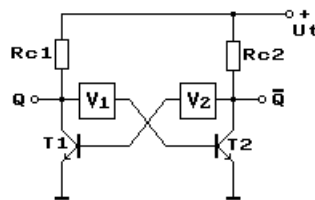


Billenőkörök

A billenőkörök, vagy más néven multivibrátorok pozitívan visszacsatolt, kétállapotú áramkörök. Kimeneteik szigorúan két feszültségszint (LOW és HIGH) között változnak.

A billenőkörök rendszerint két kimenettel rendelkeznek (Q és \bar{Q}) amelyek egymásnak negáltjai. Egy billenőkör LOW állapotban van, ha $Q=LOW$, és HIGH állapotban, ha $Q=HIGH$. Aszerint, hogy milyen módon valósul meg a pozitív visszacsatolás (4-1. ábra), a billenőkörök lehetnek:

- bistabilok (minkét visszacsatoló tag rezisztív),
- astabilok (mindkét visszacsatoló tag kapacitív),
- monostabilok (egyik visszacsatoló tag rezisztív, a másik kapacitív).



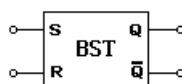
4-1. ábra

(Megj.: V_1 és V_2 nem kétpólusok, a 4-1. ábra csak elvi ábrázolás a könnyebb áttekinthetőség érdekében. V_1, V_2 -nek lehet harmadik kivezetése is, amelyik pl. valamilyen egyenfeszültség szintre csatlakozik.)

Bistabil multivibrátorok

Olyan billenőkörök, amelyeknek két bemenetük (S és R), ill. (Q és \bar{Q}) két kimenetük van (4-2. ábra). Külső beavatkozás nélkül ($S=0, R=0$), bármelyik állapotukat (LOW vagy HIGH) korlátlan ideig megőrzik. (Természetesen tápellátás esetén.) LOW-ból HIGH-ba billenthetők egy "set" impulzussal $S=1$, (természetesen továbbra is $R=0$), amely akár rövid idejű is lehet, illetve HIGH-ból LOW-ba billenthetők egy "reset" impulzussal $R=1$ (ebben az esetben $S=0$ -nak kell lenni). Általában nem megengedett az egyidejű "set" és "reset".

Mindezeket összefoglalva a bistabil multivibrátor az alábbi igazságtáblázattal jellemezhető:

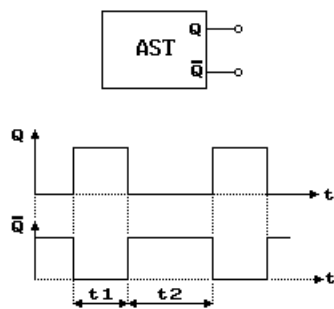


4-2. ábra

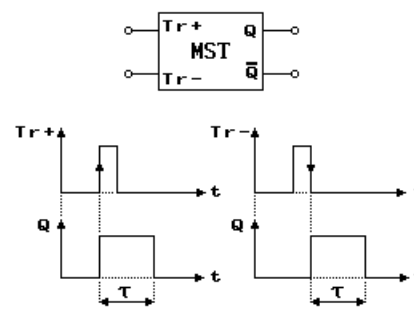
S	R	Q^n	Q^{n+1}	\bar{Q}^{n+1}
0	0	0	0	1
0	1	0	0	1
1	0	0	1	0
1	1	0	nem	megen.
0	0	1	1	0
0	1	1	0	1
1	0	1	1	0
1	1	1	nem	megen.

Astabil multivibrátorok

Általában bemenettel nem rendelkező billenőkörök. Kimeneteik állapota, külső beavatkozás nélkül, a LOW és HIGH szint között folyamatosan billeg (egyik állapot sem stabil). Kimenetük azonban, egy jól meghatározott ideig tartózkodik az egyik, majd a másik állapotban, az így kapott jel általában négyszög hullám jellegű (4-3. ábra). t_1 és t_2 értékét az astabil visszacsatoló áramkörei (V_1 és V_2) határozzák meg (4-1. ábra). Ha az astabil bemenettel is rendelkezik, akkor a generált négyszögjel megfelelő feltételek esetén szinkronizálható a bemenő jellel.



