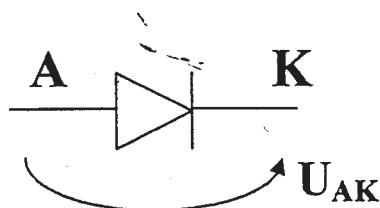


## 1. mérés: Egyenirányító kapcsolások

A dióda

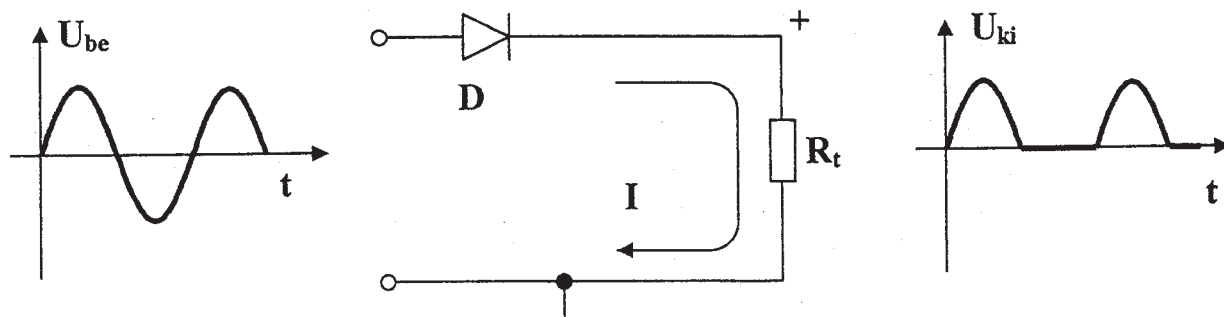
A félvezető diódák az áramot gyakorlatilag mindig egy irányba engedik átfolyani. Két kivezetésük van, amelyeket A anódnak és K katódnak nevezünk. Az alábbi ábra a dióda rajzjelét szemlélteti.



Ha a diódára  $U_{AK} > 0$  pozitív feszültséget kapcsolunk ( anód pozitívabb a katódhoz képest), akkor átérésztő irányban működik, rajta keresztül áram folyik.  $U_{AK} < 0$  negatív feszültségnél a dióda lezár. A diódát germániumból vagy szilíciumból készítik. A nyitott szilíciumdiódákon eső feszültség kb. 0,5..0,8 V tartományban van, ami az egyenirányítandó feszültséghez képest a legtöbb esetben elhanyagolható. A gyakorlatban a diódák tokozásán a katódot egy vonallal jelölik.

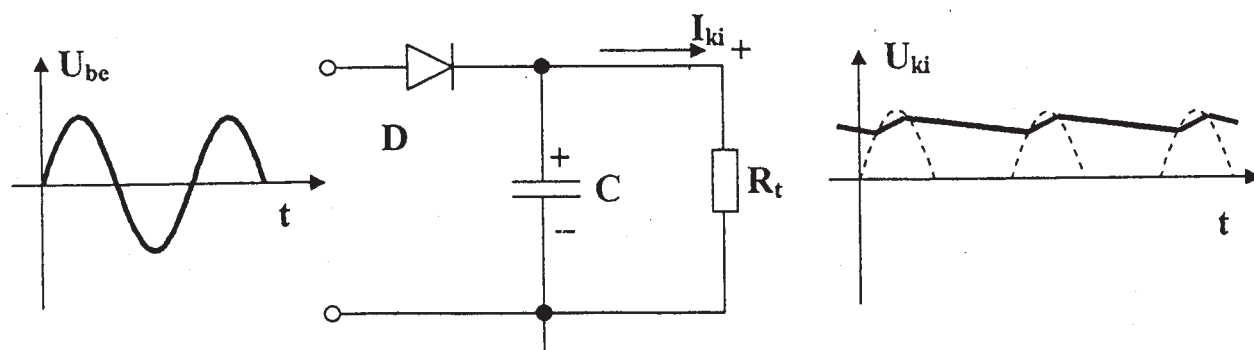
Egyutas egyenirányító

Ha váltakozó feszültségből egyenfeszültséget akarunk előállítani, egyenirányítót kell alkalmazni. Az egyenirányítás legegyszerűbb módja az egyutas egyenirányító:

A kapcsolat működése:

A váltakozó feszültség pozitív félperiódusában a dióda ( $U_{AK} > 0$ ) nyit és az áramkör záródik az  $R_t$  terhelő ellenálláson keresztül. A negatív félperiódusban a dióda ( $U_{AK} < 0$ ) zár, az áramkörben áram nem folyik. A kimeneten a fenti ábrán látható lüktető egyenfeszültség jelenik meg. Ez az egyenfeszültség a gyakorlati alkalmazások igen kis százalékában használható. A feszültség lüktető hatása töltéstároló elemmel csökkenthető. Ennek az a feladata, hogy a váltakozó feszültség pozitív félperiódusa alatt töltést halmozzon fel. Ebből a felhalmozott töltésből fedezi az  $R_t$  terhelő ellenállás áramát akkor, amikor a váltakozó feszültség negatív félperiódusa tart. Ez az áramköri elem a kondenzátor.

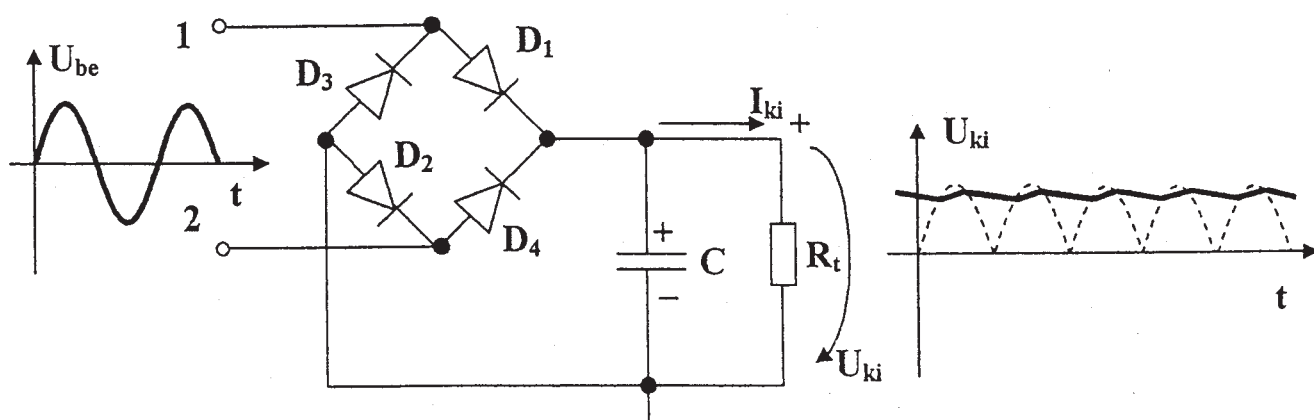
A pufferkondenzátoros egyenirányító kapcsolási rajza:



A kondenzátor alkalmazásával is lesz a kimeneti feszültségben változás, ezt a feszültséget bűgőfeszültségnek nevezzük. A bűgőfeszültség nagysága a kimeneti áramtól és a kapacitástól függ. (Ha az áram nő - vagy a kapacitás csökken -, a bűgőfeszültség nő.)

### Graetz-kapcsolás

Az egyenirányítás tulajdonságai tovább javíthatók, ha az egyenirányításban nem csak a pozitív félperiódust használjuk fel, hanem a negatívát is. Ezt az alábbi ábrán látható Graetz-kapcsolás valósítja meg:



A váltakozó feszültség pozitív félperiódusa alatt a bemeneti pontok közül az 1. a pozitív, a 2. a negatív. Ekkor a  $D_1$  és  $D_2$  dióda nyitott,  $D_3$  és  $D_4$  zárt. Az áramkör a  $D_1 - R_t - D_2$  úton záródik. A negatív félperiódus alatt az 1. bemenet negatív, a 2. pozitív. Ekkor a  $D_3$  és  $D_4$  dióda nyitott,  $D_1$  és  $D_2$  zárt. Az áramkör a  $D_4 - R_t - D_3$  úton záródik. Tehát a kapcsolás a váltakozó feszültség mindkét félperiódusa alatt ugyanolyan irányú áramot alakít ki a terhelő ellenálláson. A kondenzátor feladata azonos az egyutas egyenirányítónál megismerttel. Itt az utántöltés és kisülés viszonya jelentősen megjavul. Ebből az következik, hogy a bűgőfeszültség csökken az egyutas egyenirányító bűgőfeszültségéhez képest, ha az áramköri paraméterek változatlanok.

**Feladat:**

A bevezetésben található kapcsolási rajzok szerinti egyutas és kétutas (Graetz) egyenirányítót kell megvizsgálni pufferkondenzátor nélkül és pufferkondenzátorral, illetve két terheléssel. Az egyenirányító bemenetére minden esetben 50 Hz frekvenciájú 12 V effektív értékű szinuszos váltakozófeszültséget kell adni a transzformátorról.

**I. Egyutas egyenirányító vizsgálata**

Az egyenirányító bemenetére az oszcilloszkóp egyik, a kimenetére (a terhelő ellenállással párhuzamosan) az oszcilloszkóp másik csatornáját kösse be! Az oszcilloszkóp mindkét csatornájánál a földpont közös, melyet elegendő a kapcsolat egy megfelelő pontjára csatlakoztatni.

a) pufferkondenzátor nélkül ( $R_t=2,2 \text{ k}\Omega$ )

Ábrázolja a bemeneti, mellé a kimeneti jelalakot léptékhelyesen!

b) pufferkondenzátorral ( $C=10 \text{ }\mu\text{F}$ ,  $R_t=2,2 \text{ k}\Omega$ )

Ábrázolja a kimeneti jelalakot léptékhelyesen (az előző pont diagramjába is lehet)! Jelölje be a bűgófeszültséget! Külön diagramban ábrázolja a bűgófeszültséget is (az oszcilloszkóp AC állásában)!

**II. Kétutas egyenirányító vizsgálata**

Az oszcilloszkópnak csak az egyik csatornáját használjuk, amelyiket az egyenirányító kimenetére kötjük. A bemeneti jelet a továbbiakban nem vizsgáljuk, mert az megegyezik az előző pontbelivel.

a) pufferkondenzátor nélkül ( $R_t=2,2 \text{ k}\Omega$ )

Ábrázolja a kimeneti jelalakot léptékhelyesen! Jelölje be a bemeneti jelalakot is!

b) pufferkondenzátorral ( $C=10 \text{ }\mu\text{F}$ ,  $R_t=2,2 \text{ k}\Omega$ )

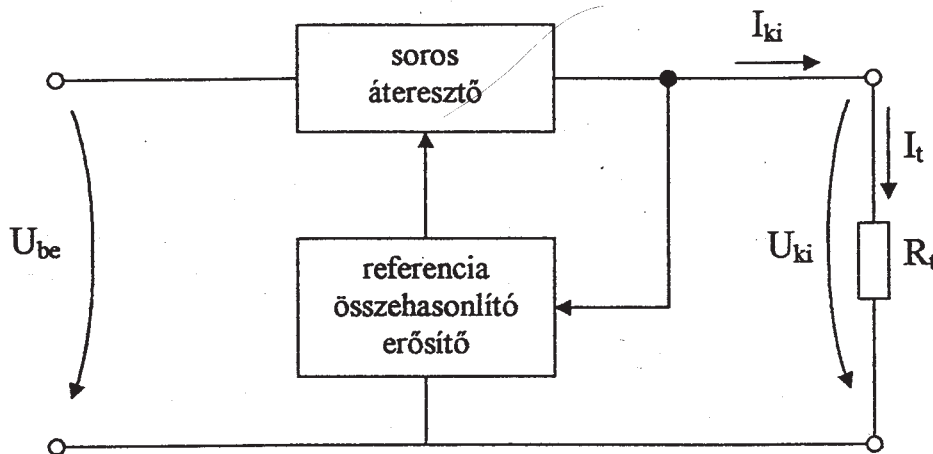
Ábrázolja a kimeneti jelalakot léptékhelyesen AC és DC állásban! Jelölje be a bűgófeszültséget!

c) Ismétlje meg a b) mérést, csak most  $R_t=47 \text{ k}\Omega$  terhelőellenállással! Elegendő csak a kimeneti bűgófeszültséget ábrázolni (oszcilloszkóp DC állásban).

A diagramokat milliméterpapírra, a tengelyeken a lépték feltüntetésével (színes)ceruza és egyéb rajzeszközök használatával készítse! Értékelje az eredményeket!

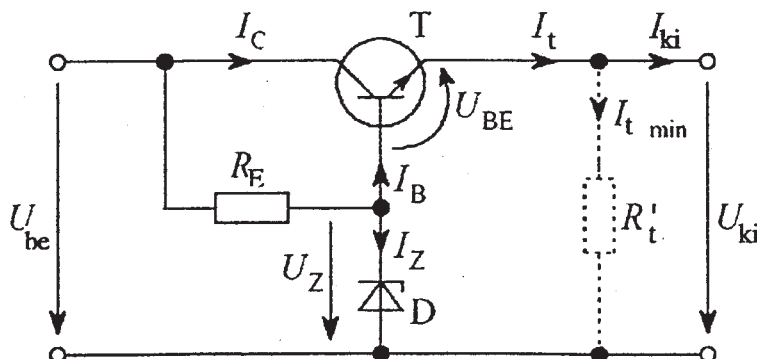
## 2. mérés: Áteresztő tranzisztoros feszültség-stabilizátor

Az elektronikus áramkörök működéséhez általában 5 % pontosságú egyenfeszültség szükséges. Ezt a pontosságot az egyenirányító kapcsolások nem tudják tartani. Ezek kimeneti feszültsége a bemeneti feszültségtől, terheléstől nagymértékben függ. Továbbá a bűgőfeszültség sem lehet néhány mV-nál nagyobb. Ezért az egyenirányító után feszültségszabályzót kell alkalmazni. Ennek egyik fajtája a soros feszültség-stabilizátor. Felépítésének blokkvázlata az alábbi ábrán látható:

Működése:

A stabilizátor bemeneti feszültsége nagyobb kell hogy legyen a kimeneti feszültségnél. A stabilizátor "méri" a kimeneti feszültséget. Ha a kimeneti feszültség csökken, akkor a soros áteresztőt nyitja, így a kimeneti feszültség nő. Ha a kimeneti feszültség nő, akkor a soros áteresztőt zárja, így a kimeneti feszültség csökken. Tehát a soros áteresztő és a terhelő ellenállás feszültségosztót valósít meg. Ahol a terhelő ellenállás feszültsége állandó, a soros áteresztőé változik. A stabilizátor abból a feszültségből tudja a bemeneti jel, vagy a terhelés okozta változásokat a kimeneten kompenzálni, ami a soros áteresztőn fellép. Mivel a soros áteresztőn ugyanaz az áram folyik, mint a terhelésen, az időegységről időegységre fellépő teljesítményt le kell, hogy adja. Az áteresztő a ráeső teljesítményt hővé alakítja és leadja (disszipált teljesítmény). A stabilizátorokban áteresztő elemként tranzisztort alkalmaznak.

## Soros stabilizálás tranzisztoros áteresztővel:



A kapcsolás a zener-dióda viszonylag stabil letörési feszültségére épül. Hogy a zener diódán viszonylag stabil feszültség essen, rajta át kell folyni a munkaponti áramerősségnek. Ennek biztosítására szolgál az  $R_E$  előtét ellenállás. A tranzisztor állandóan nyitott, lineáris üzemben dolgozik. Ekkor a Bázis-Emitter feszültség közel állandó. A nagy kimeneti terhelhetőséget (nagy kimeneti áramot) a tranzisztor B áramerősítése biztosítja ( $B = I_C/I_B = 20 \dots 500$ ).

$$U_{ki} = U_Z - U_{BE}$$

$R_i$  terhelő ellenállással párhuzamosan kötött  $R_i$  belső ellenállás külső terhelés nélkül is biztosít egy minimális terhelő áramot azért, hogy a Bázis-Emitter feszültség megtartásához a minimális bázisáram meglegyen.

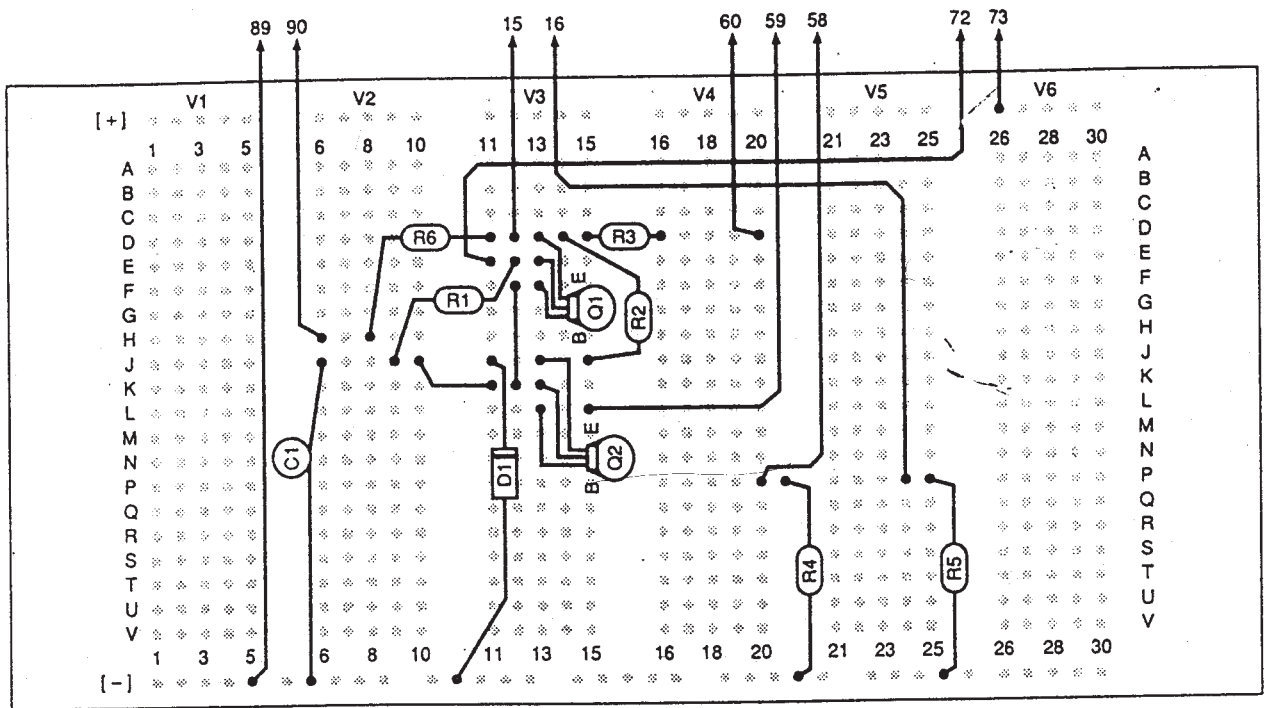
A mérés folyamán változtatható kimeneti feszültségű feszültségstabilizátort vizsgálunk.

A stabil referencifeszültséget itt is a zener dióda szolgáltatja  $R_2$  ellenálláson keresztül.  $R_1$  a  $Q_1$  tranzisztor bázisáramát korlátozza. Helyes méretezésével a maximális kimeneti áramerősséget állíthatjuk be. Azért, hogy  $Q_2$  lezárásakor a kimeneti feszültség ne nőjön túl nagyra, a kimeneti feszültséget egy feszültségosztó leosztja és ez kerül rá a  $Q_2$  bázisára. Ezáltal  $Q_2$  úgy szabályozza  $Q_1$ -et hogy  $Q_2$  bázisán és ezzel együtt a kimeneten is állandó feszültség legyen. A kimeneti feszültséget a potenciométerrel lehet beállítani.

