

Mikroelektronski krmilnik za elektronske sanitarne baterije

R. Babič, T. Dogša, M. Solar, A. Vesenjaj, S. Solar, A. Rečnik

KLJUČNE BESEDE: elektronski krmilniki, elektronska vezja, krmilna vezja, mikroelektronika, elektronske sanitarne baterije, računalniško načrtovanje vezij

POVZETEK: V članku je opisan primer načrtovanja krmilnika za elektronske sanitarne baterije, ki je prirejen za mikroelektronsko izvedbo. Krmilnik deluje na osnovi zaznavanja odboja infrardeče svetlobe in omogoča aktiviranje vodovodnih armatur brez fizičnega dotika. Po tej zasnovi, ki vključuje analogne in digitalne dele vezja in upošteva omejitve povezane z mikroelektronsko tehnologijo, smo izdelali laboratorijsko vezje v klasični obliki s standardnimi elektronskimi komponentami. Za posamezne dele vezja smo uporabili postopke računalniško podprtega načrtovanja.

Microelectronic Sanitarian Batteries Driver Circuit.

KEY WORDS: electronic drivers, electronic circuits, driver circuits, integrated circuits, electronic sanitarian batteries, computer aided circuits design

ABSTRACT: In this article the computer aided design of electronic sanitarian batteries driver circuit with the purpose to be realized in the integrated circuit is described. The driver circuit acts on the basis of perception of emitted infra red light reflection and enables activation of sanitarian batteries without touching. The laboratory version of driver circuit is realized with discrete analog and digital components on the basis of integrated circuit design principles where the restrictions of microelectronic technology are taken into account.

1. UVOD

Elektronske sanitarne baterije uporabljamo v armaturah, ki jih aktiviramo brez fizičnega dotika. S tem je zagotovljena higienska uporaba armatur, enostavno rokovanje in optimalno varčevanje z vodo. Posebej pomembna je uporaba v zdravstvu, sanitarnih prostorih, prehrabeni industriji, turističnih objektih, šolah in vrtcih.

Elektronski krmilnik je sestavljen iz oddajnika, ki oddaja usmerjeno, infrardečo svetlobo v prostor pred armaturo in sprejemnika za zaznavanje dela odbite svetlobe ter aktiviranje elektromagnetnega ventila. Vezje vsebuje analogne in digitalne komponente. Za krmiljenje oddajne LED diode in elektromagnetnega ventila pa sta potrebni tudi močnostni izhodni stopnji. Povezave močnostnih komponent z običajnimi analogno digitalnimi deli vezij označujemo kot SMART POWER integrirana vezja. Taka vezja postajajo vedno bolj aktualna, ker omogočajo neposredno vzbujanje različnih vrst elektromagnetnih aktuatorjev. To pa pomeni večjo zanesljivost delovanja in prihranek na velikost in teži končnih izdelkov.

Elektronski krmilnik smo izdelali v laboratorijski obliki s standardnimi elektronskimi komponentami. Pri zasnovi vezja smo upoštevali omejitve povezane z mikroelektronsko tehnologijo, da bi bil možen enostavni prenos vezja v integrirano strukturo. Pri postopkih načrtovanja smo za analogne dele vezja uporabili simulacijo s simulatorjem SPICE, za digitalne dele vezja pa smo uporabili logično simulacijo s programskim paketom SCEPTRE.

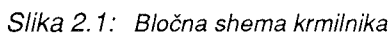
2. ZASNOVA KRMILNIKA

Delovanje elektronskega krmilnika temelji na zaznavanju odbite infrardeče svetlobe. Pri načrtovanju smo upoštevali naslednje zahteve:

- univerzalna zasnova vezja; za uporabo v sanitarnih baterijah, tuših in splakovalnikih
- majhne dimenzije končnega vezja zaradi možnosti vgradnje neposredno v armaturo,
- zanesljivo delovanje v prisotnosti motenj,
- možnost zunanje nastavitve občutljivosti,
- impulzno vzbujanje infrardečega senzorja,
- upočasnjeno impulzno delovanje v neaktivnem času,
- napajalna napetost vezja naj bo 15 V,
- neposredno odpiranje elektromagnetnega ventila.

Bločno shemo krmilnika, ki upošteva opisane zahteve, prikazuje slika 2.1.

