



EFOP-3.4.3-16-2016-00014



# ELEKTROTECHNIKAI ALAPKAPCSOLÁSOK

**Dr. Fabulya Zoltán**

**Dr. Gyevisi János**

**2019.**

Szegedi Tudományegyetem  
Cím: 6720 Szeged, Dugonics tér 13.  
[www.u-szeged.hu](http://www.u-szeged.hu)  
[www.szechenyi2020.hu](http://www.szechenyi2020.hu)



MAGYARORSZÁG  
KORMÁNYA

Európai Unió  
Európai Szociális  
Alap



**BEFECTETÉS A JÖVŐBE**



EFOP-3.4.3-16-2016-00014

SZÉCHENYI 2020

Jelen tananyag a Szegedi Tudományegyetemen készült az Európai Unió támogatásával.

Projekt azonosító: EFOP-3.4.3-16-2016-00014.

Szerzők:

Dr. Fabulya Zoltán PhD Dr. Gyeviki János PhD

Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Kar

ISBN: 978-963-306-662-1

Szegedi Tudományegyetem  
Cím: 6720 Szeged, Dugonics tér 13.  
[www.u-szeged.hu](http://www.u-szeged.hu)  
[www.szechenyi2020.hu](http://www.szechenyi2020.hu)

SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG  
KORMÁNYA

Európai Unió  
Európai Szociális  
Alap



BEFECTETÉS A JÖVŐBE



EFOP-3.4.3-16-2016-00014

SZÉCHENYI  2020

© Dr. Fabulya Zoltán PhD Dr. Gyeviki János PhD 2019

Szegedi Tudományegyetem  
Cím: 6720 Szeged, Dugonics tér 13.  
[www.u-szeged.hu](http://www.u-szeged.hu)  
[www.szechenyi2020.hu](http://www.szechenyi2020.hu)

SZÉCHENYI  2020



MAGYARORSZÁG  
KORMÁNYA

Európai Unió  
Európai Szociális  
Alap



**BEFECTETÉS A JÖVŐBE**

## TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS .....	2
1. EGYENÁRAMÚ VILLAMOS HÁLÓZATOK.....	4
1.1. Aktív alapelemek.....	4
1.2. Passzív alapelemek .....	5
1.3. Egyszerű áramkör .....	6
1.4. Az alaptörvények alkalmazása .....	6
1.5. A potenciál fogalma.....	9
1.6. Ellenőrző kérdések, feladatok.....	11
2. A RELÉ .....	14
2.1. A relé felépítése, működése .....	14
2.2. Öntartó kapcsolás.....	18
2.3. Érintkezős kapcsolások egyszerűbb alakra hozása .....	20
2.4. Ellenőrző kérdések, feladatok.....	28
3. A DIÓDA.....	31
3.1. A dióda karakterisztikája .....	32
3.2. Diódás alapkapcsolások .....	33
3.3. Világító diódák (LED-ek) alkalmazása .....	34
3.4. Ellenőrző kérdések, feladatok.....	36
4. A TRANZISZTOR.....	38
4.1. A bipoláris tranzisztor felépítése .....	38
4.2. A tranzisztor földelt emitteres kapcsolása .....	40
4.3. A tranzisztor kapcsolóüzeme .....	45
4.4. Ellenőrző kérdések, feladatok.....	47
5. GALVANIKUS LEVÁLASZTÁS .....	50
5.1. Optocsatolók alkalmazása.....	50
5.2. A szilárdtestrelék.....	50
6. MEGOLDÁSOK.....	51

## BEVEZETÉS

*„Akár azt hiszed, képes vagy rá, akár azt, hogy nem, igazad lesz.”*

*Henry Ford*

Nem „tankönyvet” tart a kezében a Kedves Olvasó. Mondjuk inkább „olvasókönyvnek”, vagy „felvilágosító irodalomnak”. Az eddigi ismereteikhez képest ez a jegyzet semmi új elméleti ismeretet nem tartalmaz. Ebből a jegyzetből nem lehet, nem is kell tanulni, csak olvasni, átgondolni, megérteni, elfogadni és alkalmazni kell.

A szerzők reménye szerint, ha az olvasó ideje engedi és a kitartása nem lankad, a könyv végére érve a homlokára kell, hogy csapjon: „hiszen ezt én értem” felkiáltással.

A zsebszámológépek elterjedéséig (1980-as évek) a mérnöki gyakorlatban a logarléc volt az elterjedt számoló eszköz. Pontossága (2 – 4 számjegy) a feladatok zömében elegendő volt. Nagy előnye volt, hogy a nagyságrendet a logarléc használójának fejben kellett megállapítania.

A zsebszámológépek számítógépek „világában” egy számítás végén rendre elfelejtjük feltenni magunknak a kérdést: „lehetséges ez?”

Ha ehhez hozzászokunk, elkerülhetjük az olyan súlyos hibákat, amikor például nyugodt szívvel beírjuk a zárthelyi dolgozatba a 2 cm szántás-mélységet. A jegyzet nem titkolt célja az, hogy megtanuljunk „érezni” a műszaki feladatokat. A kapcsolási rajzok segítségével lépésről lépésre haladva együtt „éljünk” az áramkörrel. Az egymásra épülő egyszerű példákon keresztül jussunk el a gyakorlati alkalmazáshoz.

Bízunk abban, hogy a jegyzet segítségével az olvasó nagy segítséget kap elektrotechnika tanulmányai terén, s olyan szemlélethez jut, mely más irányú ismeretszerzését is megalapozza.

A tanulási eredmény alapú szemléletet figyelembe véve készült ez a tananyag. A könyvben foglaltak elsajátítását követően a hallgatók tudása, képességei, attitűdje, autonómiája és felelőssége is fejlődik. Ennek eredményeként a hallgató

a) tudása szempontjából elmondható, hogy

- ismeri az egyenáramú villamos hálózatok aktív és passzív alapelemeit;
- ismeri az egyszerű áramköröket, azok alaptörvényeit;

- ismeri a relék felépítését, működését, a velük létrehozható öntartó kapcsolást, az érintkezős kapcsolások egyszerűbb alakra hozásának technikáját;

- ismeri a diódák működését, a diódás alkapcsolásokat;

- összefüggéseiben ismeri a tranzisztorok alkalmazási lehetőségeit, a bipoláris tranzisztor felépítését, a tranzisztor kapcsoló üzemét;

b) képességei is fejlődnek és ezáltal

- a műszaki szakterületen felmerülő rutinfeladatok megoldásában képes alkalmazni a megszerzett villamos kapcsolásokra vonatkozó elveket, szabályokat, összefüggéseket;

- képes villamos kapcsolások dokumentációinak megértésére, feldolgozására;

c) attitűdje remélhetően még inkább pozitív irányba módosul

- törekszik arra, hogy döntéseit a szabályok és az etikai normák teljes körű figyelembevételével hozza meg;

- azon van, hogy döntéseit az irányított munkatársak véleményének megismerésével, lehetőség szerint velük együttműködésben hozza meg;

- igyekszik, hogy folyamatos önképzéssel és továbbképzéssel szakmai fejlődését elősegítse;

- átfogó rendszerszemlélettel rendelkezik;

d) autonómiája és felelőssége is fejlődik

- képes önállóan villamos alkapcsolások tervezésére;

- munkájának eredményeit reálisan értékeli;

- felelősséget vállal szakmai döntéseiért;

Jelen tananyag a Szegedi Tudományegyetemen készült az Európai Unió támogatásával. Projekt azonosító: EFOP-3.4.3-16-2016-00014.

## 1. EGYENÁRAMÚ VILLAMOS HÁLÓZATOK

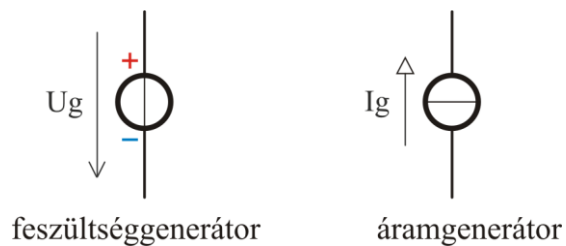
*„Az iskola dolga, hogy megtaníttassa velünk, hogyan kell tanulni, hogy felkeltse a tudás iránti étvágyunkat, hogy megtanítsa bennünket a jól végzett munka örömére és az alkotás izgalmára, hogy megtanítsa szeretni, amit csinálunk, és hogy segítsen megtalálni azt, amit szeretünk csinálni.”*

*Szent-Györgyi Albert*

A villamos hálózatok alapelemeit két csoportra oszthatjuk, aktív és passzív alapelemekre.

### 1.1. Aktív alapelemek

Az aktív alapelemeket generátoroknak nevezzük. Feszültség- és áramgenerátorokról beszélhetünk. A feszültséggenerátor és áramgenerátor rajzjele az 1. ábrán látható. A feszültség jele  $U$ , mértékegysége a volt (V). A feszültséggenerátor kapcsain mindig  $U_g$  feszültség mérhető. A feszültséggel kapcsolatosan mindig az „esik” igét használjuk.



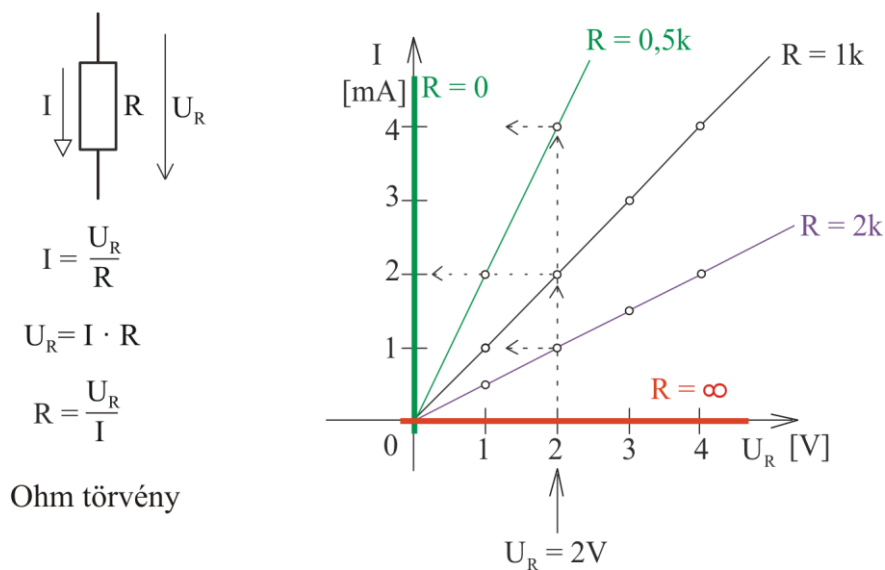
**1. ábra**                  Generátorok

A villamos áram a vezeték valamely keresztmetszetén egy másodperc alatt átáramló töltésmennyiséget fejezi ki. Az áram jele  $I$ , mértékegysége az amper (A). Az áram jelölésére egy háromszöghegyű nyilat használunk, melyet az áramot vezető vezeték, vagy hálózatelem mellé rajzolunk. Az áramgenerátor rajzjele az 1. ábrán látható. Az áramgenerátoron mindig  $I_g$  áram folyik. Az árammal kapcsolatosan mindig a „folyik” igét használjuk.

## 1.2. Passzív alapelemek

Egyenáramú hálózatokban a villamos hálózatok passzív elemei közül leggyakrabban előforduló elem az ellenállás. Az ellenállás rajzjelét és a karakterisztikáját 2. ábrán láthatjuk. A feszültséget és áramot az ellenálláson azonos irányításúra szokás felvenni.

Az ellenállás karakterisztikája egy origón átmenő egyenes. Az egyenes meredeksége az ellenállás reciproka.



2. ábra Az ellenállás rajzjele és karakterisztikája

Ohm törvénye alapján az ellenálláson folyó áram egyenesen arányos az ellenálláson eső feszültséggel és fordítva arányos az ellenállás nagyságával.

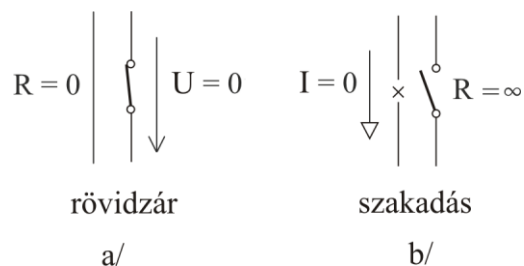
Adjunk 2 V feszültséget az ellenállás kapcsaira! Ohm törvénye alapján

$R=1\text{ k}$  ( $1\text{ k}\Omega$ ) esetén  $I = 2\text{ mA}$  áram folyik az ellenálláson keresztül.

Ha az ellenállás értékét  $R = 2\text{ k}$  – ra növeljük, az áramerősség  $1\text{ mA}$  értékre csökken. Ha az ellenállás értékét  $R = 0,5\text{ k}$  – ra csökkentjük, az áramerősség  $4\text{ mA}$  értékre nő. Ha az ellenállás értéke  $R = \infty$ , nem folyik áram. Ha az  $R = 0$  értékű ellenállásra (rövidzár) feszültséget kapcsolunk, elméletileg  $I = \infty$  áram folyik az áramkörben.

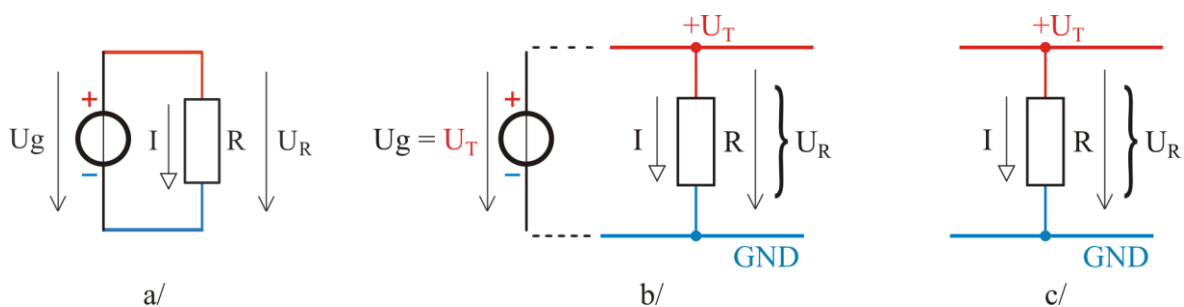


A passzív elemek csoportjába még két különleges elem sorolható (3. ábra), a rövidzár (vezeték, zárt érintkező) és a szakadás (szigetelés, nyitott érintkező). A rövidzáron ( $R = 0$ ) sosem esik feszültség. A szakadáson ( $R = \infty$ ) sosem folyik áram.



3. ábra Rövidzár és szakadás

### 1.3. Egyszerű áramkör

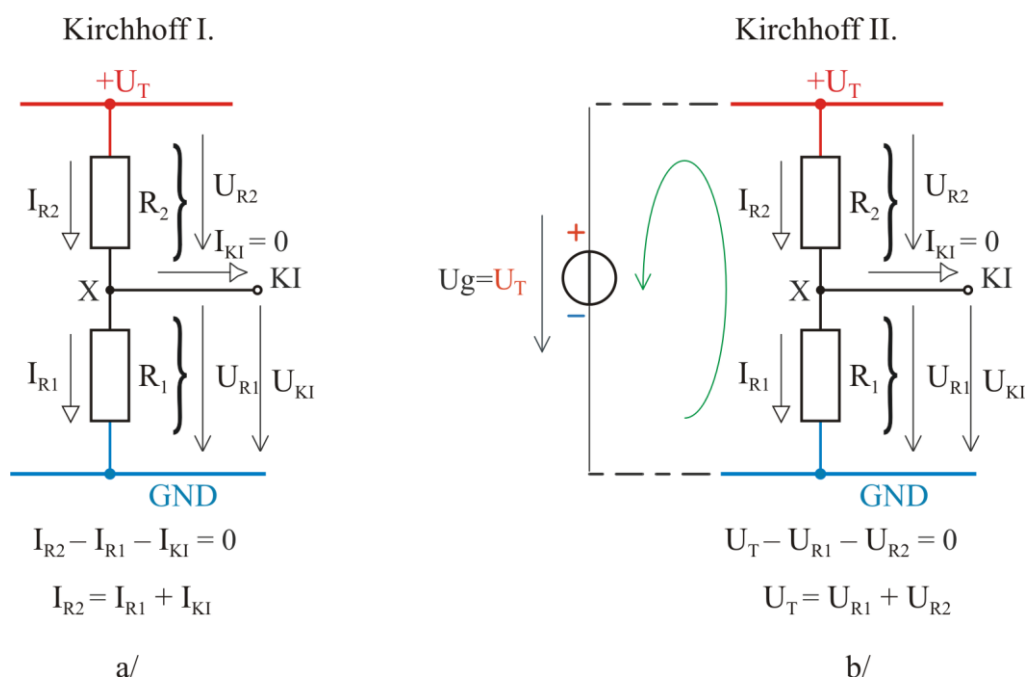


4. ábra Egyszerű áramkör

Most kapcsoljunk össze egy aktív és egy passzív hálózatelemet! Az 4. ábrán látható áramkörben a generátor feszültsége áramot hajt az ellenálláson keresztül. A generátor és az ellenállás árama megegyezik. A generátor feszültsége pedig – mivel a vezetéken nem esik feszültség és a generátor ideális – teljes egészében az ellenállásra jut. A következőkben az egyszerűség kedvéért a feszültséggenerátort nem rajzoljuk le, azaz a 4./a ábrán látható áramkör helyett, az 4./c ábrán láthatót használjuk.

### 1.4. Az alaptörvények alkalmazása

Az ellenállás karakterisztikájának (2. ábra) megrajzolásakor Ohm törvényét használtuk. Az 5. ábra alapján megismerkedhetünk Kirchoff törvényeivel.



5. ábra Kirchhoff törvények

A Kirchhoff csomóponti törvénye (I. törvény) kimondja, hogy a csomópontba befolyó áramok összege mindig egyenlő a kifolyó áramok összegével. Az X pontra (5./a ábra) felírva a csomóponti törvényt, a következő egyenletet kapjuk:

$$I_{R2} - I_{R1} - I_{KI} = 0 \quad \text{átrendezve} \quad I_{R2} = I_{R1} + I_{KI}$$

Kirchhoff huroktörvénye (II. törvény) szerint a hurokban szereplő feszültségek előjeles összege nulla. Tüntessük fel az 5./b ábrán látható kapcsolásban a feszültséggenerátort és tüntessük fel a vizsgált hurkot!

A körjárási iránnyal egyező irányú feszültséget pozitívnak véve, a bejelölt hurokra felírható:

$$U_T - U_{R1} - U_{R2} = 0 \quad \text{egyenletet kapjuk.}$$

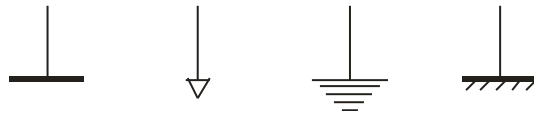
Ezt az egyenletet úgy is értelmezhetjük, hogy elindulunk az „emeletről” ( $U_T$  tápfeszültség) és  $U_{R2}$ ,  $U_{R1}$  „lépcsőfokokon” lefele lépegetve a „földszinten” (GND), azaz a

földpotenciálon „kötünk ki”. A „potenciál” fogalmát a következő fejezetben találjuk meg. Az előző egyenletet átrendezve kapjuk az

$$U_T = U_{R1} + U_{R2} \text{ alakot.}$$

### 1.5. A potenciál fogalma

Elektromos hálózatokban tetszőleges pontok közötti feszültségkülönbséget könnyebb meghatározni, ha van egy pont, amelynek a potenciálját referenciaként használunk. Ezt a pontot közös pontnak, referencia pontnak, vagy földpontnak nevezünk és a 6. ábra szerint jelölünk.



6. ábra Földpont

A hálózat tetszőleges pontjának a földhöz mért feszültségét a pont potenciáljának nevezzük. A potenciál negatív is lehet, de a földpontot legtöbbször úgy választjuk meg, hogy minden pont potenciálja pozitív legyen. A 7. ábrán könnyen követhetjük a két pont közötti potenciálkülönbség (a két pont között mérhető feszültség) számításának menetét.

Legyen a két kiválasztott pont a **7**-es és a **3**-as pont.

A 7. ábra alapján a **7**-es pont potenciálja a következő módon számítható:

$$U_{P7} = U_{R1} + U_{R2} + U_{R3} + U_{R4} + U_{R5} + U_{R6} + U_{R7} \text{ vagy}$$

$$U_{P7} = U_T - U_{R10} - U_{R9} - U_{R8}$$

A **3**-as pont potenciálja:

$$U_{P3} = U_{R1} + U_{R2} + U_{R3} \text{ vagy}$$

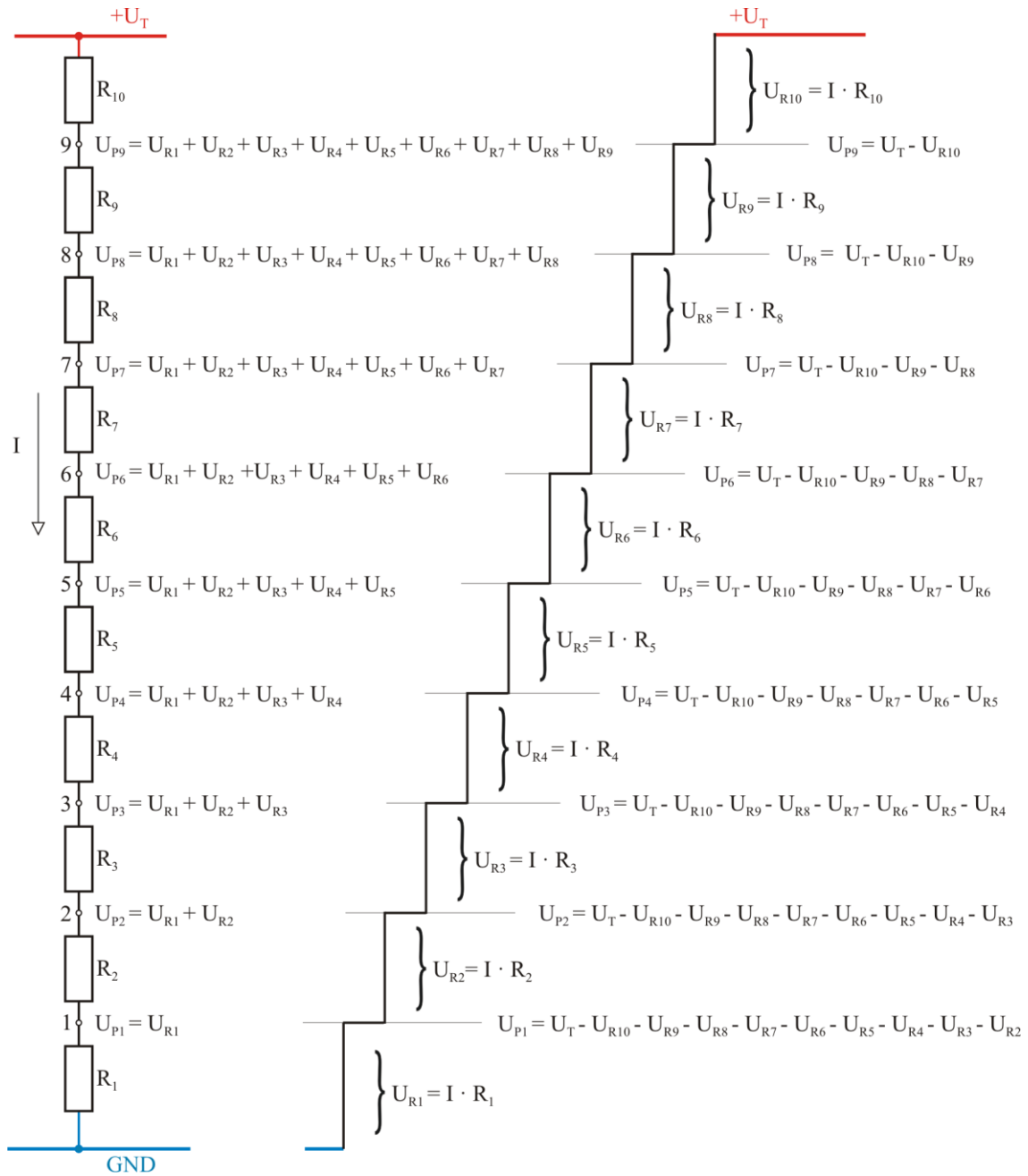
$$U_{P3} = U_T - U_{R10} - U_{R9} - U_{R8} - U_{R7} - U_{R6} - U_{R5} - U_{R5}$$

A kiválasztott két pont közötti feszültségkülönbség (potenciálkülönbség) könnyen számítható:

$$\begin{aligned} U_{P7} - U_{P3} &= U_{R1} + U_{R2} + U_{R3} + U_{R4} + U_{R5} + U_{R6} + U_{R7} - (U_{R1} + U_{R2} + U_{R3}) = \\ &= U_{R4} + U_{R5} + U_{R6} + U_{R7} \end{aligned}$$

vagy

$$\begin{aligned} U_{P7} - U_{P3} &= U_T - U_{R10} - U_{R9} - U_{R8} - (U_T - U_{R10} - U_{R9} - U_{R8} - U_{R7} - U_{R6} - U_{R5} - U_{R5}) = \\ &= U_{R7} + U_{R6} + U_{R5} + U_{R4} \end{aligned}$$

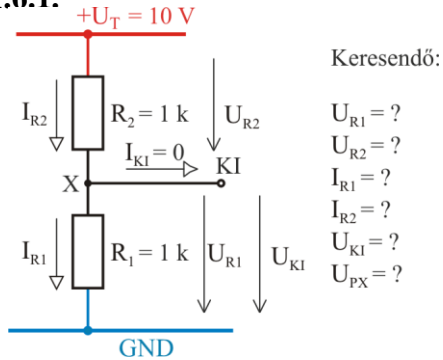


7. ábra A potenciál fogalma

## 1.6. Ellenőrző kérdések, feladatok

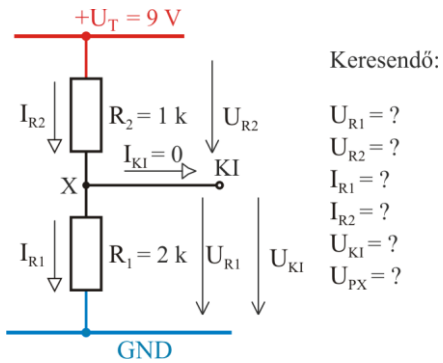
Határozza meg az alábbi értékeket!

