



Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής
Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

Εργαστήριο Μικροηλεκτρονικής – Εργασία 3

Χρήστος Μαργιώλης – 19390133

Μάιος 2022

Περιεχόμενα

1	Θεωρητικό μέρος	2
2	Υλοποίηση της εργασίας	2
3	Συνδεσμολόγηση κυκλώματος	2
4	Εφαρμογή σήματος	2
4.1	Θεωρητικός υπολογισμός αντιστάσεων	3
4.2	Πρακτικός υπολογισμός αντιστάσεων	4
4.3	Πίνακας μετρήσεων εξόδου	5
4.4	Γράφημα εξόδου	5
5	Υλοποίηση σε breadboard	6

1 Θεωρητικό μέρος

Η εργαστηριακή άσκηση αυτή έχει ως θέμα τον αναλογικό αθροιστή. Το κύκλωμα και η συμπεριφορά του είναι παρόμοια με αυτή του αναστρέφοντα ενισχυτή, απλώς με περισσότερα σήματα εισόδου. Ο αθροιστής χρησιμοποιείται κυρίως σε κυκλώματα μετατροπής ψηφιακού σήματος σε αναλογικό (digital to analog converter). Η είσοδος και η έξοδος έχουν πάντα π (180°) διαφορά φάσης.

Ζητούμενο της εργαστηριακής άσκησης είναι να υλοποιήσουμε έναν 4bit μετατροπέα BCD σε αναλογικό.

2 Υλοποίηση της εργασίας

Για την υλοποίηση της εργασίας χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω εργαλεία:

- Tina-TI για την συνδεσμολογία και τις μετρήσεις του κυκλώματος.
- Tinkercad για την υλοποίηση του κυκλώματος σε breadboard.
- \LaTeX για την συγγραφή της εργασίας.

3 Συνδεσμολόγηση κυκλώματος

- Συνδεσμολογήστε το παρακάτω κύκλωμα με $V_1 = 15\text{ V}$, $V_2 = -15\text{ V}$.

Παρατηρούμε ότι το κύκλωμα είναι ένας αθροιστής (αριστερό μέρος) και ένας αναστρέφων ενισχυτής (δεξί μέρος).

