

7. Kapcsolóeszközök

Írta: Kulcsár Dávid

Lektorálta: Proksa Gábor

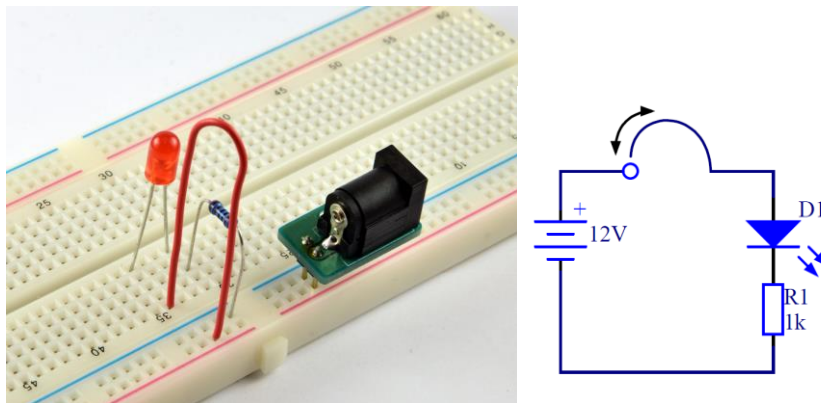
BEVEZETÉS

Ez a tananyagrészt a kapcsolóeszközökről fog szólni, melyben megismerkedhetsz ezeknek az eszközöknek a fajtáival, felépítésükkel, működésükkel és alkalmazási területeikkel.

Még mielőtt azonban belemerülnénk a részletes ismertetőbe, nézzünk szét a környezetünkben, hogy hol is találkozhatunk ilyen eszközökkel. Elárulom, nem kell sokáig keresgélni, hiszen a mindennapi életünk részei. Gondoljunk az otthonunkra és járjuk végig, milyen példákat láthatunk.

Először is vannak a "villanykapcsolóink", melyekkel a házban lévő világítást tudjuk ki- illetve bekapcsolni. A konyhában lévő robotgép, turmixgép, sütő, kávéfőző működtetéséhez is kapcsolókat használunk, ugyanúgy, mint a porszívó, a hajszárító, vagy akár a számítógépünk esetében. Kapcsolóeszközök azonban nem csak látható helyeken vannak jelen az életünkben, ugyanis az elektronikai eszközeink belsejében is találhatóak különböző fajtájú és méretű kapcsolók. Ezek közül fogsz megismerni néhányat most, hiszen a későbbi munkád során szükséged lesz erre a tudásra.

Vegyünk egy egyszerű példát: szeretnénk egy LED-et villogtatni a breadboardon. Ehhez a következő kapcsolást kell összeállítanod:



1. ábra - Egyszerű LED-es kapcsolás

A LED anódjára kötött vezeték szabad végét tudjuk különböző feszültségre kötni. Ha a pozitív feszültségű sínbe dugod a vezeték végét, akkor a LED világítani fog, mivel az áramkört zártad és tud áram folyni a LED-en. Ha az előbb bedugott vezetéket kihúzod, akkor pedig az áramkört megszakítod és ezért nem fog áram folyni, ebből következően nem is fog világítani a

fényforrásunk. A LED-villogtatás ilyen formában kicsit körülményes, hiszen figyelned kell arra, hogy melyik sínbe kell dugni a megfelelő vezetékét, illetve időbe telik, mire a kapcsolást elvégezheted.

Ezt a feladatot például célszerű lenne valamilyen kapcsolóeszköz segítségével megoldani, hogy az előbb felsorolt problémákat kiküszöböljük.

KAPCSOLÓESZKÖZÖK FAJTÁI

Számos fajtája létezik a kapcsolóeszközöknek, melyek alkalmazástól függően változnak. Én csak a tananyag további részeinek szempontjából szükségeseket fogom felsorolni, majd részletesen bemutatni.

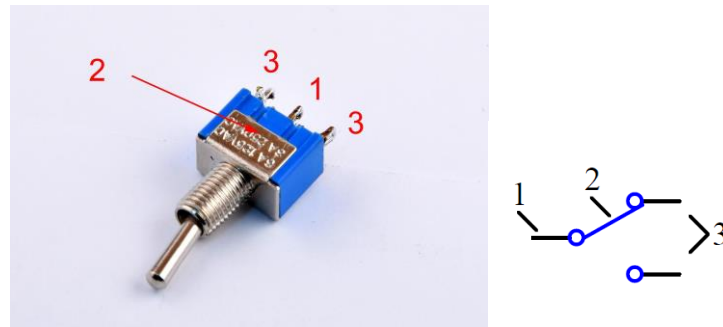
Nagyjából a következő módon lehetne őket csoportosítani:

1. Mechanikusan vezérelhető (kézzel kapcsolható)
 - a. kapcsoló - bistabil
 - b. nyomógomb - monostabil
2. Elektronikusan vezérelhető
 - a. relé (más néven jelfogó)
 - b. bipoláris tranzisztor (BJT - Bipolar Junction Transistor)
 - i. NPN típusú
 - ii. PNP típusú
 - c. MOSFET (fém-oxid félvezetőjű tervezérlésű tranzisztor)
 - i. N csatornás (növekményes)
 - ii. P csatornás (növekményes)
 - d. Optocsatoló (optikai csatoló)

MECHANIKUS KAPCSOLÓESZKÖZÖK

A mechanikusan vezérelhető kapcsolóeszközök lényege, hogy kézzel tudjuk beállítani a kapcsoló állását, aszerint, hogy az áramkört nyitni vagy zárni szeretnénk.

PÓLUSSZÁM ÉS ÉRINTKEZŐSZÁM

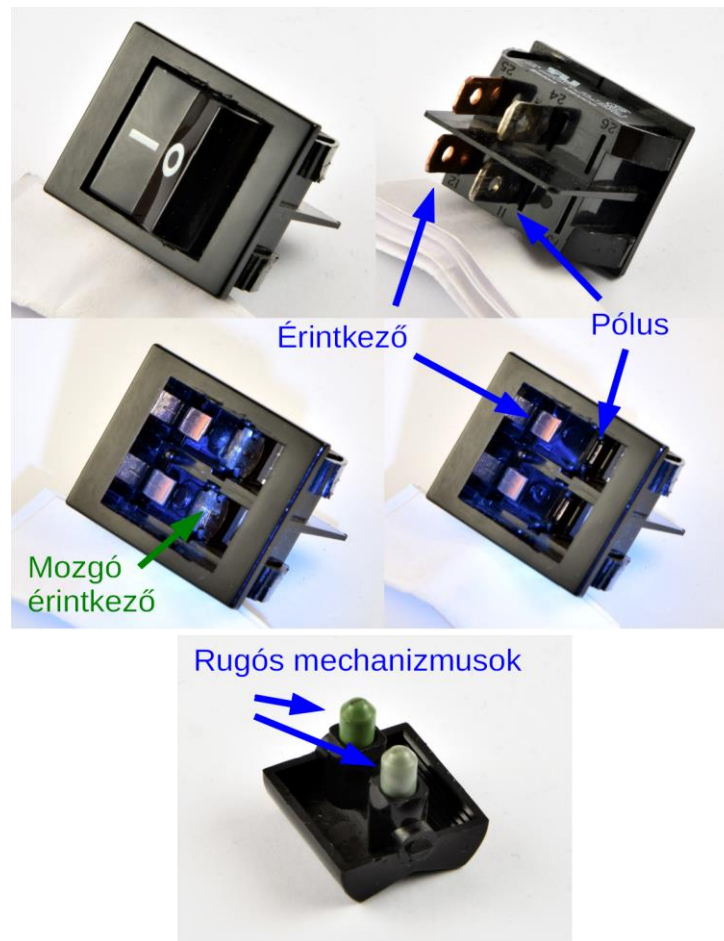


2. ábra - Általános kapcsoló és rajzjele

A bal oldali ábrán egy általános kapcsolót láthatsz, amelynek segítségével szeretném bemutatni, hogy a sematikus ábrán (jobb oldali ábra) mi-mit ábrázol. Az 1-es és 3-as szám jelzi a kapcsolóeszköz kivezetéseit, vagyis ezek vannak számunkra kivezelve a kapcsoló belsejéből. Ezeket a kivezetéseket tudjuk az áramkörünkbe beilleszteni, bekötni, hogy működjön a kapcsolónk. Az 1-essel jelölt kivezetést (vagy más néven lábat) pólusnak hívjuk, ez a közös kivezetése a kapcsolónak. Ez azt jelenti, hogy a kapcsoló 1-es kivezetése érintkezik a 3-as kivezetések valamelyikével (a kapcsoló dobozán belül), a kapcsoló állásától függően. A kapcsoló állását pedig a 2-es számú mozgóérintkező szimbolizálja, tehát ezt tudjuk állítani a kapcsoló átkapcsolásával.

