



Farkas József

## Digitális áramkörök méréstechnikája



A követelménymodul megnevezése:

### Mérőműszerek használata, mérések végzése

A követelménymodul száma: 1396-06 A tartalomlelem azonosító száma és célcsoportja: SzT-020-30



# DIGITÁLIS ÁRAMKÖRÖK MÉRÉSTECHNIKÁJA

## ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

Ön egy műszerész műhelyben dolgozik Munkahelyére nyári gyakorlatra tanulók érkeznek. Munkahelyi főnökétől azt a feladatot kapja, hogy tartson foglalkozást a digitális áramkörök mérés technikája témakörből. Úgy gondolja, hogy a gyakorlati munka megkezdése előtt célszerű az alapismereteket feleleveníteni.

## SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

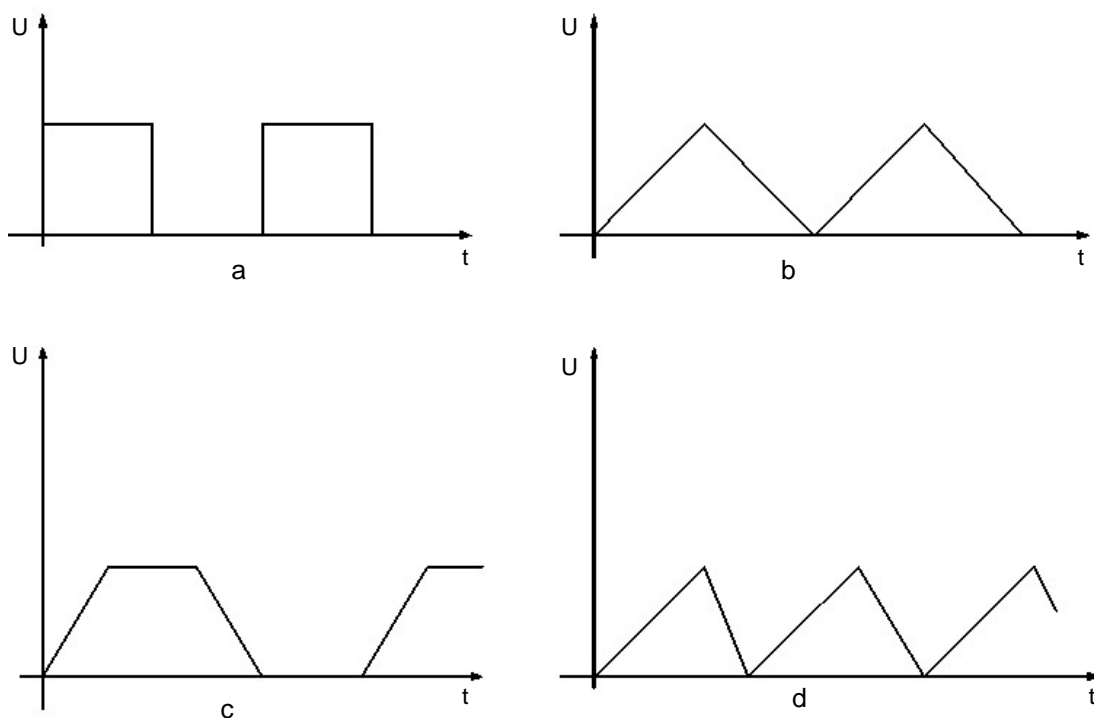
Napjainkban az elektronika terjedésével, szinte alig található olyan terület, ahol ne alkalmaznának valamilyen elektronikai eszközt. Ezek az eszközök működésüket tekintve lehetnek analóg vagy digitális rendszerűek. Ebben a fejezetben a digitális áramköröket vizsgáljuk meg a mérés technika szempontjából.

### DIGITÁLIS ÁRAMKÖRÖK

A digitális áramkörök felépítését és működését tekintve jelentős mértékben eltérnek az analóg áramköröktől. Addig, amíg az analóg eszközök általában folyamatos és folytonos jeleket használnak, a digitális eszközök szakaszos és szaggatott jeleket dolgoznak fel. A digitális rendszerek működése matematikai elven alapul. Ezek az impulzustechnikai áramkörök is felépülhetnek diszkrét elemekből, integrált elemekből és ezek kombinációjából.

#### 1. Impulzustechnikai áramkörök (Elemi ismeretek összefoglalása)

Az impulzustechnika olyan áramköröket és eszközöket jelent, melyek két nyugalmi állapot között ugrásszerűen változó mennyiséget előállítanak, átalakítanak, tárolnak vagy ezek mérésére alkalmasak. Ennek megfelelően az impulzus olyan feszültség vagy áram, melynek az értéke két nyugalmi állapot között ugrásszerűen változik. A gyakorlatban legtöbbször impulzussorozatokat használunk. Az impulzusok alakját tekintve sokfélék lehetnek: négyyszög, háromszög, fűrész, trapéz, tű, stb. (1. ábra). Ezek közül a legáltalánosabb és leggyakrabban használt a négyyszög impulzus, melynek jellemzője, hogy végtelen sok szinuszjelre bontható. Az 1a. ábrán látható négyyszögimpulzus egy ideális impulzus, amit a valóságban csak megközelíteni tudunk.



1. ábra. Szabályos impulzusok: a) négyzetimpulzus; b) háromszögimpulzus; c) trapéz alakú impulzus; d) fűrész alakú impulzus

A valóságos impulzus (2. ábra) esetében az egyes változások véges idő alatt mennek végbe, ezért az impulzus alakja csak megközelíteni tudja az ideális impulzus alakját. A 2. ábrán látható valóságos impulzusok jellemzésére a következő jelöléseket és definíciókat használjuk:

1. *Impulzus amplitúdó ( $U_0$ )*

Az impulzus maximális értéke.

2. *Az impulzus felfutási ideje ( $t_f$ )*

Az idő, amely alatt az impulzus  $0,1U_0$  értékről  $0,9U_0$  értékre emelkedik.

3. *Az impulzus lefutási ideje ( $t_l$ )*

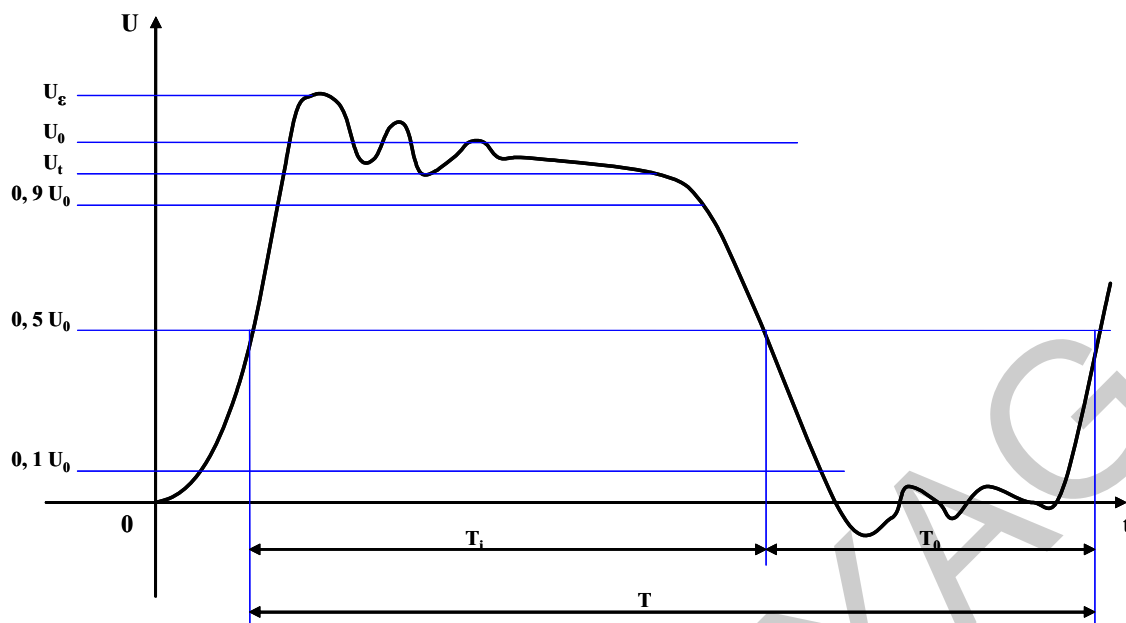
Az idő, amely alatt az impulzus  $0,9U_0$  értékről  $0,1U_0$  értékre csökken.

4. *Impulzus idő ( $T_i$ )*

$0,5U_0$ -amplitúdó értéknél mérjük.

5. *Az impulzus periódus ideje ( $T$ )*

A két impulzus  $0,5U_0$  értékénél mért időtartam.  $T=T_i+T_0$



2. ábra. Valóságos impulzus

6. Túllövés ( $\epsilon_1$ )

Az  $U_\epsilon$  és az  $U_0$  viszonya %-ban kifejezve  $\epsilon_1 = 100 \frac{U_\epsilon - U_0}{U_0} \%$

7. Tetőzés ( $\epsilon_2$ )

Az  $U_t$  és az  $U_0$  viszonya %-ban kifejezve.  $\epsilon_2 = 100 \frac{U_0 - U_t}{U_0} \%$

8. Kitöltési tényező ( $\alpha_1$ )

Az impulzusidő és a periódusidő viszonya  $\alpha_1 = 100 \frac{T_i}{T_i + T_0} \%$  és  $\alpha_2 = 100 - \alpha_1$

9. Impulzus (ismétlődési) frekvencia ( $f_i$ )

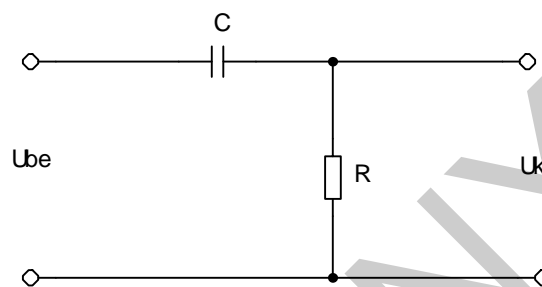
$$f_i = \frac{1}{T_i + T_0} = \frac{1}{T}$$

## 2. Fontosabb digitálistechnikai alapáramkörök

### Passzív R-L-C elemekből felépített impulzusformáló áramkörök

- Differenciáló áramkör

Az impulzustechnikában a rendelkezésre álló négyszögjel mellett gyakran van szükség a rövid impulzusok előállítására. Erre a célra differenciáló áramköröket használunk, melyek a négyszögjelekből (feszültségugrásokból) rövid idejű impulzusokat (tűimpulzust) állítanak elő. A differenciáló áramkör egy egyszerű R-C tag, tulajdonképpen egy C-R feszültségosztó.

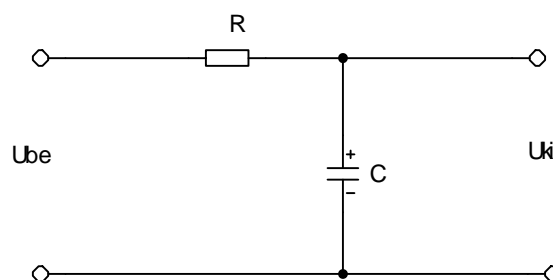


3. ábra. Differenciáló áramkör

Adjunk a bemenetre négyszög alakú impulzust. Az  $U_{ki}$  kimenő feszültség alakját az időállandó és az impulzustartam viszonya határozza meg. Az ellenálláson fellépő feszültségesés az átfolyó áram erősségével arányos lesz.

- Integráló áramkör

Ha a differenciáló áramkör ellenállását és a kondenzátorát felcseréljük integráló áramköröt kapunk.



4. ábra. Integráló áramkör

A C kondenzátort a bemenő négyszögimpulzus felfutó éle feltölti, ez a C kondenzátoron feszültségnövekedést eredményez. A C kondenzátort az impulzus lefutó éle sűti ki.

A kondenzátoron mérhető kimeneti feszültség arányos az  $U_{be}$  bemenő feszültség integráljával.

Az integráló áramkör jelalakja nagymértékben függ attól, hogy a bemenő impulzussorozatban milyen az impulzusszélességnek és a jelszünetnek a viszonya. Ha az impulzus szélessége megegyezik a szünet szélességével, akkor a kimenő jel alakja háromszög lesz.

### Aktív elemekből felépülő billenőáramkörök

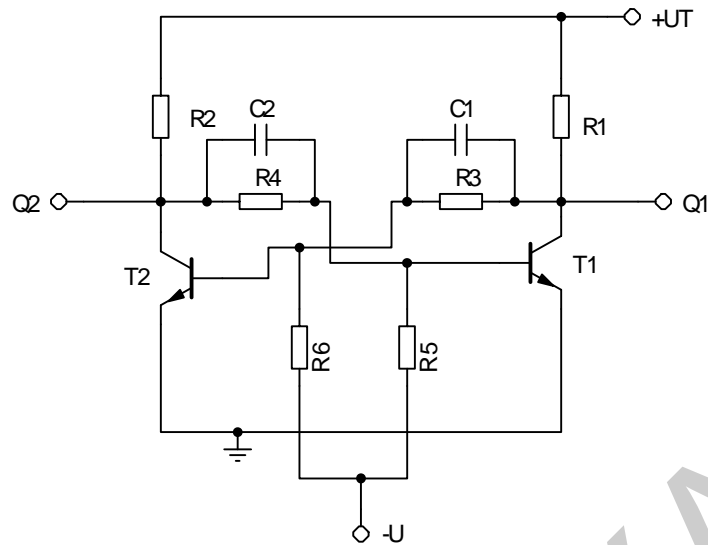
Az analógtechnikában a tranzisztorokat lineáris üzemmódban alkalmaztuk, ami azt jelenti, hogy a kollektor munkaponti feszültségét a nyitóirányú karakterisztika lineáris szakaszán helyeztük el. Így a tranzisztor bázisáramának függvényében a kimeneti kollektor áram illetve feszültség is folyamatosan változott. A digitális áramkörök esetében a tranzisztorokat illetve a belőlük felépített digitális áramköröket csak két üzemi állapotban működtetjük. Ezeknél az eszközöknél az információt nem a feszültség változásának nagysága, hanem az előre meghatározott  $U_{max}$  maximális és az  $U_{min}$  minimális feszültségértékek (impulzusok) sorozata hordozza. Ahhoz, hogy az információt feldolgozni, továbbítani, tárolni tudjuk, impulzusokra van szükségünk, melyeket impulzus-előállító áramkörökkel, más néven billenőkörökkel (multivibrátorokkal, flip-flopokkal) állítunk elő.