1.6.1.



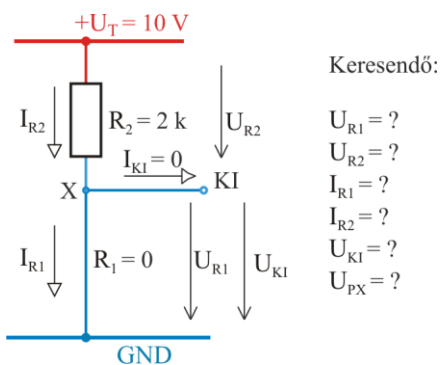
(megoldás)

1.6.3.



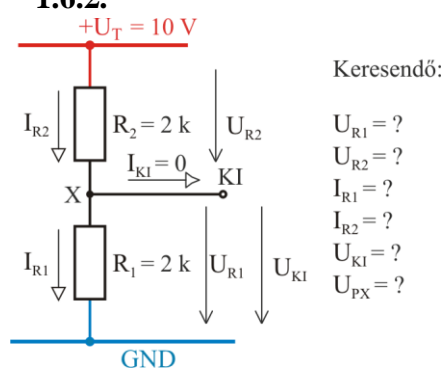
(megoldás)

1.6.5.



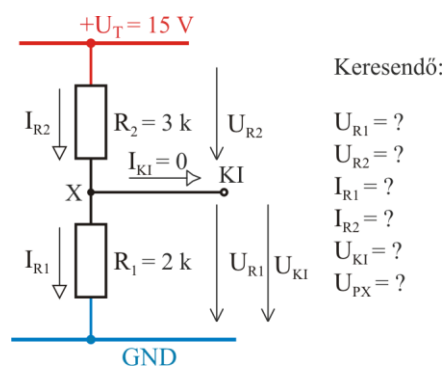
(megoldás)

1.6.2.



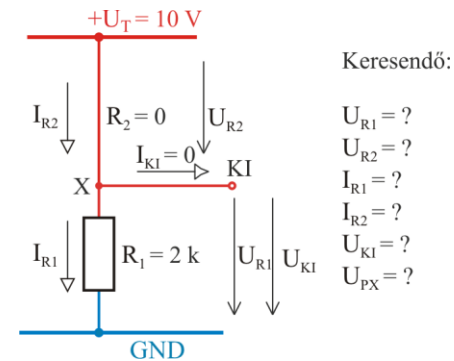
(megoldás)

1.6.4.



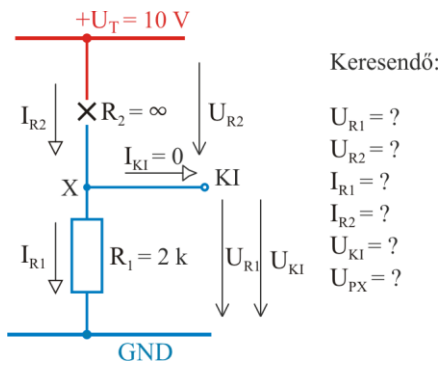
(megoldás)

1.6.6.



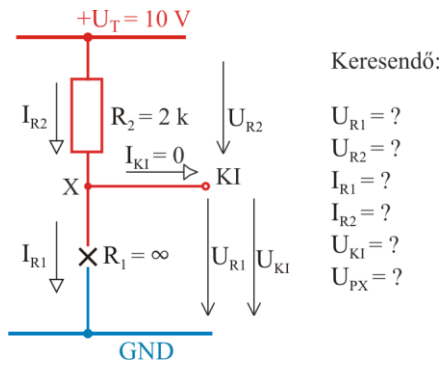
(megoldás)

**1.6.7.**



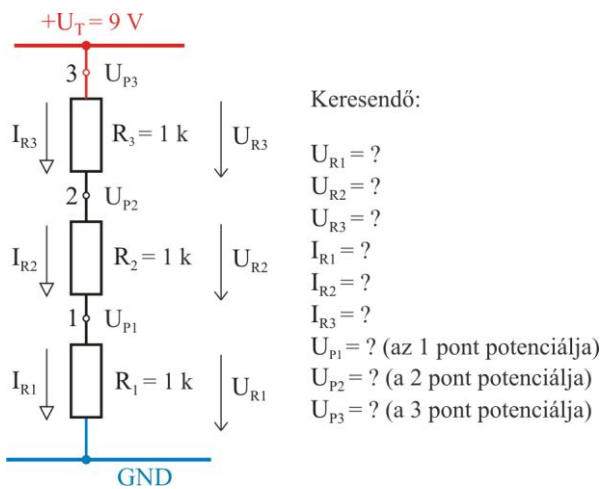
(megoldás)

**1.6.8.**



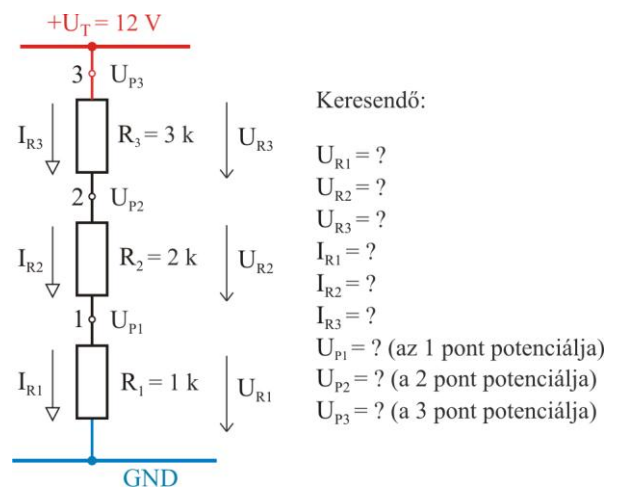
(megoldás)

**1.6.9.**



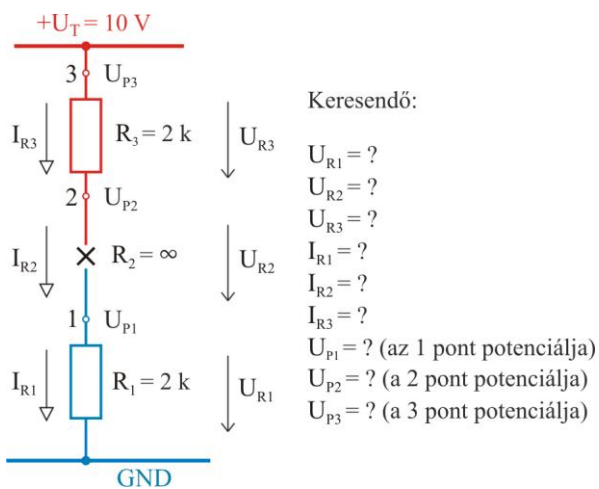
(megoldás)

**1.6.10.**



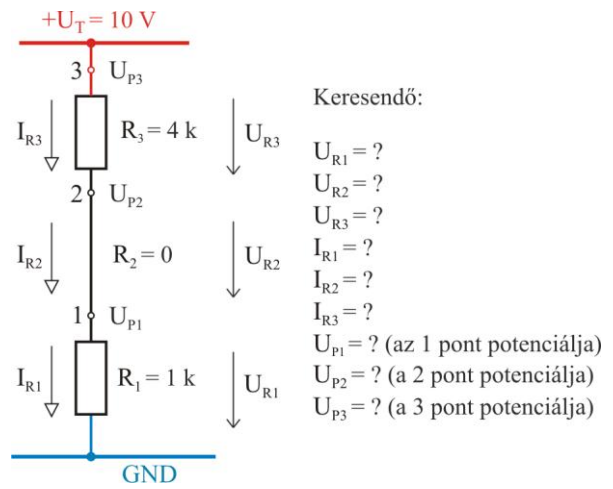
(megoldás)

**1.6.11.**



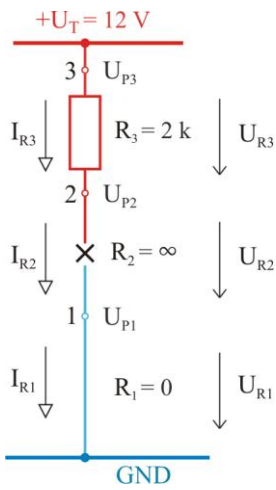
(megoldás)

**1.6.12.**



(megoldás)

## 1.6.13.

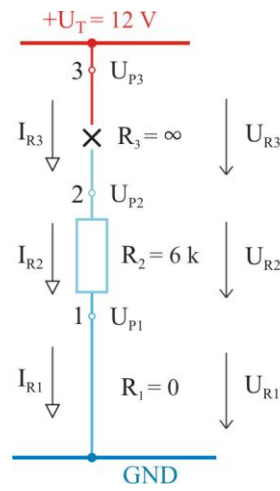


Keresendő:

$U_{R1} = ?$   
 $U_{R2} = ?$   
 $U_{R3} = ?$   
 $I_{R1} = ?$   
 $I_{R2} = ?$   
 $I_{R3} = ?$   
 $U_{P1} = ?$  (az 1 pont potenciálja)  
 $U_{P2} = ?$  (a 2 pont potenciálja)  
 $U_{P3} = ?$  (a 3 pont potenciálja)

(megoldás)

## 16.14.



Keresendő:

$U_{R1} = ?$   
 $U_{R2} = ?$   
 $U_{R3} = ?$   
 $I_{R1} = ?$   
 $I_{R2} = ?$   
 $I_{R3} = ?$   
 $U_{P1} = ?$  (az 1 pont potenciálja)  
 $U_{P2} = ?$  (a 2 pont potenciálja)  
 $U_{P3} = ?$  (a 3 pont potenciálja)

(megoldás)



## 2. A RELÉ

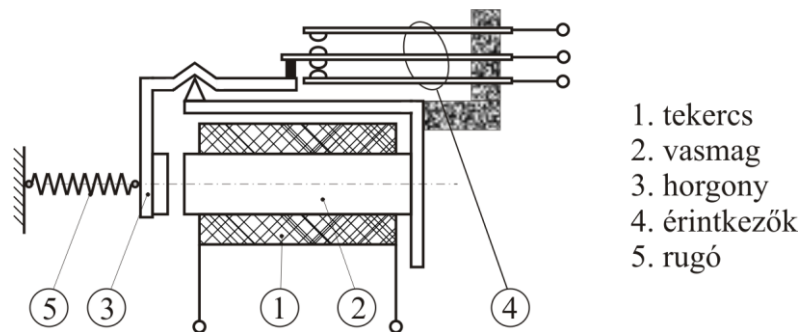
„Gondolkodás nélkül tanulni: felesleges vesződések; tanulás nélkül gondolkodni: veszedelmes.”

Konfuciusz

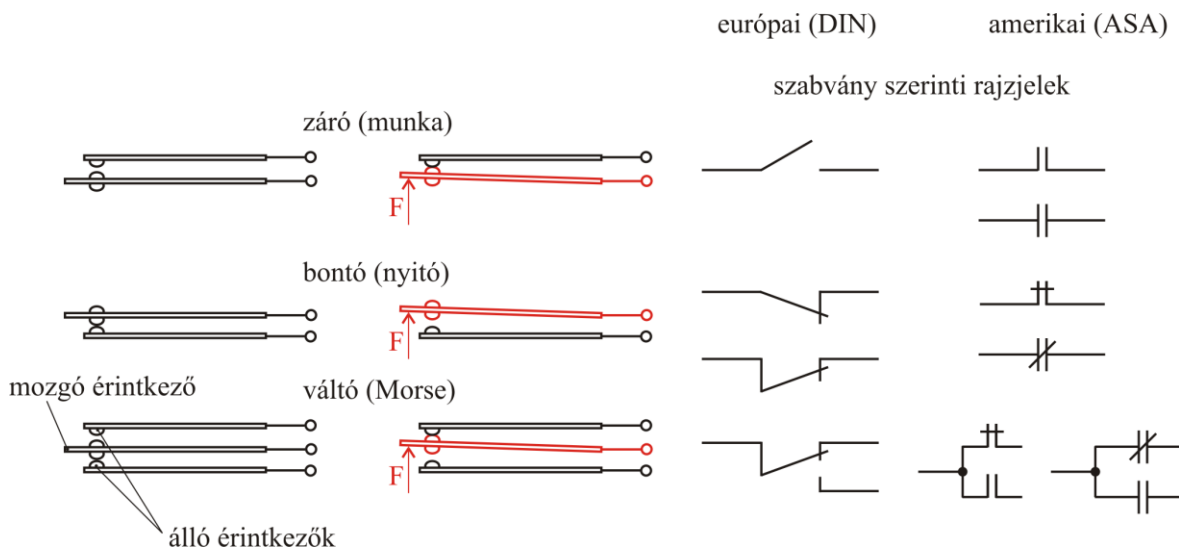
A relé egy olyan elektromechanikus szerkezet, melynek tekercsére feszültséget kapcsolva olyan mágneses tér (erő) keletkezik, mely képes érintkezőket zárni, illetve nyitni.

### 2.1. A relé felépítése, működése

A relé felépítése a 8. ábrán, érintkezői a 9. ábrán láthatóak.

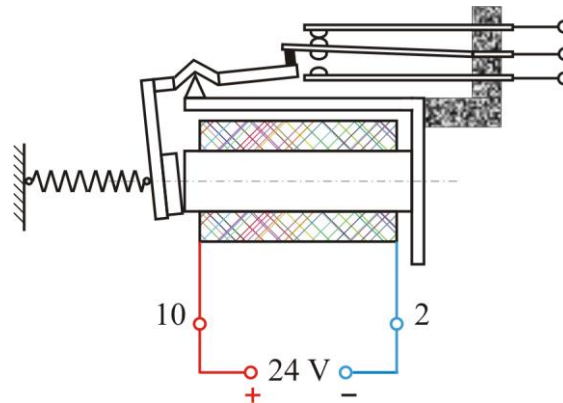


8. ábra A relé felépítése

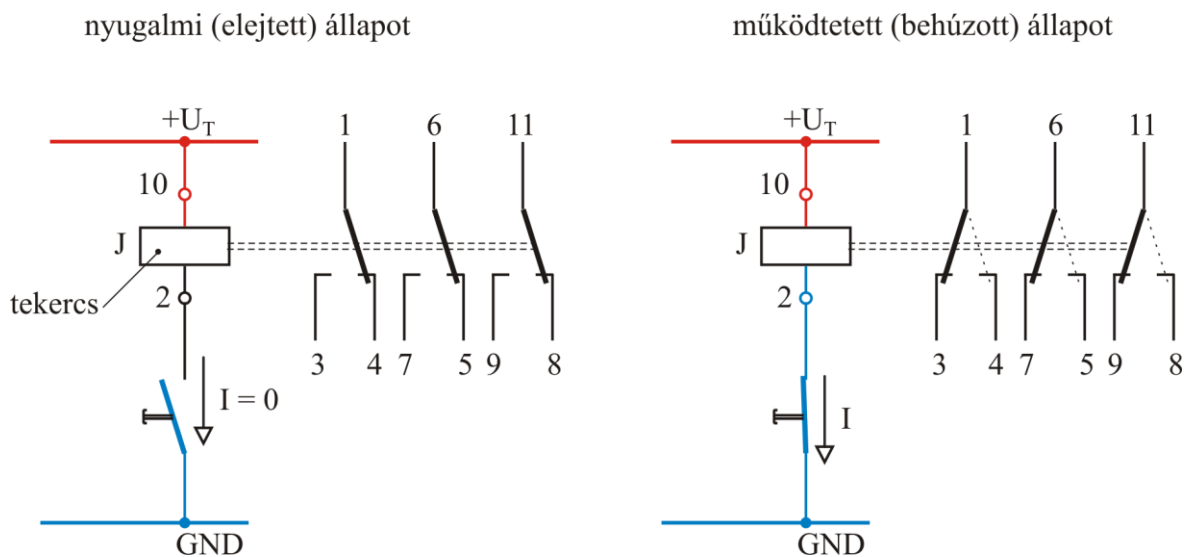


9. ábra A relé érintkezői és azok rajzjelei

A relé működtetett állapotát a 10. ábrán láthatjuk.



10. ábra A relé működtetett állapota



11. ábra A relé nyugalmi és működtetett állapota

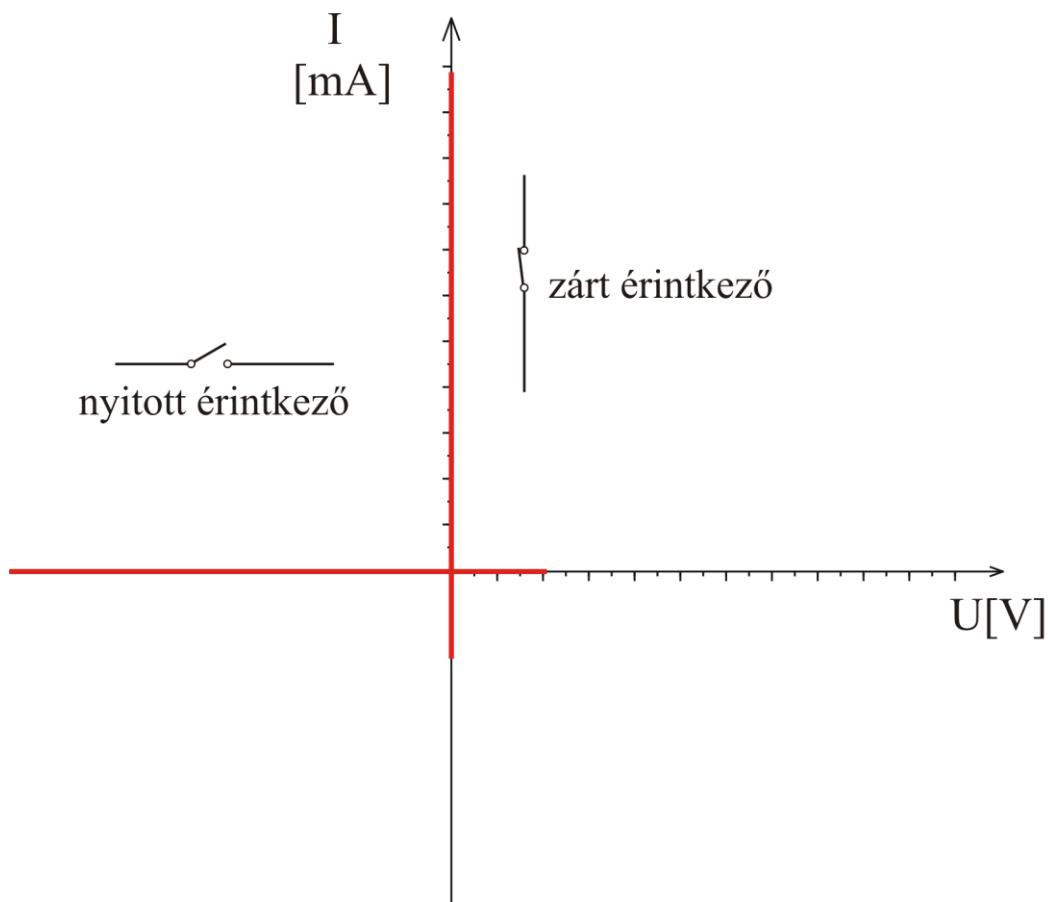
Tervrajzokban a relét mindig nyugalmi állapotában ábrázoljuk. Az érthetőség kedvéért a 11. ábrán megmutatjuk a működtetett állapotot is.

Egy ideális, érintkező lehetséges állapotai:

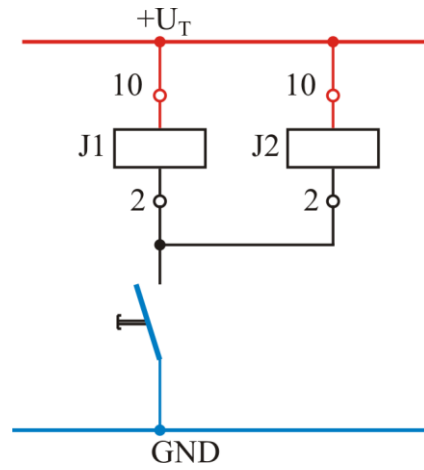
- Zárt állapot; ekkor az érintkező zárt állapotban van, rajta áram folyhat keresztül.
- Nyitott állapot; ekkor az érintkező nyitott, szakadt állapotban van, rajta áram nem folyhat.

Az ideális érintkező, zárt állapotában  $0 \Omega$  átmeneti ellenállást, míg nyitott állapotában  $\infty \Omega$  ellenállást képvisel. Átkapcsolási ideje 0, az átkapcsoláshoz nem igényel teljesítményt, és a vezérlés (tekercs) és a kimenet (érintkezők) között nem folyhat áram. A bemenetek és a kimenetek egymástól teljesen el vannak szigetelve (galvanikus elválasztás). Az elmondottakból következően az ideális érintkező zárt állapotában, a csatlakozó pontjai között nem mérhető feszültség, míg a nyitott érintkezőn nem folyik áram.