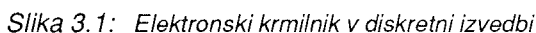
V prikazani strukturi se ločita oddajni in sprejemni del vezja. Oddajni del je sestavljen iz oscilatorja simetričnih pravokotnih impulzov, oblikovalnika impulzov, upočasnjevalnika ter krmilne in izhodne stopnje za vzbujanje infrardeče LED diode. Sprejemni del pa je sestavljen iz infrardečega senzorja, ojačevalnika vhodnega signala, oblikovalnika impulzov, logičnega vezja za prepoznavanje odbitih signalov, števne vezja za določitev časovnih zakasnitev, impulznega vezja, dekodirnega vezja, logičnega vezja za krmiljenje sanitarnih baterij, logičnega vezja za krmiljenje splakovalnikov ter izhodne stopnje za vzbujanje elektromagnetnega ventila.

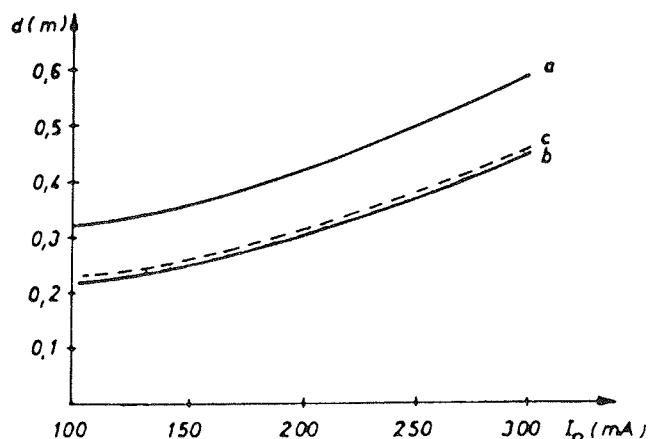


3.1. Izvedba z diskretnimi komponentami

stavljata le kondenzator v oscilatorju in vhodni kondenzator v sprejemnem delu vezja.

Izdelano vezje smo uporabili predvsem zaradi potrebe po testiranju vezja ter za izbiro posameznih parametrov vezja, ki določajo njegovo občutljivost. Za infrardeči senzor smo uporabili kombinacijo diskretnih komponent LED diode CQY99 in fototranzistorja MT2. Pri testiranju se je pokazal velik vpliv natančnosti namestitve obeh elementov na nosilno ploščico. Občutljivost senzorja in s tem velikost razdalje do ovire je odvisna od namestitve osi obeh elementov. Zato bi bilo v prihodnje ugodno uporabiti infrardeči senzor, izdelan v enem ohišju.

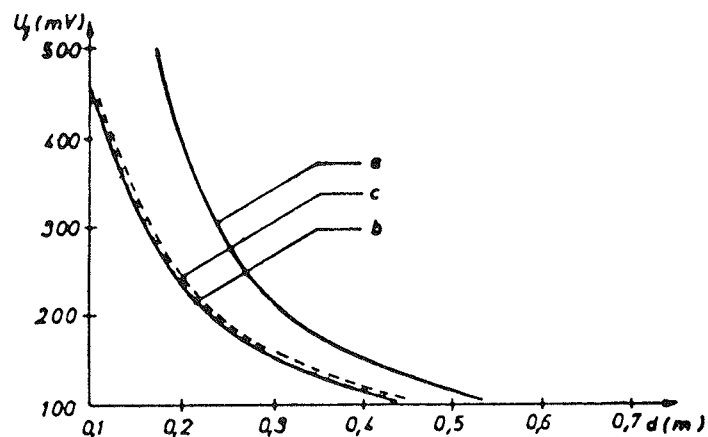




Slika 3.2: Odvisnost med razdaljo do prepreke in velikostjo toka skozi oddajno diodo
Vrste preprek:
a: bela tkanina
b: modra tkanina
c: roka

S pomočjo izmerjenih rezultatov občutljivosti odbojno objektnega senzorja smo lahko določili parametre ojačevalnega vezja skupaj z oblikovalnikom impulzov. Obe vezji praktično predstavljata vmesnik med fototranzistorsko stopnjo na vходу in logičnim delom na izhodu. Ker se na izhodu fototranzistorja pojavljajo koristni signali v območju $U_{vh} = 20$ do 100 mV, smo izbrali ojačenje ojačevalnika $A = 100$, preklopni napetosti Schmittovega preklopnega vezja pa znašata $5,8$ in $9,8$ V. Zaradi vplivov zunanjih virov osvetlitve smo predvideli kapacitivno povezavo med senzorjem in ojačevalnikom. CR vezje predstavlja visoko prepustno sito, s katerim zadovoljivo izsejemo motilne svetlobne signale nizkih frekvenc. Tako smo dosegli želeno imunost vezja na motilne signale iz okolja in na signale, ki so posledica parazitnih kapacitivnih elementov v vezju.