A kapcsolóeszközöknél a pólusszám megadja a mozgóérintkezők számát, tehát hogy egy fizikai eszközön belül hány kapcsolásra alkalmas részegység található.

A 3-assal jelölt érintkezők száma pedig meghatározza, hogy a pólusunk hány kivezetéshez képes érintkezni. Ez tehát a pólusonkénti érintkező szám.



3. ábra - Billenő kapcsoló belső felépítése

A fenti képen egy mechanikus billenő kapcsolót láthatsz összeszerelt és szét szerelt állapotban. Ez a kapcsoló igazából két kapcsoló részegységet tartalmaz. Magát a kapcsolást a mozgóérintkező teszi lehetővé. A kapcsoló billentésekor a fedelébe épített rugós mechanizmus (a képen zöld színű) a mozgóérintkezőre olyan irányú erőt fejt ki, amely a mozgóérintkezőt az "érintkező" irányába billenti el, vagyis összeköti a "pólust" és az "érintkezőt". Ha a másik irányba billentjük a kapcsolót, akkor a mozgóérintkező a másik irányba mozdul el és megszakad az összeköttetés.

Látható tehát, hogy ennek a kapcsolónak a pólusszáma kettő, hiszen két különálló kapcsoló részegység van benne. Az érintkező száma egy, hiszen kapcsoló részegységenként csak egy érintkezőt látunk.

HÁNY ÁLLÁSÚ A KAPCSOLÓM?

A kapcsolók további jellemzője, hogy hány állásuk van, vagyis hány stabil állapotba kapcsolható a mozgóérintkező. (Például létezik olyan kapcsoló, amelyiknek egy pólusa van és két érintkezője, mégis háromállású az eszköz, mert van egy olyan stabil állapota, ahol egyik érintkezőhöz sem kapcsolódik.)

Az M-pólusú, (pólusonként) N-érintkezővel rendelkező eszközök esetén M darab pólus csatlakozhat N darab érintkezőhöz. Külön rövidítéseket használnak a kapcsolók belső felépítésének jelzésére, mely a következő:

Rövidítés	Angol név	Magyar név
SP	Single Pole	Egypólusú
DP	Double Pole	Kétpólusú
ST	Single Throw	Pólusonként egy érintkező
DT	Double Throw	Pólusonként két érintkező

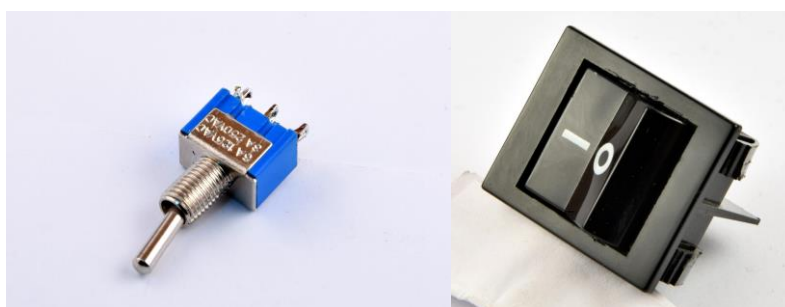
Ezeknek a rövidítéseknek tetszőleges pólus - érintkező kombinációjú jelölése (SPST, SPDT, DPDT) megtalálható a piacon. Ezeket a jelöléseket fogom használni a továbbiakban, hogy egyszerűbben szemléltessem a belső struktúrákat.

BISTABIL ÉS MONOSTABIL KAPCSOLÓK

A mechanikusan vezérelhető kapcsolók további nélkülözhetetlen tulajdonsága, hogy az átkapcsolást követően a kapcsoló abban az állásban marad-e, amelybe állítottuk, vagy pedig az eredeti állapotba visszalép.

Bistabil működésű kapcsolók

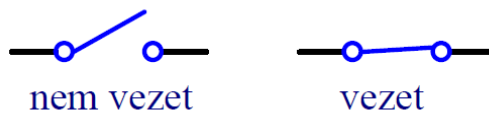
A két érintkezős kapcsolóeszközünk bistabil működésű, ha az átkapcsolás után a mozgóérintkező abban az állapotban marad, ahová mi beállítottuk. (Átkapcsolás után is stabil állapotba kerül.) Ilyen tipikus eszközök láthatóak a következő ábrán.



4. ábra - Bistabil kapcsolók

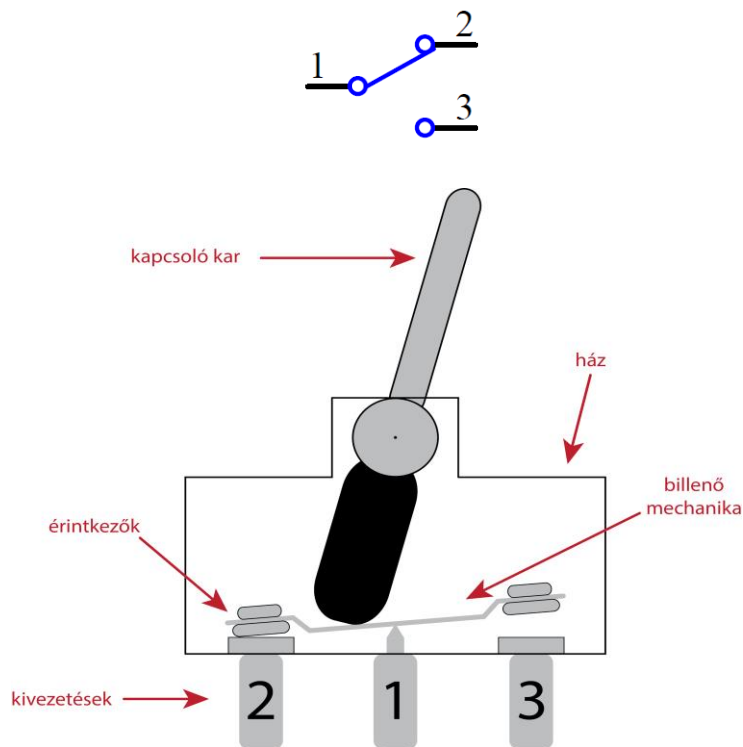
Bistabil működésű eszközöknek létezik két-, három-, több kivezetéses fajtája is.

Az SPST kapcsoló egy két kivezetéssel rendelkező alkatrész, mely az áramot vagy vezeti (ekkor zárja az áramkört), vagy nem (ebben az esetben megszakítja az áramkört).



5. ábra - SPDT kapcsoló két állásának rajzjele

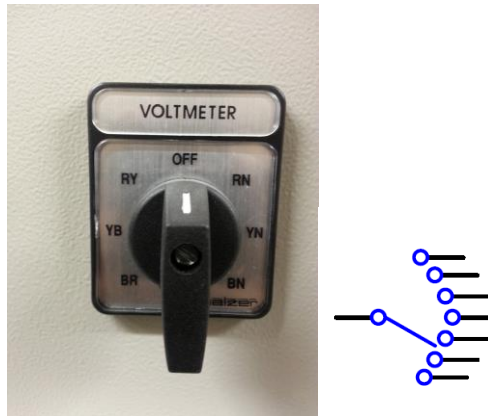
Az SPDT, vagyis három kivezetéses eszközöket váltókapcsolóknak is szokás nevezni, ugyanis itt váltani tudunk, hogy melyik kivezetés legyen összekötve a pólussal.



6. ábra - SPDT kapcsoló belső felépítése

Az 1-es szám jelzi a pólust (közös érintkezőnek is nevezhetjük), a 2-es és 3-as szám pedig a másik két kivezetést. Az ábrán láthatod azt is, hogy gyakorlatilag ezeknek a kapcsolóknak a belseje csupán mechanikus felépítésű.

