**Proiect Tehnici CAD**

**CIRCUIT PENTRU CONTROLUL GREUTĂȚII UNUI CONTAINER**

Trofin Iuliana-Denisa

Grupa 2124/2

**CUPRINS**

[1. Specificații de proiectare 3](#_Toc139162350)

2. Principiul de proiectare……………………………………………….………………4

3. Schema bloc a circuitului……………………………………………………………..5

4. Proiectarea circuitului………………………………………………….……………6

A. Oglinda de curent……………………………………………………………6

B. Repetor de tensiune………………………………………………………….9

C. Amplificator de tensiune…………………………………………………...11

D. Comparator………………………………………….……………………..14

E. LED………………………………………………….……………………..16

F. Ansamblu pompă-releu……………………………………………………..19

[5. Schema electrică completă a circuitului 21](#_Toc139162352)

6. Analize de performanță……………………………………………………...………23

6.1. Analiza Monte Carlo…………………………………………..…………………23

6.2. Analiza Worst-Case……………………………………………...………………25

7. Bibliografie…………………………………………………..……………………….26

# **Specificații de proiectare**

Cerință proiect:

Să se proiecteze un sistem de control al greutății unui container dedicat depozitării cerealelor. Containerul este prevăzut cu un orificiu pentru eliberarea cerealelor pe o bandă rulantă. Știind că senzorul de greutate folosit poate să măsoare greutatea liniar în domeniul specificat în tabel coloana E, sistemul se va proiecta astfel încât greutatea containerului să se mențină în intervalul specificat în coloana F. Senzorul de greutate se va polariza în curent. Variația liniară a rezistenței electrice a senzorului cu greutatea este specificată în coloana G și trebuie convertită într-o variație de tensiune în domeniul [0÷(Vcc-2V)]. Greutatea containerului este menținută în domeniul specificat cu ajutorul unei pompe comandată de un comparator și un releu electromagnetic. Ansamblul pompă-releu se va modela cu ajutorul unui rezistor. Starea pompei (pornită/oprită) este semnalizată de un LED, având culoarea specificată în tabel.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Domeniul  de greutate  măsurabil [kg] | Greutatea containerului  [kg] | Rezistența  Senzorului  [KOhm] | Vcc  [V] | Culoare  LED |
| 15…150 | 45-100 | 3k – 13k | 18 | galben |

1. **Principiul de funcționare**

Pentru a proiecta un circuit pentru controlul greutății unui container avem nevoie de mai multe componente electronice.

În primul rând, avem nevoie de o rezistență variabilă care să simuleze senzorul și cu ajutorul căreia să putem simula variația greutății.

Deoarece avem o variaţie liniară a rezistenţei electrice a senzorului cu greutatea, vom polariza rezistenţa în curent continuu folosind o oglindă de curent, care ne va genera un curent continuu. În funcţie de variaţia tensiunii de pe rezistenţă, vom determina un interval de tensiune în care senzorul funcţionează conform specificaţiilor. Variaţia de tensiune va trebui să fie amplificată, astfel încât să poată fi convertită în domeniul specificat – (0, Vcc-2), adică (0, 16V). De asemenea, pentru a putea semnaliza starea pompei cu ajutorul LED-ului, trebuie să folosim un circuit care ne compară semnalul cu tensiunile de prag a senzorului deja amplificate. Ansamplul pompă-releu care se va modela cu ajutorul unui rezistor va fi comandat cu ajutorul unui tranzistor cu rol de comutator.

# **Schema bloc a circuitului**

A picture containing text, circle, screenshot, diagram

Description automatically generated

1. **Proiectarea circuitului**
2. **Oglinda de curent**

O oglindă de curent este un circuit conceput pentru o copia curentul de la intrarea acesteia la ieşire, menţinând un curent constant.

Am ales o oglindă de curent cu 2 tranzistoare bipolare pnp și cu 3 rezistențe + rezistența de senzor.