Na sliki 3.2 in 3.3 so zbrani rezultati meritev. Na prvi sliki so podane odvisnosti med razdaljo sprejemno oddajnega senzorja od prepreke in velikostjo toka skozi oddajno



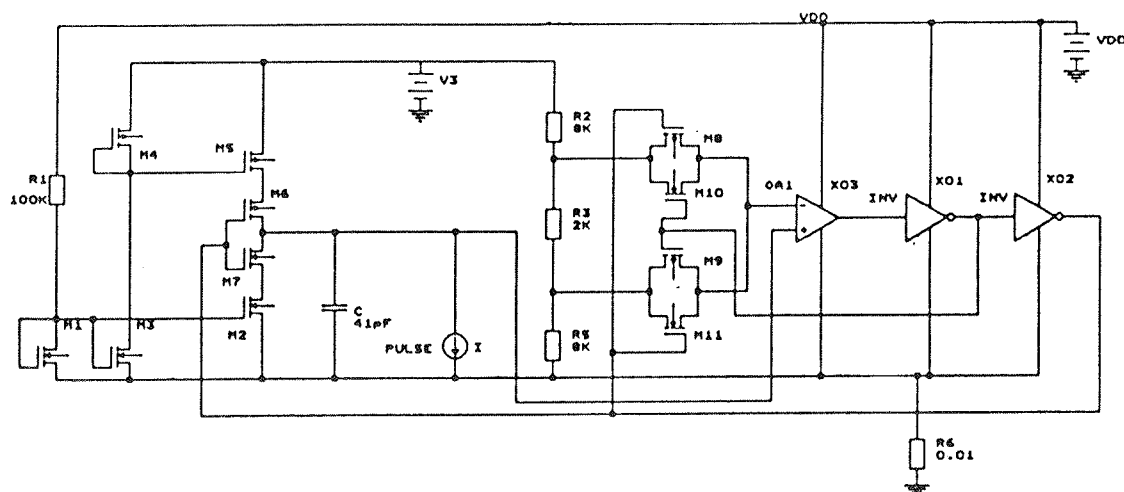
Slika 3.3: Odvisnost napetosti U_F od razdalje med senzorjem in prepreko

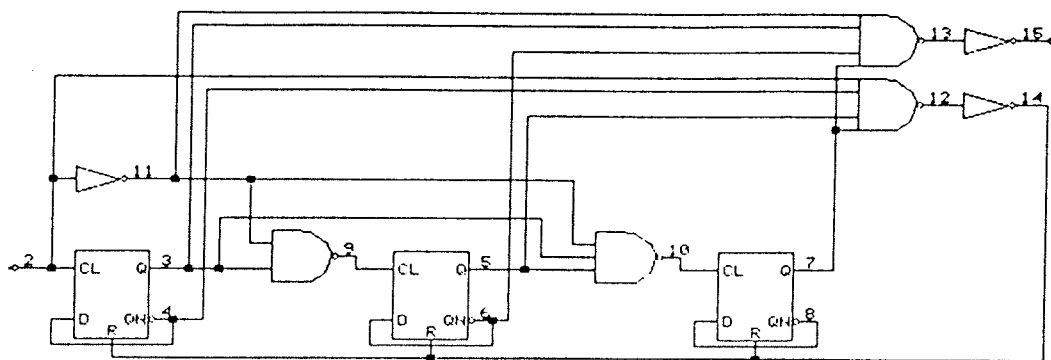
LED diodo za različne vrste preprek. Za prepreke smo uporabili beli papir, belo in modro tkanino ter roko. Na sliki 3.3 pa so prikazane odvisnosti napetosti na izhodu fototranzistorja U_F v odvisnosti od razdalje infrardečega senzorja od uporabljenih vrst preprek. Vse meritve so bile izvedene v običajno osvetljenem prostoru.

3.2. Izvedba v integrirani obliki

Nova dognanja v mikroelektronski tehnologiji, ki še vedno poudarjajo večje stopnje integracije, omogočajo tudi povezovanje analognih in digitalnih struktur ter povezavo z močnostnimi ali visokonapetostnimi komponentami, kar imenujemo SMART POWER integrirana vezja. Z njimi lahko neposredno krmilimo izhodne elektromagnetne aktuatorje z napajalnimi napetostmi iz nizkonapetostnega omrežja ter s tokovi v amperskem območju.^{(1), (2)}

Elektronski krmilnik za sanitarne baterije predstavlja takšno vezje. Pri zagotavljanju osnovnih funkcij delovanja mora poskrbeti tudi za neposredno odpiranje elektromagnetnega ventila. Le tako bodo zagotovljene





Slika 3.5: Oblikovalnik impulzov

dovolj majhne dimenzije in bo možna vgradnja v ohišje armature.

