

Izrada koincidenzijskog sklopa za mjerenja okidajućih kozmičkih zraka i njihova karakterizacija

Marko Jerčić

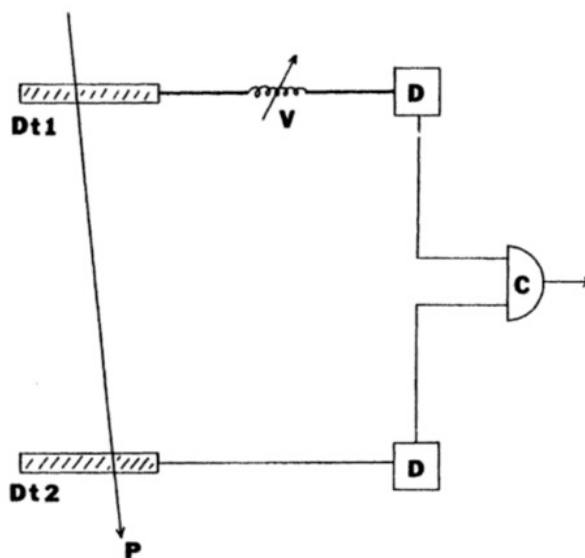
Mentor: Nikola Poljak

Fizički odsjek, PMF, Bijenička 32, 10 000 Zagreb

25. siječnja 2016.

1 Uvod

Koincidenzijska jedinica u eksperimentalnoj fizici elementarnih čestica uspoređuje jesu li signali iz dva ili više detektora vremenski povezani. Princip rada je relativno jednostavan. Signal iz prvog detektora dolazi do komparatora koji daje digitalni signal ovisno koliko je velik ulazni signal. Također signal iz drugog detektora prolazi kroz drugi komparator. Digitalni signali iz oba komparatora se šalju na logička AND vrata koja daju izlaz 1 ako se signali preklapaju, a 0 ako su vremenski odvojeni. Takvi sklopovi su potrebni zbog umanjivanja nepotrebnog bilježenja nevažnih događaja. Na slici 1 možemo vidjeti jedan primjer takvog postava.



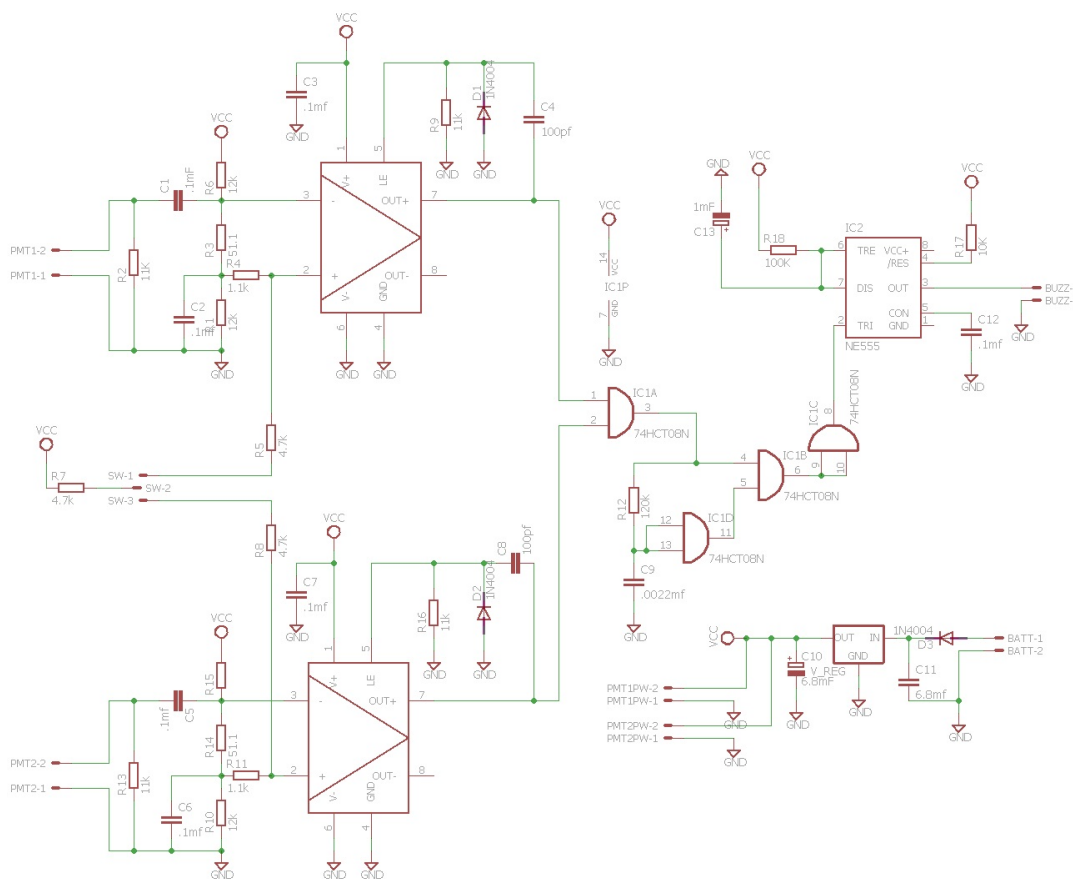
Slika 1: Postav s koincidenzijskom jedinicom [1]

