

SAJÁT ÉPÍTÉSŰ GEIGER–MÜLLER-SZÁMLÁLÓ

Csatári László

Szent József Gimnázium, Szakközépiskola
és Kollégium, Debrecen

A modern fizikaoktatásában számos számítógépes animációt találhatunk, ellenben a kísérletekből keveset tudunk bemutatni. Ennek egyik oka, hogy egyszerűbb filmen megnézni a jelenséget, mint a kevés óraszám mellett bajlódni a kísérleti eszközök beállításával, másik oka a berendezések ára.

Így született az ötlet, hogy megpróbálok olyan eszközt készíteni, amely jól ismert a fizikai mérések körében és akár a diákok által is elkészíthető, ára pedig nem terheli meg túlzottan a költségvetést. Természetesen a felhasznált anyagok beszerezhetősége is fontos szempont volt.

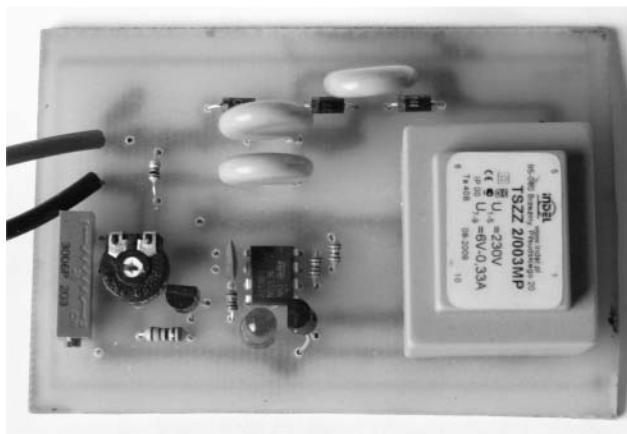
Geiger–Müller-cső

A magfizikában használatos leggyakoribb mérőeszköz a GM-csőves számláló. Műkö-

dését tekintve egy ionizáló sugárzásra érzékeny gáz-töltésű detektor. A vékony falú fémcsőből készült hengeres, vagy végablakos detektorban (1. ábra) a rákapcsolt 450 V körüli feszültség hatására elektromos tér alakul ki, amelyben a radioaktív sugárzás

1. ábra. Különböző GM-csővek.





2. ábra. Szabályozott nagyfeszültségű tápegység transzformátorral.

keltette elektronok és ionok a detektor elektródáihoz vándorolnak, ezzel áramot keltenek. A csőben lévő gáztöltet akadályozza meg, hogy az így kialakult kisülés folyamatosan fennmaradjon. A kisülés időtartama körülbelül 10^{-5} másodperc hosszú, ami közben a cső nem képes újabb részecske detektálására (holtidő).

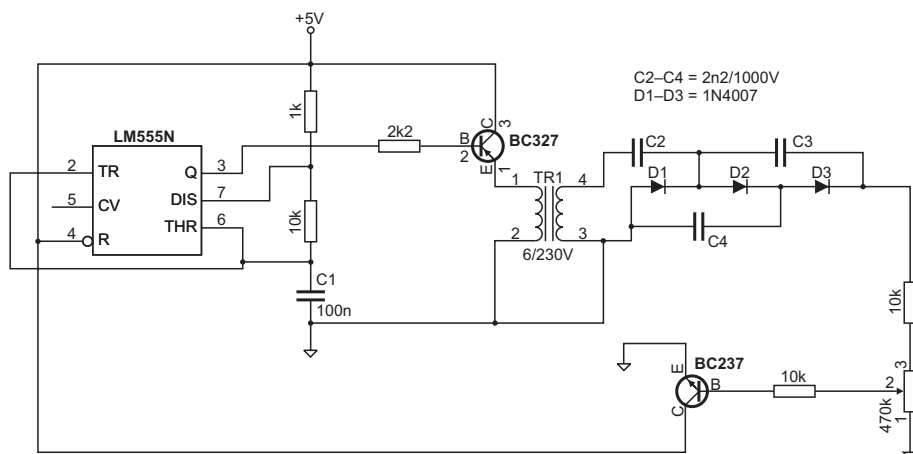
A csőben kialakuló áramimpulzusokat megszámlálva az adott radioaktív forrás erősségével arányos beütésszámot kapunk. A gyakorlatban néhány másodperces időtartamtól akár a félórás mérési időig is számolnunk kell.

A berendezésünk működőképességét radioaktív forrás nélkül is ellenőrizhetjük, hiszen a földből, a világúrból folyamatosan ér minket sugárzás: a háttérsugárzás. Ezek egy része természetes eredetű.