Zasnova vezja za mikroelektronsko izvedbo je zastavljena še nekoliko splošneje kot za vezje, ki smo ga izdelali izvedeno v diskretni obliki. Poglejmo posamezne dele vezja. Opis je skupen tudi za diskretno obliko.

3.2.1. Oddajni del

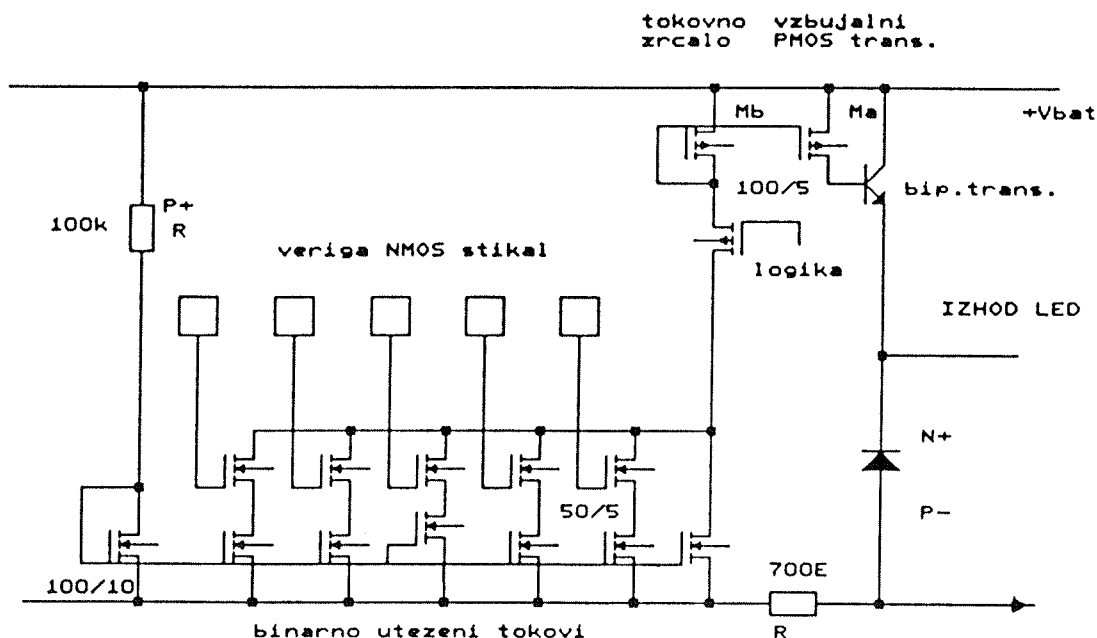
Oddajni del zagotavlja impulzno vzbujanje oddajne LED diode. Sestavljen je iz analognih in digitalnih delov vezij. Osnovo predstavlja oscilator za generiranje simetričnih pravokotnih impulzov. Izbrali smo vezavo, ki je prikazana na sliki 3.4. Zanj smo dobili tudi zelo dobre simulacijske rezultate.

V povezavi z oscilatorjem smo predvideli tudi izdelavo referenčnega generatorja toka, ki se uporablja tudi pri