4-3. ábra



4-4. ábra

Monostabil multivibrátorok

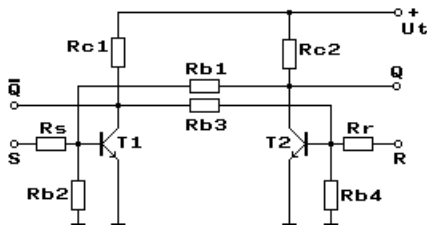
Olyan billenőkörök, amelyeknél az egyik állapot stabil, azaz külső beavatkozás nélkül ebben az állapotban találhatók korlátlan ideig. Külső beavatkozásra, a trigger bemenetre adott impulzus hatására, a másik állapotukba billenek egy előre meghatározott ideig, amit a monostabil egyik visszacsatoló áramkörében található R és C elemek szabnak meg. Ezt az időtartamot időzítésnek nevezik. Ezen időzítés letelte után maguktól visszabillegnek stabil állapotukba. Egy vagy két bemenetük lehet, amelyeket trigger bemeneteknek hívnak, és ezek felfutó ($Tr+$), illetve lefutó ($Tr-$) élre érzékenyek (4-4. ábra).

Billenőkörök gyakorlati megvalósítása

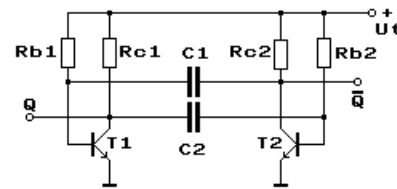
Billenőkörök készíthetők diszkrét elemekből (pl. tranzisztorokból), és integrált áramkörökből (logikai kapukból, műveleti erősítőkből, valamint speciálisan e célra gyártott IC-kből).

Billenőkörök tranzisztorokkal

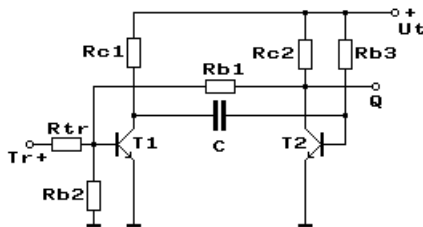
Billenőkörök tranzisztorokkal való megvalósítása az elektronika előadásokból ismertnek tekintendő, ezek részletes ismertetése nem a labor tárgykörébe tartozik. A Hallgatótól viszont elvárható, hogy az alábbi ábrák (4-5., 4-6., 4-7. ábrák) alapján felelevenítse az előadásokon szerzett ismereteit (azonosítsa az egyes áramköröket, magyarázza működésüket, próbálja fázishelyesen megrajzolni az egyes billenőkörök fontosabb jelalakjait.)



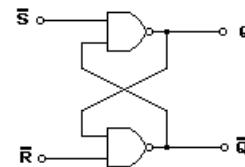
4-5. ábra



4-6. ábra



4-7. ábra

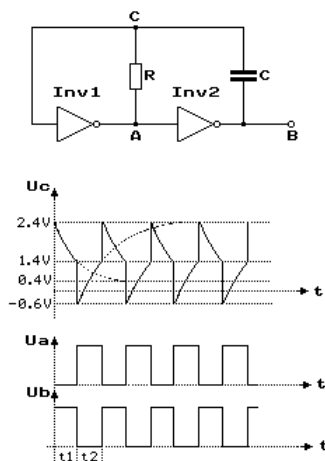


4-8. ábra

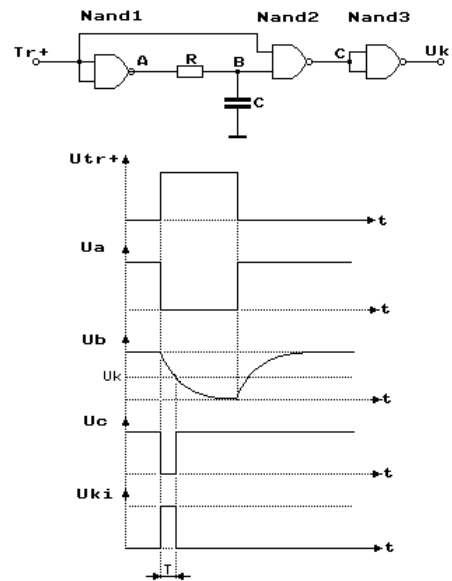
Billenőkörök logikai kapukkal

Logikai kapukkal megvalósított billenőköröket láthat a 4-8., 4-9., 4-10. ábrákon. RS bistabilt a 4-8. ábrán, melynek működése az előadásról már szintén ismert.

