Cercul Ştiinţific Studenţesc: 2005-2006
CERCUL PRINCIPIILOR, Vol. I, xx-yy
MIhai V. Putz *et* Florin Borcan
(Editori)

Măsurarea radioactivităţii cu contor Geiger Müller

Andrei Purdea

Liceul Teoretic Bartók Béla, Profil Matematică-Informatică, str. Rusu Şirianu, nr. 98, sc. B, ap. 12, Timişoara, cod str. 300486

Rezumat

Această lucrare conţine descrierea unui contor Geiger Müller care a fost construit folosind un microcontroller cu arhitectura RISC, microcontrollerul AtMega8[1] produs de firma Atmel, şi un experiment facut cu acest aparat, care are ca scop măsurarea constantei masice de atenuare al aluminiului.

Keywords: radioactivitete, contor Geiger Müller, microcontroller, AtMega8

Introducere

Motivul inițial pentru care s-a realizat acest aparat este, că laboratorul de fizică din cadrul liceului a avut nevoie de un contor de măsurare a radioactivității. Punctul de pornire a constat dintr-un aparat descris în revista Radiotechnika[2], care a putut să semnaleze radioactivitatea prin semne acustice, dar nu stia să numere particulele emise. O soluție modernă pentru rezolvarea acestei probleme a constat în folosirea unui microcontroller.

Acum s-a pus problema alegerii potrivite, a tipului de microcontroller. Familiile disponibile au fost familia PIC, si familia AVR. Conform descrierilor tehnice familia AVR are multe avantaje faţă de familia PIC, atât din punct de vedere al preţului cât şi al calităţii. Arhitectura microcontrollerilor AVR este mult mai buna (un set de instrucţiuni mai bun, şi un raport de 1 MIPS/MHZ). Microprocesorul ales a fost un microcontroller AVR pe 8 biţi, microcontrollerul AtMega8.

În afară de un microcontroller a mai fost necesară şi o metodă de afişare a datelor.

S-ar fi putut folosi displayuri de 7(8) segmente, sau un ecran LCD. S-a utilizat un ecran LCD cu 2 linii şi 16 coloane(DEM 16215), care avea posibilitatea de a afişa şi texte, în acest fel aparatul poate fi folosit mult mai uşor.

Figura 1. Contorul Geiger Müller

PRINCIPII ŞI METODE

1. Structura şi funcţionarea tubului Geiger Müller

Tubul Geiger-Müller este un tub de sticlă acoperit în interior de un strat conducător(catodul), care este umplut cu Argon sau Heliu, şi are în mijloc un fir conductor, care este anodul. Pe anod şi catod se aplică o tensiune destul de mare, dar nu prea mare să nu înceapă descărcarea electrică, doar dacă o radiaţie ionizantă este percepută de tub.

Din cauza radiaţiei care apare în tub apare un curent care poate fi amplificat şi numărat(nr. de impulsuri).

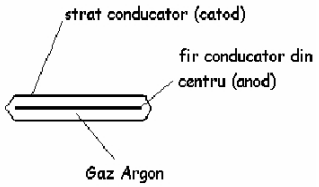

Figura 2. Tubul Geiger Müller

2. Structura Aparatului

Acest aparat are două părţi distincte. Prima parte este partea de tensiune mare, care este responsabil pentru generarea tensiunii pentru funcţionarea tubului, şi conţine amplificatorul. Cealaltă parte este partea digitală care este protejată de un optocuplor (optocuplorul conţine un led şi un fototranzistor, în acest fel circuitul este separat). Partea digitală este responsabilă pentru numărarea impulsurilor şi pentru scrierea datelor pe ecran.