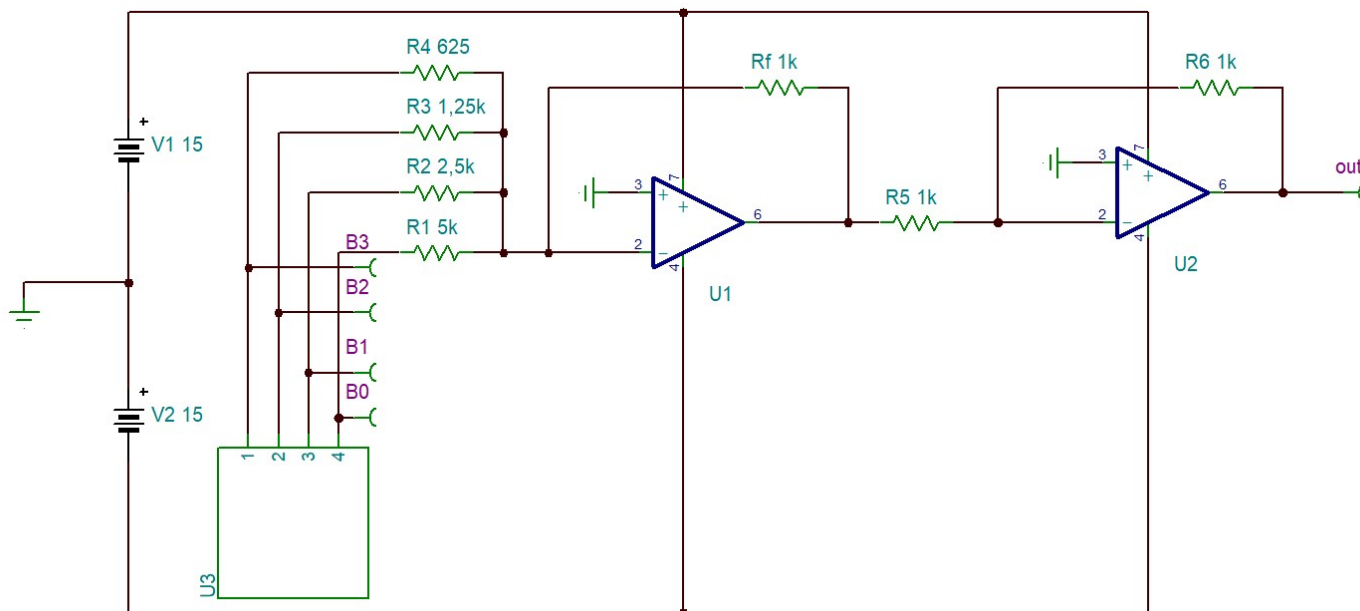


Figure 1: 4bit μετατροπέας BCD σε αναλογικό με θεωρητικές αντιστάσεις

4 Εφαρμογή σήματος

- Εφαρμόστε το κατάλληλο ψηφιακό σήμα στις εισόδους του κυκλώματος σύμφωνα με το BCD.

- Υπολογίστε τις αντιστάσεις που απαιτούνται θεωρητικά για την λειτουργία του κυκλώματος.
- Επιλέξτε από τον πίνακα «τυπικές τιμές αντιστάσεων» τις αντιστάσεις που προσεγγίζουν τις θεωρητικές.
- Συμπληρώστε τον πίνακα εξόδου.
- Αναπαραστήστε σε γράφημο την έξοδο του κυκλώματος ως προς την είσοδο.

Για την εφαρμογή σήματος θα χρησιμοποιήσουμε 4bit γεννήτρια, της οποίας κάθε bit αντιστοιχεί και σε μία από τις εισόδους του κυκλώματος. Η είσοδος θα αυξάνεται κάθε φορά κατά 1 και το βήμα θα είναι 1 m sec. Οι τιμές που θα παίρνει η γεννήτρια θα είναι από 0 έως 9, ώστε να πετύχουμε την λειτουργία του BCD:

Data Generator

Address / Data

Address	Value
0000	0000
0001	0001
0002	0010
0003	0011
0004	0100
0005	0101
0006	0110
0007	0111
0008	1000
0009	1001
000A	0000
000B	0000
000C	0000
000D	0000

Pattern

Affected address (low): 0

Affected address (high): 9

Fill...

Simulation

Step time: 1m

Start address: 0

Stop address: 9

☐ Repeat pattern

Mode

☒ Bin

☐ Hex

OK Cancel Help

Figure 2: Επιλογές γεννήτριας σήματος

4.1 Θεωρητικός υπολογισμός αντιστάσεων

Για να υπολογίσουμε τις αντιστάσεις R_1 έως R_4 θα χρησιμοποιήσουμε τον τύπο για τον υπολογισμού εξόδου του αναστρέφοντα αθροιστή (εφόσον το πρώτο κύκλωμα είναι ένας αναστρέφων αθροιστής):

$$V_o = -\left(\frac{R_f}{R_1} \cdot V_1 + \frac{R_f}{R_2} \cdot V_2 + \frac{R_f}{R_3} \cdot V_3 + \frac{R_f}{R_4} \cdot V_4\right)$$

Εφόσον όμως έχουμε 4 αγνώστους, μπορούμε να λύσουμε ως προς τις εισόδους που έχουν 3 μηδενικά και 1 άσσο, δηλαδή τις εισόδους 0001, 0010, 0100 και 1000, ώστε να εξαλείψουμε τα περισσότερα μέρη της εξίσωσης και να έχουμε μόνο ένα άγνωστο. Εν ολίγοις, για κάθε είσοδο, η εξίσωση θα είναι της μορφής (για ευκολία έχω βγάλει το μείον στην αρχή της εξίσωσης):

$$V_o = \frac{R_f}{R_i} \cdot V_i$$

Η τιμή της R_f θα είναι $1\text{ k}\Omega$. Μπορεί να είναι οποιαδήποτε άλλη τιμή.
Θεωρούμε ότι οι τάσεις εισόδου είναι TTL λογικής, δηλαδή $0 = 0\text{ V}$ και $1 = 5\text{ V}$

Για $V_{in} = 0001$:

$$V_o = \frac{R_f}{R_1} \cdot V_1 \Rightarrow 1\text{ V} = \frac{1\text{ k}\Omega}{R_1} \cdot 5\text{ V} \Rightarrow 1\text{ V} = \frac{5\text{ k}\Omega}{R_1} \Rightarrow R_1 = 5\text{ k}\Omega$$

Για $V_{in} = 0010$:

$$V_o = \frac{R_f}{R_2} \cdot V_2 \Rightarrow 2\text{ V} = \frac{1\text{ k}\Omega}{R_2} \cdot 5\text{ V} \Rightarrow 2\text{ V} = \frac{5\text{ k}\Omega}{R_2} \Rightarrow R_2 = 2.5\text{ k}\Omega$$