A 4-9. ábrán két inverterből felépített astabil látható. A fontosabb pontok feszültség-idő diagramjain nyomon követhető az áramkör működése. Az astabil megépíthető mind TTL, mind pedig CMOS inverterekből. TTL inverterek esetében azonban van egy megkötés, az R ellenállás nem lehet nagyobb mint



4-9. ábra



4-10. ábra

500 Ω . Kisfogyasztású LS inverterek esetében max. 1k Ω . (Indoklás: Egy normál TTL kapu bemenetére LOW szintet adva, az a föld felé 1.6 mA áramot szolgáltat. 1.6 mA x 500 Ω = 0.8 V, tehát a még éppen elfogadható LOW szint). CMOS invertereknél a bemenő áram sok-sok nagyságrenddel kisebb. Ezeknél gyakorlatilag nincs ilyen megkötés az R értékére vonatkozóan.

Bármely kondenzátor (pillanatnyi) u_c feszültsége, amely 0-tól U_0 felé töltődik R ellenálláson keresztül a következő egyenlettel írható le:

$$u_c = U_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right) \Rightarrow t = RC \ln \left(\frac{1}{1 - k} \right) \quad \text{ahol: } k = \frac{u_c}{U_0}$$

tehát: a kondenzátor u_c feszültsége, U_0 k-ad részét a fenti t idő alatt éri el.

TTL kapuk esetében ismeretes az a tény, hogy kimeneteik:

- "HIGH" szint esetén (2.4 — 5V) tartományban vannak (természetesen az 5V csak elvi felső határ).
- "LOW" szint esetén (0 — 0.4V) tartományban találhatók.

Bemeneteik a:

- (2 — 5V) közötti feszültséget "HIGH" szintnek,
- (0 — 0.8V) közötti feszültséget "LOW" szintnek fogadják el.

A még éppen elfogadott bemenő (0.8 és 2.0V) és kimenő (0.4 és 2.4V) szinteket feltételezve, valamint azt, hogy az inverter e két szint között középen, azaz 1.4V-nál billen, a (4-9.ábrán) látható időzítésekkel lehet számolni.

$$t_1 = RC \ln \left(\frac{1}{1 - \frac{2.4 - 1.4}{2.4 - 0.4}} \right) = 0.69 RC$$

$$t_2 = RC \ln \left(\frac{1}{1 - \frac{1.4 - (-0.6)}{2.4 - (-0.06)}} \right) = 1.1 RC$$

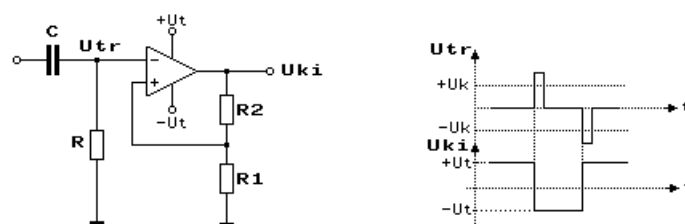
Természetesen ezen előbb kiszámított értékektől t_1 , t_2 időtartamok a valóságban eltérnek, mert az inverterek nem a fent feltételezett szinteken billenek.

A 4-10.ábra NAND kapukból felépített monostabil multivibrátort mutat a legfontosabb pontok feszültségdiagramjaival, amelyeken nyomon követhető az áramkör működése. Felhasználhatók TTL vagy CMOS NAND-ek, azonban TTL kapuk esetében az előző pontban tárgyalt megkötés érvényes. Az elért időzítés:

$$T \cong 0.69 RC.$$

Billenőkörök műveleti erősítőkkel

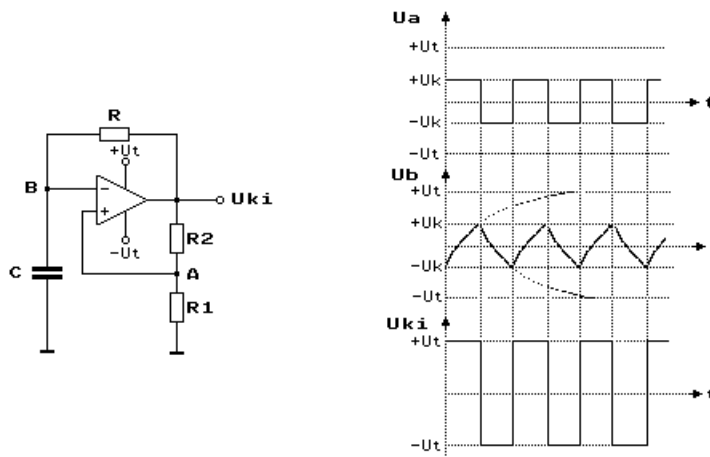
A 4-11.ábrán **bistabil** multivibrátor látható. A műveleti erősítő az R_1 és R_2 ellenállásokkal Schmitt-trigger alkot