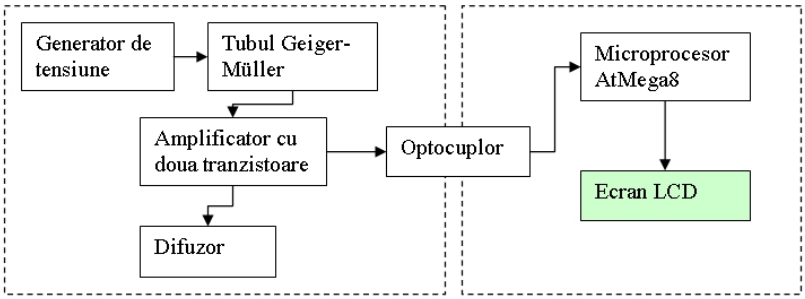

Figura 3. Structura Contorului Geiger Müller (în stânga este partea de tensiune mare, iar în dreapta este partea digitală)

2.1. Structura părţii de tensiune mare

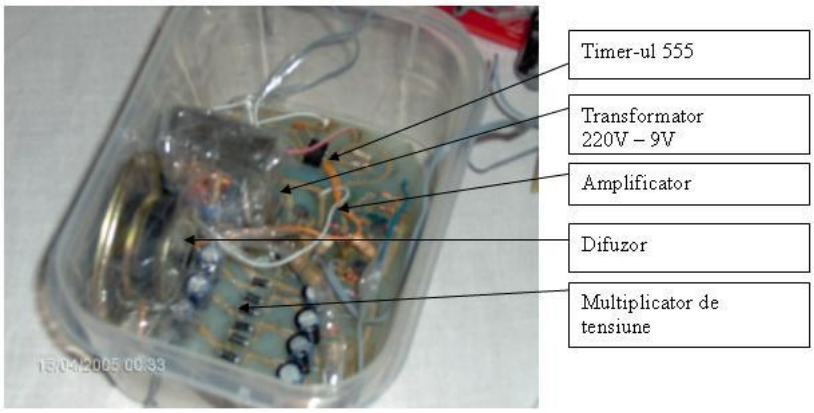

Figura 4. Partea de tensiune mare

Semnalul ce apare la ieşirea timer-ului 555 este transformat în sus, apoi tensiunea obţinută mai este mărită cu un multiplicator de tensiune. Tensiunea obţinută este conectată înapoi prin câteva rezistenţe şi un potenţiometru la un tranzistor care opreşte timer-ul dacă tensiunea depăşeşte un anumit nivel, până când tensiunea scade sub acest nivel. Amplificatorul controlează difuzorul şi optocuplorul.

Transformatorul folosit este luat dintr-un adaptor de 9 volţi, a fost îndepărtat redresorul, si bobina secundară a fost folosită ca bobină primară , şi invers.

Circuitul părţii de tensiune mare a fost preluată din revista Radiotechnika, şi a fost modificată pentru că avea o rezistenţă internă prea mare pentru controlarea ledului din optocuplor.

2.2 Structura părții digitale

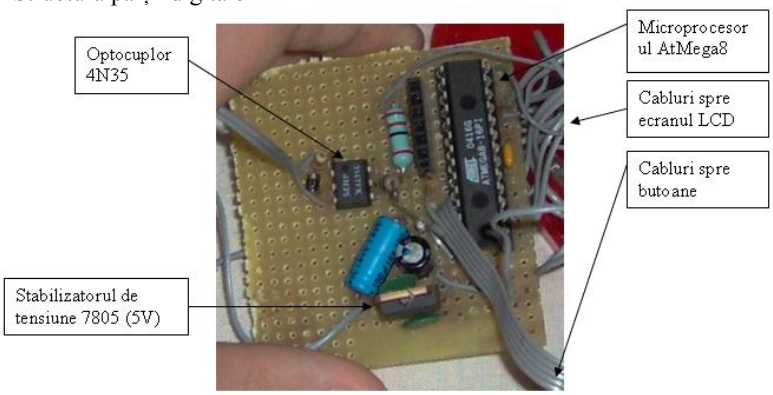

Figura 5. Partea Digitală

Partea digitală funcționează cu o altă sursă de tensiune, şi cu un stabilizator de 5 Volți (7805). Microcontrollerul rulează la o frecvență de 1 MHZ, cu oscilatorul intern. Pentru calcularea mediilor era nevoie de o metodă de măsurare a timpului. S-a folosit "timer1", care este un timer pe 16 biți, integrat în microcontroller. (Microcontrollerul este doar de 8 biți şi din această cauză accesul la numere de 16 sau mai mulți biți este făcut în mai mulți paşi) Timer-ul este folosit în modul CTC (Clear Timer on Compare match).