Čestica prolazi kroz prvi detektor koji šalje signal kroz komparator (diskriminator) na logička AND vrata. Ista čestica prolazi i kroz drugi detektor koji šalje signal kroz drugi komparator na ista AND vrata. Primjetimo da signal iz drugog detektora dolazi malo kasnije nego

signal iz prvog detektora (zbog puta koji čestica prijeđe). No, za detektore koji su udaljeni 30 cm vrijeme kašnjenja signala iznosi otprilike 1 ns, a širina signala iz prvog komparatora dovoljno je velika da AND sklop primi oba signala “istovremeno” i vidi koincidenciju. Naš cilj je dizajn i izrada jednog takvog koincidenzijskog sklopa s dva ulazna kanala koji bi se koristio za detekciju i karakterizaciju kozmičkih zraka (koincidenzijska jedinica povećava vjerojatnost da detektirani signal možemo pripisati čestici nastaloj iz kozmičkih zraka). Također, želimo izraditi prijenosni sklop s kojim bi izjegli rad pod visokim naponom, sa skupocjenim i teškim NIM-crateovima te s kojim bi uz stvarna mjerenja mogli izvoditi i demonstracijske pokuse predviđene za nastavu.

2 Dizajn i izrada

Za dizajn elektroničke sheme i pločice smo koristili CadSoft Eagle program. Prvo je trebalo nacrtati elektroničku shemu koju u konačnom stanju možemo vidjeti na slici 2.

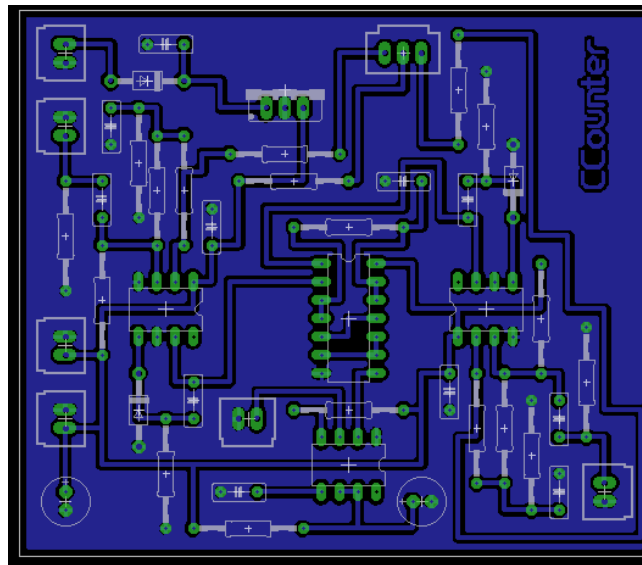


Slika 2: Elektronička shema koincidenzijskog sklopa

U našem sklopu koristimo dva komparatora AD8561 koji imaju vrijeme propagacije 7 ns[2]. Kad bi koristili neke sporije komparatore (npr. 50 ns) zbog relativne greške na vrijeme propagacije koju ima svaki komparator ne bi mogli znati jesu li signali istovremeno došli do logičkih vrata. Nakon izlaza iz komparatora signali se šalju na čip 74AC08 koji je Quad AND gate [3] (AND daje pozitivan signal kad su oba signala pozitivna). U principu bi nam samo jedna AND vrata bila dovoljna, ali signal na prvom izlazu dijelimo na dva dijela, jedan šaljemo na RC sklop

