



## ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

1<sup>η</sup> Εργαστηριακή Αναφορά-Διακρίβωση Μαγνητικού Αισθητήρα Hall

στο μάθημα «**Τεχνολογία Αισθητήρων και  
Μικροσυστημάτων**»

των φοιτητών

Σκόρδα Στεφανία, Α.Μ: 03118852

Ράτσα Ηλίας, Α.Μ: 03118817

Σερλής Εμμανουήλ-Αναστάσιος, Α.Μ: 03118125

8<sup>ο</sup> Εξάμηνο

Ιούνιος 2022

## Σκοπός της Άσκησης

Σκοπός αυτής της εργαστηριακής άσκησης ήταν η διεξαγωγή και επεξεργασία μετρήσεων που αφορούσαν τον μαγνητικό αισθητήρα Hall.

## Εισαγωγή

**Ως μαγνητόμετρο** ορίζεται ένα όργανο μέτρησης του μέτρου, ή και της κατεύθυνσης ενός επιβαλλόμενου μαγνητικού πεδίου. Βρίσκουν πληθώρα εφαρμογών στις επιστήμες, τις μεταφορές και τη βιομηχανία, μιας και προσφέρουν την επιθυμητή ακρίβεια και επαναληψιμότητα στις μετρήσεις.

Όσον αφορά την **διαδικασία βαθμονόμησης** του αισθητήρα, αυτή είναι εφικτή μέσω της επιβολής ενός μαγνητικού πεδίου γνωστής εντάσεως σε αυτόν. Μάλιστα, απαιτείται η κατάλληλη θωράκιση της διάταξής μας, για την εξάλειψη των εξωτερικώς επιβαλλόμενων μαγνητικών πεδίων. Ο καθορισμός του μαγνητικού πεδίου γίνεται μέσω της τροφοδοσίας με DC τάσης ενός σωληνοειδούς, του οποίου τα χαρακτηριστικά είναι γνωστά.

Ειδική κατηγορία μαγνητικών αισθητήρων αποτελούν οι **αισθητήρες Hall**, οι οποίοι χαρακτηρίζονται από μικρό μέγεθος, εύκολη χρήση και χαμηλό κόστος, με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται ευρέως. Η λειτουργία του βασίζεται στο ομώνυμο φαινόμενο, σύμφωνα με το οποίο η εφαρμογή ρεύματος κατά μήκος του αγωγού σε συνδυασμό με την εφαρμογή μαγνητικού πεδίου κάθετου στην διεύθυνση ρεύματος οδηγεί στην εμφάνιση της τάσης Hall κατά μήκος του υλικού, η οποία είναι κάθετη τόσο στο ρεύμα όσο και στο μαγνητικό πεδίο.

Τα παραπάνω συνοψίζονται στην ακόλουθη σχέση:

$$V_H = \frac{R_H \cdot B_Z \cdot I_X}{t}$$

όπου:

$R_H$ : ο συντελεστής Hall

$I_X$ : η ένταση του ρεύματος κατά τη διεύθυνση του άξονα x

$B_Z$ : το μαγνητικό πεδίο κατά τη διεύθυνση του άξονα z

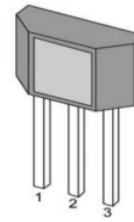
t: το πάχος του ημιαγωγού

Παρακάτω ακολουθεί η συνδεσμολογία του αισθητήρα Hall SS49E που χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια του πειράματος:

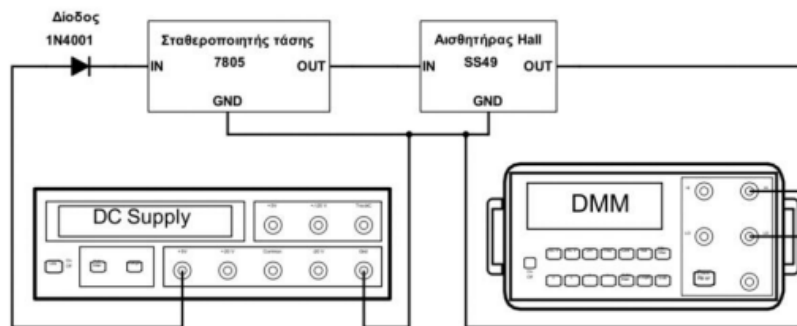
1: Τροφοδοσία

2: Γείωση

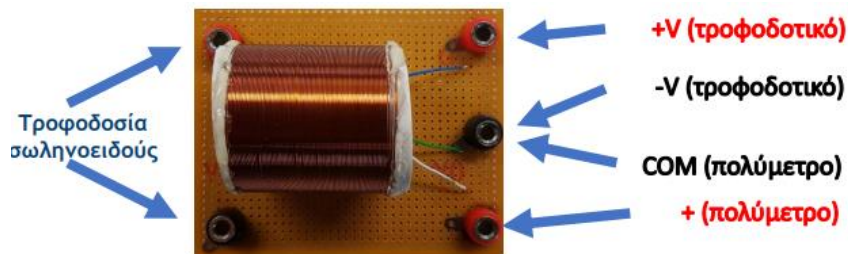
3: Έξοδος



Για την προστασία του αισθητήρα Hall από τιμές τάσεων τροφοδοσίας εκτός των ορίων ασφαλείας, στην κυκλωματική διάταξη-η οποία ακολουθεί παρακάτω- προστέθηκαν μία διόδος και ένας σταθεροποιητής τάσης



,ενώ η αντίστοιχη πειραματική διάταξη στην οποία διεξήχθησαν οι μετρήσεις είναι η εξής:



Σχήμα 5: Σύνδεση της διάταξης.

## Διεξαγωγή Μετρήσεων

### Ερώτημα 1:

Η αντίσταση του σωληνοειδούς μετρήθηκε στα  $2.4\Omega$  με τη χρήση πολύμετρου.

### Ερώτημα 2:

Τα ερωτήματα 2-5 ήταν διαδικαστικού χαρακτήρα και υλοποιήθηκαν κατά την διάρκεια του πειράματος, όπως ζητούνταν από την εκφώνηση.

**Ερώτημα 6:**

Η τάση εξόδου μετρήθηκε στα **2.6V**, δηλαδή επιβεβαιώθηκε η δοθέν τιμή της τάσης εξόδου του αισθητήρα Hall που είναι περίπου 2.5V.

**Ερώτημα 7:**

Με την μεταβολή της έντασης του ρεύματος από το σωληνοειδές με βήμα 0.2 A από 2.6 A έως 0, καταγράφηκαν οι εξής τάσεις εξόδου  $V_{out}$  του αισθητήρα Hall με τη χρήση πολύμετρου:

I(A)	$V_{out}(V)$
2.6	2.82
2.4	2.81
2.2	2.81
2	2.80
1.8	2.79
1.6	2.78
1.4	2.77
1.2	2.77
1	2.76
0.8	2.75
0.6	2.75
0.4	2.74
0.2	2.73

**Ερώτημα 8:**

Με την αντιστροφή της πολικότητας στο κανάλι της τροφοδοσίας του σωληνοειδούς πήραμε τις εξής μετρήσεις:

I(A)	$V_{out}(V)$
0.2	2.60
0.4	2.59
0.6	2.58
0.8	2.58
1	2.57
1.2	2.56
1.4	2.56
1.6	2.55
1.8	2.54
2	2.54
2.2	2.53
2.4	2.53
2.6	2.52

## Επεξεργασία Μετρήσεων

### Ερώτημα 1:

Έχοντας υπολογίσει από το ερώτημα 2.1.1 την τιμή της αντίστασης  $R$  στα  $2.4\Omega$  και με τιμή ειδικής αντίστασης για τον χαλκό  $\rho = 1.7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$ , χρησιμοποιώντας τον τύπο της ειδικής αντίστασης  $R = \rho \frac{l}{S}$  όπου  $S = \pi \cdot r^2$ , το μήκος  $l$  του σύρματος του σωληνοειδούς υπολογίστηκε ως  $l=17.74075851m \Rightarrow l=17.74m$ .

