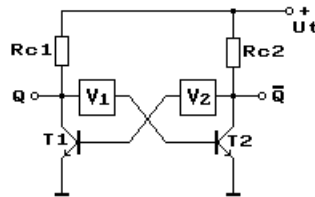


## Billenőkörök

A billenőkörök, vagy más néven multivibrátorok pozitívan visszacsatolt, kétállapotú áramkörök. Kimeneteik szigorúan két feszültség szint (LOW és HIGH) között változnak. 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 (mindkét visszacsatoló tag rezisztív),
- astabilok (mindkét visszacsatoló tag kapacitív),
- monostabilok (egyik visszacsatoló tag rezisztív, a másik kapacitív).

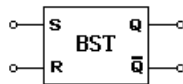


4-1. ábra

(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, amelyek pl. valamilyen egyenfeszültség szintre csatlakoznak.)

### • Bistabil multivibrátorok

Olyan billenőkörök, amelyeknek két bemenetük (S és R), ill. két  $Q$  és  $\bar{Q}$  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 billenthető egy "set" impulzussal  $S=1$ , (természetesen továbbra is  $R=0$ ), amely akár rövid idejű is lehet, illetve HIGH-ból LOW-ba billenthető egy "reset" impulzussal  $R=1$  (ebben az esetben  $S=0$ -nak kell lenni). Általában nem megengedett az egyidejű "set" és "reset".



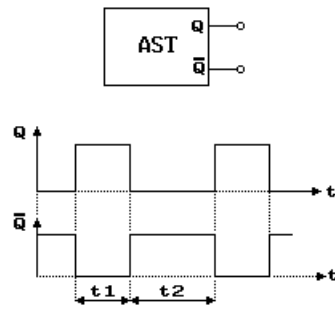
4-2. ábra

Mindezeket összefoglalva a bistabil multivibrátor az alábbi igazságtáblával jellemezhető:

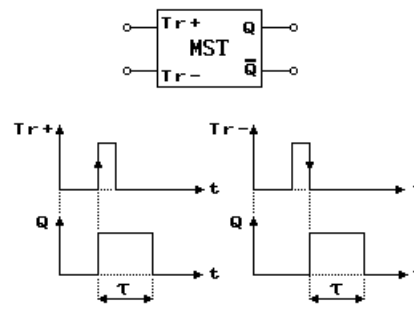
S	R	$Q^n$	$Q^{n+1}$	$\bar{Q}^{n+1}$
0	0	0	0	1
0	1	0	0	1
1	0	0	1	0
1	1	0	nem	megen
0	0	1	1	0
0	1	1	0	1
1	0	1	1	0
1	1	1	nem	megen

### • Astabil multivibrátorok

Általában bemenettel nem rendelkező billenőkörök. Kimeneteik állapota, külső beavatkozás nélkül, a LOW és HIGH szint között folyamatosan billeg (egyik állapot sem stabil). Kimeneteik azonban, egy jól meghatározott ideig tartózkodnak 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).



4-3. ábra



4-4. ábra

Ha az astabil bemenettel is rendelkezik, akkor a generált négyszögjel megfelelő feltételek esetén szinkronizálható a bemenő jellel.

• **Monostabil multivibrátorok**

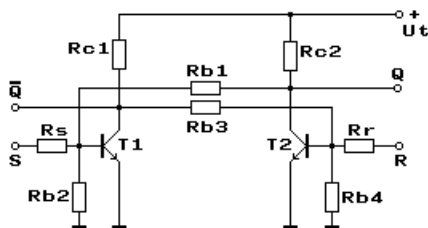
Olyan billenőkörök, amelyeknél az egyik állapot stabil, azaz külső beavatkozás nélkül ebben az állapotban találhatók korlátlan ideig. Külső beavatkozásra, a trigger bemenetre adott impulzus hatására, a másik állapotukba billenek egy előre meghatározott ideig, amit a monostabil egyik visszacsatoló áramkörében található R és C elemek szabnak meg. Ezt az időtartamot időzítésnek nevezik. Ezen időzítés letelte után maguktól visszabillennek 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**

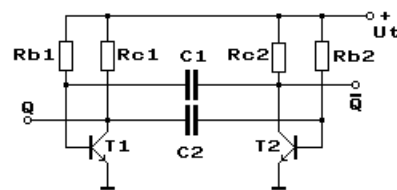
Billenőkörök készíthetők diszkrét elemekből (pl. tranzisztorokból), és integrált áramkörökből (logikai kapukból, műveleti erősítőkből, valamint speciálisan e célra gyártott IC-kből).