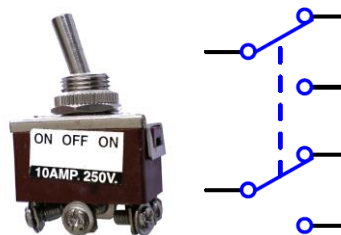
A forgókapcsoló a több kivezetéssel rendelkező kapcsolók egy altípusa. A megismert jelölésünket használva ezek az eszközök az egypólusú N-érintkezős alkatrészek. Egy közös pólusunk van, melyet N érintkezővel tudunk érintkezésbe hozni.



Szerző: Balurbala [CC BY-SA 3.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>)]
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Selector_switch.jpg

7. ábra - Forgókapcsoló és rajzjele

A DPDT kapcsolók is a több kivezetéssel rendelkező kapcsolók csoportjába tartozik. Az ábra alapján láthatjuk, hogy ez a kapcsolófajta olyan, mintha két darab SPDT (egy pólusú két érintkezős) kapcsoló lenne egy alkatrészen belül, azzal a különbséggel, hogy a két pólust egyszerre tudjuk vezérelni, vagyis a kapcsolók állásai egymástól függenek.

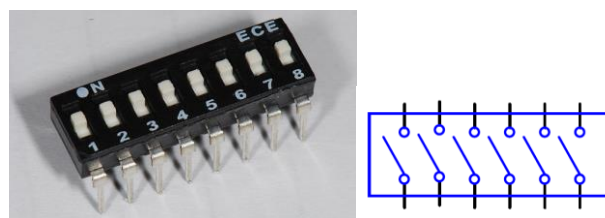


Szerző: Suyash Dwivedi [CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)]
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dpdt_10amp_switch.jpg

8. ábra - DPDT kapcsoló és rajzjele

Természetesen vannak olyan alkatrészek is, melyekbe több kapcsoló van integrálva, vagyis egy alkatrészen belül több kapcsoló található és ezek egymástól függetlenül kapcsolhatóak.

Ilyen eszköz például a DIP kapcsoló, mely nem más, mint több SPST kapcsoló beépítése egy alkatrészbe.

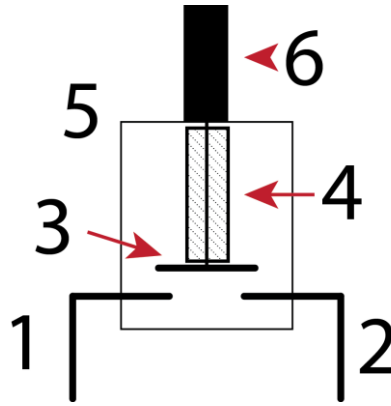


Szerző: Peter Halasz. (User:Pengo) [CC BY-SA 2.5 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/>)]
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DIP_switch_01_Pengo.jpg

9. ábra - DIP kapcsoló és rajzjele

Nyomógombok vagy monostabil működésű kapcsolók

A monostabil csoportba tartoznak azok az eszközök, amelyek az átkapcsolást követően az eredeti állapotukba lépnek vissza. Ennek az oka, hogy ha a gomb lenyomását megszüntetjük (vagyis elengedjük a gombot), akkor egy kicsi rugó visszalöki a kontaktust (érintkezőt) stabil állapotba és ott is tartja. Az ábrán a 4-es szám jelzi a rugót, a 6-os a kapcsoló nyomógombját, a 3-as pedig azt az érintkezőt, ami a nyomógomb lenyomásakor zárja a két kivezetést (1,2).

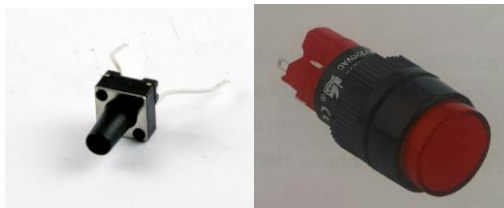


10. ábra - Nyomógomb belső felépítése

Így működik egy egyszerű nyomógomb, amelyet ha megnyomunk, akkor vezet, majd az elengedést követően újra nyitott állapotú lesz.

A fenti képeken példaként bemutatott nyomógombok úgynevezett normál esetben nyitott (NO - Normally Open) működésűek. Ez azt jelenti, hogy stabil állapotban a két kivezetés között szakadás található, tehát nyitott az áramkör.

Ha pedig alapesetben vezet a nyomógomb, és a gomb megnyomásával az áramkört megszakítjuk, akkor normál esetben zárt (NC - Normally Closed) kapcsolóról beszélünk. A következő illusztráción a gombok lehetséges kivitelezéseire láthatunk példákat.

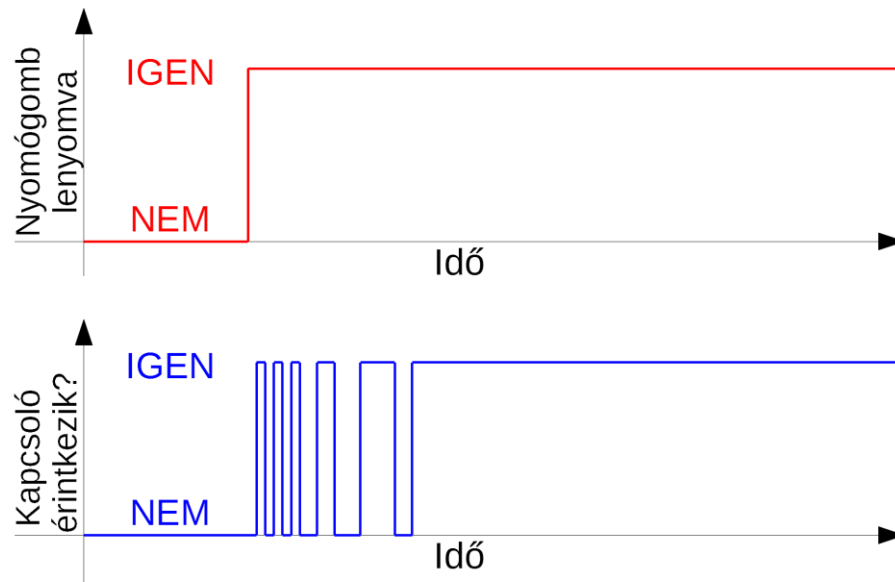


Szerző: Achalshanth [CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)]
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Push_button_switch.jpg

11. ábra - Nyomógombok

ÉRINTKEZŐK “PERGÉSE”

Minden mechanikus kapcsolónál ügyelnünk kell arra, hogy az érintkezők összenyomáskor először nagyon rövid ideig, szemmel észrevehetetlenül kicsi amplitúdóval ugyan, de elkezdhetnek pattogni egymáson az érintkezők, majd ezután áll be az állandó érintkezés állapota. Ezt a pattogást pergésnek szokás nevezni, ami bizonyos áramkörök működésben hibát okozhat. A problémát az alábbi ábrán szemléltetem egy nyomógomb esetén.



12. ábra - Nyomógomb pergése

Az ábra legelején a nyomógombunk nincs megnyomva, ezért nincs is érintkezés a két kontaktus között (NO, normál esetben nyitott kapcsoló esetén). A pirossal jelölt időpillanatban megnyomjuk a gombot, ami elkezd peregni, vagyis az érintkezők a gombunk belsejében érintkeznek egy kis ideig, majd ismét nem érintkeznek. Ez párszor lejátszódik, amíg a végső stabil érintkezés létre nem jön a két kivezetés között (az ábra végén látható állapot). Fontos kiemelni, hogy ez a pergés nagyon kis idő alatt játszódik le, általában pár tíz milliszekundum alatt. Ennek a nemkívánt jelenségnek a tananyag további részeiben lesz majd szerepe, ahol védekezni is fogunk ellene.

Ezzel a végére is értünk a kézzel kapcsolható eszközök áttekintésének, átléphetünk egy kissé izgalmasabb területre.

ELEKTRONIKUSAN VEZÉRELHETŐ KAPCSOLÓESZKÖZÖK

Az elektronikusan vezérelhető kapcsolótípusok, melyek működése a mechanikusan vezérelhetőkhöz képest bonyolultabb, de kellőképpen leegyszerűsített modellel elmagyarázva nem okozhat gondot a megértésük.