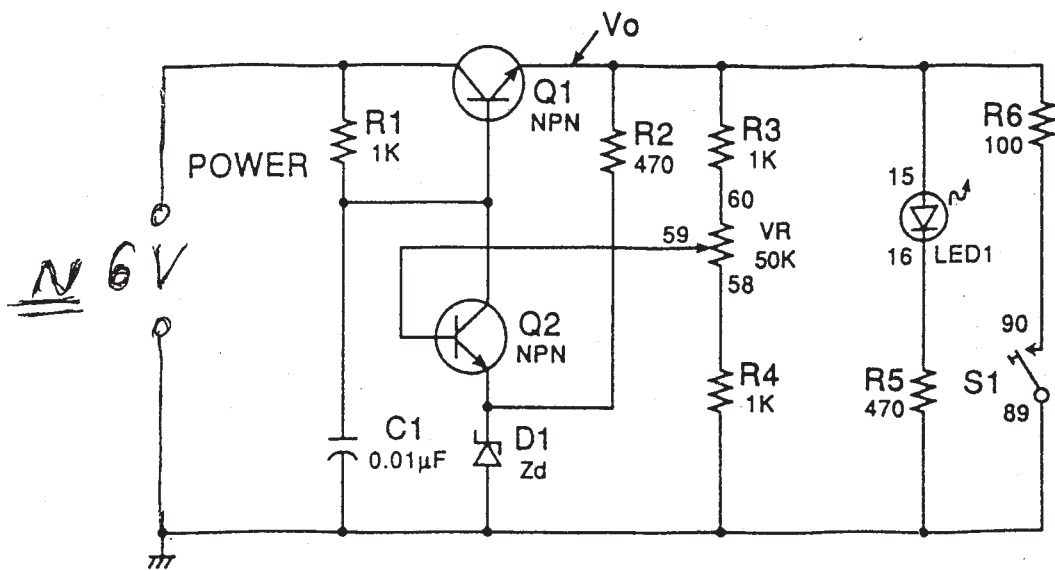
### **Feladat**

Állítsa össze a megadott feszültség-stabilizátor kapcsolást! A bemenetére stabilizálandó jelként az  $U_{eff} = 6$  V-os transzformátor-kimenet egyutas pufferkondezátoros módszerrel egyenirányított jelét kapcsolja rá!

- 1) Mérje meg oszcilloszkóppal (AC állásban) a stabilizátor bemenetén és kimenetén a bűgőfeszültséget és hasonlítsa össze! Ugyanezt végezze el  $S_1$  kapcsoló bekapcsolt állapotában is! Írja le a tapasztaltakat! (A potenciométer középállásban legyen!)
- 2) Figyelje meg, hogyan változik a LED fényereje a potenciométer elforgatásának hatására! Mérje meg digitális kéziműszerrel a beállítható kimeneti feszültségtartományt (tól-ig)! Mi történik, ha az  $S_1$  kapcsoló bekapcsolásával megnöveljük a kimeneten a terhelést?
- 3) Mérje meg digitális kéziműszerrel a stabilizátoron eldisszipált teljesítményt [ $P_D = I_C(U_{ki} - U_{be})$ ] az 1) pont szerinti kapcsolásban  $S_1$  mindkét állásában!



Q1	NPN	R1	1K $\Omega$	R4	1K $\Omega$	C1	0.01 $\mu$ F
Q2	NPN	R2	470 $\Omega$	R5	470 $\Omega$	D1	Zd
		R3	1K $\Omega$	R6	100 $\Omega$		



## 3. mérés: Alul- és felüláteresztő szűrők

Aktív négy-pólusoknál a kimeneten a bemeneti jellel arányos, erősített jel jelenik meg.

$$\text{Pl. feszültség-erősítés: } A_U = \frac{U_{ki}}{U_{be}} \geq 1$$

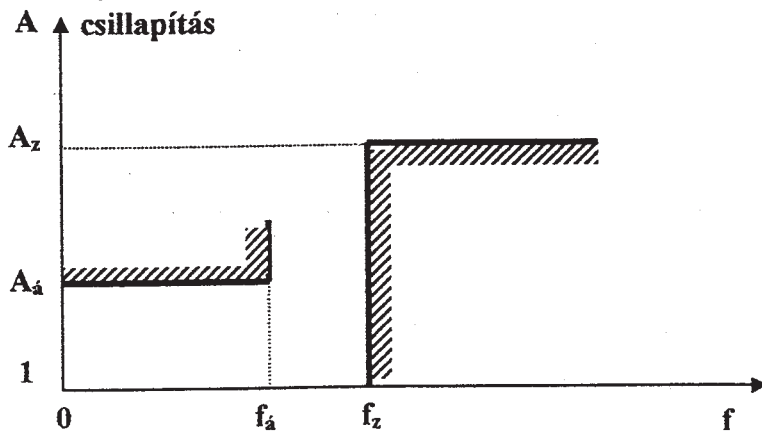
A csillapítás a passzív kapcsolásokra jellemző, mivel ezek aktív alkatrészt, erősítő elemet nem tartalmaznak, így a kimeneti jel és a bemeneti jel értékének hányadosa 1-nél kisebb. Az erősítés helyett itt a csillapítás kifejezést használjuk, mely az erősítés reciproka.

A **passzív szűrőkapcsolások** olyan négy-pólusok, amelyek meghatározott frekvenciákon igen kicsi, más frekvenciákon viszont nagy csillapításúak.

A szűrők egyik jellemzője az áteresztő tartomány, az a frekvencia-sáv, ahol a szűrő csillapítása minimális. A záró frekvenciatartományban a bemeneti jelet a szűrő erősen csillapítja.

A szűrők átvitele toleranciasémában ábrázolható. Ez egy olyan grafikon, mely az áteresztő tartományt és az áteresztő tartományban megengedett legnagyobb csillapítást, valamint a záró tartományt és a záró tartományban előírt minimális csillapítást tartalmazza:

**Példa: passzív aluláteresztő szűrő toleranciasémája:**



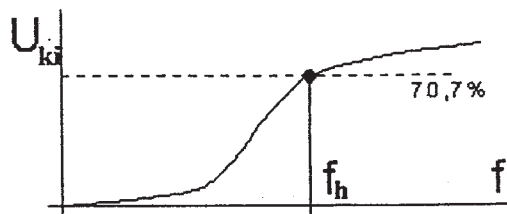
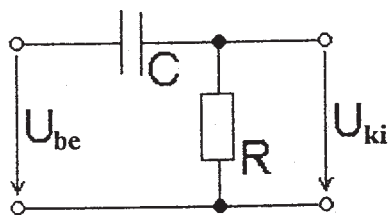
$f_a$  - áteresztő tartomány felső széle (felső határfrekvencia, az alsó = 0)

$f_z$  - záró tartomány alsó széle (alsó határfrekvencia, a felső =  $\infty$ )

$A_a$  - áteresztő tartományban megengedett maximális csillapítás

$A_z$  - záró tartományban biztosítandó minimális csillapítás

## 1.) CR-tag, felüláteresztő szűrő



A CR-tag felüláteresztő szűrőként viselkedik, ami csak a nagyfrekvenciájú feszültségeket engedi át. A diagram a kimeneti feszültséget mutatja a frekvencia függvényében.

**Határfrekvencia:**

$$f_s = \frac{1}{2\pi * R * C}$$

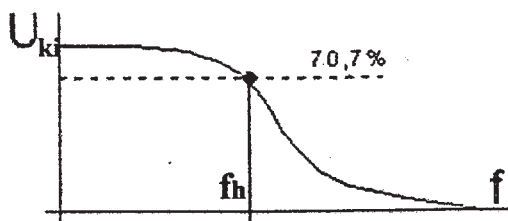
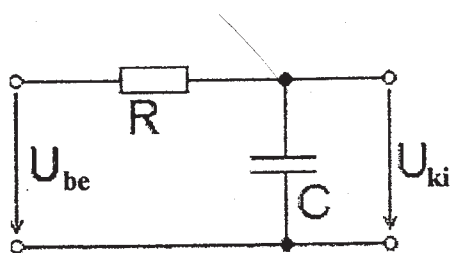
Az  $f_h$  határfrekvencia fölötti frekvenciák gyakorlatilag nem csillapított, "átengedett" frekvenciáknak számítanak. A határfrekvenciánál  $U_{be}$  és  $U_{ki}$  között  $45^\circ$ -os fáziseltolódás van.

#### A kapcsolás működése:

Szinuszos bemeneti feszültségnél a kondenzátor alacsony frekvenciákon nagy ellenállást tanúsít. Az ohmos ellenálláson a feszültségesés szinte nulla.

Nagy frekvencián a kondenzátor ellenállása alacsony, és a bemeneti feszültség csaknem teljes egészében az ohmos ellenálláson esik.

#### 2.) RC-tag, aluláteresztő szűrő



Az RC-tag aluláteresztő szűrőként viselkedik, ami csak a kisfrekvenciájú feszültségeket engedi át. A diagram a kimeneti feszültséget mutatja a frekvencia függvényében.

#### Határfrekvencia:

$$f_g = \frac{1}{2\pi * R * C}$$

Az  $f_h$  határfrekvencia alatti frekvenciák gyakorlatilag nem csillapított, "átengedett" frekvenciáknak számítanak. A határfrekvenciánál  $U_{be}$  és  $U_{ki}$  között  $45^\circ$ -os fáziseltolódás van.

#### A kapcsolás működése:

Szinuszos bemeneti feszültségnél a kondenzátor alacsony frekvenciákon nagy ellenállást tanúsít. Az ohmos ellenállás elhanyagolható és a kimeneten a teljes bemeneti feszültség jelenik meg.

Nagy frekvencián a kondenzátor ellenállása alacsony, és a bemeneti feszültség csaknem teljes egészében az ohmos ellenálláson esik.

#### Feladat

RC elemekből felépített feszültségosztók váltakozó áramú vizsgálata.

A mérést mindkét kapcsolásnál

- jelgenerátorral előállított szinuszos bemeneti jel esetén kell elvégezni;  $U_{csúcs-csúcs} = 10\text{ V}$
- számolja ki az R és C értékekből a határfrekvenciát! A méréseket a táblázatban megadott frekvenciákon végezze, közben a bemeneti feszültséget tartsuk állandó értéken;
- mérni kell a bemeneti és a kimeneti feszültség csúcs-csúcs értékét oszcilloszkóppal;
- mérni kell a fázisszöget az oszcilloszkópon (a jelalak-eltolódás idejét leolvasni, ezt átalakítani szögeltérésre)

A kimeneti feszültség helyett a csillapítást szokás vizsgálni. A csillapítás decibelben:

$$A_v^* = 20 \cdot \lg \frac{U_{ki}}{U_{be}}$$



Elméleti számítások:

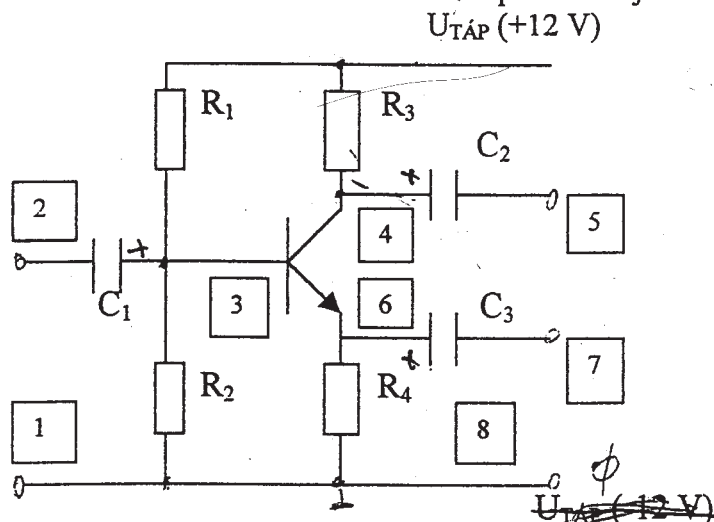
$$1.) \text{ esetben: } A_U = \frac{U_{ki}}{U_{be}} = \frac{R}{R - jX_C} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_C^2}} \quad \text{tg } \varphi = \frac{X_C}{R} \quad X_C = \frac{1}{\omega C}$$

$$2.) \text{ esetben: } A_U = \frac{U_{ki}}{U_{be}} = \frac{-jX_C}{R - jX_C} = \frac{X_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}} \quad \text{körfrekvencia: } \omega = 2\pi \cdot f$$

f	Hz	$f_h/5$	$f_h/3$	$f_h$	$3f_h$	$5f_h$			
$U_{be \text{ cs-cs}}$	V								
$U_{ki \text{ cs-cs}}$	V								
$t_{mért}$	ms								
$\varphi \text{ mért}$	fok								
$A_U \text{ szám.}$	V/V								
$A_U \text{ mért}$	V/V								
$A^* \text{ mért}$	dB								

## 4. mérés: Földelt emitteres tranzisztor-alapkapcsolás

A tranzisztoros erősítő kapcsolások közül, a felhasználások során az egyik leggyakrabban alkalmazott elrendezés a földelt emitteres. Az erősítő kapcsolási rajzát az 1. ábra mutatja.



1. ábra földelt emitteres erősítő kapcsolási rajza

Alkatrész értékek: Tranzisztor: ~~BC182~~ 2 SC 1740

$R_1 = 33 \text{ k}\Omega$ ;  $R_2 = 22 \text{ k}\Omega$ ;  $R_3 = 4,7 \text{ k}\Omega$ ;  $R_4 = 4,7 \text{ k}\Omega$

$C_1 = 100 \text{ }\mu\text{F}$   $C_2 = 100 \text{ }\mu\text{F}$ ;  $C_3 = 10 \text{ }\mu\text{F} / 6\text{V}$

#### A kapcsolás működése:

Az egyenáramú munkapontot kétféle módszerrel határozhatjuk meg:

- az egyik a bázisáram táplálású,
- a másik a bázis-osztós munkapont beállítás melyet ezen kapcsolásnál alkalmazunk.

A kimeneti karakterisztika segítségével, és a feladat ismeretében a szükséges számítások elvégzése után a bázisosztó ellenállás-értékei meghatározhatók. A munkapontot célszerű úgy kiválasztani, hogy az a bemeneti jellegzőbe egyenes szakaszára kerüljön, míg a kimeneti karakterisztikán a kivezérési tartomány közepén legyen.

Az  $R_3$  és  $R_4$  ellenállások meghatározzák a teljesen nyitott tranzisztoron (rövidzár) átfolyó max áramot mely a kimeneti karakterisztikán, az  $I_C$  koordinátán a munkaegyenes egyik végpontját, jelenti. A munkaegyenes másik végpontja az  $U_{CE}$  koordinátán a tápfeszültség értékével azonos, (mivel a tranzisztor zárva van ezért áram nem folyik át rajta) a két végpont összekötésével a munkaegyeneset kapjuk. A feladat által megkívánt  $I_C$  értékhez mely a munkaegyenes egy pontját ( ez a tranzisztor egyen áramú munkapontja) is jelenti egy adott bázis áram is tartozik.

A bázisosztót ezután úgy méretezzük, hogy rajta az  $I_B$  (bázisba befolyó) áram közel tízszerese folyjon. A bázisosztót az  $R_1$  és  $R_2$  ellenállásokkal valósítjuk meg. A kapcsolásban alkalmazott tranzisztor áramerősítése "nagy" ( $\beta \sim 100-200$ ). Ez lehetővé teszi, hogy a bázisosztó által létrehozott  $U_B$  feszültség meghatározásához elhanyagolhatjuk a tranzisztor ( $I_B$ ) bázisáramát a feszültségosztó áramához képest. Az  $U_B$  - t a bázis földhöz képesti feszültség értékét, ebben az esetben az

$$U_B = U_{T\text{áp}} * \frac{R_2}{R_2 + R_1} \text{ összefüggéssel határozhatjuk meg.}$$

A tranzisztor ebben a kapcsolási elrendezésben, aktív üzemben működik. Ekkor a bázisa kb. 0,6 V-al pozitívabb az emitterénél. Ennek a közelítésnek a segítségével az  $U_B$ -ből meghatározható a tranzisztor emitter kivezetésének (E) feszültsége  $U_E$  értéke.

$$U_E = U_B - 0,6 \text{ V}$$

Az emitter feszültsége megegyezik az  $R_4$ -es ellenálláson eső feszültséggel, mivel az  $R_4$  egyik vége a test potenciálra kapcsolódik. Az  $U_E$  és az  $R_4$  ismeretében meghatározható az emitter árama.

$$I_E = \frac{U_E}{R_4}$$

Az emitter áram közel azonos nagyságú a kollektor árammal, ugyanis a kollektor áram jóval nagyobb, mint a bázisáram.  $I_B = \beta I_C$  (A nagy áramerősítési tényező miatt).

A kollektor árama átfolyik az  $R_3$ -as ellenálláson. Az  $R_3$ -as ellenállásra eső feszültség az  $U_{T\text{áp}}$  ismeretében már számítható. az  $U_C$  (kollektor feszültség) értéke:.

$$U_C = U_{T\text{áp}} - I_C * R_3 \text{ ahol az } I_C \sim I_E \text{ -vel egyezőnek tekintjük.}$$

$$U_{CE} = U_C - U_E$$

A beállított egyenáramú munkapont stabilizálását a kapcsolásban az  $R_4$ -es emitter ellenállás negatív áram visszacsatolásával biztosítjuk. A negatív visszacsatolás során a kimenő jel egy részét visszavezetjük a bemenetre, úgy hogy az a bemeneti jel ellen hasson. Ha valamilyen okból ( pl hőmérséklet nő) a beállított emitter áram megváltozik, az  $U_E = I_E * R_4$  ugyanúgy megváltozik. Mivel:

$$U_B = U_{T\text{áp}} * \frac{R_2}{R_2 + R_1} \text{ bázisfeszültséget állandónak tekinthetjük a bázis -emitterre jutó nyitó}$$

$$\text{feszültséget a } U_{BE} = U_B - U_E = U_{T\text{áp}} * \frac{R_2}{R_2 + R_1} - I_E * R_4 \text{ képlettel határozzuk meg.}$$

Vagyis  $I_E$  változása a bázis-emitter diódára kapcsolt nyitó feszültséget változtatja meg. Ennek hatására a dióda kissé lezár ezért kisebb lesz a bázisáram kisebb a kollektor és emitter áram kisebb az emitter feszültség, vagyis beáll az eredetihez hasonló egyensúly majd újabb változás és így tovább.

Emiatt az erősítés csökken ugyan, de az erősítés értékét a negatív visszacsatolás miatt, döntően a kapcsolás ohmos ellenállásainak aránya határozza meg, és a tranzisztor nemlineáris átviteli karakterisztikája csak kevésbé befolyásolja.

Az  $R_4$ -es létrehozott negatív visszacsatolás egyen- és váltakozó áramú szempontból is kedvező hatású.

Az egyenáramú hatása az, hogy stabilizálja a beállított munkapontot (a munkapont hőmérséklet függését csökkenti). Váltakozó áramú szempontból csökkenti a nemlineáris torzítást.

Az egyenáramú munkapontba beállított erősítőt ezután váltakozó áramú jel erősítésére használhatjuk.

Az erősítendő szinuszos jelet a kapcsolás 1 pontjára kötjük. ( $C_1$  és  $C_2$  kondenzátorok az egyenáramulag beállított kapcsolást választják el az előtte és utána következő további erősítő fokozatoktól)

A felerősített szinusz-jelet a kapcsolás 5 pontjáról vesszük le!

.Ha a váltakozó jel erősítésekor nem használjuk a negatív áram visszacsatolást, ( $R_4$  szerepe nem szükséges) akkor a  $C_3$ -at párhuzamosan kapcsoljuk az  $R_4$ -el. Ekkor adott frekvencia tartományban a  $C_3$  rövide zárja  $R_4$ -et. Ilyenkor a feszültség erősítést a

$$A_U = \frac{I_C \cdot R_C}{U_T} \text{ képlettel számolhatjuk ahol } U_T = 26\text{mV Termikus Feszültség.}$$

Ha a váltakozó jel erősítésekor alkalmazzuk a negatív áram visszacsatolást, [a 7-es pontot nem kötjük össze a föld-(8-as) ponttal] a feszültség erősítés

$$A_U = \frac{R_C}{R_E} \text{ értékű lesz.}$$

#### Az erősítő kivezérelhetősége:

.Az adott egyenáramú munkapontba beállított tranzisztor a vezérlése során a teljesen nyitott vagy a teljesen zárt állapotot veheti fel szélsőértékként. Az, hogy a vezérlése során melyik szélső állapotot éri el hamarabb, a munkaponttól függ. A kivezérelhetőséget úgy mérhetjük, hogy az erősítő bemenetére szinuszos jelet adunk és közben nézzük oszcilloszkóppal az erősítő kimeneti jelalakját. Ha változtatjuk a bemeneti jel amplitúdóját az erősítésnek megfelelően a kimeneti jel is változik. A kivezérelhetőség határát a kimeneti jel torzulása jelzi. (A szinuszos jelalak "teteje", "alja" kezd ellaposodni).