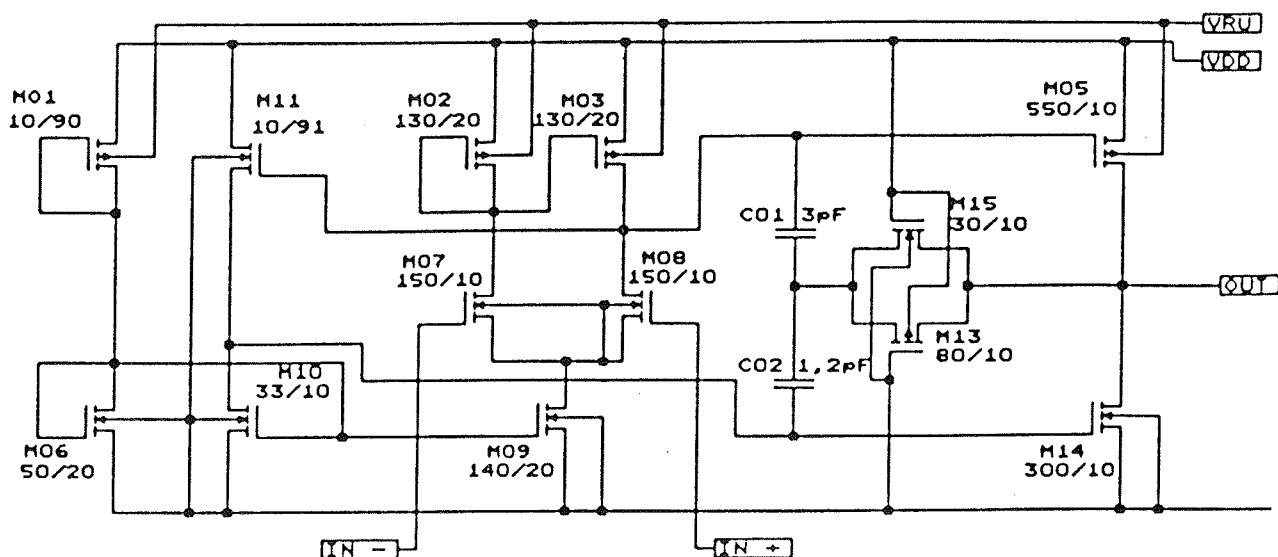
krmiljenju LED diode. Ker želimo krmiliti LED diodo s kratkimi impulzi, potrebujemo oblikovalnik impulzov. Izveden je s pomočjo 3 bitnega sinhronnega števca in ustreznim dekodejem. Iz osnovnega signala oscilatorja izločimo vsako šesto periodo in s tem generiramo potrebne pozitivne impulze. Vezje, prirejeno za logično simulacijo prikazuje slika 3.5.

Na izhodu oblikovalnika impulzov smo uporabili še delilnik impulzov. Njegova naloga je zmanjšati frekvenco vzbujanja oddajne LED diode v času, ko se sanitarne naprave ne uporabljajo. S tem dosežemo manjšo obremenitev LED diode.

Krmilna stopnja zagotavlja krmiljenje LED diode in omogoča nastavitve občutljivosti vezja. Predvideli smo možnost binarne prednastavitve vrednosti izhodnega toka od 120 mA do 490 mA v 32 nivojih. Vezje je prikazano na sliki 3.6.



Slika 3.6: Krmilno vezje z izhodno stopnjo



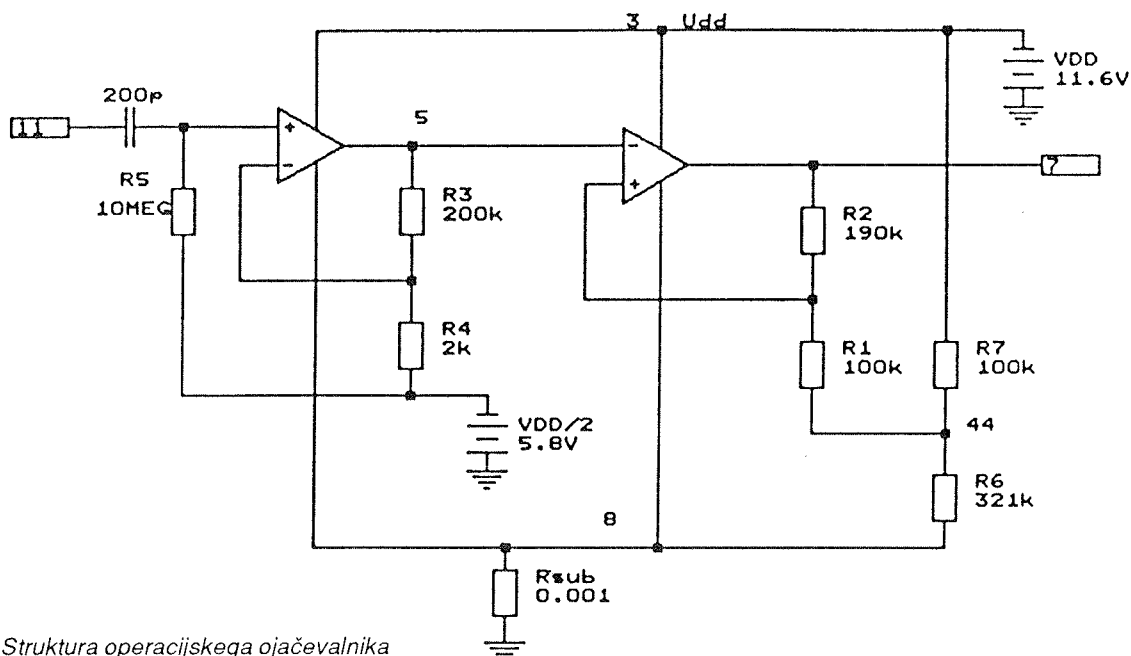
Slika 3.7: Ojačevalno in oblikovalno vezje

Sestavljeno je iz skupnega referenčnega generatorja toka. Ta tok se zrcali prek binarno utežene tranzistorske verige, s katero zagotavljamo vzbujačnemu PMOS tranzistorju potreben tok za krmiljenje baze izhodnega bipolarnega tranzistorja. Za grobo oceno razmer velja, da se tokovi zrcalijo z razmerjem širine W in dolžine L posameznih tranzistorjev.