Για $V_{in} = 0100$:

$$V_o = \frac{R_f}{R_3} \cdot V_3 \Rightarrow 4\text{ V} = \frac{1\text{ k}\Omega}{R_3} \cdot 5\text{ V} \Rightarrow 4\text{ V} = \frac{5\text{ k}\Omega}{R_3} \Rightarrow R_3 = 1.25\text{ k}\Omega$$

Για $V_{in} = 1000$:

$$V_o = \frac{R_f}{R_4} \cdot V_4 \Rightarrow 8\text{ V} = \frac{1\text{ k}\Omega}{R_4} \cdot 5\text{ V} \Rightarrow 8\text{ V} = \frac{5\text{ k}\Omega}{R_4} \Rightarrow R_4 = 625\text{ }\Omega$$

4.2 Πρακτικός υπολογισμός αντιστάσεων

Επειδή οι παραπάνω τιμές αντιστάσεων δεν υπάρχουν, θα χρησιμοποιήσουμε τυπικές τιμές αντιστάσεων της σειράς E96.

- Τιμή: $499\text{ }\Omega$, $R_1 = 4.99\text{ k}\Omega$
- Τιμή: $249\text{ }\Omega$, $R_2 = 2.49\text{ k}\Omega$
- Τιμή: $124\text{ }\Omega$, $R_3 = 1.24\text{ k}\Omega$
- Τιμή: $619\text{ }\Omega$, $R_4 = 619\text{ }\Omega$

Συνδεσμοποιούμε το κύκλωμα αυτή τη φορά με τις τυπικές τιμές αντιστάσεων:

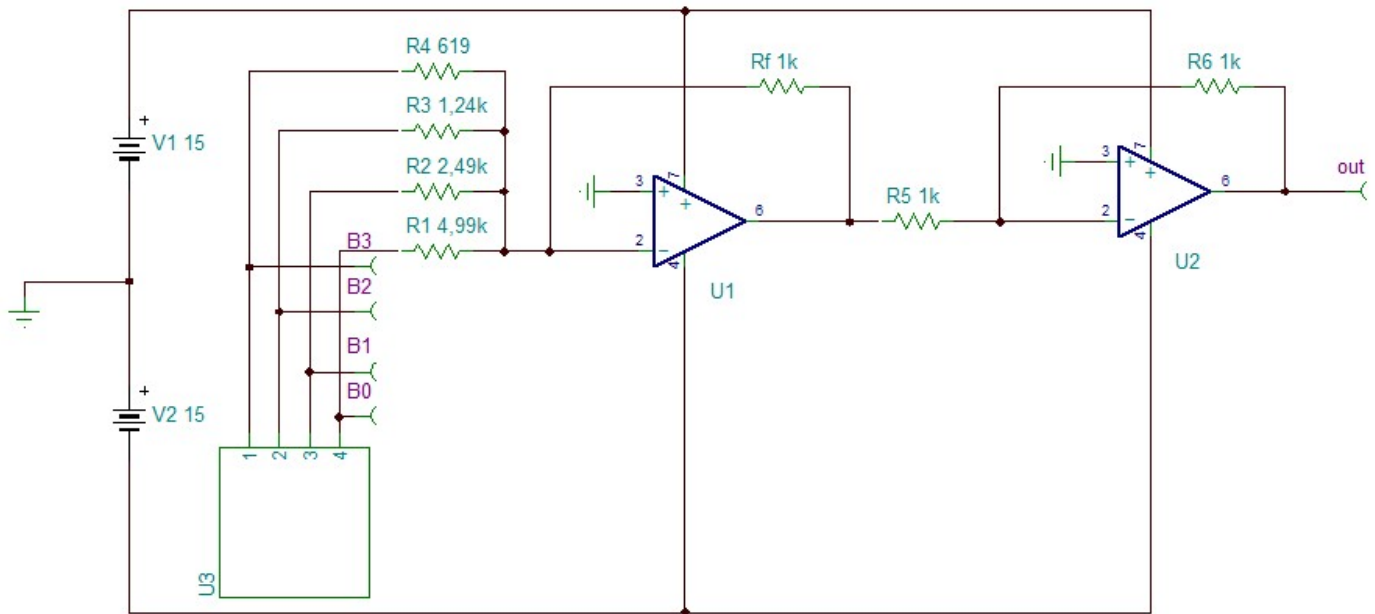


Figure 3: 4bit μετατροπέας BCD σε αναλογικό με τυπικές αντιστάσεις

4.3 Πίνακας μετρήσεων εξόδου

Για την μέτρηση της διαφοράς θα αφαιρέσουμε την θεωρητική έξοδο με την πρακτική έξοδο (σε απόλυτη τιμή):

