

ELEKTROTECHNIKAI ALAPKAPCSOLÁSOK

Dr. Gyevisi János

Dr. Fabulya Zoltán

2019.



EFOP-3.4.3-16-2016-00014



Jelen tananyag a Szegedi Tudományegyetemen készült az Európai Unió támogatásával.

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

Szerzők:

Dr. Gyevik János PhD Dr. Fabulya Zoltán PhD
Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Kar

Lektorálta:

Dr. habil. Sárosi József PhD
Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Kar

ISBN: 978-963-306-662-1

© Dr. Gyevik János PhD 2019

© Dr. Fabulya Zoltán PhD 2019

Szegedi Tudományegyetem
Cím: 6720 Szeged, Dugonics tér 13.
www.u-szeged.hu
www.szechenyi2020.hu



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS	2
1. EGYENÁRAMÚ VILLAMOS HÁLÓZATOK.....	4
1.1. Aktív alapelemek.....	4
1.2. Passzív alapelemek	5
1.3. Egyszerű áramkör	7
1.4. Az alaptörvények alkalmazása	7
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 kapcsolat.....	18
2.3. Érintkezős kapcsolások egyszerűbb alakra hozása	19
2.4. Ellenőrző kérdések, feladatok.....	27
3. A DIÓDA.....	29
3.1. A dióda karakterisztikája	30
3.2. Diódás alapkapcsolások	32
3.3. Világító diódák (LED-ek) alkalmazása	33
3.4. Ellenőrző kérdések, feladatok.....	34
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.....	50
5. GALVANIKUS LEVÁLASZTÁS	52
5.1. Optocsatolók alkalmazása.....	52
5.2. A szilárdtest relék.....	53
5.3. Ellenőrző kérdések, feladatok.....	56
6. MEGOLDÁSOK	57

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.

A szerzők nem törekedtek a teljességre, az elektrotechnika azon fejezetei kerültek tárgyalásra, melyek elengedhetetlenül fontosak az Irányítástechnika, Digitális technika és a Pneumatika és hidraulika c. tantárgyak megalapozásához. Bízunk abban, hogy a jegyzet nagy segítséget ad az olvasónak az elektrotechnikára épülő 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 alapkapsolásokat;
- 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 alapkapsolások 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

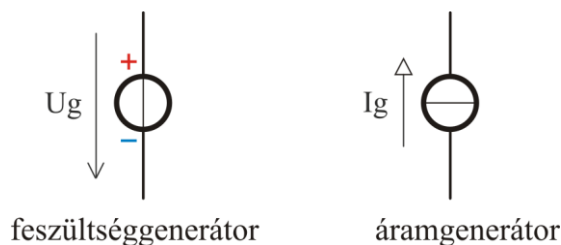
„Az iskola dolga, hogy megtaníttassa velünk, hogyan kell tanulni, hogy felkeltse a tudás iránti étvágyunkat, hogy megtanítsen bennünket a jól végzett munka örömére és az alkotás izgalmára, hogy megtanítsen szeretni, amit csinálunk, és hogy segítsen megtalálni azt, amit szeretünk csinálni.”

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.



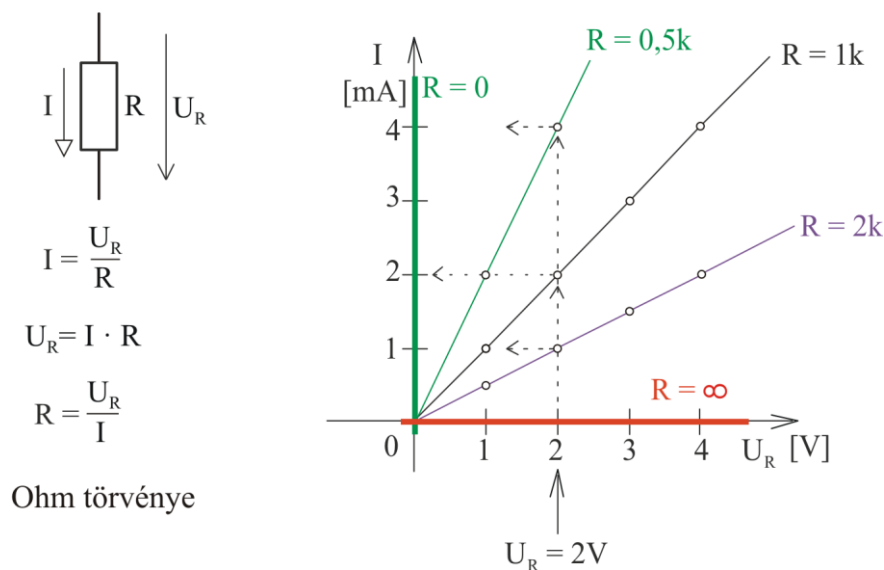
1. ábra Generátorok

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 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 a 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

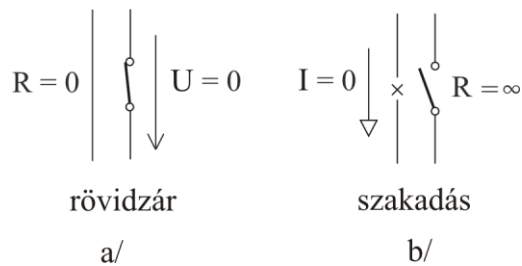
Ohm törvénye alapján az ellenálláson folyó áram egyenesen arányos az ellenálláson eső feszültséggel és fordítva arányos az ellenállás nagyságával.

Adjunk 2 V feszültséget az ellenállás kapcsaira! Ohm törvénye alapján

$R=1\text{ k}\Omega$ esetén $I = 2\text{ mA}$ áram folyik az ellenálláson keresztül. (Az egyszerűség kedvéért a gyakorlatban az $R = 1\text{ k}\Omega$ helyett, az $R = 1\text{ k}$ jelölés terjedt el. Mi is ezt használjuk.)

Ha az ellenállás értékét $R = 2\text{ k}$ – ra növeljük, az áramerősség 1 mA értékre csökken. Ha az ellenállás értékét $R = 0,5\text{ k}$ – ra csökkentjük, az áramerősség 4 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

Az ellenállás fő jellemzői: a névleges érték, a tűrés és a névleges teljesítmény.

Névleges érték: ami az alkatrészen fel van tüntetve szöveggel vagy színkóddal. Az ellenállás értéke széles határok között változhat; jó gyakorlatnak számít, ha a 10Ω - $1M\Omega$ tartományon belül maradunk, de vannak esetek, amikor az említett öt dekád helyett hét dekád szélességű tartományból választjuk az ellenállásokat.

Az ellenállások névleges értékeit az ún. E sor rögzíti. A sor nevében szereplő szám mindig az egy dekádon belüli értékek számát adja meg. Az egyes sorozatokban szereplő ellenállásértékeket a gyártók mértani sor szerint határozzák meg. Ezek a számértékek a következők:

E6-os sorozat: 1,0; 1,5; 2,2; 3,3; 4,7; 6,8.

E12-es sorozat: 1,0; 1,2; 1,5; 1,8; 2,2; 2,7; 3,3; 3,9; 4,7; 5,6; 6,8; 8,2.

E24-es sorozat: 1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,4; 2,7; 3,0; 3,3; 3,6; 3,9; 4,3;

4,7; 5,1; 5,6; 6,2; 6,8; 7,5; 8,2; 9,1.

A tizedes pont helyett újabban a prefixumot tüntetik fel, ami nehezebben kopik le. Például $6k8 = 6,8\text{ k}\Omega$, $M470 = 0,470\text{ M}\Omega$ és $330R = 330\text{ }\Omega$.

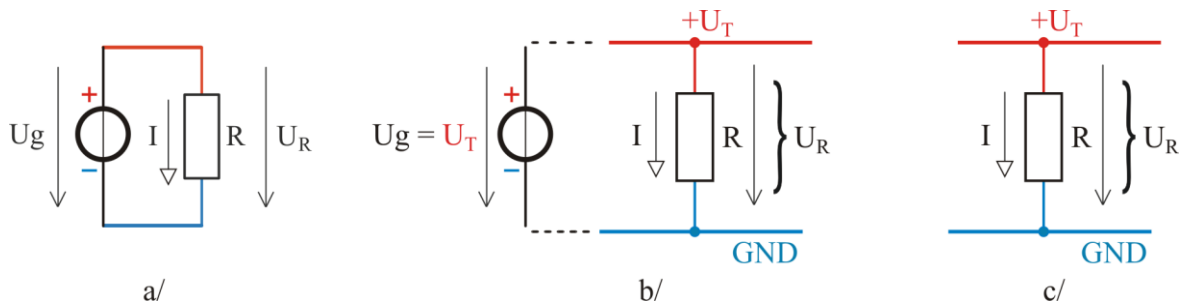
Tűrés: a névleges értéktől való eltérés %-ban. Például egy $100\text{ }\Omega$ -os és 10%-os ellenállás értéke $90\text{ }\Omega$ és $110\text{ }\Omega$ közötti érték lehet.

Az E sor szoros kapcsolatban áll a tűréssel. Az E6 sor 20%-os, az E12 sor 10%-os, az E24 sor 5%-os, az E48 sor 2%-os és az E96 sor 1%-os ellenállásokból áll. Az egyes értékek úgy vannak megállapítva, hogy a tűrés felső határa és következő érték tűrésének alsó határa ne fedjék egymást.

Névleges teljesítmény: Az ellenálláson a villamos teljesítmény hővé alakul, és melegedést okoz. A névleges teljesítmény azt a villamos teljesítményt adja meg, amellyel az alkatrész üzemszerűen, tartósan, károsodás nélkül terhelhető. Általában nincs feltüntetve és ilyenkor az alkatrész adatlapját kell megnézni, vagy a méretéből lehet következtetni a terhelhetőségre. Évtizedekig az $\frac{1}{4}W$ névleges teljesítményű ellenállások voltak a legelterjedtebbek. Ma, a méretek csökkentése végett, mind gyakrabban alkalmaznak $\frac{1}{8}W$ -os és ennél kisebb névleges teljesítményű ellenállásokat. A gyártó megadhat, tartós vagy időszakos terhelésre vonatkozó különféle előírásokat. Például: 150%-os túlterhelés 30 másodpercig.

1.3. Egyszerű áramkör

Most kapcsoljunk össze egy aktív és egy passzív hálózatelemet! A 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, a 4./c ábrán láthatót használjuk.

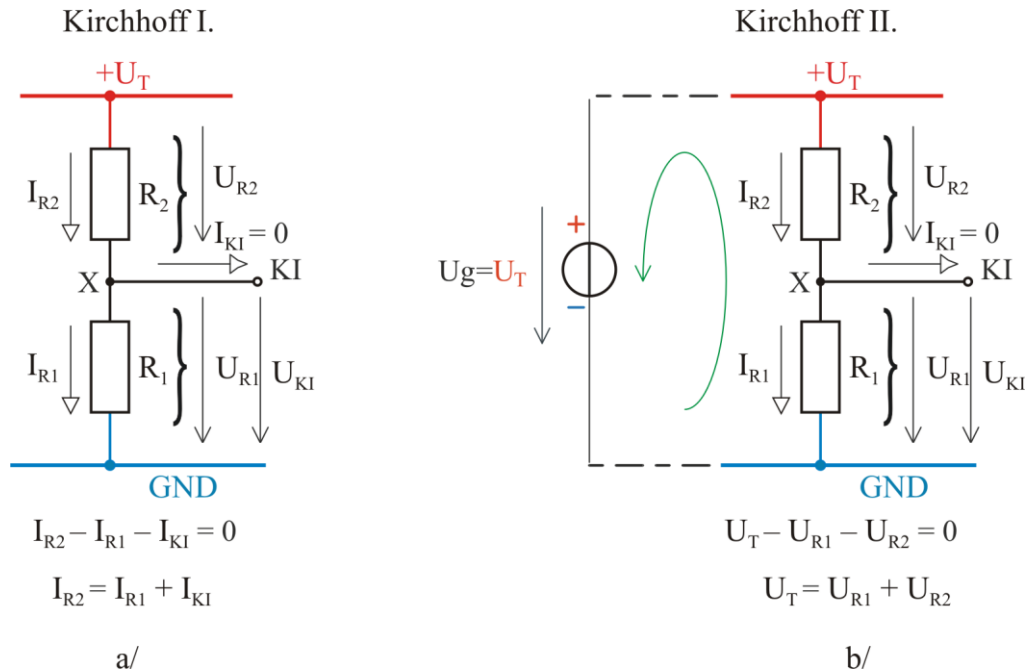


4. ábra Egyszerű áramkör

A szemléletesség kedvéért a földpotenciálon lévő vezetéket kék, a $+U_T$ potenciálon lévő vezetéket piros színnel jelöljük.

1.4. Az alaptörvények alkalmazása

Az ellenállás karakterisztikájának (2. ábra) megrajzolásakor Ohm törvényét használtuk. Az 5. ábra alapján megismerkedhetünk Kirchhoff 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 körüljárási iránnyal egyező irányú feszültséget pozitívnak véve, a bejelölt hurokra felírható:

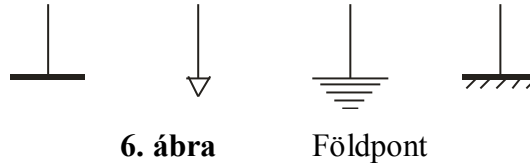
$$U_T - U_{R1} - U_{R2} = 0 \quad \text{egyenletet kapjuk.}$$

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

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

1.5. A potenciál fogalma

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



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:

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

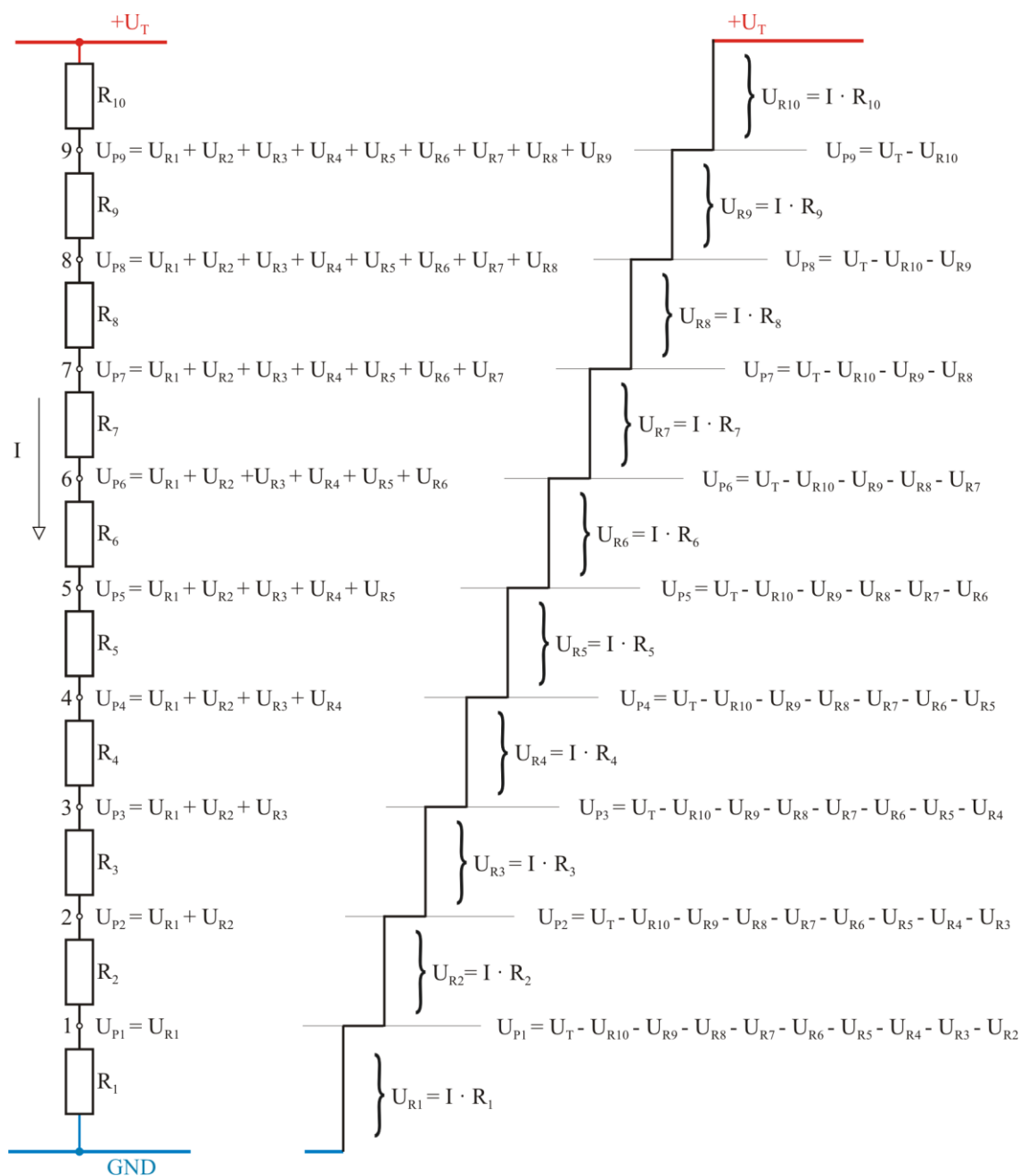
$$U_{P3} = U_T - U_{R10} - U_{R9} - U_{R8} - U_{R7} - U_{R6} - U_{R5} - U_{R4}$$

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

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

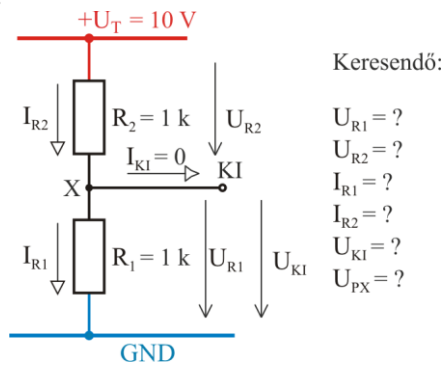


7. ábra A potenciál fogalma

1.6. Ellenőrző kérdések, feladatok

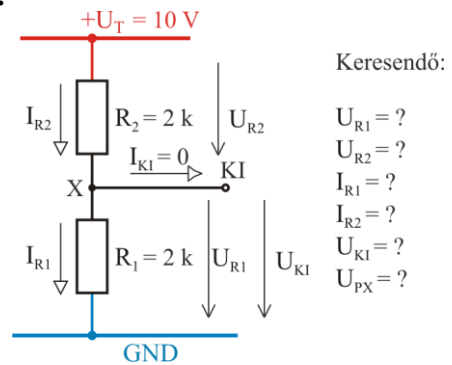
Határozza meg az alábbi értékeket!

1.6.1.



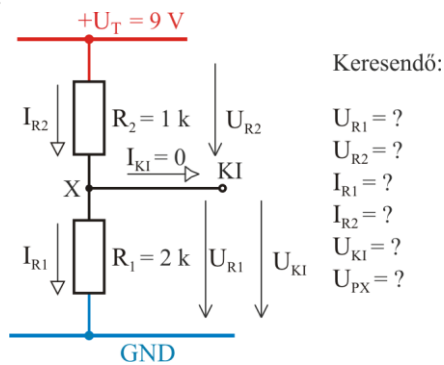
(megoldás)

1.6.2.



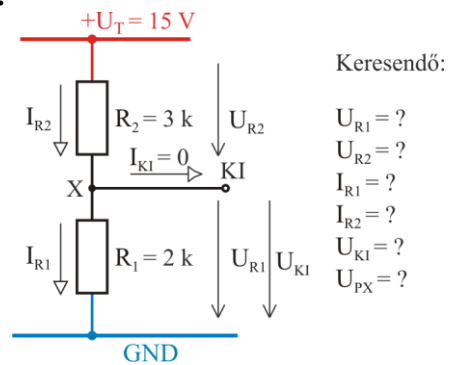
(megoldás)

1.6.3.



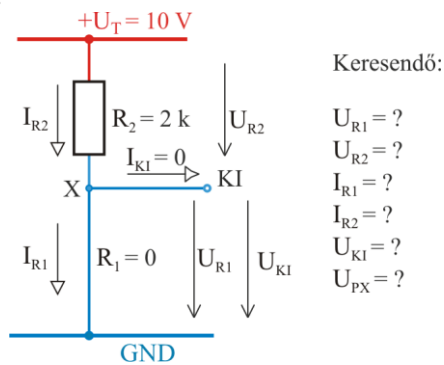
(megoldás)

1.6.4.



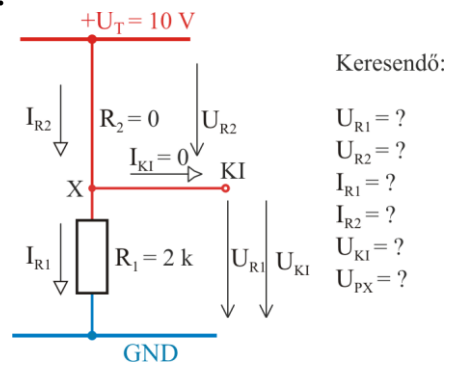
(megoldás)

1.6.5.



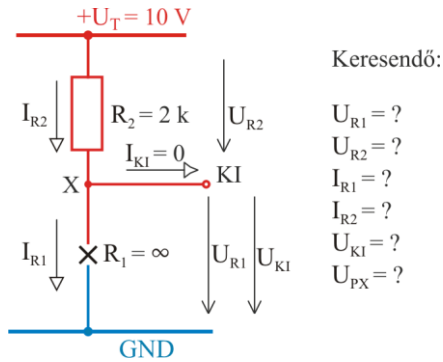
(megoldás)

1.6.6.



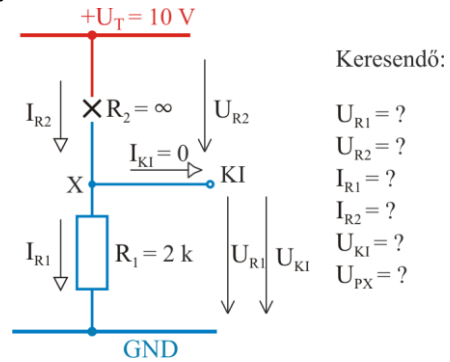
(megoldás)

1.6.7.