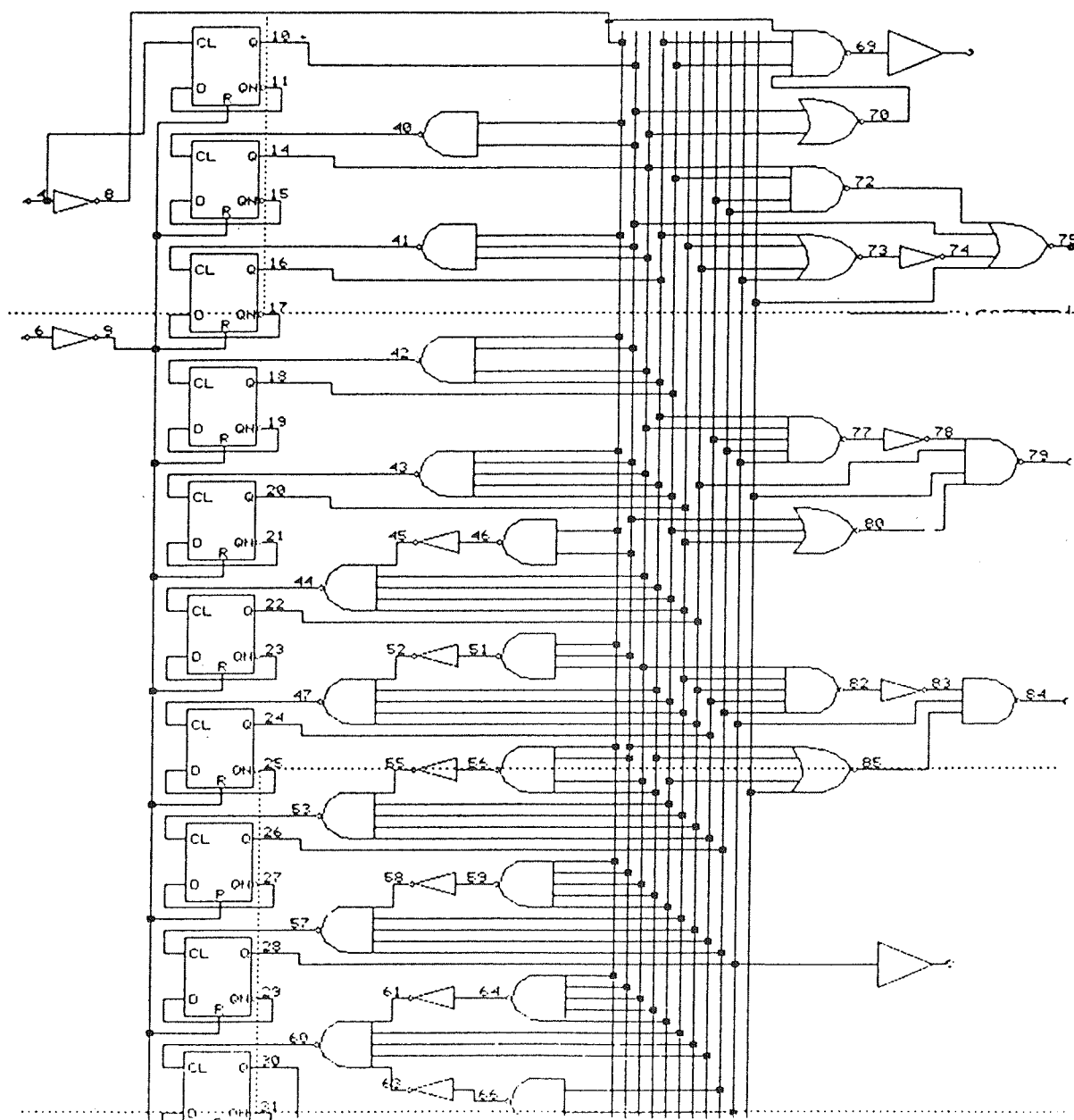
Vse binarno utežene tokove tokovnih izvorov združimo prek NMOS tranzistorskih stikal z zanemarljivo R_{ON} upornostjo v PMOS tokovno zrcalo, prek katerega vzbuja izhodno stopnjo. NMOS tranzistorska stikala krmilimo prek zunanjih blazinic, oz. priključkov. Želeni

položaj stikala bomo naslovili z vezavo priključka na + ali - napajalno napetost.