#### Feladat:

1. Az áramköri elemek értékeinek a felhasználásával határozza meg (számítsa ki) a munkapont egyenáramú jellemzőit:  $U_B$ ,  $U_E$ ,  $U_C$ ,  $I_E$ ,  $I_C$ ,  $U_{CE}$ . A mérőmodellen mérőműszerrel mérje meg az  $U_B$ ,  $U_C$ ,  $U_E$ ,  $U_{CE}$  értékeket. Foglalja táblázatos formába a mért és a számolt adatokat és indokolja az eltérést. (A feszültségek mérését a testhez képest végezze!)
2. Mérje meg a maximális kivezérelhetőséget.
  - a/ emitter kondenzátorral (7-8 pontokat össze kell kötni)
  - b./ emitter kondenzátor nélkül (7-es pont szabad)

A méréshez a jelgenerátort a modell 2-1 pontja közé, az oszcilloszkópot az 5-1.vagy 8. pontja közé kell kapcsolni. A bemeneti jel frekvenciája 1 kHz legyen.
3. Határozza meg a feszültségerősítést közelítő számítással
  - a/ emitter kondenzátorral
  - b./ emitter kondenzátor nélkül
4. Mérje meg a feszültségerősítést a kivezérelhetőség 70 %-ánál és számítsa ki azt.
  - a/ emitter kondenzátorral
  - b/ emitter kondenzátor nélkül

$$A_U = \frac{U_{KI}}{U_{BE}} \text{ ahol } U_{KI} \text{ a kimenő jel a } U_{BE} \text{ a bemenő jel amplitúdója}$$

5. A feszültség erősítést határozza meg dB-ben is.  $A^* = 20 \cdot \lg \frac{U_{KI}}{U_{BE}}$  (dB)

A méréshez, a maximális kivezérelhetőséghez tartozó kimeneti jel amplitúdójának kb. 70%-át kell beállítani az erősítő kimenetén a bemeneti jel amplitúdójának változtatásával (a jelgenerátoron).

A mérési eredményeket szemléltesse táblázatban és ábrán!

## 5. mérés: fázisfordító erősítő kapcsolás

A műveleti erősítő áramköri jelölését az ábra szemlélteti.

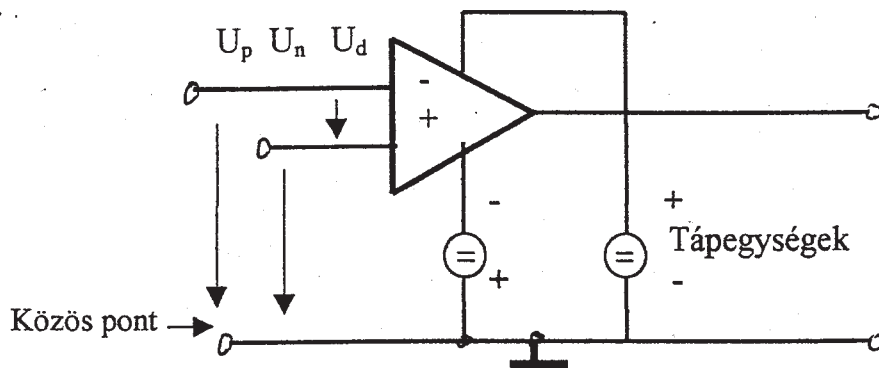
Bemeneti fokozata differenciálerősítő ezért a műveleti erősítőnek két bemenete van.

Kis frekvencián a kimeneti feszültség a bemeneti feszültség különbséggel azonos fázisú

$$U_d = U_p - U_n$$

A p bemenet fázist nem fordító bemenetnek nevezzük, és az áramköri rajzokon „+” jellel jelöljük. Az n bemenet a fázisfordító bemenet, és „-” jellel jelöljük.

(A fázisfordító bemenetre adott jel változásának irányával megegyezik a kimeneti jel változásának iránya, míg a fázisfordító bemenetre adott jel változásának irányával ellentétes a kimeneti jel változási iránya.)



Műveleti erősítő áramköri jelölése.

A bemenetek és a kimenetek feszültség változása (pozitív, negatív) úgy biztosítható, hogy a műveleti erősítőt úgynevezett kettős tápegységről, vagyis pozitív és negatív tápfeszültséggel működtetjük.

Erre a célra két tápfeszültség forrást használunk az ábra szerinti kapcsolásban, ahol a két tápegység összekötött pólusai (+, -) alkotják a közös földpontot.

A műveleti erősítők legtöbbször  $\pm 15$  V-ról működnek. Az elvi kapcsolási rajzokon a táp el látást nem szokták jelölni.

Az ideális műveleti erősítő differenciális erősítésétől ( $\infty$ ) eltérően a valóságos erősítő erősítése  $10^4 - 10^6$  nagyságrendű.

A differenciális erősítést nyílthurkú, azaz visszacsatolás nélküli erősítésnek nevezzük.

$$A = \frac{\Delta U_{KI}}{\Delta U_d} = \frac{\Delta U_{KI}}{\Delta(U_p - U_n)} \quad \Delta U_{KI}/\Delta U_p \quad \text{ha } U_n = \text{konstans és fordítva.}$$

A nyílthurkú erősítés olyan nagy hogy a műveleti erősítőt erősítő üzem módban csak visszacsatolással lehet alkalmazni

Egy negatív visszacsatolást alkalmazunk az erősítés beállítására, melyet a külső visszacsatoló elemek határoznak meg.

A műveleti erősítő visszacsatolásával, két erősítő alapkapsolást valósíthatunk meg, a fázisfordító és a fázist nem fordító kapcsolásokat.

A műveleti erősítőket a gyakorlatban valamilyen váltakozó feszültségű jelek erősítésére használjuk, melyek frekvenciája széles skálán változhat.

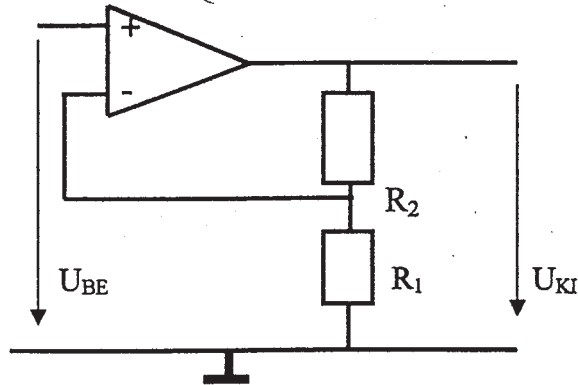
Ezért célszerű ismerni a műveleti erősítők erősítésének változását, a frekvencia függvényében. Ezt a karakterisztikát a gyártók a nyílthurkú erősítésre szokták megadni.

A karakterisztika fontos pontja az a pont, ahol az erősítő erősítése az 1 értéket veszi fel. Az e ponthoz tartozó frekvencia értéke szintén jellemzője az erősítőnek.

Az erősítők negatív visszacsatolásával nem csak az erősítést állítjuk be, hanem a lecsökkent erősítésen túl, az átviendő jelek (frekvencia) sáv szélességét is növelni tudjuk.

Fázist nem fordító erősítő kapcsolás

A visszacsatolás csillapítása, B:



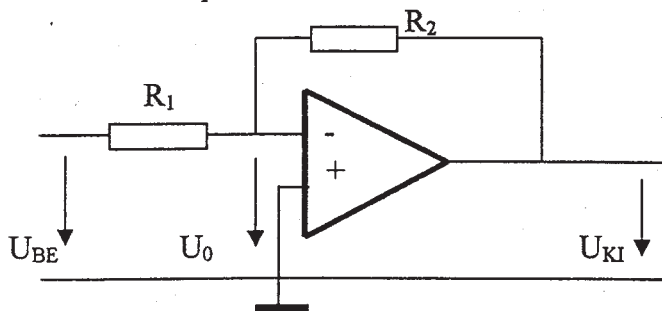
$$B = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

A fázist nem fordító műveleti erősítő erősítése, A:

$$A = \frac{U_{KI}}{U_{BE}} = 1/B = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

Ezen kapcsolásnak egy speciális fajtája, ha az  $R_2 = 0$  értékű és az  $R_1 = \infty$  (szakadás) akkor az erősítés értéke  $A = 1$

Fázist fordító erősítő kapcsolás



A kapcsolás vizsgálatához kiindulásképp legyen  $U_{BE} = U_{KI} = 0$  V

Ha  $U_{BE}$ -re hirtelen 0-tól nagyobb pozitív feszültséget adunk, ekkor az  $U_0$  az alábbi képlet szerinti értéket veszi fel, mivel a kimeneten lévő  $U_{KI}$  még nulla feszültségű.

$$U_0 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} * U_{BE} \quad U_{KI} = 0 \text{ feszültségnél.}$$

Ekkor  $U_d = U_p - U_n$  értéke a  $+U_n$  miatt negatív. A kimeneti feszültség a nagy erősítés miatt gyorsan negatív feszültségű lesz, emiatt az  $U_0$  értékét már az  $U_{BE}$  és  $U_{KI}$  értékének közös hatása határozza meg. Mivel a kimenet hirtelen nagy negatív feszültségű lett az  $U_0$  értéke is negatívvá válik a feszültség osztó ( $R_2 R_1$ ) hatása miatt.

A kimeneti feszültség addig változik, amíg az erősítő bemenetén lévő feszültség,  $U_0$  értéke 0 nem lesz. Úgy szokták mondani hogy ennél a kapcsolásnál a műveleti erősítő „-”, másképpen „n” bemeneti pontja un. virtuális földpont feszültségre áll be, és ezt igyekszik megtartani.

A kimeneti feszültség kiszámításához  $U_0 \sim 0$  feszültség értéket alkalmazva a „-”, vagy „n” bemenetre felírjuk a csomóponti törvényt figyelembe véve azt, hogy az ideális műveleti erősítőnél bemeneti áram nem folyik.

$$\frac{U_{BE}}{R_1} + \frac{U_{KI}}{R_2} \sim 0 \quad \text{ebből } U_{KI} = -\frac{R_2}{R_1} * U_{BE} \quad \text{és} \quad A_U = \frac{U_{KI}}{U_{BE}} = -\frac{R_2}{R_1}$$

Mindkét kapcsolásra jellemző hogy a negatív visszacsatolás a fázisfordító bemenet felhasználásával valósítható meg.

Mint látható az ellenállások arányának változtatásával az erősítés értéke, annak nagysága beállítható.

Például legyen az erősítés  $A_u = 10$  akkor ha  $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$   $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$  kell legyen.

Az erősítő kivezérelhetőségének mérése.

A mérő modellen beállítunk valamilyen erősítést, majd a bemenetet szinusos jellel tápláljuk meg, és az erősítő kimenetét oszcilloszkóppal vizsgáljuk.

A kivezérelhetőség határát a kimeneti jel torzulása jelzi. A szinusos jelalak „teteje” vagy az „alja” nem a szinus hullámnak felel meg, kezd ellaposodni.

#### Feladat:

Állítsa össze a fázisfordító kapcsolást!

Az áramköri elemek változtatásával állítson be  $A_u = 10$  erősítést. Mérje meg a kivezérelhetőséget 100Hz, 1 kHz, 10kHz, valamint 100kHz bemeneti frekvencia mellett. A kivezérelhetőség 70%-ánál mérje meg az  $U_{KI}$ ,  $U_{BE}$  feszültség értékeket, és határozza meg a fokozat erősítését!

$$(A = \frac{U_{KI}}{U_{BE}}).$$

1. Az adatokat foglalja táblázatba, és ábrázolja az 1kHz-es bemeneti és kimeneti jelalakot az oszcilloszkóp segítségével!
2. Ismétlje meg az 1 pontban leírt mérést, de most az  $A_u = 100$  erősítés beállítása mellett!
3. Ábrázolja mindkét mérés feszültség erősítését a frekvencia függvényében logaritmus skálán, dB-ben!

## 6. mérés: Összeadó áramkör

Az analóg számítógépekben, de egyes gyakorlati alkalmazásoknál is szükség van arra, hogy analóg jeleken (feszültség, áram) matematikai műveleteket végezzünk. Ezek közé tartozik az összeadás is.

A digitális technikában természetesen vannak összeadó áramkörök, de ezek a matematikai műveletet csak digitális jeleken tudják elvégezni. Ahhoz, hogy ezek az eszközök analógjeleket tudjanak feldolgozni, először gondoskodni kell az analóg jel digitalizálásáról, (A/D átalakítás) majd a digitálisan elvégzett művelet végeredményét (D/A átalakítás) újra analóg jellé kell alakítani.

Ezt az eljárást a gyakorlatban akkor szokták alkalmazni, ha a matematikai művelet sor bonyolult.

Analóg jel: az információt a jelhordozó értéke vagy értékváltozása közvetlenül képviseli (folytonos jelek).

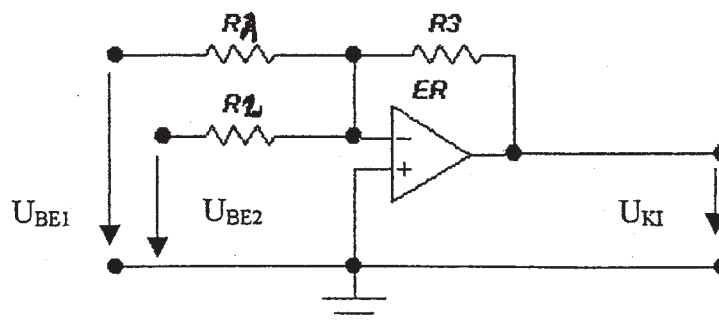
Digitális jel: az információ a jelhordozónak számjegyet kifejező diszkrét, jelképi értékeiben (kódjaiban) van jelen

A műveleti erősítővel az analóg jeleken többféle matematikai műveletet lehet elvégezni pl.: Összeadás, kivonás, szorzás, integrálás, differenciálás, differenciálegyenletek megoldását, stb, a különböző függvény generátorok segítségével exponenciális, logaritmikus, hatvány, szinusz, koszinusz függvények előállítására is lehetséges.

A mérés során analóg (folytonos, pl. egyen és váltó stb.) jeleken fogunk matematikai műveletet elvégezni.

Több feszültség (analóg) összeadására fázisfordító műveleti erősítő kapcsolást használunk. A bemeneti feszültségek soros ellenállásokon keresztül csatlakoznak a műveleti erősítő fázisfordító bemenetére, míg a visszacsatoló ellenállás, mint már ismert a kimenetre csatlakozik. Az elvi kapcsolási rajz az ábrán látható.

Összeadó áramkör felépítése:



Összeadó áramkör elvi kapcsolási rajza

Mivel a műveleti erősítő fázisfordító bemenete virtuális földpontonak tekinthető, a kimeneti feszültség meghatározására csomóponti törvényt alkalmazunk.



$$\frac{U_{BE1}}{R_1} + \frac{U_{BE2}}{R_2} + \frac{U_{KI}}{R_3} = 0 \quad \text{ebből} \quad U_{KI} = - \left( \frac{R_3}{R_1} * U_{BE1} + \frac{R_3}{R_2} * U_{BE2} \right)$$

Így láthatjuk hogy a kimenő feszültség a bemenő feszültségekkel arányos összeg.  
Mint tudjuk a fázisfordító műveleti erősítő erősítését az ellenállások hányadosa, határozza meg.

$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega, \quad R_2 = 10 \text{ k}\Omega, \quad R_3 = 33 \text{ k}\Omega$$

$$U_{Táp} = \pm 15 \text{ V (kettős táp)}$$

Az összeadó áramkör bemenetére adott feszültségek lehetnek egyen- és váltakozó feszültségek egyaránt.

### Feladat

Állítsa össze a kapcsolást!

1.  $U_{BE1}$ -es és a föld pont közzé kössön be 1,5 V-os egyenfeszültséget (a mérőpanel elemkészletének felhasználásával). Majd ezt követően  $U_{BE2}$ -es és a föld pontok közé kapcsoljon 1 kHz-es szinuszos feszültséget!

Mérje meg a kivezérelhetőséget!

Az  $U_{BE2}$ -es bemeneten és a kimeneten lévő feszültségeket oszcilloszkóppal mérje!

Állítsa be a kivezérelhetőség 70 %-át, és rajzolja le léptékhelyesen a be- és kimenő jelalakokat!

2. Ismétlje meg az 1-es feladatban előírt mérést, de most a  $U_{BE1}$ -es pontra 3 V-os egyenfeszültséget adjon rá!

## 7. mérés: Logikai alapáramkörök

Napjainkban az automatizálás, a mérés technika, a számítástechnika területén és számos egyéb műszaki feladat megoldására alkalmaznak digitális elektronikus berendezéseket. E berendezések alapáramkörei az integrált technológiás félvezető alapú logikai áramkörök.

A digitális technika azon alapszik, hogy az információt - mely elektronikus formában van jelen - kétértékű változók képviselik. Fizikailag egy adott áramköri ponton az adott pont feszültsége vagy a ponton (keresztmetszeten) átfolyó áramerősség képviselheti az információt. Ez a feszültség ill. áramerősség az analóg áramkörökkel ellentétben csak két állapot megkülönböztetésére szolgál, azaz két értéket vehet fel. Ez a két érték általában az adott áramkör családra jellemző feszültség szint szokott lenni, ahol az egyik szint pozitívabb, a másik negatívabb. A gyakorlatban mindkét értékre egy-egy feszültség-tartomány van megadva adott tűréssel. A két értéket jelölhetjük az abszolút értelemben vett „magas” és „alacsony” (angolul „HIGH” és „LOW”) kifejezésekkel, de lehet a logikai algebrában használatos „1”-el és „0”-val is jelölni a két értéket, melyek a logikai „igaz” és „hamis” értékeknek felelnek meg.

**Pozitív logika:** H = logikai „1”, „igaz”  
L = logikai „0”, „hamis”

**Negatív logika:** H = logikai „0”, „hamis”  
L = logikai „1”, „igaz”

A digitális technikában az információ alapegysége ezáltal adott: egy bit-nyi (bit = binary digit) információt a gyakorlatban egy áramköri elem (változó) képvisel és két értéket vehet fel, azaz két választási lehetőség közül adja meg az aktuális értéket, variációt. Nagyobb információ mennyiség ábrázolásához több bitet vonunk össze, amit bináris szónak nevezünk. Például nyolc bit együttesen egy bájt-nyi információt képvisel és  $2^8$ , azaz 256 variáció, lehetőség közül választ ki egyet.

A mérések során egy bit értékének meghatározásakor nem mérjük közvetlenül a feszültséget, hanem az adott bitet képviselő áramköri elem állapotát egy fényemittáló dióda (LED) fogja jelezni, azaz vagy világít, vagy nem.

A kétértékű logikai változókkal (bitekkel) logikai műveleteket lehet végezni, melyeket tudományosan a logikai algebra ír le. Ilyen logikai műveletek egymásutánjából tevődik össze általában a digitális szavakból álló egyedi információk feldolgozásának döntő többsége.

A logikai változók lehetnek állítások (független változók) és következtetések (függő változók), melyek jelölésére a latin ABC nagybetűit használjuk, és értéként az igaz (1) vagy a hamis (0) értékeket vehetik fel.