### Billenőáramkörök (multivibrátorok) fajtái:

- Bistabil multivibrátor
- Monostabil multivibrátor
- Astabil multivibrátor
- Schmitt-trigger

#### *Bistabil multivibrátor*

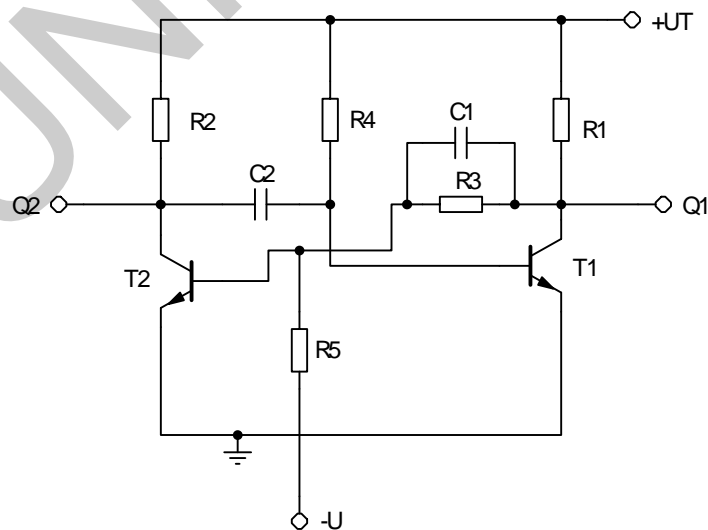
A bistabil multivibrátor jellemzője, hogy két stabil állapottal rendelkezik és ebből az állapotából csak akkor mozdul ki, ha a bemenetére az átbillenéshez szükséges jelet viszünk. Az 5. ábrán látható áramkör tápfeszültségre kapcsolásakor az egyik tranzisztor vezetése, valamint a pozitív visszacsatolás következtében, a másik tranzisztor zárt állapotba kerül, és mindaddig ebben az állapotában marad, amíg a bemenetre vitt jellel ezt meg nem változtatjuk.



5. ábra. Bistabil multivibrátor

*Monostabil multivibrátor*

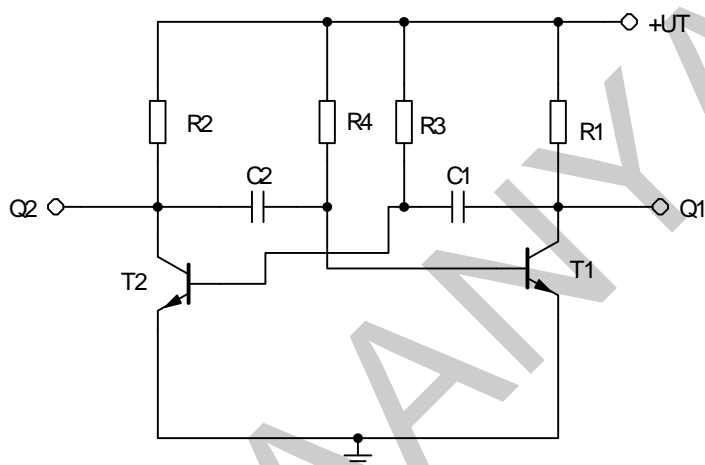
Amikor a 6. ábrán látható módon az egyik egyenáramú visszacsatolást megszüntetjük és csak a váltakozó áramú visszacsatolást hagyjuk meg, akkor egy olyan billenőkörhöz jutunk, melynek csak egy stabil állapota lesz. Az áramkörünk ebben a stabil állapotában marad mindaddig, míg a bemenetére adott külső jel segítségével ebből az állapotából nem billentjük ki. Ekkor instabil állapotba kerül, melyből az  $C_2$ - $R_4$  elemek által meghatározott idő eltelte után visszabillen az eredeti, stabil állapotába.



6. ábra. Monostabil multivibrátor

*Astabil multivibrátor*

Amikor a monostabil multivibrátornál tapasztaltak alapján, a másik egyenáramú visszacsatolást is megszüntetjük, akkor egy olyan kapcsoláshoz jutunk, melynek egyetlen stabil állapota sincs. A 7. ábrán látható kapcsolást megvizsgálva azt látjuk, hogy ekkor két instabil állapot között periodikusan billeg. Ezt a billenő kört **astabil** (szabadon futó) multivibrátornak nevezzük. Mivel a visszacsatolások mindegyikében kondenzátor van, így mind a két oldal kondenzátorai váltakozva töltődnek fel. Ezt a töltési időt a  $C_1$ - $R_3$  és a  $C_2$ - $R_4$  tagok határozzák meg. Ennek megfelelően a két időállandó:  $\tau_1=0,7 R_3 C_1$  és  $\tau_2=0,7 R_4 C_2$  lesz.

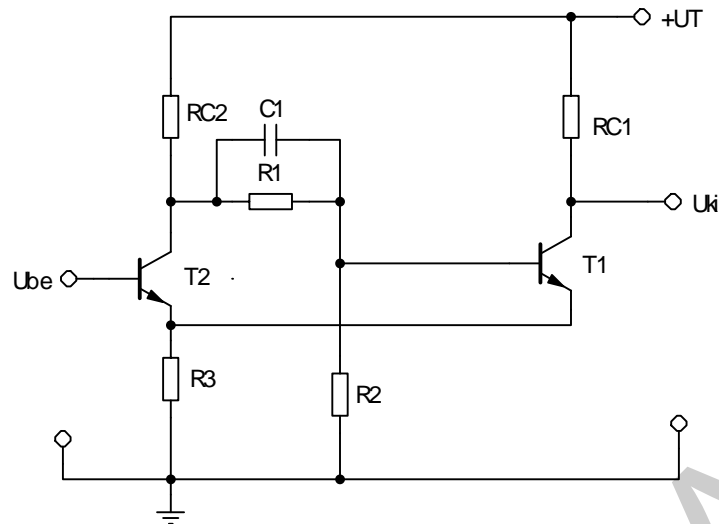


7. ábra. Astabil multivibrátor

*Schmitt-trigger*

A Schmitt-trigger (8. ábra) olyan bistabil billenőkör, amely a bemeneti jel meghatározott értékénél átbillen, és a bemeneti jel csökkenése során, amikor elér egy adott értéket a billenőkör visszabillen. A billenőkör átbillenése és a visszabillenése nem azonos feszültség szinten történik. Ezt a két feszültség szint közötti különbséget hiszterézisfeszültségnek, vagy csak egyszerűen az áramkör hiszterézisének nevezzük, melyet a katalógusok is, mint fontos jellemzőt adnak meg. A schmitt-triggeret leginkább akkor használjuk, amikor a jelek alakja olyan, ami a digitálistechikában való közvetlen feldolgozásra alkalmatlan.





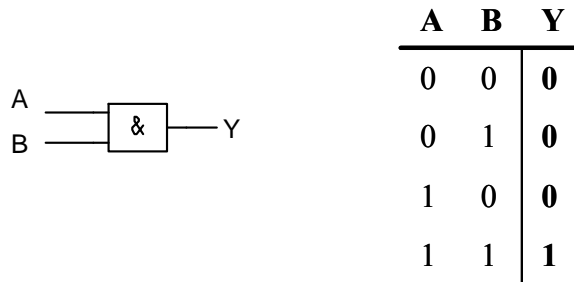
8. ábra. Schmitt-trigger

### 3. Logikai kapuáramkörök

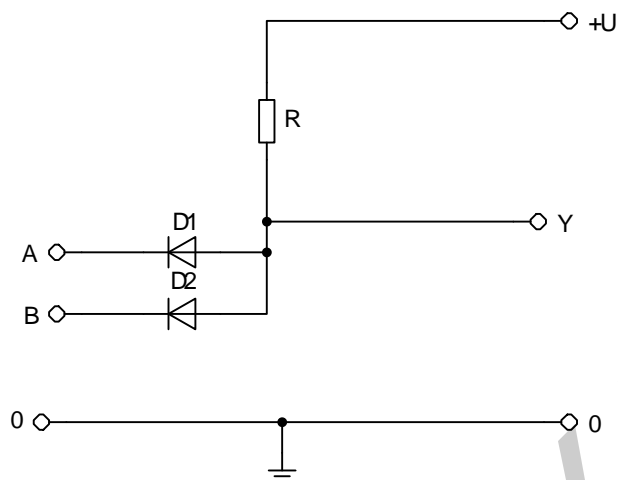
A digitális készülékek illetve azok áramkörei a logikai alapkapcsolások többszöri alkalmazásával építhetők fel. Az alapkapcsolások működését logikai alapfüggvényekkel írhatjuk le, melyekben a logikai változók csak két diszkrét értéket vehetnek fel. Ezek az értékek lehetnek magas értékek, melyet H-val vagy logikai 1-el jelölünk és lehetnek alacsony értékek melyet L-el vagy logikai 0-val jelölünk. Az egyes kapuk működési leírását megadhatjuk függvénnyel, grafikusan. Többnyire függvénytáblázat, más néven igazságtábla formájában adjuk meg.

#### ÉS-kapu (AND)

Rajzjele és igazságtáblája a 9. ábrán látható, áramköri megvalósítását a 10. ábra szemlélteti. Az igazságtáblából az is jól látszik, hogy az ÉS-kapu kimenetén csak akkor jelenik meg jel, ha mind a két bemenet magas szinten, azaz logikai 1 szinten van. Működését az alábbi függvénnyel írhatjuk le:  $Y=AB$ , ahol a szorzás jelenti az ÉS-kapcsolatot.



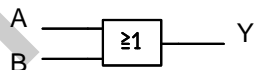
9. ábra. ÉS kapu (AND) rajzjele és igazságtáblája



10. ábra. ÉS kapu áramköri megvalósítása

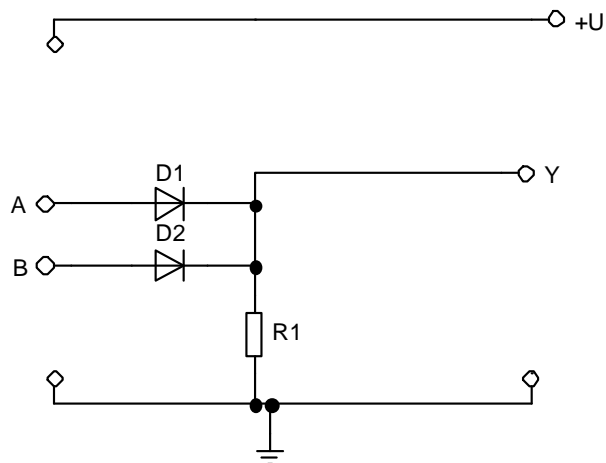
### VAGY-kapu (OR)

Rajzjele és igazságtáblája a 11. ábrán látható, áramköri megvalósítását a 12. ábra szemlélteti. Az igazságtáblából az is jól látszik, hogy a VAGY-kapu kimenetén már akkor is megjelenik a jel, ha valamelyik bemenete magas szinten, azaz logikai 1 szinten van. Működését az alábbi függvényvel írhatjuk le:  $Y=A+B$ , ahol az összeadás jelenti a VAGY-kapcsolatot.



A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

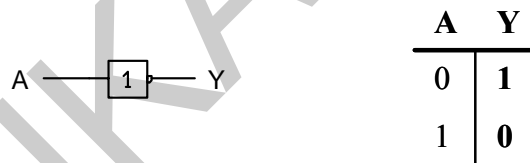
11. ábra. VAGY kapu (OR) rajzjele és igazságtáblája



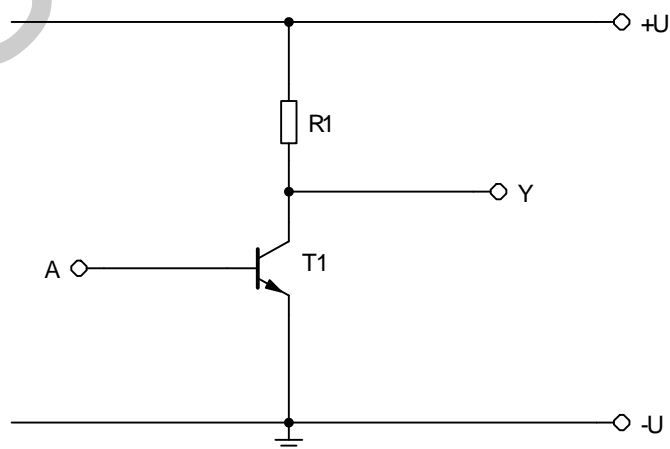
12. ábra. VAGY kapcsolat

### Inverter

Rajzjele és igazságtáblája a 13. ábrán látható, áramköri megvalósítását a 14. ábra szemlélteti, ahol láthatjuk, hogy a földelt emitterű kapcsolásban levő tranzisztort kapcsolóüzemben működtetjük. Működését az alábbi függvénnyel írhatjuk le:  $Y = \bar{A}$ . Az A bemenet fölött lévő felülvonás jelzi az invertálást.