Az érintkezőpárok megnevezése (és jelölése) mindig a feszültségmentes állapotban felvett helyzetet mutatja. Az egyik érintkezőpár alaphelyzetben nyitott (az angol „Normally Open” elnevezés után a jelölésük NO), vagy alaphelyzetben zárt, (az angol „Normally Closed” elnevezés után a jelölésük NC). Az alaphelyzetben nyitott érintkezők csak akkor záródnak be, ha a relé tekercsére feszültséget kapcsolunk és az elektromágnes átbillenti a relé nyelvét. Az alaphelyzetben zárt érintkezők egészen addig összezárva maradnak, amíg nem kapcsolunk feszültséget az elektromágnesre.

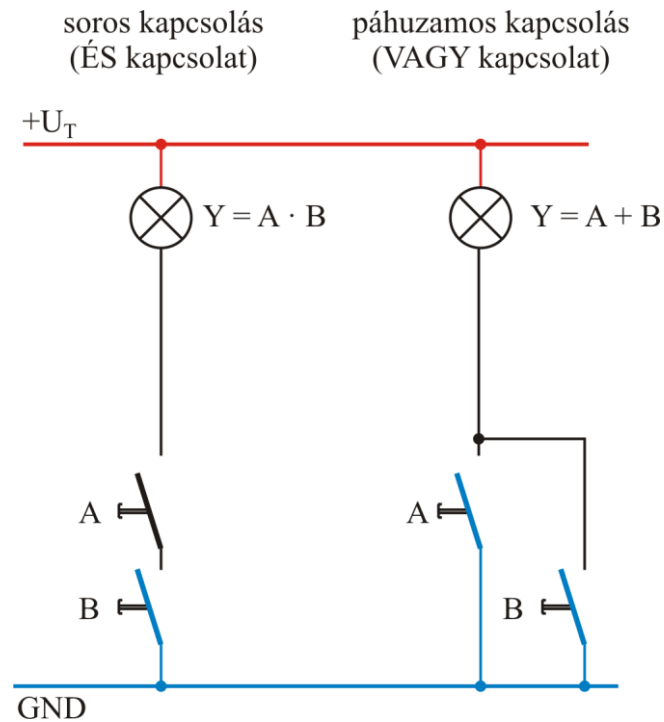


12. ábra Egy ideális érintkező karakterisztikája

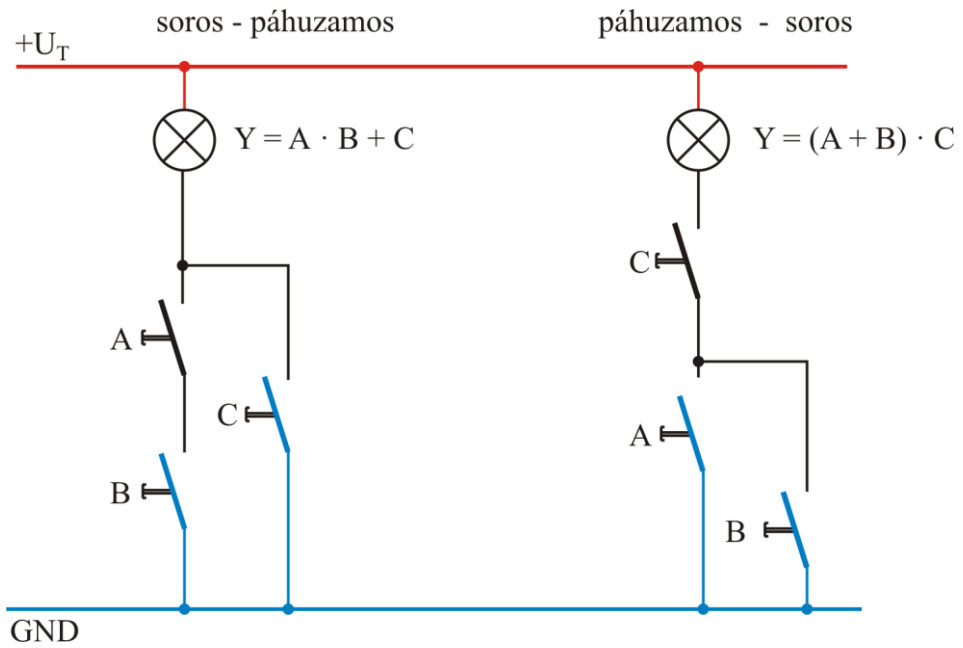


13. ábra Az érintkezők számának növelése

Az érintkezők számát megduplázzhatjuk, ha két relét párhuzamosan kapcsolunk.  
(13. ábra)

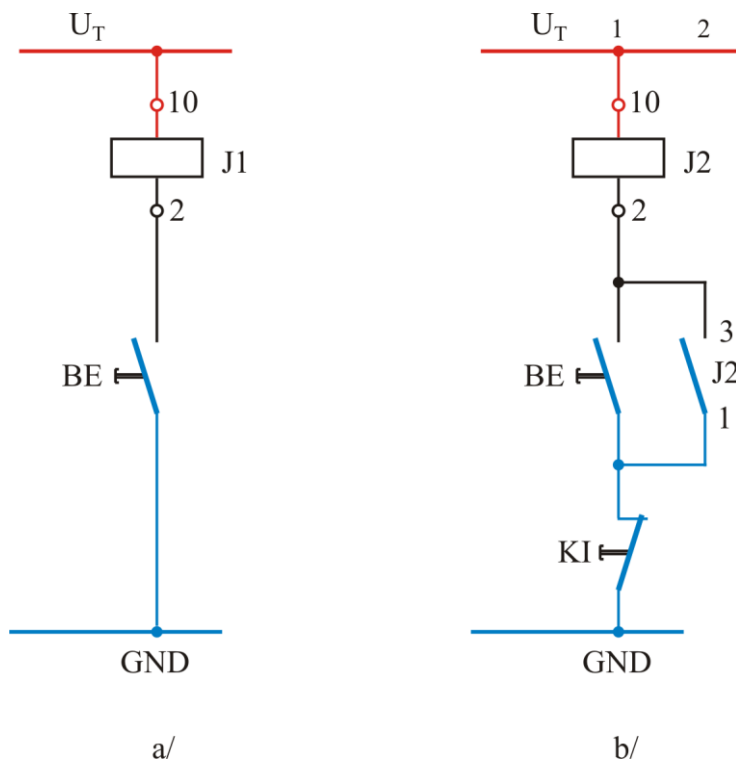


14. ábra Érintkezők soros és párhuzamos kapcsolása



15. ábra Érintkezők vegyes kapcsolása

## 2.2. Öntartó kapcsolás



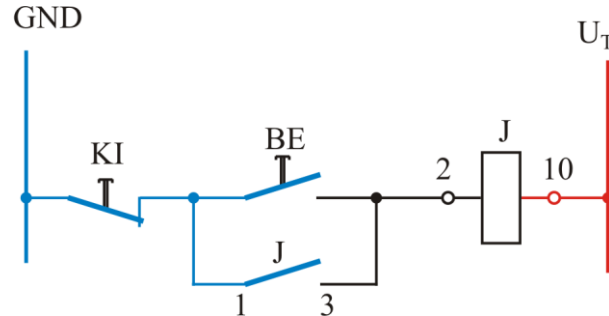
16. ábra Jelfogók működtetése

A 16./a ábrán látható kapcsolásban a jelfogó csak addig marad meghúzva, amíg a **BE** jelű nyomógombot nyomva tartjuk. Ha a nyomógombot elengedjük a **J1** jelű jelfogó tekercsén keresztül nem folyik áram, így a jelfogó elejt. A 16./b ábrán látható kapcsolásban, amikor a **BE** jelű nyomógombot megnyomjuk, a jelfogó **J2** jelű tekercsén keresztül áram folyik, a jelfogó meghúz, zárja a 2-es áramútban bekötött (a nyomógommbal párhuzamos) záró érintkezőjét. Ekkor a nyomógombot elengedhetjük, a jelfogó behúzott állapotban marad, mert a saját záró érintkezőjén keresztül továbbra is kap áramot. A jelfogó öntartásba kerül. Ha az öntartást meg akarjuk szüntetni, a **KI** jelű nyomógombot kell megnyomni. A nyomógomb bontó érintkezője bontja a jelfogó áramkörét, a jelfogó elejt, az öntartás megszűnik. A kapcsolás működése hasonlít az **R – S** tároló működéséhez.

A kapcsolás 1 bit információ tárolására alkalmas. A **BE** jelű nyomógomb megfelel az **R - S** tároló **Set** (beíró) bemenetének, a **KI** jelű nyomógomb pedig a **Reset** (törlő) bemenetének.

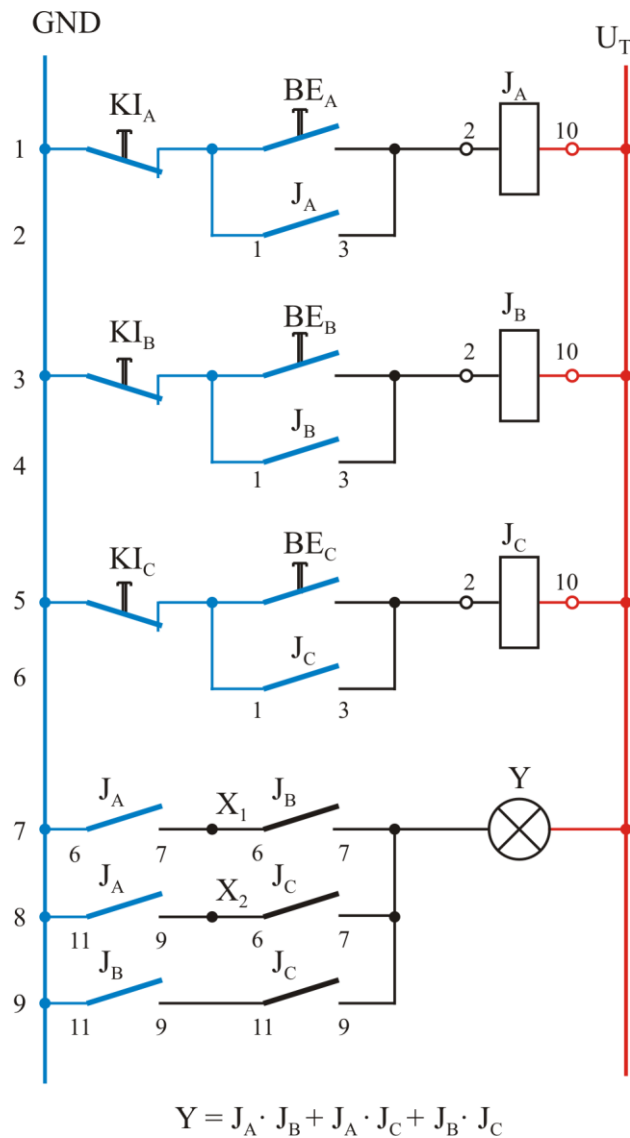
A 16./b ábrán látható öntartó kapcsolás a 17. ábrán 90°-kal elforgatva láthatjuk. Több áramutat egymás alá rajzolva az úgynevezett „létradiagramot” kapjuk. (18. ábra)

Ezzel a létra diagrammal a PLC-k programozásánál is találkozni fogunk.



17. ábra Öntartó kapcsolás

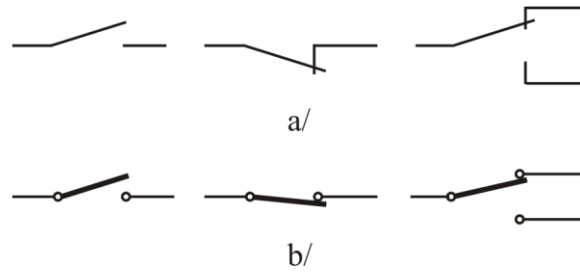
### 2.3. Érintkezős kapcsolások egyszerűbb alakra hozása



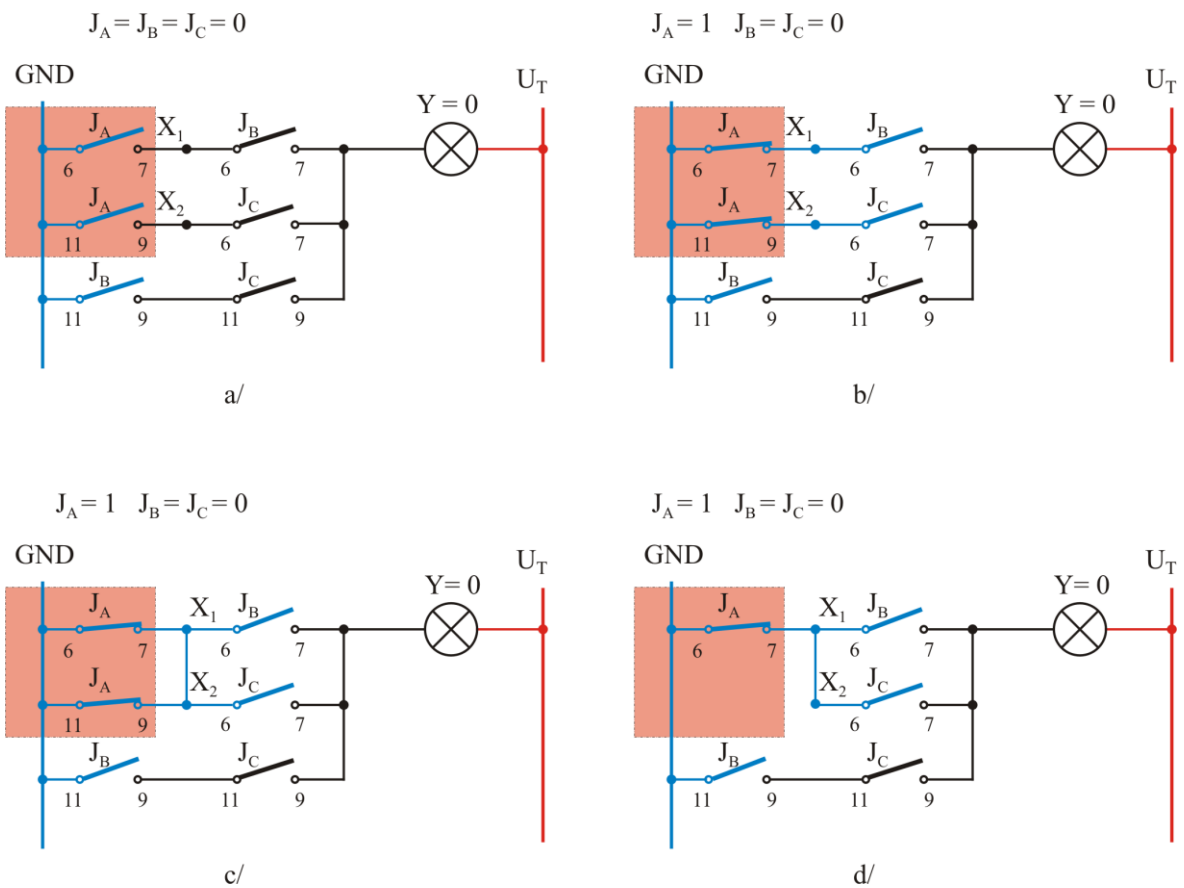
18. ábra „Szavazó áramkör” kapcsolási rajza.

Az 1 – 6 áramútban három öntartó kapcsolást láthatunk. Ezek megkönnyítik a 7 – 9 áramútban látható kombinációs hálózat (szavazó áramkör) vizsgálatát. A kombinációs hálózatok tervezését a Digitális technika c. tantárgy keretében ismerhetjük meg. A továbbiakban azt vizsgáljuk meg, hogy a megtervezett hálózat érintkezős megvalósítása során milyen további egyszerűsítésre van lehetőségünk. A munka megkezdése előtt vessünk egy pillantást a 19. ábrára. A 19./a ábrán a tervrajzokon használatos szabványos rajzjeleket látjuk. Az érintkezőket mindig nyugalmi (nem működtetett) állapotban ábrázoljuk. Ettől a szabálytól most térjünk el és a 19./b ábra szerinti jelöléseket használjuk,

továbbá a kapcsolások részletes elemzése során az érintkezők működtetett (átkapcsolt) állapotát is feltüntetjük.



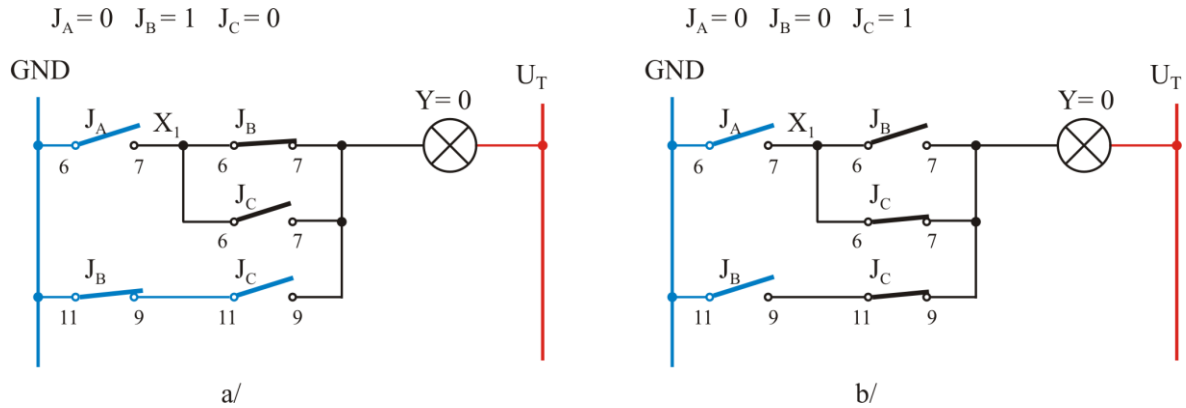
19. ábra Az érintkezők jelölése



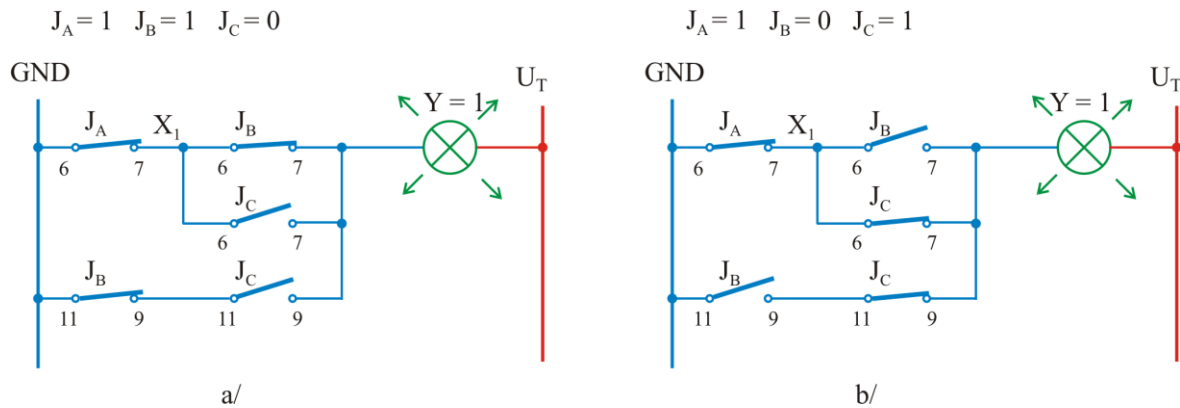
20. ábra A kombinációs hálózat részletes vizsgálata



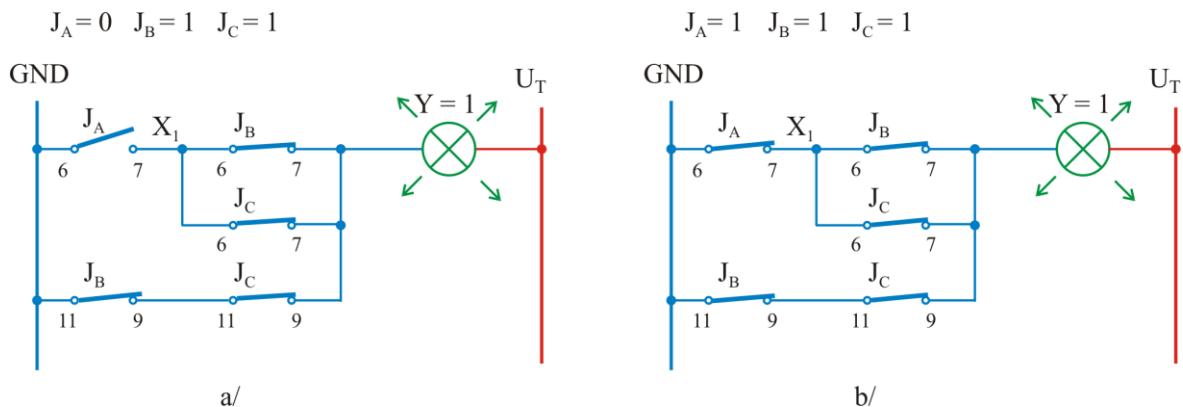
A 20./a és 20./b ábrán látjuk, hogy amikor a  $J_A$  jelű jelfogó meghúz és zárja az érintkezőit, az  $X_1$  és  $X_2$  jelű pont egyszerre kerül földpotenciálra (20./b ábra). Ezért az  $X_1$  és  $X_2$  jelű pontokat nyugodtan összeköthetjük (20./c ábra), a működés nem változik. A párhuzamosan kötött azonos változók közül az egyiket büntetlenül elhagyhatjuk (20./d ábra). Most ellenőrizzük le a teljes működést! (21. ábra, 22. ábra)



21. ábra Az ellenőrzés lépései

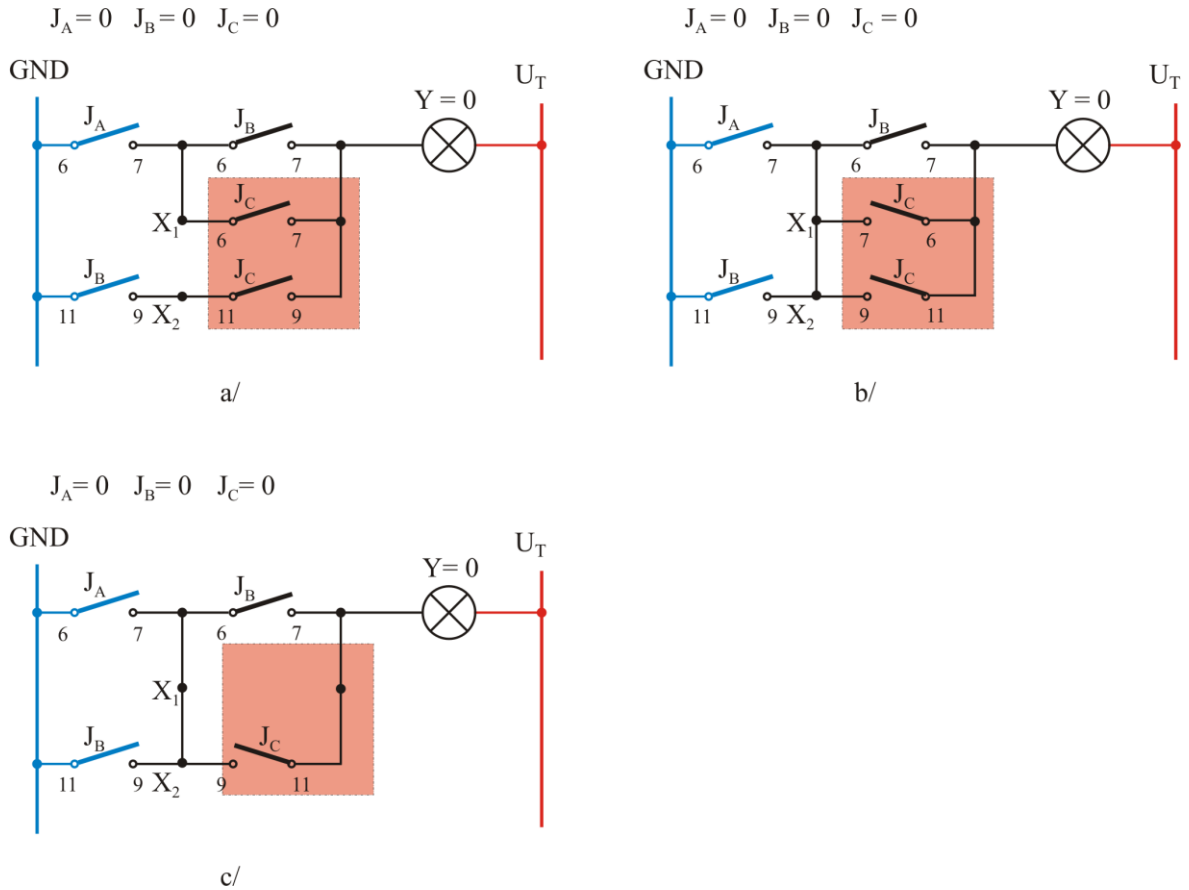


22. ábra Az ellenőrzés lépései

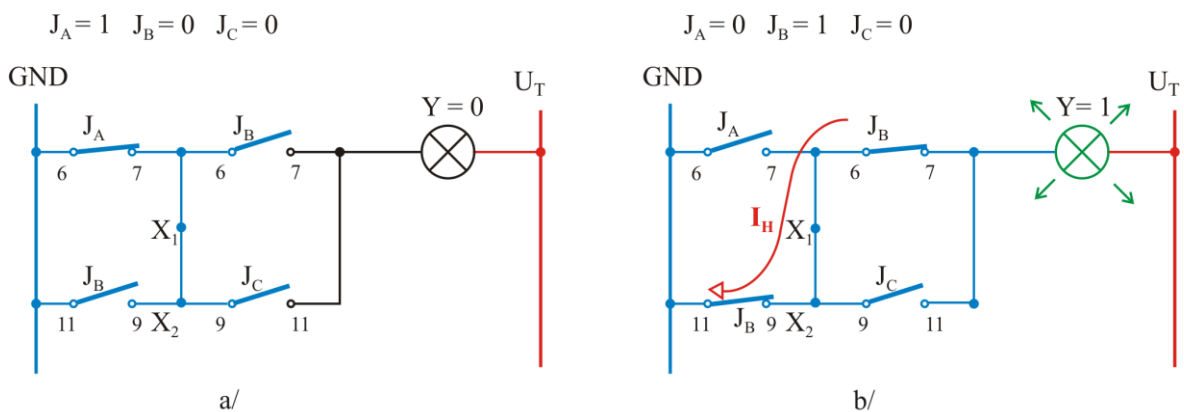


23. ábra Az ellenőrzés lépései

A részletes vizsgálat során láthatjuk, hogy a hálózat működése az érintkezők összevonása után is megfelel az eredeti kiírásnak. Most vizsgáljuk meg a további összevonások lehetőségét! Vonjuk össze a 24. ábrán jelölt  $J_C$  jelű érintkezőket! Ismételten végezzük el a részletes ellenőrzést (25. ábra)!