Pri nazivnem toku skozi LED diodo $I_D = 0,3 \text{ A}$, znaša pri tokovnem ojačanju bipolarnega tranzistorja $h_{fe} \geq 100$ krmilni tok $I_B = 3 \text{ mA}$. Ta tok moramo zagotoviti ob upoštevanju bremena v emitorju tranzistorja in zahtevani napetosti na oddajni diodi $U_D = 3 \text{ V}$. Vzbujevalni PMOS tranzistor deluje v zasičenju in tok je določen z razmerjem razsežnosti vseh tranzistorjev in vsiljenim tokom iz binarno uteženih tokovnih izvorov.



Slika 3.8: Struktura operacijskega ojačevalnika



Slika 3.9: Števno vezje

Za vzbujanje LED diode bomo uporabili bipolarni tranzistor, ki je standardni gradnik tudi v MOS strukturah. V primeru N^- podlage je bipolarni tranzistor tipa NPN s skupnim kolektorjem. Velikost tranzistorja je določena s tokovno zmogljivostjo difuzije. Pri uporabi N^+ podloge pa dobimo kombinirani lateralno vertikalni tranzistor. N^+ difuzija pa še dodatno zmanjšuje medsebojne površinske vplive do drugih gradnikov integriranega vezja.

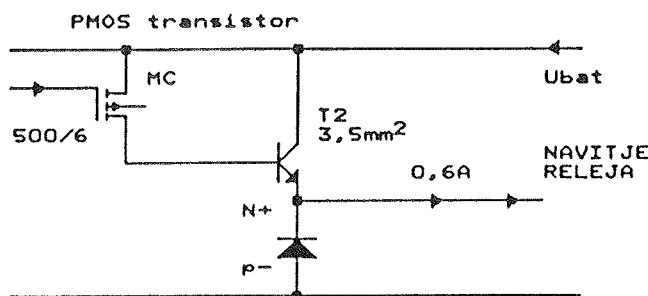
3.2.2. Sprejemni del

Sprejemni del zaznava odbito infrardečo svetlobo, prepoznava prave impulze ter poskrbi za vzbujanje elektromagnetnega ventila. Tako kot oddajni del je tudi

sprejemni del sestavljen iz analognih in digitalnih delov vezij.

Na sliki 3.7 je prikazano ojačevalno in oblikovalno vezje za signale iz infrardečega senzorja. Pri analogni simulaciji smo uporabili strukturo operacijskega ojačevalnika, ki ga kaže slika 3.8. Pri izbiri operacijskih ojačevalnikov danes ni večjih problemov^{(3), (4)}.

Izhod oblikovalnika impulzov vodimo na logično vezje za razpoznavanje koristnih signalov. Izhod logičnega vezja sme biti na visokem nivoju le v primeru, ko sta sprejeti in oddani signal po obliki in frekvenci enaka. Za uspešno razpoznavanje koristnih signalov smo uporabili kombinacijo pomičnega registra v povezavi z vezjem za navzkrižno primerjavo signalov na vhodu.



Slika 3.10: Izhodna stopnja za vzbujanje elektromagnetnega ventila

Časovno dogajanje krmilnika je določeno s števnim vezjem, ki je sestavljen iz števca, dekoderja in impulznega vezja za resetiranje števca. Na izhodu iz števnega vezja dobimo štiri vrste impulzov, ki določajo želene zakasnilne čase. Pri tem časovni zakasnitvi t_1 in t_2 uporabljamo pri uporabi krmilnika za sanitarne baterije, zakasnitvi t_3 in t_4 pa pri uporabi krmilnika za splakovalnik. Števno vezje prikazuje slika 3.9.

Vzbujanje elektromagnetnega ventila sanitarne baterije omogoča visok nivo iz logičnega vezja za razpoznavanje koristnih signalov z uporabljenima časovnima zakasnitvama pri vklopu in izklopu. S tem vezje odpravlja možnosti kratkotrajnih neželenih aktiviranj. Izhodna stopnja za vzbujanje elektromagnetnega ventila je podobna izhodni stopnji, kot jo uporabljamo pri krmiljenju LED diode v oddajnem delu. Potrebna je le večja tokovna zmogljivost in zanemarljiv padec napetosti na tranzistorju. Zaradi tega mora imeti večjo tokovno zmogljivost tudi PMOS krmilni tranzistor. Vezje podaja slika 3.10.