Az alapvető logikai műveletek az alábbiak (erre a három alpműveletre minden logikai kapcsolási feladat visszavezethető, illetve velük realizálható):

- **ÉS (AND) konjunkció** – logikai szorzás
- **VAGY (OR) diszjunkció** – logikai összeadás
- **NEM (NOT) invertálás, negálás** – tagadás

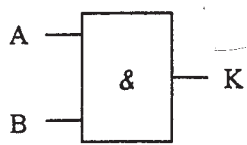
Amennyiben két vagy több állítást logikai ÉS művelet kapcsol össze, akkor a következtetés csak minden állítás egyidejű IGAZ értékénél lesz IGAZ. Ennek algebrai leírása:

$$A \cdot B = K$$

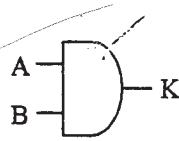
ahol A, B az állítások és K a következtetés. A művelet igazságtáblázatát (értéktáblázat) és logikai szimbólumát az 1. ábra mutatja. [Igazságtáblázatnak nevezzük azt a táblázatot, ahol a bemeneti információk (állítások vagy események) összes lehetséges kombinációjához megadjuk a logikai függvény által definiált kimeneti értéket. A logikai függvény általában

alpműveletek kombinációjából épül fel, és meghatározza a független és a függő változók közötti kapcsolatot]

A	B	K
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



a) IEC szabvány



b) régi amerikai

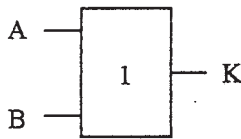
1. ábra : ÉS művelet igazságtáblázata és szimbolikus jelölése

Két vagy több állítás közötti VAGY műveletnél a következtetés akkor igaz, ha az állítások közül legalább az egyik igaz. Algebrai leírása:

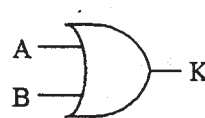
$$A + B = K$$

ahol A, B az állítások és K a következtetés. A művelet igazságtáblázatát és logikai szimbólumát az 2. ábra mutatja.

A	B	K
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



a) IEC szabvány



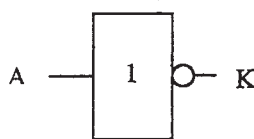
b) régi amerikai

2. ábra: VAGY művelet igazságtáblázata és szimbolikus jelölése

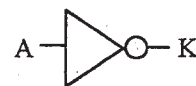
A logikai tagadás – NEM –művelet (negálás, invertálás) az állítás logikai értékét változtatja az ellenkezőjére. Algebrai leírása:

$$\bar{A} = K$$

A	K
0	1
1	0



a) IEC szabvány



b) régi amerikai

3. ábra: A negálás művelet igazságtáblázata és logikai szimbóluma

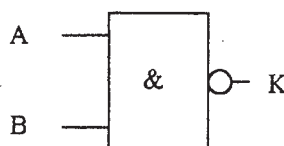
A felsorolt logikai alapfüggvényeket ill. az ezeket realizáló alapkapsolásokat másféleképpen kapunknak, kapuáramköröknek is nevezik.

A fenti három alpművelet kombinálásával további, összetett logikai műveletek illetve logikai függvények állíthatók össze. A többváltozós logikai függvény esetében a következtetés, azaz a függő változó (egyenlet jobb oldala) egy - a független változókon elvégzett - meghatározott logikai műveletsorozat eredményeként kap értéket. Pl.:  $K = A \cdot B + C$

Két logikai változót ÉS művelettel összekapcsolva és az így kapott eredményt negálva kapjuk az ún. NAND (NEM-ÉS) kaput, ami az előbb említett kapukkal ellentétben integrált áramköri megvalósítást tekintve a legelterjedtebb. Szimbolikus áramköri jelölése és igazságtáblázata a korábbiakban leírtakból logikusan eredeztethető, de a 4. ábrán külön feltüntettük. Hasonló módon értelmezett a NOR (NEM-VAGY) kapu is.

A	B	K
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

$$K = \overline{A \cdot B}$$

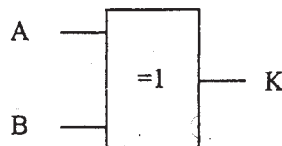


4. ábra: NAND függvény algebrai leírása, igazságtáblázata és szimbolikus áramköri jelölése

A NAND, NOR, AND, OR és a negáció logikai alapfüggvények mellett a digitális technikában két további alapfüggvény is gyakorta előfordul, melyeknek ezért külön elnevezést is adtak.

- **Kizáró VAGY** (antivalencia) XOR

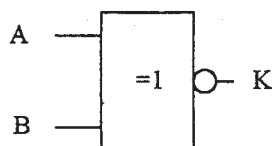
$$K = \bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B} = A \oplus B$$



- **Kizáró NOR** (ekvivalencia) XNOR

$$K = \bar{A} \cdot \bar{B} + A \cdot B = \overline{\bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B}}$$

$$K = \overline{A \oplus B} = A \otimes B$$



Mindkettő fontos és gyakran használt függvény. Kettő vagy több bemenet összehasonlítására szolgálnak és azt jelzik ki (1-el vagy 0-val), ha mindegyik bemenet azonos logikai szinten van. A kizáró VAGY kimenete logikai 0 értéket vesz fel, ha a bemenetek azonos logikai szinten vannak, ugyanezt az ekvivalencia-kimenet logikai 1-el jelzi. A két kapuáramkör csak egy kimeneti negálásban különbözik egymástól.

**Feladat, 1. mérés:** Alapvető logikai kapuáramkörök integrált technológiás megvalósításának működésének megismerése.

#### **Általános tudnivalók a mérések során:**

A mérések során CMOS technológiájú integrált áramköröket használunk a TTL áramkörökkel szemben felmutatott néhány előnyös tulajdonságuk miatt:

- a tápfeszültség szélesebb tartományban helyezkedhet el (viszont 74HC sorozatnál vigyázni kell arra, hogy a **tápfeszültség nem lehet nagyobb 7 V-nál**, tehát a V5 (7,5 V) és V6-os (9 V) jelölésű tápfeszültségeket tilos használni!)
- kisebb a bemenő (vezérlő) teljesítményük, ezért több bemenet csatlakoztatható egy kimenetre
- jóval kevesebb áramot vesznek fel a tápellátó hálózatról

A CMOS IC-k hiányossága viszont az, hogy rendkívül érzékenyek az elektrosztatikus hatásokra. Ezért minden használaton kívüli IC-t a tárolásukra szolgáló, sztatikus hatásoknak ellenálló **szivacsban kell tárolni**. Az IC-t a már előzőleg összeállított kapcsolásba legutoljára helyezzük be, (a lábait kézzel **ne érintsük!**) és csak ezután adjuk rá az áramkörre a tápfeszültséget. Az áramkör szétszedését, változtatásait csak feszültségmentes állapotban végezzük!

Az IC-k és tranzisztorok lábkiosztása, az ellenállásértékek és a kerámiakondenzátorok kódjai minden mérőhelyen külön fel vannak tüntetve.

Elektrolit kondenzátorok csatlakoztatásánál és az IC-k tápfeszültség-bekötésénél **figyeljünk a helyes polaritásra!**

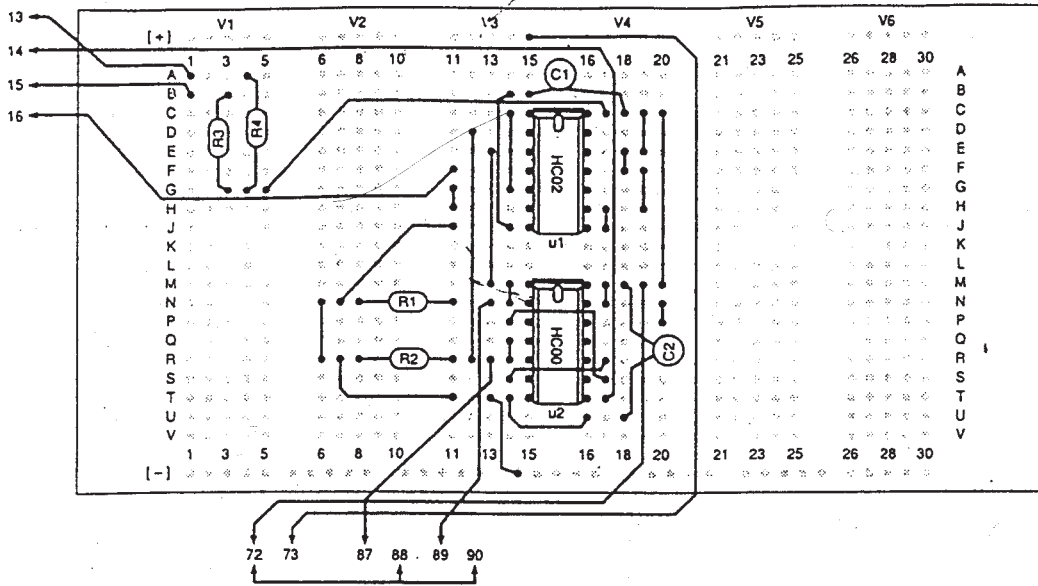
#### **Fontos!**

Minden mérést a szükséges áramköri elemek kiválasztásával kezdjük! Az összeszerelési rajz alapján, annak megfelelően állítsuk össze az elemekből a kapcsolást. A polaritásra külön figyeljünk, helytelen bekötés esetén az áramköri elemek tönkremehetnek! Az áramkör bekapcsolására (feszültség alá helyezésére) csak megegyezési ellenőrzés után és a mérésvezető engedélyével kerülhet sor!

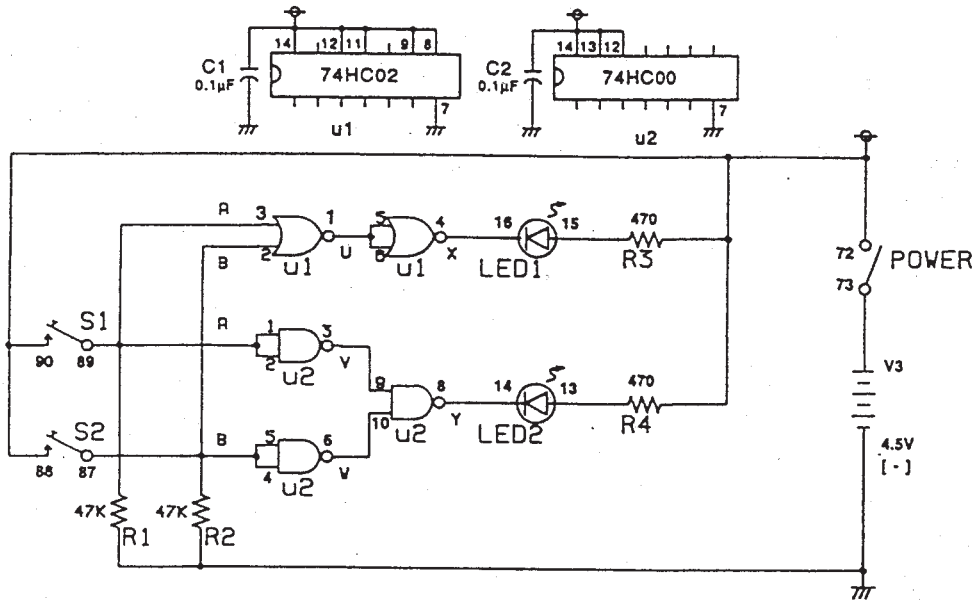
**Feladat, 1. mérés:**

(148)

Állítsa össze az alábbi rajz szerint a megadott kapcsolást!



U1	74HC02	R1	47KΩ	R3	470Ω	C1	0.1μF
U2	74HC00	R2	47KΩ	R4	470Ω	C2	0.1μF



Az összeállított kapcsolás tulajdonképpen két áramkör, melyek mindegyike két bemenettel rendelkezik. S1 és S2 kapcsolók segítségével a digitális bemeneti jeleket lehet a kapuáramkörök megfelelő bemeneteire ráadni. A két áramkör kimeneti állapotait a LED-ek mutatják. A kapcsoló bekapcsolásakor (benyomásakor) H szint, azaz „1” kerül a bemenetre. A kapcsoló kikapcsolt (elengedett) állapotában a bemenet értéke „0”. Amikor az adott kimenet „0”, a LED világít és amikor „1”, akkor nem világít.

A tápfeszültség ráadása után hasonlítsa össze a két áramkör működését (a két áramkör működésének egzakt leírása, igazságtáblázat felvétele [a belső (kikövetkeztetett) logikai állapotok is szerepeljenek benne] és indokolja a tapasztaltakat!

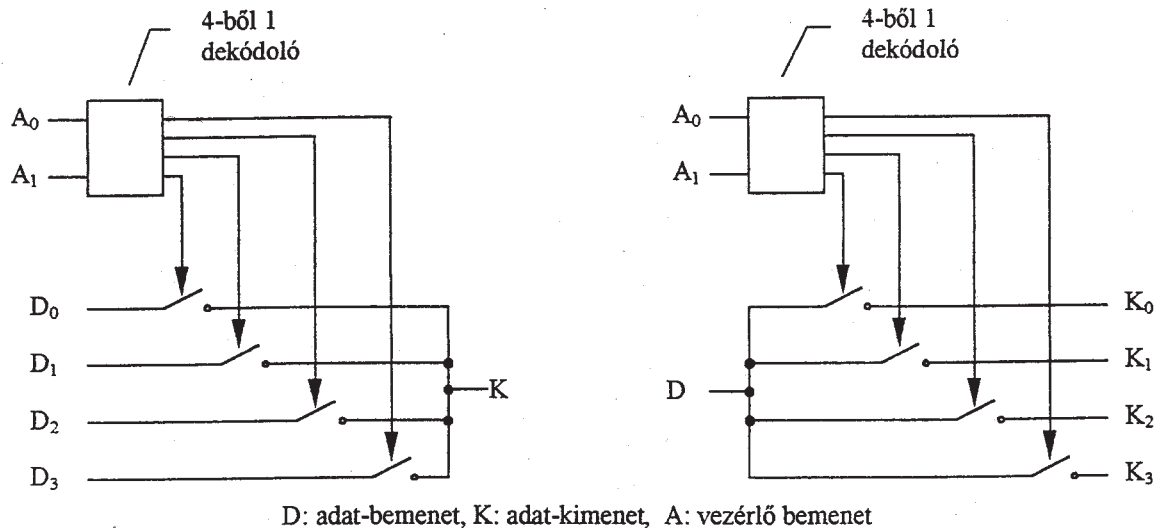
Ezután cserélje fel U1 5-6-4-es NOR kapuját U2 8-9-10-es <sup>NAND</sup> kapujával a megfelelő vezetékek átkötésével! Írja le az így előállt logikai függvényeket táblázattal és algebrai módon is!

### 8. mérés: Multiplexer, demultiplexer

A digitális jelfeldolgozás során gyakran előfordul, hogy több vezetéken bejövő információt kell továbbítani egy vezetékre, időbeli eltolással. Ilyenkor egy olyan áramkörre van szükség, mely megfelelő vezérlő információ alapján a kívánt bejövő vezetékét kiválasztja és csak azt kapcsolja rá a kimenetre. Ugyanennek a fordítottja is előfordul, amikor egy bejövő vezetékét kell adott információ alapján a több lehetséges kimenővezeték egyikére kapcsolni. Szemléletes gyakorlati példa erre a vasúti állomás váltója, mely az egy irányból beérkező vonatokat irányítja a megfelelő vágányra, ill. induláskor a váltó állása szabja meg, hogy melyik vágányról indulhat a kifelé vezető irányba vonat. A vezetékét itt a sínek helyettesítik, a továbbítandó adatot (információt) a vonatok, az irányítási információt pedig a menetrend tartalmazza.

#### Multiplexer

A multiplexer lényegében egy sor kapcsoló, amelyek több bemenetet (adatbemenetek) kötnek össze egy kimenettel, mégpedig úgy, hogy egy megfelelő vezérlés alapján időbelileg meghatározva egyszerre csak egy bemeneti vezetékét kapcsolnak a kimenetre.



1. ábra. multiplexer és demultiplexer működési vázlat

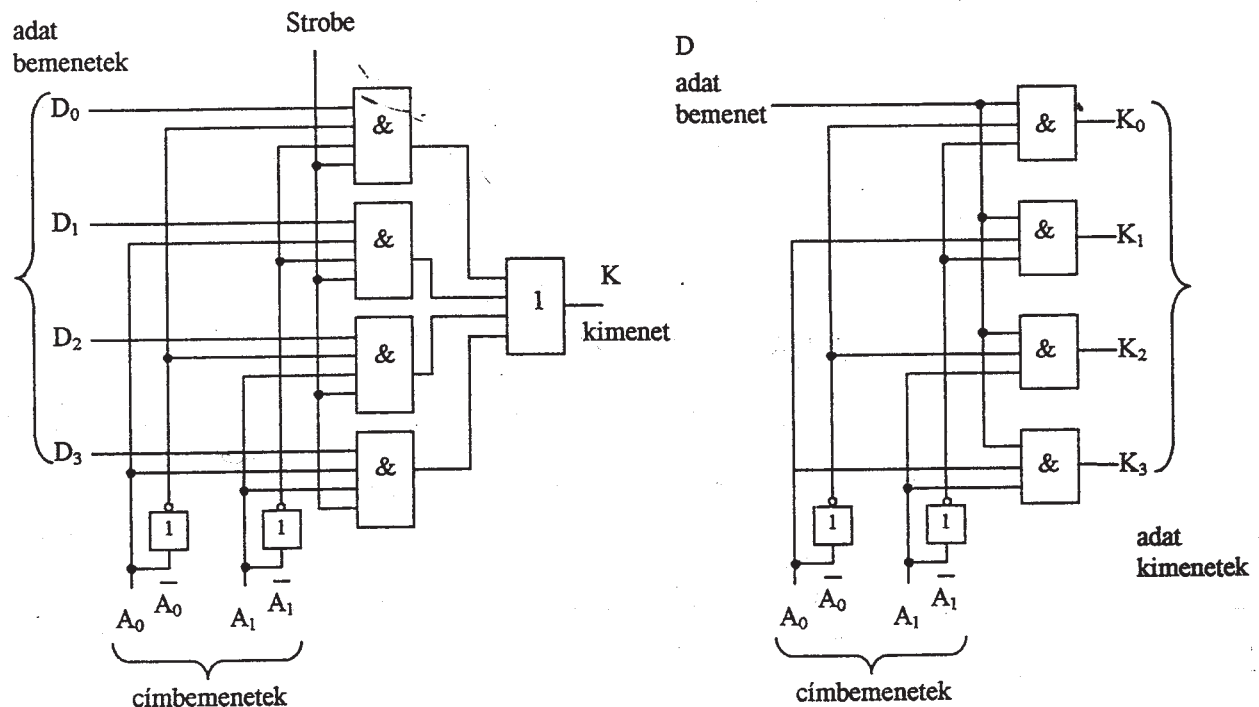
A multiplexer működése egy  $m$  állású fokozatkapcsoló működésének felel meg. Segítségével lehetővé válik  $m$  db különböző jelet, melyek párhuzamosan  $m$  db vezetéken vannak jelen, időmultiplex módon - azaz időben egymás után - egy db kimeneti vezetékre kapcsolni. Az egyes bemenetek kimenetre kapcsolásának időrendje tetszőleges is lehet. Többnyire azonban a címbemenetekre adott vezérlő jel egy számláló által szolgáltatott kódszó-sorozat szokott lenni és ebben az esetben az adatbemenetek sorrend szerint ciklikusan kapcsolódnak rá a kimenetre.

A digitális jeleknél "kapcsoló"-ként egyszerű AND kapuáramköröket használunk (2. ábra). Mindegyik bemeneti adatvezetékét rávezetjük egy AND kapu egyik bemenetére.  $m$  db bemeneti jelvezeték esetén tehát  $m$  db AND kapura van szükség. Az AND kapuk kimeneteit egy utánuk következő OR kapu fogja össze. Az AND kapukat kell vezérelni, mégpedig úgy, hogy egyidőben csak egy kapu nyisson ki. A kinyitást (vezérlést) egy adott időintervallumban a kapu adatbemeneten kívüli bemeneteire adott egyidejű H szintű jelekkel érhetjük el.