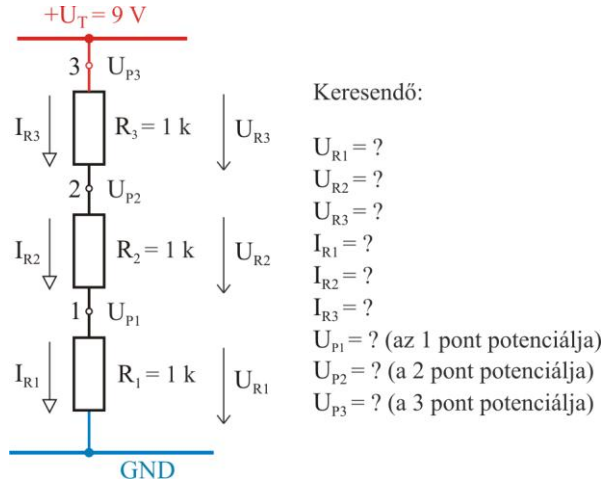
(megoldás)

1.6.8.



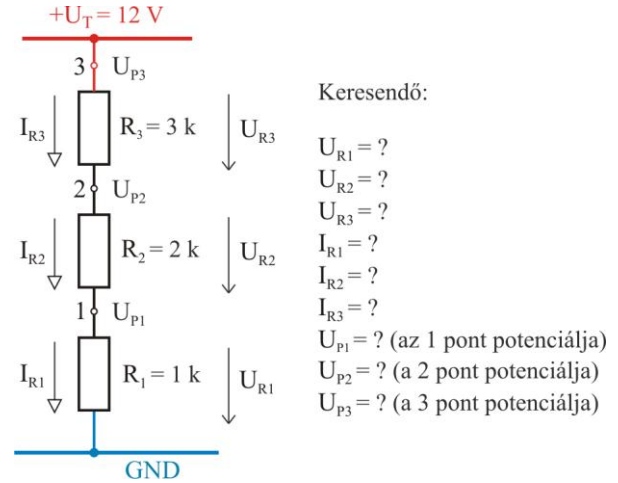
(megoldás)

1.6.9.



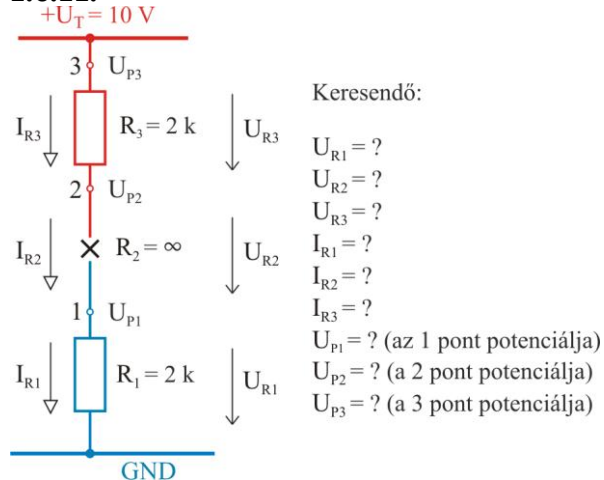
(megoldás)

1.6.10.



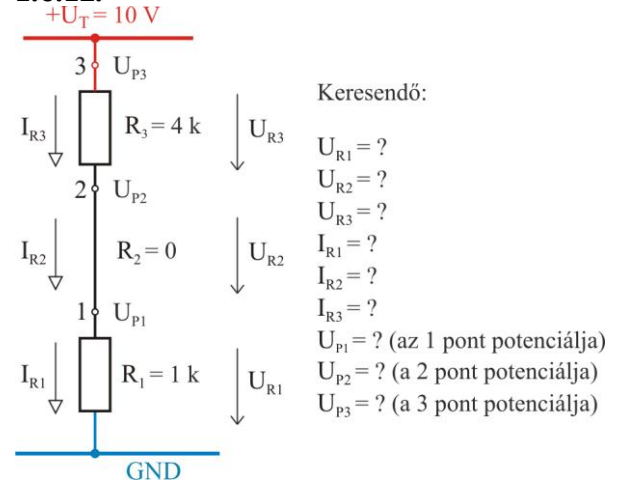
(megoldás)

1.6.11.

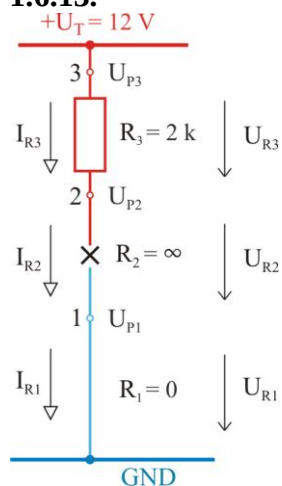


(megoldás)

1.6.12.

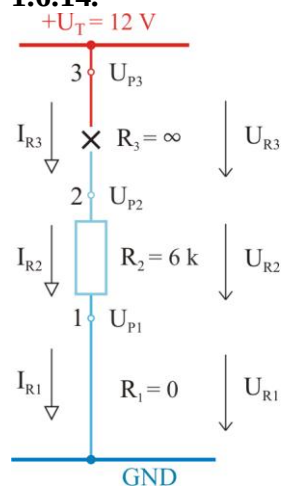


(megoldás)

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)**1.6.14.**

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

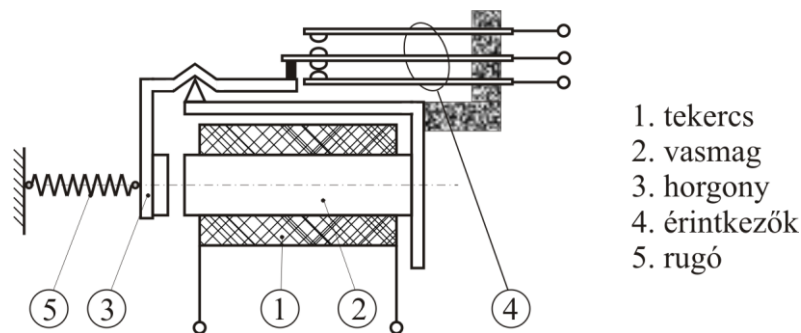
„Gondolkodás nélkül tanulni: felesleges vesződés; tanulás nélkül gondolkodni: veszedelmes.”

Konfuciusz

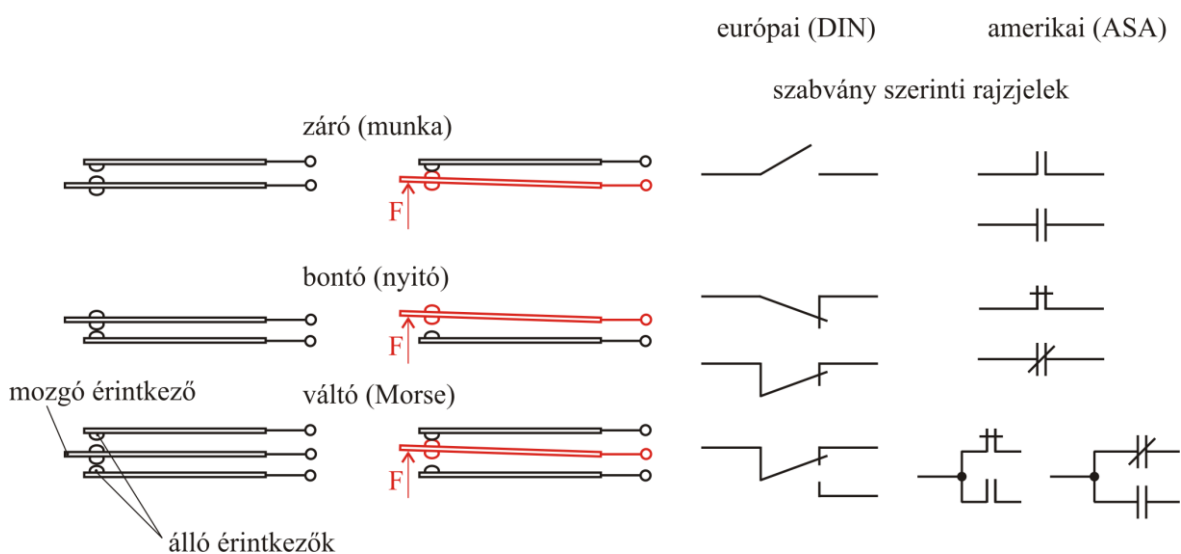
A relé egy olyan elektromechanikus szerkezet, melynek tekercsére feszültséget kapcsolva olyan mágneses tér (erő) keletkezik, mely képes érintkezőket zárni, illetve nyitni.

2.1. A relé felépítése, működése

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

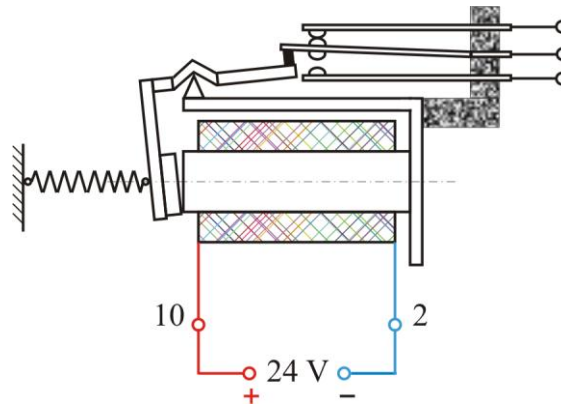


8. ábra A relé felépítése

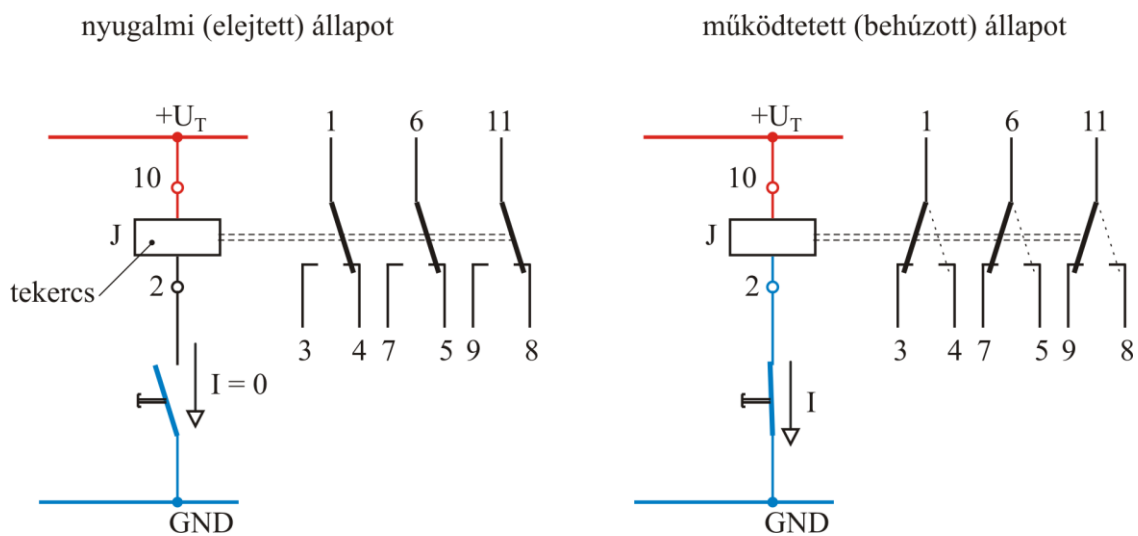


9. ábra A relé érintkezői és azok rajzjelei

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.

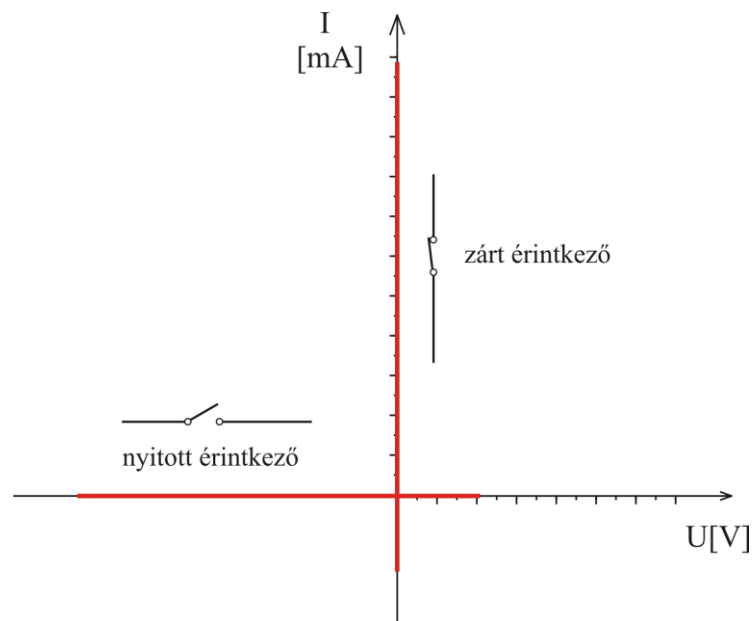
Egy ideális, érintkező lehetséges állapotai:

- 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.

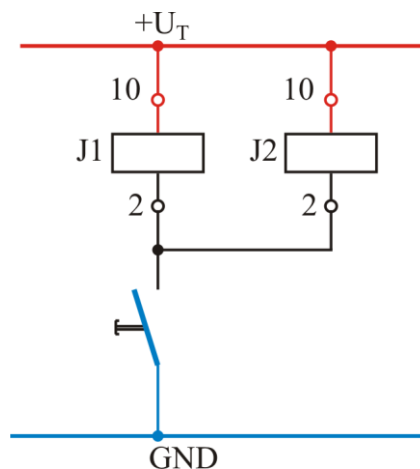
Az ideális érintkező, zárt állapotában 0Ω átmeneti ellenállást, míg nyitott állapotában $\infty \Omega$ ellenállást képvisel. Átkapcsolási ideje 0 ms , az átkapcsoláshoz nem igényel teljesítményt és a vezérlés (tekercs) és a kimenet (érintkezők) között nem folyhat áram. A bemenetek és a kimenetek egymástól 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.



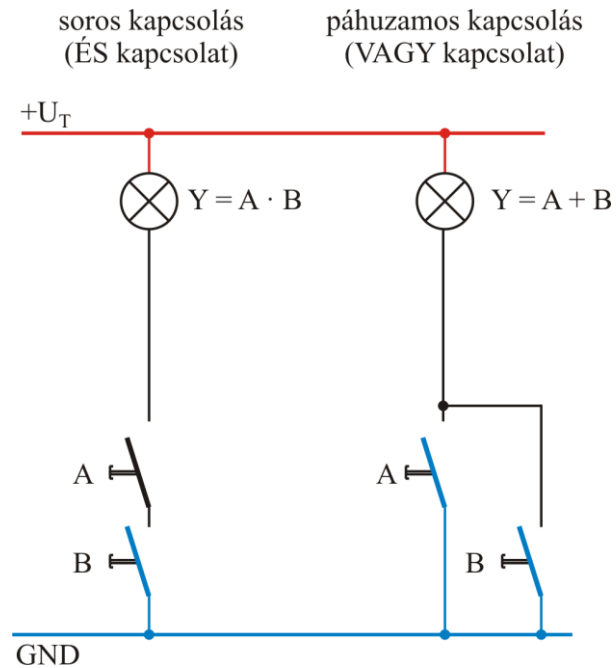
12. ábra Egy ideális érintkező karakterisztikája



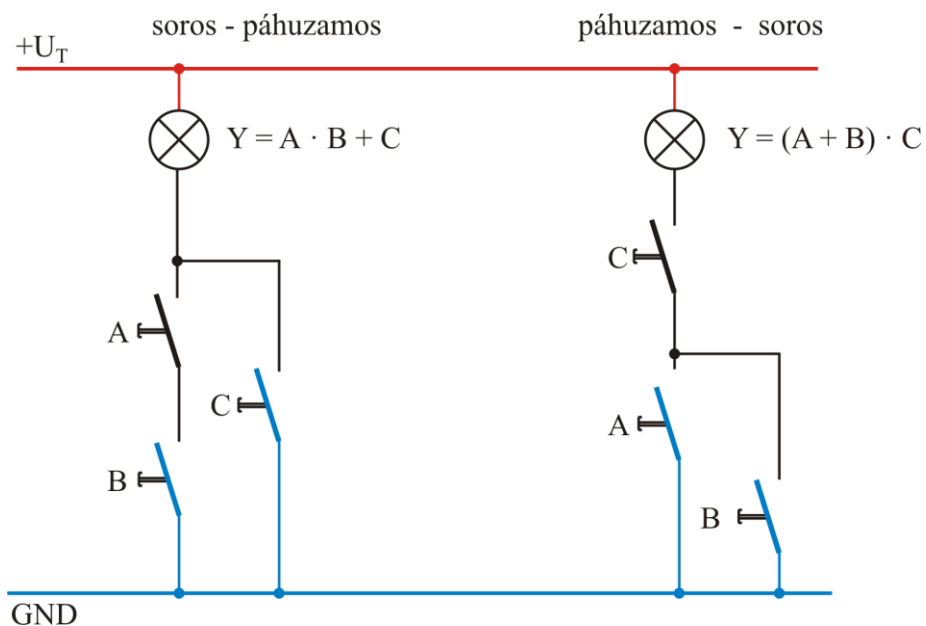
13. ábra Az érintkezők számának növelése

NAGYON FONTOS!!! Fogyasztókat (jelfogó, mágneskapcsoló, mágnesszelep tekercse, jelzőlámpa stb.) sohasem kapcsolunk sorosan!!! Kivétel a LED, ha tervezéskor úgy méreteztük az áramkört.

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



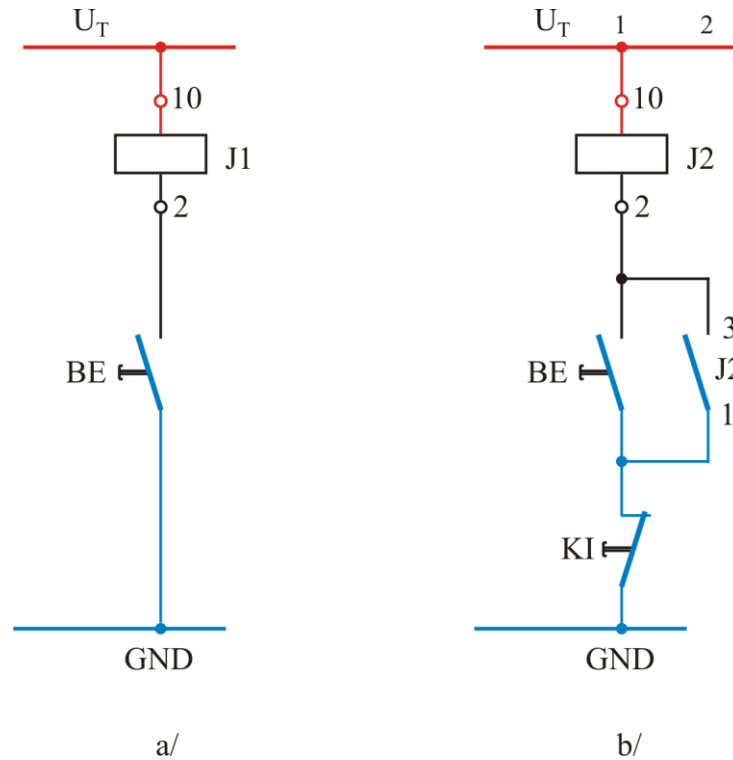
14. ábra Érintkezők soros és párhuzamos kapcsolása



15. ábra Érintkezők vegyes kapcsolása

2.2. Öntartó kapcsolás

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.



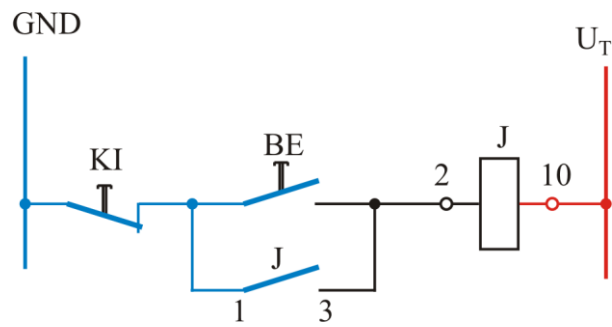
16. ábra Jelfogók működtetése

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 került. 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.

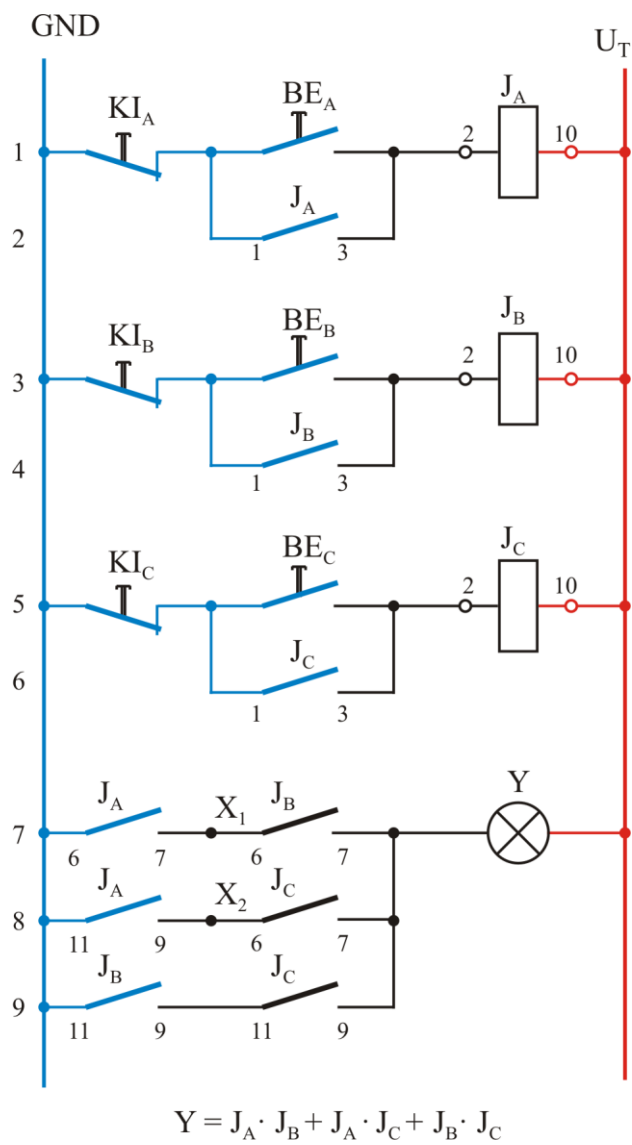
A 16./b ábrán látható öntartó kapcsolást a 17. ábrán 90°-kal elforgatva láthatjuk. Több áramutat egymás alá rajzolva az úgynevezett „létradiagramot” kapjuk. (18. ábra)

A létradiagrammal a PLC-k programozásánál is találkozni fogunk.