• **Billenőkörök tranzisztorokkal**

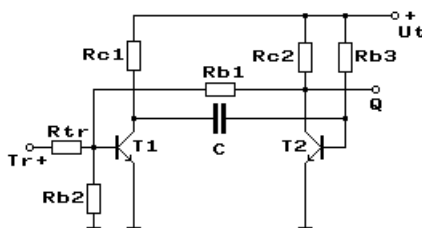
Billenőkörök tranzisztorokkal való megvalósítása az elektronika előadásokból ismertnek tekintendő, ezek részletes ismertetése nem a labor tárgykörébe tartozik. A Hallgatótól viszont elvárható, hogy az alábbi ábrák (4-5., 4-6., 4-7. ábrák) alapján felelevenítse az előadásokon szerzett ismereteit (azonosítsa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



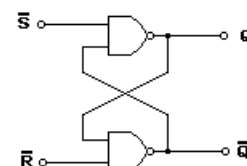
4-5. ábra



4-6. ábra



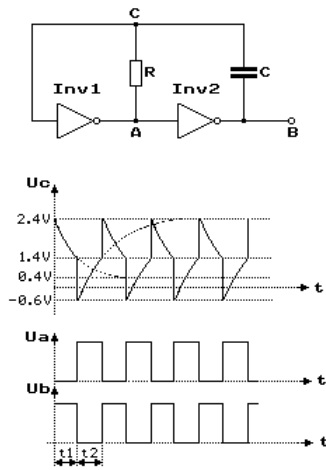
4-7. ábra



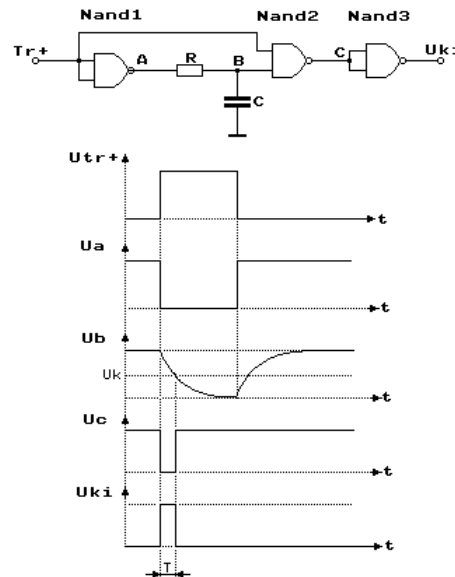
4-8. ábra

• **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.



4-9. ábra



4-10. ábra

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 500 Ω. Kisfogyasztású LS inverterek esetében max.1kΩ. (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.

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

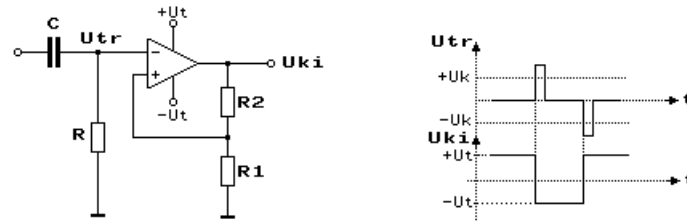
$$t_2 = RC \ln \left( \frac{1}{1 - \frac{1.4 - (-0.6)}{2.4 - (-0.6)}} \right) = 1.1 RC$$