$$\Delta = |V_{th} - V_{pr}|$$

Παρατηρούμε ότι στις περισσότερες εξόδους υπάρχει μικρή διαφορά. Αυτό οφείλεται στο ότι 1) δεν χρησιμοποιούμε ιδανικά υλικά και 2) οι τυπικές τιμές των αντιστάσεων είναι όλες, αν και λίγο, διαφορετικές, οπότε το αποτέλεσμα είναι αναμενόμενο να είναι διαφορετικό:

Δεκαδικός αριθμός	Μετρούμενη τάση	Διαφορά	BCD
0	0	$ 0 - 0 = 0$	0000
1	1	$ 1 - 1 = 0$	0001
2	2	$ 2 - 2.01 = 0.01$	0010
3	3	$ 3 - 3.01 = 0.01$	0011
4	4	$ 4 - 4.03 = 0.03$	0100
5	5	$ 5 - 5.03 = 0.03$	0101
6	6	$ 6 - 6.04 = 0.04$	0110
7	7	$ 7 - 7.04 = 0.04$	0111
8	8	$ 8 - 8.06 = 0.06$	1000
9	9	$ 9 - 9.07 = 0.07$	1001

4.4 Γράφημα εξόδου

Οι διαφορές στην έξοδο μεταξύ θεωρητικών και τυπικών αντιστάσεων είναι πολύ μικρές, όπως φαίνεται και από τον παραπάνω πίνακα.