4-11. ábra

$+U_k$ és $-U_k$ küszöbszintekkel, amelyek az R_1 , R_2 ellenállások értékeitől, valamint a műveleti erősítő $+U_t$ és $-U_t$ tápfeszültségeitől függenek. Bemenő jel hiányában az invertáló bemenet földpotenciálón található. A Schmitt-trigger megőrzi előző állapotát. A bemenetre adott pozitív impulzus, (amely nagyobb mint $+U_k$) "LOW" állapotba, egy negatív impulzus ($-U_k$ alatti) pedig "HIGH" állapotba billenti.

Astabil multivibrátort láthat a 4-12. ábrán. A műveleti erősítő az R_1 és R_2 ellenállásokkal ebben az esetben is

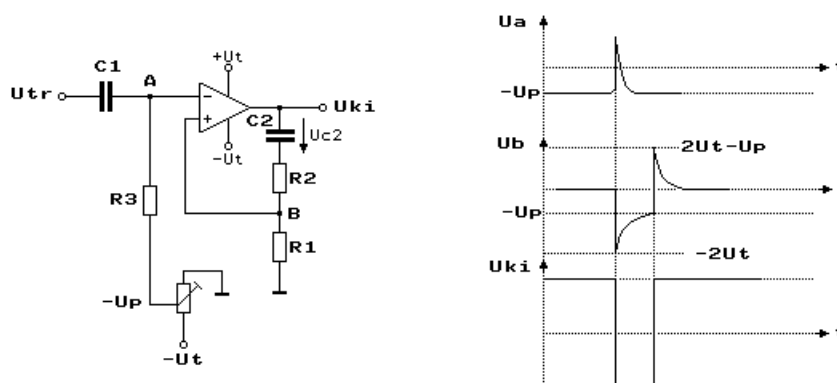


4-12. ábra

Schmitt kört alkot $+U_k$ és $-U_k$ küszöbszintekkel. Ha a hiszterézises komparátor "HIGH" állapotban van ($U_{ki} = +U_t$), a C kondenzátor R ellenálláson keresztül töltődni kezd $+U_t$ felé. Ha a B pont feszültsége eléri a felső küszöbszintet ($U_B = +U_k$) a Schmitt kör átbillen "LOW" állapotba. Ekkor a B pont feszültsége csökkenni kezd és tart $-U_t$ felé (a kondenzátor kisül, majd ellenkező polaritással kezd töltődni), amíg el nem éri az alsó küszöbszintet ($U_B = -U_k$). Ekkor a billenőkör ismét "HIGH" állapotba billen és a folyamat kezdődik előről. Ha R_1 és R_2 értékét úgy választják meg, hogy $U_k = U_t / 2$ akkor a generált négyszögjel periódusa:

$$T = 2 RC \ln \left(\frac{1}{1 - \frac{2}{3}} \right) = 2.2 RC$$

Műveleti erősítéssel felépített **monostabil** multivibrátor látható a 4-13. ábrán. Alapállapotban (bemenő



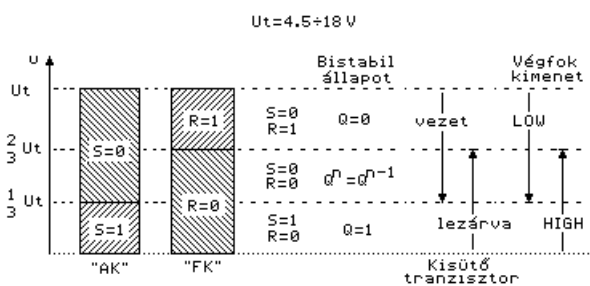
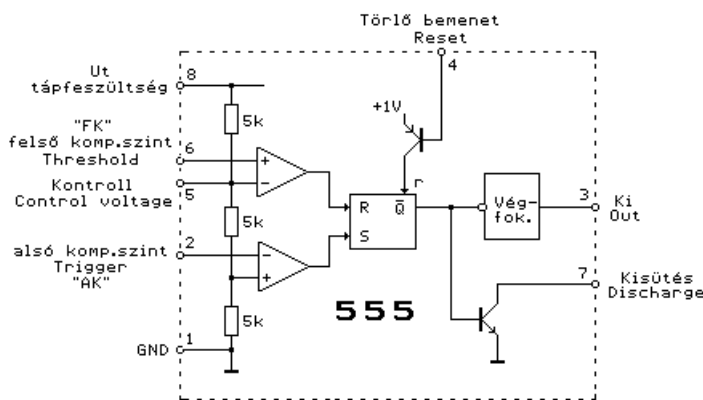
4-13. ábra