### Ερώτημα 2:

Ο αριθμός  $N$  των σπειρών του σωληνοειδούς βάσει του τύπου  $l = N \cdot 2 \cdot \pi \cdot r$  υπολογίστηκε ως  $N=128.342246 \Rightarrow N=128.3367587$ .

### Ερώτημα 3:

#### 3.1.

Η ένταση  $H$  του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο του σωληνοειδούς βάσει του τύπου

$$H = \frac{N}{2 \cdot \sqrt{\frac{l^2}{2} + r^2}} \cdot I \text{ υπολογίστηκε ως εξής με βήμα } 0.2 \text{ A από } 0 \text{ έως } 2.6 \text{ A με}$$

$$H = 2201.666 \cdot I:$$

όπου  $\pi = 3.14159265$

I(A)	H(A/m)
0.2	440.33
0.4	880.66
0.6	1320.99
0.8	1761.33
1	2201.66
1.2	2641.99
1.4	3082.33
1.6	3522.66
1.8	3962.99
2	4403.33
2.2	4843.66
2.4	5283.99
2.6	5724.33

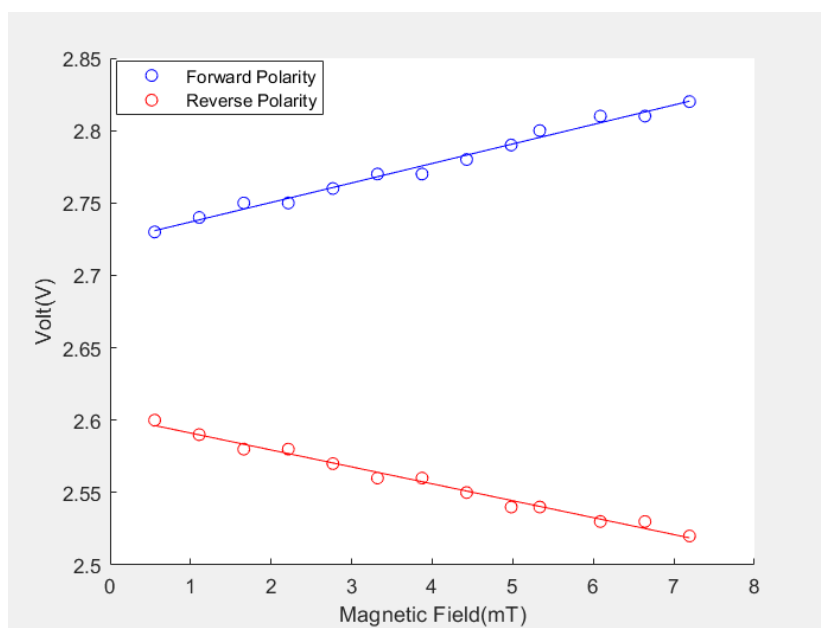
#### 3.2.

Η μαγνητική επαγωγή  $B$  βάσει του τύπου  $B = \mu_0 \cdot H$ , όπου  $\mu_0$  η μαγνητική διαπερατότητα του αέρα  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  υπολογίστηκε ως εξής με βήμα  $0.2 \text{ A}$  από  $0$  έως  $2.6 \text{ A}$ :

<b>I(A)</b>	<b>B(mT)</b>
0.2	0.553339
0.4	1.106679
0.6	1.660018
0.8	2.213357
1	2.766696
1.2	3.320036
1.4	3.873375
1.6	4.426714
1.8	4.980053
2	5.33393
2.2	6.086732
2.4	6.640071
2.6	7.19341