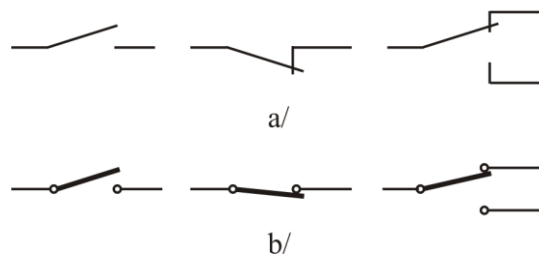
17. ábra Öntartó kapcsolás

2.3. Érintkezős kapcsolások egyszerűbb alakra hozása

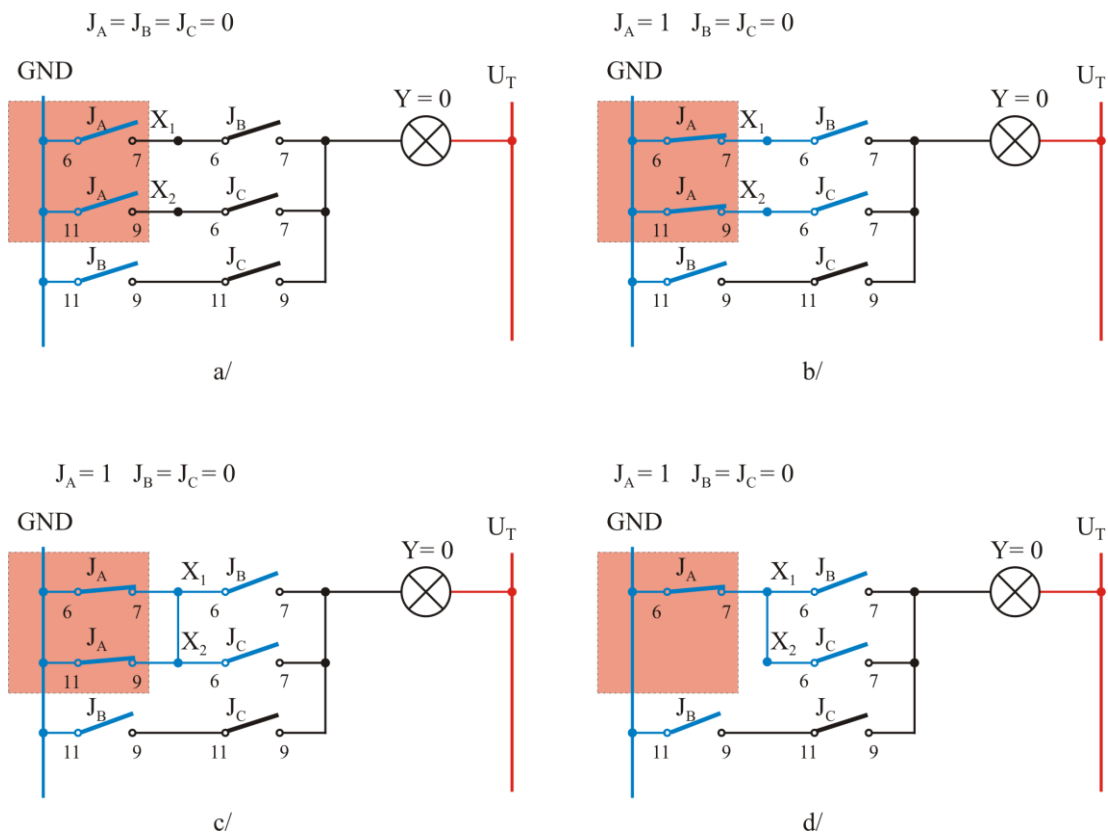


18. ábra „Szávozó áramkör” kapcsolási rajza.

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.

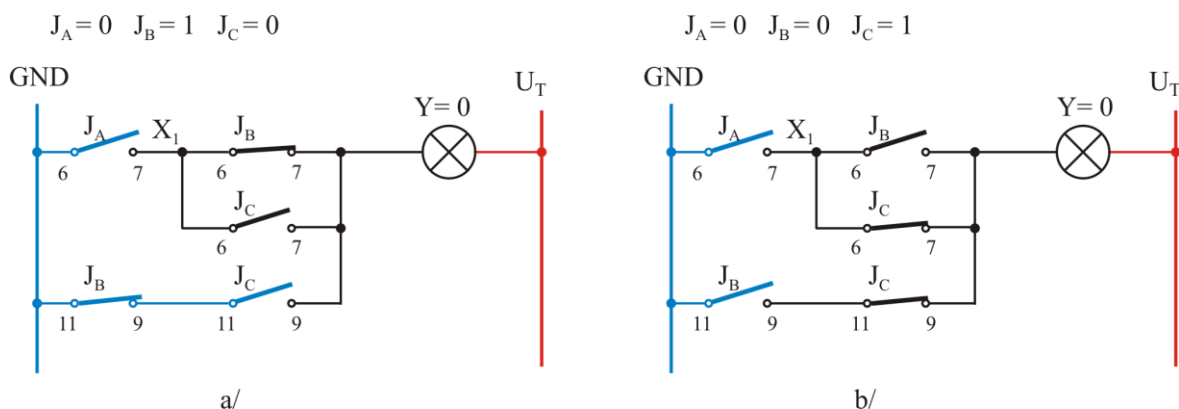


19. ábra Az érintkezők jelölése

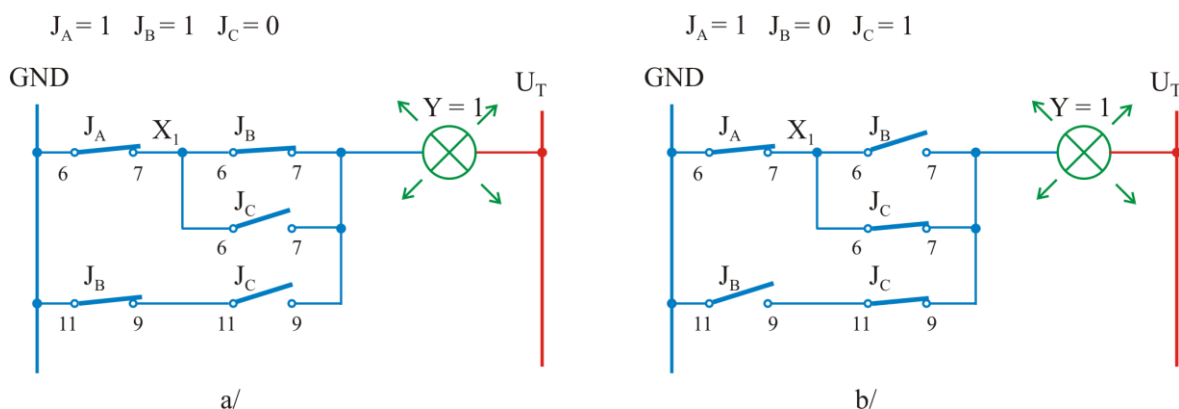


20. ábra A kombinációs hálózat részletes vizsgálata

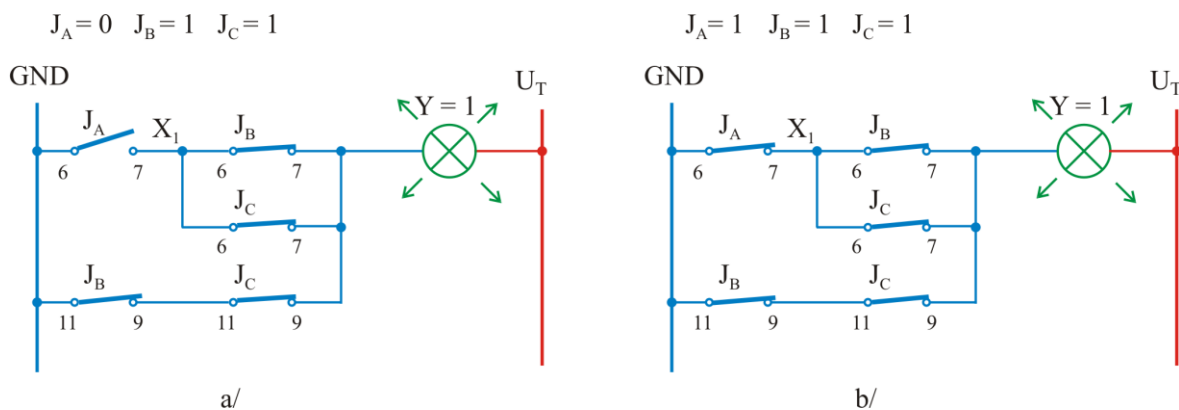
A 20./a és 20./b ábrán látjuk, hogy amikor a J_A jelű jelfogó meghúz és zárja az érintkezőit, az X_1 és X_2 jelű pont egyszerre kerül földpotenciálra (20./b ábra). Ezért az X_1 és X_2 jelű pontokat nyugodtan összeköthetjük (20./c ábra), a működés nem változik. A párhuzamosan kötött azonos változók közül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



21. ábra Az ellenőrzés lépései

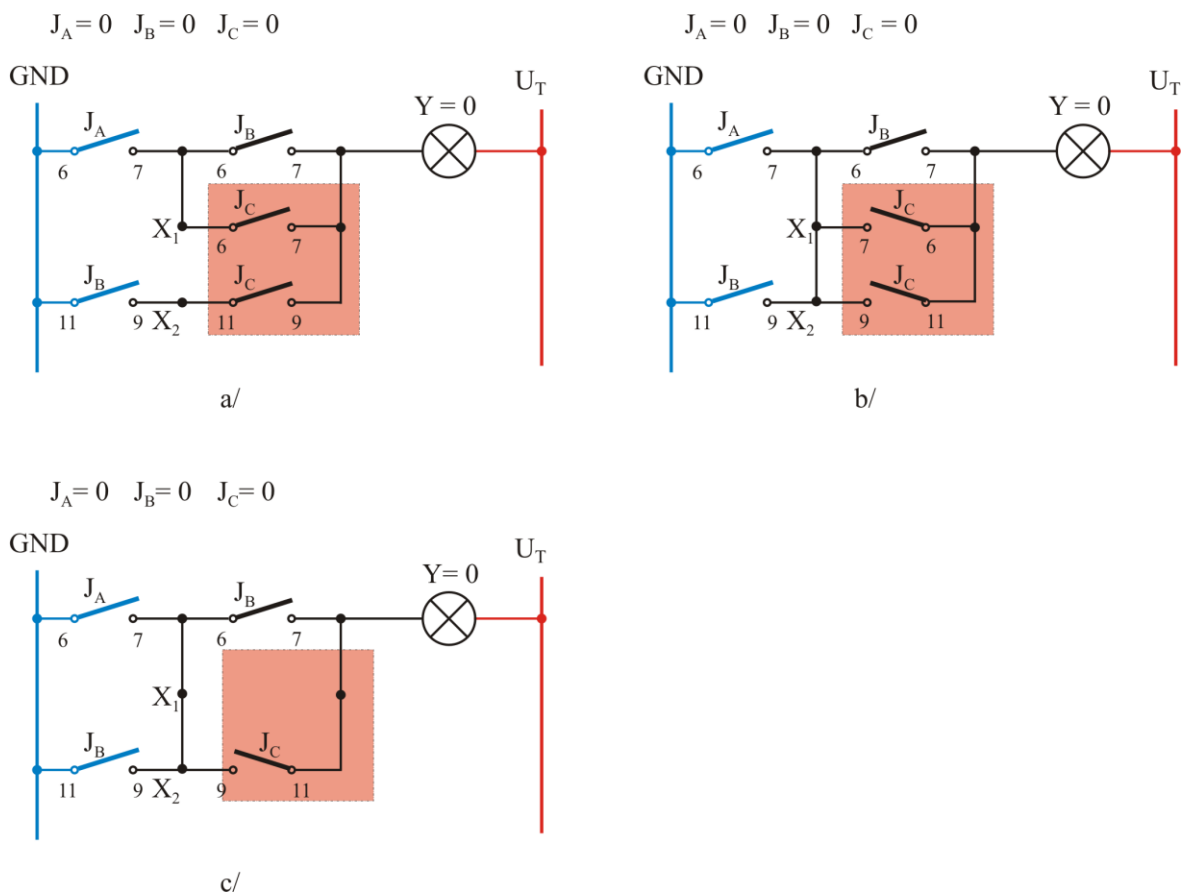


22. ábra Az ellenőrzés lépései

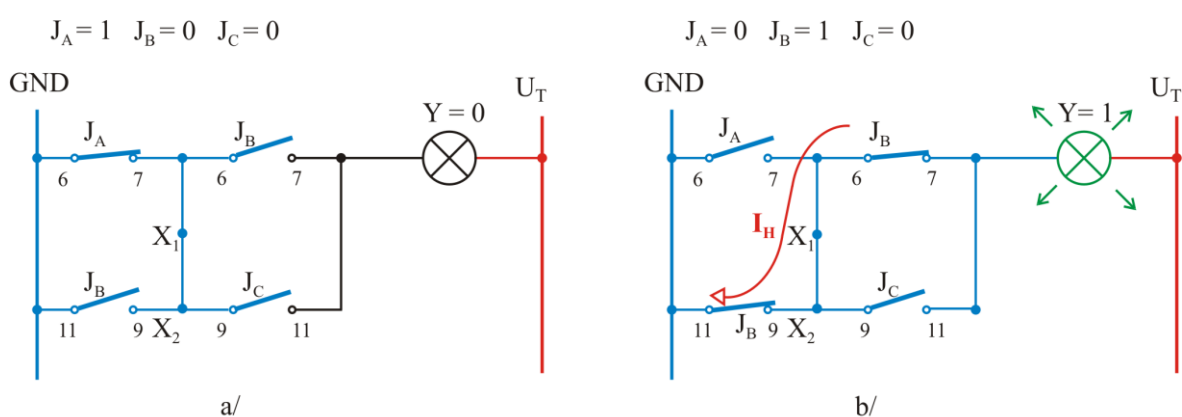


23. ábra Az ellenőrzés lépései

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)!



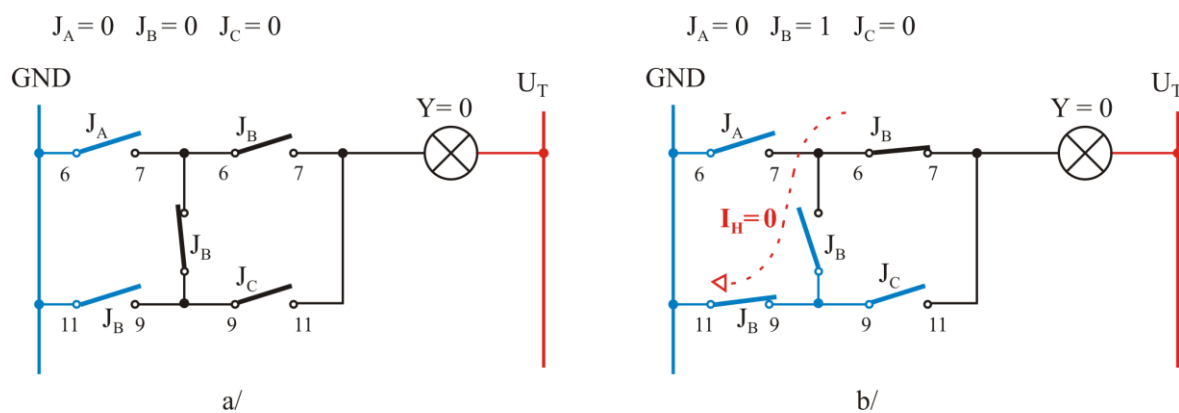
24. ábra Érintkezők további összevonása



25. ábra Az ellenőrzés lépései

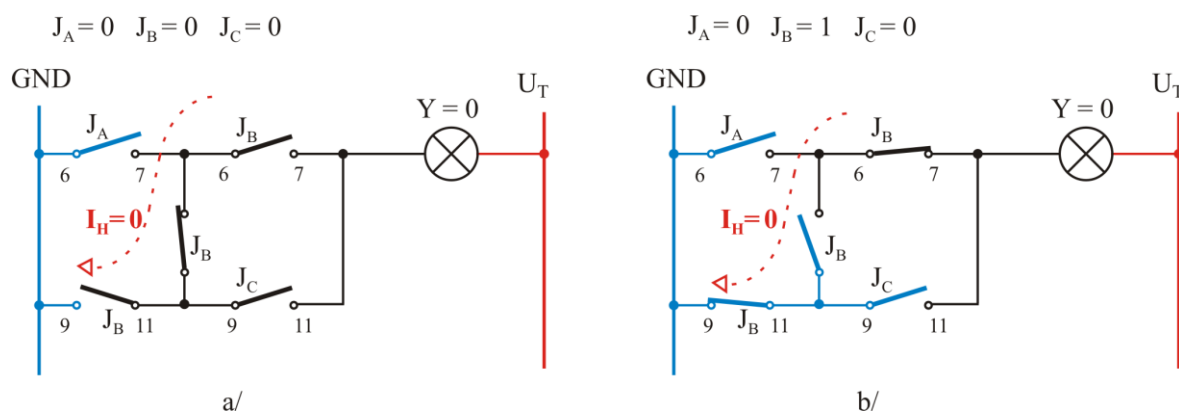
Az ellenőrzés során azt tapasztaltuk (25./b ábra), hogy $J_B = 1$ esetén hamis áramút keletkezett. A vizsgálat folytatása előtt küszöböljük ki a keletkezett hamis áramutat! A

hamis áramutat a J_B záró érintkező okozta, ezért a kiküszöböléshez a J_B bontó érintkezőjét használjuk. (26. ábra)

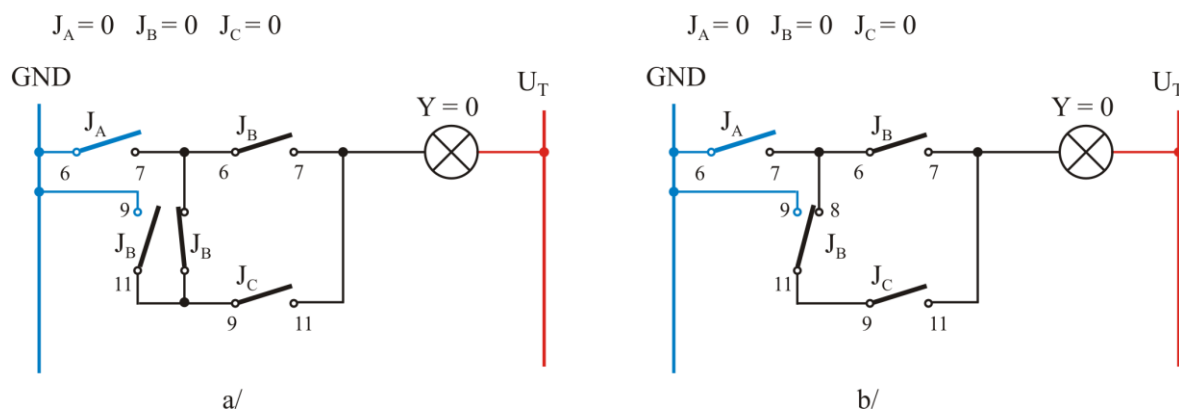


26. ábra A hamis áramút kiküszöbölése érintkezővel

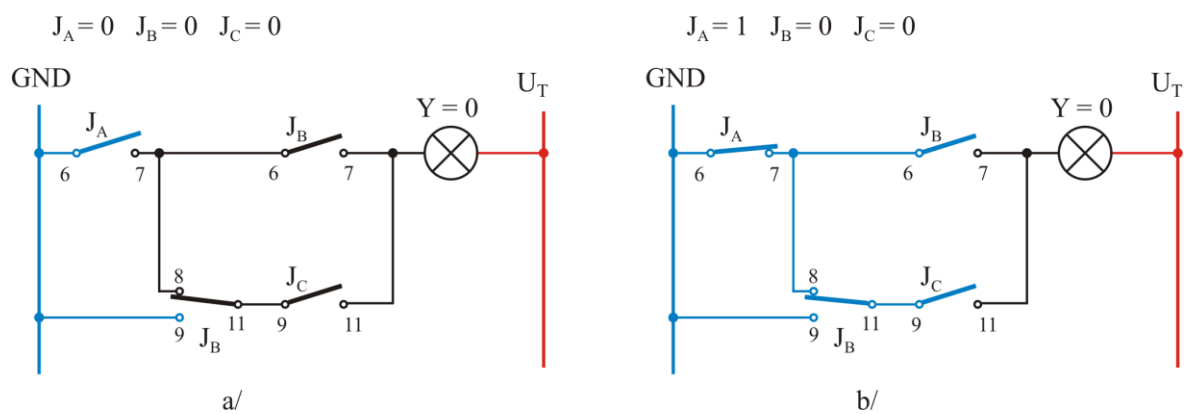
A 26./b ábrán látható, hogy a hamis áramút megszűnt. Tovább egyszerűsíthetjük a kapcsolást, ha a J_B záró és J_B bontó érintkezőket egy Morse érintkezővé vonjuk össze.