13. ábra. Inverter rajzjele és igazságtáblája



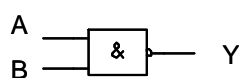
14. ábra. Inverter áramköri megvalósítása

**NEM-ÉS-kapu NAND**

Rajzjele és igazságtáblája a 15. ábrán látható, áramköri megvalósítását a 16. ábra szemlélteti. A 16. ábra kapcsolását megvizsgálva, jól látható, hogy az inverter bemenetére kapcsoltunk egy ÉS-kaput. Az igazságtábla alapján követhetjük végig a működését, melyből kitűnik, hogy a már korábban tárgyalt És-kapu kimenetének a negáltját kaptuk.

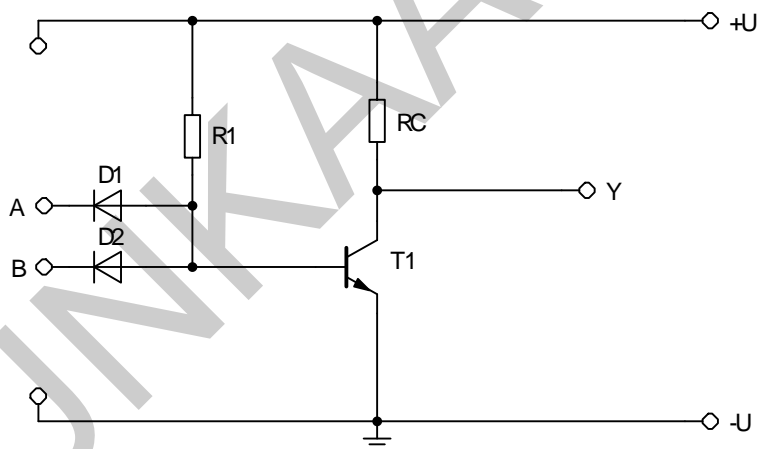
Működését az alábbi függvénnyel írhatjuk le:  $Y = \overline{A \cdot B}$ , ahol a szorzás jelenti az ÉS-kapcsolatot, és a felülvonás pedig a negálást.

$$Y = \overline{A \cdot B}, \text{ ahol a szorzás jelenti az ÉS-kapcsolatot, és a felülvonás pedig a negálást.}$$



A	B	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

15. ábra. NAND kapu rajzjele és igazságtáblája



16. ábra. NAND kapu áramköri megvalósítása

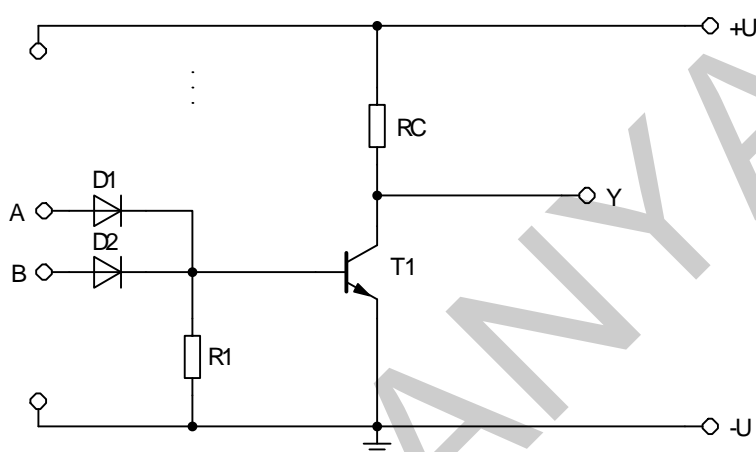
**NOR kapu**

Rajzjele és igazságtáblája a 17. ábrán látható, áramköri megvalósítását a 18. ábra szemlélteti. A 18. ábra kapcsolását megvizsgálva, jól látható, hogy az inverter bemenetére kapcsoltunk egy VAGY-kaput. Az igazságtábla alapján követhetjük végig a működését, melyből kitűnik, hogy a már korábban tárgyalt VAGY-kapu kimenetének a negáltját kaptuk.

Működését az alábbi függvénnyel írhatjuk le:  $Y = \overline{A + B}$ , ahol az összeadás jelenti a VAGY-kapcsolatot, és a felülvonás pedig a negálást.



17. ábra. NOR kapu rajzjele és igazságtáblája



18. ábra. NOR kapu áramköri megvalósítása

#### 4. Méréstechnikai alapok

Hagyományos értelemben véve, a mérés egy valamilyen fizikai mennyiség nagyságának meghatározása az általunk kiválasztott mértékegységben kifejezett számértékkel. A mérés eredménye egy szám és egy mértékegység lesz, ahol a szám azt mutatja meg, hogy a mért mennyiség nagysága hányszorosa a kiválasztott mértékegységnek.

A mérési eredmény, a mért mennyiség valóságos értékét csak megközelítheti, a mérésre használt eszközök pontatlansága miatt. A mérési eredmény és a valós érték közötti eltérés adja a mérési hibát.

##### A mérési hiba lehet:

- Abszolút hiba: a mért és a valódi érték különbsége.
- Relatív hiba: az abszolút hiba és a valódi érték hányadosa (%-ban kifejezve).

##### Mérési hibák főbb okai:

*A műszer fogyasztása:*

A műszer a kitérítéséhez szükséges villamos teljesítményt a mért áramkörből veszi, ezért ez befolyásolja a mért értéket.

*A műszer mérési terjedelme, osztálypontossága:*

A műszer hibáit a műszer „pontossági osztálya” jelzi. A pontossági osztályt a műszer végkitérésére vonatkoztatva relatív hibaként adják meg. Ez egy szám, amely azt jelenti, hogy a mérési hiba a műszer végkitérésének hány százaléka lehet. A pontossági osztály a műszer utolsó harmadára érvényes.

*Analóg műszereknél a mért érték leolvasása (Parallaxis-hiba):*

A parallaxis-hiba a leolvasás irányától függ, ezért a helyes leolvasási irány a skálalapra merőleges.

*A mérés összeállításából eredő hibák.*

**Mérések csoportosítása:**

- egyenáramú mérések
- váltakozó áramú mérések

**Digitális áramköri méréseknél leggyakrabban használt műszerek**

**Elektromechanikus műszerek**

Az indukciós műszer kivételével valamennyi elektromechanikus műszer alkalmas egyenfeszültség illetve egyenáram mérésére.

*Állandómágneseű műszer (Deprez-műszer):*

Az egyik legelterjedtebben használt műszer, mellyel közel 1mV – 600V feszültség és 1μA – 0,5A áramtartományban mérhetünk maximum 0,1% pontossággal.

*Elektrodinamikus műszer*

Az elektrodinamikus műszer fogyasztása lényegesen nagyobb, a mérési pontosság 0,1% körül van. A mérési tartománya feszültség mérésénél 15V – 600V között van, míg áram mérésénél 30mA – 100A közötti érték.

*Lágyvasas műszer*

Általában váltakozó áram mérésére használható. A kitérés az áram effektív értékének négyzetével arányos. A műszer alkalmas egyenáram mérésére is.

**Elektronikus műszerek**

Az elektronikus műszerek működéséhez tápfeszültségre van szükség, így a megjelenítéshez szükséges energiát nem a mérendő mennyiségből veszik, vagyis lényegesen kisebb terhelést jelentenek a mérendő áramkör részére.

Az áramköri mérések jelentős részében a mérési feladatok feszültségmérésre vezethetők vissza, ezért a leggyakrabban előforduló mérési feladat az egyen- és váltakozófeszültségek mérése. Az eddig bemutatott elektromechanikus műszerekkel történő feszültségmérés jelentős mértékben korlátozott. Az elektronikus műszerek alkalmazásával ezek a korlátok kiküszöbölhetők.

*Az elektronikus műszerek előnyei:*

Az elektronikus feszültségmérők bemeneti ellenállása lényegesen nagyobb ( $10\text{M}\Omega$ ), szemben az elektromechanikus műszerek néhány  $10\text{--}100\text{k}\Omega$ -os bemeneti ellenállásával. Jóval nagyobb frekvenciatartományban használhatók (több száz MHz), mint az egyenirányítós elektromechanikus műszerek (20kHz körüli érték). Az elektronikus feszültségmérők érzékenysége is jobb, túlterhelésre kevésbé érzékenyek.

### Analóg elektronikus műszerek

#### **Analóg elektronikus feszültségmérő:**

Az analóg elektronikus feszültségmérőket alapvetően két nagy csoportra oszthatjuk: egyenfeszültség-mérőkre és váltakozófeszültség-mérőkre. A mérések során gyakran van szükségünk olyan könnyen kezelhető, megbízható mérőkészülékre, mellyel az egyen- és váltakozófeszültségek mellett az áram és ellenállás mérése is egyszerűen elvégezhető. Erre a célra fejlesztették ki az univerzális mérőkészülékeket. Ilyen műszer az analóg multiméter.

#### **.Analóg multiméter:**

Feszültségmérésre, árammérésre, és ellenállás mérésére alkalmas műszer.

A mérés előtt az elektromechanikus műszerekhez hasonlóan, itt is meg kell vizsgálni, hogy a műszer milyen pontosságú, és milyen helyzetben kell használni. Fontos, hogy a mutató alaphelyzetben a skála 0 pontjára mutasson. Amennyiben nem, akkor állítsuk be az előlapon található beállító csavarral.

Előfordulhat, hogy az univerzális mérőműszeren több csatlakozó (banánhüvely vagy szorító) is található. Ekkor a műszeren felirat jelöli, hogy feszültség-áram- illetve ellenállásmérésnél mely csatlakozókat kell használni.

#### **Jelgenerátorok:**

A jelgenerátor a váltakozó mennyiségek méréséhez szükséges formájú periodikus jeleket állítja elő. A berendezés másik neve a függvénygenerátor, amit onnan kapott, hogy többféle függvénykapcsolatnak megfelelő jelalakot képes szolgáltatni. Leggyakrabban szinuszjel, négyszögjel, háromszögjel előállítására használjuk.

**Oszilloszkópok:**

Az oszcilloszkóp az áramköri mérések során a legsokoldalúbb elektronikus mérőműszer. Általában a vizsgált áramkör jeleinek időbeli változásának megfigyelésére, mérésére használjuk, de a feszültség mérésére is alkalmas, közvetve pedig áram és frekvenciamérést is végezhetünk vele. A kijelzés, vagyis a mérés eredménye az oszcilloszkóp katódsugárcsővének ernyőjén lesz látható.

**Digitális elektronikus műszerek**

A digitális mérőműszerek működéséhez is tápfeszültségre van szükség. E műszereket analóg és digitális áramkörök építik fel. A működés lényege, hogy a mérendő mennyiséget ( $x_m$ )  $n$  számú kis egységre (kvantumokra) ( $\Delta x$ ) bontjuk, és ezeket megszámláljuk. A mért mennyiség ( $N$ ) kijelzőn jelenik meg, így nem keletkeznek leolvasási hibák.

$$N = \frac{x_m}{\Delta x}$$

A digitális műszerek érzékenysége, felbontóképessége és pontossága nagyobb, mint az analóg műszereké. Egyes műszerek képesek a mérési eredmények tárolására, valamint azok további feldolgozására.

**Digitális multiméter:**

Működésük lényege, hogy a mérendő mennyiségből mintát vesznek, amit számértékké alakítanak át. A digitális műszerek általában többféle villamos mennyiség mérésére alkalmasak.

**Digitális frekvencia- és időmérők:**

A frekvencia mérése a legpontosabban megvalósítható mérési eljárás, mivel ez az időegység alatti periódusok, más néven kvantumegységek számlálását jelenti.

**Tárolás oszcilloszkóp:**

A jelalakok megjelenítésére és mérésre alkalmas eszköz. Az analóg oszcilloszkópokkal periodikus jeleket tudunk megjeleníteni, a nem periodikusan ismétlődő vagy csak egyszeri alkalommal bekövetkező jelváltozások megjelenítésére nem képesek. A digitális tárolás ezt is lehetővé teszi, mivel a jelet digitális kód formájában tárolja az oszcilloszkóp.

A digitális memóriában eltárolt adatokat a készülék analóg jellé alakítva jeleníti meg a képernyőn.

**Az oszcilloszkóppal elvégezhető mérések:**

E műszerrel elvégezhető egyenfeszültség szint, amplitúdó, periódusidő, frekvencia mérése, valamint alkalmas a jelleggörbék és az impulzusjellemzők vizsgálatára is.



**Nyolcsugaras digitális memóriaszkóp:**

Az oszcilloszkóp digitális memóriával rendelkezik, és mintavételező elven működik. A készülék alkalmas pozitív és negatív feszültségű logikai rendszerek vizsgálatára. A képernyőre 16 óraütem rajzolható fel egyszerre. Egy beépített digitális késleltető egység lehetővé teszi a 16x16 óraütem 16-os blokkonkénti tetszőleges kiválasztását és felrajzolását. Az eszköz bemenetére vitt jeleknek nem tényleges számszerű feszültségértékét méri, hanem csak azt dönti el, hogy logikai "0" vagy "1" szint található-e a mérőpontokon.



19. ábra. Nyolcsugaras digitális memóriaszkóp

A mérendő hálózat állapotváltozásait a vizsgált rendszer órajelének ütemében jeleníti meg a képernyőn. A mérendő jelekből az órajel valamely éléhez viszonyított fix időpontban vesz mintákat.