A diagram of a circuit

Description automatically generated with low confidence

Figura 1. Schema electrică a oglinzii de curent

Pentru început, am calculat valoarea curentului la ieșirea oglinzii de curent, cu ajutorul Legii lui Ohm, subliniată în relația (1) :

I = (1)

unde V = 2V, iar Rsmin este rezistența minima prezentată în specificațiile de proiectare.

În concluzie, valoarea curentului este de 0.66mA.

Valorile pentru rezistențele R1 și R2 le-am ales de 1kOhm, iar valoarea pentru R3 am calculat-o conform formulei (2) :

R3 + R1 + R2 = (2)

de unde rezultă că R3 are o valoare de aproximativ 24.3kOhm.

În continuare am creat un profil de simulare DC Sweep.

Sursa de tensiune este cea specificată în cerinţă, Vcc, cu valoarea de 18V, Rs reprezintă senzorul de greutate cu valoarea unui parametru global, senzor, ce variaza intre 3k si 13kOhm și are increment de 1k – acest lucru este prezentat în Figura2.

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Figura 2. Analiză DC SWEEP cu parametru global

În urma simulării, putem observa caracteristica de curent de la ieşirea oglinzii, curent care rămâne aproximativ constant chiar dacă rezistența senzorului variază. Pentru a vizualiza această caracteristică, am plasat un marker de curent pe unul dintre pinii rezistenţei senzorului.

A picture containing text, line, plot, diagram

Description automatically generated

Figura 3. Caracteristica de curent cu variaţia rezistenţei senzorului

Cu ajutorul Legii lui Ohm, calculăm tensiunea minimă, respectiv tensiunea maximă în funcție de valoarea minimă și maximă a rezistenței de senzor:

Vrsmin = I × Rmin = 1.98V (3)

Vrsmax = I × Rmax = 8.58V (4)

Aceste calcule se reflectă și în Figura4:

A picture containing line, text, plot, screenshot

Description automatically generated

Figura4. Caracteristica de variaţie a tensiunii de pe senzor în funcţie de variaţia rezistenţei

1. **Repetor de tensiune**

Conexiunea repetor constituie un caz particular de AO neinversor, în care întreaga tensiune de ieşire este adusă la intrarea inversoare prin conectare directă.

Principala utilizare a repetorului în proiectarea acestui circuit este adaptarea de impedanță.

În Figura 5, este prezentat un circuit repetor alcătuit dintr-un amplificator operațional UA798. Alimentarea acestui AO este formată din alimentarea întregului circuit, anume –Vcc şi + Vcc cu valori de -18V şi +18V.

A diagram of a circuit

Description automatically generated with low confidence

Figura 5. Repetor de tensiune

În figura de mai jos este prezentat ansamblul format dintre oglinda de curent și repetorul de tensiune cu AO.

A diagram of a circuit

Description automatically generated with low confidence

Figura 6. Ansamblu oglinda de curent – repetor

Verificăm în continuare dacă repetorul de tensiune cu AO funcționează corect, adică dacă căderea de tensiune de la ieșirea oglinzii – reprezentată de culoarea portocalie, respectiv căderea de tensiune de la ieșirea repetorului – reprezentată de culoarea albastră sunt egale.

A picture containing text, plot, line, screenshot

Description automatically generated

Figura 7. Caracteristicile de ieşire a tensiunii de la ieşirea oglinzii şi de la ieşirea repetorului

1. **Amplificator diferențial**

Pentru a converti intervalul de tensiune (1.98V, 8.58V) de la ieșirea repetorului de tensiune la intervalul (0, 16V) vom utiliza un amplificator diferențial, am ales modelul UA798.

Avem nevoie de o tensiune de referință VrefAO, a cărei valoare am ales-o 2V și pe care am realizat-o cu ajutorul unui divizor de tensiune, dimensionat cu ajutorul formulei (5) și marcat în Figura 9. De asemenea, am utilizat și un repetor de tensiune pentru a compensa scăderea semnalului datorat divizării tensiunii și pentru a asigura o adaptare mai bună a impedanțelor între divizorul de tensiune și sarcina conectată.

× Vcc = VrefAO (5)

Am ales R11 = 1kOhm, iar din calcul rezultă o valoare pentru R10 de 8kOhm.