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

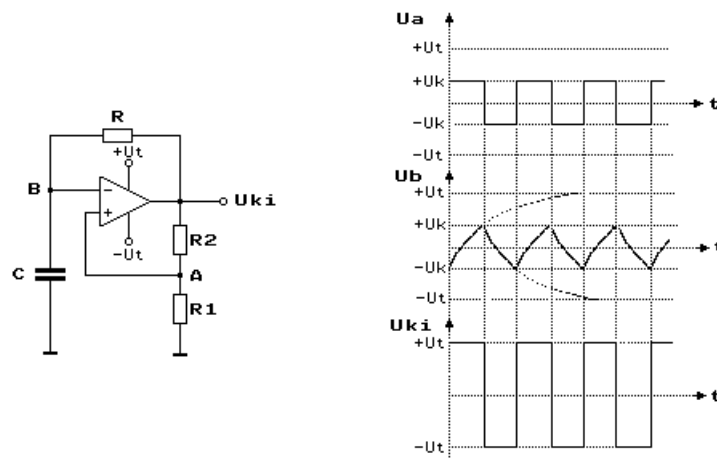
A 4-11. ábrán **bistabil** multivibrátor látható. A műveleti erősítő az  $R_1$  és  $R_2$  ellenállásokkal Schmitt-trigger alkot  $+U_k$  és  $-U_k$  küszöbszintekkel, amelyek az  $R_1$ ,  $R_2$  ellenállások értékeitől, valamint a műveleti erősítő  $+U_t$  és  $-U_t$  tápfeszültségeitől függenek. Bemenő jel hiányában az invertáló bemenet földpotenciálón található.



4-11. ábra

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 Schmitt kört alkot  $+U_k$  és  $-U_k$  küszöbszintekkel.

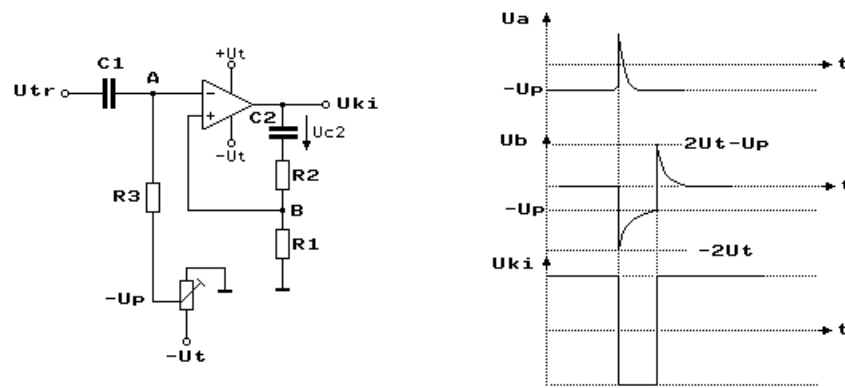


4-12. ábra

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 erősítőből felépített **monostabil** multivibrátor látható a 4-13. ábrán.



4-13. ábra

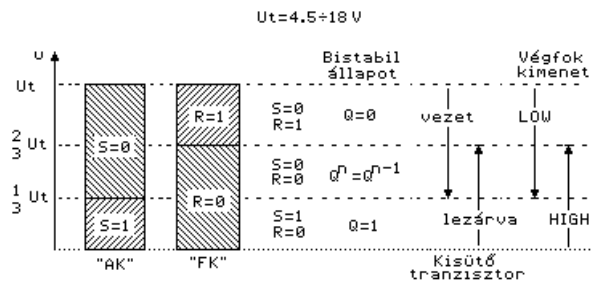
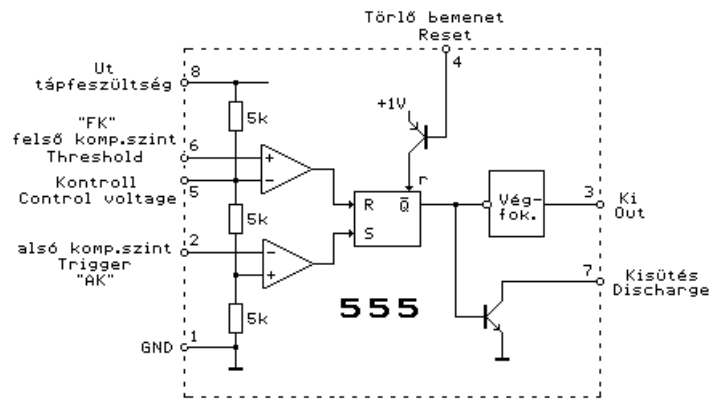
Alapállapotban (bemenő jel hiányában) a neminvertáló bemenet földpotenciálán, az invertáló bemenet pedig egy előre beállított negatív feszültségen ( $-U_p$ ) található, tehát  $U_{ki} = +U_t$ , és ezt az állapotát megőrzi mindaddig míg nincs bemenő jel. A  $C_2$  kondenzátoron levő feszültség  $U_{C2}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

Számtalan cél-IC-t fejlesztettek ki billenőkörök építésére. A laborjegyzet terjedelme kizárja mindezek ismertetését, azonban érdemes néhány érdekesebb típust kiragadni közülük.