Az előlapon 8 mérőbemenet (INPUTS), 1 órajel bemenet (CLOCK) és egy trigger jel bemenet (TRIGGER) van. Az első csatornára kapcsolt jel hazárdmentessége is vizsgálható. Hazárddal a kombinációs hálózatoknál találkozunk, amikor a hálózat valamelyik ágában több elemen halad végig a jel, és ezáltal hosszabb idő alatt ér az adott kapu bemenetére. Ez a késleltetés azt eredményezi, hogy a bemeneten a jel megérkezéséig más érték jelenik meg és csak a jel megérkezése után áll be a valós állapot. Ez a rövid idejű késleltetés a kimeneten egy nemkívánatos impulzust, úgynevezett hazárdot hoz létre.

**Mérési módszerek, eljárások:**

- Feszültség és árammérés
- Ellenállásmérés
- Érintésvédelmi mérések
- Frekvencia- és időmérés
- Fáziseltérés mérése
- Impulzusszámlálás
- Jelalak vizsgálat

**DIGITÁLIS ÁRAMKÖRÖKBEN VÉGEZHETŐ GYAKORIBB ELEKTRONIKUS MÉRÉSEK***Impulzusjellemzők vizsgálata:*

- Az impulzus jellemzőinek meghatározása
- Az impulzusok jellemzőinek mérése

*Jelformáló áramkörök vizsgálata:*Lineáris jelalakformáló áramkörök vizsgálata:

- Differenciáló áramkörök
- Integráló áramkörök

Nemlineáris jelalakformáló áramkörök:

- Vágó áramkörök
- Schmitt-trigger

*Billenőáramkörök vizsgálata:*

- Bistabil billenőfokozat
- Monostabil billenőfokozat
- Astabil billenőfokozat

*Kapuáramkörök vizsgálata:*

- ÉS- kapu vizsgálata
- VAGY- kapu vizsgálata
- Inverter vizsgálata
- NAND-kapu vizsgálata
- NOR-kapu vizsgálata

*Impulzusszámláló áramkörök vizsgálata:*

- Bináris számláló áramkörök

- BCD számlálók
- Léptető regiszterek

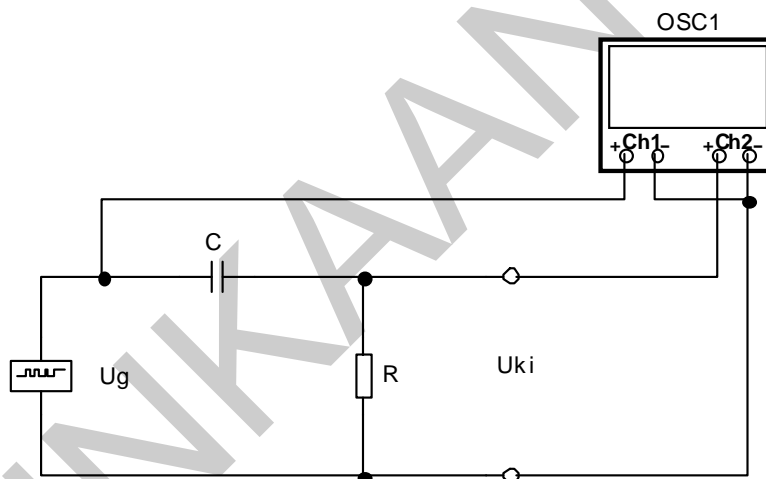
*Analóg–digitális átalakítók vizsgálata*

*Digitális–analóg átalakítók vizsgálata*

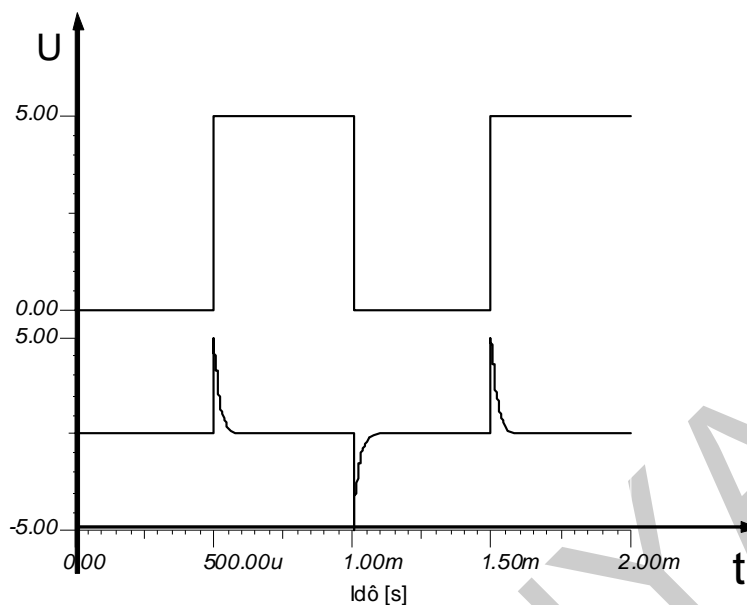
**Digitális eszközök vizsgálata, mérése:**

Differenciáló áramkörök vizsgálata:

A differenciáló áramkör vizsgálatához szükséges mérési elrendezést a 20. ábra szemlélteti. A méréshez célszerű kétsugaras oszcilloszkópot használni, mivel így a bemenő és kimenő jelek egyidejű felrajzolására is van lehetőségünk. Ezzel az elrendezéssel a differenciáló áramkör időállandóját is megmérhetjük. A mérés eredményét a 21. ábra szemlélteti.



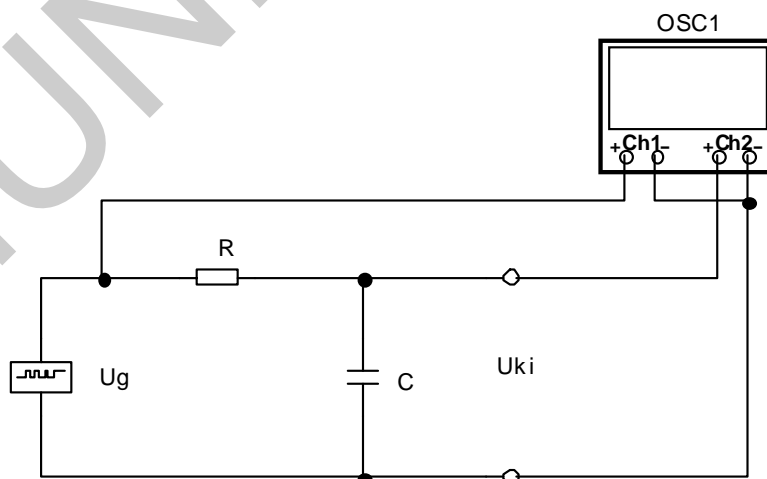
20. ábra. Differenciáló áramkör kapcsolási rajza



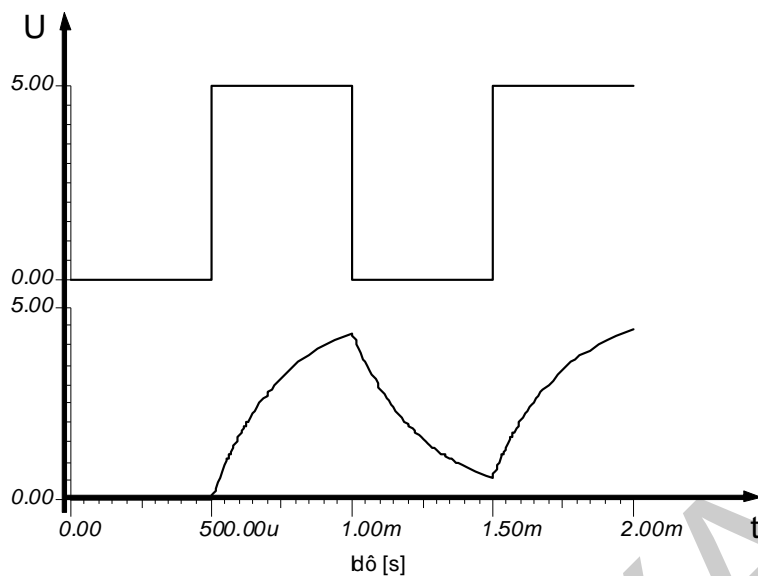
21. ábra. Differenciáló áramkör jelalakja

#### Integráló áramkör vizsgálata:

Az integráló áramkör vizsgálatához szükséges mérési elrendezést a 22. ábra szemlélteti. A méréshez célszerű kétsugaras oszcilloszkópot használni, mivel így a bemenő és kimenő jelek egyidejű felrajzolására is van lehetőségünk. Ezzel az elrendezéssel az integráló áramkör időállandóját is megmérhetjük. A mérés eredményét a 23. ábra szemlélteti.



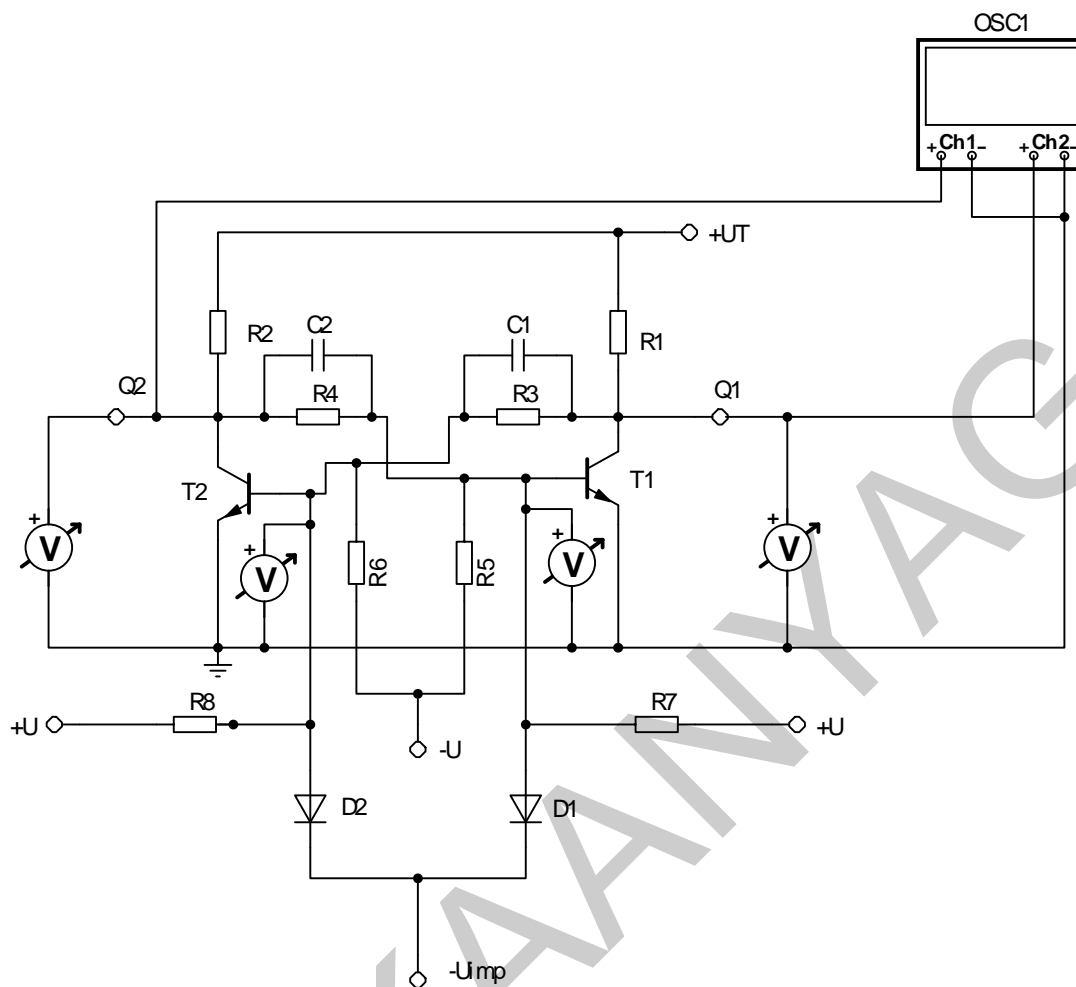
22. ábra. Integráló áramkör kapcsolási rajza