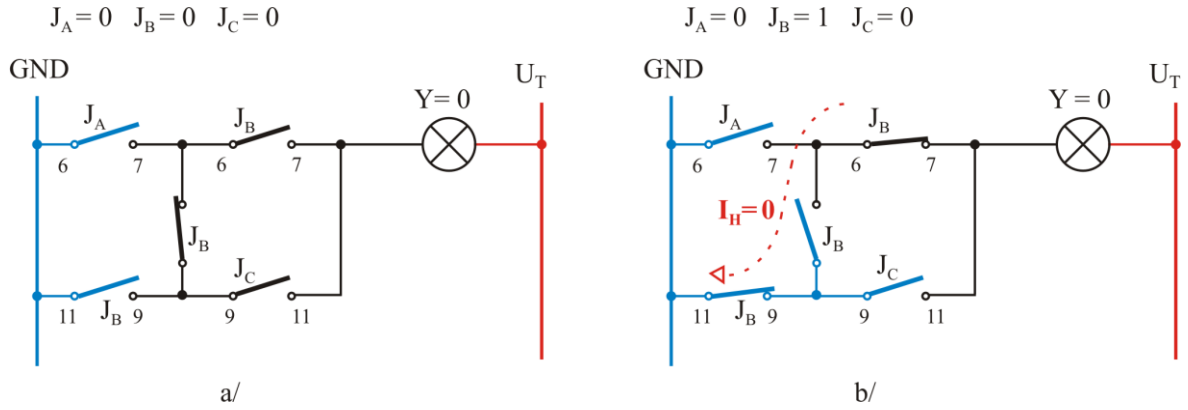


24. ábra Érintkezők további összevonása



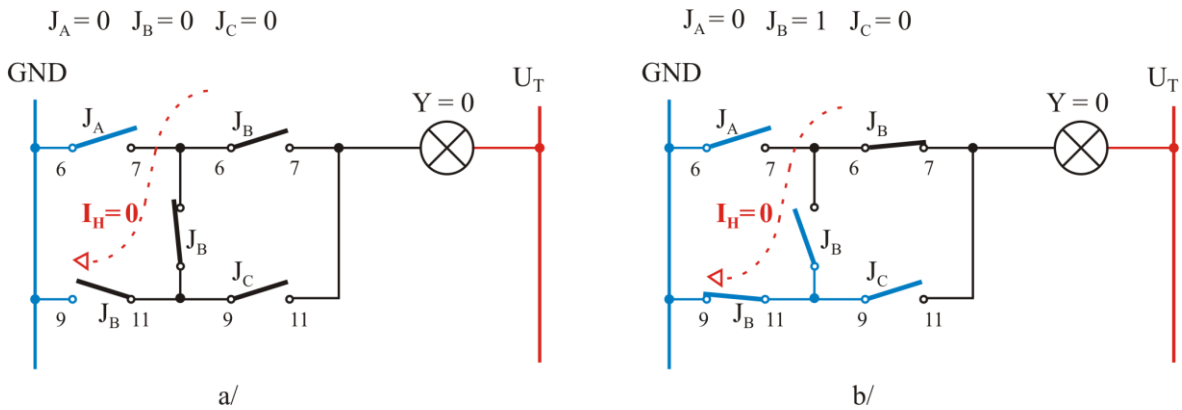
25. ábra Az ellenőrzés lépései

Az ellenőrzés során azt tapasztaltuk (25./b ábra), hogy  $J_B = 1$  esetén hamis áramút keletkezett. A vizsgálat folytatása előtt kizsöböljük ki a keletkezett hamis áramutat! A hamis áramutat a  $J_B$  záró érintkező okozta, ezért a kiküszöböléshez a  $J_B$  bontó érintkezőjét használjuk. (26.ábra)

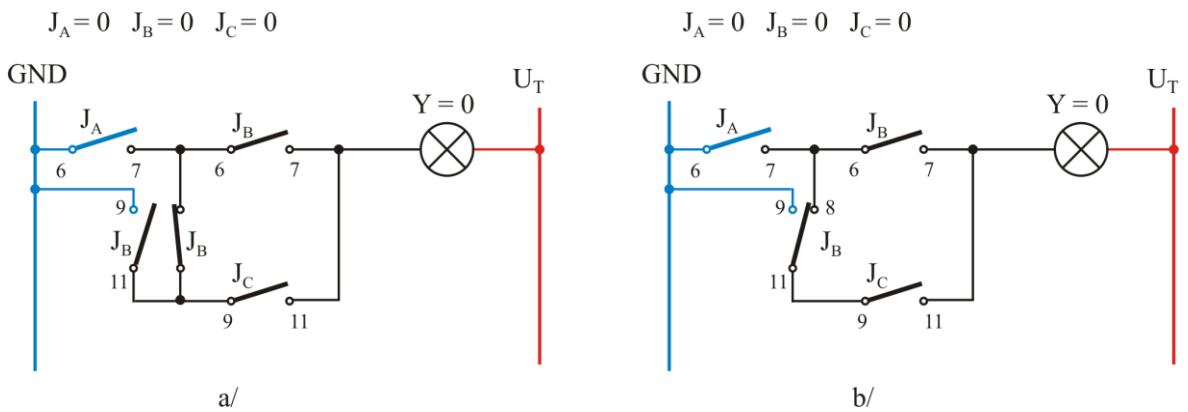


26. ábra A hamis áramút kiküszöbölése érintkezővel

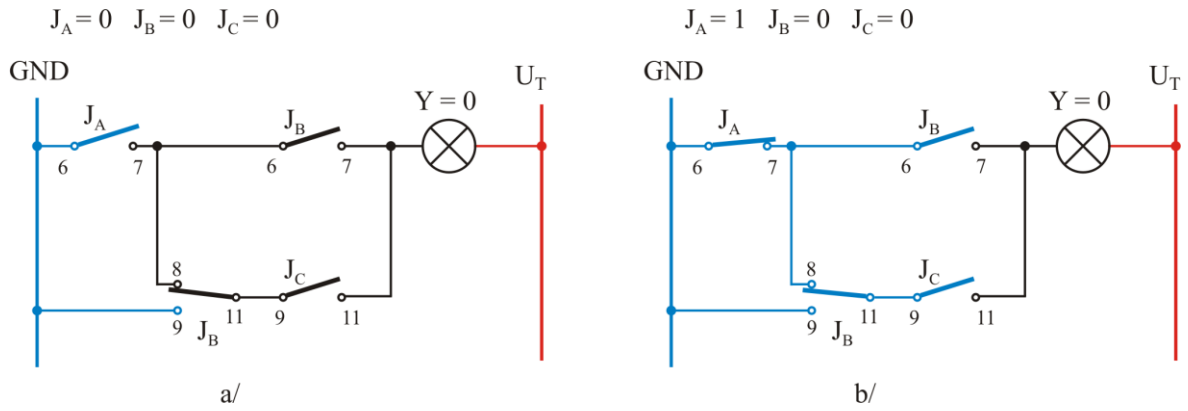
A 26./b ábrán látható, hogy a hamis áramút megszűnt. Tovább egyszerűsíthetjük a kapcsolást, ha a  $J_B$  záró és  $J_B$  bontó érintkezőket egy Morse érintkezővé vonjuk össze.



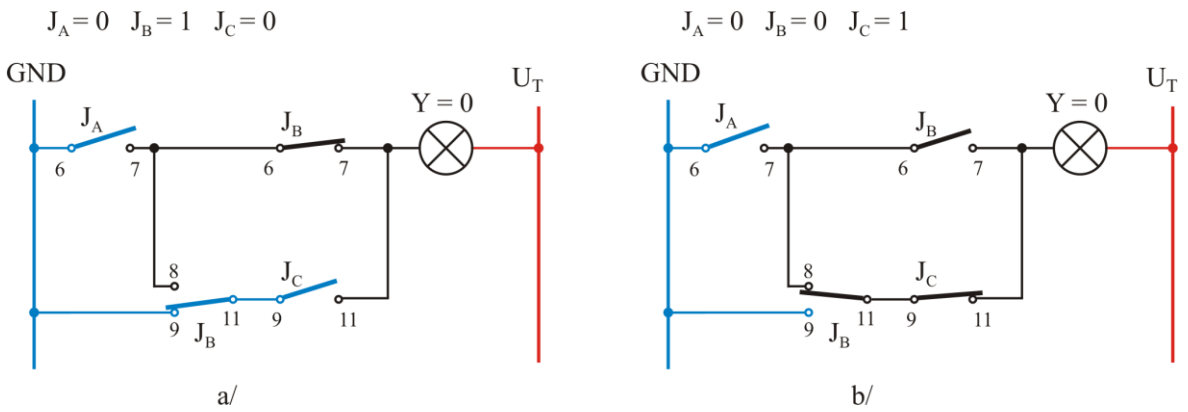
27. ábra Érintkezők összevonása



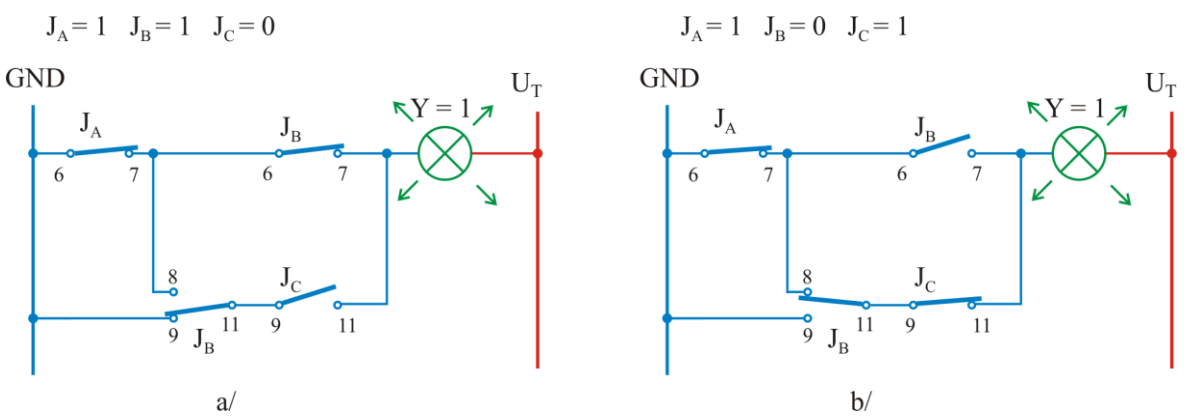
28. ábra Morse érintkező kialakítása



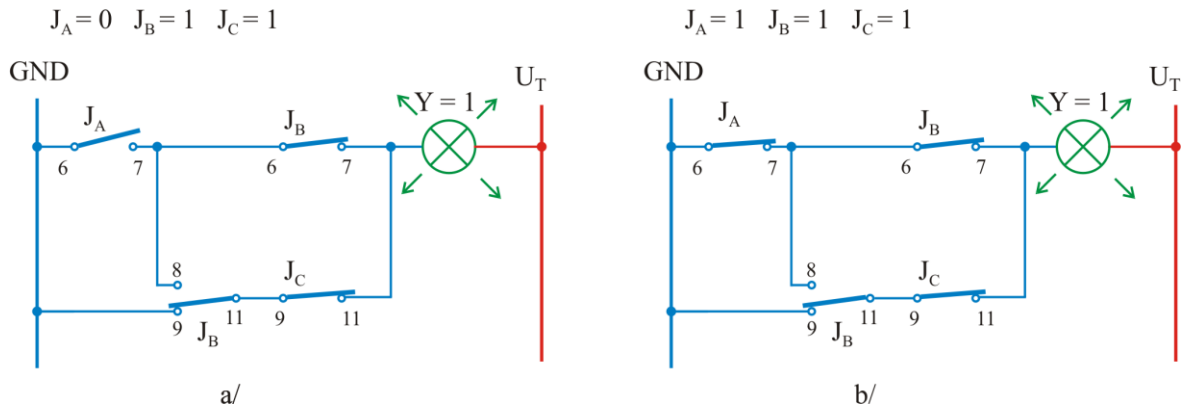
29. ábra A működés ellenőrzése



30. ábra A működés ellenőrzése

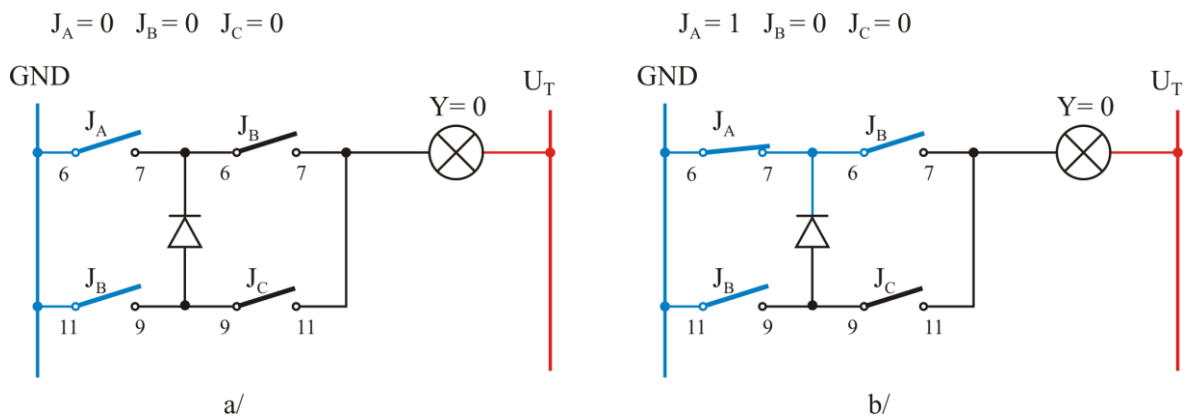


31. ábra A működés ellenőrzése

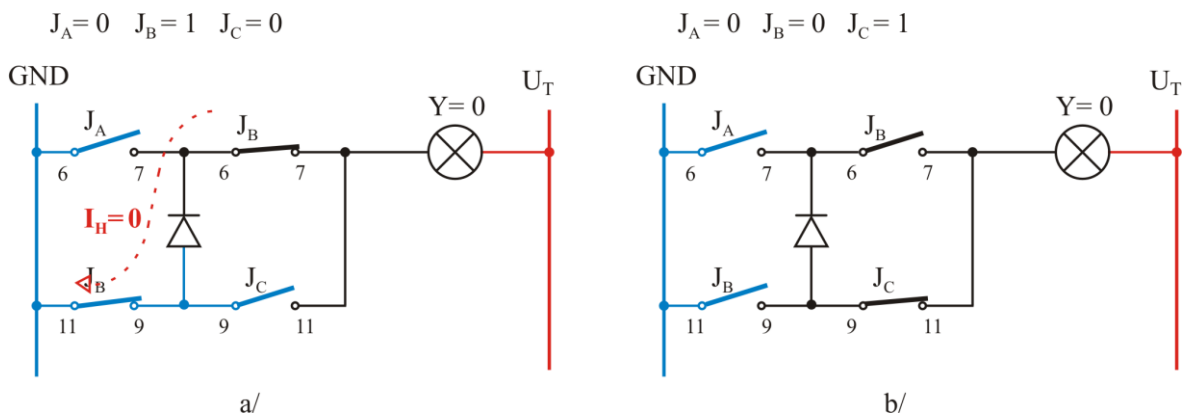


32. ábra A működés ellenőrzése

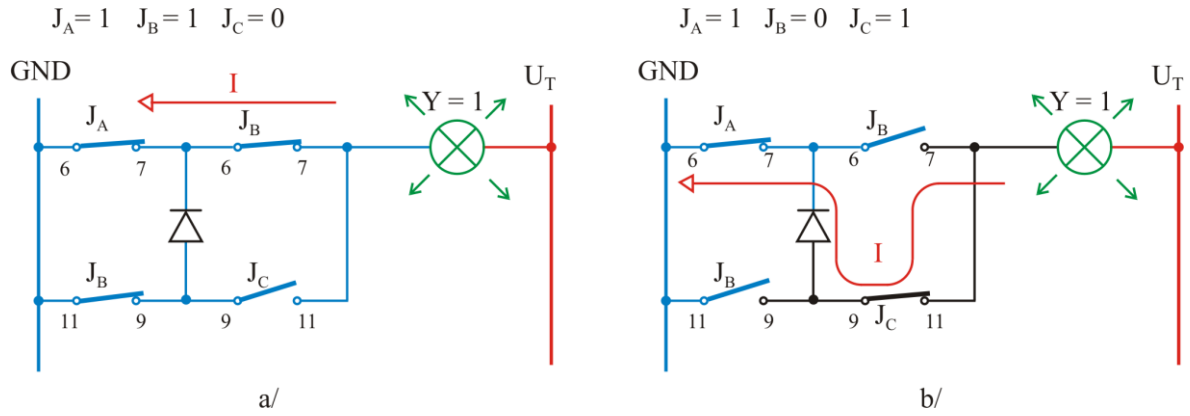
A 25/b ábrán jelölt hamis áramut egyenáramú hálózatokban diódával is kiküszöbölhetjük (33. ábra). A dióda működését a 3. fejezetben részletesen ismertetjük.



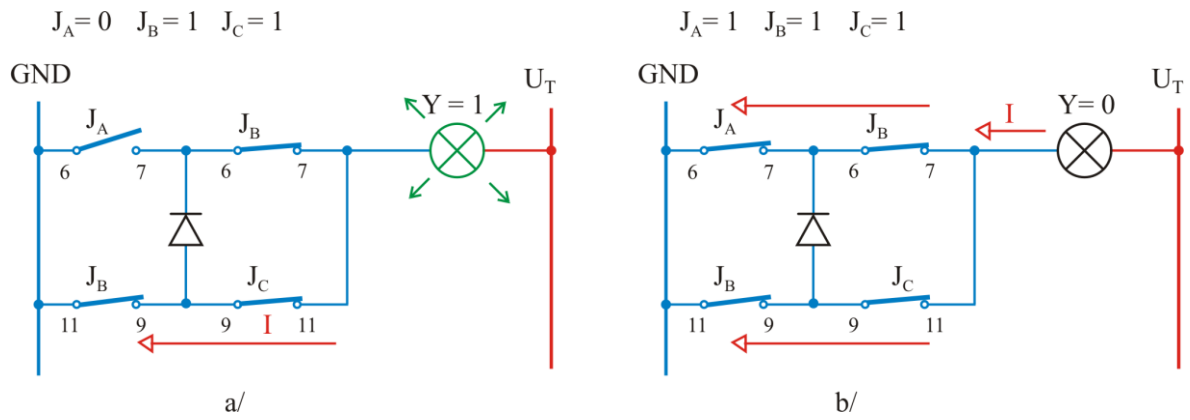
33. ábra Hamis áramút kiküszöbölése diódával



34. ábra A működés ellenőrzése



35. ábra A működés ellenőrzése



36. ábra A működés ellenőrzése

**2.4. Ellenőrző kérdések, feladatok**

Oldja meg a következő feladatokat!

**2.4.1.**

Készítsen öntartó kapcsolást, ahol a **BE** jelű nyomógomb megnyomásával az **R1** relé csak akkor működtethető, ha **A** = 1! Ha **A** = 0, a relé nem húz be. Ha már behúzott állapotban van, akkor azonnal ejtsen el, ha az **A** változó **A** = 1 -ről **A** = 0 -ra vált.

([megoldás](#))

**2.4.2.**

Készítsen öntartó kapcsolást, ahol a **BE** jelű nyomógomb megnyomásával az **R1** relé csak akkor működtethető, ha **A** = 1! Ha **A** = 0, a relé nem húz be. Ha már behúzott állapotban van, akkor maradjon behúzott állapotban akkor is, ha az **A** változó **A** = 1 -ről **A** = 0 -ra vált.

([megoldás](#))

**2.4.3.**

Készítsen öntartó kapcsolást, ahol a **BE** jelű nyomógomb megnyomásával az **R1** relé behúz, de csak akkor jön létre öntartás, ha **A** = 1! Ha **A** = 0, a relé a **BE** nyomógomb elengedése után azonnal elejt. Ha már behúzott állapotban van, akkor azonnal ejtsen el, ha az **A** változó **A** = 1 -ről **A** = 0 -ra vált.

([megoldás](#))

**2.4.4.**

Valósítsa meg az  $Y = \bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B}$  antivalencia (kizáró VAGY) függvényt érintkezőkkel!  
Morse érintkezők alkalmazásával hozza legegyszerűbb alakra a kapcsolást!

([megoldás](#))

**2.4.5.**

Valósítsa meg az  $Y = \bar{A} \cdot \bar{B} + A \cdot B$  ekvivalencia (kizáró NOR) függvényt érintkezőkkel!  
Morse érintkezők alkalmazásával hozza legegyszerűbb alakra a kapcsolást!