Az első fontos dolog, amiről említést kell tenni, hogy mégis hogyan kapcsolhatók ezek a kapcsoló típusok. A nevükben is szerepel, hogy valamilyen villamos mennyiség szükséges a vezérlésükhöz, ez lehet áram vagy feszültség. Nézzük is meg ezeket az eszközöket egyesével, részletesen.

RELÉK

Egy relének három fő része van: a tekercs, a vasmag és az érintkezők. Térjünk ki először is a tekercsre, mellyel előfordulhat, hogy még nem találkoztál.

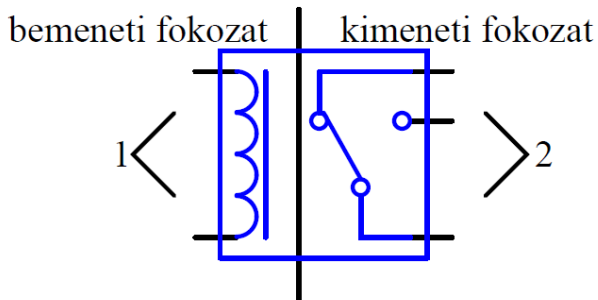
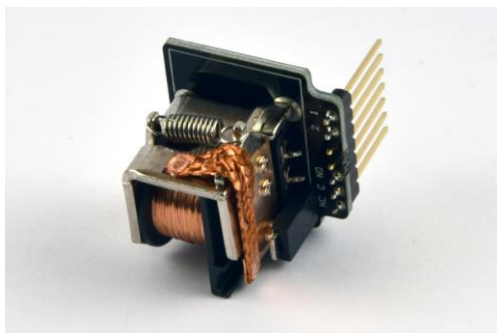


Szerző: Peripitus [CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)]
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Toroidal_inductor.jpg

13. ábra - Tekercs

A tekercs valamilyen geometriai alakzat (általában henger) köré feltekert hosszú, egyenes vezetékből van kialakítva. A vezetéknek azt a tulajdonságát használjuk ki, hogy ha rajta áramot folytatunk keresztül, akkor körülötte mágneses tér jön létre. Ha a vezetéket feltekercseljük, akkor egy adott térrészben több vezeték fog elhelyezkedni, melyek mindegyike mágneses teret hoznak létre. Ebből következik, hogy az adott térrészben a mágneses térerő megnő, hiszen többszörösen érvényesül a hatás. Az így létrejövő mágneses tér egyenes arányban van a tekercs menetszámával. Tovább növelhető a mágneses jelenség, ha a tekercs valamilyen vasmag körül helyezkedik el. (A mágneses jelenségek fizikai hátterének tüzetesebb megértése nem szükséges a relé működésének elsajátításához, ezért nem térek ki rá.)

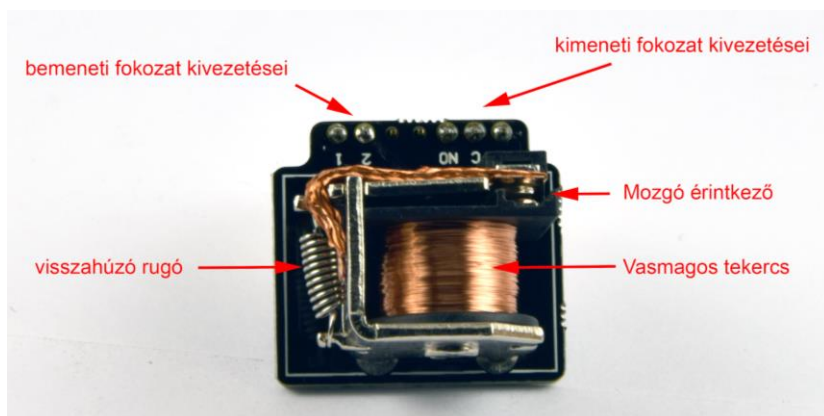
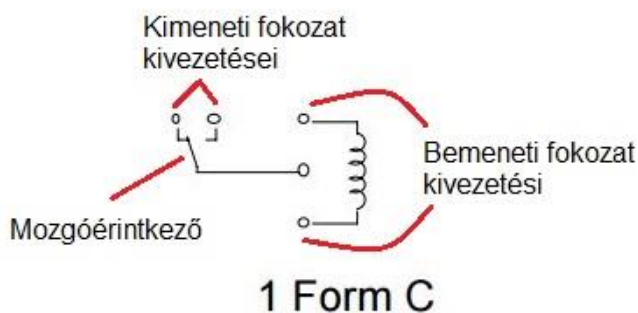
A relékhez visszatérve, a vasmagos tekercsünknek két kivezetése van, mely a bemeneti fokozatunkat alkotja. Ezzel a vezérlőáramkörrel tudjuk mozgatni a mozgóérintkezőt. A kimeneti fokozat (amit kapcsolgatni tudunk) pedig, kivezetésekből és érintkező(k)ból áll.



14. ábra - Relé és rajzjele

Az ábra bal oldalán a bemeneti fokozat, jobb oldalán a kimeneti fokozat látható. Az 1-es szám a bemeneti oldal kivezetéseit, a 2-es szám pedig a kimeneti oldal kivezetéseit jelöli. A működése egyszerű: ha a bemeneti fokozatra megfelelő értékű feszültséget kapcsolunk, akkor a tekercsen folyó áram keltette mágneses tér hatására a kimeneti fokozat billenő érintkezője a másik kivezetéshez húzódik.

A tananyagban használt relén elég szemléletesen láthatóak az egyes részek. Ha megkeresed a relé adatlapját, akkor a következő belső felépítést találod meg benne.



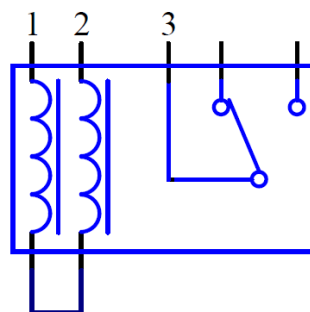
15. ábra - Relé felépítése

Öntartó relék

Léteznek a reléknek is bistabil és monostabil változatai, attól függően, hogy a mozgóérintkező hogyan viselkedik akkor, ha a bemeneti fokozaton a feszültséget megszüntetjük.

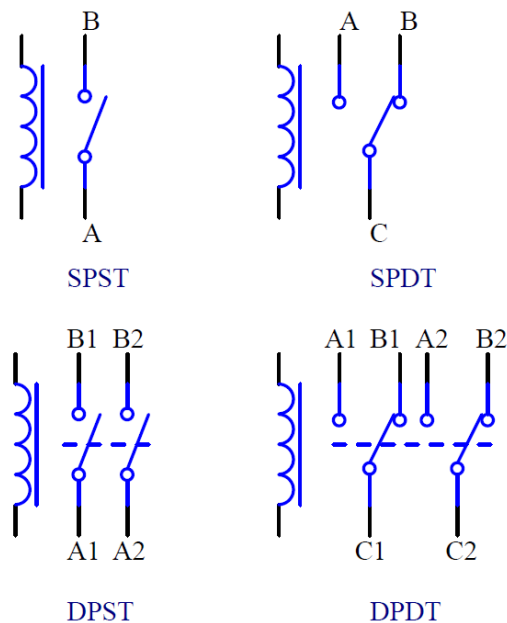
Öntartásnak is nevezzük azt a jelenséget, ha a mágneses jelenség megszűnése után az érintkezők megtartják állapotukat. Így működnek a bistabil relék, melyeknek két kivitele létezik, attól függően, hogy milyen vezérlést igényelnek.

Az első esetben a vezérlő áramkörünknek szintén két kivezetése van (az eddigiekhez hasonlóan), és a tekercsen folyó áram iránya határozza meg, hogy melyik stabil állapotba kapcsol a kimeneti fokozatunk. A második esetben eltérő a relé bemeneti fokozatának felépítése, ugyanis ebben az esetben már két tekercset is tartalmaz, amit a következő sematikus ábrán láthatsz.