23. ábra. Differenciáló áramkör jelalakja

#### Bistabil billenőfokozat

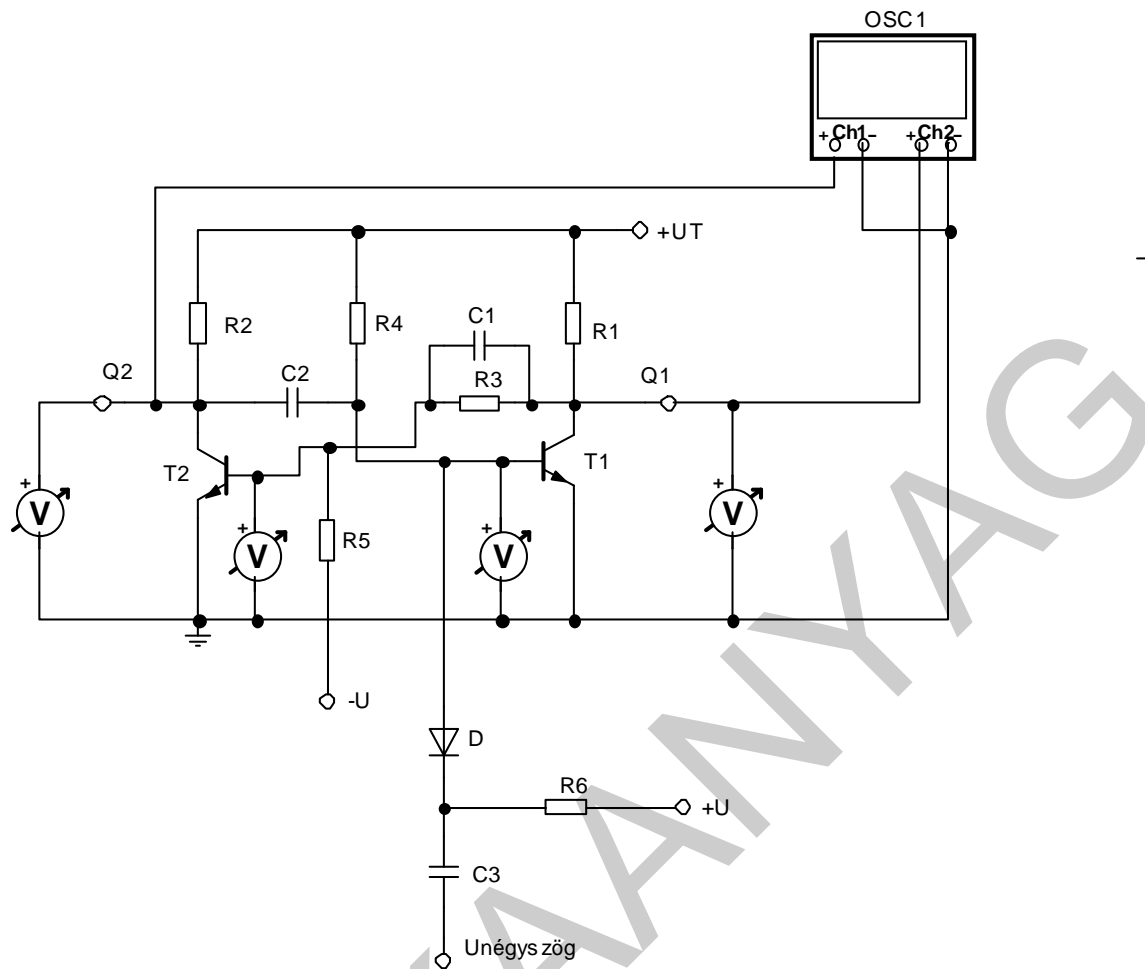
A 24. ábrán látható elrendezésben elvégezhetjük az áramkör statikus vizsgálatát, vagyis megállapíthatjuk, hogy melyik tranzistor van lezárt és melyik van nyitott állapotban. A negatív feszültség ( $-U$ ) változtatásával megállapíthatjuk az átbillenéshez és a visszabillenéshez szükséges feszültséget. A  $C_1$  és a  $C_2$  kondenzátoroknak az átbillenés gyorsításában van szerepük. Az  $U_{imp}$  bemenetre négyszög hullám generátorból adunk négyszögjeleket, a kimenetre kapcsolt oszcilloszkóp segítségével megvizsgálhatjuk az áramkör bemeneti és kimeneti jeleit. Kétsugaras oszcilloszkóp segítségével időléptékben egymás alá rajzoltatva a bemeneti és kimeneti jeleket, megfigyelhetjük az áramkör frekvenciaosztását. Ekkor az oszcilloszkóp egyik bemenetét az  $U_{imp}$  bemeneti pontra kell csatlakoztatni.



24. ábra. Bistabil multivibrátor mérési elrendezése

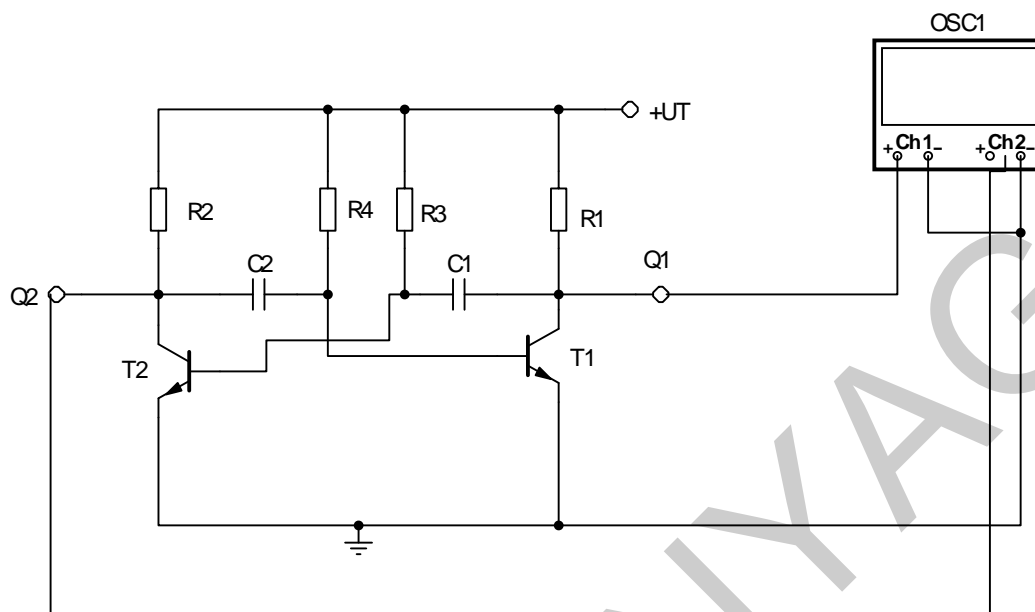
#### Monostabil billenőfokozat

A 25. ábrán látható elrendezésben elvégezhetjük az áramkör statikus vizsgálatát, vagyis megállapíthatjuk, hogy melyik tranzisztor van lezárt és melyik van nyitott állapotban. A negatív feszültség ( $-U$ ) változtatásával megállapíthatjuk az átbillenéshez szükséges feszültséget. A  $C_1$  kondenzátornak az átbillenés gyorsításában van szerepe. Az  $U_{imp}$  bemenetre négyszög hullám generátorból adunk négyszögjeleket. Ekkor a kétsugaras oszcilloszkóp segítségével megvizsgálhatjuk az áramkör bementi és kimeneti jeleit. Az oszcilloszkóp egyik csatornáját az  $U_{imp}$  bemenetre a másik csatornáját az egyik kimenetre csatlakoztatjuk. Így időléptékben egymás alá rajzoltatva a bementi és kimeneti jeleket, megmérhetjük az impulzus fel- és lefutási idejét, valamint az impulzus kitöltési tényezőjét, melyet az impulzus idejének mérésével majd számítással határozzunk meg (2. ábra).



25. ábra. Monostabil billenőfokozat mérési elrendezése

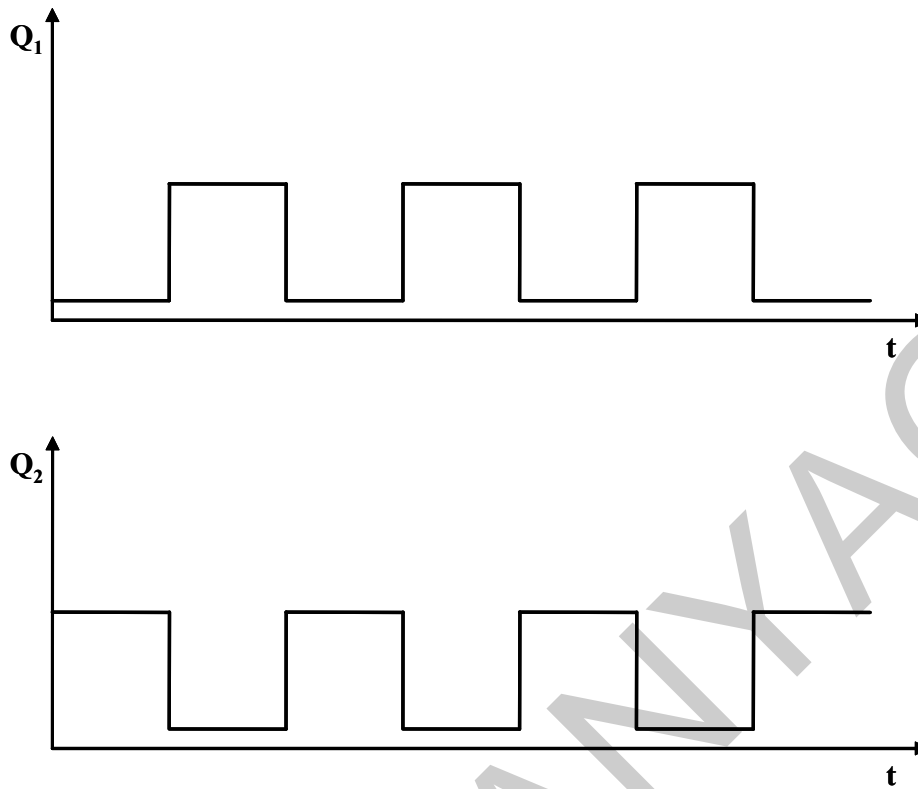
## Astabil billenőfokozat



26. ábra. Astabil multivibrátor vizsgálata

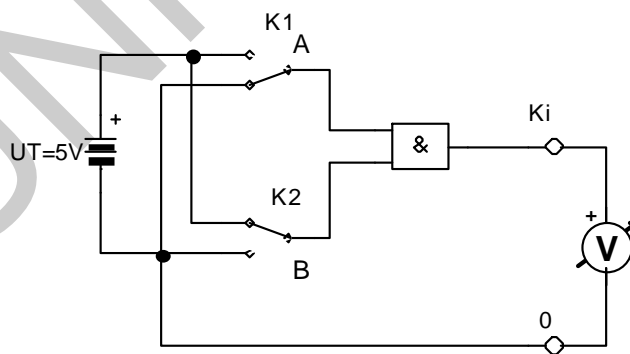
Az áramkör vizsgálatát a 26. ábrán látható módon végezhetjük el. Az oszcilloszkóp segítségével megfigyelhetjük, hogy az áramkör tranzistorainak kimenetein ( $Q_1$  és  $Q_2$ ) megjelenő feszültségugrások közel a tápfeszültséggel azonos nagyságúak. A jelek periódus idejét a  $T \cong 0,7(R_3C_1 + R_4C_2)$  összefüggéssel adhatjuk meg, amit az oszcilloszkóppal történő méréssel igazolhatunk. A két kimenet jelei ellenkező fázisban jelennek meg (27. ábra).





27. ábra. Astabil multivibrátor  $Q_1$  és  $Q_2$  kimeneteinek jelalakja

ÉS- kapu vizsgálata



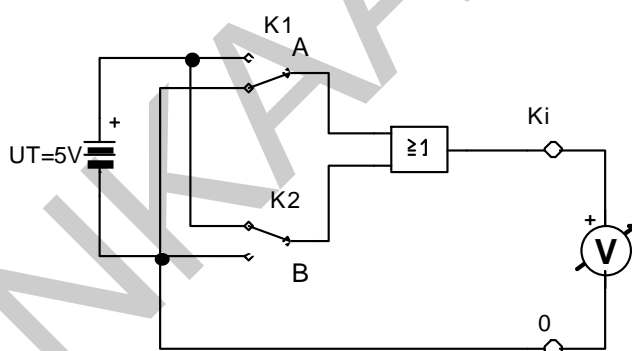
28. ábra. ÉS- kapu vizsgálata

A 28 ábrán látható elrendezésben vizsgáljunk meg egy két bemenetű ÉS- kaput! Az áramkör működtetéséhez használt tápfeszültség-forrást, melynek értéke TTL-áramkörök esetében 5V, alkalmazzuk a bemeneti szintek kapcsolására is. A kimenetre helyezett mérőműszer segítségével mérhetjük meg a kimeneten lévő feszültség értékeit. A mérés alapján láthatjuk, hogy a kimeneten megjelenő, magas szint (1) és az alacsony szint (0) csak megközelíti az elméleti 1 ( $U_T$ ) és 0 szinteket. A mérési eredményeket táblázatban rögzítjük. A kapott eredmény az áramkör igazságtáblája lesz (29. ábra).

A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

29. ábra. ÉS- kapu igazságtáblája

VAGY- kapu vizsgálata



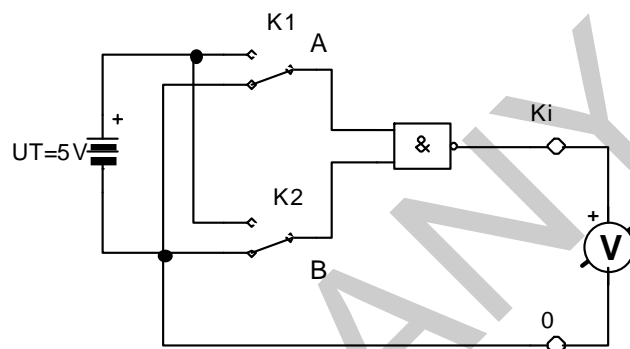
30. ábra. VAGY- kapu vizsgálata

A 30 ábrán látható elrendezésben vizsgáljunk meg egy két bemenetű VAGY- kaput. Az áramkör működtetéséhez használt tápfeszültség-forrást, melynek értéke TTL-áramkörök esetében 5V, alkalmazzuk a bemeneti szintek kapcsolására is. A kimenetre helyezett mérőműszer segítségével mérhetjük meg a kimeneten lévő feszültség értékeit. A mérés alapján láthatjuk, hogy a kimeneten megjelenő, magas szint (1) és az alacsony szint (0) csak megközelíti az elméleti 1 ( $U_T$ ) és 0 szinteket. A mérési eredményeket táblázatban rögzítjük. A kapott eredmény az áramkör igazságtáblája lesz (31. ábra).