([megoldás](#))



**2.4.6.**

Érintkezős hálózattal realizálja az  $L1 = A$  és  $L2 = A + B$  függvényekkel megadott hálózatot!

Érintkezők összevonásával hozza legegyszerűbb alakra a kapcsolást!

Küszöbölje ki a keletkezett hamis áramutat érintkezővel és diódával is.

([megoldás](#))

**2.4.7.**

Érintkezős hálózattal realizálja az  $L1 = A + B$  és  $L2 = A + \bar{C}$  függvényekkel megadott hálózatot!

Érintkezők összevonásával hozza legegyszerűbb alakra a kapcsolást!

Küszöbölje ki a keletkezett hamis áramutat érintkezővel és diódával is.

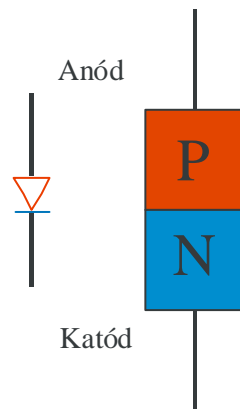
([megoldás](#))

### 3. A DIÓDA

*“Mindenki tudja, hogy bizonyos dolgokat nem lehet megvalósítani, mígnem jön valaki, aki erről nem tud, és megvalósítja.”*

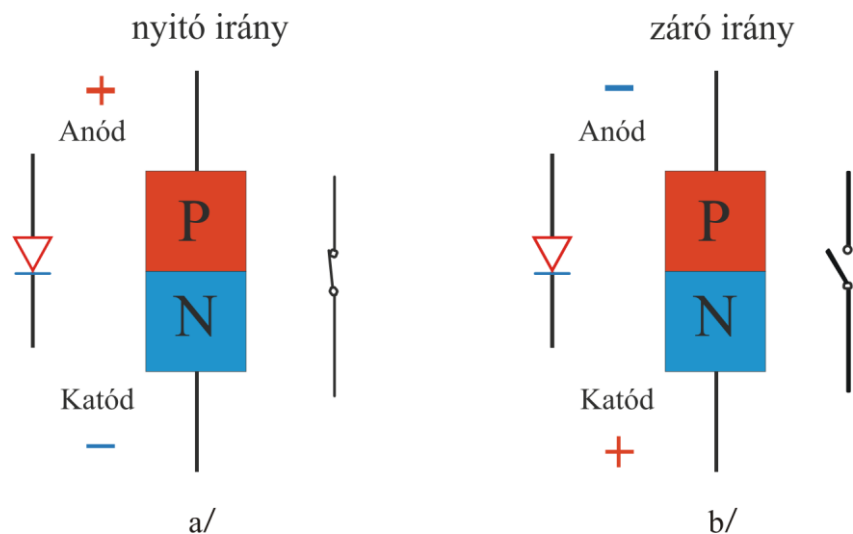
*Albert Einstein*

A mai diódák tranzisztorok és integrált áramkörök alapanyaga az ún. félvezető, melynek villamos vezetőképessége a vezetők (fémek) és a szigetelők között van. A legelterjedtebb a szilícium (Si). A diódák többsége egy egykristályban kialakított PN átmenet. A P- típusú réteget anódnak (A), az N – típusú réteget katódnak (K) nevezzük, (37. ábra).



37. ábra A dióda

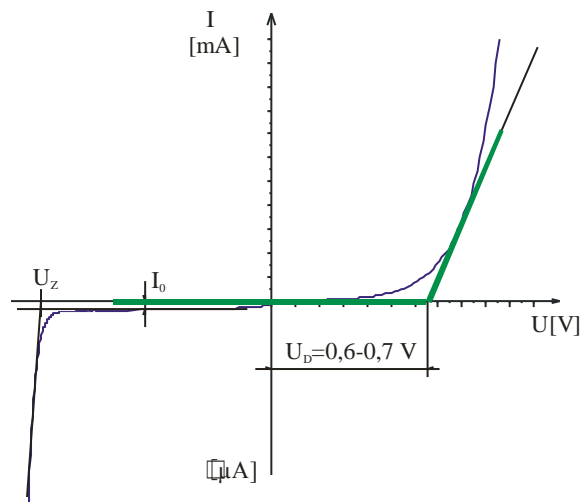
A PN átmenet egyenirányító tulajdonsággal rendelkezik. Ha a tápfeszültséget úgy kapcsoljuk a diódára, hogy a P réteg legyen a pozitívabb, a dióda már kis nyitófeszültség hatására vezet. (38./a ábra) Ha a tápfeszültség polaritását megfordítjuk (az N réteg a pozitívabb), a dióda lezár. ( 38./b ábra)



38. ábra A dióda nyitó és záró iránya

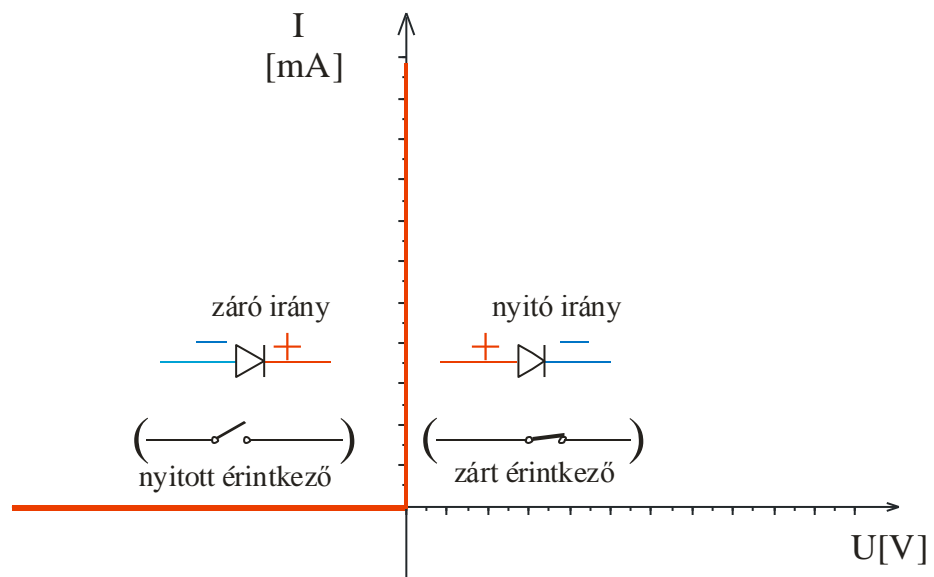
### 3.1. A dióda karakterisztikája

A dióda nyitóirányú karakterisztikája egy exponenciális függvény. (36. ábra) Záró irányban a diódán nagyon kicsi ( $\mu\text{A}$ )  $I_0$  áram folyik.  $U_z$  a záró irányú letörési feszültség.



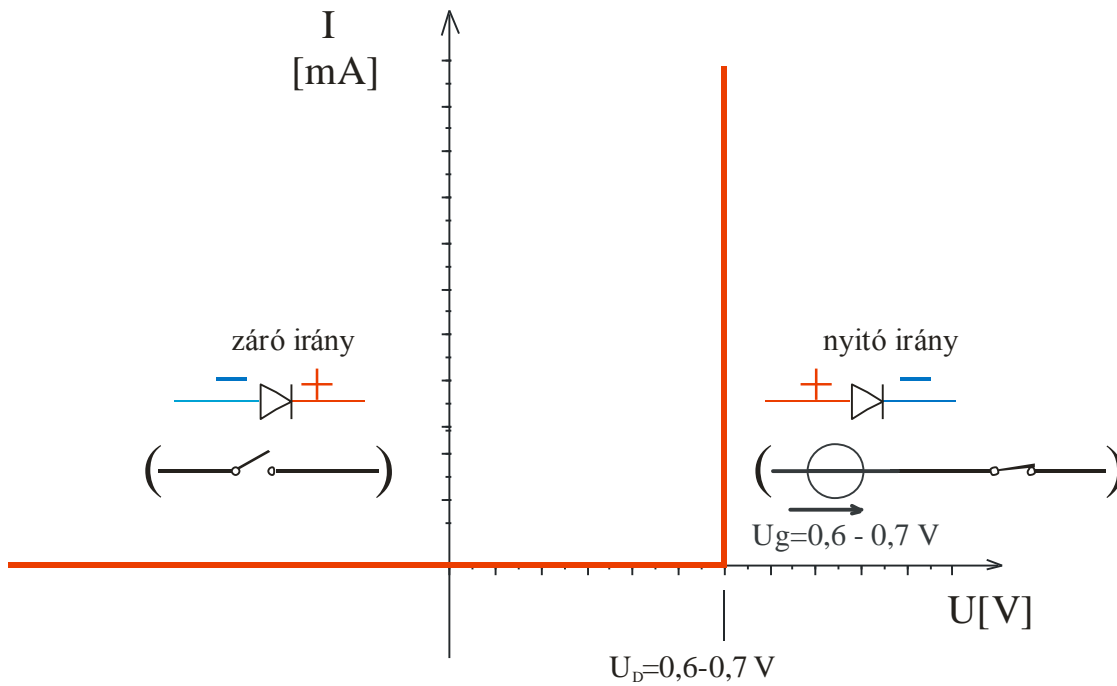
39. ábra A dióda karakterisztikája

Egyszerűbb a karakterisztika használata, ha a zölddel jelölt közelítést használjuk. Egy érintkező karakterisztikájából (12. ábra) kiindulva tovább egyszerűsíthetjük egy ideális dióda karakterisztikáját.



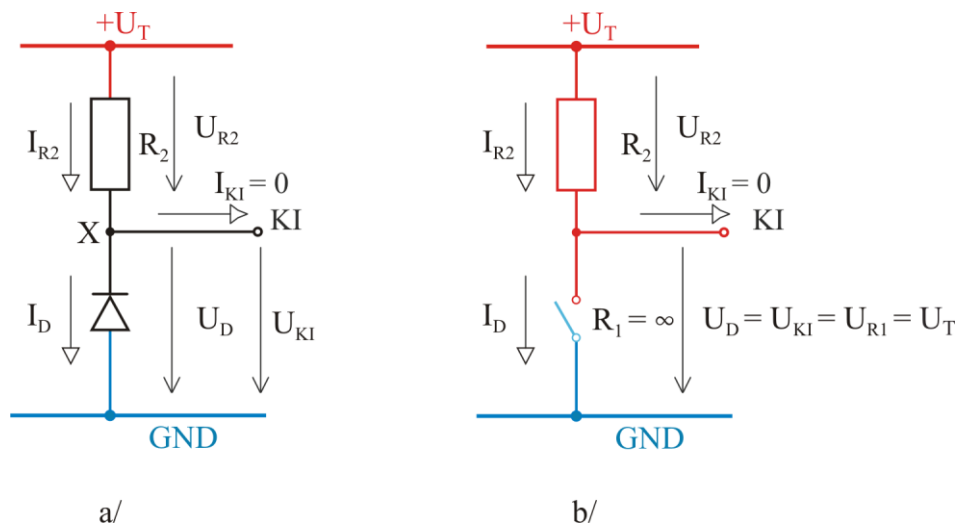
40. ábra A dióda karakterisztikájának egyszerűsítése

A gyakorlatban a diódát záró irányban egy nyitott érintkezővel (szakadás), nyitó irányban pedig egy sorosan összekapcsolt zárt érintkező (rövidzár) és egy  $0,6 - 0,7 \text{ V}$  kapocsfeszültségű feszültség-generátorral helyettesítjük. (41. ábra)



41. ábra A dióda közelítő karakterisztikája

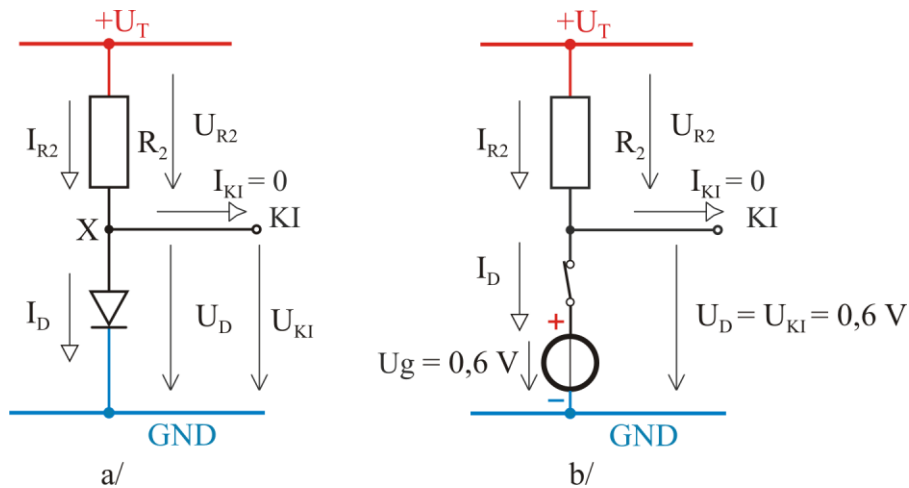
### 3.2. Diódás alapkapcsolások



42. ábra Záró irányba kapcsolt dióda

A 42. ábrán a dióda záró irányban szerepel. Ezért a 42./b ábrán látható helyettesítő kép alapján vizsgáljuk. A záróirányú diódának egy nyitott érintkező vagy szakadás felel meg.

Ezért  $I_{R2} = I_D = 0$ ,  $U_{R2} = I_{R2} \cdot R_2 = 0$  és  $U_D = U_{KI} = U_T$



43. ábra

A 43./a ábrán látható diódás kapcsolásban a dióda nyitó irányban szerepel. Ezért a 43./b ábrán látható helyettesítő kép alapján vizsgáljuk. A nyitóirányú diódának egy zárt érintkezővel (rövidzár) sorba kapcsolt  $U_g = 0,6 \text{ V}$  feszültségű feszültséggenerátor felel meg. Ezért

$$U_D = U_{KI} = 0,6 \text{ V},$$

$$U_{R2} = U_T - U_g = U_T - 0,6 \text{ V},$$

$$I_{R2} = I_D = U_{R2} / R_2 = U_T - 0,6 \text{ V} / R_2.$$

### 3.3. Világító diódák (LED-ek) alkalmazása

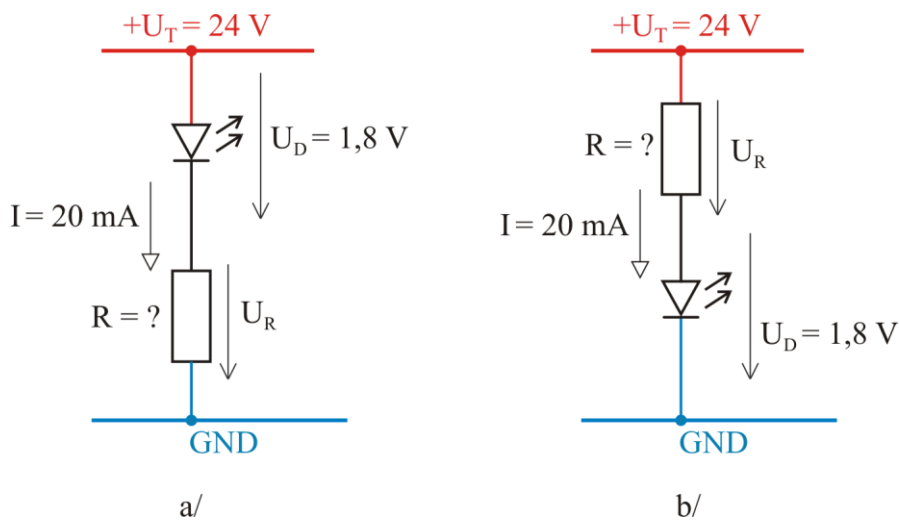
A LED egy fénykibocsátó dióda (Light Emitting Diode). A diódában egy félvezető chip található, ami elektromos áram hatására fényt bocsát ki.

Ha a LED-re kapcsolt feszültség eléri egy bizonyos szintet (nyitófeszültség), akkor a LED kinyit, áram folyik rajta és elkezd világítani. Ezt a nyitófeszültséget a chip összetétele (LED színe) határozza meg. Ez nem pontos és nem állandó érték, változik és egy típuson

belül is van szórása. A LED üzemeltetésére egyenfeszültség szükséges (DC) és a LED-en átfolyó áramot korlátozni kell! A legegyszerűbb módja az áram korlátozásának, az előtét ellenállás használata. Az 5mm-es piros LED nyitófeszültsége 1.8-2.1V. A LED nyitóirányú áramának (katalógus adat) tipikus értéke 20 mA. A tápfeszültség ismeretében az áramkorlátozó ellenállás értéke számítható.

$$U_D = 1,8 \text{ V}, \quad U_R = U_T - U_D = U_T - 1,8 \text{ V},$$

$$I = U_R / R = U_T - 1,8 \text{ V} / R, \quad R = U_R / I = 22,2 \text{ V} / 20 \text{ mA} = 1,11 \text{ k}$$

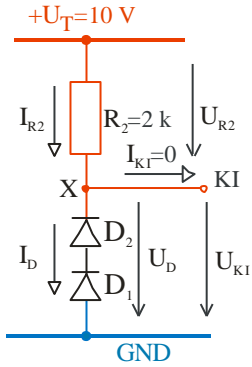


44. ábra A LED-ek bekötése

3.4. Ellenőrző kérdések, feladatok

Oldja meg a következő feladatokat!

3.5.1.

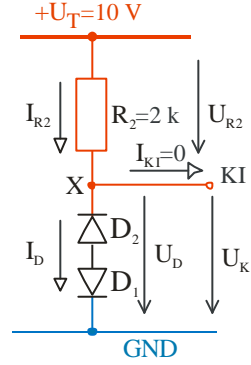


Keresendő:

- $U_D=?$
- $U_{R2}=?$
- $I_D=?$
- $I_{R2}=?$
- $U_{KI}=?$
- $U_{PX}=?$

(megoldás)

3.5.2.

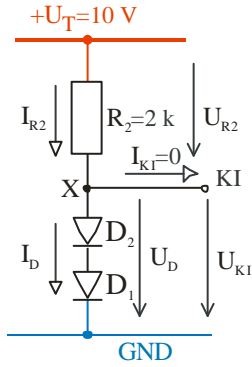


Keresendő:

- $U_D=?$
- $U_{R2}=?$
- $I_D=?$
- $I_{R2}=?$
- $U_{KI}=?$
- $U_{PX}=?$

(megoldás)

3.5.3.

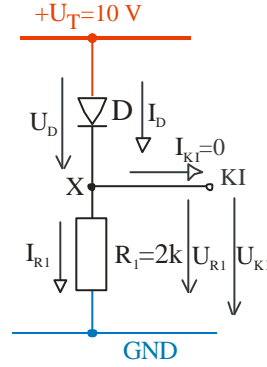


Keresendő:

- $U_D=?$
- $U_{R2}=?$
- $I_D=?$
- $I_{R2}=?$
- $U_{KI}=?$
- $U_{PX}=?$

(megoldás)

3.5.4.

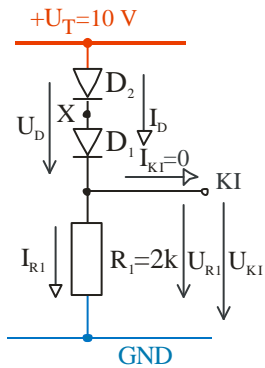


Keresendő:

- $U_D=?$
- $U_{R1}=?$
- $I_D=?$
- $I_{R1}=?$
- $U_{KI}=?$
- $U_{PX}=?$

(megoldás)

3.5.5.

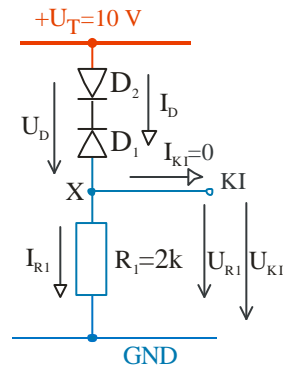


Keresendő:

- $U_D=?$
- $U_{R1}=?$
- $I_D=?$
- $I_{R1}=?$
- $U_{KI}=?$
- $U_{PX}=?$

(megoldás)

3.5.6.

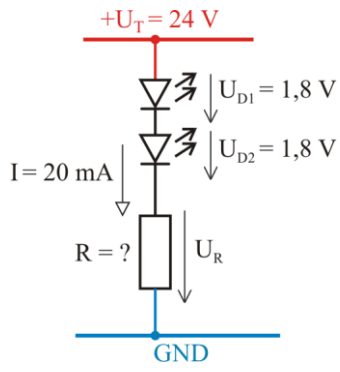


Keresendő:

- $U_D=?$
- $U_{R1}=?$
- $I_D=?$
- $I_{R1}=?$
- $U_{KI}=?$
- $U_{PX}=?$

(megoldás)

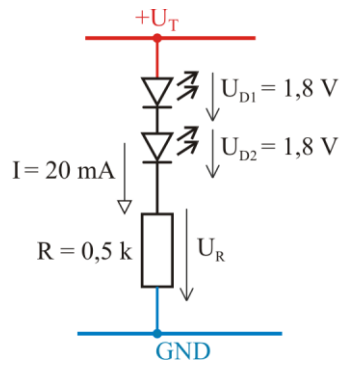
## 3.5.7.



(megoldás)

## 3.5.8.

Keresendő:  
 $U_R = ?$   
 $R = ?$



Keresendő:  
 $U_R = ?$   
 $U_T = ?$

(megoldás)



## 4. A TRANZISZTOR

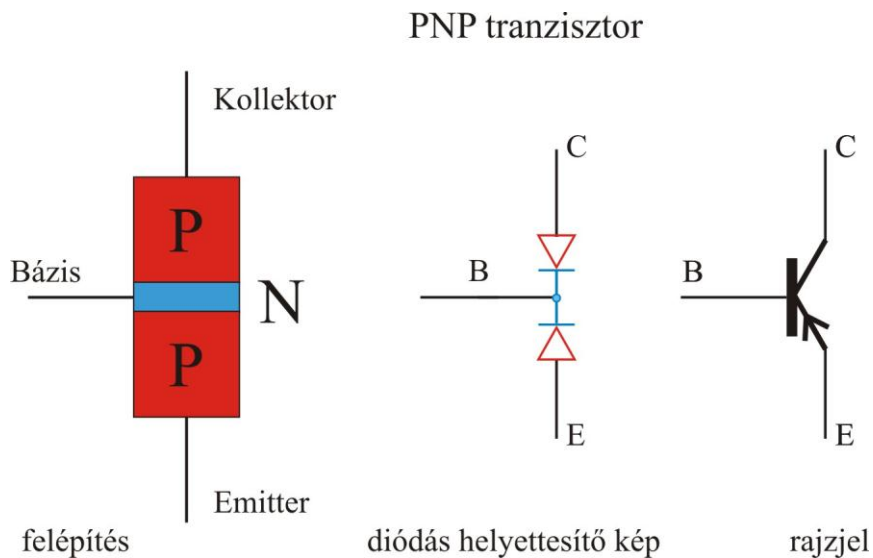
„Jobb sikertelennek lenni az eredetiségben, mint sikeresnek az utánzásban.”  
Herman Melville

A gyakorlati megvalósításban a bipoláris tranzisztor volt az először megvalósított félvezető alapú erősítő elem. W. Schokley, J. Bardeen, W. H. Brattain 1948. A Nobel díjat 1956-ban kapták meg.

### 4.1. A bipoláris tranzisztor felépítése

A bipoláris jelző arra utal, hogy mindkét polaritású töltéshordozó részt vesz az áramvezetésben, ellentétben pl. az unipoláris FET eszközökkel. (BJT: Bipolar Junction Transistor)

A bipoláris tranzisztorban két darab PN átmenet található, az egyik a bázis – emitter dióda, a másik a bázis – kollektor dióda. A tranzisztor felépítő rétegek sorrendjétől függően beszélhetünk PNP és NPN tranzisztorról. A 45. ábrán a PNP tranzisztor felépítése, helyettesítő képe és rajzjele látható.