#### • 555-ös timer IC

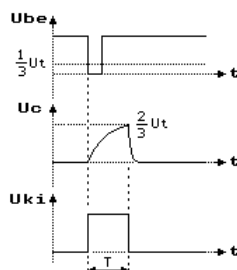
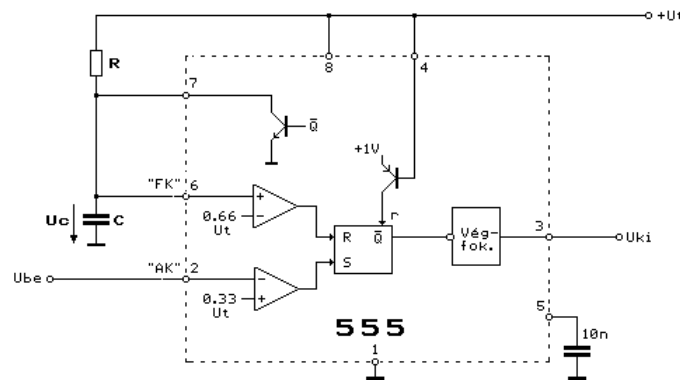
Cél-IC ellenére széles körű felhasználásnak örvend. Belső felépítése a 4-14. ábrán látható. Az IC lelke egy külön törlőbemenettel rendelkező RS bistabil, amelyet két komparátor hajt meg. Az IC-ben helyet kapott továbbá: egy ( $5k\Omega$ -os ellenállásokból álló) feszültségosztó, mely a komparátorok számára állít elő  $1/3 U_t$  és  $2/3 U_t$  értékű referenciafeszültséget (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.



4-14. ábra

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 monostabil negatív élre billenő.

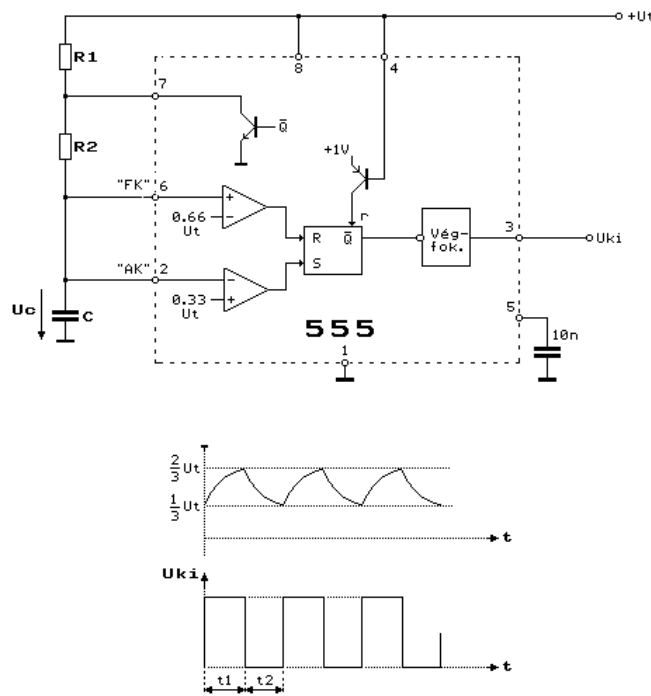


4-15. ábra

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 tranzisztort 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 tranzisztort 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**.