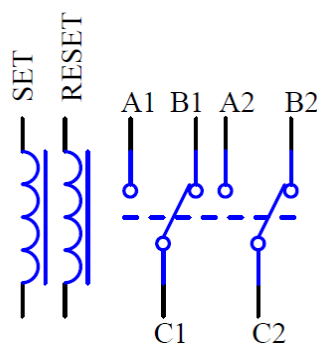
16. ábra - Öntartó relé rajzjele

Az 1-es tekercs az eddig megismert módon képes a vezérelt érintkező egyik irányba történő elmozdítására. Az érintkező "alaphelyzetbe" állításához azonban a 2-es számú tekercsre kell a megfelelő feszültséget kapcsolnunk, ami pedig a másik irányba képes az érintkezőt behúzni. Tekinthetjük úgy is, hogy van egy beállító (set, S) és egy visszaállító (reset, R) tekercsünk. Gyakran az öntartó relék adatlapjában a gyártók az S és R jelöléseket használják, ezért a későbbiekben én is így fogok hivatkozni a tekercsekre.



17. ábra - Különböző relék rajzjelei

A mechanikus kapcsolóeszközöknél megismert jelölésekkel relék esetében is találkozhatunk, melyek a kimeneti fokozat kialakítására vonatkoznak. Ha ötvözzük a bistabil működést és például a DPDT kimeneti fokozatot, akkor az a belső kialakítás a következőképpen néz ki.



18. ábra - Öntartó DPDT relé

Nézzük is végig ennek az eszköznek a működését, hogy segítsék a megértésben. A C1 és C2 kivezetések a közös érintkezők (pólusok), ezek tudnak vagy az A vagy a B érintkezőkkel érintkezésbe kerülni. Láthatjuk (szaggatott vonal az ábrán), hogy C1 és C2 egymástól függenek, tehát egyszerre kapcsolhatóak A vagy B irányba. Ez tehát a kimeneti fokozatunk. A bemeneti fokozatunk a bistabil működés miatt két tekercset tartalmaz, egy Set és egy Reset tekercset.

Tegyük fel, hogy alaphelyzetben a C érintkezők az A érintkezőkhöz kapcsolódnak. Ha a Set tekercsre megfelelő feszültséget kapcsolunk, akkor a C1 és C2 érintkezők a B1 és B2 érintkezőkhöz fognak behúzni. A feszültség megszüntetése után a C érintkezők továbbra is stabil

állapotban maradnak a B érintkezőkhöz kapcsolódva. Ha azt szeretnénk, hogy ismét az A és C kivezetések érintkezzenek, akkor ebben az esetben a Reset tekercsre kell megfelelő feszültséget kapcsolnunk. A feszültség megszüntetését követően hasonlóan stabil állapotban maradnak az érintkezők.

Művelet	C1 érintkezése	C2 érintkezése
Set tekercsre kapcsolt feszültség	B1	B2
Feszültség megszűnése a Set tekercsen	B1	B2
Reset tekercsre kapcsolt feszültség	A1	A2
Feszültség megszűnése a Reset tekercsen	A1	A2

Mire jó a relé?

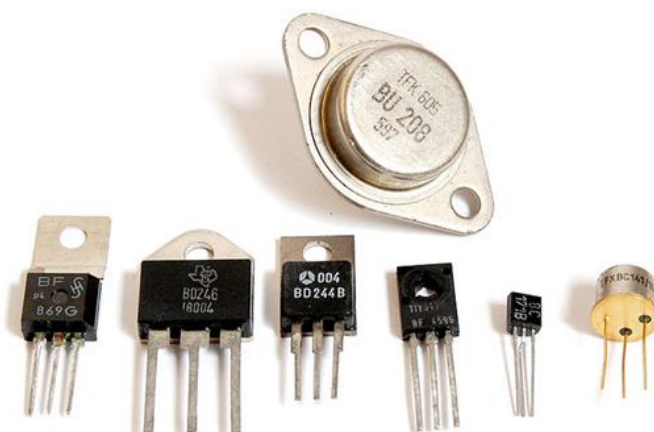
Gyakran használunk relét, ha kis feszültséggel (például 12V) nagyobb feszültséget (24-230 V) szeretnénk kapcsolni. Léteznek olyan relék, amelyek több tíz vagy több száz amperes áramerősséget is tudnak kapcsolni, miközben a tekercsükön a kapcsolt áram töredékét kell csak átvezetnünk.

A relék másik fontos szerepe a galvanikus leválasztás, mely az elektronikus eszközök egyes részegységeinek elektromos elszigetelésére szolgál. A részek elválasztásánál fontos, hogy elektromos töltéshordozó nem kerülhet egyik egységből a másik egységbe. Például egy tipikus alkalmazási terület lehet, ha egy kisfeszültségű (mondjuk 12V) üzemelő elektronika kapcsol többféle hálózati (230V váltakozó feszültségű) fogyasztót (például világítást). Általában a kisfeszültségű oldalon vannak a felhasználó által is megérinthető kezelőfelületek (gombok, érintőkijelző). Nagyon nem szeretnénk, ha ezekhez a kezelőfelületekhez valamilyen úton-módon a hálózati feszültség hozzáérne, ugyanis akkor megnőne az áramütés kockázata. A relék segítségével megoldható, hogy a hálózati feszültségű részek el legyenek választva a kisfeszültségű oldaltól.

Számos más megoldás van a galvanikus leválasztás megvalósítására, melyekkel a tananyag későbbi részében foglalkozunk.

BIPOLÁRIS TRANZISZTOR (BJT - BIPOLAR JUNCTION TRANSISTOR)

A következő kapcsolóelem, amivel megismerkedünk a bipoláris tranzisztor. A mai fejlett elektronika alapelemeként tekinthetünk erre az eszközre. Feltalálása nagy áttörést hozott az elektronika történetében, segítségével ugrásszerűen csökkent az elektromos eszközök mérete, miközben a megbízhatóságuk is növekedett. Manapság bipoláris tranzisztorokkal önálló alkatrészként, illetve az integrált áramkörök egyik alap építőelemeként találkozhatunk velük.

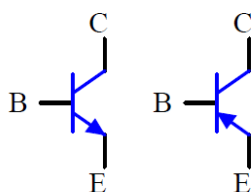


19. ábra - Bipoláris tranzisztorok

Félvezető eszközről beszélünk, működésének fizikai háttere túlmutat ezen tananyagrészeretein, ezért nem térek ki a részletes bemutatására.

Jelölés

A bipoláris tranzisztornak három kivezetése van, melyek a bázis (Base, B), kollektor (Collector, C) és emitter (Emitter, E) elnevezéseket kapták. A kapcsolási rajzokon az alábbi ábrán látható módon szokták jelölni őket.



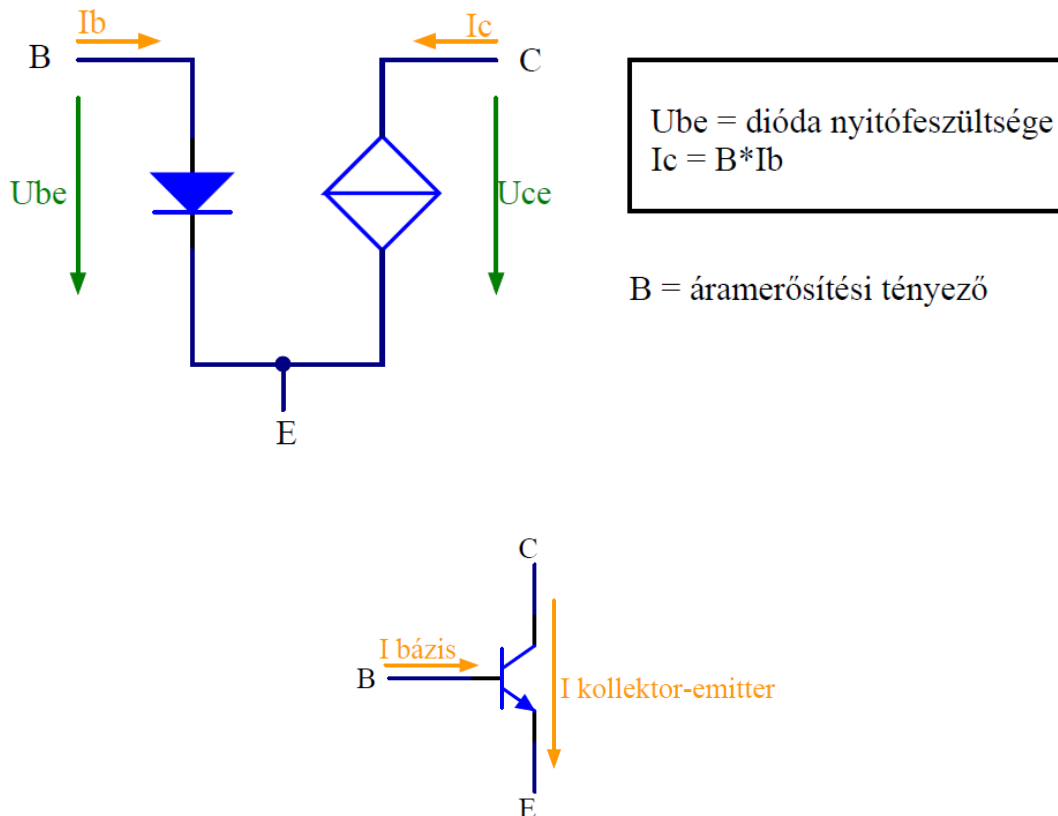
20. ábra - Az n-p-n és p-n-p típusú bipoláris tranzisztorok rajzjele