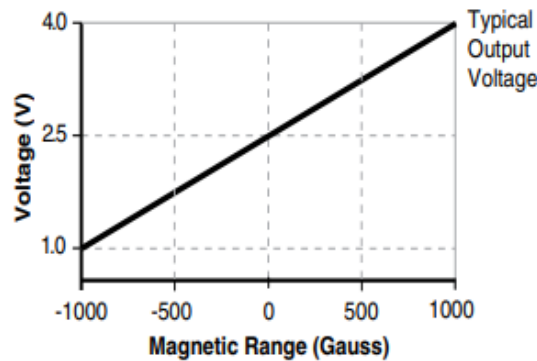
#### Ερώτημα 4:

Βάσει των παραπάνω τιμών, για το διάγραμμα  $V_{out}(B)$ , δηλαδή την καμπύλη βαθμονόμησης του αισθητήρα Hall, έγινε χρήση της scatter plot της Matlab :



### Ερώτημα 5:

Η κλίση της καμπύλης βαθμονόμησης για το ορθή πόλωση προκύπτει 13.4682 ενώ για την ανάστροφη προκύπτει -11.6856.



### Ερώτημα 6:

Από την καμπύλη βαθμονόμησης που δίνεται στο datasheet του μαγνητικού αισθητήρα Hall, όπου  $1 \text{ Gauss} = 10^{-4} \text{ Tesla}$ , προκύπτει ότι έχουμε κλίση ίση με  $\frac{(4-1)}{[(1000-(-1000)) \cdot 10^{-4}]} = 15$ .

### Ερώτημα 7:

Παρατηρούμε ότι υπάρχει διαφορά στην κλίση της καμπύλης βαθμονόμησης που υπολογίσαμε από αυτήν του datasheet. Πιθανοί λόγοι που εξηγούν αυτή την απόκλιση είναι τυχόν παρεμβολές από το δίκτυο τροφοδοσίας με την μορφή χαμηλόσυχνου θορύβου, η ύπαρξη εξωτερικώς επιβαλλόμενων μαγνητικών πεδίων (π.χ. RF σήματα), η ύπαρξη μεταλλικών αντικειμένων γύρω από την πειραματική διάταξη, καθώς και η αύξηση θερμοκρασίας του πηνίου που χρησιμοποιήσαμε λόγω της διαρκούς χρήσης του κατά την εκτέλεση του πειράματος.

---

Για το ερώτημα 5 χρησιμοποιήθηκε ο εξής κώδικας γραμμένος σε Matlab:

```
B=[0.553339, 1.106679, 1.660018, 2.213357, 2.766696, 3.320036, 3.873375,  
4.426714, 4.980053, 5.33393, 6.086732, 6.640071, 7.19341]*10^-3;  
Vout_orthi=[2.73,2.74,2.75,2.75,2.76,2.77,2.77,2.78,2.79,2.8,2.81,2.81,2.82];  
Vout_anastr=[2.60, 2.59, 2.58, 2.58, 2.57, 2.56, 2.56, 2.55, 2.54, 2.54, 2.53,  
2.53, 2.52];  
scatter(B,Vout_orthi,'b')  
hold on;  
scatter(B,Vout_anastr,'r')  
hold on;
```

```
lin_1=polyfit(B,Vout_orthi,1)
slope_1=lin_1(1)
c_1=lin_1(2)
Vout_orthi_fit=slope_1*B+c_1
plot(B,Vout_orthi_fit,'b')
hold on;

lin_2=polyfit(B,Vout_anastr,1)
slope_2=lin_2(1)
c_2=lin_2(2)
Vout_anastr_fit=slope_2*B+c_2
plot(B,Vout_anastr_fit,'r')
hold on;

legend("Forward Polarity", "Reverse Polarity")
xlabel('Magnetic Field(mT)')
ylabel('Volt(V)')
hold off;
```