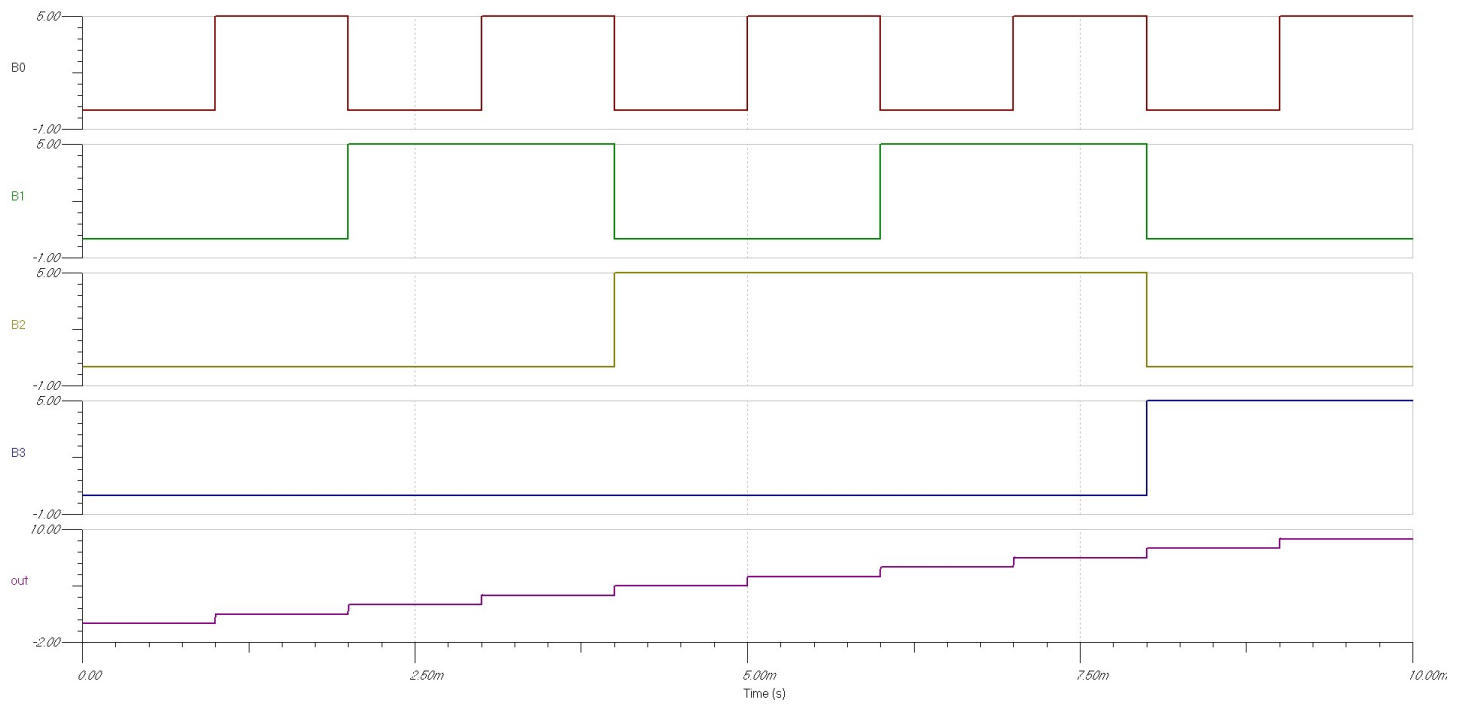


Figure 4: Έξοδος με θεωρητικές αντιστάσεις

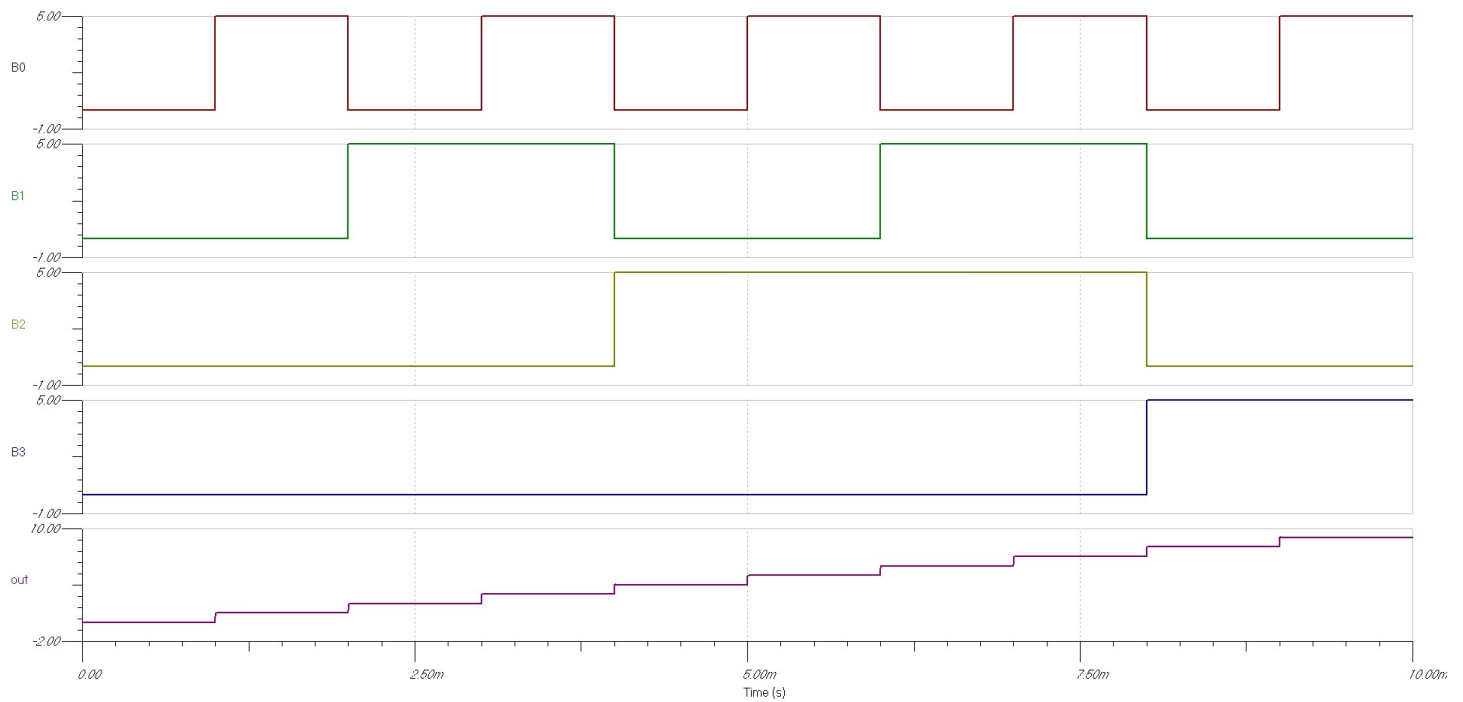


Figure 5: Έξοδος με τυπικές αντιστάσεις

5 Υλοποίηση σε breadboard

- Παρουσιάστε το κύκλωμά σας υλοποιημένο σε breadboard μέσω της εφαρμογής Tinkercad.