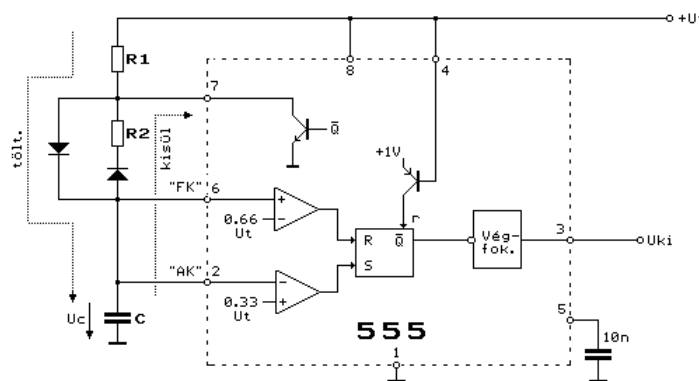
Az 555-ös típusú IC **astabilként** működik a 4-16. ábra szerinti elrendezésben. A  $C$  kondenzátor az  $R_1+R_2$  ellenállásokon keresztül töltődik. Amikor  $U_C > 2/3 U_t$  érték fölé emelkedne  $R=1$ ; ( $S=0$ ) lesz,  $\Rightarrow Q=0$  ( $U_{ki} = \text{LOW}$ ), a kisütő tranzisztor vezet, a  $C$  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  $t_2 = R_2 C \ln 2$ .



4-16. ábra

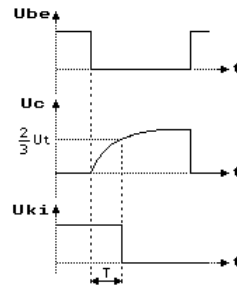
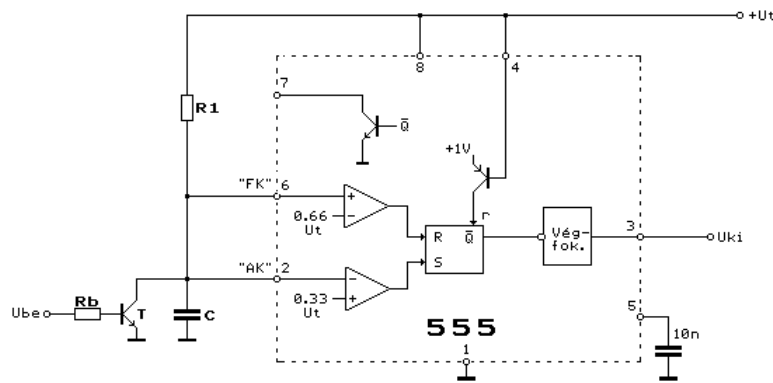
Ebben az elrendezésben csak olyan négyszögjel generálható, amelynél  $t_1 > t_2$ .

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

Az 555-ös IC újabb felhasználási körét mutatja a 4-18. ábra. Ez egy úgynevezett időzítő áramkör, amelynél — ellentétben a monostabilal — a triggerimpulzus megjelenésekor a kimenet állapota nem változik. Ebben a pillanatban azonban beindul az időzítés, amelynek letelte után LOW szintre csökken a kimenet.