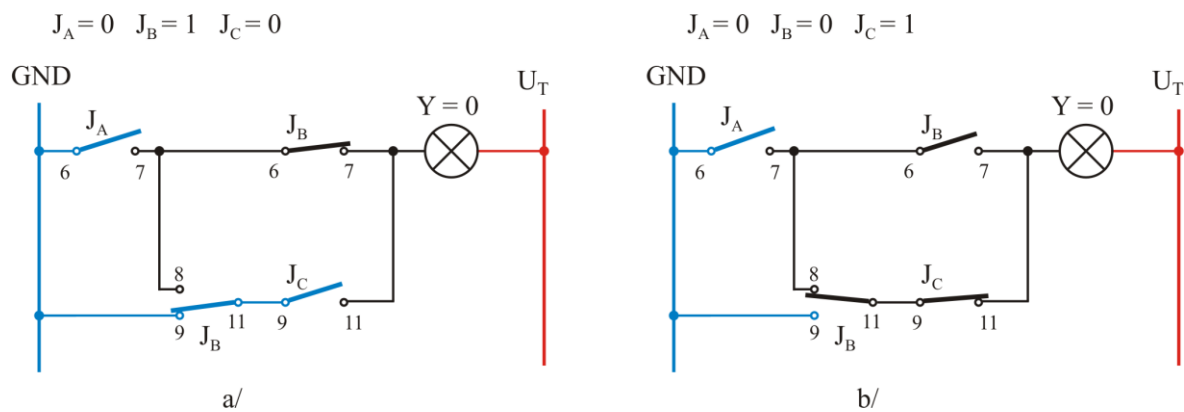
27. ábra Érintkezők összevonása



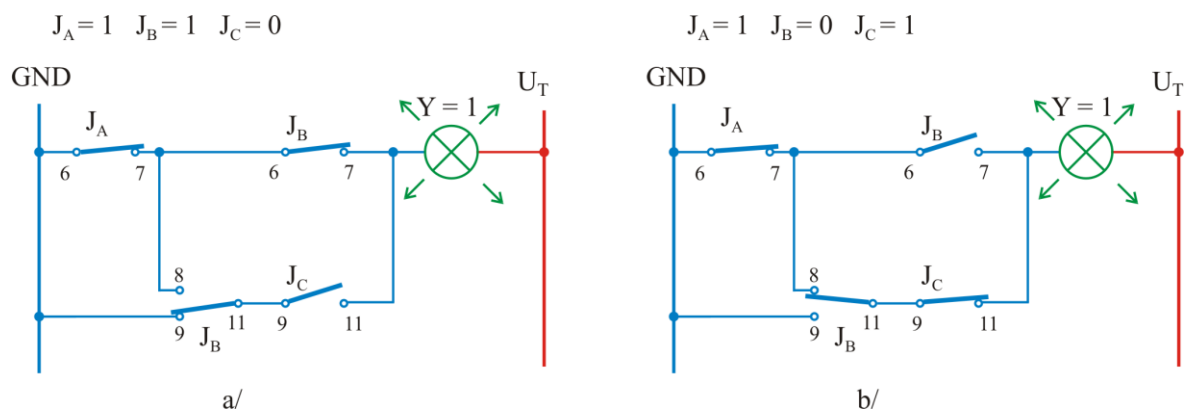
28. ábra Morse érintkező kialakítása



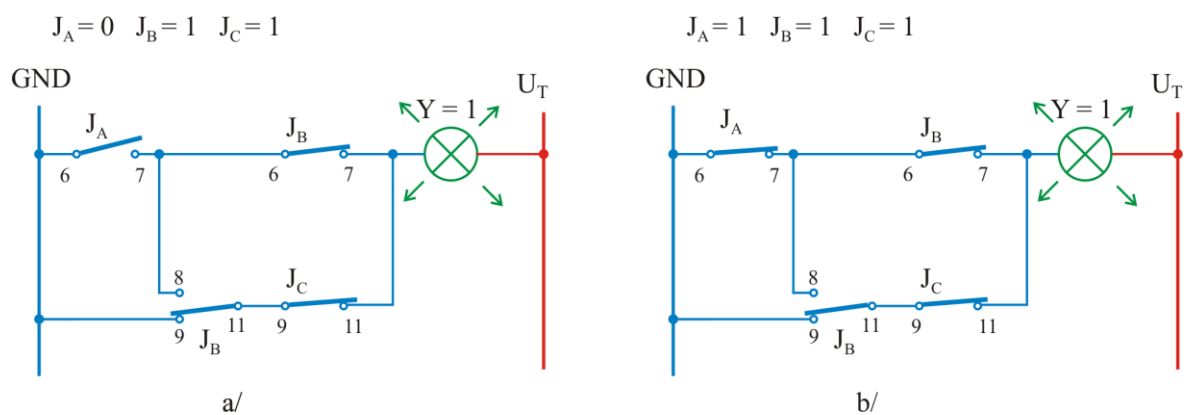
29. ábra A működés ellenőrzése



30. ábra A működés ellenőrzése

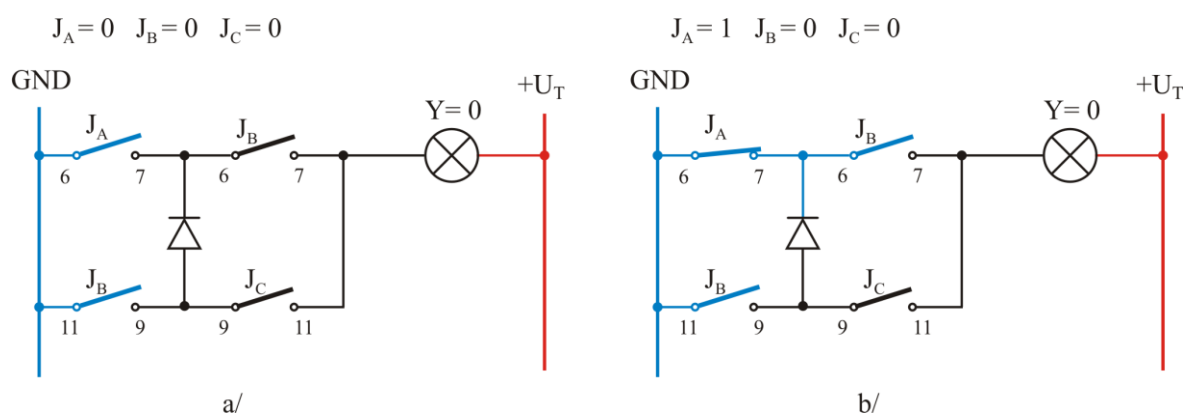


31. ábra A működés ellenőrzése

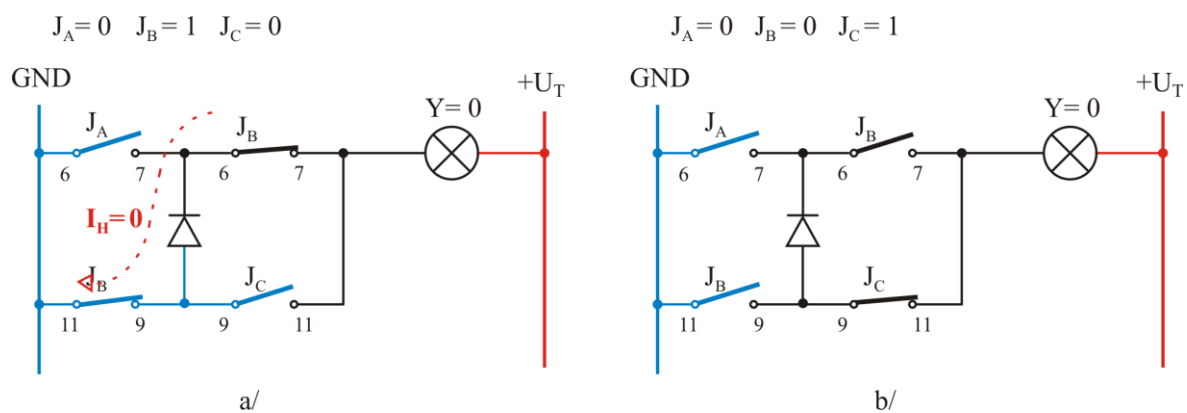


32. ábra A működés ellenőrzése

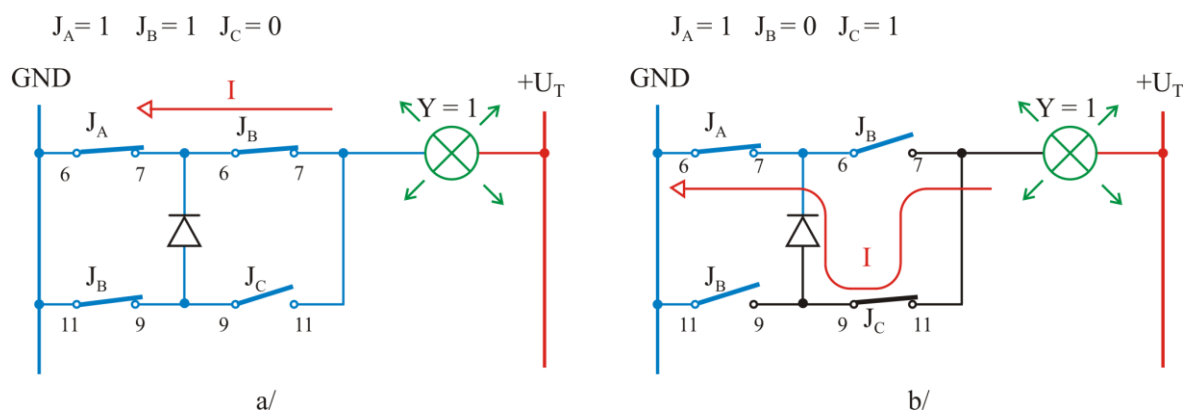
A 25/b ábrán jelölt hamis áramutat egyenáramú hálózatokban diódával is kiküszöbölhetjük (33. ábra). A dióda működését a 3. fejezetben részletesen ismertetjük.



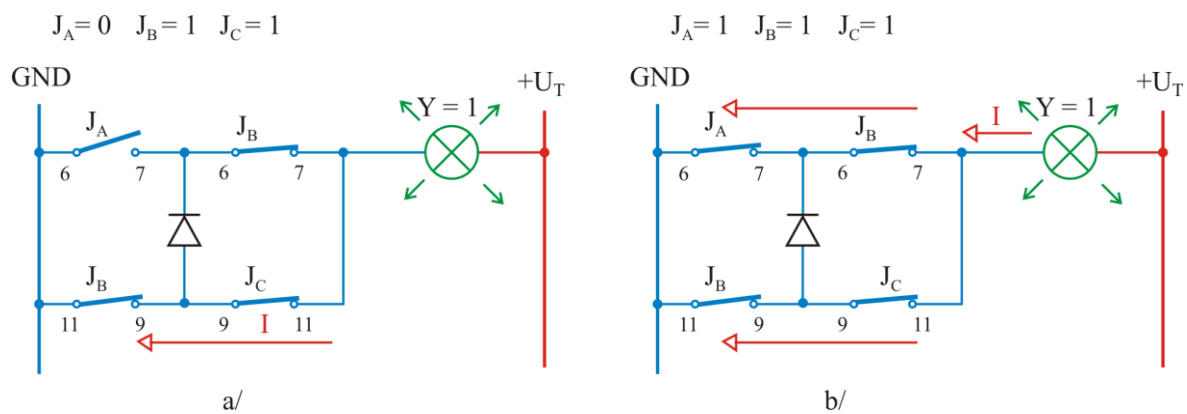
33. ábra Hamis áramút kiküszöbölése diódával



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 a 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 a legegyszerűbb alakra a kapcsolást!

([megoldás](#))

2.4.6.

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

Érintkezők összevonásával hozza a 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 $L2 = A + \overline{C}$ függvényekkel megadott hálózatot!

Érintkezők összevonásával hozza a legegyszerűbb alakra a kapcsolást!

Küszöbölje ki a keletkezett hamis áramutat érintkezővel és diódával is.

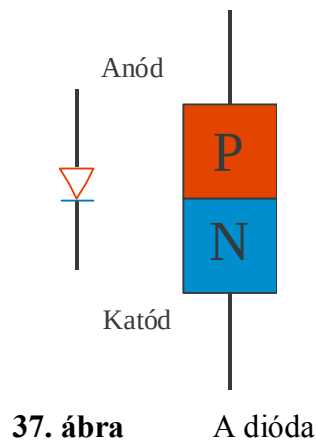
(megoldás)

3. A DIÓDA

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

Albert Einstein

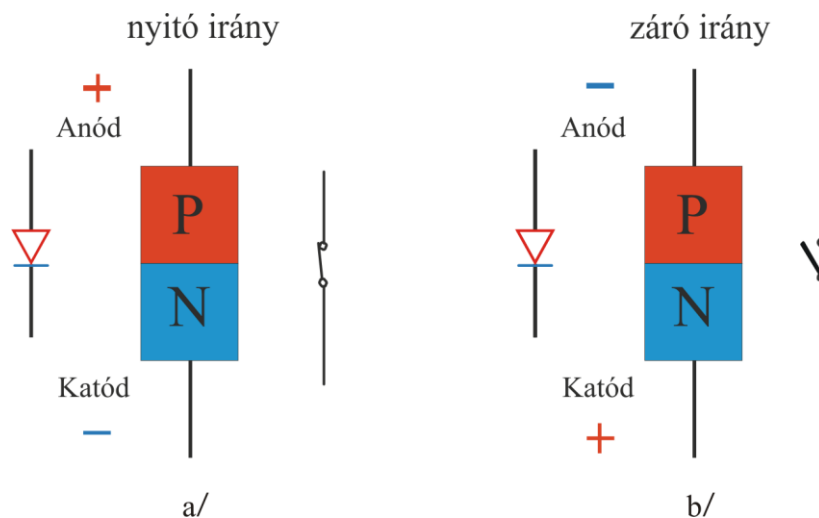
A mai diódák tranzisztorok és integrált áramkörök alapanyaga az ún. félvezető, melynek villamos vezetőképessége a vezetők (fémek) és a szigetelők között van. A legelterjedtebb a szilícium (Si). A diódák többsége egy egykristályban kialakított **PN** átmenet. A **P**- típusú réteget anódnak (**A**), az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

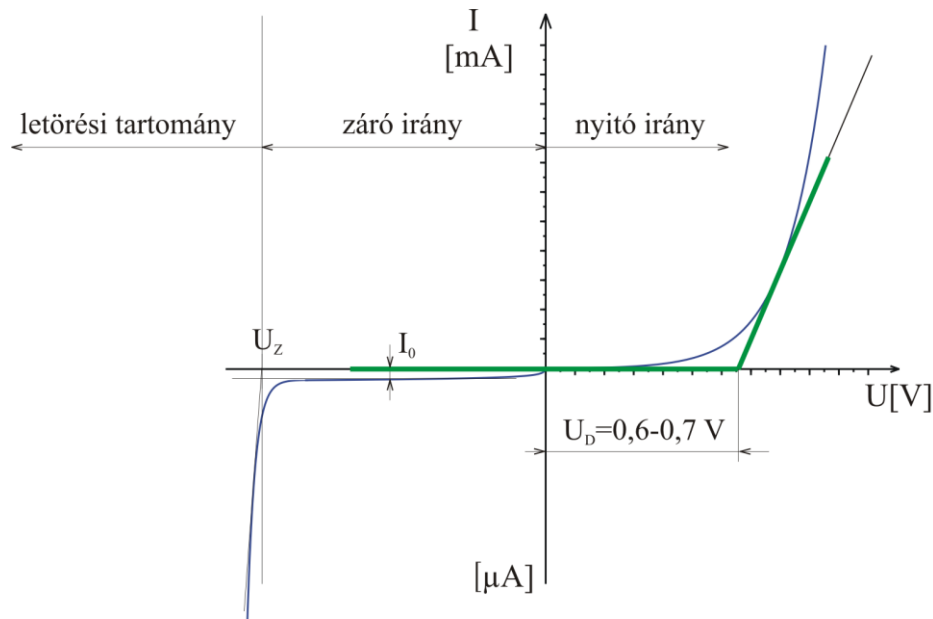


38. ábra

A dióda nyitó és záró iránya

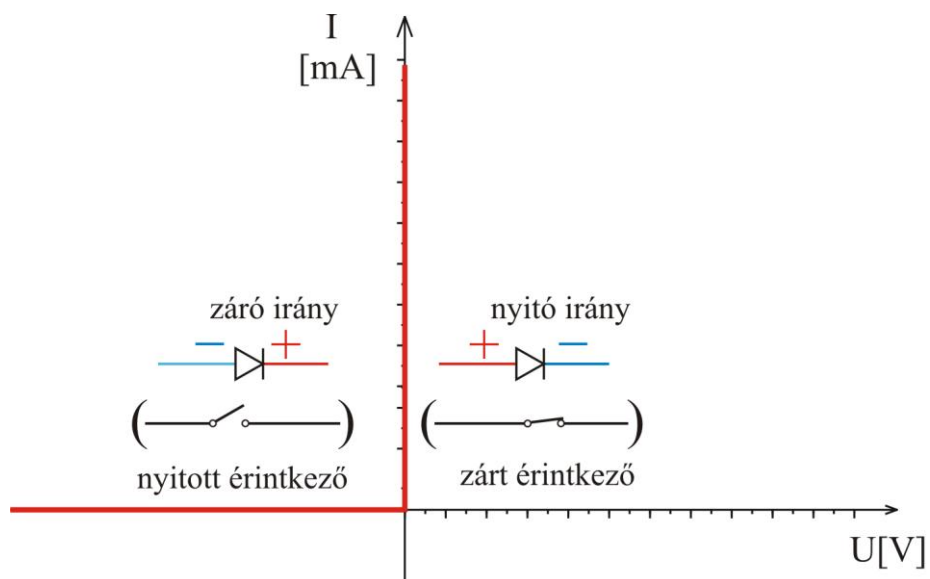
3.1. A dióda karakterisztikája

A dióda karakterisztikáknak három tartományát különböztetjük meg: a nyitó irányt, a záró irányt és a letörési tartományt. A dióda nyitóirányú karakterisztikája egy exponenciális függvény. (39. ábra) Záró irányban a diódán nagyon kicsi (μA) I_0 visszáram folyik. U_z a záró irányú letörési feszültség. Ha a diódát egyenirányítóként használjuk, ezt a tartományt szigorúan kerülni kell! A letörési tartományban Zener-diódákat használunk.



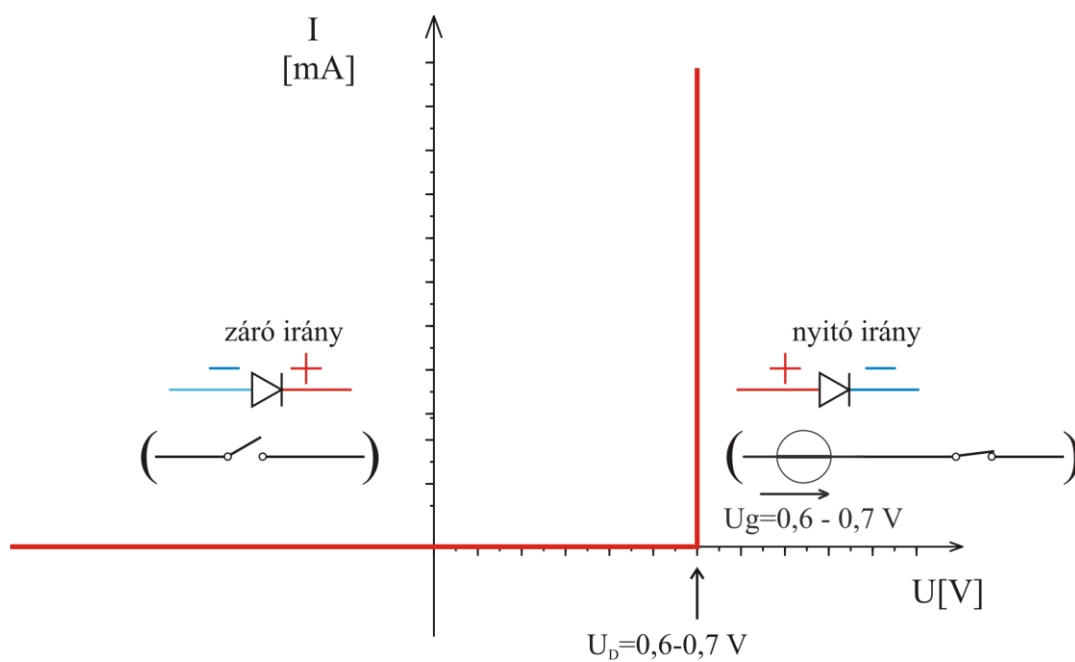
39. ábra A dióda karakterisztikája

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

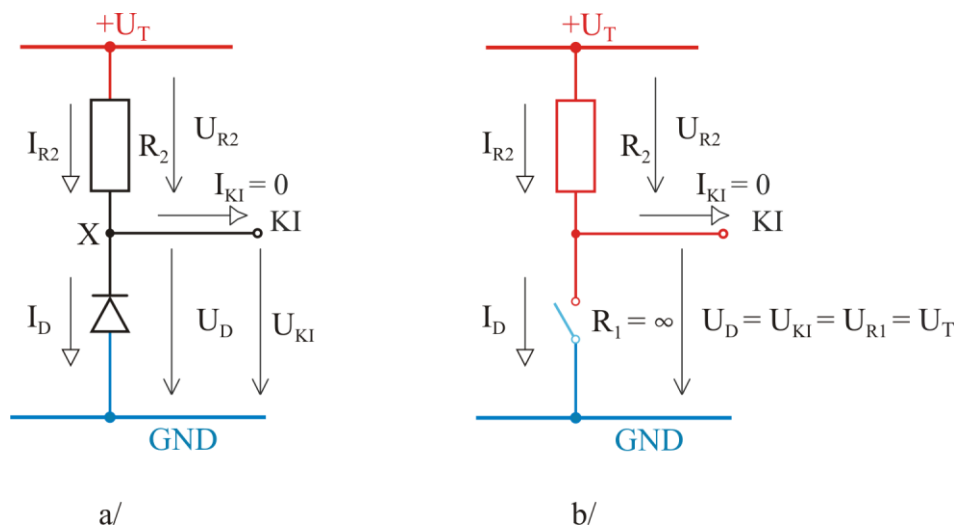
A gyakorlatban a diódát záró irányban egy nyitott érintkezővel (szakadás), nyitó irányban pedig egy sorosan összekapcsolt zárt érintkező (rövidzár) és egy $0,6 - 0,7 \text{ V}$ kapocsfeszültségű feszültség-generátorral helyettesítjük. (41. ábra)