jel hiányában) a neminvertáló bemenet földpotenciálán, az invertáló bemenet pedig egy előre beállított negatív feszültségen ($-U_p$) található, tehát $U_{ki} = +U_t$, és ezt az állapotát megőrzi mindaddig míg nincs bemenő jel. A C_2 kondenzátoron levő feszültség $U_{C2} = +U_t$. ($+U_t$ és $-U_t$ a műveleti erősítő tápfeszültségei.)

Pozitív impulzust adva a trigger bemenetre (úgy, hogy $U_A > 0$) a műveleti erősítő átbillen "LOW" állapotba ($U_{ki} = -U_t$). Ekkor B pont feszültsége $-2U_t$ lesz (közvetlenül az első pillanatban), mely $-U_p$ alatt van, így a bemenő trigger impulzus megszűnte után is "LOW" állapotban marad a műveleti erősítő addig, amíg a B pont el nem éri a $-U_p$ -t. Ekkor C_2 feszültsége $U_{C2} = -(U_t - U_p)$. A műveleti erősítő visszabillen eredeti "HIGH" állapotába, B pont $+U_t$ fölé kerül $|U_t - U_p|$ értékkel, mely egy bizonyos idő után visszacsökken nullára, (miután a C_2 kondenzátor feszültsége $U_{C2} = -(U_t - U_p)$ értékről $U_{C2} = +U_t$ értékre változik R_1, R_2 ellenállásokon keresztül) készen állva egy újabb triggerimpulzus fogadására.

Billenőkörök speciális IC-vel

Számtalan cél-IC-t fejlesztettek ki billenőkörök építésére. A laborjegyzet terjedelme kizárja mindezek ismertetését, azonban érdemes kiragadni közülük egyet, az **555**-ös típust az úgynevezett timert, amely cél-IC ellenére széles körű felhasználásnak örvend. Az IC belső felépítése a 4-14. ábrán látható. Az IC lelke egy külön törlőbemenettel rendelkező RS bistabil, amelyet két komparátor hajt meg. Az IC-ben helyet kapott

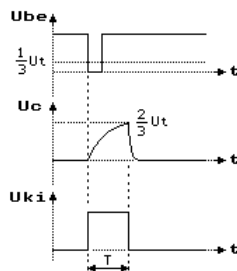
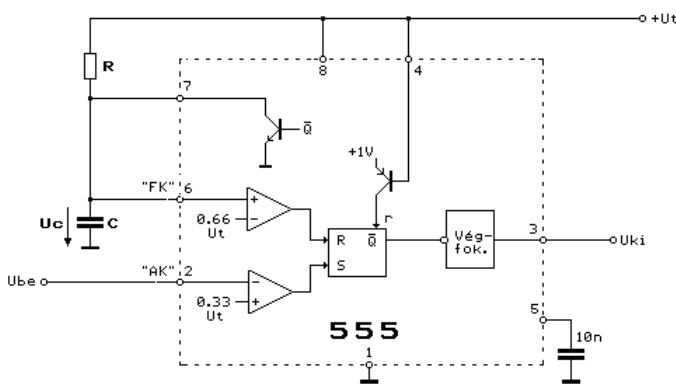


4-14. ábra

továbbá: egy ($5k\Omega$ -os ellenállásokból álló) feszültségosztó, mely a komparátorok számára állít elő $1/3 U_t$ és $2/3 U_t$ értékű referenciazfeszültséget (ezen feszültségek értékei szükség esetén kívülről kismértékben módosíthatók a kontroll bemenet segítségével), egy végfokozat, amely maximálisan 200 mA-ig terhelhető, valamint egy kisütő tranzisztor, amely rendszerint egy külső kapacitást szokott a megfelelő pillanatban rövidre zárni. A 4-14. ábra diagramján nyomon követhető a bistabil, a kisütés, valamint az IC kimenet értékei különböző "FK" és "AK" bemenő feszültségek esetén. (A bistabil r törlő bemenetének természetesen elsőbbsége van az R és S bemenetekkel szemben. $+0.4 V$

alatti feszültség szintet adva az r bemenetre, $Q=0$ lesz függetlenül attól, hogy az R és S illetve az "FK" és "AK" milyen értékű.)