A vezérlést általában az  $un$ . címbemenetekken ( $A = \text{Adress}$ ) keresztül binárisan kódolva valósítjuk meg. Ez azt jelenti, hogy az  $m$  db állapot megkülönböztetéséhez legalább  $n$  db

cím-bemenet szükséges, ahol  $m=2^n$ . A vezérléshez az  $m$  darabszámú AND kapuk mindegyikének rendelkeznie kell  $n$  db ( $m \leq 2^n$ ) cím-bemenettel. Ezenkívül egy közös un. strobe-bemenet (tiltó bemenet) segítségével minden bemeneti vezeték le lehet választani a kimenetről, a cím-bemenetektől függetlenül.

Ezzel a módszerrel pl. mintavételező kapcsolások vagy párhuzamos-soros-átalakítók valósíthatók meg.



A <sub>1</sub>	A <sub>0</sub>	K=
0	0	D <sub>0</sub>
0	1	D <sub>1</sub>
1	0	D <sub>2</sub>
1	1	D <sub>3</sub>

A <sub>1</sub>	A <sub>0</sub>	D=
0	0	K <sub>0</sub>
0	1	K <sub>1</sub>
1	0	K <sub>2</sub>
1	1	K <sub>3</sub>

2. ábra A multiplexer és demultiplexer kapcsolása, működését leíró táblázat

a) Multiplexer

b) Demultiplexer

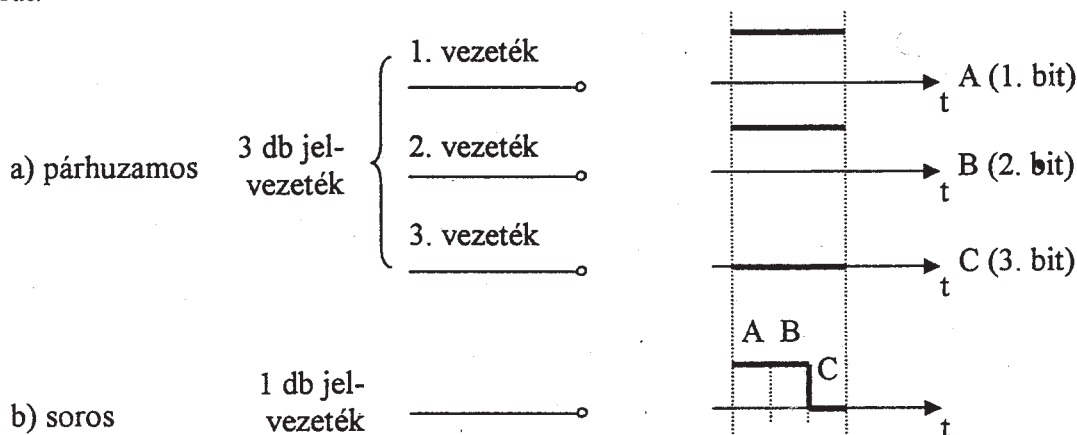
A multiplexert egy egyfokozatú dekódolóknak is fel lehet fogni, amennyiben minden egyes dekódoló kapuhoz pluszban egy adatvezeték is becsatlakozik és a dekódoló minden kimenete egy OR kapuval össze van fogva.

A demultiplexer a multiplexer fordítottját végzi. Feladata általában az szokott lenni, hogy az egy db vezetéken időben egymás után érkező adatokat több kimeneti vezetékre ossza el. Minden dekódoló áramkört egyben demultiplexerként is lehet használni, amennyiben minden egyes dekódoló-kapuhoz egy közös adatbemenetet csatlakoztatunk.

Léteznek olyan multiplexerek, melyek nem csak egyesével választhatnak ki és kapcsolhatnak tovább beérkező adatvezetékeket egyetlen kimenetre, hanem több vezeték (bitet) összefogva, csoportosával is képesek ugyanezt végrehajtani. A mikroprocesszoros technikában jelentős a 4-szer 8-ból 8 (4x8-ból 8) multiplexer, mely egyszerre 8 vezeték kapcsol és 4 db 8 bites szó egyikét tudja vezérlés alapján (négyállású fokozatkapcsolóhoz hasonlóan) a 8 bites kimenetre adni.

**Párhuzamos és soros adatábrázolás, adattovábbítás**

Egy bináris jel (bit) kétféle állapotot vehet fel, az általa képviselt információ az információ alapegysége. Több bináris jel (bit) összefogásával nagyobb a variációk száma, ezzel a képviselt információ mennyiség is. Több bit-es elrendezéseket kódszónak nevezzük. Az egyes biteknek kétféle ábrázolási ill. továbbítási módja lehetséges: párhuzamos és soros, lásd 3. ábrát.



3. ábra: 3 bitből álló kódszó a) párhuzamos, b) soros ábrázolása

A soros adattovábbításnál csak 1 db jelvezetékre van szükség. Az egyes bitek időben eltolva,  $n$  bit esetében a párhuzamos ábrázolásmódhoz képest  $n$ -szeres órajel-frekvenciával jelennek meg a vezetéken.

Ha adatokat akarunk továbbítani az egyik digitális egységtől a másikig, nem mindegy, hogy hány vezetékkel kell összekötnünk őket, illetve milyen gyorsan lehet egy adott számú bitet az adott jelvezeték(ke)ken továbbítani (átadó egység a jelet a kimenetén ráadja a vezetékre, mely az átvevő bemenetére kapcsolódik). A párhuzamos adattovábbítás gyors, viszont a több vezeték miatt igényesebb kialakítású és a külső elektromágneses zavarokra is érzékenyebb. A soros adattovábbítás hátránya a lassúság.

**Feladat, 8. mérés:**

(179)

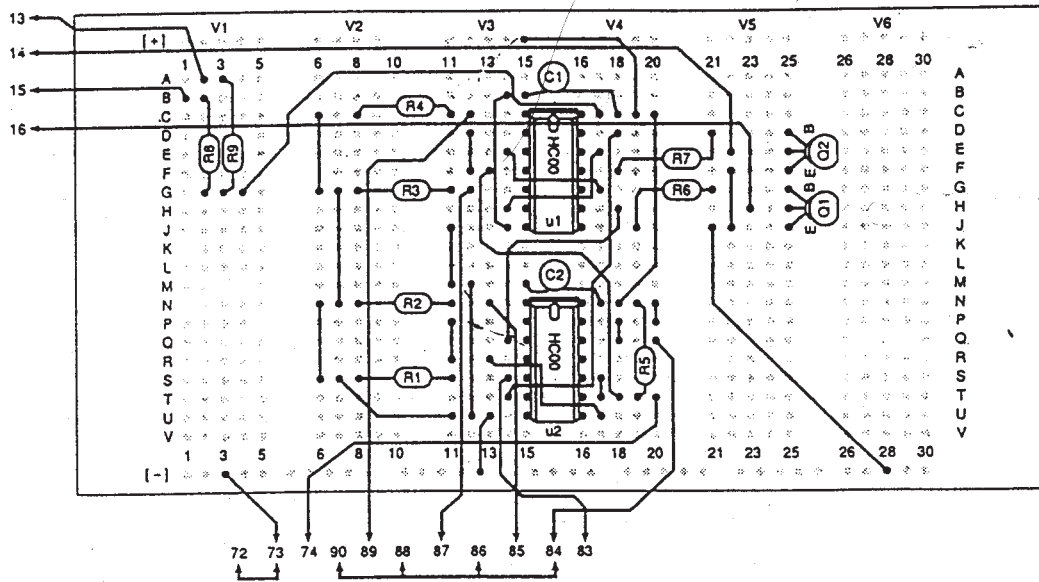
- Az alábbi kapcsolási rajz alapján egy 2-bemenetű kettős multiplexert lehet összeállítani. Az áramkör egy bemeneti információ alapján a bemenő négy adatvezeték közül kettőt-kettőt kapcsol egyszerre a két kimenő adatvezetékre. Mivel itt két lehetőségből kell egyet kiválasztani címként elegendő egyetlen jelbemenet (1 bit), amit a kétállású kapcsoló valósít meg. Vizsgálja meg az áramkör működését az összes előfordulható esetre kiterjedően és rögzítse a jegyzőkönyvben alkalmas módon.
- Alakítsa át a kapcsolást dekódoló nélküli 4:1 multiplexerré, azaz a bemenetválasztást **további 4 kapcsoló** végezze!

**Változtatások:**

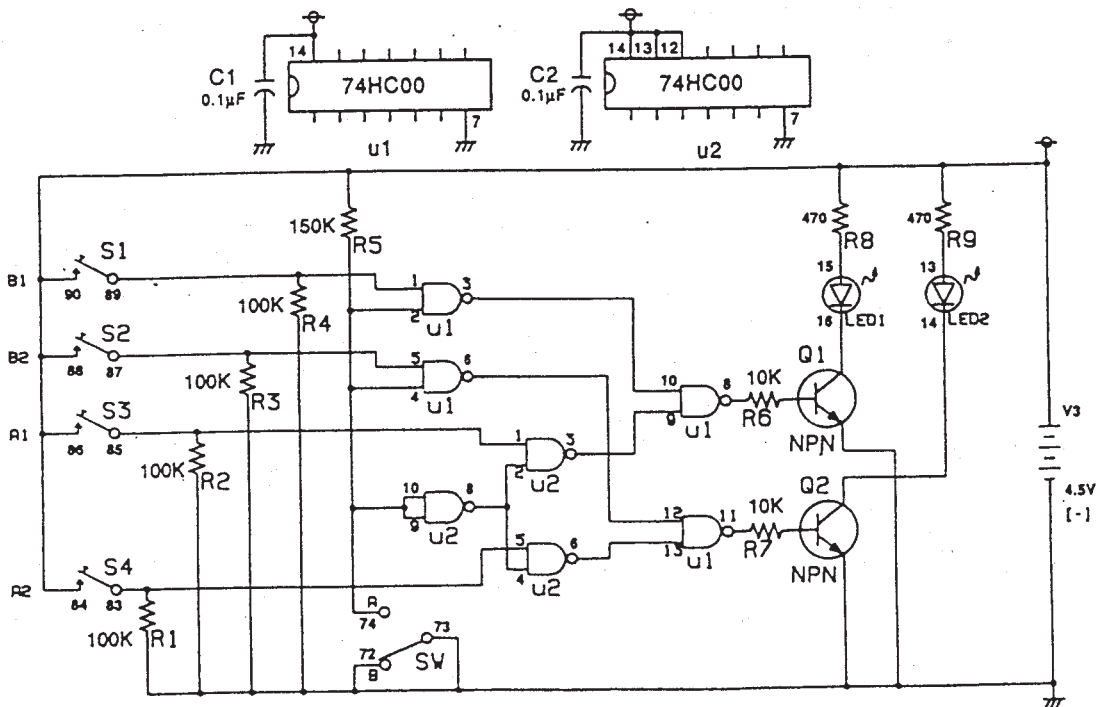
- Ki kell iktatni: R5, SW, U2 8-as kimenete, LED2, R9
- A 4 bemenetválasztó kapcsoló mindegyikénél:
  - egyik pólus a tápfeszültségre,
  - a másik pólus az adott NAND kapura (U1 és U2 2-es és 4-es lábai) és egyúttal egy ellenálláson keresztül GND-re kapcsolódik.
- Q2 kollektorát kössük párhuzamosan Q1 kollektorával (OR függvénykapcsolat)!

Írja le az áramkör működését!





U1	74HC00	R1	100KΩ	R4	100KΩ	R7	10KΩ	C1	0.1μF
U2	74HC00	R2	100KΩ	R5	150KΩ	R8	470Ω	C2	0.1μF
Q1	NPN	R3	100KΩ	R6	10KΩ	R9	470Ω		
Q2	NPN								



## 9. mérés: SR-tároló

A bináris tárolók a szekvenciális hálózatok jellemző elemei. A tárolók a nevükből eredően digitális, jellemzően egy elemi bináris adat, azaz egy bit tárolására alkalmasak. Másképpen bistabil (két stabil állapottal rendelkező) billenő-kapcsolásnak, vagy FlipFlop-nak is nevezik őket.

A bináris tárolók egy vagy két jeltárolóval valamint rendszerint egy órajel-bemenettel és két kimenettel ( $Q$  és  $\bar{Q}$ ) rendelkeznek.

Sok bináris tároló rendelkezik még egy beállító és egy nullázó bemenettel is, melyeken keresztül a kimeneti állapotot bármikor és az órajeltől függetlenül közvetlenül be lehet állítani (Clear és Preset). Ezen esetben TTL áramköröknél az alábbi jelszintek érvényesek:

Clear = L (és Preset = H)  $\rightarrow$   $Q = L$ ,

Preset = L (és Clear = H)  $\rightarrow$   $Q = H$ .

Clear = Preset = H esetén ezek a bemenetek hatástalanok. A Clear = Preset = L állapot a FlipFlop típusától függően eredményez  $Q = \bar{Q} = H$  vagy  $Q = \bar{Q} = L$  kimeneteket és ezért ez az állapot nincs megengedve.

A bináris tárolók jeltárolóik szerint csoportosítva lehetnek

- SR tároló (Set Reset)
- JK tároló (Jump Kill)
- D tároló (Delay)
- T tároló (Toggle)

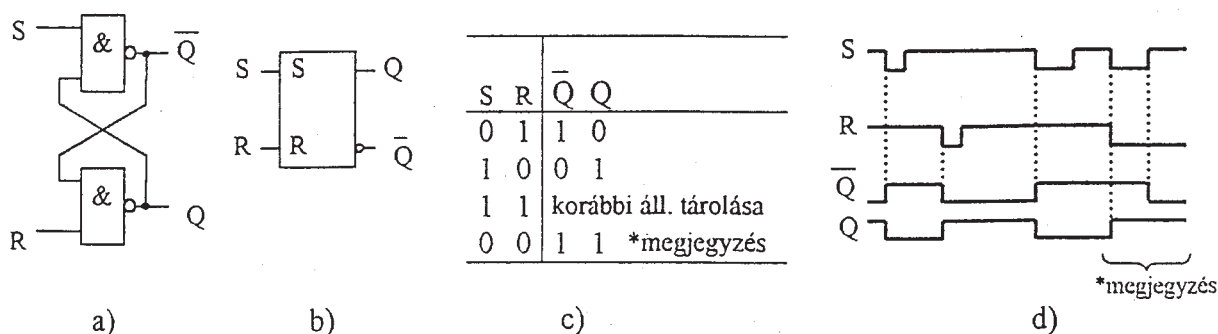
illetve az órajel-vezérlés szerint csoportosítva

- órajel-vezérlés nélküli tárolók (nincs órajel bemenetük)
- szintvezérelt tárolók, Latch-ek (az "órajel" szintje, állapota által vezérelt)
- élvezérelt tárolók (edge-triggered)
- Master-Slave-tárolók

Az órajel- (vagy más néven ütem-) bemenet arra szolgál, hogy a tároló kapcsolását, átbillenését egy adott időponthoz kössük. Egyes áramköröknél az órajel felfutó, másoknál a lefutó éle váltja ki a FlipFlop kapcsolását. A többnyire T-vel, vagy C-vel (clock) jelölt órajel-bemenetek lehetővé teszik több FlipFlop egyidejű kapcsolását, ezáltal pl. szinkron léptetőregiszterek, számlálók valósíthatók meg velük.

## SR-tároló

Az órajel-vezérlés nélküli SR-tároló a legegyszerűbb bináris tároló. 2 NAND kapuból lehet felépíteni, melyek visszacsatolásokkal vannak egymással összekötve (lásd 1. ábrát).



1. ábra: A két NAND kapuból álló SR-FlipFlop kapcsolása, rajzjele, igazságtáblázata és impulzusdiagramja

A bemeneteket jelölő S és R a „set” (beállítás, azaz a tárolóba „1” beírása) és a „reset” (visszaállítás, azaz törlés) műveletét jelenti.

Ha (pozitív logikát feltételezve)  $S=1$  és  $R=0$ , akkor a FlipFlop, azaz a Q kimenet 1 állapotba kerül és  $\bar{Q}=0$  értékű lesz. Ez a beállítás, vagy másképpen beírás. Ha  $S=0$  és  $R=1$ , akkor a törlés funkció működik, és  $Q=0$ ,  $\bar{Q}=1$  lesz. Ha  $S=R=1$ , ekkor mindkét NAND kapunál a visszacsatoló ág dominál: a FlipFlop ilyenkor megtartja korábbi állapotát, azaz 1 bit információt tárol

\* Ha az S és az R bemeneten is "L" potenciál van, akkor mindkét NAND kapu „zár” és ezáltal mindkét kimenet "H" szintre kerül. Ekkor a két kimenet már nem egymásnak a negáltja, ahogy azt eredetileg elváránk. Ilyen esetben set és reset egyszerre aktív, ami bár logikailag ésszerűtlen, viszont a kapcsolás működése eddig egyértelmű és meghatározott. Gond akkor keletkezik, ha ebben az állapotban mindkét bemenet *egyidőben, egyszerre* vált át "H" szintre: ekkor a FlipFlop elveszti tároló tulajdonságát és véletlenszerűen áll be a kimenet a két állapot ( $Q = H / \bar{Q} = L$  vagy  $Q = L / \bar{Q} = H$ ) valamelyikére. Emiatt ennél a kapcsolásnál nincs megengedve az az eset, amikor mindkét bemenet egyidejűleg "L" potenciálon van. *(Ha külön gondoskodunk arról, hogy egyidejűleg ne válthasson mindkét bemenet "H" szintre, akkor biztosítva van a FlipFlop mindenkor definiált, egyértelmű állapota és ez az eset is megengedett.)*

A fentiekben ismertetett SR-FlipFlop-ot például kapcsolók pergésmentesítésére, vagy olyan áramkörökben használják, ahol egyszeri lefolyású, rövid impulzusokat (zavarjeleket) kell regisztrálni.

### SR-Latch

Az SR-FlipFlopok órajel-bemenettel, tehát órajel-vezérléssel nem rendelkeznek. Létezik viszont egy olyan SR-FlipFlop-változat, amelyiknél az S és R bemenetek elé egy-egy NAND kapu van bekötve és mindkét kaput egy közös enable- azaz engedélyező-bemenet vezérli. Az engedélyező bemenetére adott H szint nyitja a bemeneti kapukat, ezen idő alatt az SR-FlipFlop a szokásos módon működik (pontosabban ilyenkor az SR bemenetek "H" szintje aktív). Az engedélyező bemenet L szintje lezárja a Latch-t, ezen idő alatt az SR bemenetek változásaitól függetlenül a lezárás időpontjában fennálló állapot tárolódik. Az SR-en kívül létezik D-Latch is. Latch-FlipFlopok csak adatok ütemezés nélküli felfogására, átmeneti tárolására alkalmasak. Léptetőregisztert vagy számlálót nem lehet ezekből felépíteni. SR-Latch-al viszont megvalósítható a Master-Slave működési mód. A "Latch"-vezérlés és az órajelvezérlés között az a különbség, hogy a Latchnál a FlipFlop-ot közvetlenül az információ-bemenetek billentik be, míg az az élvezérlésnél az órajel hatására billen.

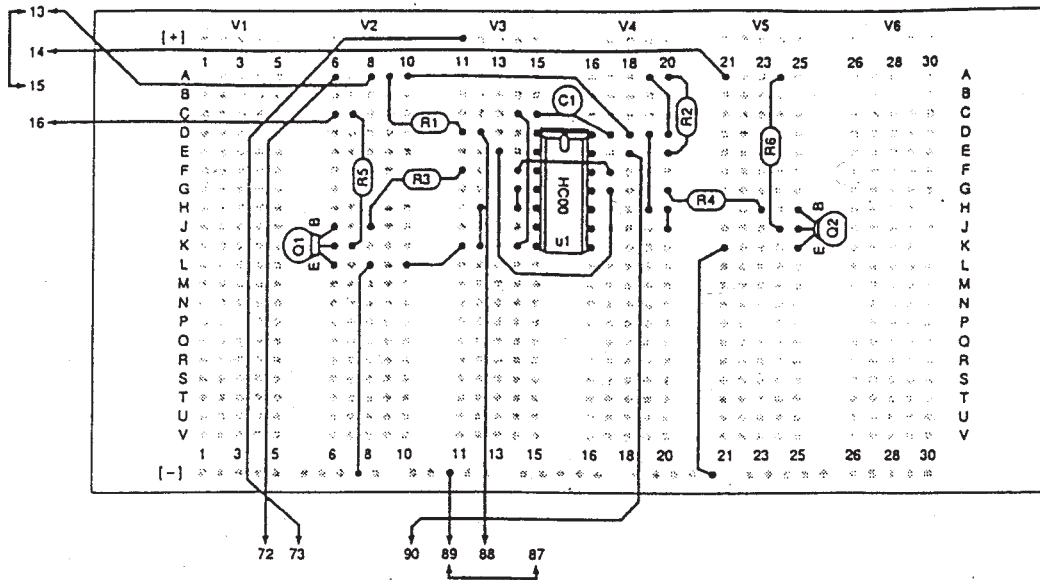
Integrált áramköri formában SR-FlipFlop többnyire csak Latch változatban fordul elő.