41. ábra A dióda közelítő karakterisztikája

3.2. Diódás alapkapscsolások

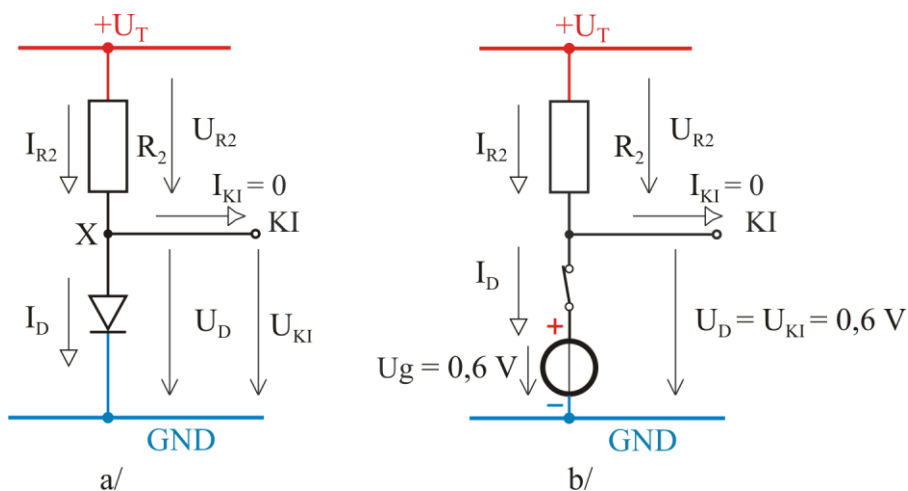
A 42. ábrán a dióda záró irányban szerepel. Ezért a 42./b ábrán látható helyettesítő kép alapján vizsgáljuk. A záróirányú diódának egy nyitott érintkező vagy szakadás felel meg. Ezért $I_{R2} = I_D = 0$, $U_{R2} = I_{R2} \cdot R_2 = 0$ és $U_D = U_{KI} = U_T$



42. ábra Záró irányba kapcsolt dióda

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

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



43. ábra Nyitó irányba kapcsolt dióda

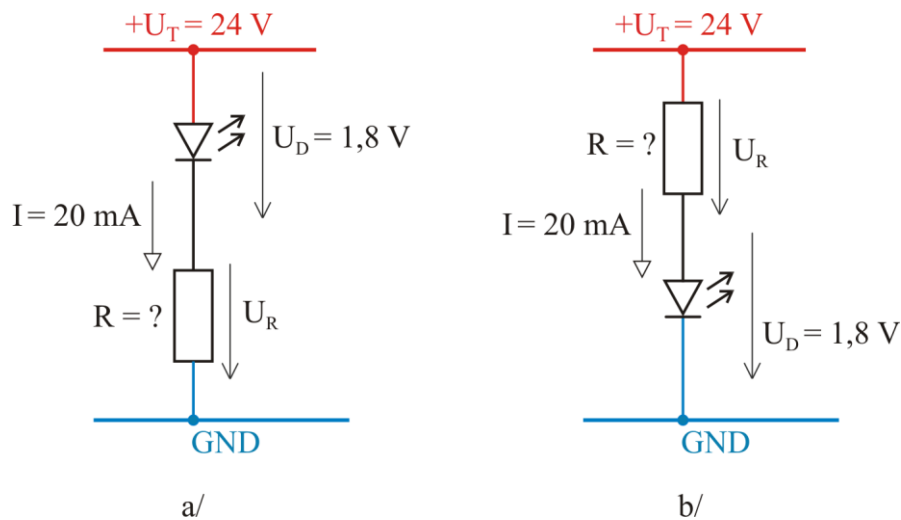
3.3. Világító diódák (LED-ek) alkalmazása

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.

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

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

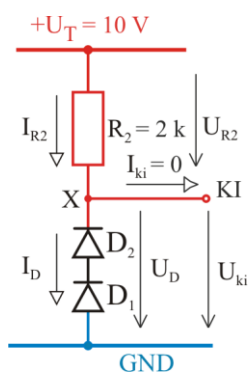


44. ábra A LED-ek bekötése

3.4. Ellenőrző kérdések, feladatok

Oldja meg a következő feladatokat!

3.4.1.

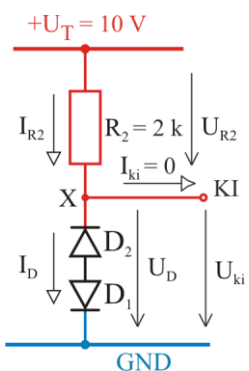


Keresendő:

$U_D = ?$
 $U_{R2} = ?$
 $I_D = ?$
 $I_{R2} = ?$
 $U_{ki} = ?$
 $U_{PX} = ?$

([megoldás](#))

3.4.2.

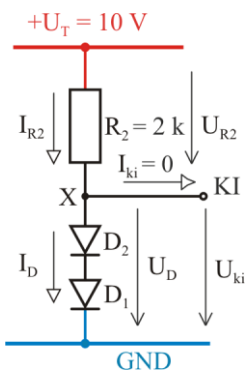


Keresendő:

$U_D = ?$
 $U_{R2} = ?$
 $I_D = ?$
 $I_{R2} = ?$
 $U_{ki} = ?$
 $U_{PX} = ?$

([megoldás](#))

3.4.3.

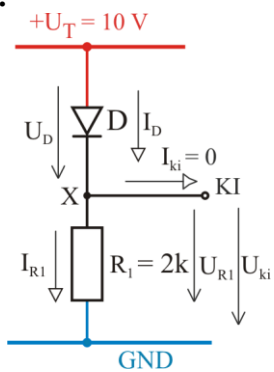


Keresendő:

$U_D = ?$
 $U_{R2} = ?$
 $I_D = ?$
 $I_{R2} = ?$
 $U_{ki} = ?$
 $U_{PX} = ?$

([megoldás](#))

3.4.4.



Keresendő:

$U_D = ?$

$U_{R1} = ?$

$I_D = ?$

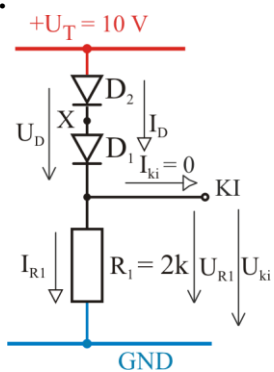
$I_{R1} = ?$

$U_{ki} = ?$

$U_{PX} = ?$

(megoldás)

3.4.5.



Keresendő:

$U_D = ?$

$U_{R1} = ?$

$I_D = ?$

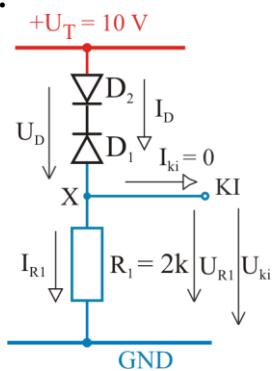
$I_{R1} = ?$

$U_{ki} = ?$

$U_{PX} = ?$

(megoldás)

3.4.6.



Keresendő:

$U_D = ?$

$U_{R1} = ?$

$I_D = ?$

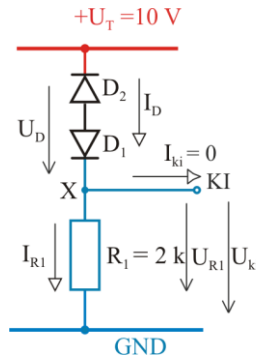
$I_{R1} = ?$

$U_{ki} = ?$

$U_{PX} = ?$

(megoldás)

3.4.7.

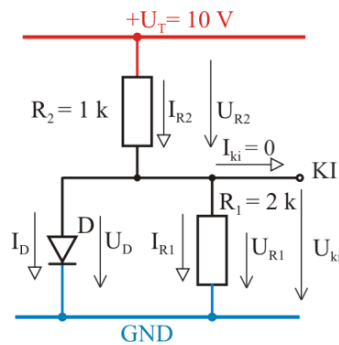


Keresendő:

$U_D = ?$
 $U_{R1} = ?$
 $I_D = ?$
 $I_{R1} = ?$
 $U_{ki} = ?$
 $U_{PX} = ?$

(megoldás)

3.4.8.

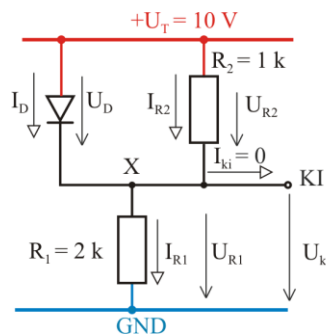


Keresendő:

$U_D = ?$
 $U_{R1} = ?$
 $U_{R2} = ?$
 $I_D = ?$
 $I_{R1} = ?$
 $I_{R2} = ?$
 $U_{KI} = ?$
 $U_{PX} = ?$

(megoldás)

3.4.9.

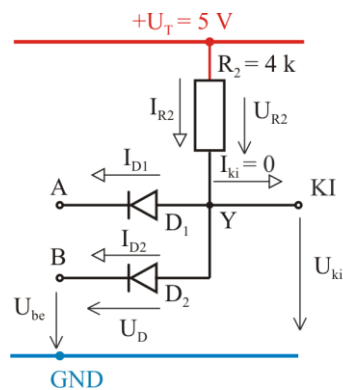


Keresendő:

$U_D = ?$
 $U_{R1} = ?$
 $U_{R2} = ?$
 $I_D = ?$
 $I_{R1} = ?$
 $I_{R2} = ?$
 $U_{KI} = ?$
 $U_{PX} = ?$

(megoldás)

3.4.10.



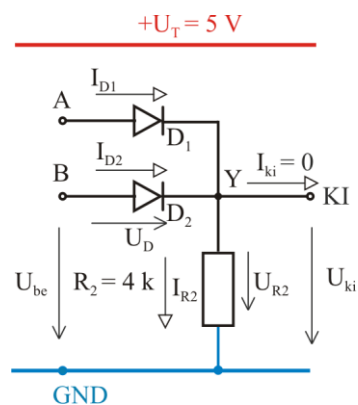
Keresendő:

a kapcsolás működése

$I_{D1} = ?$
 $I_{D2} = ?$
 $I_{R2} = ?$
 $U_{ki} = ?$

(megoldás)

3.4.11.



Keresendő:

a kapcsolás működése

$I_{D1} = ?$

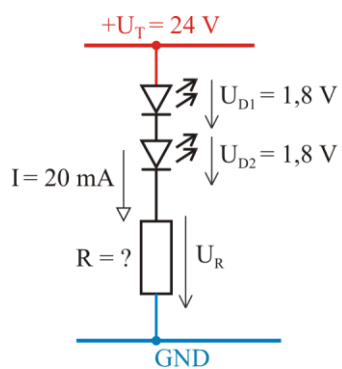
$I_{D2} = ?$

$I_{R2} = ?$

$U_{ki} = ?$

(megoldás)

3.4.12.



Keresendő:

$U_R = ?$

$R = ?$

(megoldás)

4. A TRANZISZTOR

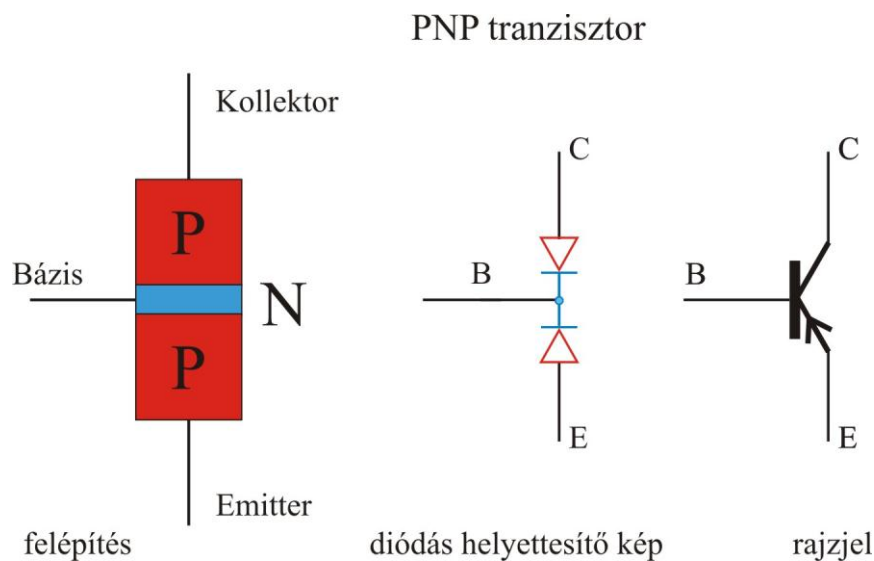
„Jobb sikertelennek lenni az eredetiségben, mint sikeresnek az utánzásban.”
Herman Melville

A bipoláris tranzisztor volt az első, gyakorlatban megvalósított félvezető alapú erősítő elem. Az első tranzisztort 1947 decemberében a Bell Laboratóriumban William B. Shockley, John Bardeen és Walter Brattain állították elő, amiért 1956-ban Nobel-díjat is kaptak. Az emberiség fejlődésében nincs még egy találmány, ami akkora karriert futott volna be, mint a tranzisztor, és annyira megváltoztatta volna világunkat, mint ez az erősítő eszköz.

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 tranzisztort felépítő rétegek sorrendjétől függően beszélhetünk **PNP** és **NPN** tranzisztorról. A 45. ábrán a **PNP** tranzisztor felépítése, helyettesítő képe és rajzjele látható.

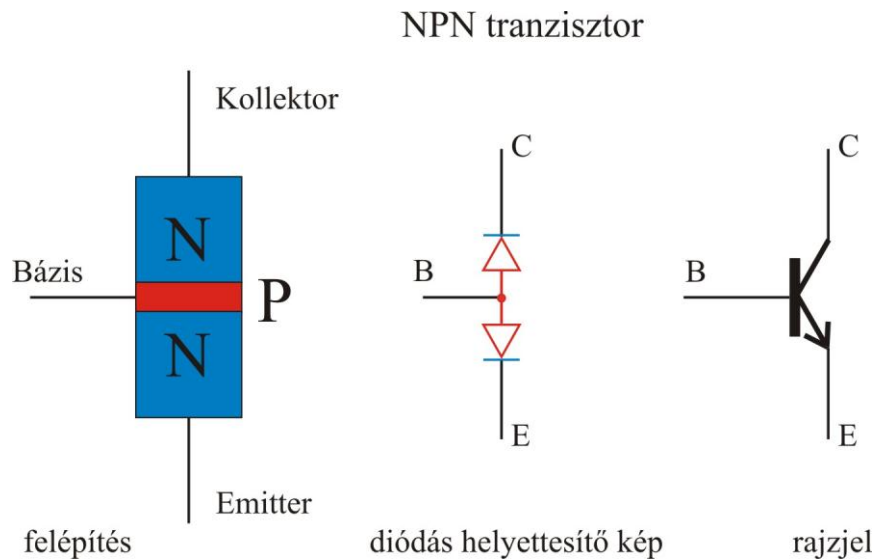


45. ábra PNP tranzisztor felépítése, helyettesítő képe és rajzjele

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 tranzisztorhatást 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:

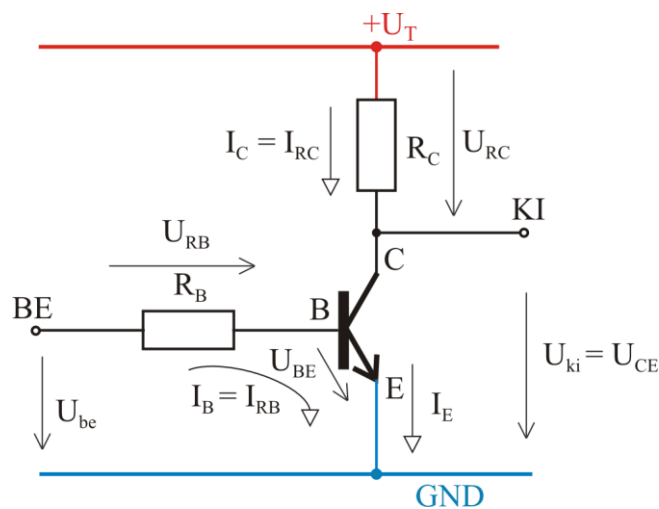
- A bázis feszültsége alatta van a bázis-emitter dióda nyitó feszültségének, a bázisban nem folyik áram, ennek következtében a kollektor körben sem folyik vezérelt áram, a tranzisztor lezár, szakadásként viselkedik. Ilyenkor csak 10-100 μA nagyságú, úgynevezett maradék kollektor áram mérhető.
- A bázisra 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 üzemmódúnak 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.

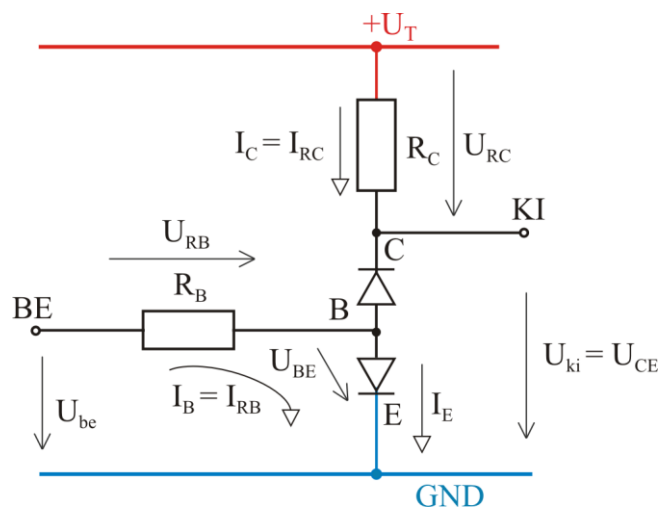
4.2. A tranzisztor földelt emitteres kapcsolása

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** alkapcsolásról. A közös pont rendszerint a **0** potenciálúnak tekintett áramköri pont, a föld. A három alkapcsolás különböző jellemzőkkel rendelkezik. A **F-B** és **F-C** alkapcsolások a **F-E** alkapcsolásból visszacsatolással származtathatóak. A földelt emitteres kapcsolás a 47. ábrán látható.



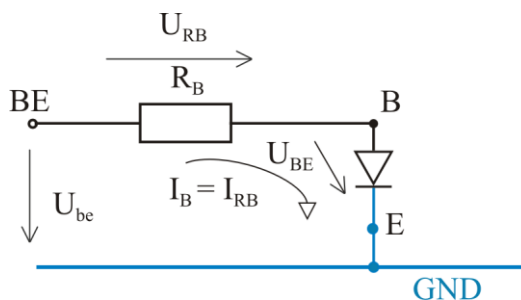
47. ábra Földelt emitteres alkapcsolás

A tranzisztor helyett 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

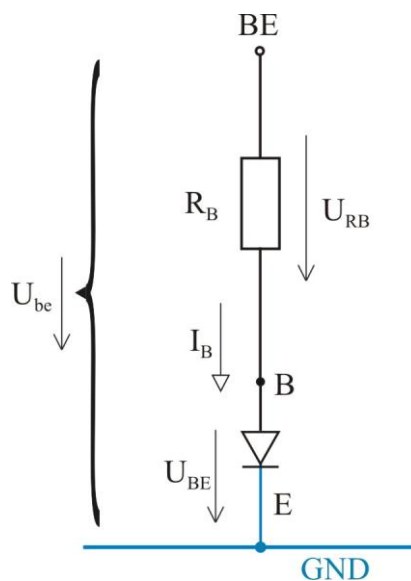
A 43. ábrán látható kapcsoláshoz hasonlóan az áram könnyen számítható:

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

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

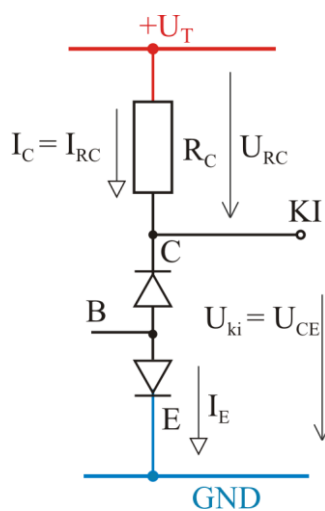
Ez egy fontos eredmény.

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



50. ábra A bázis kör vizsgálata

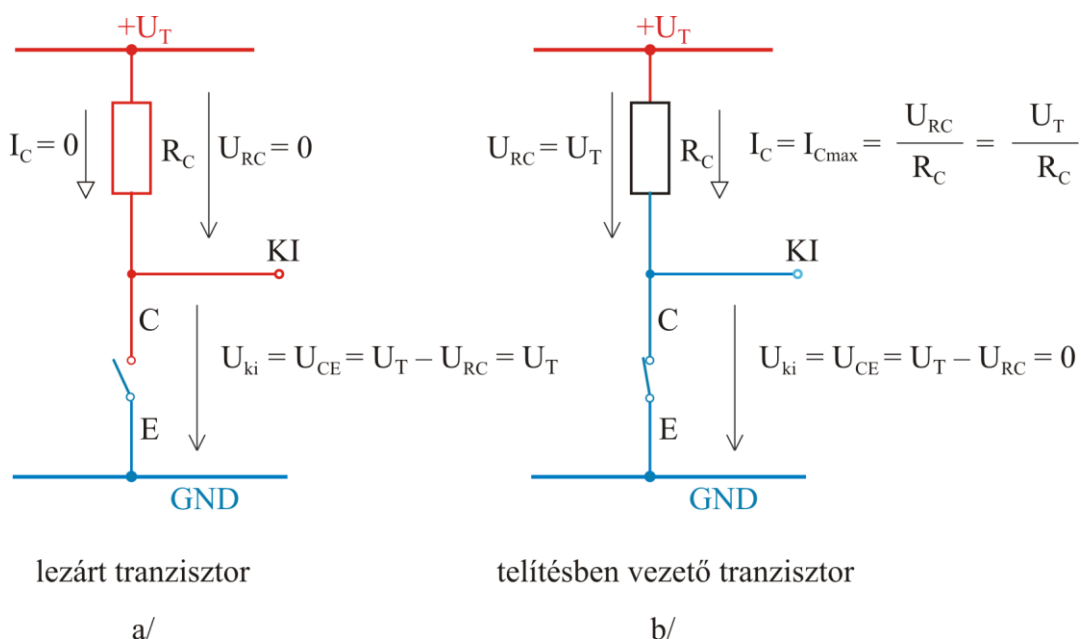
Térjünk vissza a 48. ábrához és vizsgáljuk meg a kollektor kört!