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

31. ábra. VAGY- kapu igazságtáblája

NAND-kapu vizsgálata



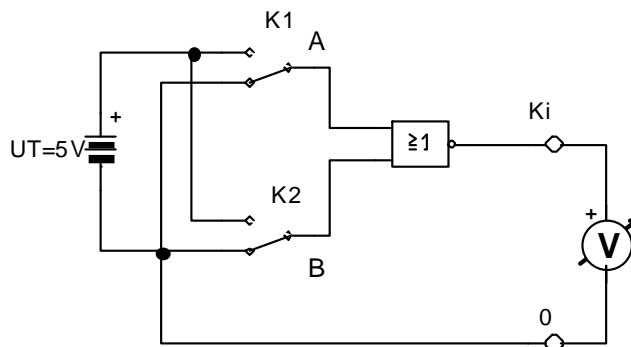
32. ábra. NAND- kapu vizsgálata

A 32 ábrán látható elrendezésben vizsgáljuk meg egy két bemenetű NAND- kaput. Az áramkör működtetéséhez használt tápfeszültség-forrást, melynek értéke TTL-áramkörök esetében 5V, alkalmazzuk a bemeneti szintek kapcsolására is. A kimenetre helyezett mérőműszer segítségével mérhetjük meg a kimeneten lévő feszültség értékeket. A mérés alapján láthatjuk, hogy a kimeneten megjelenő, magas szint (1) és az alacsony szint (0) csak megközelíti az elméleti 1 ( $U_T$ ) és 0 szinteket. A mérési eredményeket táblázatban rögzítjük. A kapott eredmény az áramkör igazságtáblája lesz (33. ábra).

A	B	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

33. ábra. NAND- kapu igazságtáblája

NOR-kapu vizsgálata



34. ábra. NOR- kapu vizsgálata

A 34 ábrán látható elrendezésben vizsgáljuk meg egy két bemenetű NOR- kaput. Az áramkör működtetéséhez használt tápfeszültség-forrást, melynek értéke TTL-áramkörök esetében 5V, alkalmazzuk a bemeneti szintek kapcsolására is. A kimenetre helyezett mérőműszer segítségével mérhetjük meg a kimeneten lévő feszültség értékeket. A mérés alapján láthatjuk, hogy a kimeneten megjelenő, magas szint (1) és az alacsony szint (0) csak megközelíti az elméleti 1 és 0 szinteket. A mérési eredményeket táblázatban rögzítjük. A kapott eredmény az áramkör igazságtáblája lesz (35. ábra).

A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

35. ábra. NOR- kapu igazságtáblája

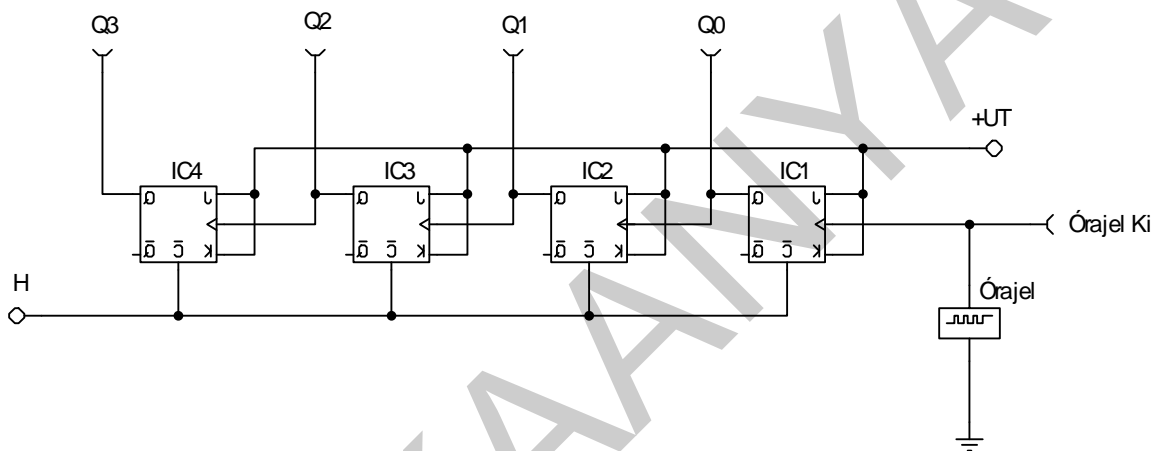
## TANULÁSIRÁNYÍTÓ

### 1. feladat

A munkahelyén azt a feladatot kapja, hogy a billenőkörök felhasználásával állítson össze egy aszinkron bináris számlálót! Mérőműszerek segítségével mutassa be és magyarázza el a működését! Indokolja a műszerválasztását!

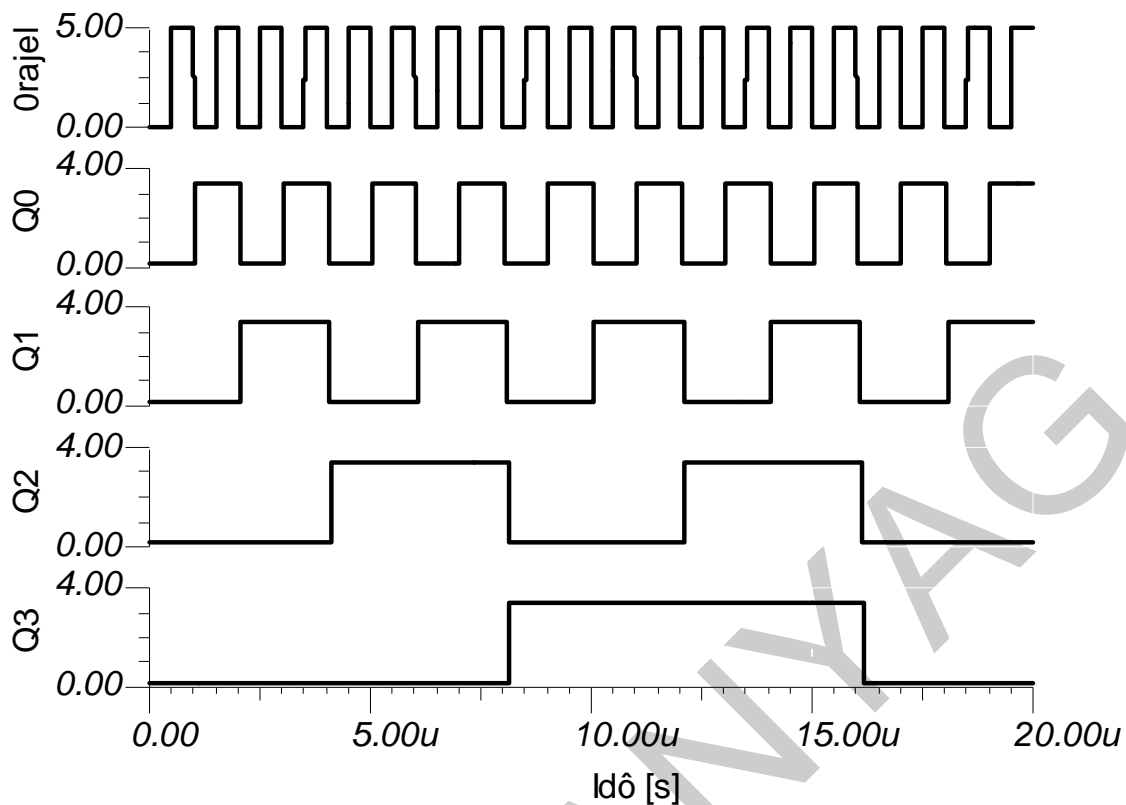
A kapcsolás elkészítése és a működéshez szükséges feltételek biztosítása

A számlálóáramkör elkészítéséhez JK-flip-flop-okat használhatunk. Ezek az áramkörök – az előzőekben tárgyalt tranzisztorokkal felépített bistabil billenőkörök – kapuáramkörökkel megvalósított R-S tárolóinak a továbbfejlesztése. A JK-flip-flop egy olyan univerzális áramkör, melyből könnyen kialakítható a D- és T-tároló. Az RS-tároló hibája, hogy ha mind a két bemenet magas szintű, azaz logikai 1, akkor a kimenet bizonytalan lesz. Ezért ez az állapot nem megengedett. Ezzel szemben a JK-flip-flop -nál, ha mind a két bemenet magas szintű, akkor az órajel megérkezésekor a kimenet az előző állapot negáltja lesz. Folyamatos órajel érkezésekor a JK-tárolóból kialakított T-tároló kimenetén csak minden második órajel megérkezésekor jelenik meg egy impulzus. Azt is mondhatjuk, hogy frekvenciaosztás történik. A tárolónak ezt a tulajdonságát kihasználva, a 36. ábrán látható kialakításban egy aszinkron bináris számlálót készíthetünk.



36. ábra. Négybites aszinkron bináris számláló

A kapcsolásból kitűnik, hogy a J és K bemeneteket az  $U_T$  tápfeszültségre kötjük és az első T-tárolóra vezetjük az órajelet. A további T-tárolók az órajelet az előző tároló kimenetéről kapják. A flip-flop kimeneti állapota akkor változik, amikor az órajel 1-ről 0-ra vált. Az óraimpulzus szélességétől független a működése. Az így kialakított számlálóval  $2^n$  impulzus számlálható. Esetünkben ez  $2^4$  azaz 16 lesz. A mérőműszer kiválasztásánál célszerű figyelembe venni, azt hogy a négy kimeneten megjelenő jelet és az órajelet fázishelyesen kell ábrázolni. Ezért célszerű például a 19. ábrán bemutatott nyolcsugaras digitális memóriaszkóp alkalmazása. Ezzel az órajelnek megfelelően a négy kimenet jelei fázishelyesen jeleníthetők meg.



37. ábra. Négybites, aszinkron számláló idődiagramja

Az áramkör működését és a kimenetek jeleit szemlélteti a 37. ábra. A kimenetek állapotát a 38. ábrán láthatjuk. Az igazságtáblából az is kitűnik, hogy a T tárolók kimenetei olyan bináris számot állítanak elő kettes számrendszerben, amely a bemenetre vitt impulzusok számával egyezik meg.

$Q_3$	$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$	Z
$2^3$	$2^2$	$2^1$	$2^0$	
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	0	0	0	8
1	0	0	1	9
1	0	1	0	10
1	0	1	1	11
1	1	0	0	12
1	1	0	1	13
1	1	1	0	14
1	1	1	1	15
0	0	0	0	16

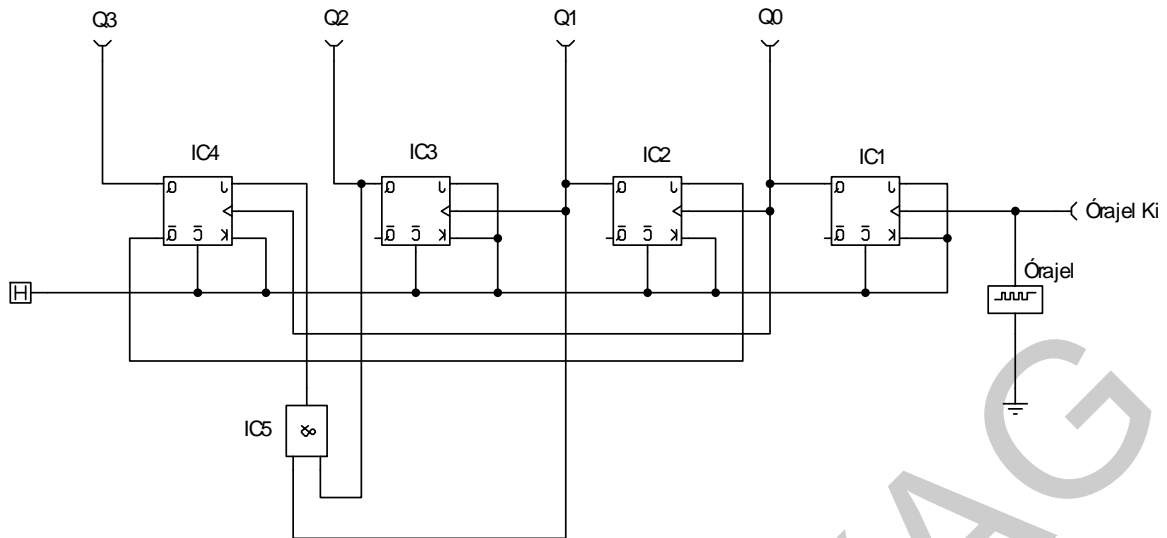
38. ábra. Négybites, aszinkron számláló kimeneti állapotai

## 2. feladat

Mivel a számolásaink során a tízes számrendszert használjuk, célszerű olyan számlálóáramkört megvalósítani, amelyik tízig számol, és ezután újratekdi a számlálást. Módosítsuk az előző számláló áramkörünket úgy, hogy ennek a feltételnek eleget tudjon tenni.