3.2.3. Napajalni del

Napajanje elektronskega krmilnika je predvideno iz enosmerne napetosti 15 V. Pri uporabi CMOS procesa z N - podlago zahteva uporaba bipolarnih tranzistorjev skupno pozitivno elektrodo. V našem primeru uporabljamo dva bipolarna tranzistorja: za vzbujanje oddajne LED diode in za vzbujanje elektromagnetnega ventila. Oba tranzistorja bosta neposredno vezana na zunanjo napajalno napetost, saj zahtevamo v tem delu vezja

sorazmerno velik tok. V primeru, ko je skupna elektroda podlaga z najvišjo pozitivno napetostjo, je napajanje ostalih gradnikov izvedeno tako, kot ga kaže slika 3.11.

4. Zaključek

Opisali smo primer načrtovanja krmilnika za elektronske sanitarne baterije, ki je prirejen za izvedbo v integrirani tehnologiji. Po tej zasnovi smo izdelali laboratorijski prototip z diskretnimi komponentami, ki se pa v vseh podrobnostih ne more ujemati z vezjem, prirejenim za mikroelektronsko tehnologijo. Za vse opisane dele vezja smo uporabili računalniško podprto načrtovanje. Za logični del vezja smo uporabili programski paket SCEPTR, za analogne dele vezja pa simulator SPICE verzija 2.G.6. Rezultati analogne simulacije, pri kateri smo upoštevali parametre tehnološkega procesa za $5\ \mu\text{m}$ CMOS tehnologijo za nominalno temperaturo 27°C ter za -40°C , oz. $+140^\circ\text{C}$, so potrdili ustreznost zasnove vezja.

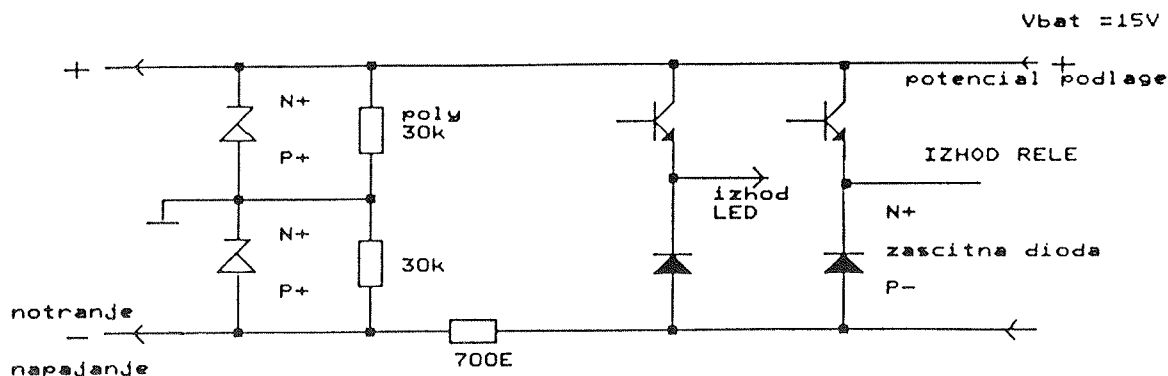
5. Literatura

1. Z. Krivokapič, Integrirana močnostna vezja MOS, Informacije MIDEM, št. 3, 1987 Ljubljana
2. S. Solar, M. Jenko, V. Kregar, Krmilnik elektroluminiscenčnega prikazalnika, Informacije MIDEM, št. 4, 1989, Ljubljana
3. P. E. ALLEN, D. R. HOLBERG, CMOS Analog Circuit Design, Holt, Rinehart and Winston, Inc., New York 1987
4. T. Pleteršek, J. Trontelj, L. Trontelj, Širokopasovni operacijski ojačevalniki, Zbornik referatov 16. Jugoslovanskega posvetovanja o mikroelektroniki, MIEL 88, Zagreb 1988.

dr. R. Babič, dr. T. Dogša,
mag. M. Solar, ing. A. Vesenjaj,
TF Maribor, ERI
mag. S. Solar
Iskra Avtoelektrika,
ing. A. Rečnik
Birostroj Maribor

Prispelo: 16.06.92

Sprejeto: 13.07.92



Slika 3.11: Napajalni del z izhodnima stopnjama