51. ábra A kollektor kör vizsgálata

Az 51. ábrán látható, hogy a **BC** (bázis – kollektor) dióda záró-irányú. Ezért $I_C = 0$ és $U_{ki} = U_T$. Ennek az 52/a ábra szerinti helyettesítő kép felel meg.

Ha az ideális tranzisztort úgy vezéreljük, hogy „telítésben” vezessen, akkor az az 52/b ábra szerinti helyettesítő képet használhatjuk.



52. ábra A kollektor kör helyettesítő képe

Összefoglalva, a lezárt tranzisztor esetén $I_C = 0$ és $U_{ki} = U_T$,
telítésben vezető tranzisztor esetén $U_{ki} = 0$, és

$$I_C = I_{C_{\max}} = \frac{U_T}{R_C}$$

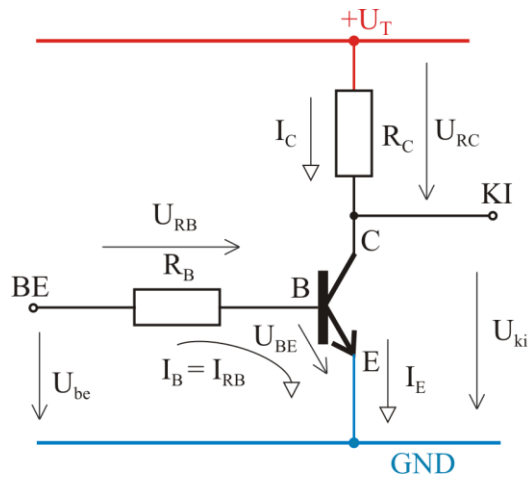
A két „szélső” állapot között a kollektor áramra a következő összefüggés érvényes:

$$I_C = \mathbf{B} \cdot I_B,$$

ahol $\mathbf{B}$ a tranzisztor áramerősítési tényezője (10 és 1000 közötti érték)

A képlet 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. Hogy a szemünk megszokja a „látványt” a kapcsolási rajzon továbbra is feltüntetjük a tranzisztor kivezetéseinek B – C – E jelölését.



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

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

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

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

B: áramerősítési tényező

$$I_E = I_C + I_B$$

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

53. ábra A földelt emitteres kapcsolás vizsgálata

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

$I_B = \frac{U_{be} - U_{BE}}{R_B} = \frac{U_{be} - 0,6 \text{ V}}{R_B}$	$I_C = B \cdot I_B$	$U_{RC} = I_C \cdot R_C$	$U_{KI} = U_T - U_{RC} = U_T - I_C \cdot R_C$
--	---------------------	--------------------------	---

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

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

Ekkor:

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

A kapott értékeket rögzítsük a táblázatban! Az elkészített táblázatban jól megkülönböztethető a három tartomány.

U_{be} [V]	I_B [mA]	I_C [mA]	U_{RC} [V]	U_{ki} [V]	
0	0	0	0	24	KAPCSOLÓ ÜZEM (lezárt tranzisztor)
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	LINEÁRIS TARTOMÁNY (invertáló erősítő)
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	KAPCSOLÓ ÜZEM (a tranzisztort telítésben vezet)
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	

1. táblázat Ideális bipoláris tranzisztor üzemállapotai

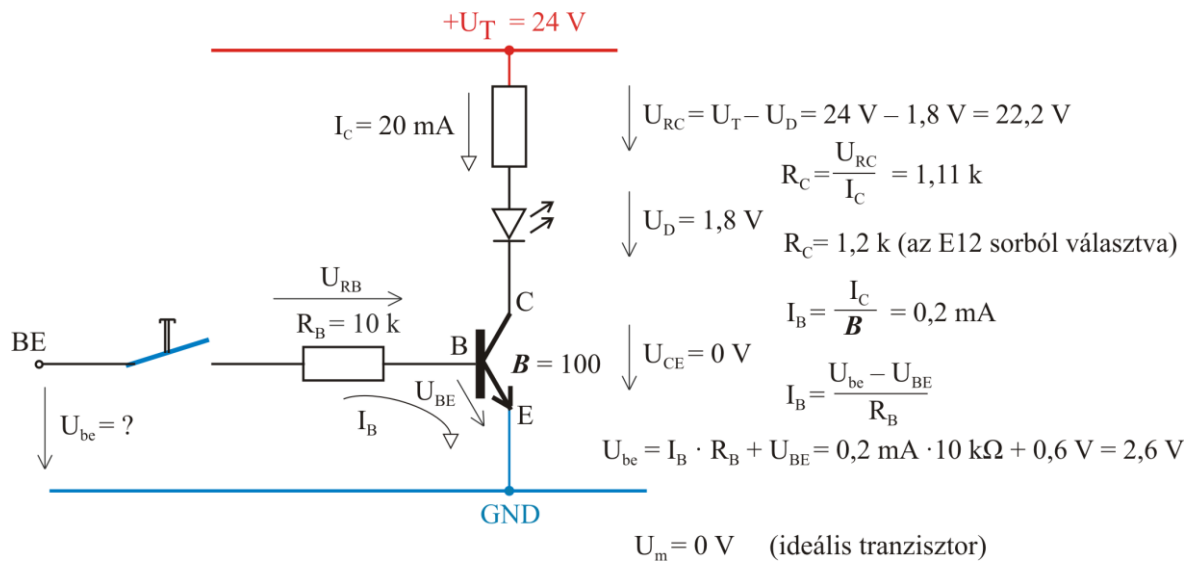
4.3. A tranzisztor kapcsolóüzeme

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.

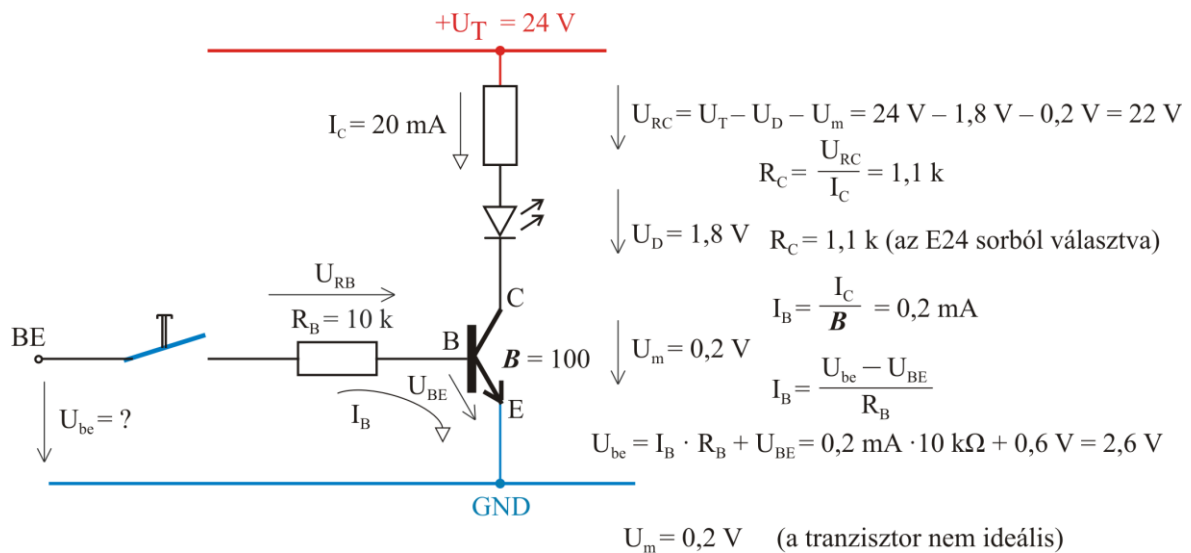
Ha a tranzisztort vezérelhető kapcsolóként használjuk csak két szélső állapot lehetséges: Bekapcsolt állapotban (nagy a bázisáram) az R_C ellenállás által korlátozott maximális kollektor áram folyik és a kollektor-emitter feszültség minimális (néhány tized volt).

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! Először a tranzisztort tekintjük ideálinak, azaz amikor telítésben vezet, akkor az $U_{CE} = 0$ V, amikor lezár $I_C = 0$ mA. (54. ábra) Az 55. ábrán egy valóságos tranzisztorral oldottuk meg ugyanazt a feladatot. A kerekítés miatt a végeredmény nem változott.



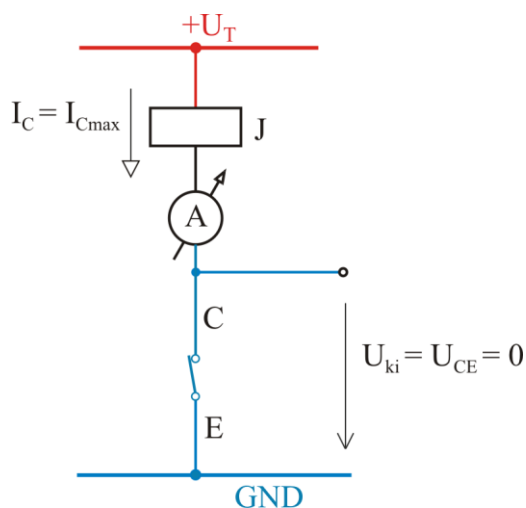
54. ábra Az ideális tranzisztor, mint kapcsoló



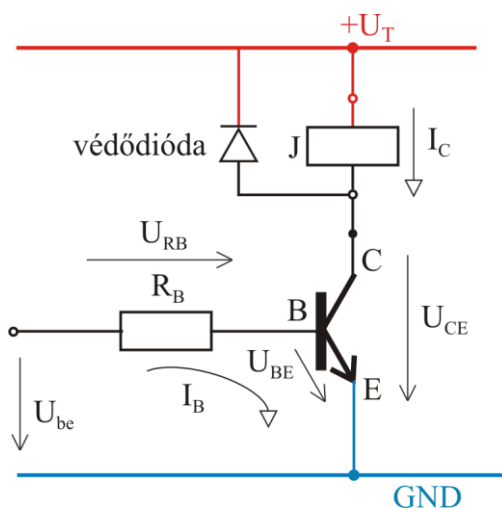
55. ábra A valóságos tranzisztor, mint kapcsoló

A következő feladatként működtessünk egy jelfogót tranzisztorral! Először mérjük meg a jelfogó meghúzásához szükséges áramot! (56. ábra) A kapcsolóként használt tranzisztornak ezt az áramot kell kapcsolnia a kollektor – körében.

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



56. ábra Jelfogó áramának megmérése

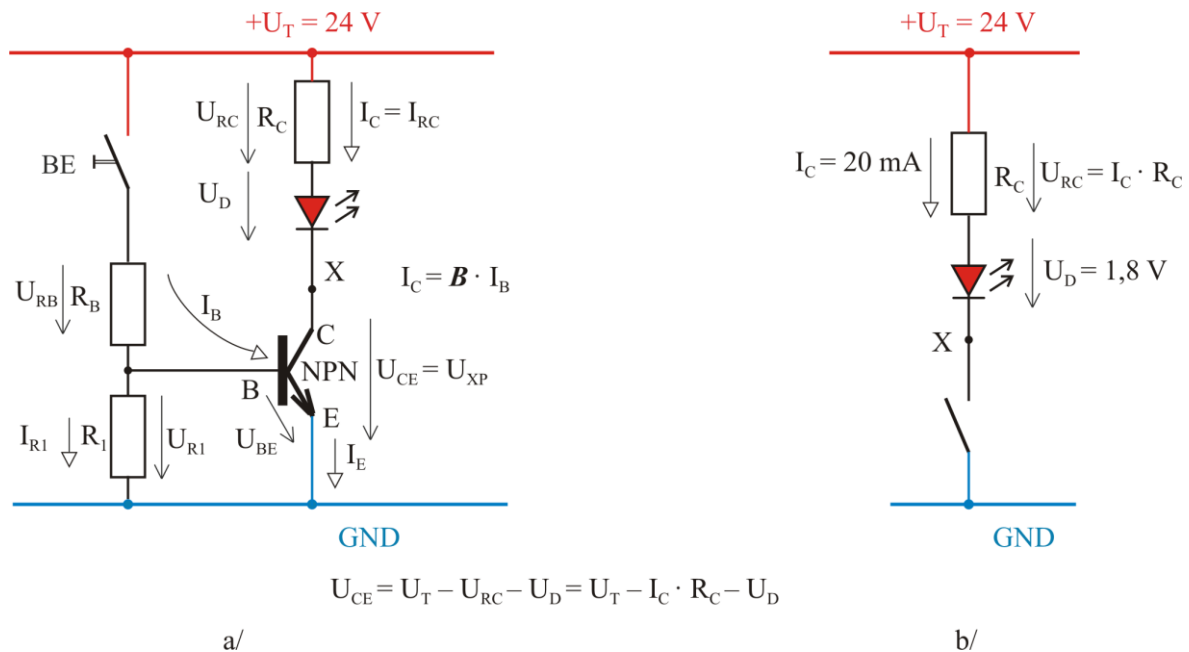


57. ábra Jelfogó kapcsolása tranzisztorral

Az 57. ábrán a kollektor – körben feltüntetett **J** jelfogó tekercsével párhuzamosan záró irányban egy védődiódát kötöttünk. A dióda feladata, hogy a tranzisztor kikapcsolásakor keletkező induktív feszültséglökéstől megvédjük a tranzisztort.

Az 52. ábrán láthattuk, hogy a kapcsolóüzemben működő NPN tranzisztor a kimenetét a „földre húzza le” amikor telítésben vezet. Ezt a következő példa is jól szemlélteti.

Ismét kapcsoljunk világító diódát NPN tranzisztorral!



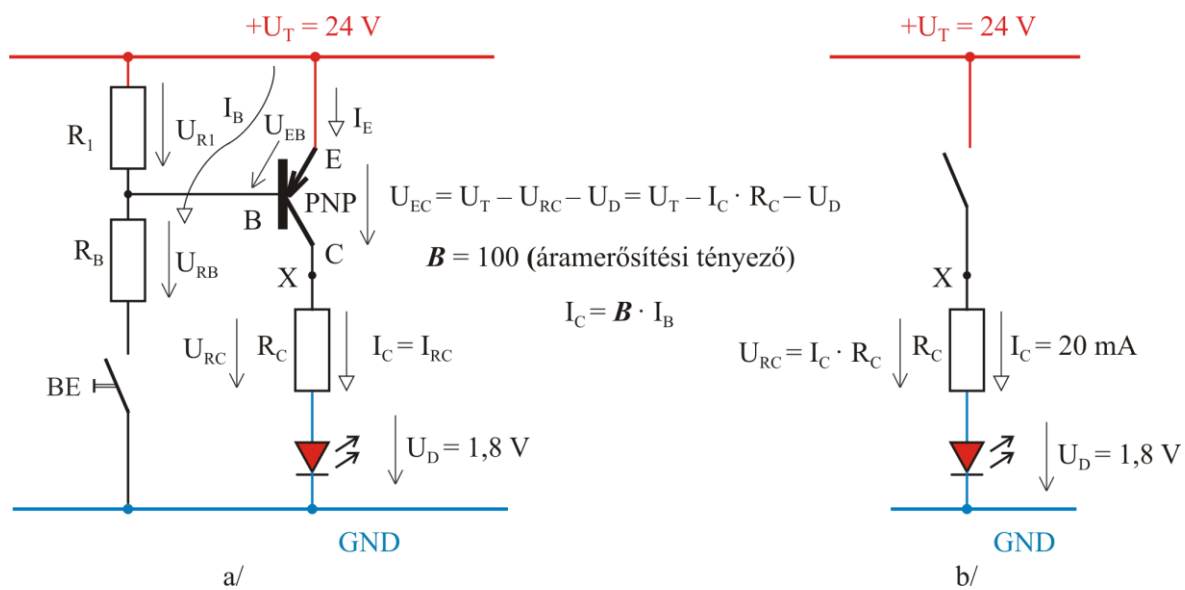
58. ábra LED kapcsolása NPN tranzisztorral

Ha a BE jelű nyomógomb nincsen működtetve, $I_{R1} = 0 \text{ mA}$, $U_{BE} = 0 \text{ V}$, $I_B = 0 \text{ mA}$, a tranzisztor lezárt állapotban van. Az 58./b ábra szerint ez szakadásnak felel meg, és így $I_C = 0 \text{ mA}$. Ha a BE jelű nyomógombot megnyomjuk, záró érintkezője zár. Az R_B bázis ellenálláson át akkora bázis áram folyik, ami a tranzisztort telítésbe vezérli. Az X pont potenciálját a tranzisztor közel földpotenciálra húzza. A LED világít.

A következőkben vizsgáljuk meg a PNP tranzisztort kapcsolóüzemben! (59. ábra)

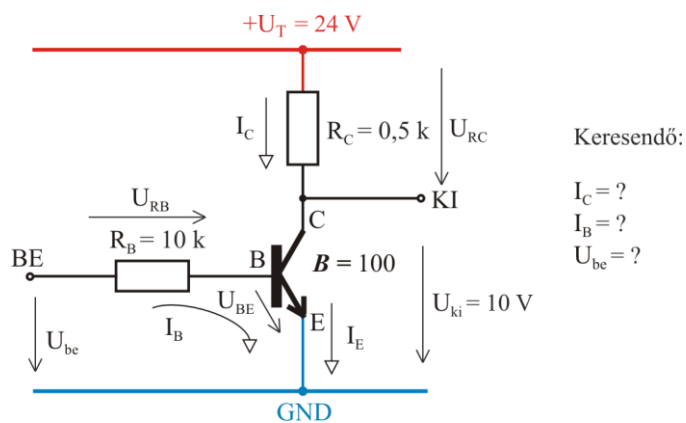
Ha a BE jelű nyomógomb nincsen működtetve, $I_{R1} = 0 \text{ mA}$, $U_{EB} = 0 \text{ V}$, $I_B = 0 \text{ mA}$, a tranzisztor lezárt állapotban van. Az 59./b ábra szerint ez szakadásnak felel meg, és így $I_C = 0 \text{ mA}$. Ha a BE jelű nyomógombot megnyomjuk, záró érintkezője zár. Az R_B bázis ellenálláson át akkora bázis áram folyik, ami a tranzisztort telítésbe vezérli. Az X pont potenciálját a tranzisztor közel $+U_T$ potenciálra húzza. A LED világít.

Tehát, a telítésben vezető NPN tranzisztor a kimenetét (C), mindig földre húzza, a PNP tranzisztor pedig $+U_T$ potenciálra húz.



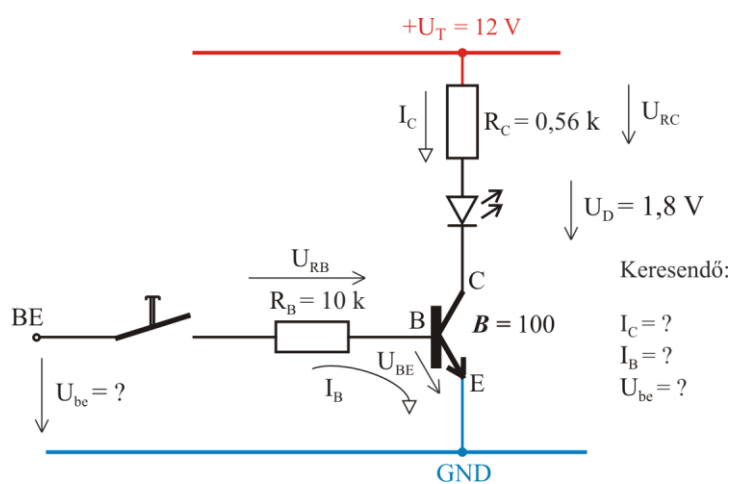
59. ábra LED kapcsolása PNP tranzisztorral

4.4.4.



(megoldás)

4.4.5.



(megoldás)

5.2. A szilárdtest relék

Annak érdekében, hogy egy számítógép megfelelő teljesítményű beavatkozót /pl. villanymotort/ tudjon működtetni, gyakran jelentős teljesítményerősítésre van szükség. Ennek legismertebb és hosszú ideje alkalmazott eszközei az elektromechanikus relék és mágneskapcsolók. Ez megbízhatósági okokból - a félvezetőtechnika jelenlegi szintjét figyelembe véve – nem nevezhető korszerű megoldásnak. A teljesítmény félvezető eszközök és kapcsolástechnikájuk fejlődése lehetővé tette az elektronikus, úgynevezett szilárdtest relék (Solid State Relay = SSR) nagysorozatú gyártását.

Ezekben az eszközökben mozgó alkatrész nincs, a kapcsolást elektronikus alkatrészek végzik. Kis bemeneti teljesítmény mellett nagy teljesítmények kapcsolására alkalmasak.

A szilárdtest-reléket és az elektromágneses reléket összehasonlítva a következő eredményre jutunk:

Az elektromágneses relék hátrányai:

- megbízhatóságuk, élettartamuk korlátozott,
- működésük zajos,
- működésük villamos zajt, rádiófrekvenciás zavart okoz,
- nagy a fogyasztásuk,
- az érintkezők átmeneti ellenállása bizonyos működési időtartam után időlegesen vagy tartósan túl nagy értékű lesz,
- az érintkezők beragadhatnak, összehegedhetnek,
- a szerkezeti elemek kopnak, kifáradnak.

Az elektromágneses relék előnyei:

- a bemenet és a kimenet galvanikusan szét van választva,
- több érintkezős felépítés,
- jó védettség a bemeneti tranziensekkel szemben,
- a hőmérsékletváltozással szemben érzéketlenek.

A szilárdtest relék fő előnyei:

- nagy kapcsolási gyakoriság,
- kompatibilis különböző logikai áramkörökkel,
- pergesmentes kapcsolat,

- gyakorlatilag korlátlan élettartam,
- hangtalan működés,
- a kapcsolás a váltófeszültség nullátmeneténél történik,
- a környezeti feltételekkel szemben érzéketlen.