A fenti ábra alapján látható, hogy kétféle bipoláris tranzisztor típus is létezik, az egyiket “n-p-n” típusúnak, a másikat “p-n-p” típusúnak nevezzük. Mint említettük, a tranzisztorok félvezető anyagból készülnek, az “n” és a “p” arra utal, hogy az egyes félvezető rétegeket “n” vagy “p”

típusú félvezetőből alakították ki. Természetesen az npn tranzisztorok viselkedése eltér a pnp típusúakétól, de egyelőre maradjunk az npn típusnál, később pedig megvizsgáljuk az eltéréseket.

NPN tranzisztorok működése

Ha a tranzisztorok működését szeretnénk valamilyen **egyszerűsített** modellel szemléltetni, akkor egy áramvezérelt áramforrás a legjobb közelítés. Ezt úgy tudjuk elképzelni, hogy van egy áramforrásunk, melynek a kimeneti áramát a bemeneti áramával tudjuk szabályozni.



21. ábra - Az npn tranzisztor egyszerűsített helyettesítő képe

Tranzisztorok esetében a bázison folyó árammal (I_B) tudjuk a kollektor-emitter között folyó áramot (I_C) befolyásolni, ahol az áramerősítési tényező (β , h_{fe} , h_{21} jelölésekkel találkozhat) határozza meg a két áramérték kapcsolatát.

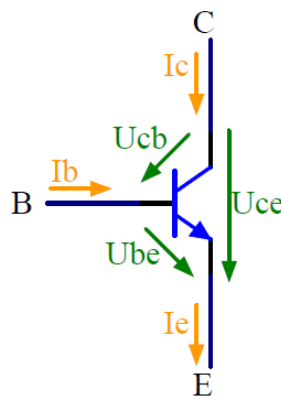
$$I_C = \beta \cdot I_B$$

Talán furcsállod, hogy miért rajzoltunk egy diódát az áramvezérelt áramforrásos modellbe a bázis és az emitter közé. A BJT tranzisztorok a kialakítása miatt a bázis és emitter között egy p-n átmenet található, ami, ha visszagondolsz, gyakorlatilag egy diódának felel meg. Ahhoz, hogy a

bázison áram tudjon folyni, megfelelő nagyságú feszültséget kell kapcsolni, hogy a bázis-emitter dióda kinyisson (a nyitófeszültség általában 0.7V körüli értékű).

A bázisáram hatására a kollektoron is áram folyhat, maximum a bázisáram béta szorosa. Ilyenkor azt mondjuk, hogy a tranzisztor zárva van. Ha nem nyitjuk ki a diódát, akkor nem folyik áram a bázison, és így a kollektor-emitter között sem folyhat áram, vagyis szakadásként viselkedik. Ilyenkor azt mondjuk, hogy a tranzisztor nyitva van.

A kollektor és emitter közötti áramvezetéshez szükséges még, hogy az emitter alacsonyabb feszültségre kerüljön a kollektorhoz viszonyítva. Megfelelő feszültségek mellett a következő áramirányok alakulnak ki.



22. ábra - Az npn tranzisztor feszültség és áramviszonyai

A BJT tranzisztor mint kapcsoló

A következő összefüggések segítségével tudjuk megvizsgálni a BJT tranzisztorok működését egy áramkörben.

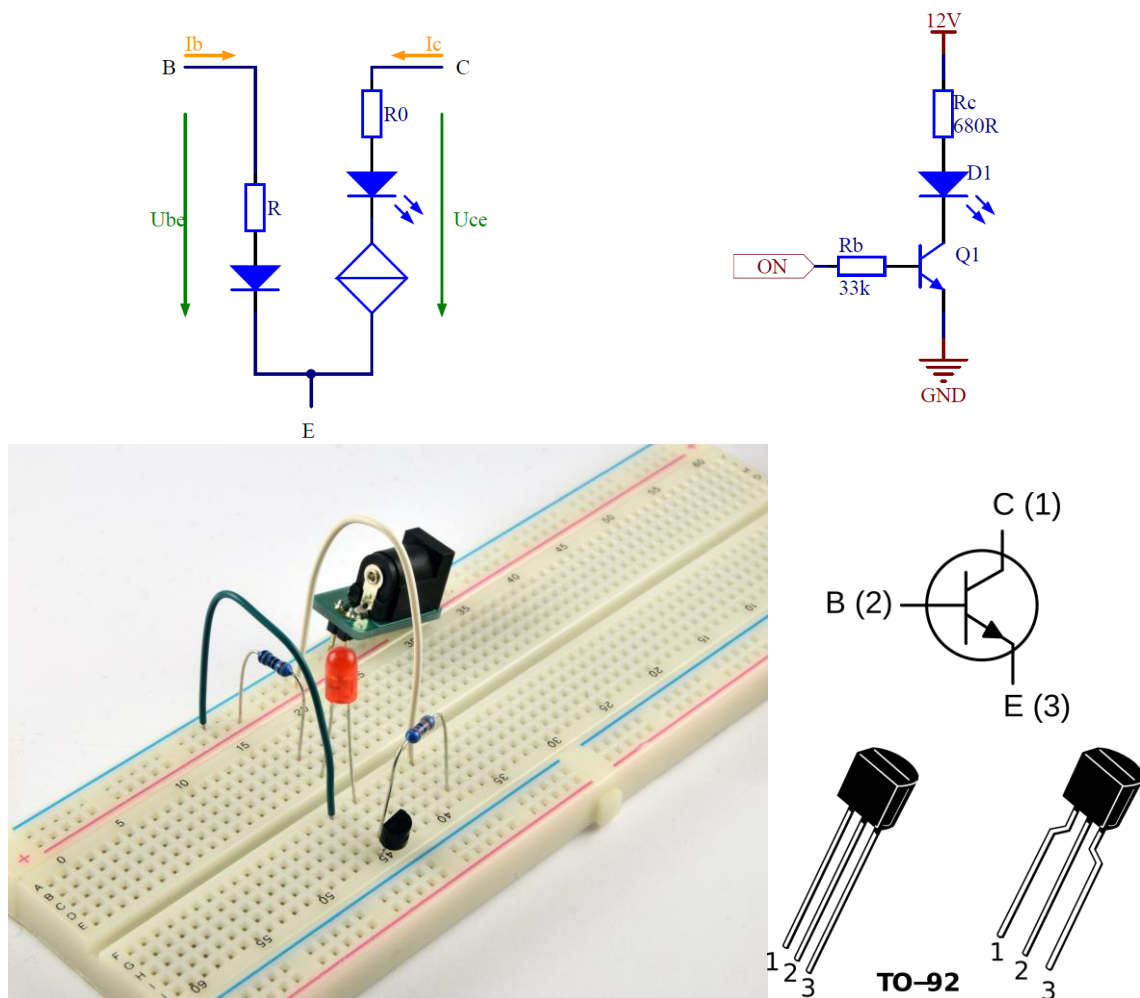
Az emitter kivezetés árama a csomóponti törvényből következően a bázison befolyó áram és a kollektoron befolyó áram összege kell legyen.

$$I_E = I_B + I_C$$

Mint már korábban megjegyeztük, minden BJT tranzisztornak van egy paramétere, amely azt mutatja meg, hogy zárt állapotában a kollektoron mérhető áram hányszorosa a bázisán mérhető áramnak. Ezt a paramétert bétának szokás nevezni.

$$I_C = \beta \cdot I_B$$

Nézzünk egy gyakorlati példát, amelyen keresztül jobban meg lehet érteni a BJT tranzisztor kapcsolókénti működését. A breadboardon rakd össze az alábbi kapcsolást! Segítségül lásd a tranzisztor kivezetéseit mutató ábrát.