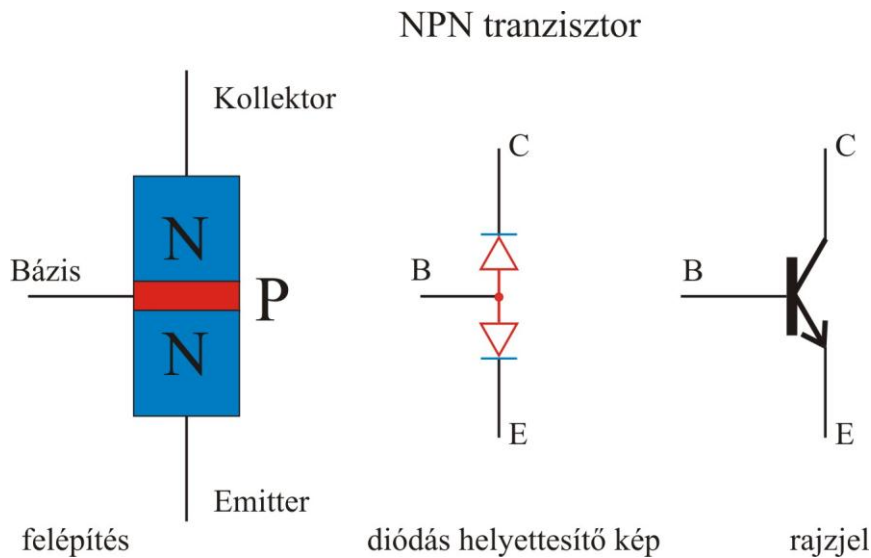


45. ábra PNP tranzisztor felépítése, helyettesítő képe és rajzjele

A helyettesítő kép csak a megértést segíti, de két szembe fordított diódából nem készíthető tranzisztor. Ennek oka a közös vékony bázisréteg.

A helyettesítő kép sajnos a lényegét, a tranzistorhatást nem veszi figyelembe, viszont alkalmas pl. egy tranzisztor P-N átmeneteinek mérésére, ezzel a tranzisztor működőképességének durva megítélésére egy ohmmérő segítségével.

A 46. ábrán az NPN tranzisztor felépítése, helyettesítő képe és rajzjele látható.



46. ábra Az NPN tranzisztor felépítése, helyettesítő képe és rajzjele

Egy tranzisztor vezérlésének durva közelítésben három szakasza, ezen belül két szélső állapota van:

- A bázis feszültsége alatta van a bázis-emitter dióda nyitó feszültségének, a bázisban nem folyik áram, ennek következtében a kollektor körben sem folyik vezérelt áram, a tranzisztor lezár, szakadásként viselkedik. Ilyenkor csak 10-100  $\mu\text{A}$  nagyságú, úgynevezett maradék kollektor áram mérhető.

- A bázisra kapcsolt feszültség növelésével a bázis-emitter dióda kinyit, bázisáram folyik és vele arányos kollektor áram mérhető. Ebben a tartományban használjuk a tranzisztort erősítőként.

- A bázisáram további növelésével elérjük a teljesen bekapcsolt tartományt, ekkor a kollektor áram felvesz egy maximális, a bázisáram értékétől független telítési értéket. Az emitter és a kollektor között egy minimális, a kinyitott tranzisztorra jellemző maradékfeszültség, az úgynevezett szaturációs feszültség ( $U_m$ ) mérhető. A maradék feszültség nagysága jellemző az alkalmazott tranzisztor gyártási technológiájára. A digitális technikában alkalmazott integrált áramköri tranzisztorok maradék feszültsége, a tranzisztor típusától függően 0,4; 0,5 V körül van. Gyártanak úgynevezett kapcsoló

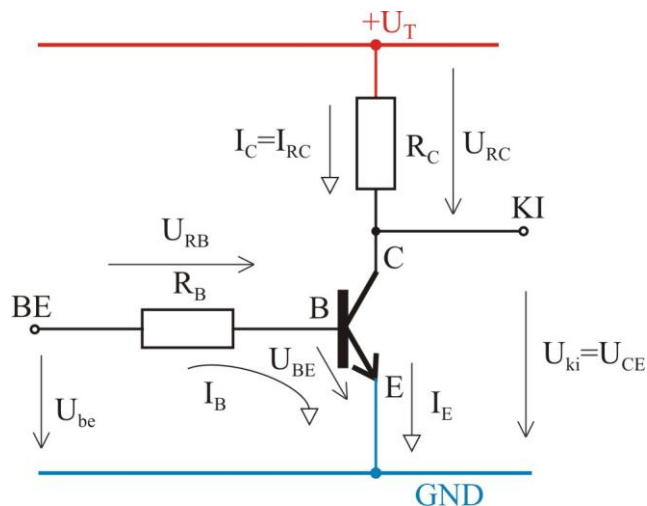
tranzisztorokat is 0,2 V-nál kisebb maradékfeszültséggel is, de ezeket a típusokat nem használják az integrált áramkörök kialakításakor.

A tranzisztor működése szempontjából a telítési üzem annyira jellemző, hogy az így felépített kapcsolást telítési üzemmódnak hívjuk, megkülönböztetésül, a lineáris üzemmódban működő egyéb megoldásoktól. A bipoláris tranzisztoros kapcsolás, az áram vezérlés szükséglete, és az ellenállások használata miatt, nyugalmi állapotában is vesz fel teljesítményt. Az átkapcsolási folyamat során a lineáris tartományban működő tranzisztor teljesítmény disszipációja megnő.

#### 4.2. A tranzisztor földelt emitteres kapcsolása

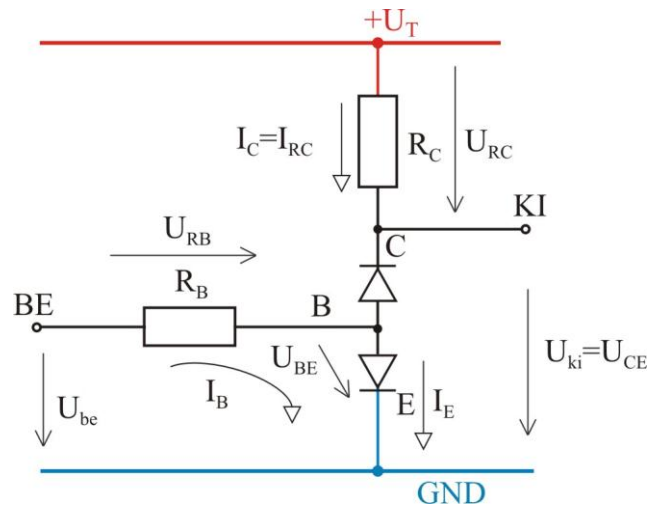
A tranzisztorral megvalósított kapcsolásokat aszerint osztályozzuk, hogy a bemenő - (vezérlő) és kimenő körének (vezérelt oldal) melyik elektródánál van a közös pontja. Ebben az értelemben beszélünk földelt (közös) emitteres: F-E, földelt (közös) bázisú: F-B és földelt kollektoros: F-C alapkapsolásról. A közös pont rendszerint a 0 potenciálúnak tekintett áramköri pont, a föld. A három alapkapsolás különböző jellemzőkkel rendelkezik, és az F-E alapkapsolásból visszacsatolással származtathatók.

A földelt emitteres kapcsolás a 47. ábrán látható.



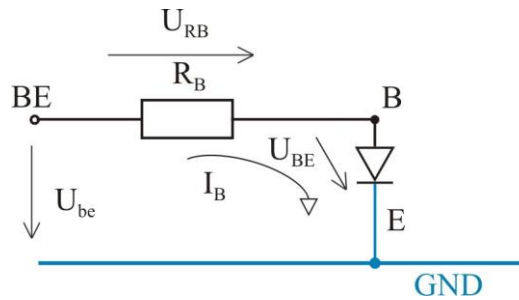
47. ábra Földelt emitteres alapkapsolás

A tranzisztor helyét rajzoljuk be a diódás helyettesítő képét. (48. ábra)

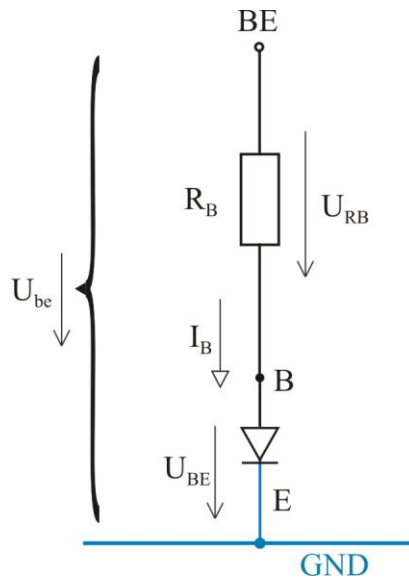


48. ábra A diódás helyettesítő kép használata

A kapcsolási rajzból „vágjuk ki a bázis kört”! (49. ábra)



49. ábra A bázis kör vizsgálata



50. ábra A bázis kör vizsgálata

A 43. ábrán látható kapcsoláshoz hasonlóan az áram könnyen számítható:

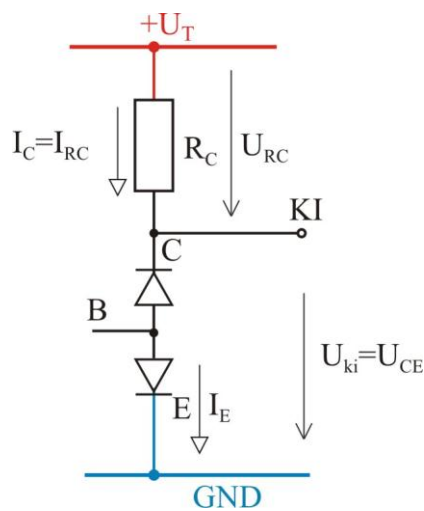
$$U_{BE} = 0,6 \text{ V},$$

$$U_{RB} = U_{be} - U_{BE} = U_{be} - 0,6 \text{ V},$$

$$I_B = U_{RB} / R_B = U_{be} - U_{BE} / R_B = U_{be} - 0,6 \text{ V} / R_B, .$$

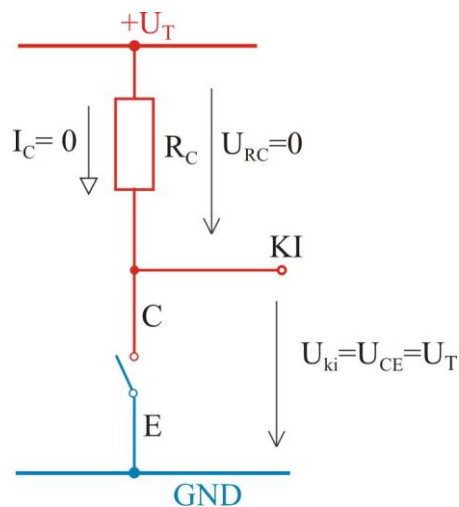
Ez egy fontos eredmény.  $I_B = U_{be} - 0,6 \text{ V} / R_B$

Térjünk vissza a 47. ábrához és vizsgáljuk meg a kollektor kört!



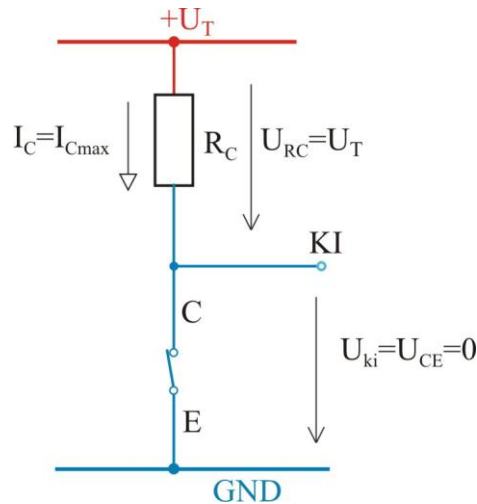
51. ábra

Az 51. ábrán látható, hogy a BC (bázis – kollektor) dióda záró-irányú. Ezért  $I_C = 0$  és  $U_{ki} = U_T$



52. ábra A kollektor kör helyettesítő képe

Vezéreljünk egy ideális tranzisztort úgy, hogy a tranzisztor „telítésben” vezessen!  
Ekkor a tranzisztor az 53. ábra szerint egy zárt érintkezővel helyettesíthető.



53. ábra Telítésben vezető tranzisztor

Ekkor  $U_{ki} = 0$ ,  $I_C = I_{Cmax} = U_T / R_C$ .

A két „szélső” állapot között a kollektor áramra a következő összefüggés érvényes:

$I_C = B \cdot I_B$ , ahol  $B$  a tranzisztor áramerősítési tényezője (10 és 1000 közötti érték)

Az összefüggés a bázis és a kollektor árama között teremt összefüggést.

Ez azt jelenti, hogy ha a bázisáramot tekintjük vezérlő jelnek, akkor kb. századrésznyi árammal tudjuk a kollektorkör áramát befolyásolni. A tranzisztor ekkor a teljesítményerősítés mellett áramerősítésre is alkalmas eszköz.

A következő egyenletek alkalmazásával készítsünk egy táblázatot, melyben nyomon követhetjük a tranzisztor működését:

$$I_B = U_{be} - U_{BE} / R_B ; I_C = B \cdot I_B ; U_{RC} = I_C \cdot R_C ; U_{ki} = U_T - U_{RC} = U_T - I_C \cdot R_C .$$

Legyen:  $U_T = 24 \text{ V}$  ;  $U_{BE} = 0,6 \text{ V}$  ;  $R_B = 10 \text{ k}$  ;  $R_C = 0,5 \text{ k}$  ;  $B = 100$  .

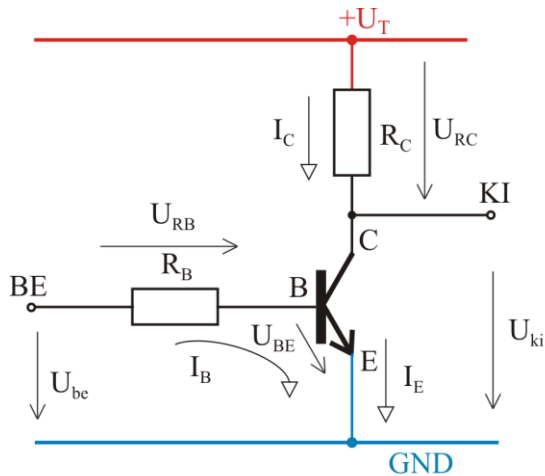
Ekkor:  $I_{Cmax} = U_T / R_C = 24 \text{ V} / 0,5 \text{ k} = 48 \text{ mA}$

Változtassuk az  $U_{be}$  bemenő feszültséget 0 és 6,5 V között!

## Ideális bipoláris tranzisztor üzemállapotai.

$U_{be}$ [V]	$I_B$ [mA]	$I_C$ [mA]	$U_{RC}$ [V]	$U_{ki}$ [V]
0	0	0	0	24
0,3	0	0	0	24
0,5	0	0	0	24
0,6	0	0	0	24
0,7	0,01	1	0,5	23,5
1	0,04	4	2	22
1,6	0,1	10	5	19
2,6	0,2	20	10	14
3,6	0,3	30	15	9
4,6	0,4	40	20	4
5	0,44	44	22	2
5,2	0,46	46	23	1
5,4	0,48	48	24	0
5,6	0,50	48	24	0
5,8	0,52	48	24	0
6	0,54	48	24	0
6,5	0,59	48	24	0

} KAPCSOLÓ ÜZEM  
(lezárt tranzisztor)  
 } LINEÁRIS TARTOMÁNY  
(invertáló erősítő)  
 } KAPCSOLÓ ÜZEM  
(a tranzisztort telítésben vezet)



$$I_B = \frac{U_{RB}}{R_B} = \frac{U_{be} - U_{BE}}{R_B} = \frac{U_{be} - 0,6 \text{ V}}{R_B}$$

$$I_{Cmax} = \frac{U_{RC}}{R_C} = \frac{U_T}{R_C} \quad \text{telítési tartományban}$$

$$U_{RC} = I_C \cdot R_C$$

$$I_C = B \cdot I_B \quad \text{lineáris tartományban}$$

**B:** áramerősítési tényező

$$I_E = I_C + I_B$$

$$U_{ki} = U_{CE} = U_T - U_{RC} = U_T - I_C \cdot R_C$$

54. ábra A földelt emitteres kapcsolás vizsgálata

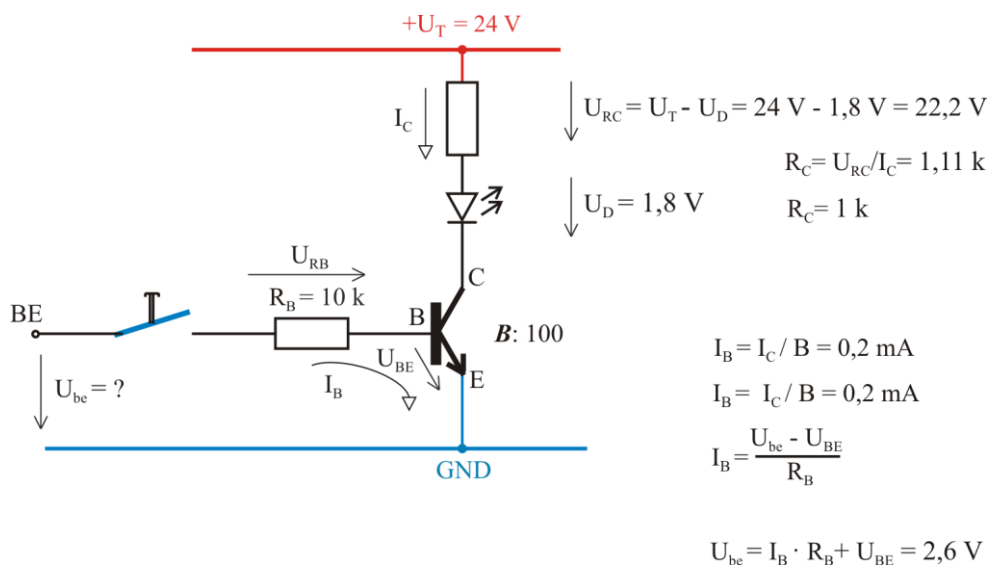
### 4.3. A tranzisztor kapcsolóüzeme

A bipoláris tranzisztor működtethető kapcsolóüzemben, így kapcsolóáramkörök építhetők. A bázis-emitter diódára adott vezérlő feszültségtől függ, hogy a kollektor-emitter között szakadás vagy rövidzár lép fel.

Kapcsoló üzemmódban, ha a tranzisztort vezérelhető kapcsolóként használjuk csak két szélső állapot lehetséges:

Bekapcsolt állapotban (nagy a bázisáram) az RC ellenállás által korlátozott maximális kollektor áram folyik, de a kollektor-emitter feszültség minimális (néhány tized volt).

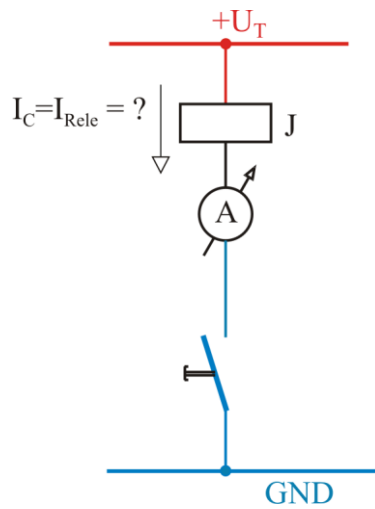
Kikapcsolt állapotban (nincs bázisáram) a tápfeszültségnek megfelelő értékű nagy kollektor-emitter feszültség mellett is csak minimális ( $I_C \sim 0$ ) kollektor áram folyik. Egy példán keresztül (LED működtetése) vizsgáljuk meg a tranzisztor kapcsoló üzemét! (55. ábra)



55. ábra A tranzisztor mint kapcsoló

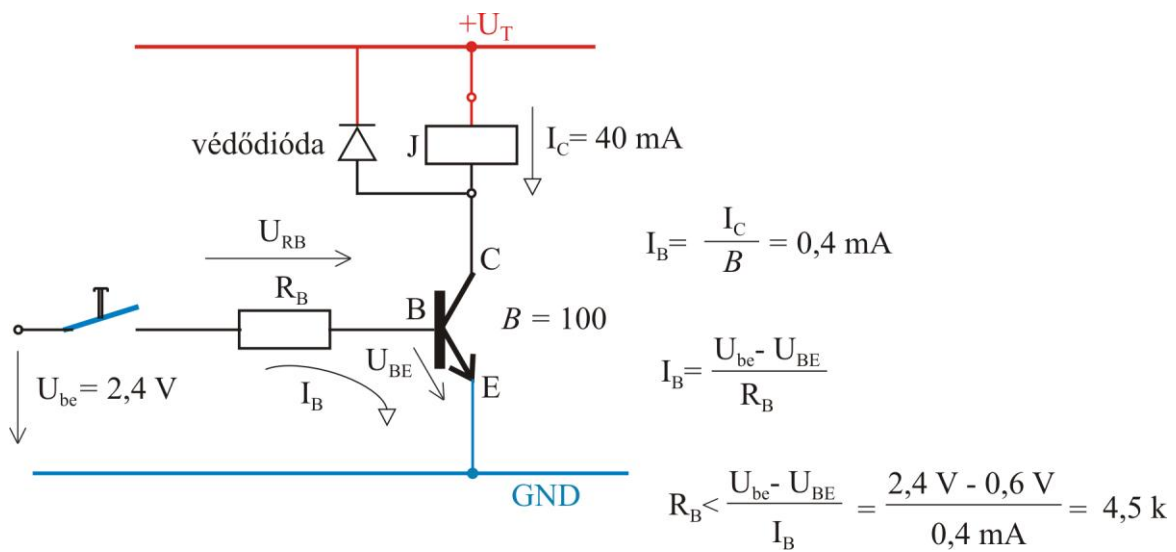
A következő feladatként működtessünk egy jelfogót tranzisztorral! Először mérjük meg a jelfogó meghúzásához szükséges áramot! (56. ábra)





56. ábra Jelfogó áramának meghatározása

A jelfogó áramának ismeretében az 57. ábra alapján meghatározhatjuk az adott bemenő feszültség esetén szükséges bázisellenállást.

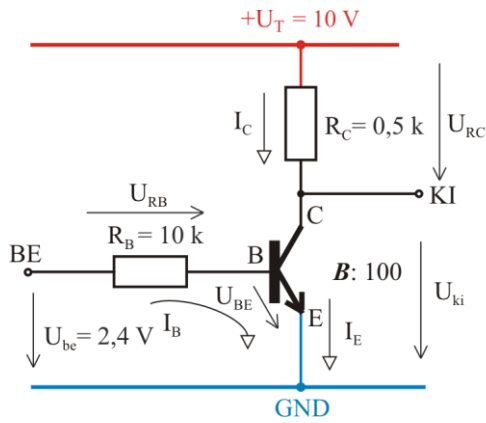


57. ábra Jelfogó kapcsolása tranzisztorral

#### **4.4. Ellenőrző kérdések, feladatok**

**Oldja meg az alábbi feladatokat!**

4.3.1.

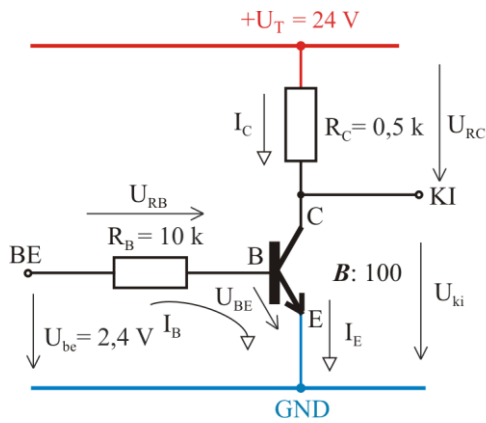


Keresendő:

- $I_B = ?$
- $I_C = ?$
- $U_{ki} = ?$

(megoldás)

4.3.2.