A nagy energiájú kozmikus sugarak egy része magreakciót vált ki a légtör atommagjaival ütközve, így hatásukra kisebb-nagyobb mennyiségben számtalan radioaktív anyag keletkezik.

A földkéregből, az élőlényekből és környezetünk tárgyaiból származó sugárzásért döntő mértékben három izotóp felelős: az ^{238}U , a ^{232}Th és a ^{40}K . Mindhárom anyag rendkívül hosszú felezési idejű, és a Föld keletkezésekor épültek be a környezetbe. Eloszlásuknak, kémiai tulajdonságaiknak és élettani szerepüknek megfelelően különbözőképpen járulnak hozzá a háttérsugárzáshoz.

3. ábra. A transzformátoros szabályozott tápegység kapcsolási rajza.



A kapcsolóüzemű tápegység meghajtója itt is az NE555-ös integrált áramkör bistabil üzemmódban. A szabályozás itt is visszacsatolás révén valósul meg. A leosztott feszültséggel egy tranzisztort kapcsolva szabályoztam az NE555-ös működését (lásd később a 6. ábra nem beke-retezett részét).

A detektor

A GM-cső az egyetlen alkatrész, amelynek beszerzése némi nehézségbe ütközik, és

Mesterséges eredetű háttérsugárzást is tapasztalunk. Az 1960-as évekig légtör atomrobbantásokat végzett több ország. Ezek során a bomlástermékek nagy területen szóródtak szét, gyakorlatilag a Föld teljes területét betérítették. Mára – szerencsére – már csak a hosszú felezési idejű izotópok maradtak: a ^{90}Sr , a ^{137}Cs , a ^{241}Am és a plutónium különböző izotópjai. Az atomerőmű és újrafeldolgozó üzemi balesetknél (Windscale, Csernobil) korlátozott kiterjedéssel ugyanezek az izotópok szóródtak szét. Repülőgépes, tengeralattjáró-balesetekben néhány kisebb terület szennyeződött dúsított uránnal, illetve plutóniummal. Szintén a mesterséges eredetű háttérsugárzáshoz járul hozzá az orvosi, gyógyászati eredetű izotópok használata.

A háttérsugárzás eszközünkben percenként 15-20 jelet kelt.

Egy klasszikus műszer – házilag

Mérőeszközöm a következő részekből áll:

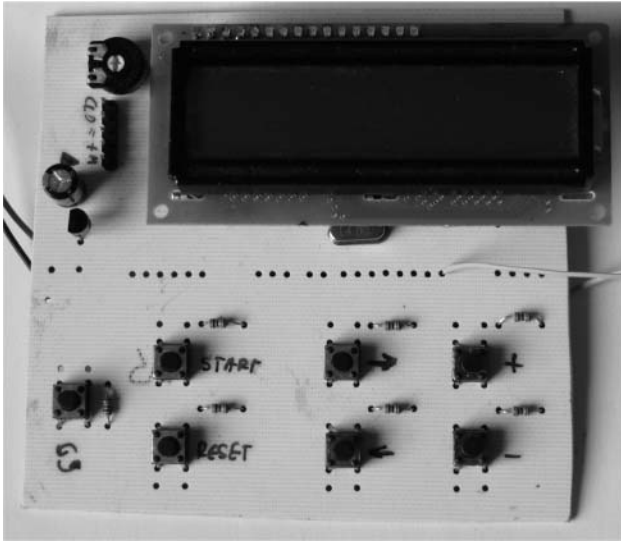
- tápegység,
- detektor és jelformáló elektronika,
- feldolgozó elektronika.

Az áramkörök tervezésénél 5 V-os tápfeszültséget vettem alapul. Így a készülék üzemeltethető 4 ceruza-akkumulátorról ($4 \times 1,2$ V) vagy akár a számítógép USB portjáról.

Tápegységek

Az egyszerűbb alkatrészeket igénylő változat nyomtatott áramkörtől tartalmaz (2. ábra). Ezt egy NE555-ös (LM555N) [1] integrált áramkörrel hajtottam meg bistabil multivibrátor üzemben négyszögjellel. A transzformátor szekunder tekercsén kaszkád feszültségtöbbszöröző kapcsolással állítottam elő a nagyfeszültséget. A kívánt szabályozást a leosztott nagyfeszültséggel vezérelt tranzisztor végzi (3. ábra).

