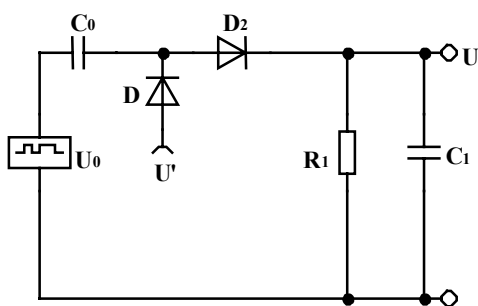


Beütésszám átlagmérők

A beütésszám átlagmérők elsősorban a radioaktív sugárforrások intenzitásának ellenőrzésére és mérésére szolgálnak. Természetesen használhatjuk más jeladók esetében is, amikor például nem periodikus a jelforrás, és nekünk elegendő információ a jelek időbeli átlagdarabszáma is. A sugárvédelmi műszerekben, valamint egyszerűbb nukleáris mérési, ellenőrzési folyamatoknál gyakran kerülnek felhasználásra (pl. folyamatos vastagságmérés valamely mozgó anyagnál). Az esetek többségében a 1. ábra szerinti áramkört alkalmazzák.



1. ábra.

Az ábrán egy beütésszám átlagmérő elvi kapcsolási vázlatát láthatjuk. Ez az alapáramkör - amelynek bővített és javított változatát a nukleáris műszertechnikában használják – a szakirodalomból ismert lehet, bár nem feltétlenül ezen a néven, hanem (a hasonló működési elvét tekintve) nagyvonalakban, mint egy kétfokozatú feszültségsokszorozó.

Az impulzustechnikai alapelveket alkalmazva az áramkör működése aránylag könnyen megérthető. A bemenő impulzus negatívba ugrásakor a C_0 kondenzátor $U_0 + U'$ (ahol $U' < 0$, vagy pozitív) feszültségre töltődik, amikor pedig a bemeneti feszültség zérus értékű lesz, a kondenzátoron U feszültség marad.

Egy impulzus hatására a kondenzátor :

$$Q_0 = (U_0 - U + U') C_0$$

nagyságú töltést juttat az $R_1 - C_1$ áramkörbe, (ahol egy $R_1 C_1$ időállandójú exponenciális kisülés indul meg, egészen a következő töltő impulzusig).

Így az R_1 ellenálláson másodpercenkénti " n " darab pozitív ugrás esetén:

$$U = n (U_0 - U + U') C_0 R_1$$

feszültség keletkezik. Létrehozhatunk egy olyan kapcsolást is ,amikor $U'=0$, ilyenkor a fenti képlet alapján, az áramkör kimenetén az érkező beütésszám-átlag függvényében a következő értékű lesz a feszültség :