23. ábra - Tranzisztor használata kapcsolóként (ON/OFF: vezérlés)

Ha a "ON" jelű pontot 12V-ra kötöd, akkor a LED világítani fog. Ilyenkor az R_B bázis ellenálláson áram kezd el folyni, ami átfolyik a tranzisztor bázis-emitter diódáján. A bázisáram nagyságát a következő módon lehet kiszámolni:

$$I_B = \frac{U_{on} - 0.7[V]}{R_b} = \frac{12[V] - 0.7[V]}{33[k\Omega]} = 0.34[mA]$$

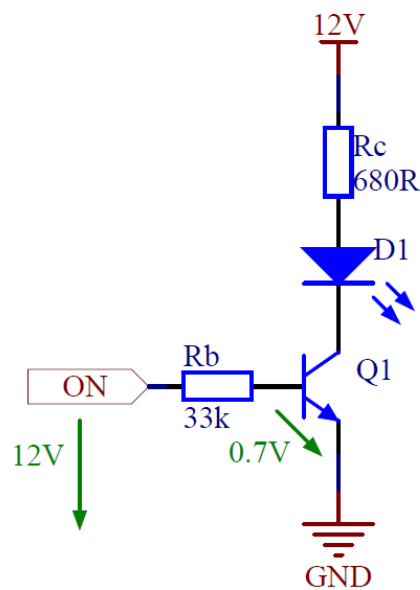
A kollektoron elméletileg a bázisáram bétászorosa folyhat (a BC546B tranzisztor bétája 180 körüli), vagyis

$$I_C = \beta \cdot I_B = 180 \cdot 0.34[mA] = 61[mA]$$

Számoljuk ki mi történne, ha a tranzisztor helyett egyszerűen csak a GND-re kötnénk a LED dióda katódját! Ha a LED nyitófeszültsége 2V, akkor az R_C ellenállásra 10V kerül, vagyis a rajta átfolyó áram

$$I_{R_C} = \frac{10[V]}{680[\Omega]} = 14.7[mA]$$

Ha megmérnéd a tranzisztoros áramkörben a dióda áramát, akkor 14mA körüli értéket mérnél. Kérdezhetnéd, hogy hogyan lehet ez, hiszen kiszámoltuk, hogy a kollektoráram 61mA is lehetne. A kiszámolt kollektoráram igazából egy maximum érték. Ez azt jelenti, hogy ha a kiszámolt áramnál kisebb folyik a tranzisztor kollektorán, akkor a tranzisztor a kollektor-emitter között egy rövidzárnak felel meg, vagyis teljesen bekapcsolt állapotban van. Ha kapcsolóként akarunk használni egy BJT tranzisztort, akkor mindig úgy kell megválasztani a bázisáramot, hogy a bétászorosa jóval nagyobb legyen a kapcsolt áram nagyságánál.



24. ábra - Tranzisztoros kapcsoló méretezése

Nézzük meg, hogy hogyan érdemes egy BJT kapcsolót méretezni.

Először is tudni kell a tranzisztor bétáját. Fontos megjegyezni, hogy az eszközök β -ja (h_{fe}) elég széles skálán mozoghat és nagyon sok mindentől függ. Már a gyártótól kikerülő alkatrész tulajdonsága sem egyforma, sőt a β nagyban függ a tranzisztor hőmérsékletétől is. Ezért úgy kell a kapcsolást méretezni, hogy a tranzisztor minden üzemállapotban eléggé kinyisson. Ezt úgy tudjuk biztosítani, hogy a legkisebb előforduló β -val számolunk, hiszen az a legrosszabb eset. Megkeresed tehát a tranzisztor típusodhoz a β értékeket, melyeket h_{fe} néven találsz meg az adatlapban, és kiválasztod a legkisebbet. Esetünkben ez

$$\beta = 150$$

Tudjuk azt is, hogy a tranzisztor nyitó irányú előfeszítéséhez megfelelő nagyságú feszültséget kell kapcsolni a bázis-emitter közé, körülbelül 0.7V-ot.

$$U_{BE} = 0.7[V]$$

A kapcsolásunkban a fogyasztónk egy LED, amin mondjuk 15 mA áramot szeretnénk keresztül folyatni. A kollektor áramunk tehát 15 mA.

$$I_C = 15[mA]$$

$$I_C = \beta \cdot I_B \Rightarrow I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{15[mA]}{150} = 0.1[mA]$$

A bázisellenállásra a következő egyenletet tudjuk felírni

$$R_B = \frac{U_{on} - U_{BE}}{I_B} = \frac{12[V] - 0.7[V]}{0.1[mA]} = 113[k\Omega]$$

Nyilvánvalóan a kiszámolt ellenállásérték egy maximum érték. Ha ennél nagyobb használnánk, akkor a bázisáram már túl kicsi lenne a kívánt kollektoráramhoz.

A minimálisan választható bázisellenállás értéket a maximálisan megengedhető bázisáramból határozhatjuk meg, azonban a tranzisztorok adatlapjában nem mindig adják meg ezt az értéket. Ebben az esetben a maximális bázisáram a hfe és a maximális kollektoráram segítségével becsülhető, a következő formula segítségével

$$I_B^{max} = \frac{I_C^{max}}{\beta} = \frac{100[mA]}{150} = 0.66[mA]$$

$$R_B^{min} = \frac{U_{on} - U_{BE}}{I_B^{max}} = \frac{12[V] - 0.7[V]}{0.66[mA]} = 17.12[k\Omega]$$

A bázisellenállásunknak tehát a 17.12 kΩ és 113 kΩ-os tartományon belül kell mozognia a biztonságos működés érdekében. A gyakorlati példánkban 33kΩ-ot használtunk, amely belesik ebbe az értéktartományba.

Most mérd meg a multimétereddel a tranzisztor kollektorfeszültségét a GND-hez képest, amikor a tranzisztor be van kapcsolva. Ha minden jól működik, akkor bőven 1V alatti értéket kell mérned, vagyis a tranzisztor tényleg bekapcsol, összeköti a kollektorát az emitterével.

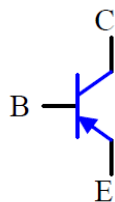
Most cseréld ki az R_B ellenállást egy 680kΩ értékűre. Milyen változást tapasztaltál a kollektorfeszültségben, és mi lehet ennek az oka?

A nagyobb bázisellenállás kisebb bázisáramot eredményez. A 680kΩ annyira lecsökkenti a bázisáram nagyságát, hogy a tranzisztor már nem tudja vezetni a LED áramát, ezért a kollektorfeszültsége megnő, már nem működik "ideális" kapcsolóként.

Nyugodtan próbálkozz más ellenállás értékekkel is, de arra ügyelj, ha a kiszámított minimális ellenállásnál kisebbeket ne használj!

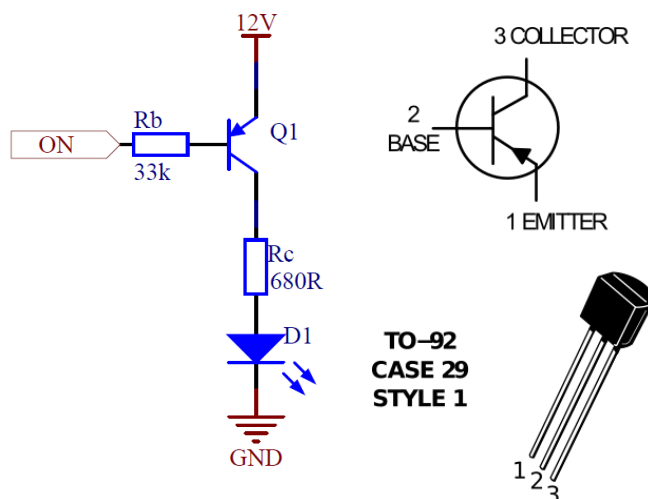
PNP tranzisztorok használata

Más a rétegek sorrendje, de mi a különbség az ezzel az eszközzel megvalósított kapcsolásnál?