A diagram of a circuit

Description automatically generated with low confidence

Figura 8. Schema amplificatorului diferențial

A diagram of a circuit

Description automatically generated with low confidence

Figura 9. Schema divizorului de tensiune

Dimensionăm amplificatorul operațional cu ajutorul formulei (6) :

Vo = (Vrsmax – Vref) (6)

Am ales R4 = R6 = 1kOhm și de aici rezultă R5 = R7 = 2.43kOhm

În Figura 9 este prezentat circuitul format din oglinda de curent, repetorul de tensiune și amplificatorul operațional :

A diagram of a circuit

Description automatically generated with low confidence

Figura 10. Schema formată din oglinda de curent, repetor și AO

Din simularea de mai jos, de tip DC Sweep, putem observa translația intervalului de tensiune de la (1.98V, 8.58V) – reprezentat de culoarea portocalie - la intervalul cerut în specificații – (0, 16V) – reprezentat de culoarea albastră. Așadar, amplificatorul diferențial utilizat funcționează corect, conform specificațiilor de proiectare.

A picture containing text, screenshot, line, plot

Description automatically generated

Figura 11. Caracteristicile tensiunii de la ieşirea repetorului şi de la ieşirea amplificatorului

1. **Comparator**

Senzorul de greutate al circuitului electronic este capabil să măsoare greutăți cuprinse între 15 kg și 150 kg însă greutatea containerului trebuie să fie cuprinsă în intervalul [45kg, 100kg].

Pentru a determina cele două praguri ale comparatorului avem nevoie de o formă a ecuației de gradul I :

X × m + Y = Vo (7)

, unde A, B sunt necunoscute, m reprezintă masa – domeniul măsurabil fiind (15kg, 150kg), iar Vo este intervalul de tensiune de la ieșirea amplificatorului (0, 16V)

Rezolvând ecuația, obținem X = 0.118 și Y = -1.77

0.118 × 45kg – 1.77 = 3.54V (8)

0.118 × 100kg – 1.77 = 10.03V (9)

Deci, în urma calculelor, rezultă că Vpj = 3.54V și Vps = 10.03V

Am utilizat un divizor de tensiune pentru tensiunea de referință Vref a comparatorului, a cărei valoare am obținut-o în urma calculelor ce reies din următoarelor formule :

× Vcc = Vref (10)

Vps = Vol + ( 1 + )Vref (11)

Vpj = Voh + ( 1 + )Vref (12)

Vpj – Vps = ( Vol – Voh) (13)

Expresia (13) reprezintă diferența dintre tensiunea de prag jos, respectiv tensiunea de prag sus, iar prin alegerea valorii lui R8 de 1kOhm, obținem valoarea lui R9 de 5.55kOhm, iar

prin înlocuirea rezistențelor R8, R9 în expresia (12) ajungem la o valoare de 5.74V pentru tensiunea de referință Vref.

De asemenea, utilizăm formula (10) pentru a afla valorile pentru cele două rezistențe din divizorul de tensiune – R13 = 1kOhm și R12 = 2.13kOhm.

A diagram of a circuit

Description automatically generated with low confidence

Figura 12. Divizor de tensiune pentru Vref a comparatorului

A diagram of a circuit

Description automatically generated with low confidence

Figura 13. Schema comparatorului neinversor, construit cu UA798

Pentru a evidenția comportarea circuitului de comparare cu AO, am folosit aceeași analiză DC Sweep cu parametru global – cu valoare de start de 3k, valoare de stop de 13k și increment de 1k, rezultând o parte a unei histereze.

A graph on a black background

Description automatically generated with low confidence

Figura 14. Caracteristica tensiunii în funcție de rezistența de senzor

1. **LED**

Semnalizarea funcționării circuitului este realizată cu ajutorul unui led de culoare galbenă conectat la ieșirea comparatorului, precum este scris în specificațiile de proiectare.

Modelul de LED pe care l-am ales se numește Super Bright Amber Yellow LED, în fișa tehnică fiind prezentate toate specificațiile acestuia, precum și caracteristica directă, importantă în modelarea lui.