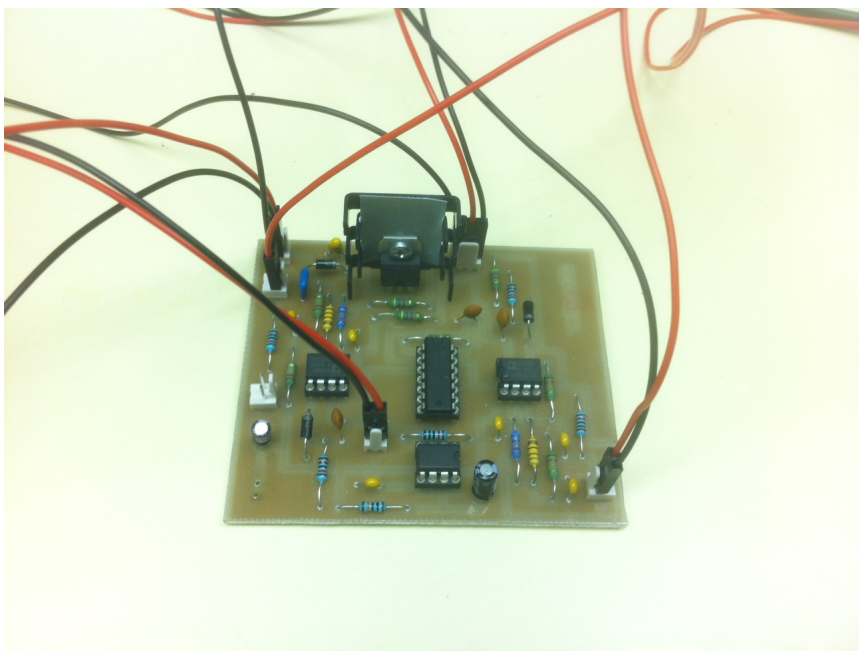
s AND - om kako bi se odstranio šum visokih frekvencija pa natrag na treći AND zajedno s prvim signalom. Četvrti AND nije potreban, ali na čipu dolaze po 4 i ovaj smo zadržali za eventualno još jedan izlaz, ako bude trebao za neki brojač. Sa zadnjih logičkih AND vrata se šalje signal na zvučnik. On se ne može spajati izravno, već preko tzv. timer IC-a. Najjednostavniji za korištenje je 555 timer [4]. To je potrebno jer zvučniku treba prilično veliki signal, a izlaz sa AND sklopa je vrlo malen. Čip 555 nam služi kao pojačalo. Napon u krug dolazi preko adaptera. Treba nam 800 mA za napajanje 2 fotomultiplikatora i elektroniku (koja nosi zanemarivi dio potrošnje). Kako sva elektronika radi na 5V, a ne postoje adapteri koji daju 5V i 1A, uzeli smo regulator napona za 5V (LM7805) te spojili adapter koji daje dovoljno struje. S obzirom da fotomultiplikator na izlazu daje struju, a ne napon morali smo staviti nekoliko otpornika i kondenzatora za moderiranje signala koji ulazi u komparatore.

Pomoću softverskog programa CadSoft Eagle iz zadanih komponenti i sheme možemo dizajnirati izgled elektroničke pločice u realnoj veličini. Konačnu verziju izgleda pločice možemo vidjeti na slici 3.