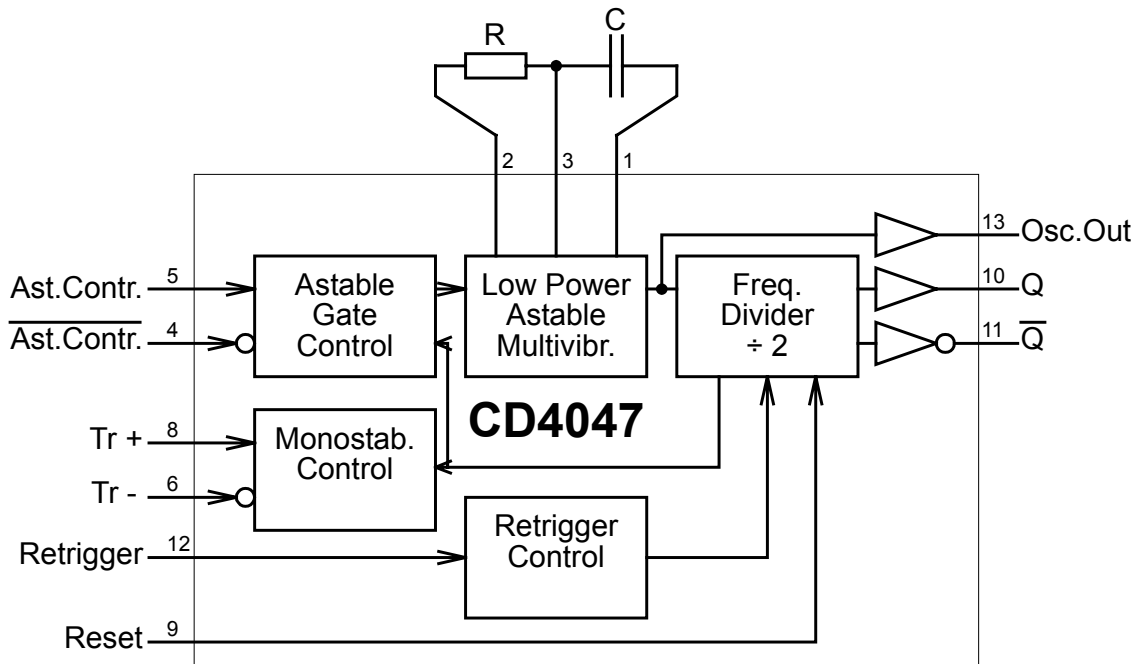
4-18. ábra

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 ( $T = 1.1 R C$ ).

- **4047-es CMOS IC ismertetése**

Az IC mind astabil, mind pedig monostabil üzemmódban használható. Az integrált áramkör „lelke” a „Low Power Astable Multivibr.”-el jelzett blokk, amely egy (nagy pontosságú, 10kHz-ig  $\pm 0.5\%$ ) szimmetrikus négyszögjelet előállító, kapuzható astabil multivibrátor, periódus idejét az 1, 2, 3-as lábakra csatlakoztatott külső R, C elemek határozzák meg. Az astabil kimenőjele közvetlenül (13-as lábon), vagy „egy frekvencia felező” (pontosabban impulzus-szélesség kétszerező) után érhető el ( $Q$  és  $\bar{Q}$  10, 11-es lábak).





4.19 ábra

**-astabil üzemmódok:**

-szabadonfutó:

**U<sub>T-re</sub>**: ast,  $\overline{\text{ast}}$ , Tr $^-$ ,**földre**: Tr $^+$ , rTr, Res,

bemenet: nincs,

kimenet: Osc ( $T_0=2.2 RC$ ), Q,  $\overline{Q}$  ( $T_0=4.4 RC$ ).

-logikai „1-el” kapuzott:

**U<sub>T-re</sub>**:  $\overline{\text{ast}}$ , Tr $^-$ ,**földre**: Tr $^+$ , rTr, Res,

bemenet: ast,

kimenet: Osc ( $T_0=2.2 RC$ ), Q,  $\overline{Q}$  ( $T_0=4.4 RC$ ).

-logikai „0-val” kapuzott:

**U<sub>T-re</sub>**: Tr $^-$ ,**földre**: ast, Tr $^+$ , rTr, Res,bemenet:  $\overline{\text{ast}}$ ,kimenet: Osc ( $T_0=2.2 RC$ ), Q,  $\overline{Q}$  ( $T_0=4.4 RC$ ).**megj.:** csak a Q,  $\overline{Q}$  kimeneteken garantált az 50% -os kitöltési tényező, Osc-on nem.**-monostabil üzemmódok:**

-felfutó élvezérelt:

**U<sub>T-re</sub>**:  $\overline{\text{ast}}$ ,**földre**: ast, Tr $^-$ , rTr, Res,bemenet: Tr $^+$ ,kimenet: Q,  $\overline{Q}$  ( $\tau=2.48 RC$ ).

-lefutó élvezérelt:

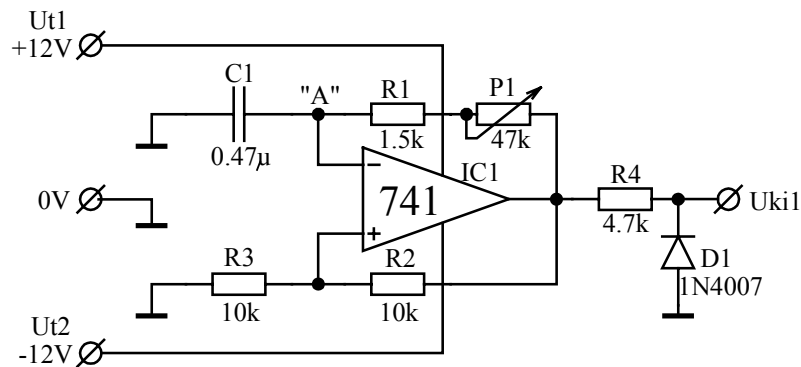
**U<sub>T-re</sub>**:  $\overline{\text{ast}}$ , Tr $^+$ ,**földre**: ast, rTr, Res,bemenet: Tr $^-$ ,kimenet: Q,  $\overline{Q}$  ( $\tau=2.48 RC$ ).