### Feladat, 9. mérés: SR-FlipFlop vizsgálata

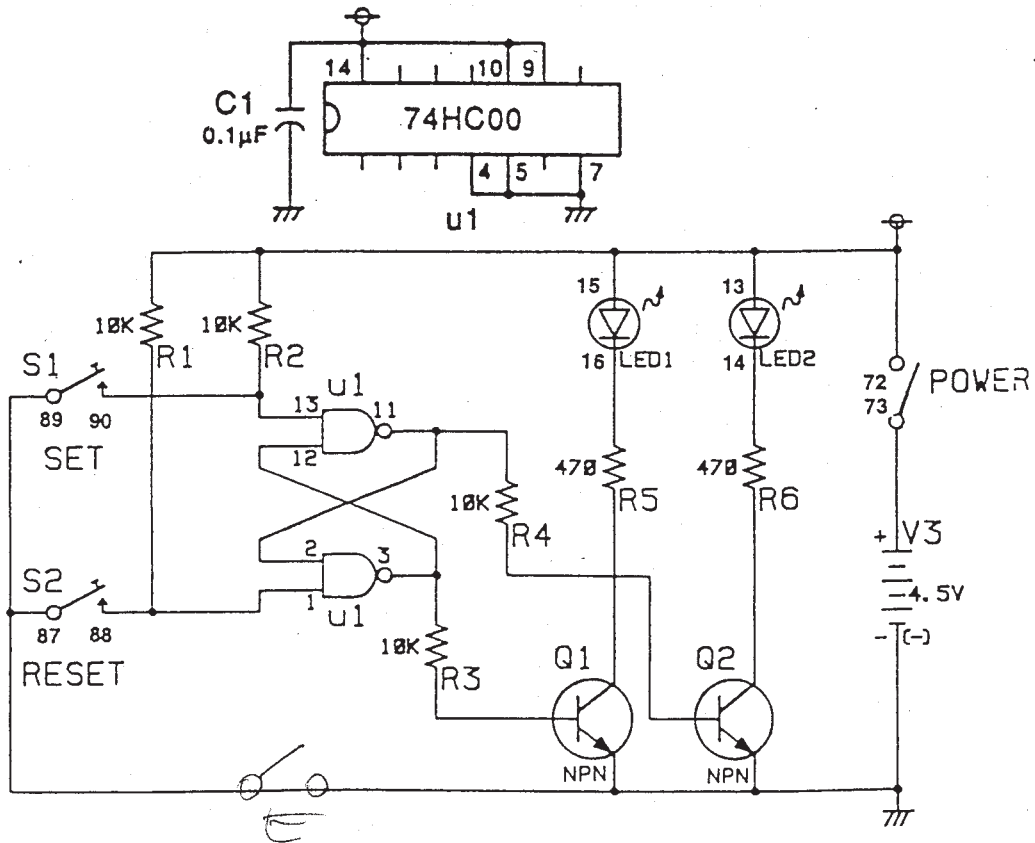
(158)

Állítsa össze az alábbi kapcsolást! A tápfeszültség bekapcsolása után adja rá a FlipFlop bemeneteire kapcsolók segítségével az összes jelkombinációt és figyelje a kimeneteket jelző LED-eket!

- Az igazságtáblázat és egy idődiagram felvételével igazolja az elméletileg várt működést! Mitől függ, hogy milyen állapotot vesz fel a FlipFlop a tápfeszültség bekapcsolásakor?
- Készítsen SR-Latch FlipFlop-ot egy harmadik kapcsoló (és ellenállás) és az IC két, eddig nem használt NAND kapujának felhasználásával! Írja, vagy rajzolja le a szükséges változtatásokat és elemezze az áramkör gyakorlati működését! A két engedélyező NAND kapu közül melyik kapcsol gyorsabban?



U1	74HC00	R1	10KΩ	R4	10KΩ	C1	0.1μF
Q1	NPN	R2	10KΩ	R5	470Ω		
Q2	NPN	R3	10KΩ	R6	470Ω		



## 10. mérés: JK-tároló

## JK-tároló

A JK-tárolók az SR-tárolókkal ellentétben mindig ütemfüggő (órajel-vezérelt) tárolók és a két kimeneten túlmenően mindig van

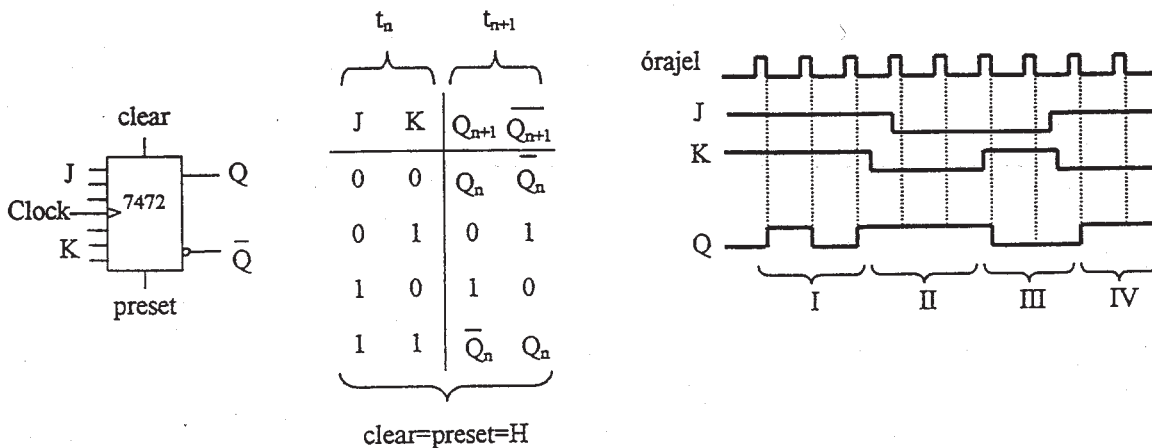
- 1 órajel-bemenetük
- 1 vagy 2 adatbemenetük (J,K) és
- 0 – 2 közvetlen állító-bemenetük (clear, preset)

Az ütemvezérlés esetében az adatátvétel típusától függően beszélünk

- Master-Slave tárolókról és
- élvezérelt tárolókról.

Az ütemjel-vezérlés miatt a J és K bemenetekre adott jelek meghatározzák („előkészítik”) azt az állapotot, amelyikbe a FlipFlop a következő vezérlő élnél át fog billenni.

Az RS FlipFlop előzőekben tárgyalt változatához képest a  $J=K="L"$  bemeneti állapot minden korlátozás nélkül megengedett.



$t_n$ -nel jelöljük a hatásos órajel-él előtti időt,  $t_{n+1}$ -el a hatásos órajel-él utáni időt (állapotot)

1. ábra: Az élvezérelt JK-tároló rajzjele, igazságtáblázata és impulzusdiagramja

Az 1. ábrán általános JK-tároló rajzjele, igazságtáblázata és impulzusdiagramja látható. A három J bemenet belül AND kapuval van összekapcsolva ugyanígy a három K bemenet is. Ez TTL áramkörök esetében azt jelenti, hogy a be nem kötött, nyitott bemenetek H-szinten vannak és ezért nem befolyásolják a működést.

Mivel a tároló élvezérelt (jelen esetben a lefutó él a hatásos), a tároló kimenete mindig csak az órajel lefutó élének időpillanatában válthat állapotot. A tároló a  $J=K=0$  esetben nem vált állapotot, hanem megmarad előző állapotában. Ha a bemenetek H szintűek, azaz  $J=K=1$ , akkor az ütemjel minden egyes hatásos éle a tároló átbillenését eredményezi. (Ez a második eset egyébként egy 2:1 arányú frekvenciaosztót valósít meg.)

A 2. ábra impulzusdiagramja is leírja a tároló működését:

- I. A JK bemenetek nyitottak vagy H potenciálon vannak, a tároló (Q kimenet) minden egyes hatásos órajel-él-re állapotot vált.

- II.  $J=K=0$  esetén a FlipFlop az éppen meglévő állapotot tárolja, a lefutó él nem tudja átbillenteni.
- III.  $J=0$  és  $K=1$  esetén a Q kimenet a következő órajel-él hatására "L" szintre (0-ra) vált és változatlan bemenetek mellett itt is marad.
- IV.  $J=1$  és  $K=0$  esetén a Q kimenet a következő órajel-él hatására "H" szintre (1-re) vált és itt is marad.

### JK Master-Slave tároló

#### Master-slave működési elv:

A master-slave tárolók két db, sorba kötött élvezérelt tárolóból állnak, melyek ugyanazt az - de egymáshoz képest negált - órajelet kapják. Az első a master (mester), ez már az órajel aktív felfutó élével (vagy szintvezérlés esetén azon idő alatt, amikor az órajel H szinten van) átveszi a J és K bemenetekre lévő külső információt és azt tárolja. Az órajel LH (felfutó) éle tehát kinyitja a master-t és egyidejűleg lezárja a master után kötött második tárolót, a slave-t (szolgát). A slave tároló csak az órajel HL élével veszi át a master-től az információt, mikor is a master bemenete lezáródik és a slave bemenete nyílik ki. A slave tároló tartalma egyben a Q kimeneten is megjelenik. A külső JK (adat)bemeneteket egyébként előkészítő bemeneteknek is szokták nevezni.

A master-slave elv előnye, hogy az információ felvétele és továbbítása különböző ütemeleknél következik be, azaz egyidejűleg új információt lehet a bemenetre adni (és felvetetni) és a kimeneten ugyanakkor még a régi információt le lehet kérdezni.

#### Feladat, 10 mérés: JK-FlipFlop vizsgálata

(167)

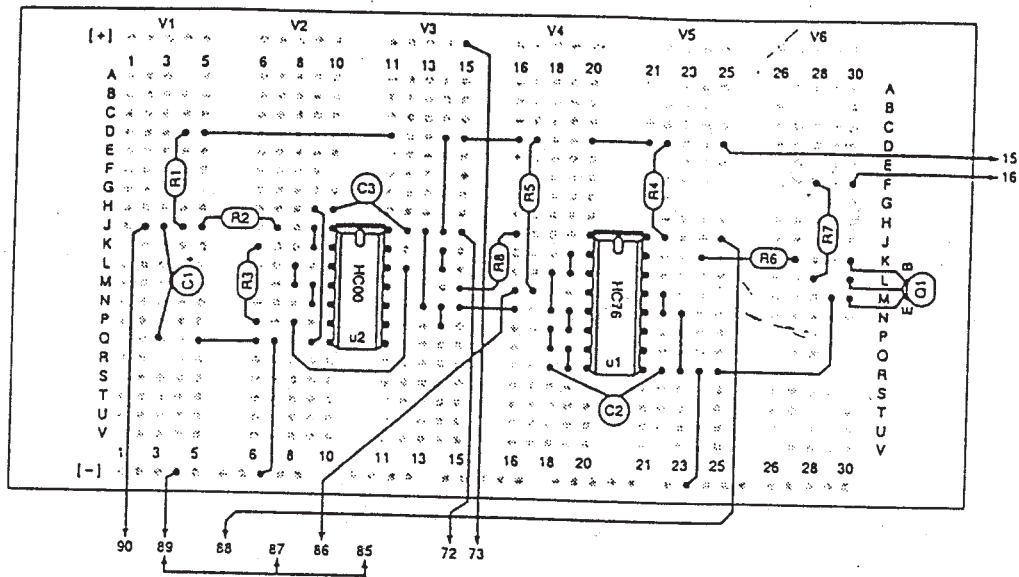
- Állítsa össze az alábbi kapcsolást! A tápfeszültség bekapcsolása után adja rá a FlipFlop bemeneteire kapcsolók (S2, S3) segítségével az összes JK jelkombinációt és az S1 kapcsoló nyomogatásával biztosítsa az órajelet! A kimenetet jelző LED figyelésével igazolja az elméletileg várt működést (igazságtáblázat és egy idődiagram felvétele)!

[A C1 kondenzátorral és az U2 IC-vel megvalósított kapcsolás az órajelet adó mechanikus kapcsoló pergésmentesítését és az órajel alakjavítását (élmeredekség növelését) végzi. Miért van erre szükség az órajel-bemeneteknél?]

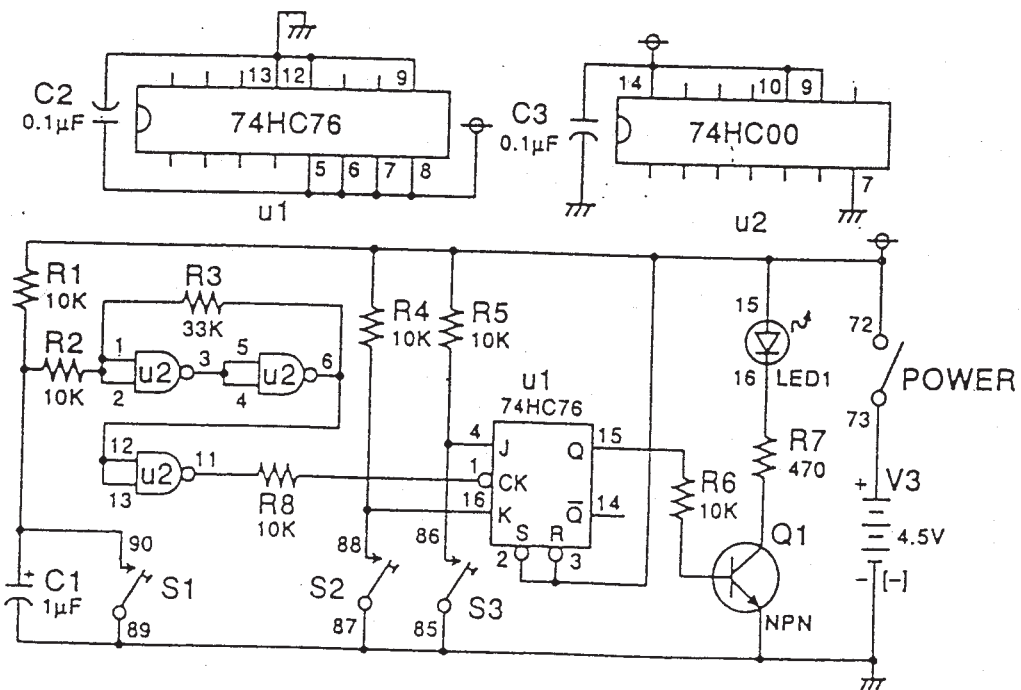
- Az S (preset) és R (clear) jelű bemenetek funkcióit ellenőrizze közvetlen tápfeszültség ill. GND ráadásával!
- Két mérőbörönd felhasználásával állítson elő Master-Slave JK-flipflop-ot!
- A master felfutó órajellel veszi át a külső információt.
- A slave az órajelét a master-mérőbörönd U2 12-es lábáról kapja saját R8-án keresztül.
- A master-flipflop Q-ját a slave J bemenetére, a  $\bar{Q}$ -ját a slave K bemenetére kösse! (R4-et és R5-öt a tápfeszültségről leválasztani)

Vizsgálja meg és rajzolja le idődiagramban, hogyan megy át a master és slave

1	1	állapotból	0	0	állapotba, ill.
0	0	állapotból	1	1	állapotba!



U1	74HC76	R1	10KΩ	R4	10KΩ	R7	470Ω	C1	1μF
U2	74HC00	R2	10KΩ	R5	10KΩ	R8	10KΩ	C2	0.1μF
Q1	NPN	R3	33KΩ	R6	10KΩ			C3	0.1μF



## 11. mérés: Multivibrátorok

A multivibrátorok (más néven billenő áramkörök) kétféle állapotot vehetnek fel, azaz 1 bit információ tárolására alkalmasak. Az állapotnak a megváltozása gyors lefolyású folyamat, amit átbillenésnek nevezünk. Ehhez az áramkör belül pozitív visszacsatolással rendelkezik. Háromféle változatuk létezik:

- bistabil multivibrátorok (FlipFlop-ok)
- astabil multivibrátorok (impulzusgenerátorok)
- monostabil multivibrátorok (monoflop-ok)

A **bistabil multivibrátor** két stabil állapottal rendelkezik (0,1). Átbillenteni egyik állapotból a másikba egy vezérlő bemeneti jellel lehet. Egy bit információ tárolására alkalmasak. Újabb vezérlő jelig a régi információt tárolják. Más néven FlipFlopnak is nevezik.

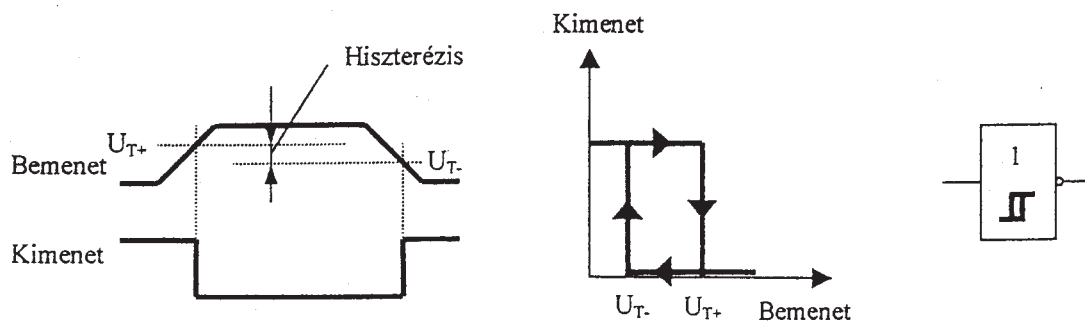
Az **astabil multivibrátornak** nincs stabil állapota. A tápfeszültség rákapcsolásakor magától, azaz vezérlő jel nélkül változtatja az állapotát. Mivel nincs stabil állapota, csak egy meghatározott ideig marad meg egyik állapotában utána átbillen a másikba. A két állapot egymást váltja. Gyakorlatilag egy meghatározott frekvenciájú négyszögjel-impulzussorozatot állít elő.

A **monostabil multivibrátornak** egy stabil állapota van. Alapesetben ebben az állapotban tartózkodik. Ebből kibillenteni egy vezérlő jellel lehet. A másik, instabil állapot viszont csak egy (a méretezés által) meghatározott ideig marad fenn. Ezen idő letelte után a monostabil multivibrátor visszabillen stabil állapotába, ezért időzítő kapcsolásnak is használják.

A mono- és astabil multivibrátorok megvalósításának egyik legegyszerűbb módja, amikor a billenésre Schmitt-triggeres bemenetű invertert használunk és monostabilnál a vezérlő jelet differenciáljuk, ill. astabilnál a visszacsatolt jelet késleltetjük.

A billenő-kapcsolások tárgyalásánál kell megemlíteni tehát a **Schmitt trigger** is, ami lényegében szintén két állapotba billenthető be, mégpedig a bemenetre adott feszültség nagyságától függően. Nem invertáló Schmitt trigger esetében az L→H átbillenéshez tartozó bemeneti feszültség szintet felső (vagy pozitív irányú) küszöbfeszültségnek, a H→L átbillenéshez tartozó bemeneti feszültség szintet pedig alsó (negatív irányú) küszöbfeszültségnek nevezzük.

A Schmitt trigger egy olyan komparátor (feszültség-összehasonlító áramkör), melynek a különböző változási irányokhoz tartozó billenési küszöbfeszültségei (trigger szintek) nem esnek egybe, hanem egy ún. hiszterézisfeszültséggel különböznek ( $U_H = U_{T+} - U_{T-}$ ).



Hiszterézis:  $U_{T+} > U_{T-}$ .