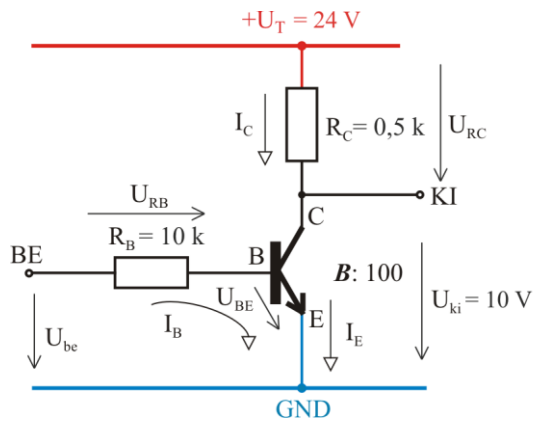


Keresendő:

- $I_B = ?$
- $I_C = ?$
- $U_{ki} = ?$

(megoldás)

4.3.3.

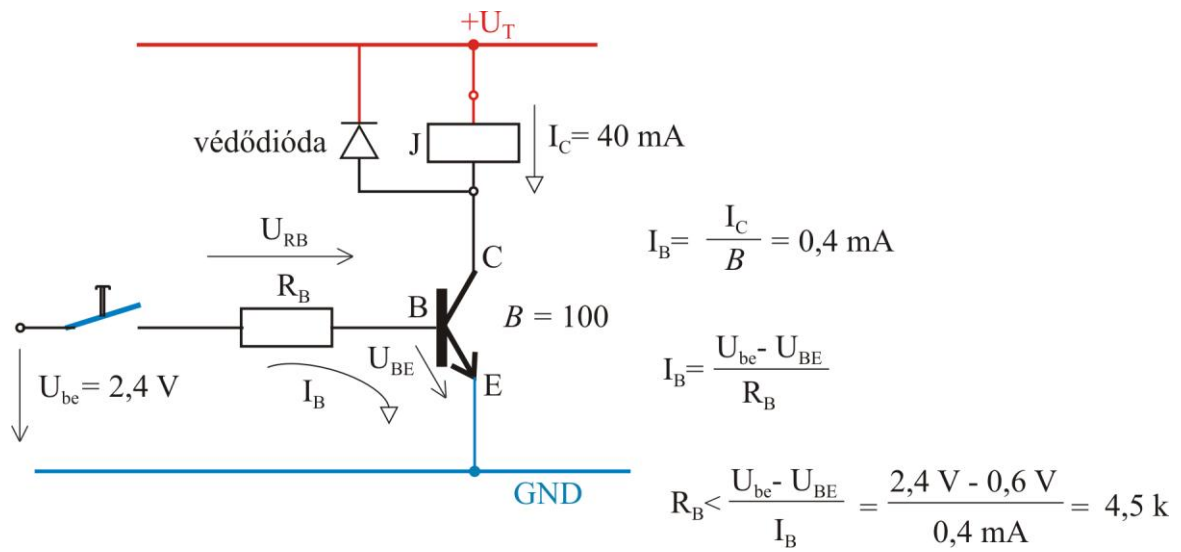


Keresendő:

- $I_C = ?$
- $I_B = ?$
- $U_{be} = ?$

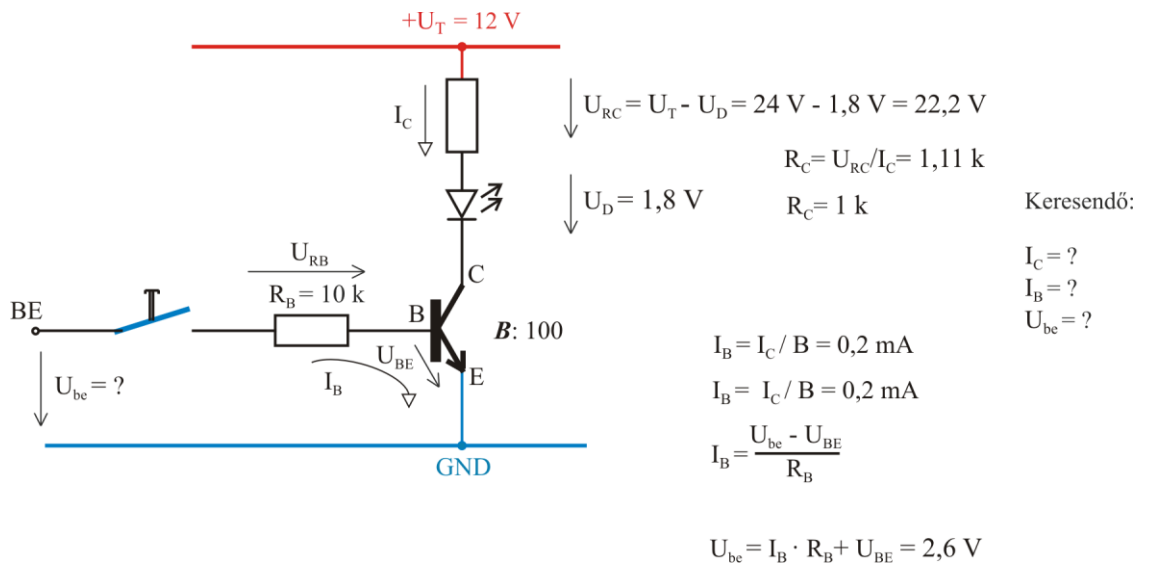
(megoldás)

## 4.3.4.



(megoldás)

## 4.3.5.



(megoldás)

## **5. GALVANIKUS LEVÁLASZTÁS**

Ha két áramkört galvanikusan el akarunk választani egymástól, vagy ha el akarjuk kerülni, hogy a meghajtó áramkörre a meghajtott kör visszahatást fejtsen ki, optocsatolókat alkalmazunk.

### **5.1. Optocsatolók alkalmazása**

Az optikai leválasztó egy közös tokban elhelyezett fényadóból és fényvevőből áll. A fényadó rendszerint egy fénykibocsátó dióda (LED), a fényvevő pedig fotodióda vagy fototranzisztor lehet.

### **5.2. A szilárdtestrelék**

Az optocsatoló leginkább kétállapotú jelek átvitelére használatos. Ha a bemenet logikai "magas" szintű, a dióda világít, a fototranzisztor vezet, így a kimeneti ponton logikai "alacsony" szint jelenik meg. Ha a bemenet "alacsony" szintű, a dióda nem világít, a tranzisztor lezár és a kimeneten logikai "magas" szint jelenik meg.

## 6. MEGOLDÁSOK

### Az 1.6. feladat megoldásai:

#### 1.6.1.

Mivel  $R_1 = R_2$ , az ellenállások fele-fele arányban osztoznak az  $U_T$  tápfeszültségen.

Tehát  $U_{R1} = U_{R2} = U_T / 2 = 5 \text{ V}$ . Kirchhoff csomóponti törvénye alapján az  $R_1$  és  $R_2$  ellenállásokon folyó áram azonos, azaz  $I_{R1} = I_{R2} = I$ . Az áram kiszámításához szükségünk van az  $R_e$  eredő ellenállás értékére.  $R_e = R_1 + R_2 = 1 \text{ k} + 1 \text{ k} = 2 \text{ k}$ .

Így  $I$  számítható:  $I = U_T / R_e = 10 \text{ V} / 2 \text{ k} = 5 \text{ mA}$

$U_{R1}$  és  $U_{R2}$  kiszámításakor természetesen használhattuk volna, az un. „feszültségosztó” képletet is, de hasonló eredményt kapunk, ha az Ohm törvényt

alkalmazzuk  $R_1$ -re és  $R_2$ -re:  $U_{R1} = I \cdot R_1 = 5 \text{ mA} \cdot 1 \text{ k} = 5 \text{ V}$ ,

$$U_{R2} = I \cdot R_2 = 5 \text{ mA} \cdot 1 \text{ k} = 5 \text{ V}.$$

Az ábrán látható, hogy  $U_{KI} = U_{R1}$ , tehát  $U_{KI} = 5 \text{ V}$ .

Az  $X$  pont potenciálját megkapjuk, ha vesszük az  $X$  pont földhöz mért feszültségét, vagy az  $U_T$  tápfeszültségből levonjuk az  $R_2$  ellenálláson eső  $U_{R2}$  feszültséget.

Tehát,  $U_{PX} = U_{R1} = 5 \text{ V}$

[\(vissza\)](#)

#### 1.6.2.

Az 1.6.1. feladat megoldása alapján:

$$R_1 = R_2 \quad U_{R1} = U_{R2} = U_T / 2 = 5 \text{ V},$$

$$R_e = R_1 + R_2 = 2 \text{ k} + 2 \text{ k} = 4 \text{ k},$$

$$I_{R1} = I_{R2} = I = U_T / R_e = 10 \text{ V} / 4 \text{ k} = 2,5 \text{ mA}, \quad U_{KI} = U_{R1} = U_{PX} = 5 \text{ V}$$

[\(vissza\)](#)

#### 1.6.3.

Az 1.6.1. feladat megoldása alapján:

$$R_e = R_1 + R_2 = 3 \text{ k}, \quad I_{R1} = I_{R2} = I = U_T / R_e = 9 \text{ V} / 3 \text{ k} = 3 \text{ mA},$$

$$U_{R1} = I \cdot R_1 = 3 \text{ mA} \cdot 2 \text{ k} = 6 \text{ V},$$

$$U_{R2} = I \cdot R_2 = 3 \text{ mA} \cdot 1 \text{ k} = 3 \text{ V},$$

$$U_{KI} = U_{R1} = U_{PX} = 6 \text{ V}$$

Mivel  $R_1 = 2 \cdot R_2$   $U_{R1} = 2 \cdot U_{R2}$  azaz az  $U_T = 9 \text{ V}$  tápfeszültségből két rész esik az  $R_1$ -en és egy rész esik  $R_2$  -n, azaz  $U_{R1} = 6 \text{ V}$  és  $U_{R2} = 3 \text{ V}$ .

$$\text{Ellenőrzés: } U_{R1} + U_{R2} = U_T = 6 \text{ V} + 3 \text{ V} = 9 \text{ V}$$

[\(vissza\)](#)

**1.6.4.**

Az 1.6.1. feladat megoldása alapján:

$$R_e = R_1 + R_2 = 5 \text{ k}, \quad I_{R1} = I_{R2} = I = U_T / R_e = 15 \text{ V} / 5 \text{ k} = 3 \text{ mA},$$

$$U_{R1} = I \cdot R_1 = 3 \text{ mA} \cdot 2 \text{ k} = 6 \text{ V},$$

$$U_{R2} = I \cdot R_2 = 3 \text{ mA} \cdot 3 \text{ k} = 9 \text{ V},$$

$$U_{KI} = U_{R1} = U_{PX} = 6 \text{ V}$$

$$\text{Ellenőrzés: } U_{R1} + U_{R2} = U_T = 6 \text{ V} + 9 \text{ V} = 15 \text{ V}$$

[\(vissza\)](#)

**1.6.5.**

$$R_e = R_1 + R_2 = 0 \text{ k} + 2 \text{ k} = 2 \text{ k}, \quad I_{R1} = I_{R2} = I = U_T / R_e = 10 \text{ V} / 2 \text{ k} = 5 \text{ mA},$$

$$U_{R1} = I \cdot R_1 = 5 \text{ mA} \cdot 0 \text{ k} = 0 \text{ V}, \text{ azaz a rövidzáron nem esik feszültség}$$

$$U_{R2} = I \cdot R_2 = 5 \text{ mA} \cdot 2 \text{ k} = 10 \text{ V},$$

$$U_{KI} = U_{R1} = U_{PX} = 0 \text{ V}$$

$$\text{Ellenőrzés: } U_{R1} + U_{R2} = U_T = 0 \text{ V} + 10 \text{ V} = 10 \text{ V}$$

[\(vissza\)](#)

**1.6.6.**

$$R_e = R_1 + R_2 = 2 \text{ k} + 0 \text{ k} = 2 \text{ k}, \quad I_{R1} = I_{R2} = I = U_T / R_e = 10 \text{ V} / 2 \text{ k} = 5 \text{ mA},$$

$$U_{R1} = I \cdot R_1 = 5 \text{ mA} \cdot 2 \text{ k} = 10 \text{ V},$$

$$U_{R2} = I \cdot R_2 = 5 \text{ mA} \cdot 0 \text{ k} = 0 \text{ V}, \text{ azaz a rövidzáron nem esik feszültség}$$

$$U_{KI} = U_{R1} = U_{PX} = 10 \text{ V}$$

$$\text{Ellenőrzés: } U_{R1} + U_{R2} = U_T = 10 \text{ V} + 0 \text{ V} = 10 \text{ V}$$

[\(vissza\)](#)

**1.6.7.**

$I_{R2} = 0$ , azaz a szakadáson nem folyik áram

Ugyanerre az eredményre jutunk, ha kiszámítjuk  $R_e$  értékét

$$R_e = R_1 + R_2 = 2 \text{ k} + \infty = \infty, \quad I_{R1} = I_{R2} = I = U_T / R_e = 10 \text{ V} / \infty = 0 \text{ mA},$$

$$U_{R1} = I \cdot R_1 = 0 \text{ mA} \cdot 2 \text{ k} = 0 \text{ V},$$

$$U_{R2} = U_T - U_{R1} = 10 \text{ V} - 0 \text{ V} = 10 \text{ V}, \text{ a teljes tápfeszültség a szakadáson mérhető}$$

$$U_{KI} = U_{R1} = U_{PX} = 0 \text{ V}$$

$$\text{Ellenőrzés: } U_{R1} + U_{R2} = U_T = 0 \text{ V} + 10 \text{ V} = 10 \text{ V}$$

[\(vissza\)](#)

**1.6.8.**

$I_{R1} = 0$ , azaz a szakadáson nem folyik áram

Ugyanerre az eredményre jutunk, ha kiszámítjuk  $R_e$  értékét

$$R_e = R_1 + R_2 = \infty + 2 \text{ k} = \infty, \quad I_{R1} = I_{R2} = I = U_T / R_e = 10 \text{ V} / \infty = 0 \text{ mA},$$

$$U_{R2} = I \cdot R_2 = 0 \text{ mA} \cdot 2 \text{ k} = 0 \text{ V},$$

$U_{R1} = U_T - U_{R2} = 10 \text{ V} - 0 \text{ V} = 10 \text{ V}$ , a teljes tápfeszültség a szakadáson mérhető

$$U_{KI} = U_{R1} = U_{PX} = 10 \text{ V}$$

$$\text{Ellenőrzés: } U_{R1} + U_{R2} = U_T = 10 \text{ V} + 0 \text{ V} = 10 \text{ V}$$

[\(vissza\)](#)

**1.6.9.**

Az 1.6.1. feladat megoldása alapján:

$$R_1 = R_2 = R_3 \quad U_{R1} = U_{R2} = U_{R3} = U_T / 3 = 3 \text{ V},$$

$$R_e = R_1 + R_2 + R_3 = 1 \text{ k} + 1 \text{ k} + 1 \text{ k} = 3 \text{ k},$$

$$I_{R1} = I_{R2} = I_{R3} = I = U_T / R_e = 9 \text{ V} / 3 \text{ k} = 3 \text{ mA},$$

$$U_{R1} = I \cdot R_1 = 3 \text{ mA} \cdot 1 \text{ k} = 3 \text{ V}$$

$$U_{R2} = I \cdot R_2 = 3 \text{ mA} \cdot 1 \text{ k} = 3 \text{ V},$$

$$U_{R3} = I \cdot R_3 = 3 \text{ mA} \cdot 1 \text{ k} = 3 \text{ V},$$

$$\text{Ellenőrzés: } U_{R1} + U_{R2} + U_{R3} = U_T = 3 \text{ V} + 3 \text{ V} + 3 \text{ V} = 9 \text{ V}$$

$$U_{P1} = U_{R1} = 3 \text{ V}, \text{ vagy } U_{P1} = U_T - U_{R3} - U_{R2} = 3 \text{ V},$$

$$U_{P2} = U_{R1} + U_{R2} = 6 \text{ V}, \text{ vagy } U_{P2} = U_T - U_{R3} = 6 \text{ V},$$

$$U_{P3} = U_{R1} + U_{R2} + U_{R3} = 9 \text{ V}, \text{ vagy } U_{P3} = U_T = 9 \text{ V}$$

[\(vissza\)](#)

**1.6.10.**

$$R_e = R_1 + R_2 + R_3 = 1 \text{ k} + 2 \text{ k} + 3 \text{ k} = 6 \text{ k},$$

$$I_{R1} = I_{R2} = I_{R3} = I = U_T / R_e = 12 \text{ V} / 6 \text{ k} = 2 \text{ mA},$$

$$U_{R1} = I \cdot R_1 = 2 \text{ mA} \cdot 1 \text{ k} = 2 \text{ V},$$

$$U_{R2} = I \cdot R_2 = 2 \text{ mA} \cdot 2 \text{ k} = 4 \text{ V},$$

$$U_{R3} = I \cdot R_3 = 2 \text{ mA} \cdot 3 \text{ k} = 6 \text{ V},$$

$$\text{Ellenőrzés: } U_{R1} + U_{R2} + U_{R3} = U_T = 2 \text{ V} + 4 \text{ V} + 6 \text{ V} = 12 \text{ V}$$

$$U_{P1} = U_{R1} = 2 \text{ V}, \text{ vagy } U_{P1} = U_T - U_{R3} - U_{R2} = 2 \text{ V},$$

$$U_{P2} = U_{R1} + U_{R2} = 6 \text{ V}, \text{ vagy } U_{P2} = U_T - U_{R3} = 6 \text{ V},$$

$$U_{P3} = U_{R1} + U_{R2} + U_{R3} = 12 \text{ V}, \text{ vagy } U_{P3} = U_T = 12 \text{ V}$$

[\(vissza\)](#)



**1.6.11.**

$I_{R2} = 0$  , azaz a szakadáson nem folyik áram

A csomóponti törvény alapján:  $I_{R1} = I_{R2} = I_{R3} = I = 0$ ,

Ugyanerre az eredményre jutunk, ha kiszámítjuk  $R_e$  értékét

$$R_e = R_1 + R_2 + R_3 = 2 \text{ k} + \infty + 2 \text{ k} = \infty ,$$

$$I_{R1} = I_{R2} = I_{R3} = I = U_T / R_e = 10 \text{ V} / \infty = 0 \text{ mA},$$

$$U_{R1} = I \cdot R_1 = 0 \text{ mA} \cdot 2 \text{ k} = 0 \text{ V},$$

$$U_{R3} = I \cdot R_3 = 0 \text{ mA} \cdot 2 \text{ k} = 0 \text{ V},$$

$$U_{R2} = U_T - U_{R1} - U_{R3} = 10 \text{ V} - 0 \text{ V} - 0 \text{ V} = 10 \text{ V},$$

azaz, a teljes tápfeszültség a szakadáson mérhető

$$\text{Ellenőrzés: } U_{R1} + U_{R2} + U_{R3} = U_T = 0 \text{ V} + 10 \text{ V} + 0 \text{ V} = 10 \text{ V}$$

$$U_{P1} = U_{R1} = 0 \text{ V}, \text{ vagy } U_{P1} = U_T - U_{R3} - U_{R2} = 0 \text{ V},$$

$$U_{P2} = U_{R1} + U_{R2} = 10 \text{ V}, \text{ vagy } U_{P2} = U_T - U_{R3} = 10 \text{ V},$$

$$U_{P3} = U_{R1} + U_{R2} + U_{R3} = 10 \text{ V}, \text{ vagy } U_{P3} = U_T = 10 \text{ V}$$

[\(vissza\)](#)

**1.6.12.**

$$R_e = R_1 + R_2 + R_3 = 1 \text{ k} + 0 \text{ k} + 4 \text{ k} = 5 \text{ k} ,$$

$$I_{R1} = I_{R2} = I_{R3} = I = U_T / R_e = 10 \text{ V} / 5 \text{ k} = 2 \text{ mA},$$

$$U_{R1} = I \cdot R_1 = 2 \text{ mA} \cdot 1 \text{ k} = 2 \text{ V},$$

$$U_{R2} = I \cdot R_2 = 2 \text{ mA} \cdot 0 \text{ k} = 0 \text{ V}, \text{ azaz a rövidzáron nem esik feszültség}$$

$$U_{R3} = I \cdot R_3 = 2 \text{ mA} \cdot 4 \text{ k} = 8 \text{ V},$$

$$\text{Ellenőrzés: } U_{R1} + U_{R2} + U_{R3} = U_T = 2 \text{ V} + 0 \text{ V} + 8 \text{ V} = 10 \text{ V}$$

$$U_{P1} = U_{R1} = 2 \text{ V}, \text{ vagy } U_{P1} = U_T - U_{R3} - U_{R2} = 2 \text{ V},$$

$$U_{P2} = U_{R1} + U_{R2} = 2 \text{ V}, \text{ vagy } U_{P2} = U_T - U_{R3} = 2 \text{ V},$$

$$U_{P3} = U_{R1} + U_{R2} + U_{R3} = 10 \text{ V}, \text{ vagy } U_{P3} = U_T = 10 \text{ V}$$

[\(vissza\)](#)

**1.6.13.**

$$R_e = R_1 + R_2 + R_3 = 0 \text{ k} + \infty \text{ k} + 2 \text{ k} = \infty \text{ k} ,$$

$$I_{R1} = I_{R2} = I_{R3} = I = U_T / R_e = 12 \text{ V} / \infty \text{ k} = 0 \text{ mA} ,$$

$$U_{R1} = I \cdot R_1 = 0 \text{ mA} \cdot 0 \text{ k} = 0 \text{ V} ,$$

$$U_{R3} = I \cdot R_3 = 0 \text{ mA} \cdot 2 \text{ k} = 0 \text{ V} ,$$

$$U_{R2} = U_T - U_{R1} - U_{R3} = 12 \text{ V} - 0 \text{ V} - 0 \text{ V} = 12 \text{ V} ,$$

azaz, a teljes tápfeszültség a szakadáson mérhető

$$\text{Ellenőrzés: } U_{R1} + U_{R2} + U_{R3} = U_T = 0 \text{ V} + 12 \text{ V} + 0 \text{ V} = 12 \text{ V}$$

$$U_{P1} = U_{R1} = 0 \text{ V} , \text{ vagy } U_{P1} = U_T - U_{R3} - U_{R2} = 0 \text{ V} ,$$

$$U_{P2} = U_{R1} + U_{R2} = 12 \text{ V} , \text{ vagy } U_{P2} = U_T - U_{R3} = 12 \text{ V} ,$$

$$U_{P3} = U_{R1} + U_{R2} + U_{R3} = 12 \text{ V} , \text{ vagy } U_{P3} = U_T = 12 \text{ V}$$

[\(vissza\)](#)