-retriggerelhető, felfutó élvezérelt:

**U<sub>T-re</sub>**:  $\overline{\text{ast}}$ ,**földre**: ast, Tr $^-$ , Res,bemenet: Tr $^+$ , rTr,kimenet: Q,  $\overline{Q}$  ( $\tau=2.48 RC$ ).**megj.:** a triggerjel hosszára teljesen immunis az áramkör, csak az illető elrendezés szerinti fel/lefutó él számít.

## A mérendő áramkörök

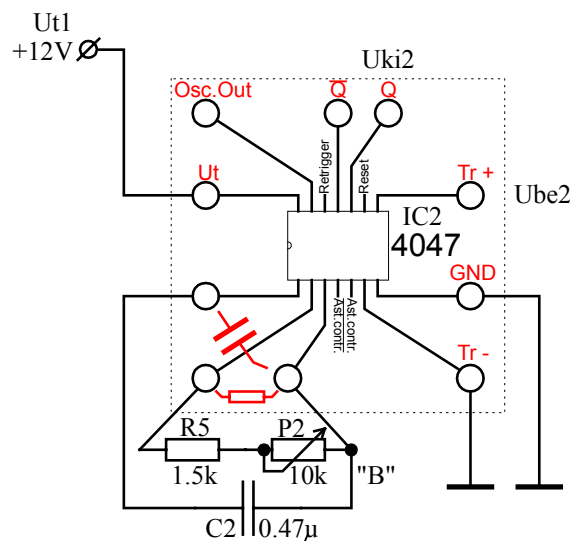
1° **Műveleti erősítővel megvalósított astabil multivibrátor:** vizsgálandó jelalakok  $U_A$  és  $U_{ki1}$ .



4.20 ábra

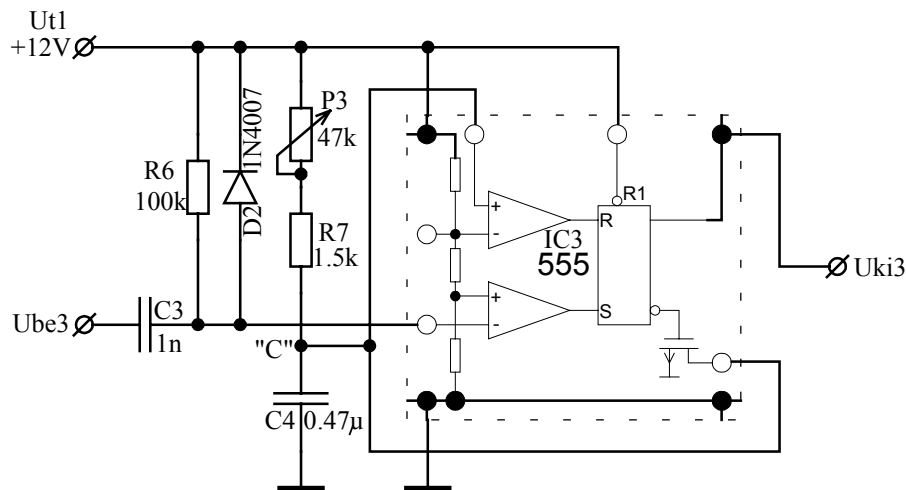
2° **4047-es IC-vel megvalósított, felfutó élvezérelt monostabil multivibrátor.** Mivel ilyen alkatrész nem található a szabványos Leybold „dobozok” között, ezért egy általános „foglat-dobozba” lett az IC behelyezve. A dobozon belül kötöttük be: **U<sub>r-re</sub>**: ast, és **földre**: ast, rTr, Res kivezetéseket a hallgató által megvalósítandó összekötések minimalizálása céljából (igaz ugyan, hogy így csak monostabilként használható).