A következő 4-15. ábra az 555-ös IC **monostabilként** történő felhasználását mutatja be. Az így kapott

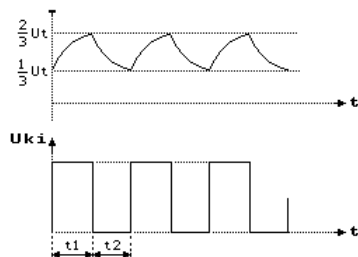
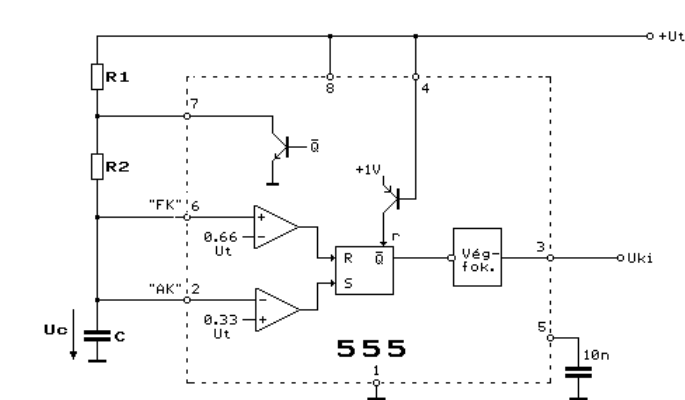


4-15. ábra

monostabil negatív élre billenő. Alapállapotban (ez a stabil állapot) $U_{be} = +U_t \Rightarrow S = 0$; $U_C = 0$; $R = 0$; a bistabil megőrzi előző állapotát $Q = 0$; $U_{ki} = \text{LOW}$; a kisütő tranzisztor vezet és továbbra is $U_C = 0$ állapotot biztosít. Ez az állapot korlátlan ideig fennmaradhat. Ha azonban $U_{be} < 1/3 U_t$ alá csökken, $S=1 \Rightarrow Q=1$; $U_{ki} = \text{HIGH}$; a kisütő tranzisztor lezár, a C kondenzátor R ellenálláson keresztül $+U_t$ felé töltődni kezd. Amikor U_C eléri $2/3 U_t$ -t, $\Rightarrow R=1$ (a helyes működéshez ekkor már $S=0$ azaz $U_{be} > 1/3 U_t$ kell legyen), $Q=0$; $U_{ki}=\text{LOW}$; kisütő tranzisztor vezet $U_C=0$, visszaáll az alapállapot.

Az áramkör kimenetén megjelenő impulzus

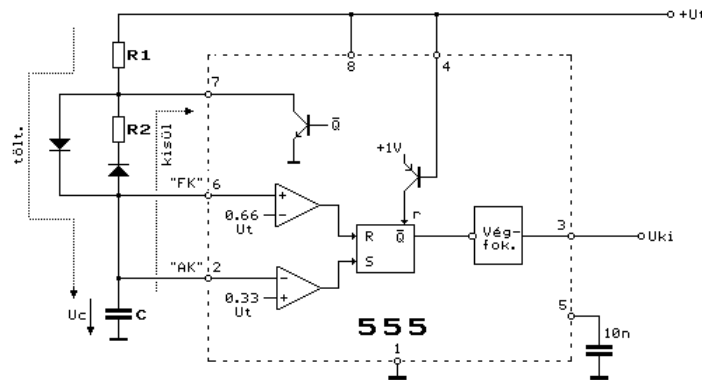
szélessége $T = 1.1 R C$ (amíg a C kondenzátor feszültsége nulláról $+ 2/3 U_t$ -ig növekszik). A monostabil akkor működik helyesen ha a triggerimpulzus szélessége rövidebb mint az időzítés.