$$U = \frac{n U_0 C_0 R_1}{1 + n C_0 R_1}$$

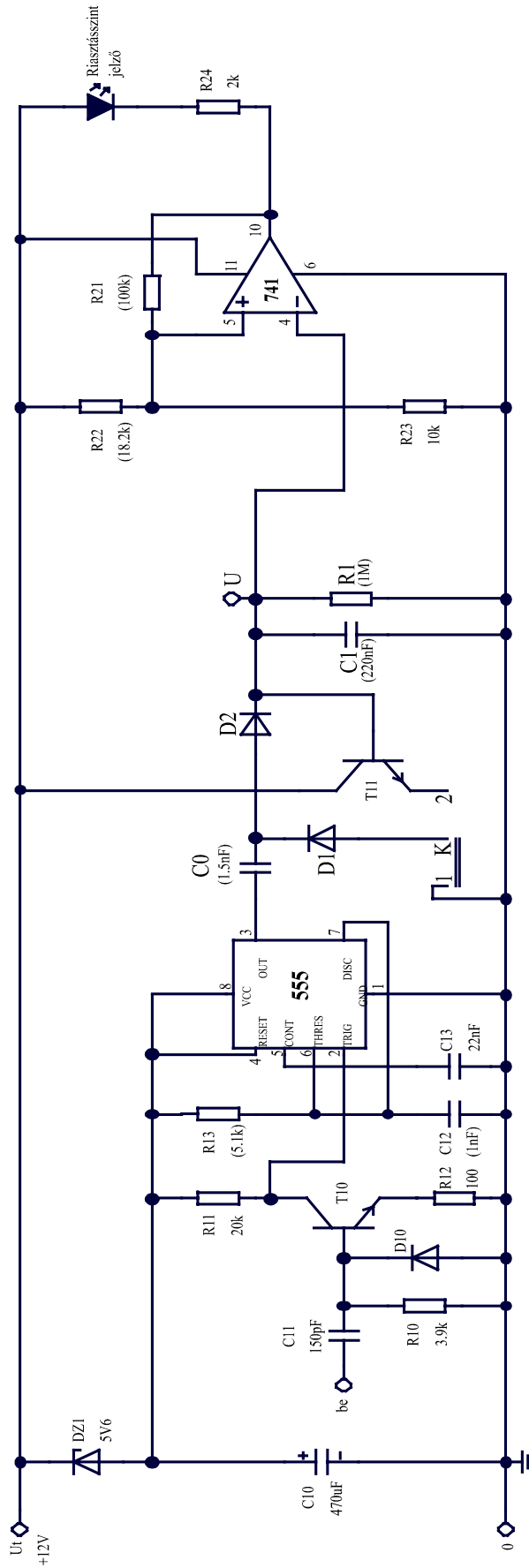
Látható, hogy a kimenő egyenfeszültség a másodpercenkénti impulzusszámnak nem lineáris függvénye. Ennek oka az, hogy ebben az áramkörben az U kimenőfeszültség növekedésével egyidejűleg a C_0 kondenzátor egyre kisebb mértékben képes csak kisülni, vagyis egyre kevesebb töltést tud átadni a D_2 diódán keresztül a C_1 kondenzátornak. Lineáris függvénykapcsolatot nyerhetünk, ha az $U'= U$ értéket választunk, vagyis C_0 eredő töltésváltozását állandó értékben tartjuk. Ehhez az szükséges, hogy az U feszültséget lemásolva U' értékeként használjuk fel. E feszültség lemásolására és egyidejűleg a D_1 dióda szerepének betöltésére egy emitterkövetőt alkalmazhatunk (lásd 2. ábra). Figyeljünk arra, hogy a (T_{11} szilícium npn) tranzisztor emitter, bázis, kollektor kivezetései közül melyiket használjuk majd, mint a dióda katódja illetve anódja.

Teljesen törvényszerű az is, hogy a beütésszám átlagmérő kimenőfeszültsége véletlenszerű eloszlásban érkező impulzussorozat esetén ingadozni fog. Az ingadozás nagyságának megbecsléséhez feltesszük, hogy minden egyes - időben Poisson eloszlást követő - bejövő impulzus a kimenetre Q_0 nagyságú töltést juttat. Ha az áramkör lineáris működés szakaszában van, akkor a áram középértéke: nQ_0 .

(Megj.: A következő oldalon található 2. ábrán a zárójelben megadott értékek a valós áramkör esetén különbözhetnek!)

Az alábbi gondolatmenet, csak azoknak írodott, akik kicsit részletesebben akarják megismerni, hogy mitől függ a ratemeter kimenő jelének ingadozása.

Az alább következő összefüggéseket, csak a későbbi tanulmányokban megszerzett ismeretek alapján lehet következetesen levezetni, ezért itt most bizonyítás és alapos részletezés nélkül - csak néhány fontosabb lépést leírva - közöljük az eredményt, amelyre viszont szükségünk van a ratemeter kimenetén megjelenő jel időfüggésének megértésénél.