Felfutó élvezérelt monostabilként használható az ábrán látható módon, lefutó élvezérelként, ha  $Tr+ = Ut$  és  $Tr- =$  bemenet. Vizsgálandó jelalakok  $U_B$  és  $U_{ki2}$ .



4.21 ábra

3° **555-ös timerrel megvalósított monostabil multivibrátor.** Mivel az áramkör érzékeny a triggerjel hosszára ([lásd 4.15 ábránál leírtakat](#)), ezért alkalmaztunk az  $U_{be3}$  és az IC bemenete között egy kvázidifferenciáló áramkört (1nF, 100kΩ). Nagyobb időállandó esetén a tényleges triggerjel szélessége nő, kisebb időállandónál amplitudóban „nem bukik”  $\frac{1}{3}U_t$  alá, és ezáltal nem triggerelődik az 555-ös. Vizsgálandó jelalakok  $U_C$  és  $U_{ki3}$ .



4.22 ábra

### Elvégzendő feladatok:

- 1.) Építse meg a fenti 4.20, 4.21, 4.22 ábrákon látható áramköröket a Leybold alaplapján lehetőleg úgy, hogy a három egység minél jobban elkülönüljön!  
Kösse össze őket a következőképpen:
  - az astabil kimenete  $U_{ki1}$  hajtsa meg a 4047-es monostabil felfutó élvezérelt triggerbemenetét  $U_{be2}$ ,
  - a 4047-es Q kimenete  $U_{ki2}$  pedig az 555 monostabil lefutó élvezérelt  $U_{be3}$  bemenetét.
 Ezáltal egy olyan eszközt kapunk, amely a laboratóriumi impulzusgenerátor „tan-változatának” tekinthető.  $U_{ki1}$  a generátor szinkron kimenete, míg  $U_{ki3}$  a jel kimenet. Ha  $U_{ki3}$ -at tekintjük  $U_{ki1}$ -hez képest, akkor azt tapasztaljuk, hogy  $P_1$  segítségével a generátor periódusideje,  $P_2$  segítségével  $U_{ki3}$  késése ( $U_{ki1}$ -hez képest), míg  $P_3$ -al  $U_{ki3}$  kitöltési tényezője állítható (épp, mint az impulzusgenerátor esetén!). Az összeállítás után, még egyszer ellenőrizze a kapcsolás helyességét, majd kapcsolja be a tápfeszültséget! Oszilloszkópon jelenítse meg az egyes mérőpontok ( $U_A$ ,  $U_{ki1}$ ,  $U_B$ ,  $U_{ki2}$ ,  $U_C$ ,  $U_{ki3}$ ) idődiagramjait! A potméter értékek állításával figyelje ezek hatásait!
- 2.) Kérjen a gyakorlatvezetőtől potméter-állásokat! Ezek figyelembe vételével állítsa (Ohmmérő segítségével, tápfeszültség lekapcsolva, potencióméterek kiemelve az áramkörből !)  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ -at az előbbi értékekre!
- 3.) Számolja ki elméletileg az egyes időzítéseket a fenti potméterértékek figyelembevételével!
- 4.) Helyezze vissza a potenciómétereket, kapcsolja vissza a tápfeszültséget, majd oszcilloszkóp segítségével nézze meg és rajzolja le **fázishelyesen**  $U_A$ ,  $U_{ki1}$ ,  $U_B$ ,  $U_{ki2}$ ,  $U_C$ ,  $U_{ki3}$  idődiagramokat!
- 5.) Vesse össze az elméletileg számolt és a gyakorlatilag megmért (oszcillogramokról leolvasott) időzítéseket!
- 6.) Mérje meg az impulzusgenerátor műszaki jellemzőit:
  - periódusidő  $T_{min}$ ,  $T_{max}$ ,
  - impulzus késleltetés  $t_{min}$ ,  $t_{max}$ ,
  - kitöltési tényező  $\gamma_{min}$ ,  $\gamma_{max}$ .
- 7.) Írja le a  $D_1$ ,  $D_2$  diódák szerepét!