Ecranul LCD este controlat cu ajutorul a 8 linii de date şi 3 linii de control (Read/Write, Register Select, Enable)

3. Meniul Principal

Figura 6. Meniul Principal (Primele două puncte)

Câteva secunde după pornirea aparatului apare Meniul Principal. Cu ajutorul butoanelor 1 şi 2 se poate deplasa în meniu. Cu butonul 3 se poate selecta modul de măsurare dorit. Butonul 4 foloseşte pentru returnarea în meniul principal, sau pentru returnarea în meniul anterior. În meniul principal apar trei metode diferite de măsurare, şi posibilitatea de citire a datelor din EEPROM.

1) Măsurare Directă (Masurare Direct) - Aceasta foloseşte la măsurarea radioactivităţii direct. Lungimea unui 'sample' este de 2 secunde. A doua linie diferă de prima linie doar pentru că este update-at mai rar, să fie mai uşoară citirea datelor de pe ecran.

2) Măsurare START / STOP (Start/Stop) - Aici se poate apăsa butonul START (primul buton) când se doreşte începerea măsurării, STOP(butonul 2) când este gata, şi butonul RESET(butonul 3) foloseşte la resetarea ecranului. Prima linie conţine numărul particulelor măsurate, şi timpul trecut. Ultima linie conţine media calculată cu datele de pe prima linie. (particule pe secundă).

3) Măsurare pe un timp dat (Mas.pe Timp Dat) - Aceasta dă posibilitatea de a măsura radioactivitatea pe o durată dată. Măsuratul încetează automat după ce a trecut timpul specificat. Timpul specificat este divizat în 256 de intervale egale. Datele măsurate în fiecare interval mai mic sunt salvate în eeprom, şi pot fi citite mai târziu, chiar după închiderea aparatului. Selectarea acestui mod deschide un alt meniu, în care poate fi selectat unitatea de timp (minute sau ore). După selectarea unităţii de timp apare meniul în care poate fi selectată numărul unităţilor de timp.(numărul de minute/ore). Pentru a începe măsurarea se apasă butonul 1. Ecranul poate fi închis sau deschis cu butoanele 2/3. Aceasta este folositor când se doreşte măsurarea pe un interval mai mare.Pe ecran este afişat timpul necesar terminării măsurării, şi numărul de date scrise în EEPROM până acum.

4) Afişarea datelor înregistrate (Afis.Date Inreg) - Datele salvate cu ajutorul punctului 3 pot fi vizualizate. Cu ajutorul datelor pot fi făcute şi grafice de utilizator. Primul număr pe prima linie arată numărul de pagină. Pe fiecare pagină apar câte 4 word-uri. Se poate deplasa între pagini cu ajutorul butoanelor 1 şi 2.

5) Suma datelor înregistrate (Suma DateInreg.) - Dacă nu se doreşte vizualizarea datelor separat pe pagini, atunci poate fi vizualizază doar suma datelor.

Datele păstrate în eeprom pot fi citite şi de calculator folosind un cablu special care se conectează la portul paralel, cablul cu care se programează microcontrollerul.

EXPERIMENTUL

Scopul experimentului este măsurarea constantei masice de atenuare al aluminiului. Este nevoie de un recipient de plumb de formă cilindrică, de o sursă de radioactivitate(Stronţiu 90 - Sr90), şi de plăci de aluminiu. Recipientul de plumb este necesar împotriva reflexiilor. În timpul experimentului nu trebuie mişcat nici recipientul, nici tubul Geiger Müller, doar plăcile de aluminiu pot fi schimbate. Grosimea stratului de are poate fi considerată constantă. Necunoscând grosimea plăcilor de aluminiu, s-a măsurat masa lor, şi diametrul lor. (plăcile au avut o formă cilindrică)