Rezistența R15 are valoarea de 650Ohm , obținută în urma aplicării formulei (14) - aceasta are rol de protecție.

R15 = (14)

, unde Id și Vd sunt valori prezentate în fișa tehnică, de 20mA, respectiv 5V

A picture containing diagram, line, plot, number

Description automatically generated

Figura 15. Schema LED

Modelarea LED-ului

A picture containing receipt, line, screenshot, diagram

Description automatically generated

Figura 16. Caracteristica directa a ledului, din fișa tehnică

Am ales să încep modelarea LED-ului galben în aplicaţia Plotdigitizer, unde am extras aproximativ 20 puncte de pe grafic, iar apoi am translatat caracteristica de curent și tensiune în PSpice Model Editor, care se poate vizualiza în Figura 16.

A picture containing text, screenshot, astronomy

Description automatically generated

Figura 17. Variaţia tensiunii şi a curentului pe LED

În continuare, am urmat mai mulți pași pentru a modela și importa ledul galben în proiect.

A screenshot of a computer

Description automatically generated with medium confidence

Figura 18.

A screenshot of a computer

Description automatically generatedFigura 19.

1. **Ansamblul pompă-releu**

Releul este o componentă electronică, un dispozitiv, care produce anumite modificări (cum ar fi închiderea și deschiderea unui circuit) pe baza unui parametru care variază (precum tensiunea electrică aplicată), permițând controlarea unui curent de intensitate mare cu ajutorul unui curent de intensitate mică.

Ansamplul pompă-releu care se va modela cu ajutorul unui rezistor va fi comandat cu ajutorul unui tranzistor cu rol de comutator.

Valoarea pentru R16, care reprezintă chiar releul, a rezultat în urma aplicării legii lui Ohm, prezentată în expresia (15) și este de 865Ohm.

R16 = (15)

A picture containing text, screenshot, line, diagram

Description automatically generated

Figura 20. Ansamblul pompă-releu

# **Schema electrică completă a circuitului**

A diagram of a circuit

Description automatically generated with low confidence

Figura 21. Schema electrică a circuitului cu rezistențe ideale

A picture containing diagram, line, plan, text

Description automatically generated

Figura 22. Schema electrică a circuitului cu rezistențe ce au toleranțe de 1% sau 2%

1. **Analize de performanță**

Analiza Monte Carlo – constituie cel mai bun mod de analiză a unui circuit din punct de vedere statistic, de a vedea cum se comportă acel circuit la variații ale valorilor componentelor. Această analiză este foarte utilă pentru a avea o imagine aproape reală a funcționării unui circuit, atunci când toată gama de componente folosite are toleranță.

Acest tip de analiză ilustrează diferitele valori ale tensiunii de la ieșirea amplificatorului în funcție de valorile componentelor circuitului ținand cont de toleranțele componentelor (rezistențele au toleranța de 1%, 2% sau 5%).

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Figura 23. Crearea unui profil de simulare in timp si analiza de performanță Monte Carlo

A screen shot of a computer screen

Description automatically generated with low confidence

Figura 24. Analiza Monte Carlo, cu analiza principală în timp

A screen shot of a graph

Description automatically generated with low confidence

Figura 25. Analiza Monte Carlo, cu analiza principală DC Sweep

Analiza de tip Worst-Case/Sensitivity identifică care parametri ai componentelor sunt critici pentru functionarea circuitului și determină în ce măsură afecteaza fiecare componentă funcționalitatea și comportarea acestuia – acest lucru este evidențiat în figura 25.

A picture containing screenshot, space, astronomy

Description automatically generated

Figura 25. Analiza Sensitivity/ Worst-Case, cu analiză principală în timp

1. **Bibliografie**

[1] Cursuri CAD

[2] Cursuri DE

[3] <https://allbooksfordownloading.files.wordpress.com/2017/01/electronic-devices-by-floyd-9th-edition.pdf>

[4] <https://descargas.cetronic.es/WW05C3AYP4-N2.pdf>