1. ábra: Schmitt triggeres bemenetű inverter működése, átmeneti karakterisztikája és rajzi jelölése



A Schmitt triggeres inverter (1. ábra) a bemeneti feszültség nagyságától függően billen be a két állapot valamelyikébe. Az invertálás miatt, ha a bemeneti feszültség nagy, a kimenet L szintre, ha alacsony, H szintre fog beállni. Az átbillenés akkor következik be, ha a bemeneten a feszültség eléri és meghaladja (pozitív vagy negatív irányban) a billenési küszöbfeszültség értékét. Ha a bemeneten a feszültség növekszik és az inverter L szintre billen, akkor a pozitív irányú küszöbfeszültség ( $U_{T+}$ ) érvényes, ha a feszültség csökken és a kimenet H-ba billen, akkor a negatív ( $U_{T-}$ ).

A bemeneti jel lehet analóg jel is, a kimenet viszont mindig digitális (tehát a bemeneten bármilyen lassú jelváltozási sebesség megengedett, ellentétben a kimenettel).

*Az invertáláson kívül más logikai műveletet végző kapuáramkört is el lehet látni Schmitt triggeres bemenettel, melynek lényege a kapcsolási hiszterézis. A hiszterézisgörbe alakját használják a Schmitt triggeres bemenet rajzi jelölésére is.*

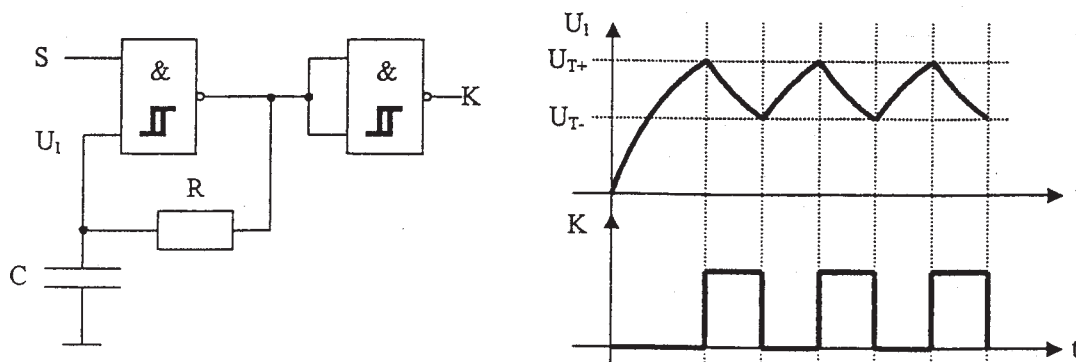
*A kapcsolási hiszterézisre (azaz arra a tényre, hogy a „visszabillenés” alacsonyabb feszültségen következik be mint az „odabillenés”) stabilitási okokból van szükség. Ha a hiszterézis túl kicsi, az oda- és visszabillenés nemkívánatos módon már a hasznos jelen üző zavarjelek hatására is bekövetkezik. A túl nagy hiszterézis viszont az impulzus hosszát befolyásolja.*

Az astabil multivibrátorokat a frekvencia jellemzi, a monostabil multivibrátort az instabil (tartási) idő, a Schmitt triggeret pedig a billenési küszöbfeszültség. A billenő kapcsolások lényeges kapcsolóelemként ellenállásokat és kondenzátorokat tartalmaznak és nem tisztán digitális áramkörök.

Az astabil billenőáramkörök működése többnyire olyan RC-tagok feltöltődési és kisülési folyamatain alapul, melyeket NAND kapuáramkörök visszacsatoló ágába késleltető-elemként kötünk be. A periódusidőt az RC-tag időállandója szabja meg.

Ha egy Schmitt triggeres inverter kimenetét egy késleltető tagon keresztül visszakötjük a bemenetre a legegyszerűbb astabil multivibrátort kapjuk. A negálás miatt az inverter kimenete a bemenetre visszavezetve mindig ellentétes állapotba való billenést vált ki, kicsit késleltetve.

A 2. ábrán két, Schmitt triggeres bemeneti fokozattal rendelkező NAND kapuból felépített astabil multivibrátort láthatunk. C (és R) megválasztásával a frekvenciát 1 Hz és 10 MHz között állíthatjuk be. A kapcsolás egy db Schmitt triggeres inverterrel is működik. A második inverter csak a kimeneti jelformát javítja. Az S bemeneten keresztül az impulzusgenerátort meg lehet állítani.



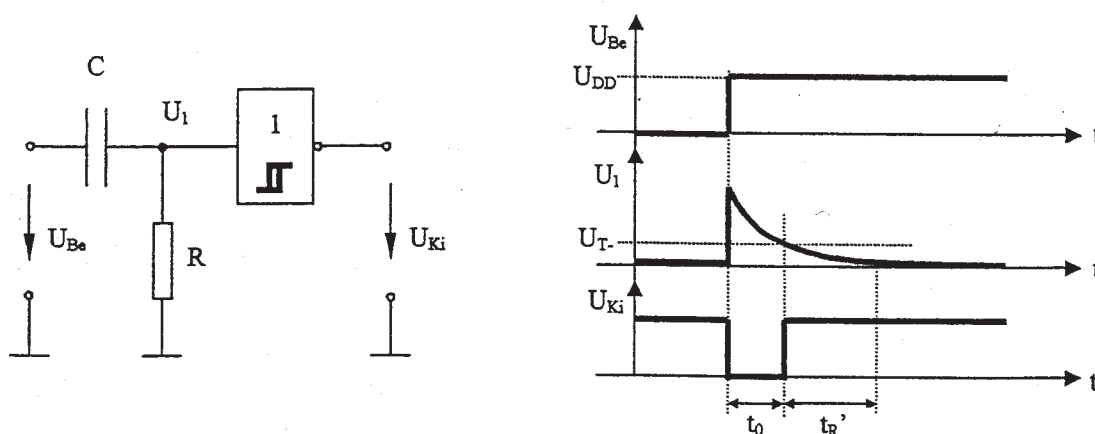
$$T = R \cdot C \cdot \ln \frac{U_{T+} \cdot (U_{DD} - U_{T-})}{U_{T-} \cdot (U_{DD} - U_{T+})}, \quad U_{DD} = \text{tápfeszültség}$$

2. ábra: Astabil multivibrátor felépítése, működése

A **monostabil multivibrátor**  $t_0$  tartási idejét (instabil állapot) is a (belső vagy külső) RC-tag szabja meg. Az instabil állapotba való átbillenést a bejövő vezérlő jel felfutó vagy lefutó éle váltja ki. Visszabillenés után az újabb átbillentés csak egy ún. *regenerálódási idő* ( $t_R$ ) eltelte után következhet be - azaz miután a kondenzátor a nyugalmi feszültségére feltöltődött ill. kisült - mert ellenkező esetben a  $t_0$  tartási idő megrövidül.

Alapesetben a monoflop *nem triggerelhető újra* a tartási idő alatt, azaz az ekkor beérkező újabb vezérlő él hatástalan, nem indítja újra a tartásidőt. Az *újratriggerelhető* monoflopok tartási idejét a tartási időn belül beérkező újabb vezérlő impulzusok újraindítják.

Ha a Schmitt triggeres inverter bemenetére a vezérlő jelet egy differenciáló tagon keresztül vezetjük, akkor a bemeneti jel felfutó élével indított monostabil multivibrátort kapunk, melynek kapcsolása és működési impulzusdiagramja a 3. ábrán látható.



$$t_0 = R \cdot C \cdot \ln \frac{0,9 \cdot U_{DD}}{U_{T-}}$$

3. ábra: Egyszerű monostabil multivibrátor felépítése, működése

A fenti kapcsolás hátránya, hogy a bemenetnek  $t_0$  teljes ideje alatt H szinten kell maradni, egyébként a  $t_0$  megrövidül. A bemeneti jel L szintre kapcsolásával az  $U_1$  ponton a feszültség –  $U_{DD}$ -vel hirtelen lejjebb ugrik, ami adott esetben a kapu bemenetén negatív feszültségcsúcsot eredményezhet. Az előírt megengedett legnagyobb negatív feszültség túllépése ellen a test felé bekötött diódával védekezhetünk. A monoflopot újraindítani a regenerálódási idő eltelte után szabad, azaz csak akkor, ha az  $U_1$  ponton a feszültség gyakorlatilag nulla (a kondenzátor kisült). A regenerálódási időbe beleszámít a bemeneti lefutó él hatására létrejövő,  $U_1$  pontbeli negatív feszültség lecsengése is.

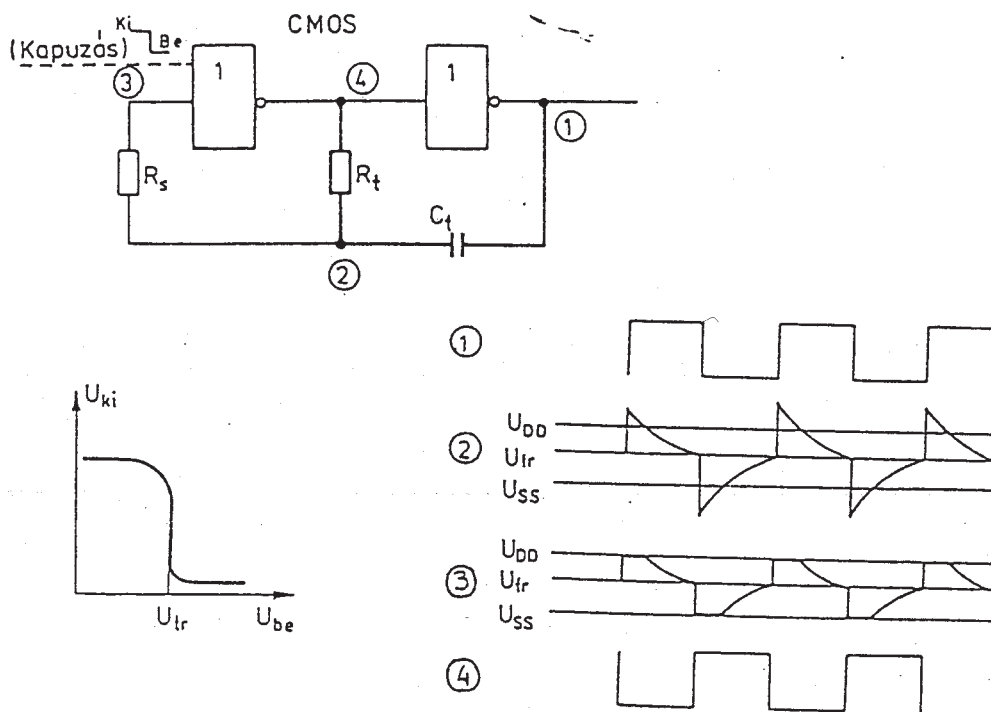
Fenti hátrányok kiküszöbölhetők, ha a kondenzátor elé egy NAND kaput kapcsolunk és ennek másik bemenetére visszavezetjük a kimenetet. Ez pozitív visszacsatolást jelent, és az  $U_T$  küszöbfeszültség elérésekor gyorsítja az átbillenési folyamatot, a kondenzátor kisülését.

## Feladat, 11. mérés: Astabil multivibrátor vizsgálata

(53)

Az áramkör a 4. ábrából kiolvasható elven működik. Ha a 3. pontban lévő feszültség növekedésekor vagy csökkenésekor eléri a trigger szintet, az első kapu kimenete átbillen, ami az 1-es pontra is továbbterjed. A 4-es és 1-es pont közötti potenciálkülönbség a kondenzátor feltöltődési ill. kisülési folyamatát indítja be,  $T=R_t \cdot C_t$  időállandóval.

$R_s$  (a mérőkapcsolásnál  $R_A$ ) csak arra szolgál, hogy a CMOS-bemenet túlfeszültség elleni bemeneti diódás védelme ne korlátozza le a 2-es ponton létrejövő feszültséget, ezzel az 1-es (és 4-es) ponton előálló négyszögjel-frekvenciát függetlenné tegye a tápfeszültségtől.



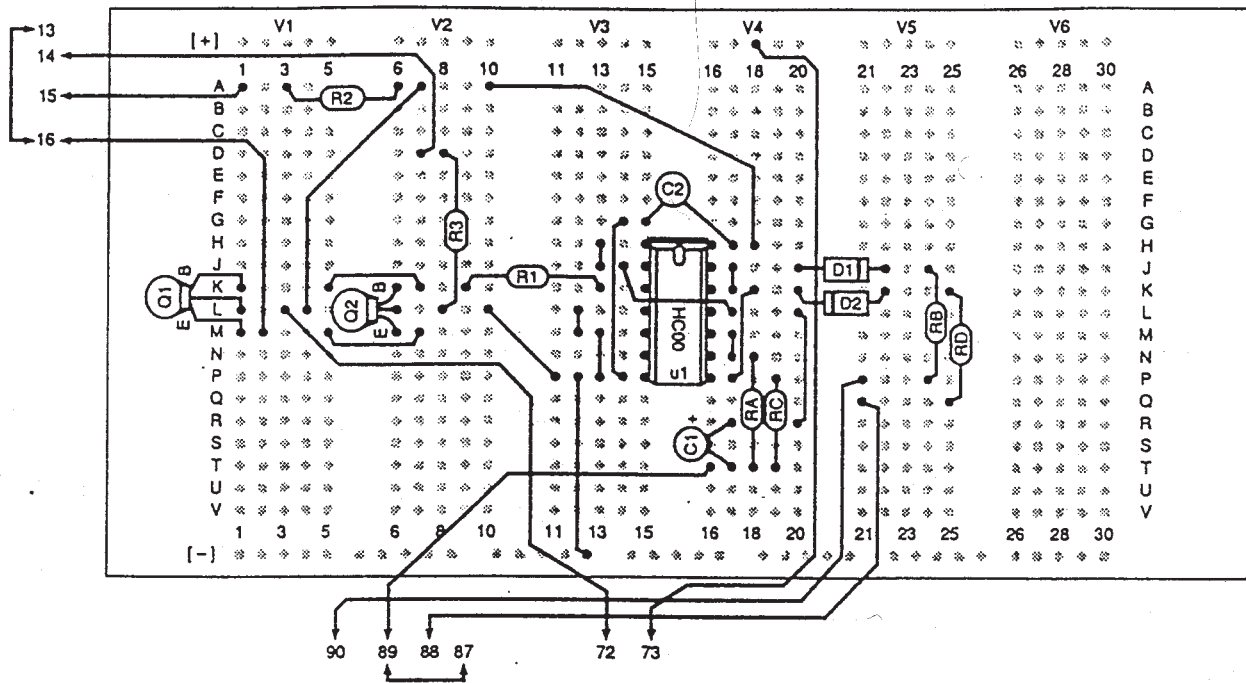
4. ábra: CMOS astabil multivibrátor kapcsolási rajz, idődiagram és az inverter transzfer karakterisztikája

- A mérőkapcsolás egy változtatható kitöltési tényezőjű astabil multivibrátort valósít meg NAND kapuáramkörök és RC elem felhasználásával. Az astabil multivibrátor frekvenciáját  $C_1$  és  $R_C$  határozzák meg ( $T \approx 2 \cdot R_C C_1$ ).  $S_1$  vagy  $S_2$  lenyomásakor a kitöltési tényező megváltozik. A frekvenciát és a kitöltési tényezőt a LED-ek *világít - nem világít* idejéből becsülje meg!

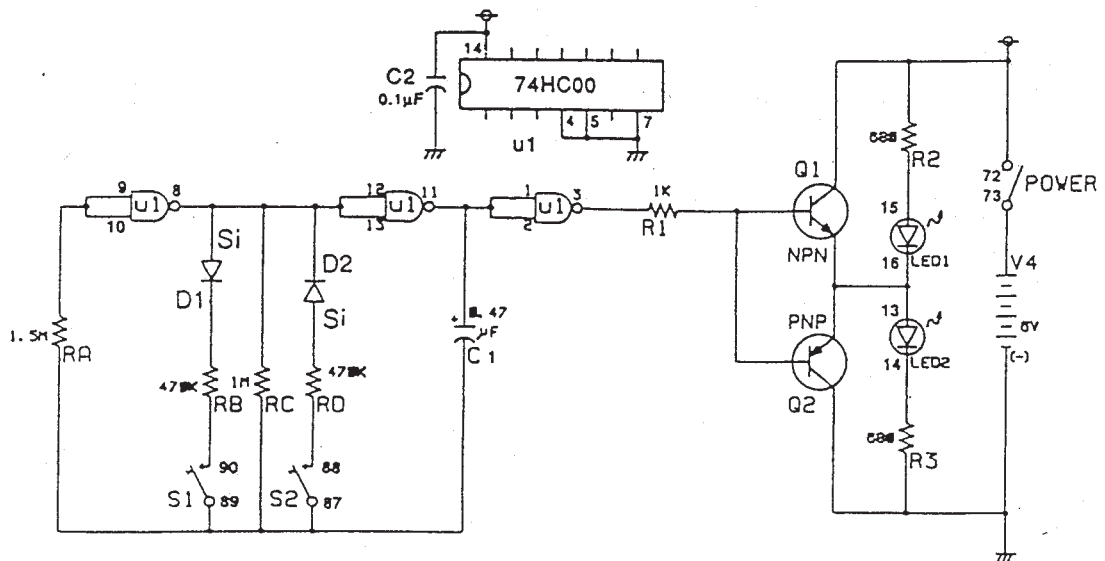
470V

0,022μ

- A tápfeszültség kikapcsolása után  $R_C$  ellenállást és  $C_1$  kondenzátort cserélje ki a mérésvezető által megadottra! A multivibrátor kimenetére (K12-es pont) kapcsolt oszcilloszkóppal mérje meg  $S_1$  és  $S_2$  mind a négy lehetséges variációja esetében a kimeneten a H és L szintek idejét! A mért periódusidőt hasonlítsa össze az elméleti képlet szerint számítottal!
- Az oszcilloszkóp második csatormájára kapcsolja rá a  $C_1$ -en lévő feszültséget (T20-as pont) és rajzolja le léptékhelyesen az oszcilloszkópon látható két idődiagramot mind a négy esetben! Az oszcilloszkóp mindkét csatornája DC-állásban legyen!



U1	74HC00	RA	1.5MΩ	RD	470KΩ	R3	680Ω	D1	Si
Q1	NPN	RB	470KΩ	R1	1KΩ	C1	0.47μF	D2	Si
Q2	PNP	RC	1MΩ	R2	680Ω	C2	0.1μF		



## 12. mérés: Számlálók I.

**Számlálási kapacitás,  $m$  [ $0 \dots (m-1)$ ]**

Mivel minden FlipFlop két értéket (0, 1) vehet fel, az  $n$  db FlipFlop-ból álló számlálónál az összes előfordulható állapotok száma maximum  $2^n$ . Ez a számláló - amennyiben minden lehetséges állapotát kihasználja - 0-tól ( $2^n-1$ )-ig tud számolni. (A  $2^n$ -dik impulzus után újra a kiindulási állapot tér vissza.)

A számláló, mint említettük mindig ciklikusan dolgoznak, azaz egy bizonyos számú beérkezett impulzus után ( $m \leq 2^n$ ) minden egyes számlálóállapot ismétlődik. Az  $m$  (modulo) a számláló kapacitása. Egy számlálónak nem szükséges minden lehetséges állapotot kihasználni. Ez az adott kódrendszerrel függ.

Ha több számlálót (számlálófokozatot) egymás után sorba kapcsolunk, akkor az elől lévő számláló  $m$ -dik impulzusa (amellett, hogy az adott számlálófokozatot az alaphelyzetbe viszi vissza) ezzel egyidejűleg egy átvitelt (azaz hatásos órajel-élt) is szolgáltat a sorban következő számlálófokozat számára.

A beérkezett impulzusok száma és a kimeneti kódszó közötti összefüggést, azaz a számláló működésének lényegét meg lehet adni az impulzusdiagrammal, vagy az ún. igazságtáblázattal, melyekkel a tulajdonképpeni kapcsolás ekvivalens.

Minden számláló legfontosabb jellemzője a számlálási kapacitás ( $m$ ) és az a kód, amivel a számláló dolgozik. A számláló kódja megadja, hogy hányadik beérkezett impulzus milyen kimeneti kódnak felel meg (egyértelműen).