A tápegység másik változatában kisebb helyigény miatt egy üzemképtelen energiatakarékos fényforrásból kitermelt fojtótekercset (induktivitást) használtam.



4. ábra. Mikrokontrolleres jelfeldolgozó egység.

e miatt sokan le is mondanak a mérőeszköz megvalósításáról. Több típust kipróbálva az SBM-20 (СВМ20) mellett döntöttem. Hazai kereskedelemben 10 000 Ft körüli áron szerezhető be, az internetről postaköltséggel együtt ennek feléért, harmadáért.

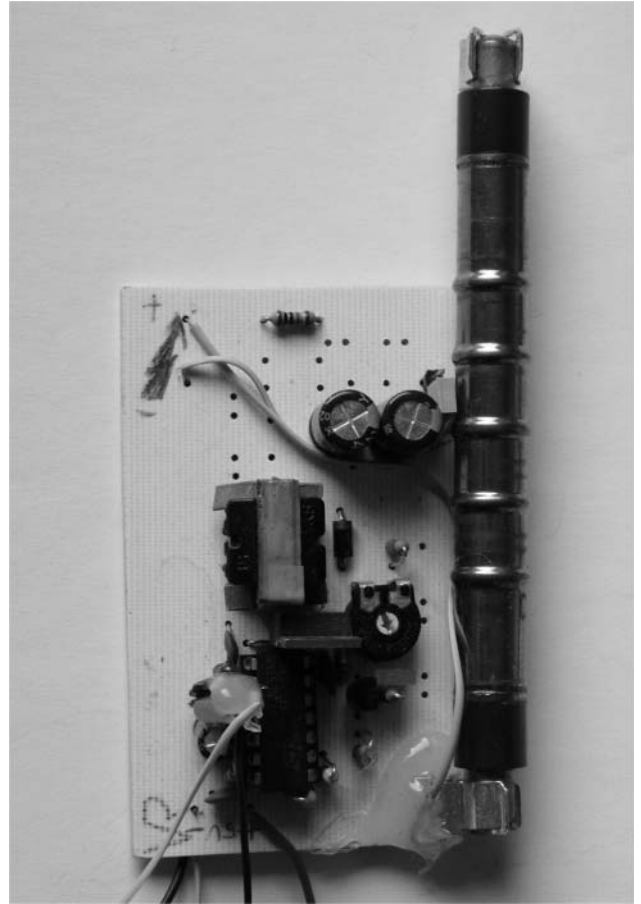
A cső 350–450 V tartományban dolgozik, 100 mm hosszú, 10 mm átmérőjű. Érzékenysége az oktatási felhasználásnak megfelelő. A cső csatlakozó felülete pontosan beleillik egy 6,3 mm átmérőjű forrasztható biztosítékfoglatatba.

A jelformáló elektronika

A nagyfeszültség egy 10 M Ω -os ellenálláson keresztül érkezik a GM-csőre. Az impulzusok a 100 pF kapacitású kondenzátoron jutnak az alakformáló elektronikába. Erre a célra NE555-ös integrált áramkört használok monostabil multivibrátor kapcsolásban. Ez az áramkörben minden impulzusra 11 ms időtartamú kimenő jelet szolgáltat, amely további feldolgozásra (számlálásra) alkalmas.

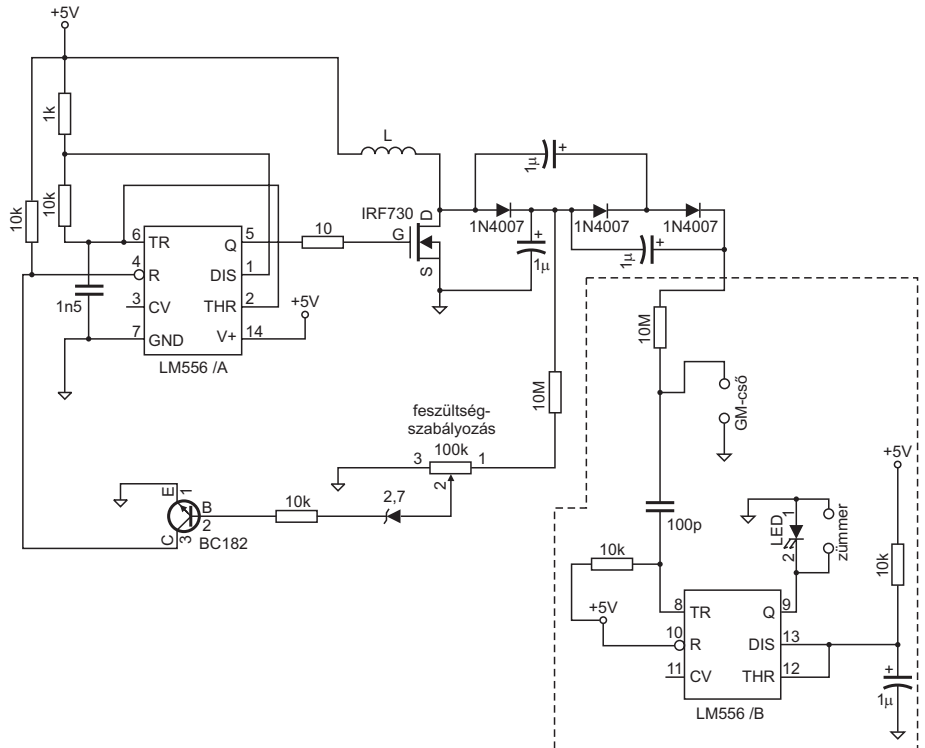
Jelfeldolgozó elektronika (számlálók)