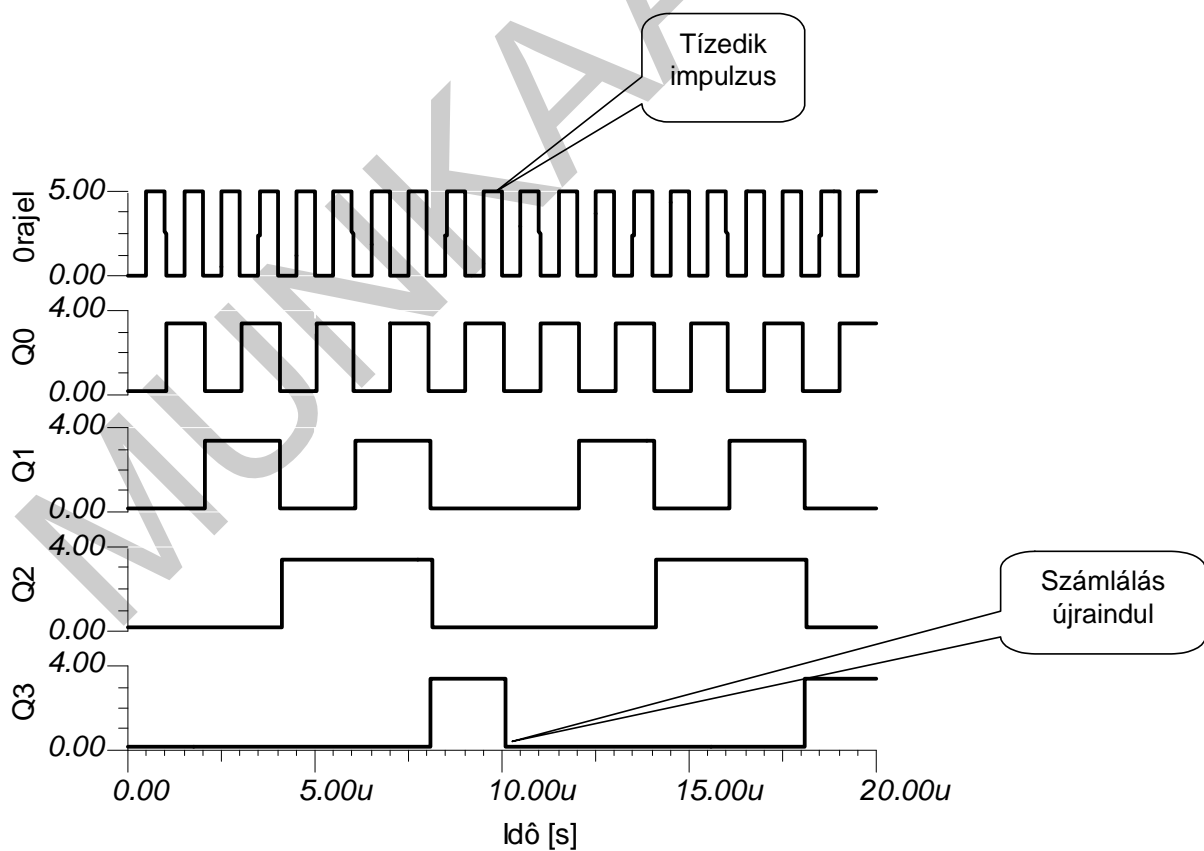
### Megoldás:

A 36. ábrán látható bináris számláló négy JK flip-flop-ból épült fel, így  $2^4$  impulzust tud számlálni, ez azt jelenti, hogy 16 impulzus után lesz a kimenetek állapota nulla. A feladat az, hogy a számlálónk kimenetei tíz impulzus után kerüljenek 0 állapotba.



39. ábra. BCD aszinkron számláló

A 39. ábrán látható módon egy ÉS- kapuval tudjuk biztosítani azt, hogy a tízedik impulzus után nulláról induljon a számlálás. A számláló működését illetve diagramját a 40. ábra szemlélteti.



40. ábra. BCD aszinkron számláló idődiagramja



## ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

### 1. feladat

A tanulók megkérik Önt, magyarázza el, hogy miben tér el a valóságos négyszögjel az ideális négyszögjeltől. A megoldáshoz rajzoljon egy valóságos négyszögjelet, és adja meg a jellemzőit!

Rajz:

Impulzus jellemzők:

- 1.) \_\_\_\_\_
- 2.) \_\_\_\_\_
- 3.) \_\_\_\_\_
- 4.) \_\_\_\_\_
- 5.) \_\_\_\_\_
- 6.) \_\_\_\_\_
- 7.) \_\_\_\_\_
- 8.) \_\_\_\_\_
- 9.) \_\_\_\_\_

**2. feladat**

A tanulók megkérik Önt, hogy magyarázza el nekik a differenciáló áramkör működésének lényegét. Készítsen kapcsolási rajzot a működés vizsgálatára!

**3. feladat**

Munkahelyi vezetője megkéri, hogy a gyakorlaton lévő tanulókkal ismertesse meg a bistabil multivibrátor működését. Készítsen kapcsolási rajzot a működés vizsgálatára!

**4. feladat**

A tanulók arra kérik Önt, hogy rajzolja le egy Schmitt-trigger kapcsolási rajzát és magyarázza el működésének a lényegét.

**5. feladat**

Munkahelyi vezetője megkéri Önt, hogy az ott lévő tanulóknak magyarázza el a logikai áramkörök lényegét, és egy ÉS- kapu kapcsolási rajzának felrajzolásával ismertesse annak működését.

**6. feladat**

A tanulók azt kérik, hogy rajzoljon nekik egy invertert, és ismertesse a működésének lényegét.

**7. feladat**

A tanulók arra kérik, hogy magyarázza el nekik a nyolcsugaras digitális memóriaszkóp használatát.

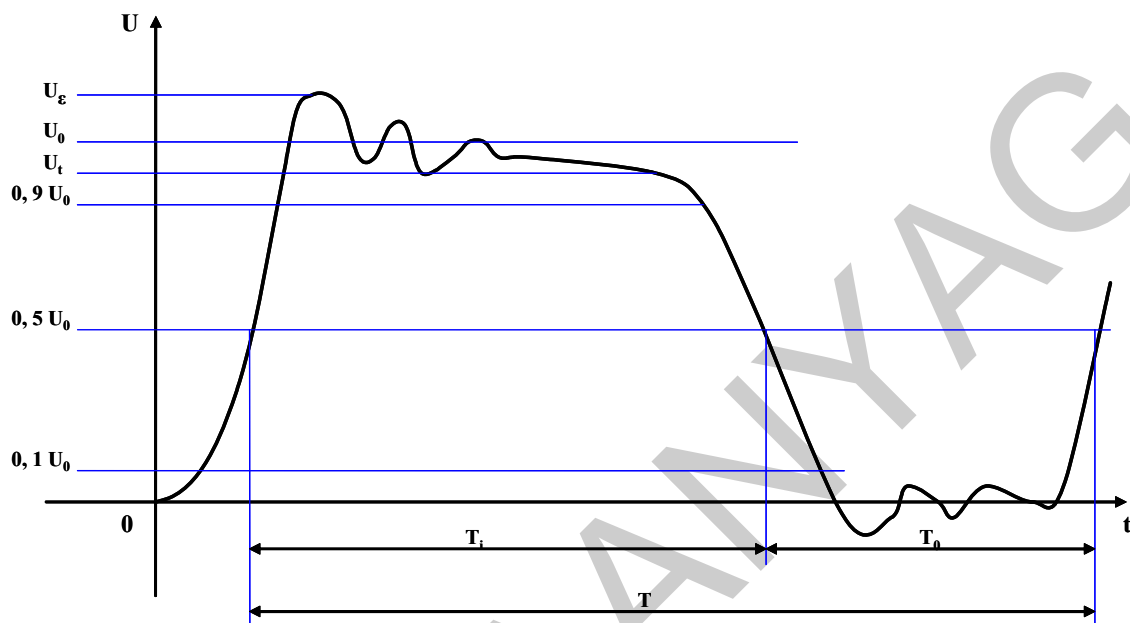
**8. feladat**

Mérőcsoport társa azt kéri Öntől, hogy mutassa be neki az astabil multivibrátor mérését. Készítsen a mérés elrendezéséhez kapcsolási rajzot!



## MEGOLDÁSOK

## 1. feladat



41. ábra. Valóságos impulzus

A valóságos impulzus (41. ábra) esetében az egyes változások véges idő alatt mennek végbe, ezért az impulzus alakja csak megközelíteni tudja az ideális impulzus alakját. A 41. ábrán látható valóságos impulzusok jellemzésére a következő jelöléseket és definíciókat használjuk.

1. *Impulzus amplitúdó ( $U_0$ )*

Az impulzus maximális értéke.

2. *Az impulzus felfutási ideje ( $t_i$ )*

Az idő, mely alatt az impulzus  $0,1 U_0$  értékről  $0,9 U_0$  értékre emelkedik.

3. *Az impulzus lefutási ideje ( $t_o$ )*

Az idő, mely alatt az impulzus  $0,9 U_0$  értékről  $0,1 U_0$  értékre csökken.

4. *Impulzus idő ( $T_i$ )*

$0,5 U_0$ -amplitúdó értéknél mérjük.

5. Az impulzus periódus ideje ( $T$ )

A két impulzus  $0,5U_0$  értékénél mért időtartam.  $T=T_i+T_0$

6. Túllövés ( $\epsilon_1$ )

Az  $U_\epsilon$  és az  $U_0$  viszonya %-ban kifejezve  $\epsilon_1 = 100 \frac{U_\epsilon - U_0}{U_0} \%$

7. Tetőesés ( $\epsilon_2$ )

Az  $U_t$  és az  $U_0$  viszonya %-ban kifejezve.  $\epsilon_2 = 100 \frac{U_0 - U_t}{U_0} \%$

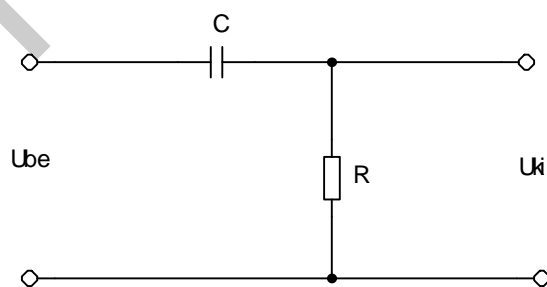
8. Kitöltési tényező ( $\alpha_1$ )

Az impulzusidő és a periódusidő viszonya  $\alpha_1 = 100 \frac{T_i}{T_i + T_0} \%$  és  $\alpha_2 = 100 - \alpha_1$

9. Impulzus (ismétlődési) frekvencia ( $f_i$ )

$$f_i = \frac{1}{T_i + T_0} = \frac{1}{T}$$

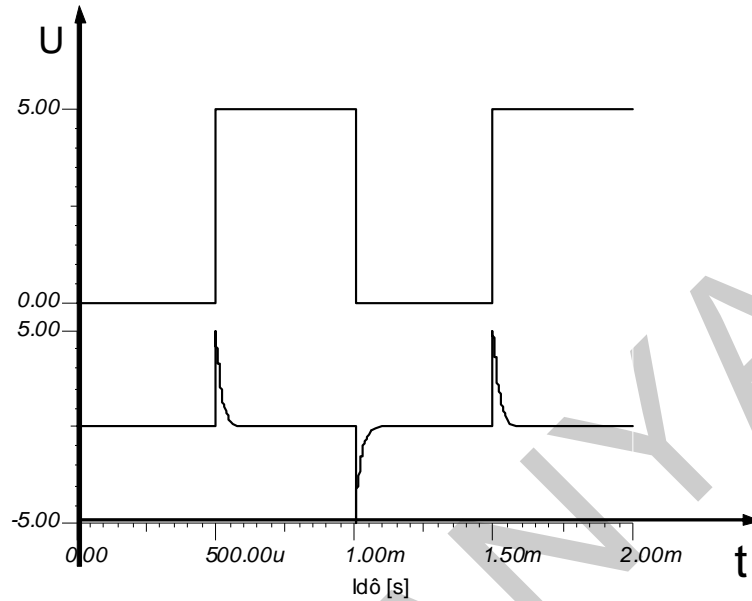
## 2. feladat



42. ábra. Differenciáló áramkör

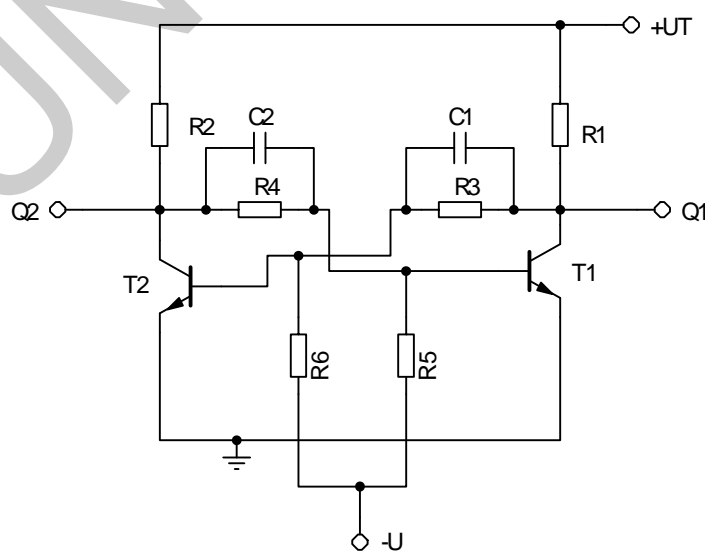
Az impulzustechnikában a rendelkezésre álló négyzöggel mellett gyakran van szükség a rövid impulzusok előállítására. Erre a célra differenciáló áramköröket használunk, melyek a négyzögjelekből (feszültségugrásokból) rövid idejű impulzusokat (tűimpulzust) állítanak elő. Az áramkör egy egyszerű R-C tag, tulajdonképpen egy C-R feszültségosztó.

Négyszög alakú impulzust adunk a bemenetre, az  $U_{ki}$  kimenő feszültség alakját az időállandó és az impulzustartam viszonya határozza meg. Az ellenálláson fellépő feszültségesés az átfolyó áram erősségével arányos. A 43. ábrán látható, hogy a kimeneti jel tűimpulzus lesz.