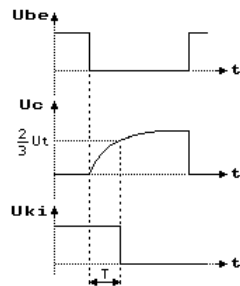
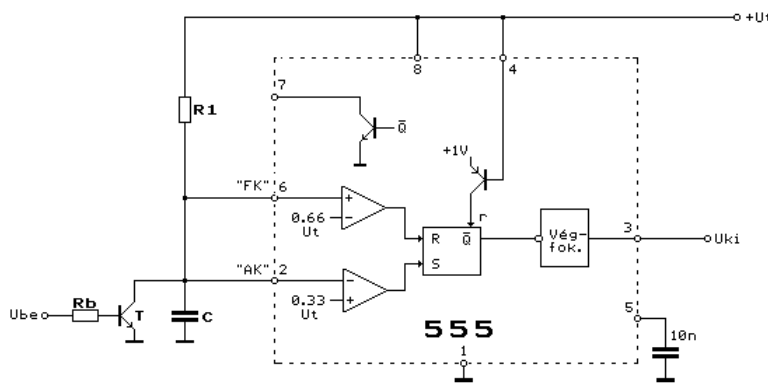
4-16. ábra

ellenállásokon keresztül töltődik. Amikor $U_C > 2/3 U_t$ érték fölé emelkedne $R=1$; ($S=0$) lesz, $\Rightarrow Q=0$ ($U_{ki} = \text{LOW}$), a kisütő tranzisztor vezet, a C kondenzátor R_2 ellenálláson keresztül kezd kisülni. Amikor $U_C < 1/3 U_t$ érték alá csökkenne $S=0$ ($R=1$) lesz, $Q=1$, $U_{ki} = \text{HIGH}$, a kisütő tranzisztor lezár, a C kondenzátor ismét töltődni kezd R_1+R_2 ellenállásokon keresztül és a folyamat ismétlődik előről. $t_1 = (R_1+R_2) C \ln 2$ és $t_2 = R_2 C \ln 2$. Ebben az elrendezésben csak olyan négyszögjel generálható, amelynél $t_1 > t_2$.

Ez a hátrány kiküszöbölhető ha két dióda segítségével külön választják a töltő és kisütő áramkört, amint azt a 4-17. ábra mutatja.