A szilárdtest relék hátránya:

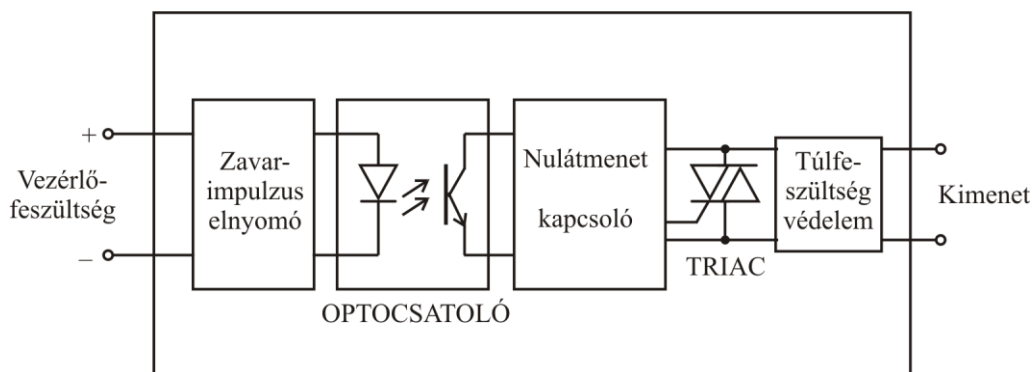
- gazdasági okokból csak egy záróérintkező funkció realizálható,
- az áramnem kötöttsége,
- viszonylag nagy teljesítményveszteség.

A 61. ábra egy tipikus SSR áramkör vázlatát mutatja. A bemeneti (vezérlő) áramkör szűrőből és optikai csatolóból áll. A szűrő feladata annak megakadályozása, hogy rövid idejű zavarimpulzusok bekapcsolják az SSR-t. A vezérlőjel (pl. 3 – 32 V egyenfeszültség) az optikai csatolóval elválasztott zérus-detektorra jut. A zérus-detektor a vezérlőjel megjelenése után a hálózati feszültség első nullátmeneténél kapcsolja be a triac (vagy két szembekapcsolt tirisztor) vezérlésével a terhelést. (62. ábra)

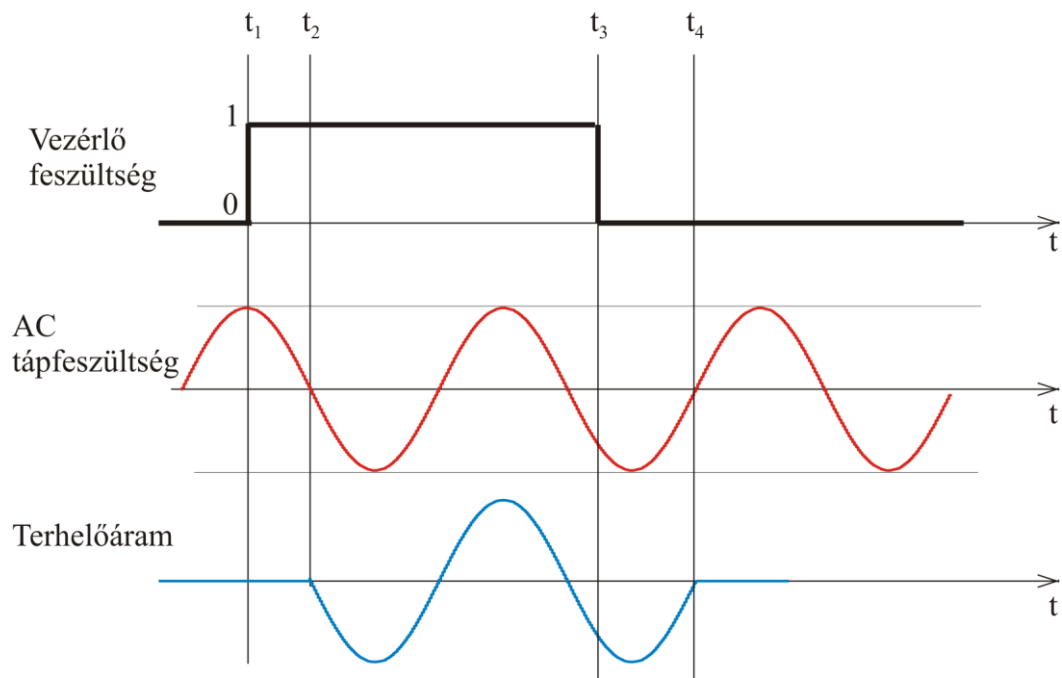
Ahol:

- t_1 a vezérlő feszültség bekapcsolásának időpontja
- t_2 a terhelő kör bekapcsolásának időpontja az AC tápfeszültség nullátmeneténél,
- t_3 a vezérlő feszültség kikapcsolásának időpontja,
- t_4 a terhelőkör kikapcsolási időpontja a terhelő áram nullátmeneténél.

A szilárdtestrelék a hálózati feszültségre szuperponálódott impulzusok korlátozása céljából túlfeszültség-védelemmel is el vannak látva.



61. ábra Az SSR belső felépítése



62. ábra A terhelés bekapcsolása

5.3. Ellenőrző kérdések, feladatok

5.3.1.

Működtessünk egy jelfogót egy TTL kapu kimenetéről, optocsatoló közbeiktatásával!

([megoldás](#))

5.3.2.

Működtessünk egy 3 fázisú motort egy TTL kapu kimenetéről, szilárdtest relé közbeiktatásával!

([megoldás](#))

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. $R_e = R_1 + R_2 = 1 \text{ k}\Omega + 1 \text{ k}\Omega = 2 \text{ k}\Omega$.

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

U_{R1} és U_{R2} kiszámításakor természetesen használhattuk volna, az ún. „feszültségosztó” képletet is, de hasonló eredményt kapunk, ha az Ohm törvényét alkalmazzuk R_1 -re és R_2 -re: $U_{R1} = I \cdot R_1 = 5 \text{ mA} \cdot 1 \text{ k}\Omega = 5 \text{ V}$,

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

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:

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

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

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

([vissza](#))

1.6.3.

Az 1.6.1. feladat megoldása alapján:

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

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

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

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

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 $U_{R2} = 3 \text{ V}$.

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:

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

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

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

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

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

[\(vissza\)](#)

1.6.5.

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

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

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

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

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

[\(vissza\)](#)

1.6.6.

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

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

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

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

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

[\(vissza\)](#)

1.6.7.

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

Ugyanerre az eredményre jutunk, ha kiszámítjuk R_e értékét

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

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

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

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

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

[\(vissza\)](#)

1.6.8.

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

Ugyanerre az eredményre jutunk, ha kiszámítjuk R_e értékét

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

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

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

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

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

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

[\(vissza\)](#)

1.6.9.

Az 1.6.1. feladat megoldása alapján:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

[\(vissza\)](#)

1.6.10.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

[\(vissza\)](#)

1.6.11.

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

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

Ugyanerre az eredményre jutunk, ha kiszámítjuk R_e értékét

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

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

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

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

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

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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

([vissza](#))

1.6.13.

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

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

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

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

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

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.

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

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

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

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

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

azaz, a teljes tápfeszültség a szakadáson mérhető

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

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

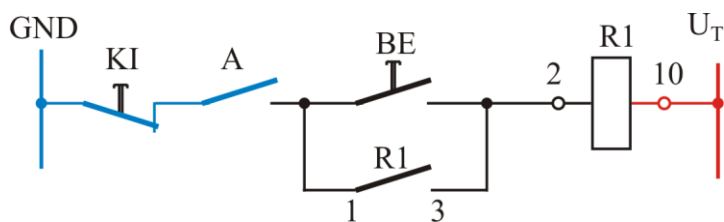
$$U_{P2} = U_{R1} + U_{R2} = 0 \text{ V}, \text{ vagy } U_{P2} = U_T - U_{R3} = 0 \text{ V},$$

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

([vissza](#))

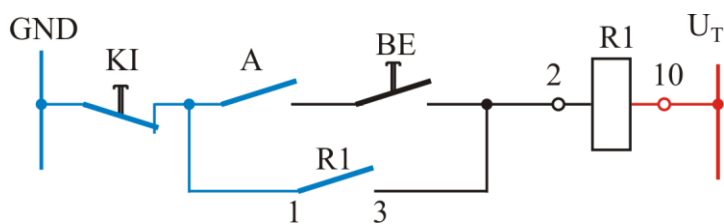
Az 2.4. feladat megoldásai:

2.4.1.



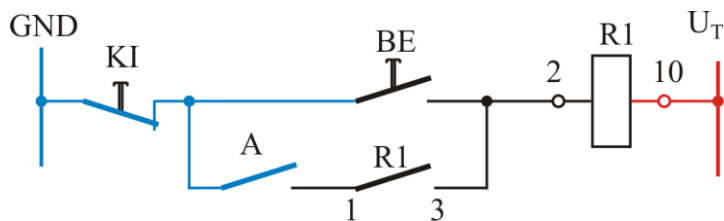
([vissza](#))

2.4.2.



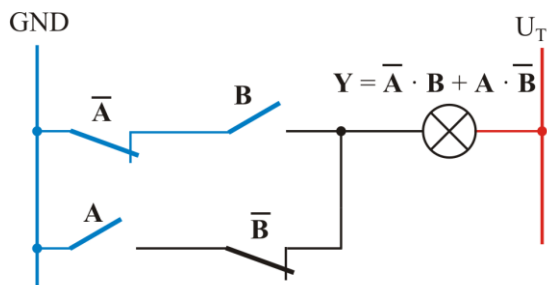
([vissza](#))

2.4.3.

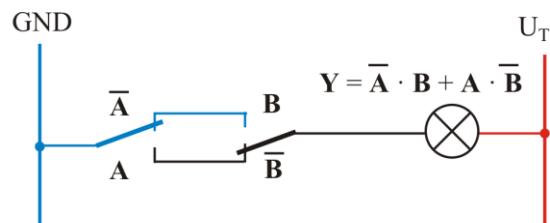


([vissza](#))

2.4.4.



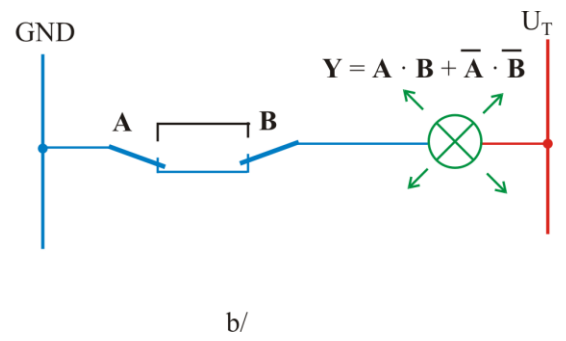
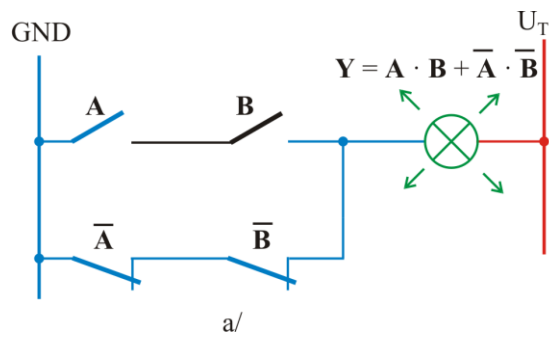
a/



b/

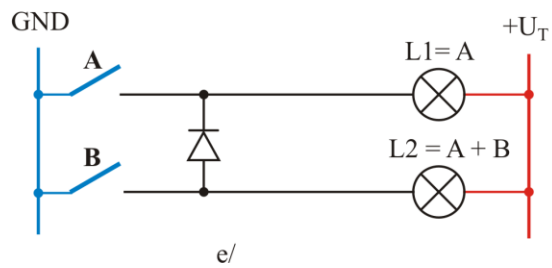
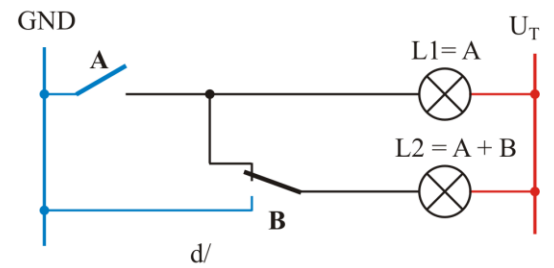
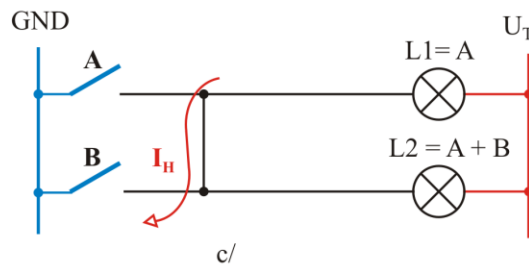
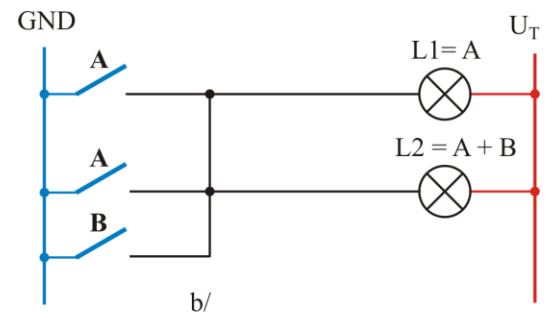
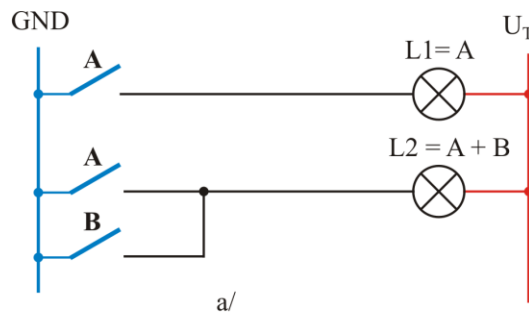
([vissza](#))

2.4.5.



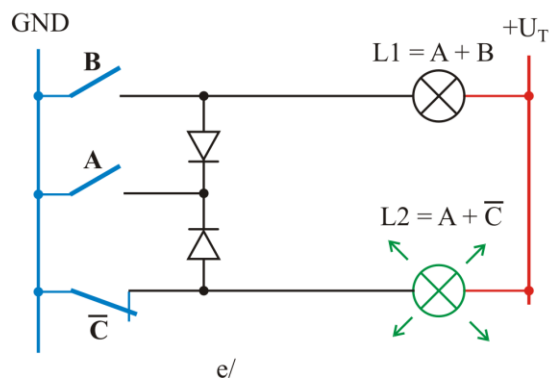
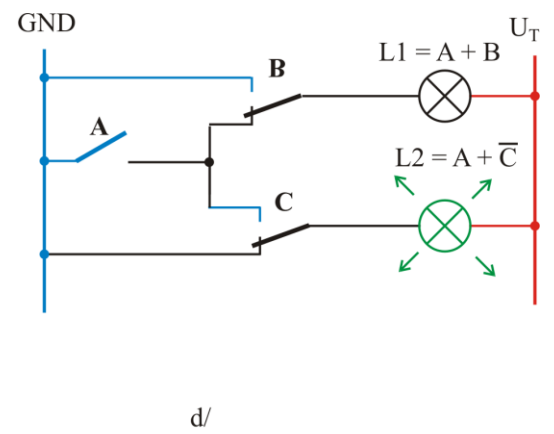
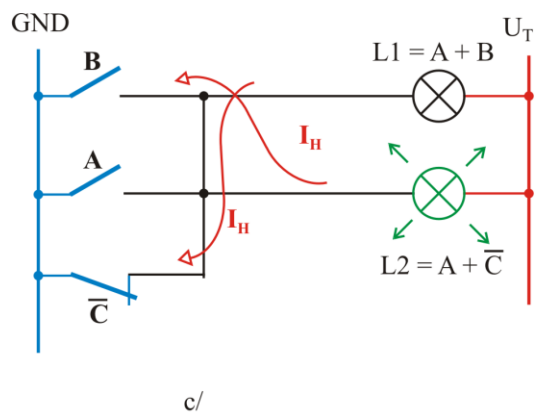
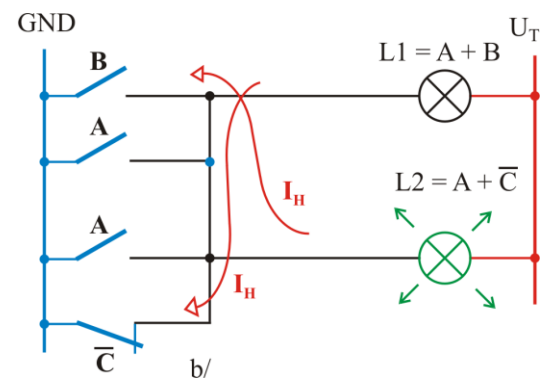
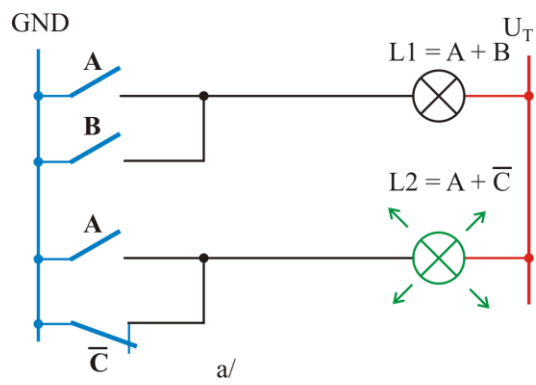
(vissza)

2.4.6.



(vissza)

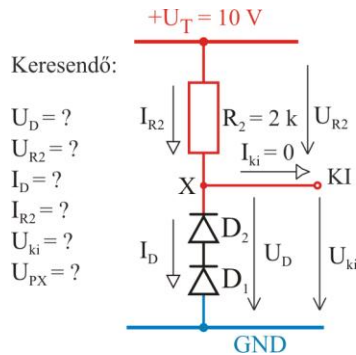
2.4.7.



(vissza)

A 3.4. feladat megoldásai:

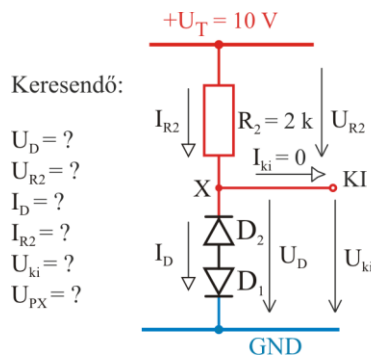
3.4.1.



A D_1 és D_2 dióda záróirányba van bekötve, ami szakadásnak tekinthető.
 Ezért $I_D = I_{R2} = 0 \text{ mA}$, azaz a szakadáson nem folyik áram.
 $U_{R2} = 0 \text{ mA} \cdot 2 \text{ k}\Omega = 0 \text{ V}$
 $U_D = U_T - U_{R2} = 10 \text{ V} - 0 \text{ V} = 10 \text{ V}$,
 a teljes tápfeszültség a szakadáson mérhető.
 $U_{ki} = U_D = U_{PX} = 10 \text{ V}$
 Ellenőrzés: $U_D + U_{R2} = U_T = 10 \text{ V} + 0 \text{ V} = 10 \text{ V}$

([vissza](#))

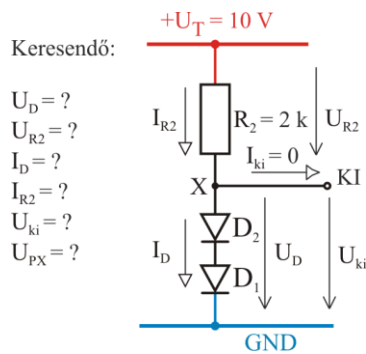
3.4.2.



A D_2 dióda záróirányba van bekötve, ami szakadásnak tekinthető.
 Ezért $I_D = I_{R2} = 0 \text{ mA}$, azaz a szakadáson nem folyik áram.
 $U_{R2} = 0 \text{ mA} \cdot 2 \text{ k}\Omega = 0 \text{ V}$
 $U_D = U_T - U_{R2} = 10 \text{ V} - 0 \text{ V} = 10 \text{ V}$,
 a teljes tápfeszültség a szakadáson mérhető.
 $U_{ki} = U_D = U_{PX} = 10 \text{ V}$
 Ellenőrzés: $U_D + U_{R2} = U_T = 10 \text{ V} + 0 \text{ V} = 10 \text{ V}$

([vissza](#))

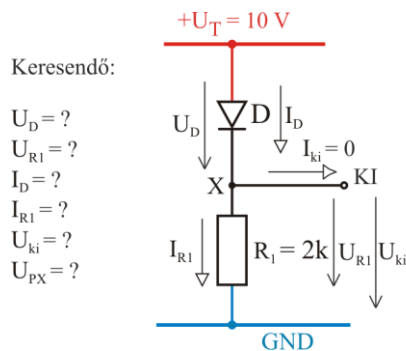
3.4.3.



Mindkét dióda nyitóirányba van bekötve.
 A nyitóirányba kötött diódákon $0,6 \text{ V}$ feszültség esik.
 Ezért $U_D = U_{ki} = 0,6 \text{ V} + 0,6 \text{ V} = 1,2 \text{ V}$.
 $U_{R2} = U_T - U_D = 10 \text{ V} - 1,2 \text{ V} = 8,8 \text{ V}$,
 $I_{R2} = U_{R2} / R_2 = 8,8 \text{ V} / 2 \text{ k}\Omega = 4,4 \text{ mA}$,
 $I_D = I_{R2} = 4,4 \text{ mA}$,
 $U_{PX} = U_D = 1,2 \text{ V}$

([vissza](#))

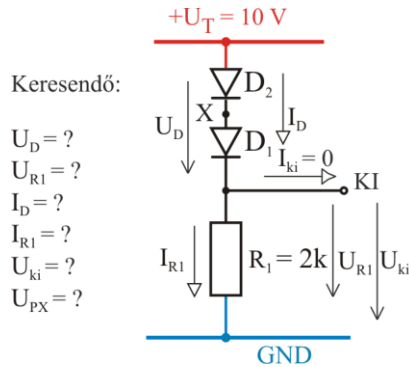
3.4.4.