Slika 3: Elektronička pločica (CadSoft Eagle)

Druga faza je bila izrada same pločice. Prvo isprintamo dokument iz programa Eagle na prozirnu foliju koju stavljamo na fotosjetljivi materijal na pločici te zatim osvjetljavamo UV lampom. Tada razvijamo pločicu u vodenoj otopini NaOH i na kraju u FeCl₃. Zatim očistimo vodom pa alkoholom. Nakon toga bušimo rupe na pločici te zalemimo sve potrebne komponente (čipove, konektore, otpornike, kondenzatore). Na slici 4 možemo vidjeti izrađenu pločicu.



Slika 4: Elektronička pločica nakon što su se zalemile sve komponente

3 Testiranje

Nakon izrade multimetrom smo provjerili jesu li svi spojevi dobro spojeni. Zatim smo narinuli napon preko adaptera te mjerili napone na izlazu regulatora te na ulazima i izlazima komparatora. Svi izmjereni naponi su odgovarali očekivanim vrijednostima.

Zatim smo priključili fotomultiplikatore te mjerili koincidenciju. Izvor su bile gama zrake iz jezgre ^{22}Na . Na osciloskopu smo očitali da je učestalost signala oko 10 Hz, amplituda signala je bila oko 40 mV te je *rising time* signala bio oko par nanosekundi. Zvučnik koji smo spojili na koincidenzijsku jedinicu nije uspio prepoznati signale. Nakon toga smo pokušali s generatorom signala kao izvorom ponoviti test. Namjestili smo generator tako da generira pravokutan signal svake dvije sekunde. Razdjelnikom podijelili smo signal na dva jednaka dijela te ih proveli na koincidenzijski sklop. Zvučnik je nakon spajanja reproducirao jasne klikove svake dvije sekunde. Kad bi na generatoru signala namjestili da oblik signala bude sinusoida, klikovi bi izostali. Iz toga zaključujemo da detektirani signali moraju biti vrlo brzi s vremenom porasta od par nanosekundi te amplitudom većom od 100 mV.

Također smo počeli raditi na eksperimentalnom postavu u koji bi bila ukomponirana koincidenzijska jedinica. Pripremili smo dva plastična scintilatora dimenzija $30\text{cm} \times 10\text{cm} \times 0.5\text{cm}$. Bilo je potrebno ispolirati krajeve koje lijepimo na fotomultiplikatore (zbog refleksija koje bi se mogle događati unutar scintilatora) te ih oblijepiti aluminijskom folijom i crnom izolir-trakom (da smanjimo gubitak svjetlosti). Sljedeći korak je lijepljenje scintilatora na fotomultiplikator. Nakon toga treba sve pričvrstiti na stalke tako da jedan detektor bude poviše drugog za 30cm.

4 Zaključak

Izradili smo koincidenzijsku jedinicu koja za rad ne zahtjeva skupe NIM-crateove. Malih je dimenzija, lako prenosiva te je napravljena za fotomultiplikatore kojima je potreban napon od samo 5V. Samim time mogu se napajati izravno sa samog sklopa. Jednostavan postav bi uključivao dva plastična scintilatora dimenzija $30\text{cm} \times 10\text{cm} \times 0.5\text{cm}$ koji su spojeni na fotomultiplikatore te su postavljeni jedan poviše drugog na udaljenosti od 30cm. Na izlazu s koincidenzijske jedinice bi bio postavljen zvučnik preko kojeg bi registrirali kozmičke zrake (mione iz kozmičkih zraka). S ovakvim postavom bi mogli raditi pokuse kao što su mjerenje toka miona na različitim nadmorskim visinama, kao i ovisnost toka miona o upadnom kutu prema vertikali. Iz testiranja smo zaključili da signal iz fotomultiplikatora mora biti amplitude veće od 100 mV, te male brzine porasta signala od nekoliko nanosekundi (u slučaju kozmičkih zraka taj uvjet je gotovo sigurno ispunjen).

Literatura

- [1] Richard C. Fernow *Introduction to Experimental Particle Physics* 1989.
- [2] <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD8561.pdf> 15.01.2016.
- [3] <https://www.fairchildsemi.com/datasheets/74/74AC08.pdf> 15.01.2016.
- [4] <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ne555.pdf> 15.01.2016.