43. ábra. Differenciáló áramkör jelalakja

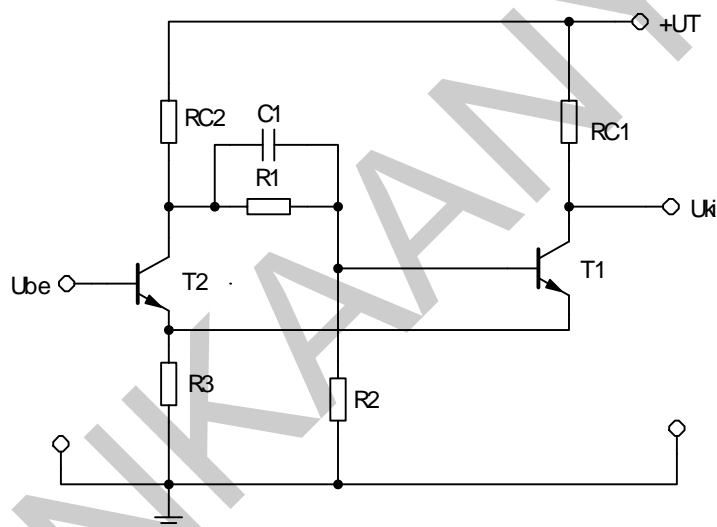
3. feladat



44. ábra. Bistabil multivibrátor

A bistabil multivibrátor jellemzője, hogy két stabil állapottal rendelkezik, és ebből az állapotából csak akkor mozdul ki, ha a bemenetére az átbillenéshez szükséges jelet viszünk. Az ábrán látható áramkör tápfeszültségre kapcsolásakor az egyik tranzisztor vezetése, valamint a pozitív visszacsatolás következtében, a másik tranzisztor zárt állapotba kerül, és mindaddig ebben az állapotban marad, amíg a bemenetre vitt jellel ezt meg nem változtatjuk. A  $C_1$  és a  $C_2$  kondenzátoroknak az átbillenés gyorsításában van szerepük. Az  $U_{imp}$  bemenetre négyszög hullám generátorból adunk négyszögjeleket, a kimenetre kapcsolt oszcilloszkóp segítségével megvizsgáljuk az áramkör bemeneti és kimeneti jeleit. Kétsugaras oszcilloszkóp segítségével időléptékben egymás alá rajzoltatva a bemeneti és kimeneti jeleket megfigyelhetjük az áramkör frekvenciaosztását is.

#### 4. feladat

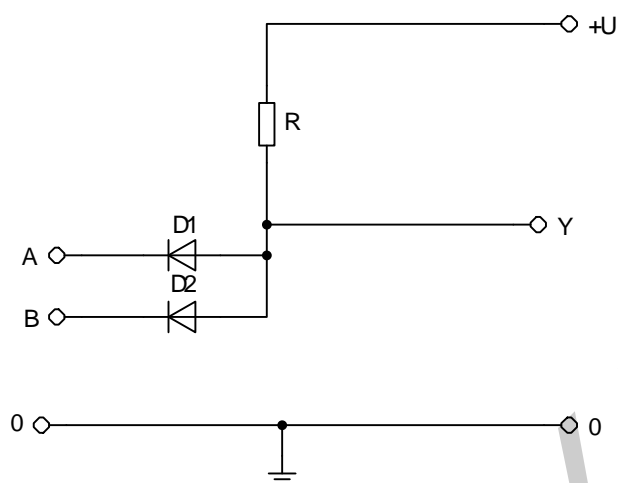


45. ábra. Schmitt-trigger

A Schmitt-trigger olyan bistabil billenőkör, amely a bemeneti jel meghatározott értékénél átbillen, és a bemeneti jel csökkenésekor, amikor a jel elér egy adott értéket, a billenőkör visszabillen. A billenőkör átbillenése és a visszabillenése nem azonos feszültségszinten történik. Ezt a két feszültségszint közötti különbséget hiszterézisfeszültségnek, vagy csak egyszerűen az áramkör hiszterézisének nevezzük, melyet a katalógusok is mint fontos jellemzőt adnak meg. A schmitt-triggert leginkább akkor használjuk, amikor a jelek alakja olyan, hogy a digitálistechikában közvetlen feldolgozásra alkalmatlanok.



## 5. feladat



46. ábra. ÉS kapu áramköri megvalósítása

Az ÉS- kapu rajzjele és igazságtáblája a 47. ábrán látható, áramköri megvalósítását a 46. ábra szemlélteti. Az igazságtáblából az is jól látszik, hogy az ÉS- kapu kimenetén csak akkor jelenik meg jel, ha mind a két bemenet magas szinten, azaz logikai 1 szinten van. Működését az alábbi függvénnyel írhatjuk le:  $Y = A \cdot B$ , ahol a szorzás jelenti az ÉS- kapcsolatot.

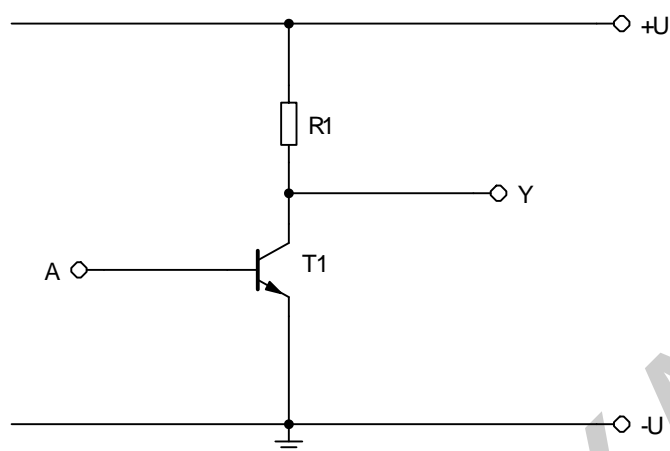


A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

47. ábra. ÉS kapu (AND) rajzjele és igazságtáblája

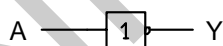
Az áramkör működtetéséhez használt tápfeszültség-forrást, melynek értéke TTL-áramkörök esetében 5V, alkalmazzuk a bemeneti szintek kapcsolására is. A kimenetre helyezett mérőműszer segítségével mérhetjük meg a kimeneten lévő feszültség értékeket. Az áramkör működését az igazságtábla szemlélteti (47. ábra).

## 6. feladat



48. ábra. áramköri megvalósítása

Az inverter rajzjelét és igazságtábláját a 49. ábra szemlélteti, áramköri megvalósítását a 48. ábrán láthatjuk, ahol a földelt emitterű kapcsolásban levő tranzisztor kapcsolóüzemben működik. Működését az alábbi függvénnyel írhatjuk le:  $Y = \bar{A}$ . Az A bemenet fölött lévő felülvonás jelzi az invertálást.



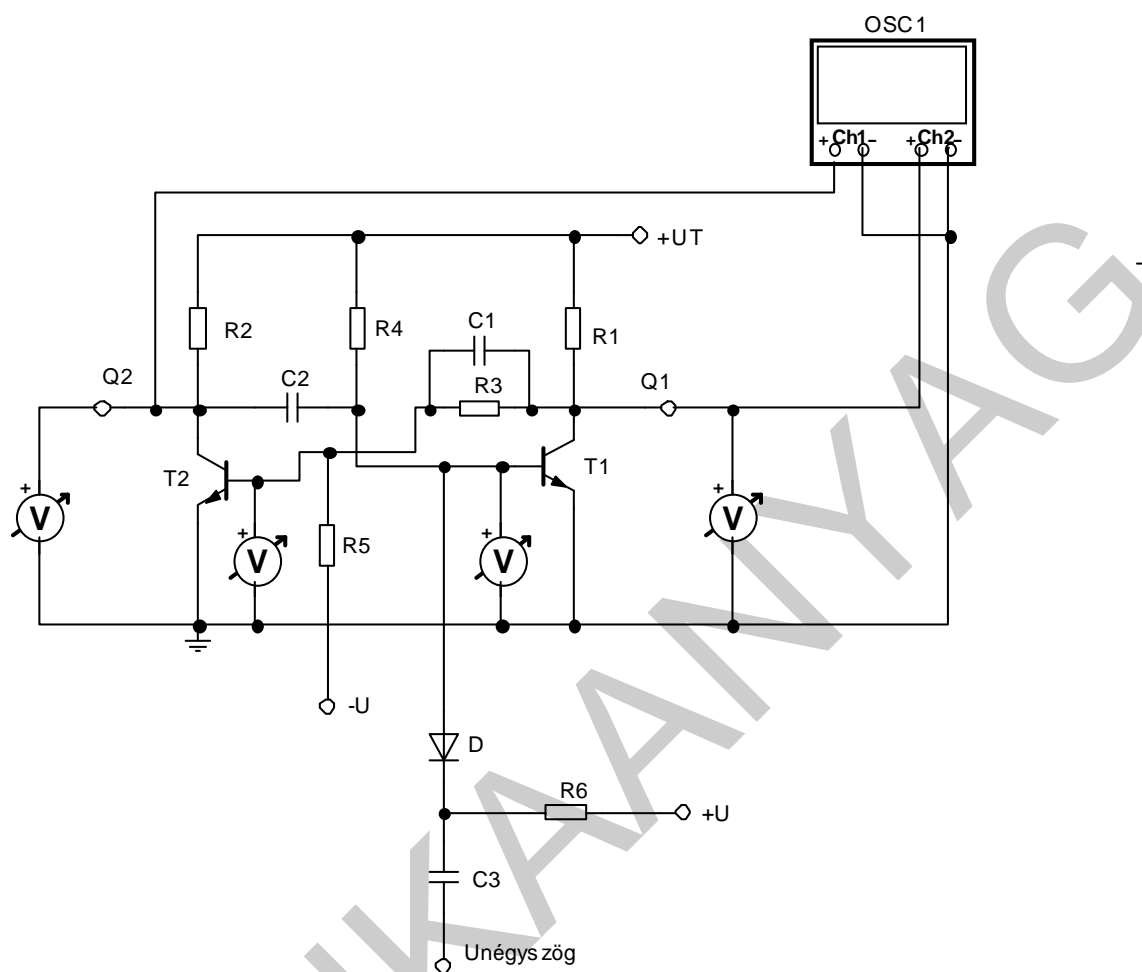
A	Y
0	1
1	0

49. ábra. Inverter rajzele és igazságtáblája

**7. feladat**

A nyolcsugaras oszcilloszkóp digitális memóriával rendelkezik, és mintavételező elven működik. A készülék alkalmas pozitív és negatív feszültségű logikai rendszerek vizsgálatára. A képernyőre 16 óraütem rajzolható fel egyszerre. Egy beépített digitális késleltető egység lehetővé teszi a 16x16 óraütem 16-os blokkonkénti tetszőleges kiválasztását és felrajzolását. Az eszköz bemenetére vitt jeleknek nem tényleges számszerű feszültségértékét méri, hanem csak azt dönti el, hogy logikai "0" vagy "1" szint található-e a mérőpontokon. A mérendő hálózat állapotváltozásait a vizsgált rendszer órajelének ütemében jeleníti meg a képernyőn. A mérendő jelekből az órajel valamely éléhez viszonyított fix időpontban vesz mintákat. Az előlapon 8 mérőbemenet (INPUTS), 1 órajel bemenet (CLOCK) és egy trigger jel bemenet (TRIGGER) van. Az első csatornára kapcsolt jel hazárdmentessége is vizsgálható. Hazárddal a kombinációs hálózatoknál találkozunk, amikor a hálózat valamelyik ágában több elem halad végig a jel, és ezáltal hosszabb idő alatt ér az adott kapu bemenetére. Ez a késleltetés azt eredményezi, hogy a bemeneten a jel megérkezéseig más érték jelenik meg és csak a jel megérkezése után áll be a valós állapot. Ez a rövid idejű késleltetés a kimeneten egy nemkívánatos impulzust, úgynevezett hazárdot hoz létre.

## 8. feladat



50. ábra. Monostabil billenőfokozat

Az 50. ábrán látható elrendezésben elvégezhetjük a monostabil billenőfokozat statikus vizsgálatát, vagyis megállapíthatjuk, hogy melyik tranzisztor van lezárt és melyik van nyitott állapotban. A negatív feszültség ( $-U$ ) feszültség változtatásával megállapíthatjuk az átbillenéshez szükséges feszültséget. A  $C_1$  kondenzátornak az átbillenés gyorsításában van szerepe. Az  $U_{imp}$  bemenetre négyszög hullám generátorból adunk négyszögjeleket, ekkor a kétsugaras oszcilloszkóp segítségével megvizsgáljuk az áramkör bemeneti és kimeneti jeleit. Az oszcilloszkóp egyik csatornáját az  $U_{imp}$  bemenetre a másik csatornáját az egyik kimenetre csatlakoztatjuk. Így időléptékben egymás alá rajzoltatva a bemeneti és kimeneti jeleket megmérjük az impulzus fel- és lefutási idejét, valamint az impulzus kitöltési tényezőjét, melyet az impulzus idejének mérésével, majd pedig számítással határozunk meg (2. ábra).

## IRODALOMJEGYZÉK

### FELHASZNÁLT IRODALOM

Dr. Schnell László főszerkesztő: Jelek és rendszerek mérés technikája. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985.

Dr. Szittya Ottó: Bevezetés az elektronikába. LSI Oktatóközpont, Budapest, 1996.

U. Tietze – Ch. Schenk: Analóg és digitális áramkörök. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1993.

### AJÁNLOTT IRODALOM

Kovács Csongor: Digitális elektronika Generál Press Kiadó Budapest, 2002.

Karsai Béla: Villamos mérőműszerek és mérések. Műszaki Könyvkiadó Budapest, 1962.

Major László: Villamos mérés technika. KIT Képzőművészeti Kiadó és Nyomda Kft Budapest, 1999.

A(z) 1396–06 modul 020–as szakmai tankönyvi tartalomeleme felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

<b>A szakképesítés OKJ azonosító száma:</b>	<b>A szakképesítés megnevezése</b>
31 522 01 0000 00 00	Elektromos gép- és készülékszerelő

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:  
12 óra

MUNKANYAG

MUNKANYAG

A kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv  
TÁMOP 2.2.1 08/1–2008–0002 „A képzés minőségének és tartalmának  
fejlesztése” keretében készült.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap  
társfinanszírozásával valósul meg.

Kiadja a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet  
1085 Budapest, Baross u. 52.

Telefon: (1) 210–1065, Fax: (1) 210–1063

Felelős kiadó:  
Nagy László főigazgató