A feldolgozó elektronika egy áramkörre, a PIC 16F887-es mikrokontrollerre (4. ábra) épül [3]. A kontrolleren futó program végzi a számlálást, a mérési idő beállítását és kezeli az LCD-kijelzőt. Nyomógombok segítségével állítható a mérési idő – másodperc pon-



5. ábra. Komplet GM-csőes elektronika a nagyfeszültségű tápegységgel és a jelformáló egységgel.

6. ábra. A teljes elektronika – az induktivitást tartalmazó, szabályozott nagyfeszültségű tápegység és a vele egybeépített (szaggatott vonallal bekeretezett) jelformáló egység – kapcsolási rajza.



tossággal – menüből vezérelve 1 másodperctől 99 percig, választható továbbá egyszeri vagy ciklikus mérés. Ciklikus mérésnél az előző mérés eredménye, és a folyamatosan pörgő aktuális mérés látható a kijelzőn.

Az egyik megvalósított kapcsolásban a tápegység és a detektor közös panelon kapott helyet (5. *ábra*). A két NE555-ös integrált áramkört egy NE556-os (gyakorlatilag 2 darab NE555-öst tartalmazó) áramkör helyettesíti (6. *ábra*) [2]. A detektálást felvillanó LED jelzi és a jellegzetes „pittyegő” hangot adó piezohangszóró sem maradhatott el.

Magfizikai mérések

Mi legyen a forrás?

A GM-cső alkalmas radioaktív anyagok jelenlétének kimutatására, de honnan szerezzünk radioaktív anyagot?

– Szerencsére a háttérsugárzás mindig rendelkezésre áll.

– Régebben árultak kempinglámpákra való gázhasznínyát, amely tóriumtartalma miatt szintén radioaktív (internetről szintén beszerezhető).

– Egyes sárga festékek – urántartalmuk miatt – radioaktívak. Vázák, tálak festésére használták. A régi világító mutatójú órák mutatóiban szintén urántartalmú festék található. Ócskapiacra mindkettő beszerezhető.

– Egyes kőzetek szintén radioaktívak.

A GM-cső karakterisztikájának mérése

A beütésszám a csőre kapcsolt feszültség függvénye. Feszültségmentes állapotban a cső nem szolgáltat jelet. Emelve a feszültséget a cső „megszólal”, egy rövid intervallumban a beütésszám rohamosan nő a feszültséggel, majd stagnál egy, a csövekre jellemző feszültségtartományban (plató), végül a beütésszám ismét nő. A jól beállított GM-cső feszültsége a plató közepére esik. Ekkor a feszültség több tíz voltos eltérése esetén is azonos beütésszámot kapunk.

Tápegységünkhöz digitális multiméter kapcsolva olvashatjuk le a feszültséget, és ábrázolhatjuk a beütésszámot a feszültség függvényében.

Háttérsugárzás mérése

Az eszközt több perces ciklikus mérésre állítva mérhetjük a háttérsugárzást.

A levegőből egy közönséges porszívó segítségével gyűjthetjük össze a radon bomlásából származó leányelemeket. A porszívó csövére szalvétát erősítve 5-10 perces szívás után már mérhető mennyiségű (a háttérsugárzást meghaladó) sugárzó anyagot gyűjthetünk.

Irodalom

1. http://www.hestore.hu/files/lm_lm555.pdf
2. <http://www.hestore.hu/files/NE556.pdf>
3. <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41291F.pdf>