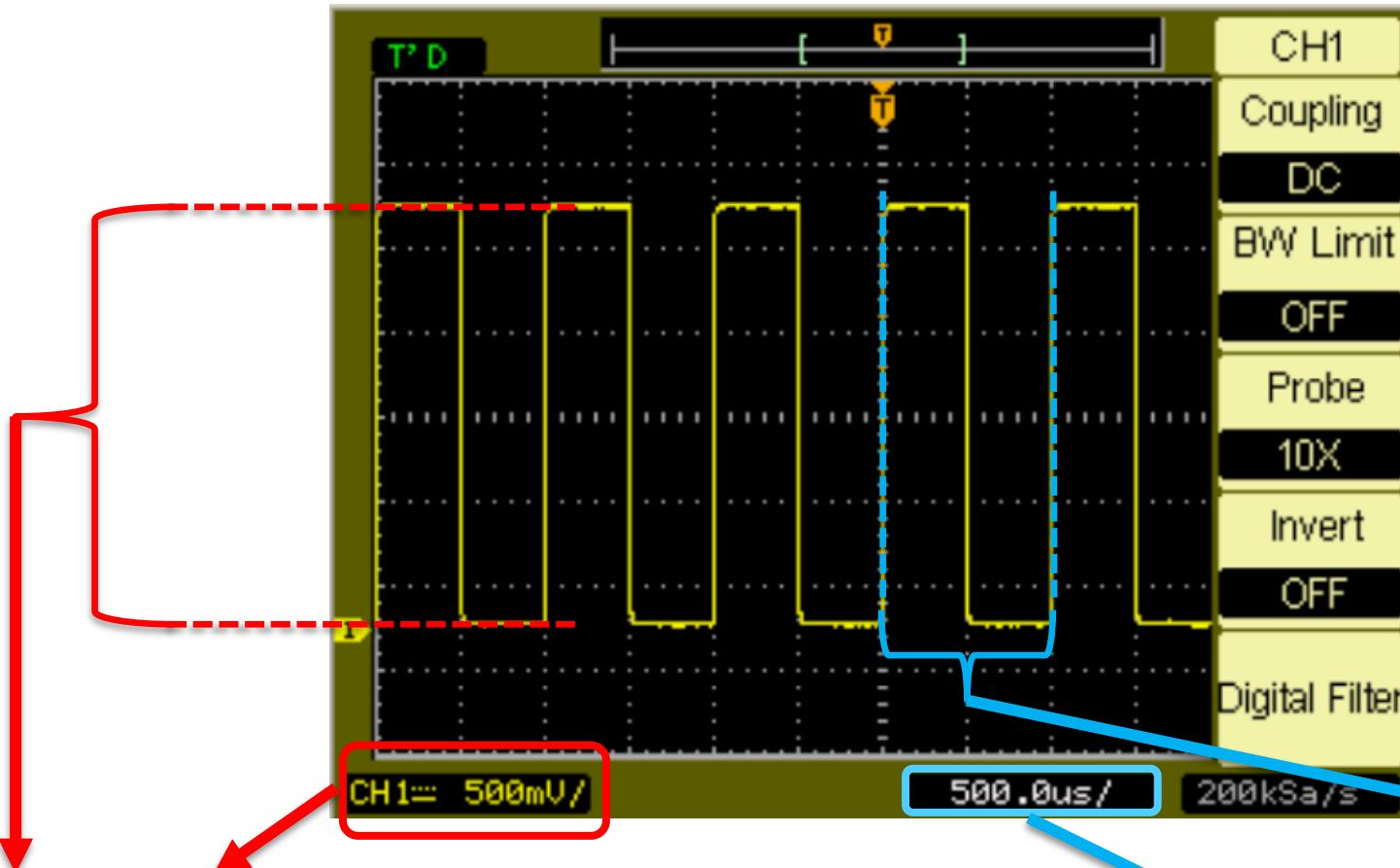
Παλμογράφος



Οθόνη παλμογράφου



Μέτρηση σήματος στον παλμογράφο



Μέτρηση V_{pp} (V peak-to-peak)

5 Divisions

CH1: 500 mV/div

$$\text{Άρα: } V_{pp} = 5 \times 0.5 \text{ V} = 2.5 \text{ V}$$

Μέτρηση περιόδου T

2 Divisions

TIME: 500 $\mu\text{s}/\text{div}$ [$\mu\text{s} = \mu\text{s}$]

$$\text{Άρα: } T = 2 \times 0.5 \text{ ms} = 1 \text{ ms}$$

Γεννήτρια συχνοτήτων

Ρύθμιση συχνότητας, τάσης, DC offset, duty cycle κ.λπ.



Γεννήτρια συχνοτήτων