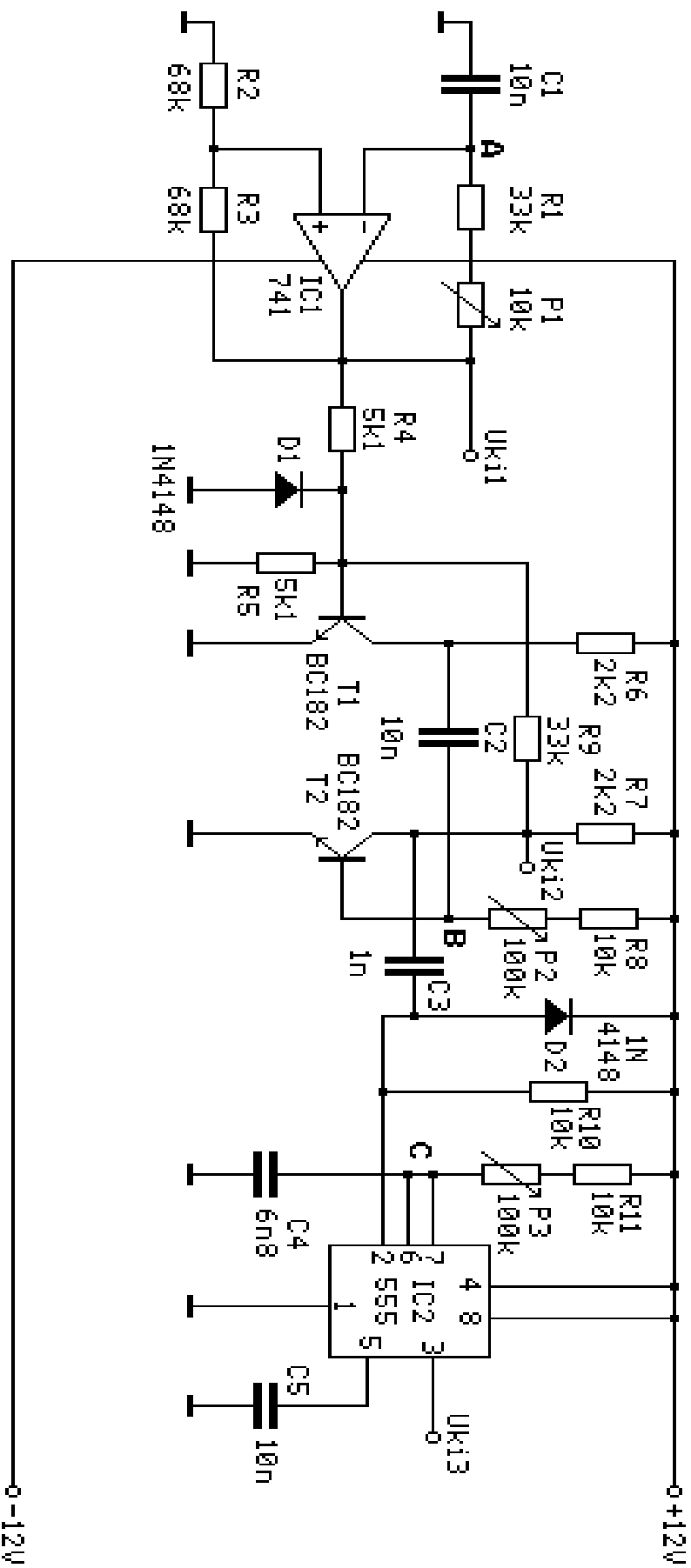
4-17. ábra



4-18. ábra

Az 555-ös IC újabb felhasználási körét mutatja a 4-18. ábra. Ez egy úgynevezett időzítő áramkör, amelynél — ellentétben a monostabillal — a triggerimpulzus megjelenésekor a kimenet állapota nem változik. Ebben a pillanatban azonban beindul az időzítés, amelynek letelte után LOW szintre csökken a kimenet. Ebben a kapcsolásban az 555-ös Schmitt-triggerként működik $1/3 U_t$ és $2/3 U_t$ küszöbszintekkel. Alapállapotban $U_{be} = \text{HIGH}$, T tranzisztor vezet, C kondenzátor kisütve, $U_C=0$, $R=0$; $S=1$; $\Rightarrow Q=1$

$\Rightarrow U_{ki}=\text{HIGH}$. Az időzítés beindítható ha U_{be} LOW szintre csökken, a T tranzisztor lezár, C kondenzátor az R_1 ellenálláson keresztül $+U_t$ felé töltődni kezd. $Q=1$ és $U_{ki} = \text{HIGH}$ marad továbbra is, egészen addig amíg $U_C > 2/3 U_t$ fölé nem lép. Ekkor $R=0 \Rightarrow Q=0 \Rightarrow U_{ki}=\text{LOW}$ lesz. A helyes működéshez az szükséges, hogy a bemenő feszültség U_{be} hosszabb ideig tartózkodjon LOW szinten mint az időzítés ($T = 1.1 R C$).



4-19. ábra

Mérési feladatok:

A 4-19. ábrán látható áramkör képezi a mérés tárgyát, amely egy astabil valamint két monostabil multivibrátorból áll. Ez a laboratóriumi impulzusgenerátor "kistestvérének" (tan változatának) tekinthető. A generátorral olyan négyszögjel állítható elő, amelynek frekvenciája, kitöltési tényezője és késleltetése szabályozható egy-egy potenciométerrel. Az impulzusgenerátornak van egy jel- és egy szinkron kimenete. Késleltetés alatt a szinkron- és a jel kimenet közötti állítható idő különbséget kell érteni. Vizsgálandó áramkörünk U_{ki1} kimenete lehet az ún. szinkron-, míg U_{ki3} a jel kimenet.

1.) Azonosítsa a mérendő áramkör egyes részegységeit, kapcsolja be a tápfeszültséget, vizsgálja a főbb pontok jelalakjait oszcilloszkópon miközben tekergeti a potmétereket!

2.) A gyakorlatvezető által megadott potméterállások értékeinek figyelembe vételével számítsa ki az egyes részegységek időzítéseit! Rajzolja le a főbb pontok (U_A , U_{ki1} , U_B , U_{ki2} , U_C , U_{ki3}) elméletileg várható jelalakjait fázishelyesen!

3.) Állítsa be gyakorlatilag (Ohmmérő segítségével, tápfeszültség lekapcsolva, potenciométerek kiemelve az áramkörből !) P_1 , P_2 , P_3 -at az előbbi értékekre!

Helyezze vissza a potenciométereket, kapcsolja be a tápfeszültséget, oszcilloszkóp segítségével nézze meg és rajzolja le U_A , U_{ki1} , U_B , U_{ki2} , U_C , U_{ki3} idődiagrammjait!

4.) Mérje meg az impulzusgenerátor műszaki jellemzőit:

- periódusidő T_{min} , T_{max} ,
- impulzus késleltetés t_{min} , t_{max} ,
- kitöltési tényező γ_{min} , γ_{max} .

5.) Írja le, mi a D_1 és D_2 diódák szerepe a 4-19. ábrán !