2.ábra

(A kimenőfeszültség ingadozásának megbecsléséhez abból indulunk ki, hogy a t és $t + dt$ időtartamok között $n \cdot dt$ impulzus beérkezése várható, melyek hatására egy későbbi t_0 időpontban mérhető töltés nagysága:

$$Q_{t_0} = Q_0 n dt e^{-\frac{t_0 - t}{R_1 C_1}}$$

feltéve, hogy a dt intervallumban érkező részecskeszám négyzetes eltérése ndt -vel arányos (milyen eloszlásnál igaz ez?) a kimeneten mérhető töltésingadozás:

$$\Delta Q_{t_0} = Q_0 \sqrt{n dt} e^{-\frac{t_0 - t}{R_1 C_1}}$$

Ha tudni kívánjuk, hogy a mérés megkezdése óta beérkezett részecskék a szórást hogyan befolyásolják, akkor ezt az értéket t_0 időpontig történő integrálással határozhatjuk meg:

$$\overline{(\Delta Q^2)} = \int_{-\infty}^{t_0} Q_0^2 n e^{-2\frac{t_0 - t}{R_1 C_1}} dt = \frac{Q_0^2 n R_1 C_1}{2}$$

Ebből az összefüggésből már könnyűszerrel a szórást,
vagyis kimenőfeszültség relatív szórására azt kapjuk, hogy

$$\frac{\sqrt{\overline{(\Delta Q)^2}}}{Q} \propto \frac{\sqrt{\overline{(\Delta U)^2}}}{U} = \frac{1}{\sqrt{2 n R_1 C_1}}$$

Itt az " \propto " jel az arányosságot fejezi ki.

Az $R_1 C_1$ időállandó alkalmas megválasztásával, tehát tetszőlegesen kicsiny mértékű kimenőfeszültség ingadozást állíthatunk elő. (A nagy beütésszám "n" is csökkenti a szórást.) Természetesen ezen időállandó egyidejűleg a kimenőfeszültség változásának maximális sebességét is megszabja, vagyis nagyobb időállandó kisebb ingadozást és kisebb működési sebességet (nagyobb beállási időt) eredményez.

A mérőberendezés

A mérés feladata a beütésszám átlagmérő áramkör tulajdonságainak vizsgálata. Ezt a vizsgálatot mind periodikus, mind véletlenszerű jelekkel elvégezzük.

A breadboard típusú áramkörön felépített kapcsolás (2. ábra.) egy monostabil multivibrátorral kezdődik, melynek feladata az átlagmérő áramkör számára szükséges szélességű uniformizált impulzus előállítása. Érthető, hogy erre szükség van, mert ha nem egyformák az impulzusok, akkor az összegyűjtött töltésmennyiség nem a bejövő darabszámmal lenne arányos, hiszen az első részben leírt képletek csak akkor igazak, ha minden impulzus egyforma (időhossz * feszültség) területű.

Az ábrán jól felismerhetők a D_1 , D_2 , C_0 , C_1 , R_1 alkatrészek. A K "kapcsoló" (a próbapanelen egy \cap alakú átkötés) állásától függően az átlagmérő "egyszerű" (nem lineáris) üzemmódban (K-1), illetve linearizált üzemmódban (K-2) működhet. Az első esetben a D_1 dióda anódjának potenciálja nulla ($U' = 0$), míg a másikonál a T_{11} tranzisztor visszamásolja a kimeneti feszültséget ($U' = U$).

A fent említett áramköri-részlet (tulajdonképpen átlagmérő) elé épült a C_{11} , R_{10} , D_{10} elemekből álló impulzusformáló áramkör, a T_{10} , R_{11} , R_{12} -ből épített invertáló erősítő, valamint az 555-ös timer áramkörrel (és R_{13} , C_{12} , C_{13} elemekkel) megvalósított monostabil multivibrátor. Az átlagmérő kimenő feszültsége (U) egy Schmitt áramkört hajt meg, amely a felső küszöbfeszültség ($U = U_{k1}$) elérésekor bebillen, s a LED fényjelzése által figyelmeztet, hogy a (be) bemeneten a beütésszám elérte a riasztási értéket ($f \geq f_{rbe}$). A Schmitt-trigger visszabillen, ha az U feszültség U_{k2} alá csökken (a bemeneten $f \leq f_{rki}$).

A periodikus jeleket olyan impulzusgenerátorból vesszük, amelynél a kimenőjel frekvenciája és amplitúdója egyaránt szabályozható.

A véletlenszerű jelek előállítására radioaktív sugárforrást használunk. Az izotóp sugárzását egy szcintillációs fej (vagy egy GM-csőes detektor) érzékeli és alakítja át elektromos jellé.