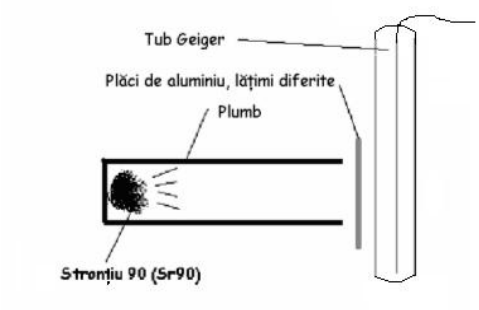

Figura 7. Experimentul

Teorie:

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

I_0 este intensitatea radiaţiei radioactive fără placă de aluminiu.
I este intensitatea radiaţiei radioactive când între tubul Geiger şi recipient, este o placă cu o lăţime x
μ este constanta lineară de atenuare al aluminiului

Lăţimea plăcilor a fost calculat în felul următor:

$$x = \frac{m}{\rho S}$$

unde x este lăţimea, m este masa, ρ este densitatea şi $S=\pi D^2/4$ unde R este diametrul.

$$I = I_0 e^{-\mu_m \rho x}$$

unde p este densitatea aluminiului, iar μ_m este constanta masică de atenuare $\left(\mu_m = \frac{\mu}{\rho}\right)$

În final rezultă: $\mu_m = \frac{\pi D^2 \ln\left(\frac{I_0}{I}\right)}{4m}$

După terminarea experimentului trebuie măsurată radiaţia de fond, şi trebuie scăzută din tote datele măsurate.

Desfăşurarea experimentului:

A fost pusă sursa de radioactivitate în recipientul de plumb, prentru prevenirea reflexiilor. Recipientul a fost poziţionat spre tubul Geiger Müller. S-a măsurat I_0, după ce au fost puse plăci de diferite lăţimi între tubul Geiger Müller şi recipient. S-au făcut măsurări la intervale de 50 de secunde. În următorul pas a fost îndepărtat sursa de radioactivitate, şi s-a măsurat radiaţia de fond, pe un timp mai îndelungat de 20 de minute. În acest timp a fost măsurată masa plăcilor cu o balanţă analitică.

REZULTATE

Tabelul I.

Nr. Crt.	Masă: (g)	Intensitate (part./s)	Intensitate -fond(1.40) (part./s)	$\ln\left(\frac{I_0}{I}\right)$	$\rho x = \frac{m}{S}$ (g/cm²)	$\mu_m (\frac{cm^2}{g})$	μ_m (media)
0	0,000	5,902	4,502	0,000	0,000		
1	2,600	1,574	0,174	3,253	0,278	11,697	8,029
2	1,300	3,256	1,856	0,886	0,139	6,372	
3	1,100	3,586	2,186	0,722	0,118	6,140	
4	1,000	3,524	2,124	0,751	0,107	7,023	
5	0,150	5,302	3,902	0,143	0,016	8,914	

Diametrul plăcilor de aluminiu este de 3,45 cm.

În tabele distanța de înjumătățire al aluminiului este $d_{1/2} = 21\frac{mg}{cm^2}$

$$\frac{I_0}{2} = I_0 e^{-\mu_m * d_{1/2}} \qquad \mu_m = \frac{\ln(2)}{d_{1/2}} = 33.00\frac{cm^2}{g}$$

CONCLUZII

După cum se vede este o diferență destul de mare între valoarea măsurată şi valoarea găsită în carte. Cauzele pot fi:

1. Este posibil ca plăcile să nu fie din aluminiu sau să nu fie curate din punctul de vedere al compoziției chimice
2. Nu este cunoscut timpul mort al tubului Geiger Müller, contorul nu este etalonat
3. Din lipsa timpului, măsurările au ținut 50 de secunde. Cu măsurări pe timp mai îndelungat rezultatele ar fi fost mult mai exacte.
4. Contorul este construit cu un microcontroller, deci este posibilă etalonarea cu simpla schimbare a programului, fără a modifica structura lui.

BIBLIOGRAFIE

1. Atmel, „ATmega8, ATmega8L 8-bit AVR with 8K Bytes In-System Programmable Flash" datasheet
2. JL, Radiotehnika, 11, (1982), 538-539