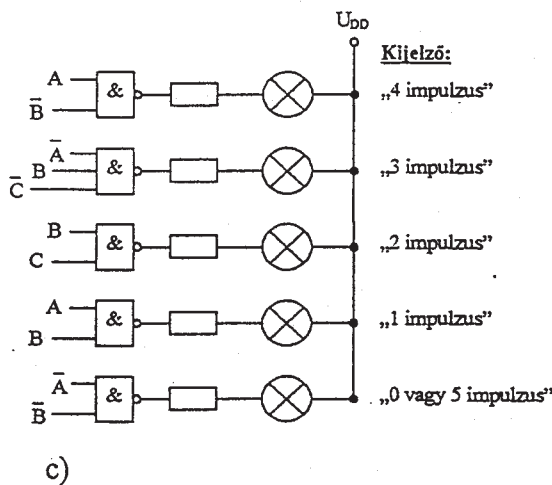
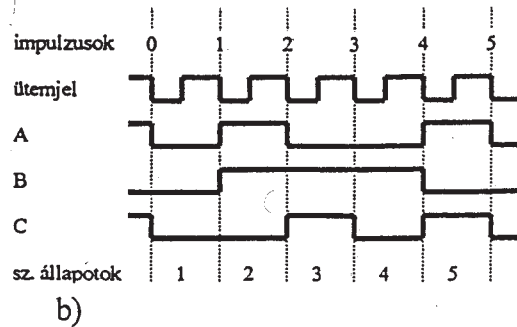
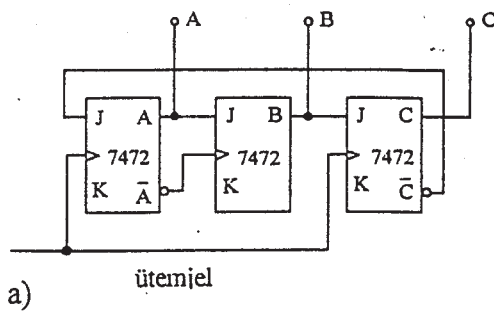
A számlálók, és ezzel együtt kódjuk megadási módjaira láthatunk egy általános példát az 1. ábrán. Itt a számlálási kapacitás  $m=5$ , és ez mivel nem 2-nek egész kitevőjű hatványa, ezért ebben az esetben a szükséges  $n=3$  db FlipFlop-ból álló számláló összes lehetséges  $2^3=8$  állapotából 3 állapot kihasználatlan, ezeket a számláló nem veszi fel, azaz átugorja. Ebből a szempontból ez a kód a számlálási kapacitást illetően nem a leggazdaságosabb.

Az 1. ábrán látható számláló 0-tól 4-ig tud számolni.

A 0-dik és első hatásos órajelimpulzus-él közötti időben a számláló az első, vagy másnéven kiindulási állapotban van. Az első órajel-élnél a második állapotba kerül, a másodikkal a harmadikba és így tovább. Az  $(m-1)$ -dik impulzus hatásos éle viszi a számlálót az  $m$ -dik állapotba. Az  $m$ -dik impulzus révén jut a számláló vissza az első, másnéven kiindulási állapotba.

A példánkban az 5-dik beérkező impulzus a számlálót az alaphelyzetbe (000) billenti vissza.

A kód egyedi, nem ekvivalens a kódolók-dekódolók tárgykörében említett kódok egyikével sem, ezért külön dekódoló hálózatot kell a számlálóhoz építeni. A bemutatott aszinkron számláló egy adott séma alapján tervezhető nagyobb kapacitásúra is és a felépítése is viszonylag egyszerű.



ütem-él	kimenetek			számláló állapot
	C	B	A	
0.	L	L	L	1
1.	L	H	H	2
2.	H	H	L	3
3.	L	H	L	4
4.	H	L	H	5

1. ábra: Általános példa az m=5 számlálóra  
 a) kapcsolási rajz, b) impulzusdiagram, c) dekódoló kapcsolás a beérkezett impulzusdarabszám decimális kijelzésére, d) igazságtáblázat

Az irodalomban nagyon sok, többféle kapacitású és kódot használó számláló ismert, melyek a gyakorlatban felmerülő igényeket túlnyomórészt kielégítik. A speciális igényeket (pl. speciális kód, átváltható kapacitás) kielégítő számlálókat egyedileg kell megtervezni, amihez többféle tervezési módszer áll rendelkezésre. A tervezés lényege, hogy az egyes FlipFlopok be- és kimeneteit úgy kössük össze ill. csatoljuk vissza, hogy a kívánt kapacitás és kód álljon elő; az összekötő vezetékek és logikai kapuáramkörök darabszáma és ezáltal a rajtuk fellépő késleltetési idők (a felső határfrekvencia növelése érdekében) minimálisak legyenek.

Mivel a példában szereplő számláló nem használja ki az összes lehetséges állapotát, elvileg ezek a ki nem használt állapotok nem fordulhatnak elő. A gyakorlatban azonban zavarjelek hatására véletlenszerűen mégis előállhat egy meg nem engedett állapot. Erre az esetre kapcsolástechnikailag kell biztosítani, hogy ne történjen blokkolás, azaz egy bizonyos tiltott állapotból adott darabszámú impulzus után a számláló visszatérjen a normális ciklusába.

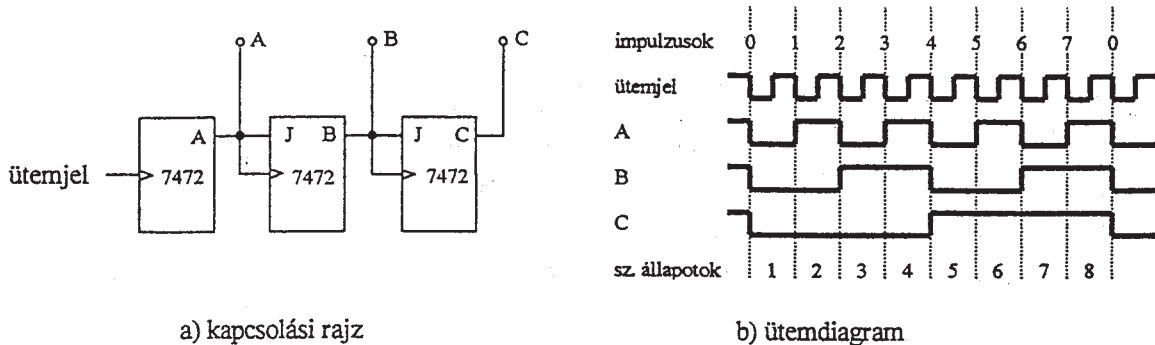
### Aszinkron számlálók

Aszinkron számlálóknál minden FlipFlopot az előtte lévő FlipFlop kimeneti jele vezérli. A bemeneti ütemjel csak a sorban első helyen lévő FlipFlopra kerül rá (esetleg még egyre, lásd 1. ábra).

Előnyük: aszinkron számlálóknak a szinkronszámlálókkal ellentétben az egyes számlálófokozatokat jelentő FlipFlopok között nincs szükségük összekötő kapukra és köztes összekötésekre, vagy csak nagyon kevésre.

Hátrányuk: alacsonyabb a felső határfrekvencia

A megengedett maximális frekvenciát az határozza meg, hogy a FlipFlopok nem egyidőben, hanem egymás után, a megelőző FlipFlop késleltetési idejével késleltetve billennek át. A számláló állapotának kiértékelése minden ütemimpulzus után csak az összes FlipFlop billenési folyamatának befejeződése után lehetséges. Minden FlipFlop a késleltetési idejével növeli a jel terjedési idejét, míg az az első FlipFloptól az utolsóig eljut.



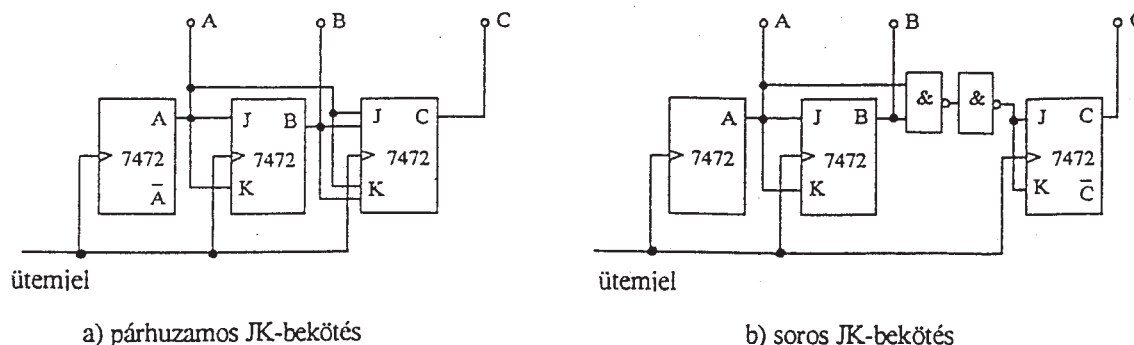
2. ábra: Aszinkron számláló ( $m=8$ , bináris kód)

### Szinkron számlálók

Szinkron számlálóknál mindegyik FlipFlop ütemjel-bemenete párhuzamosan van kapcsolva, az ütemjel egyszerre vezérli őket. Ezáltal az összes átbillenés egyidőben történik. Előnye az aszinkron számlálókkal szemben az, hogy mindegyik FlipFlop-kimeneten a jel csak egy FlipFlop késleltetési idejével késik a hatásos órajel-élhez képest, a számláló nagyságától függetlenül. Mivel nem minden tárolónak kell a hatásos órajel-élnél billennie, ezért a JK-bemenetek és kimenetek megfelelő összekötésével kell a blokkolást elvégezni. Erre két példa látható a 3. ábrán

Az ütemjel felső határfrekvenciája függ a FlipFlop kapcsolási (késleltetési) idejétől, a Q kimenet és JK bemenet között kapcsolt kapuáramkörök legnagyobb előforduló késleltetési idejétől és természetesen attól az időtől, amire a dekódoló áramkörnek az információ átvételéhez szüksége van.

A szinkron számláló leglényegesebb hátránya abból ered, hogy a blokkoláshoz kapuk és összekötések szükségesek, valamint, hogy ezek többletterhelést jelentenek a FlipFlop-kimeneteken.

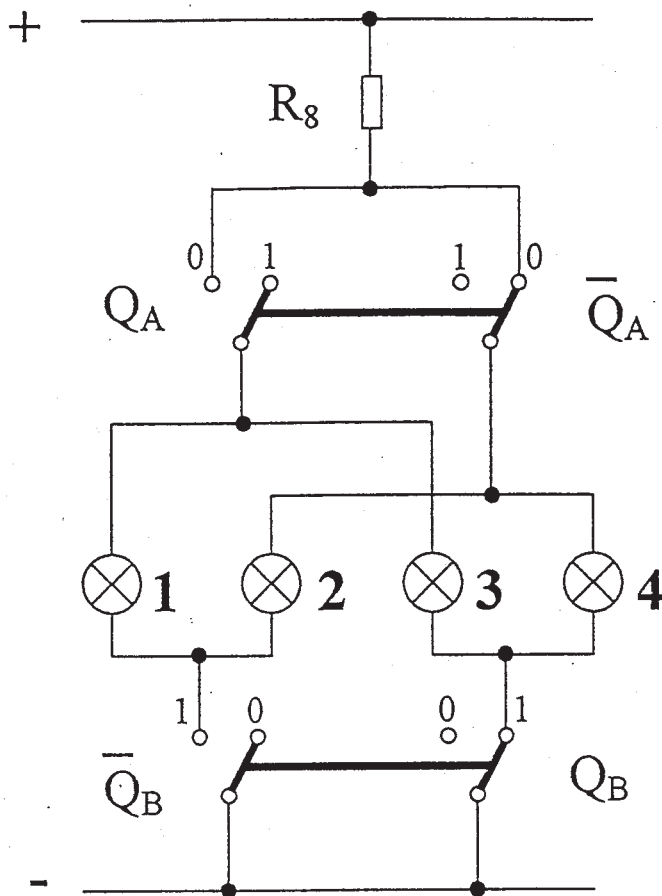


3. ábra Szinkron számláló ( $m=8$ , bináris kód) megvalósítása JK FlipFloppal

**Feladat, 12. mérés:** változtatható modulusú szinkron számláló

(188)

Az alábbi kapcsolás 2 db JK tárolóból álló szinkron számláló, mely egy 555-ös időzítő IC-ből kialakított impulzusgenerátortól kapja az órajelet. Bekapcsolás után az órajel-impulzusok beérkezésének megfelelően a számláló állapota, azaz két kimeneti helyiértéke ( $Q_B$ ,  $Q_A$ ) ciklikusan változnak. Attól függően, hogy az S2, S3 vagy S4 kapcsolók közül melyiket kapcsoljuk be, változtatható az egy cikluson belül előforduló állapotok száma. Az egyes állapotokat négy LED-en tudjuk ellenőrizni, melyeket egy "dekódoló" vezérel kapcsoló-tranzistoros megoldással, az alábbi séma szerint:



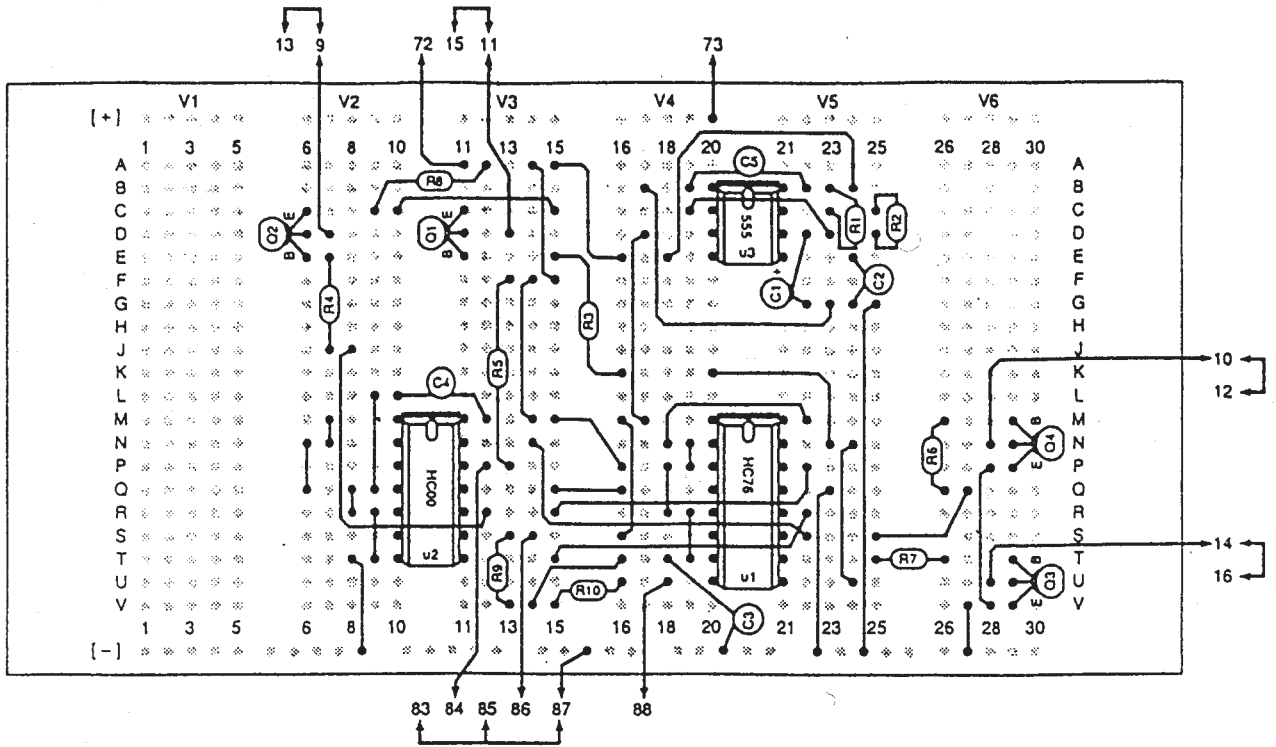
A és B flipflop  $Q$ , ill.  $\bar{Q}$  kimenetei vezérlik a négy, kapcsolóüzemben működő tranzistor bázisait úgy, hogy a négy lehetséges kódszónak megfelelően mindig csak egy LED világít.

$R_8$  úgy van megválasztva, hogy a három sorban lévő LED ne világítson, csak a velük párhuzamos egy.

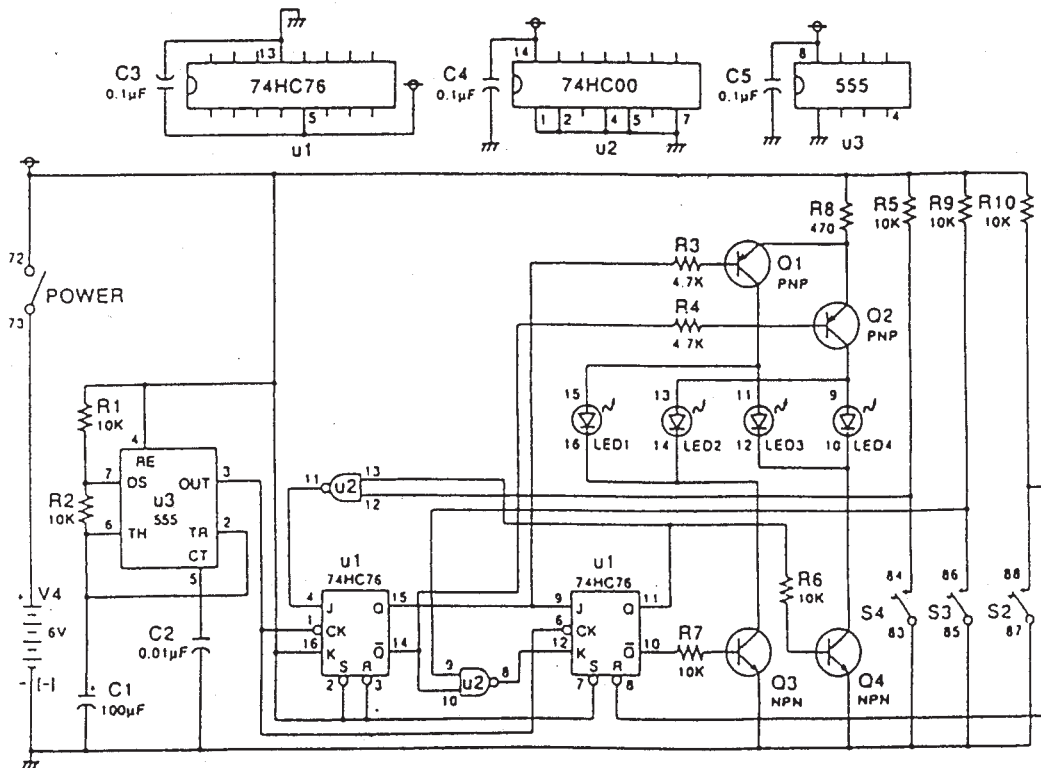
$Q_B$	$Q_A$	ez a LED világít
0	0	1
0	1	2
1	0	3
1	1	4

- A három lehetséges kapcsolóállás (S2, S3, S4) mindegyikéhez határozza meg az aktuális számlálási kapacitást és a számlálás kódját, ábrázolja igazságtáblázattal és idődiagrammal! (A számláló kódját  $U_1$  14-es és 10-es lábain mérje oszcilloszkóppal!  $C_1$ -et cserélje ki kisebb értékűre!)
- Hogyan működik a dekódoló? Mivel magyarázható a számlálási kapacitás tapasztaltak szerinti változása?





U1	74HC76	Q1	PNP	R1	10KΩ	R6	10KΩ	C1	100μF
U2	74HC00	Q2	PNP	R2	10KΩ	R7	10KΩ	C2	0.01μF
U3	555	Q3	NPN	R3	4.7KΩ	R8	470Ω	C3	0.1μF
		Q4	NPN	R4	4.7KΩ	R9	10KΩ	C4	0.1μF
				R5	10KΩ	R10	10KΩ	C5	0.1μF



4.1