A D dióda nyitóirányba van bekötve.
 A nyitóirányba kötött diódán $0,6 \text{ V}$ feszültség esik.
 Ezért $U_D = 0,6 \text{ V}$.
 $U_{R1} = U_T - U_D = 10 \text{ V} - 0,6 \text{ V} = 9,4 \text{ V}$,
 $U_{ki} = U_{R1} = 9,4 \text{ V}$,
 $I_{R1} = U_{R1} / R_1 = 9,4 \text{ V} / 2 \text{ k}\Omega = 4,7 \text{ mA}$,
 $I_D = I_{R1} = 4,7 \text{ mA}$,
 $U_{PX} = U_{R1} = 9,4 \text{ V}$

([vissza](#))

3.4.5.



Mindkét dióda nyitóirányba van bekötve.

A nyitóirányba kötött diódákon 0,6 V feszültség esik. Ezért $U_D = 0,6 \text{ V} + 0,6 \text{ V} = 1,2 \text{ V}$.

$$U_{R1} = U_T - U_D = 10 \text{ V} - 1,2 \text{ V} = 8,8 \text{ V},$$

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

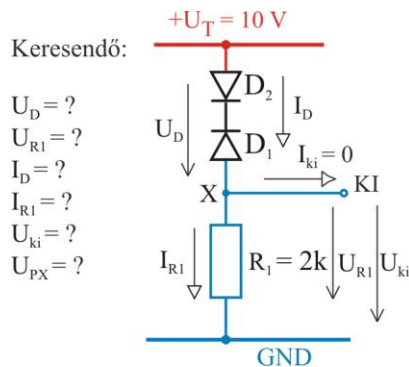
$$I_D = I_{R1} = 4,4 \text{ mA},$$

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

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

(vissza)

3.4.6.



A D_1 dióda záróirányba van bekötve, ami szakadásnak tekinthető.

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

$$U_{R1} = 0 \text{ mA} \cdot 2 \text{ k}\Omega = 0 \text{ V}$$

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

a teljes tápfeszültség a szakadáson mérhető.

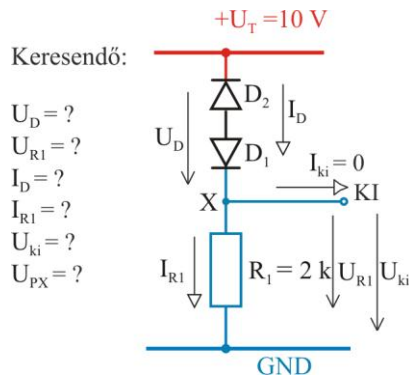
$$U_{ki} = U_{R1} = U_{PX} = 0 \text{ V}$$

Ellenőrzés:

$$U_D + U_{R1} = U_T = 10 \text{ V} + 0 \text{ V} = 10 \text{ V}$$

(vissza)

3.4.7.



A D_2 dióda záróirányba van bekötve, ami szakadásnak tekinthető.

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

$$U_{R1} = 0 \text{ mA} \cdot 2 \text{ k}\Omega = 0 \text{ V}$$

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

a teljes tápfeszültség a szakadáson mérhető.

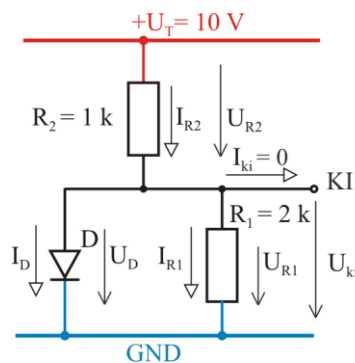
$$U_{ki} = U_{R1} = U_{PX} = 0 \text{ V}$$

Ellenőrzés:

$$U_D + U_{R1} = U_T = 10 \text{ V} + 0 \text{ V} = 10 \text{ V}$$

(vissza)

3.4.8.



Keresendő:

$$U_D = ?$$

$$U_{R1} = ?$$

$$U_{R2} = ?$$

$$I_D = ?$$

$$I_{R1} = ?$$

$$I_{R2} = ?$$

$$U_{KI} = ?$$

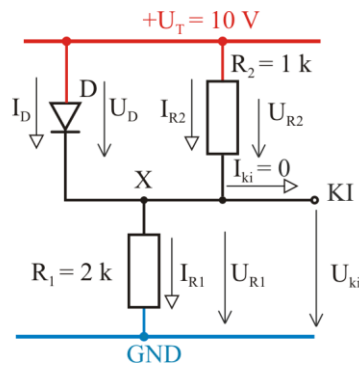
$$U_{PX} = ?$$

(vissza)

3.4.9.

Keresendő:

$U_D = ?$
 $U_{R1} = ?$
 $U_{R2} = ?$
 $I_D = ?$
 $I_{R1} = ?$
 $I_{R2} = ?$
 $U_{KI} = ?$
 $U_{PX} = ?$



A D dióda nyitóirányba van bekötve.

Ezért $U_D = 0,6 \text{ V}$. $U_{R2} = U_D = 0,6 \text{ V}$ $U_{R1} = U_T - U_{R2} = 10 \text{ V} - 0,6 \text{ V} = 9,4 \text{ V}$, $I_{R1} = U_{R1} / R_1 = 9,4 \text{ V} / 2 \text{ k}\Omega = 4,7 \text{ mA}$, $I_{R2} = U_{R2} / R_2 = 0,6 \text{ V} / 1 \text{ k}\Omega = 0,6 \text{ mA}$, $I_D = I_{R1} - I_{R2} = 4,7 \text{ mA} - 0,6 \text{ mA} = 4,1 \text{ mA}$ $U_{ki} = U_{PX} = U_{R1} = 0,6 \text{ V}$

Ellenőrzés:

 $U_{R1} + U_D = U_T = 9,4 \text{ V} + 0,6 \text{ V} = 10 \text{ V}$

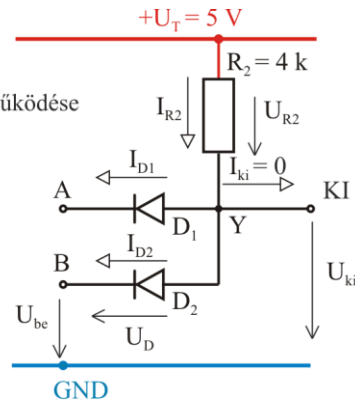
(vissza)

3.4.10.

Keresendő:

a kapcsolás működése

$I_{D1} = ?$
 $I_{D2} = ?$
 $I_{R2} = ?$
 $U_{ki} = ?$

Ha A = 0 legyen $U_{beA} = 0 \text{ V}$ ha A = 1 legyen $U_{beA} = +5 \text{ V}$ ha B = 0 legyen $U_{beB} = 0 \text{ V}$ ha B = 1 legyen $U_{beB} = +5 \text{ V}$ ha Y = 0 legyen $U_{ki} = 0,6 \text{ V}$ ha Y = 1 legyen $U_{ki} = +5 \text{ V}$

A	B	Y	U_{ki}	I_{R2}	I_{D1}	I_{D2}
0	0	0	0,6 V	1,1 mA	0,55 mA	0,55 mA
0	1	0	0,6 V	1,1 mA	1,1 mA	0 mA
1	0	0	0,6 V	1,1 mA	0 mA	1,1 mA
1	1	1	+5 V	0 mA	0 mA	0 mA

EZ EGY DIÓDÁS ÉS KAPU

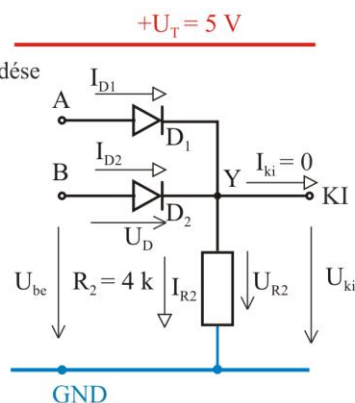
(vissza)

3.4.11.

Keresendő:

a kapcsolás működése

$I_{D1} = ?$
 $I_{D2} = ?$
 $I_{R2} = ?$
 $U_{ki} = ?$

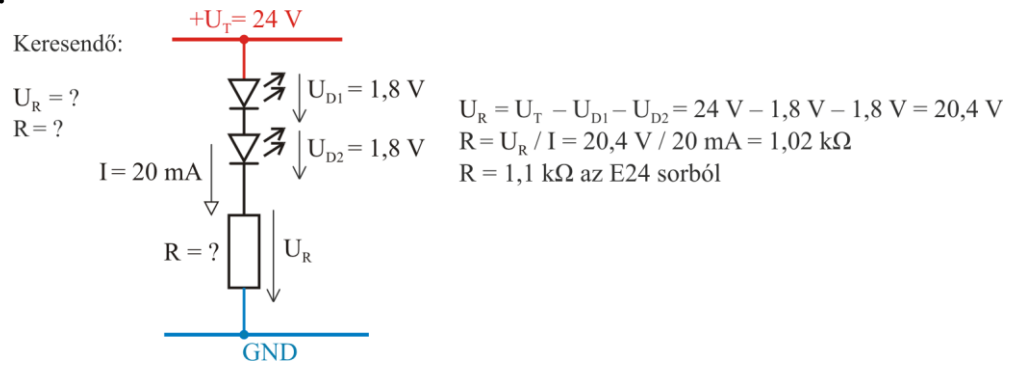
Ha A = 0 legyen $U_{beA} = 0 \text{ V}$ ha A = 1 legyen $U_{beA} = +5 \text{ V}$ ha B = 0 legyen $U_{beB} = 0 \text{ V}$ ha B = 1 legyen $U_{beB} = +5 \text{ V}$ ha Y = 0 legyen $U_{ki} = 0 \text{ V}$ ha Y = 1 legyen $U_{ki} = +4,4 \text{ V}$

A	B	Y	U_{ki}	I_{R2}	I_{D1}	I_{D2}
0	0	0	0 V	0 mA	0 mA	0 mA
0	1	1	4,4 V	1,1 mA	0 mA	1,1 mA
1	0	1	4,4 V	1,1 mA	1,1 mA	0 mA
1	1	1	4,4 V	1,1 mA	0,55 mA	0,55 mA

EZ EGY DIÓDÁS VAGY KAPU

(vissza)

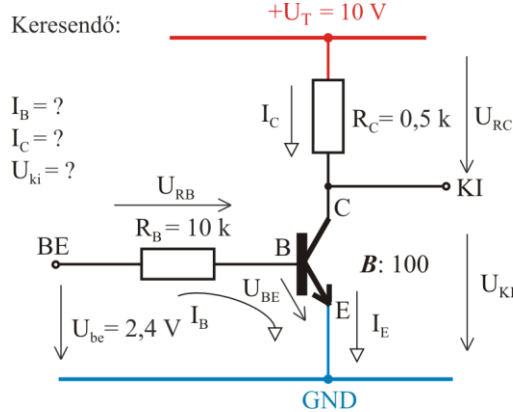
3.4.12.



(vissza)

A 4.4. feladat megoldásai:

4.4.1.



$$I_B = \frac{U_{be} - U_{BE}}{R_B} = \frac{2,4 \text{ V} - 0,6 \text{ V}}{10 \text{ k}\Omega} = 0,18 \text{ mA}$$

$$I_{C_{\max}} = \frac{U_T}{R_C} = \frac{10 \text{ V}}{0,5 \text{ k}\Omega} = 20 \text{ mA}$$

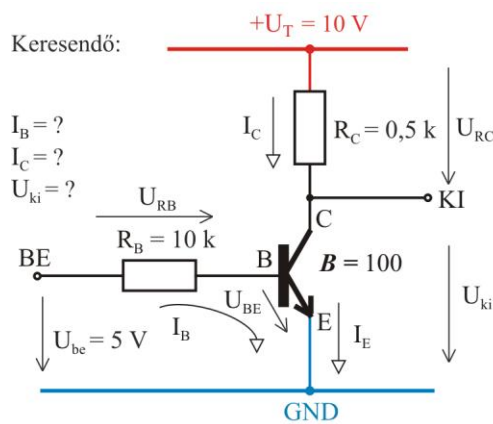
$$I_C = \beta \cdot I_B = 100 \cdot 0,18 \text{ mA} = 18 \text{ mA}$$

$$U_{RC} = I_C \cdot R_C = 18 \text{ mA} \cdot 0,5 \text{ k}\Omega = 9 \text{ V}$$

$$U_{KI} = U_T - U_{RC} = 10 \text{ V} - 9 \text{ V} = 1 \text{ V}$$

([vissza](#))

4.4.2.



$$I_B = \frac{U_{be} - U_{BE}}{R_B} = \frac{5 \text{ V} - 0,6 \text{ V}}{10 \text{ k}\Omega} = 0,44 \text{ mA}$$

$$I_{C_{\max}} = \frac{U_T}{R_C} = \frac{10 \text{ V}}{0,5 \text{ k}\Omega} = 20 \text{ mA}$$

$I_C = \beta \cdot I_B$ összefüggés nem használható mert

$$I_C = \beta \cdot I_B = 100 \cdot 0,44 \text{ mA} = 44 \text{ mA} > I_{C_{\max}}$$

ezért

$$I_C = I_{C_{\max}} = 20 \text{ mA}$$

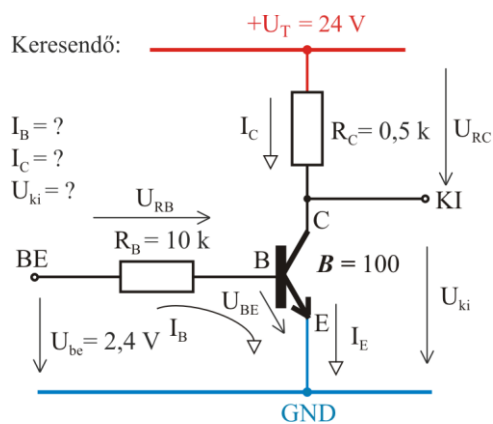
azaz a tranzisztor telítésben vezet

$$U_{RC} = I_C \cdot R_C = 20 \text{ mA} \cdot 0,5 \text{ k}\Omega = 10 \text{ V}$$

$$U_{KI} = U_T - U_{RC} = 10 \text{ V} - 10 \text{ V} = 0 \text{ V}$$

([vissza](#))

4.4.3.



$$I_B = \frac{U_{be} - U_{BE}}{R_B} = \frac{2,4 \text{ V} - 0,6 \text{ V}}{10 \text{ k}\Omega} = 0,18 \text{ mA}$$

$$I_{C_{\max}} = \frac{U_T}{R_C} = \frac{24 \text{ V}}{0,5 \text{ k}\Omega} = 48 \text{ mA}$$

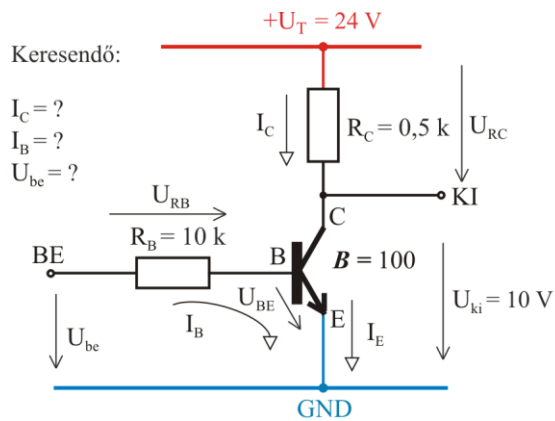
$$I_C = \beta \cdot I_B = 100 \cdot 0,18 \text{ mA} = 18 \text{ mA}$$

$$U_{RC} = I_C \cdot R_C = 18 \text{ mA} \cdot 0,5 \text{ k}\Omega = 9 \text{ V}$$

$$U_{KI} = U_T - U_{RC} = 24 \text{ V} - 9 \text{ V} = 15 \text{ V}$$

([vissza](#))

4.4.4.



$$U_{RC} = U_T - U_{ki} = 24 \text{ V} - 10 \text{ V} = 14 \text{ V}$$

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

$$I_C = \frac{U_{RC}}{R_C} = \frac{14 \text{ V}}{0,5 \text{ k}\Omega} = 28 \text{ mA}$$

$$I_{Cmax} = \frac{U_T}{R_C} = \frac{24 \text{ V}}{0,5 \text{ k}\Omega} = 48 \text{ mA}$$

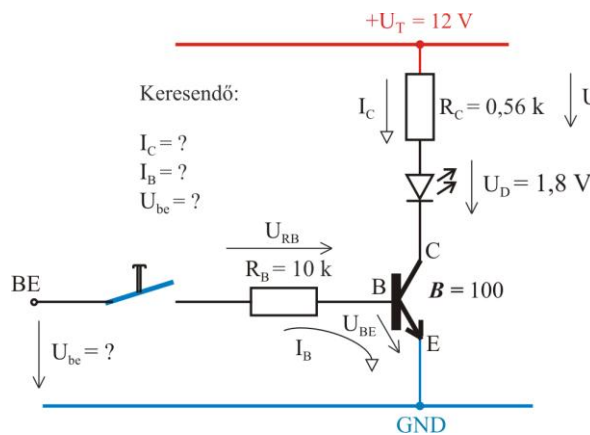
$$I_B = \frac{I_C}{B} = \frac{28 \text{ mA}}{100} = 0,28 \text{ mA}$$

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

$$U_{be} = R_B \cdot I_B + U_{BE} = 10 \text{ k}\Omega \cdot 0,28 \text{ mA} + 0,6 \text{ V} = 3,4 \text{ V}$$

(vissza)

4.4.5.



$$U_{RC} = U_T - U_D = 12 \text{ V} - 1,8 \text{ V} = 10,2 \text{ V}$$

$$I_C = U_{RC} / R_C = 10,2 / 0,56 \text{ k}\Omega = 18,2 \text{ mA}$$

$$I_B = I_C / B = 0,182 \text{ mA}$$

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

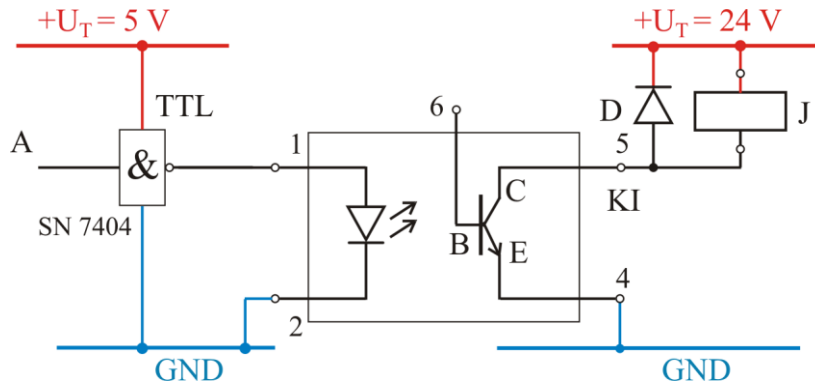
$$U_{be} \geq I_B \cdot R_B + U_{BE} = 0,182 \cdot 10 \text{ k}\Omega + 0,6 \text{ V} = 2,42 \text{ V}$$

(vissza)

Az 5.3. feladat megoldásai:

5.3.1.

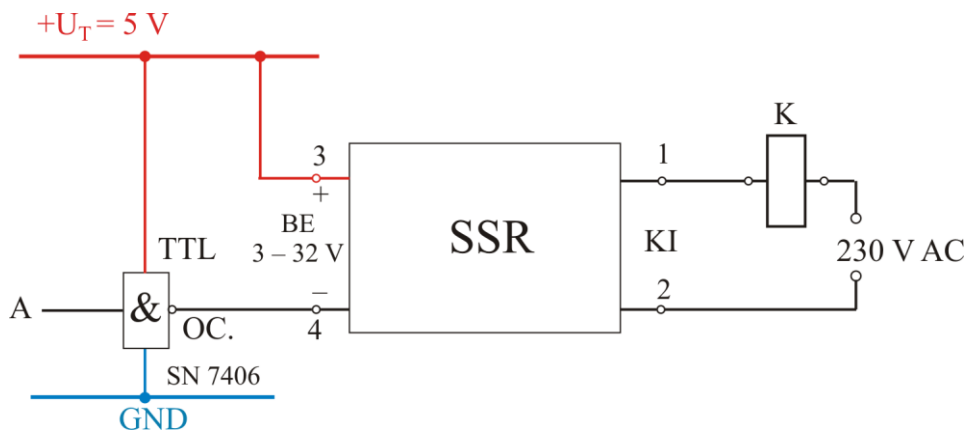
Az optocsatolók TTL kompatibilisek. Ez azt jelenti, hogy TTL áramkörökkel közvetlen vezérelhetők és az általuk előállított jel is közvetlenül alkalmas TTL áramkörök vezérlésére.



([vissza](#))

5.3.2.

A 3 fázisú motor működtetéséhez egy mágneskapcsoló szükséges. A mágneskapcsolót szilárdtest relével kapcsoljuk. A szilárdtest relé vezérlése egy nyitott kollektoros inverterrel történik.



([vissza](#))

IRODALOMJEGYZÉK

- [1.] Standeisky István (2006): Elektrodinamika
Értékünk az ember. Humánerőforrás – fejlesztési Operatív Program
Széchenyi Egyetem Győr.
- [2.] Hodossy László Elektrotechnika
Értékünk az ember. Humánerőforrás – fejlesztési Operatív Program
Széchenyi Egyetem Győr.
- [3.] Szabó Géza Elektrotechnika – elektronika
Budapesti Műszaki Egyetem tankönyvtár.hu
- [4.] Tietze, U.-Schenk, Ch.: Analóg és digitális áramkörök, Műszaki Könyvkiadó, 1991.
- [5.] Dr. Kovács Ernő Elektronika I. előadás jegyzet, Miskolci Egyetem Elektrotechnika
– Elektronika Tanszék, 2008
- [6.] Dr. Kovács Ernő Elektronika IV. előadás jegyzet, Miskolci Egyetem Elektrotechnika
– Elektronika Tanszék, 2002
- [7.] Nagy István: Elektrotechnikai példatár BMF Bánki Donát Gépészmérnöki
Főiskolai Kar, Budapest, 2001