**1.6.14.**

$$R_e = R_1 + R_2 + R_3 = 0 \text{ k} + 6 \text{ k} + \infty \text{ k} = \infty \text{ k} ,$$

$$I_{R1} = I_{R2} = I_{R3} = I = U_T / R_e = 12 \text{ V} / \infty \text{ k} = 0 \text{ mA} ,$$

$$U_{R1} = I \cdot R_1 = 0 \text{ mA} \cdot 0 \text{ k} = 0 \text{ V} ,$$

$$U_{R2} = I \cdot R_2 = 0 \text{ mA} \cdot 6 \text{ k} = 0 \text{ V} ,$$

$$U_{R3} = U_T - U_{R1} - U_{R2} = 12 \text{ V} - 0 \text{ V} - 0 \text{ V} = 12 \text{ V} ,$$

azaz, a teljes tápfeszültség a szakadáson mérhető

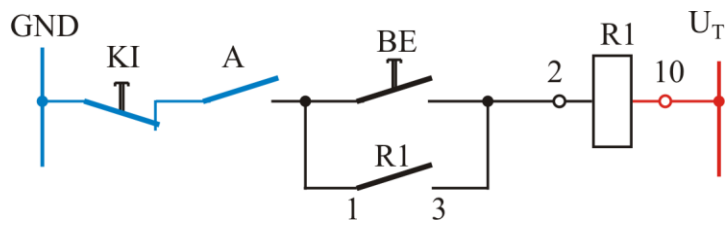
$$\text{Ellenőrzés: } U_{R1} + U_{R2} + U_{R3} = U_T = 0 \text{ V} + 0 \text{ V} + 12 \text{ V} = 12 \text{ V}$$

$$U_{P1} = U_{R1} = 0 \text{ V} , \text{ vagy } U_{P1} = U_T - U_{R3} - U_{R2} = 0 \text{ V} ,$$

$$U_{P2} = U_{R1} + U_{R2} = 0 \text{ V} , \text{ vagy } U_{P2} = U_T - U_{R3} = 0 \text{ V} ,$$

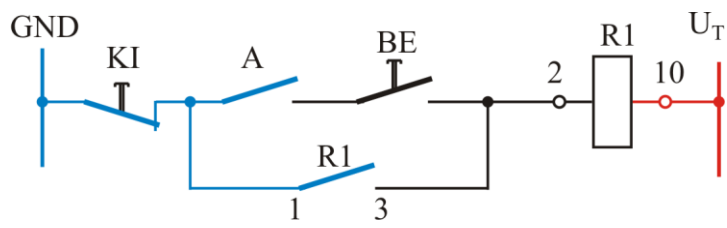
$$U_{P3} = U_{R1} + U_{R2} + U_{R3} = 12 \text{ V} , \text{ vagy } U_{P3} = U_T = 12 \text{ V}$$

[\(vissza\)](#)

**Az 2.4. feladat megoldásai:****2.4.1.**

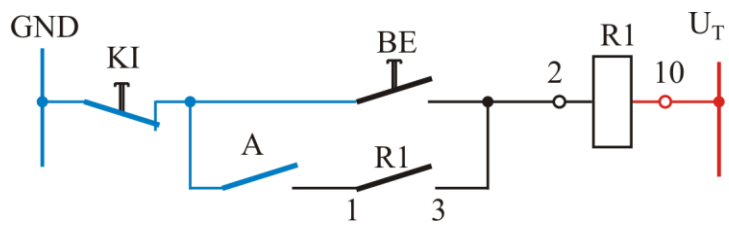
[\(vissza\)](#)

## 2.4.2.



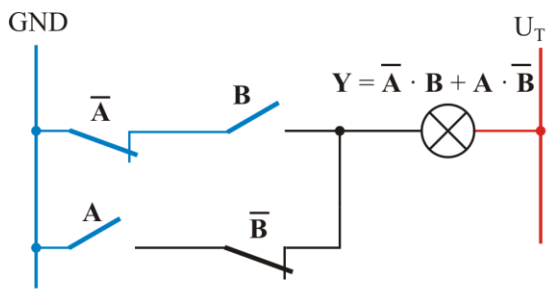
(vissza)

## 2.4.3.

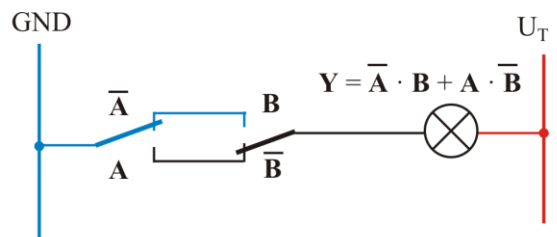


[\(vissza\)](#)

## 2.4.4.

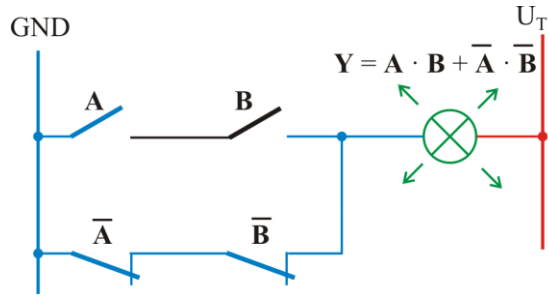


a/

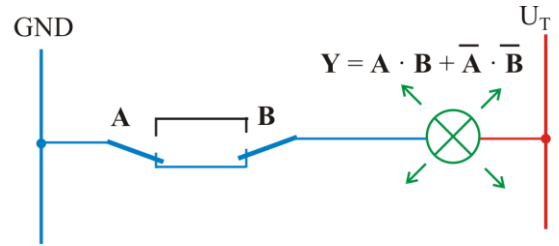
[\(vissza\)](#)

b/

## 2.4.5.

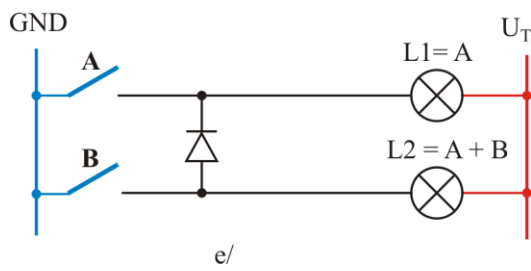
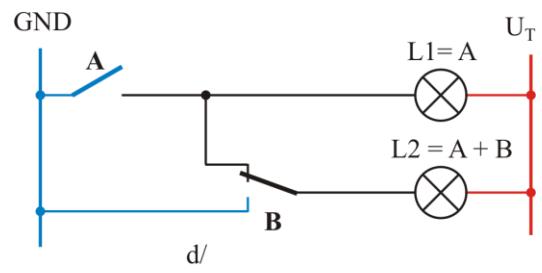
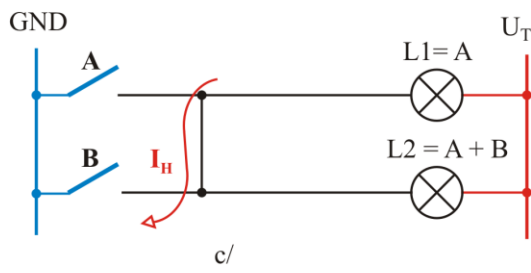
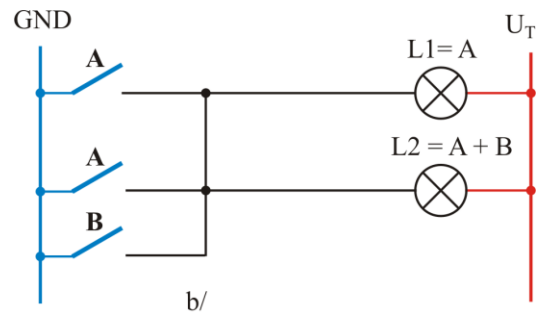
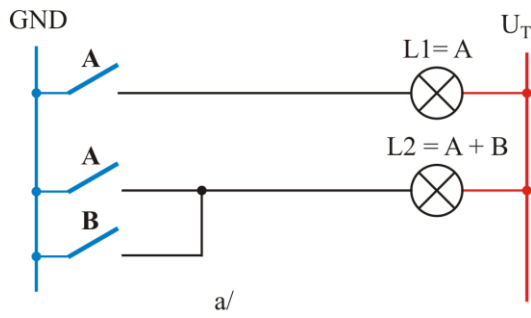


a/

(vissza)

b/

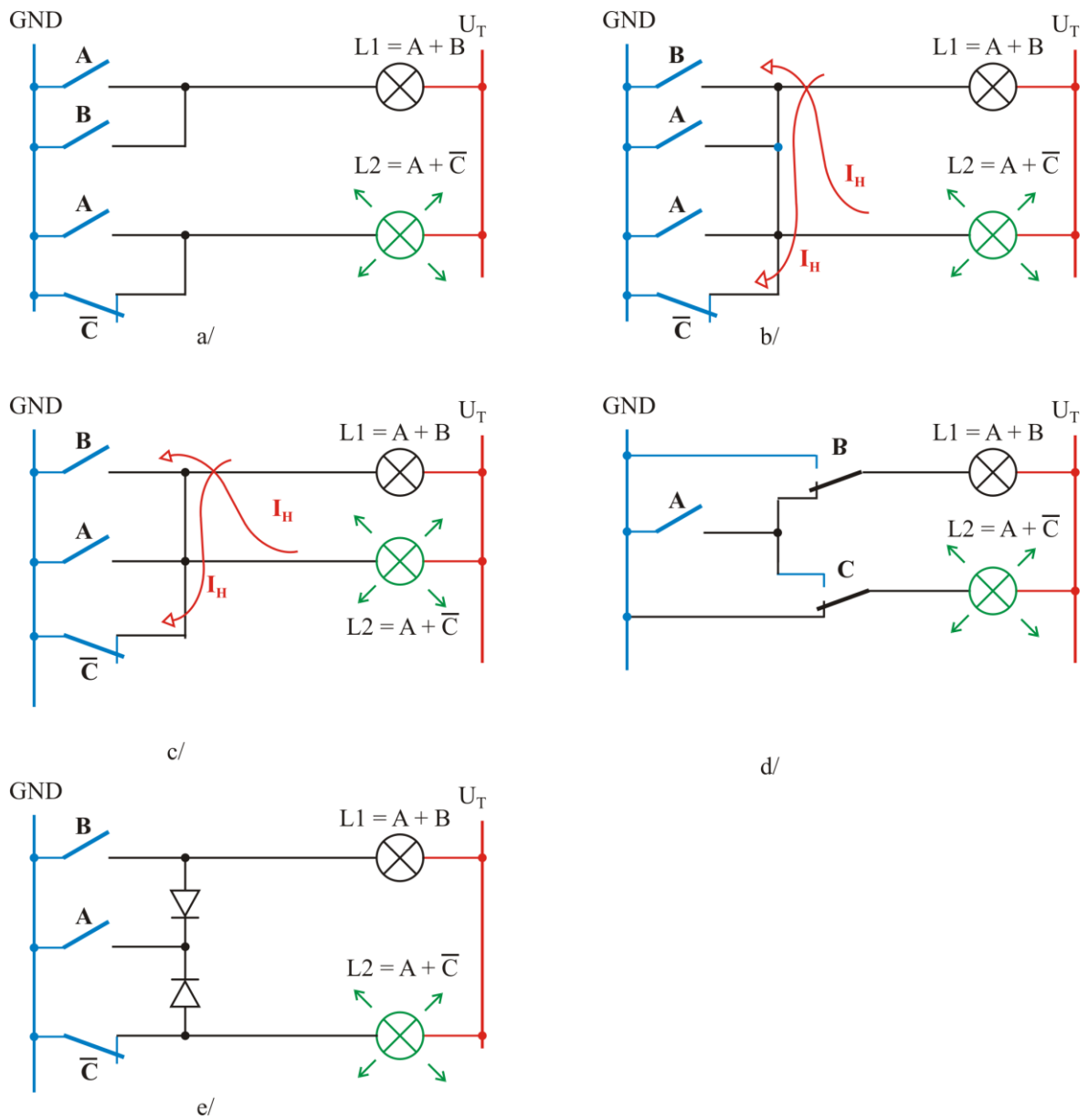
## 2.4.6.



(vissza)



## 2.4.7.



(vissza)

**A 3.5. feladat megoldásai:****3.5.1.**

A  $D_1$  és  $D_2$  dióda záró irányban van bekötve, ami szakadásnak tekinthető. Ezért

$I_D = I_{R2} = 0$ , azaz a szakadáson nem folyik áram.

$$U_{R2} = I_{R2} \cdot R_2 = 0 \text{ mA} \cdot 2 \text{ k} = 0 \text{ V},$$

$U_D = U_T - U_{R2} = 10 \text{ V} - 0 \text{ V} = 10 \text{ V}$ , a teljes tápfeszültség a szakadáson mérhető

$$U_{KI} = U_D = U_{PX} = 10 \text{ V}$$

$$\text{Ellenőrzés: } U_D + U_{R2} = U_T = 10 \text{ V} + 0 \text{ V} = 10 \text{ V}$$

[\(vissza\)](#)

**3.5.2.**

A  $D_2$  dióda záró irányban van bekötve, ami szakadásnak tekinthető. Ezért

$I_D = I_{R2} = 0$ , azaz a szakadáson nem folyik áram.

$$U_{R2} = I_{R2} \cdot R_2 = 0 \text{ mA} \cdot 2 \text{ k} = 0 \text{ V},$$

$U_D = U_T - U_{R2} = 10 \text{ V} - 0 \text{ V} = 10 \text{ V}$ , a teljes tápfeszültség a szakadáson mérhető

$$U_{KI} = U_D = U_{PX} = 10 \text{ V}$$

$$\text{Ellenőrzés: } U_D + U_{R2} = U_T = 10 \text{ V} + 0 \text{ V} = 10 \text{ V}$$

[\(vissza\)](#)

**3.5.3.**

Mindkét dióda nyitóirányban van bekötve. A nyitóirányba kötött diódákon 0,6 V feszültség esik. Ezért  $U_D = 0,6 + 0,6 = 1,2 \text{ V}$ ,  $U_{KI} = U_D = 1,2 \text{ V}$ ,

$$U_{R2} = U_T - U_D = 10 \text{ V} - 1,2 \text{ V} = 8,8 \text{ V}$$

$$I_{R2} = U_{R2} / R_2 = 8,8 \text{ V} / 2 \text{ k} = 4,4 \text{ mA}$$

$$I_D = I_{R2} = 4,4 \text{ mA}$$

$$U_{PX} = U_D = 1,2 \text{ V}$$

[\(vissza\)](#)

**3.5.4.**

A  $D$  dióda nyitóirányban van bekötve. A nyitóirányba kötött diódán 0,6 V feszültség esik. Ezért  $U_D = 0,6 \text{ V}$ ,  $U_{KI} = U_{R1} = U_T - 0,6 \text{ V} = 9,4 \text{ V}$

$$I_{R1} = U_{R1} / R_1 = 9,4 \text{ V} / 2 \text{ k} = 4,7 \text{ mA}$$

$$I_D = I_{R1} = 4,7 \text{ mA}$$

$$U_{KI} = U_{R1} = U_{PX} = 9,4 \text{ V}$$

[\(vissza\)](#)

**3.5.5.**

Mindkét dióda ( $D_1$  és  $D_2$ ) nyitóirányban van bekötve.

A rajtuk eső feszültség  $0,6\text{ V} - 0,6\text{ V}$ . Így  $U_D = 1,2\text{ V}$ ,

$$U_{KI} = U_{R1} = U_T - 1,2\text{ V} = 8,8\text{ V}.$$

$$I_{R1} = U_{R1} / R_1 = 8,8\text{ V} / 2\text{ k} = 4,4\text{ mA}$$

$$I_D = I_{R1} = 4,4\text{ mA}$$

$$U_{KI} = U_{R1} = 8,8\text{ V},$$

$$U_{PX} = U_T - U_{D2} = 10\text{ V} - 0,6\text{ V} = 9,4\text{ V}, \text{ vagy}$$

$$U_{PX} = U_{R1} + U_{D1} = 8,8\text{ V} + 0,6\text{ V} = 9,4\text{ V}.$$

[\(vissza\)](#)

**3.5.6.**

A  $D_1$  dióda záró irányban van bekötve, ami szakadásnak tekinthető. Ezért

$I_D = I_{R1} = 0$ , azaz a szakadáson nem folyik áram.

$$U_{R1} = I_{R1} \cdot R_1 = 0\text{ mA} \cdot 2\text{ k} = 0\text{ V},$$

$$U_{KI} = U_{PX} = U_{R1} = 0\text{ V}, U_D = U_T - U_{R1} = 10\text{ V} - 0\text{ V} = 10\text{ V}.$$

[\(vissza\)](#)

**3.5.7.**

$$U_D = U_{D1} + U_{D2} = 1,8\text{ V} + 1,8\text{ V} = 3,6\text{ V}, U_R = U_T - U_D = U_T - 3,6\text{ V},$$

$$I = U_R / R = 24\text{ V} - 3,6\text{ V} / R, R = U_R / I = 20,4\text{ V} / 20\text{ mA} = 1,02\text{ k}$$

[\(vissza\)](#)

**3.5.8.**

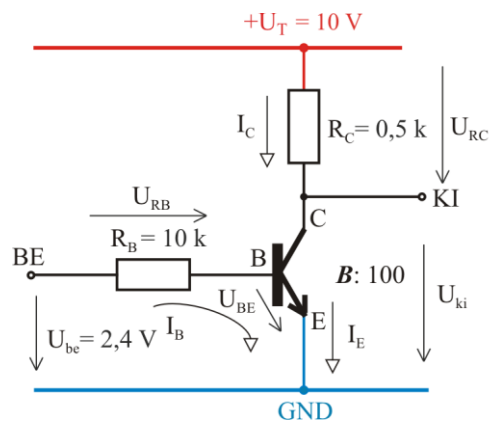
$$U_D = U_{D1} + U_{D2} = 1,8\text{ V} + 1,8\text{ V} = 3,6\text{ V}, U_R = R \cdot I = 0,5\text{ k} \cdot 20\text{ mA} = 10\text{ V}$$

$$U_T = U_R + U_D = 10\text{ V} + 3,6\text{ V} = 13,6\text{ V}$$

[\(vissza\)](#)

### A 4.3. feladat megoldásai:

#### 4.3.1.



Keresendő:

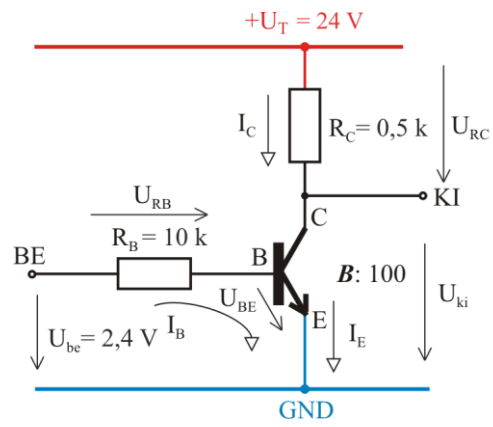
$$I_B = ?$$

$$I_C = ?$$

$$U_{ki} = ?$$

(vissza)

## 4.3.2.



Keresendő:

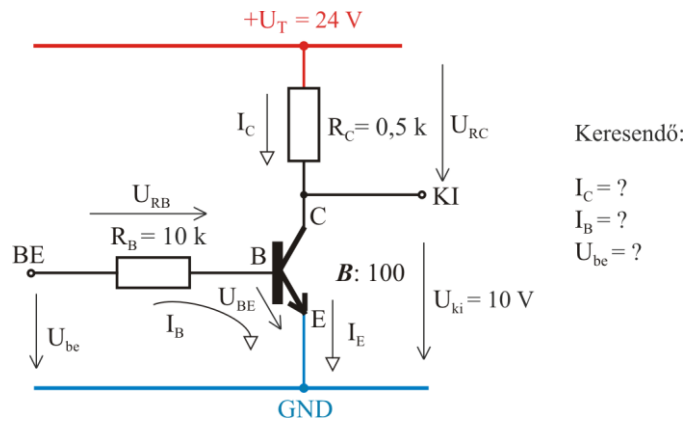
$I_B = ?$

$I_C = ?$

$U_{ki} = ?$

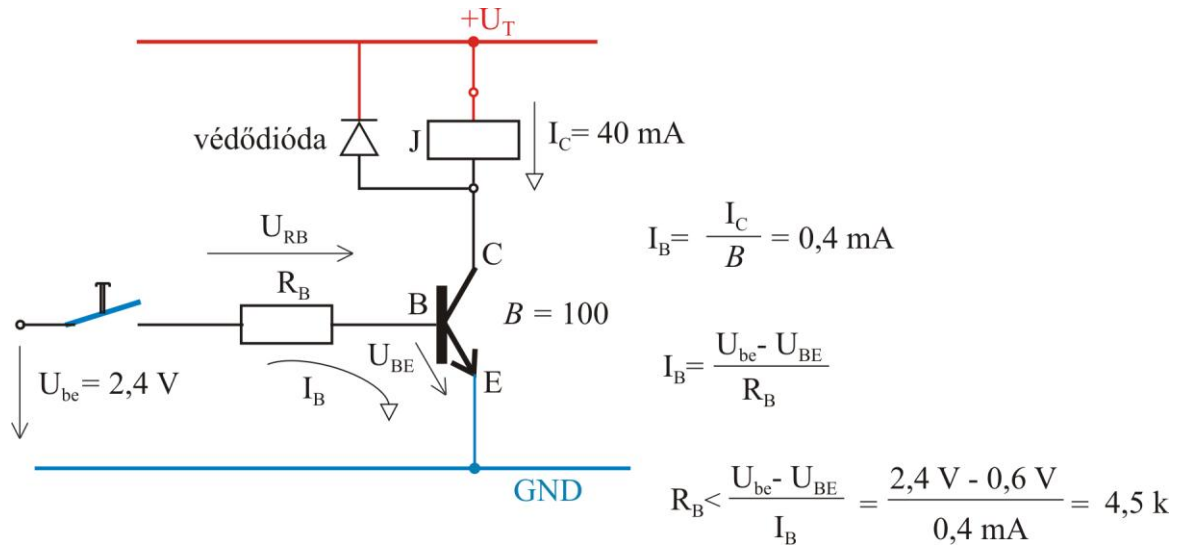
(vissza)

## 4.3.3.



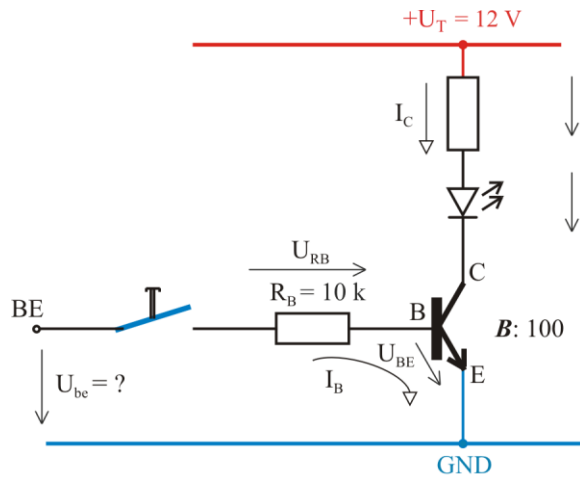
(vissza)

## 4.3.4.



(vissza)

## 4.3.5.



$$U_{RC} = U_T - U_D = 24\text{ V} - 1,8\text{ V} = 22,2\text{ V}$$

$$R_C = U_{RC} / I_C = 1,11\text{ k}$$

$$U_D = 1,8\text{ V}$$

$$R_C = 1\text{ k}$$

Keresendő:

$$I_C = ?$$

$$I_B = ?$$

$$U_{be} = ?$$

$$I_B = I_C / B = 0,2\text{ mA}$$

$$I_B = I_C / B = 0,2\text{ mA}$$

$$I_B = \frac{U_{be} - U_{BE}}{R_B}$$

$$U_{be} = I_B \cdot R_B + U_{BE} = 2,6\text{ V}$$

(vissza)



## ***IRODALOMJEGYZÉK***

Standeisky István (2006): Elektrodinamika

Értékünk az ember. Humánerőforrás – fejlesztési Operatív Program  
Széchenyi Egyetem Győr.

Hodossy László Elektrotechnika

Értékünk az ember. Humánerőforrás – fejlesztési Operatív Program  
Széchenyi Egyetem Győr.

Szabó Géza Elektrotechnika – elektronika

Budapesti Műszaki Egyetem tankönyvtár.hu