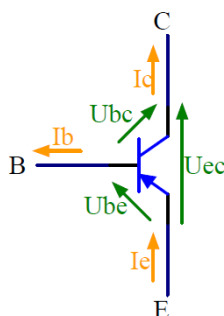
25. ábra - pnp tranzisztor rajzjele

Ha jobban megnézed, akkor ennél a típusú tranzisztornál is található a bázis és az emitter között egy p-n átmenet, ami egy diódának felel meg, azonban ellentétes irányú az npn tranzisztorok emitterdiódájával. A helyes bekötés a következő ábrán látható:



26. ábra - Kapcsoló áramkör pnp tranzisztorral

Ennél a típusnál az emitter lesz magasabb feszültségen a kollektorhoz képest, és a következőképpen alakulnak az áramirányok.



27. ábra - pnp tranzisztor feszültség és áramviszonyai

Az npn tranzisztoroknál megismert egyenletek érvényesek pnp típusnál is, csak az áramok és feszültségek iránya változott meg.

Az áramkör működésében annyi a különbség, hogy a LED akkor világít, ha az "ON" pontot GND-re kötöd, nem pedig akkor, amikor 12V-ra.

NPN és PNP tranzisztorokat is gyártanak, de az NPN kapcsolóelem gyorsabban kapcsol és az előállítása is olcsóbb, ezért általában ezt használják szabályozó- és kapcsoló áramkörökben. Erősítő kapcsolásokban tipikusan NPN és PNP tranzisztorokat használnak egyidejűleg.

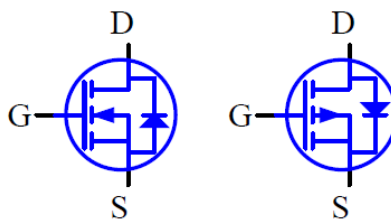
MOSFET

A következő kapcsoló típus, melyet átnézünk, a MOSFET. Ezeket az alkatrészeket szigetelőréteges térvezérlésű tranzisztoroknak is szokás nevezni, mely kialakításából és működéséből ered.

Ne ijedj meg! Nem bonyolult!

A MOS betűszó az angol Metal Oxide Semiconductor rövidítése, ami fém-oxid félvezetőt jelent, a FET pedig a Field Effect Transistorból tevődik össze, ami a térvezérlésre utal. MOSFET-eknek is több típusa van, melyek közül mi most a növekményes működésűeket vizsgáljuk meg.

Ezen kapcsolóeszközeink is a bipoláris tranzisztorokhoz hasonlóan 3 kivezetéssel rendelkeznek, melyek a Drain (D), Source (S) és Gate (G). Kapcsolási rajzokon használt szimbóluma a következő ábrán látható.



28. ábra - N-csatornás és P-csatornás MOSFET-ek rajzjele

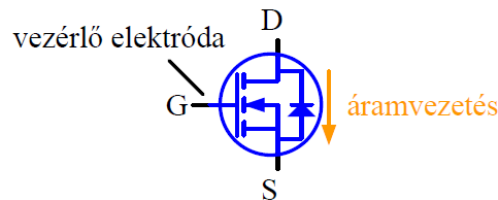
Bal oldalon az úgynevezett N-csatornás, jobb oldalon az úgynevezett P-csatornás változata látható a növekményes MOSFET-eknek. Működésük nagyon hasonlít a bipoláris tranzisztorokéhoz, a legnagyobb különbség, hogy feszültséggel vezéreljük őket és nem árammal.

Az N-csatornás MOSFET-tel földre tudunk húzni, így a Source-nak kisebb feszültségen kell lennie a Drain-hez viszonyítva. A „húzni” kifejezést akkor használjuk, amikor azt akarjuk kifejezni, hogy valamilyen módon - tipikusan egy alkatrészen keresztül - elektromosan összekötünk két pontot.

(Ha valami oknál fogva fordítva kötjük be a Drain-Source kivezetéseket, akkor a Source kerül magasabb potenciálra és a felépítésből adódó, úgynevezett body-dióda kinyit, melyen keresztül áram tud folyni.)

A P-csatornás MOSFET-tel pedig tápfeszültségre tudunk húzni. (Fordított irányban szintén a body-dióda vezet.)

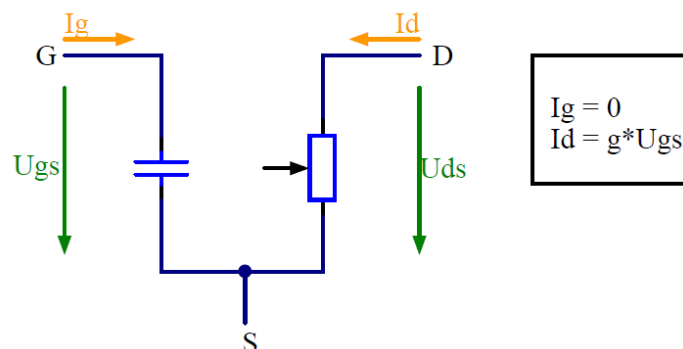
Az eszköz vezérlőelektródája a Gate kivezetés és a Drain-Source közötti áramvezetést tudjuk befolyásolni. Az N-csatornás MOSFET esetében a Drain-Source között, vezérlés hatására létrejön egy áramvezető csatorna, melyen a töltések a Drain felől a Source kivezetés felé tudnak áramlani.



29. ábra - Vezérlő elektróda és áramvezetés egy N-csatornás MOSFET esetén

A Gate-Source kivezetések között található, a belső felépítésből adódóan, egy úgynevezett Gate-kapacitás, melynek feltöltésével és kisütésével tudjuk a csatornát vezérelni. A vezérlőelektródán rövid idejű áramimpulzusok folynak a kapacitás feltöltésekor és kisütésekor, de ha a Gate-kapacitás már feltöltődött, akkor a Gate kivezetés felől áram nem folyik.

Fontos, hogy a Gate kivezetést nem érdemes szabadon "lebegni" hagyni, mert a Gate elektródán keresztül szivárgó töltések hatására a kapacitás feltöltődik és kinyit a MOSFET akaratunk ellenére. Annak érdekében, hogy a kapacitás ne töltődjön fel akaratlanul, a kapacitás kisütését kell biztosítani vezéreltlen Gate elektróda esetében. Erre nyújt megoldást a fel/lehúzó-ellenállás, melyeket később bemutatok.



30. ábra - MOSFET egyszerűsített helyettesítő képe

A MOSFET-et, mint kapcsolóelemet vizsgáljuk, ezért az egyszerűsített modellt, amellyel közelíthetjük a működését, az egy feszültségvezérelt ellenállás. Ugyanis a Drain áram (I_D) a Drain-Source feszültségtől (U_{DS}) függ.

A Drain-Source ellenállást az $R_{ds(on)}$ jelöléssel találhatod meg az adatlapokban, melynek értéke a MOSFET teljesen nyitott állapotakor felvett értéket adja meg. Működését tekintve, ha növeljük

a gate-source feszültséget (U_{GS}), akkor csökken a drain-source ellenállás, és nő az I_D . Az ellenállás értékétől függ, hogy a FET mennyire melegszik áramvezetéskor, tehát minél kisebb az $R_{ds(on)}$ ellenállás, annál kevesebb lesz a hőveszteség (disszipáció).

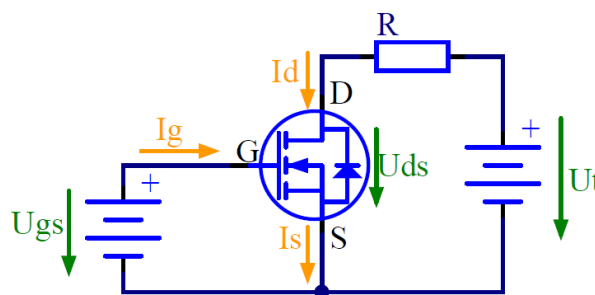
A következő adatlap adatokra kell még figyelnünk:

Adatlapban megjelenő jelölés	Leírás
U_{DS}	Megengedhető drain-source feszültség
I_D	Megengedhető állandó drain áram
U_{GS}	Megengedhető gate-source feszültség
P_D	Megengedhető legnagyobb hőveszteség
$U_{GS(th)}$	gate-source küszöbfeszültség - ekkor kezd el a vezető réteg kialakulni a drain-source között

Az alapvető működésével, vezérlésével tisztában vagy, most vizsgáljuk meg a MOSFET-ek két típusát.

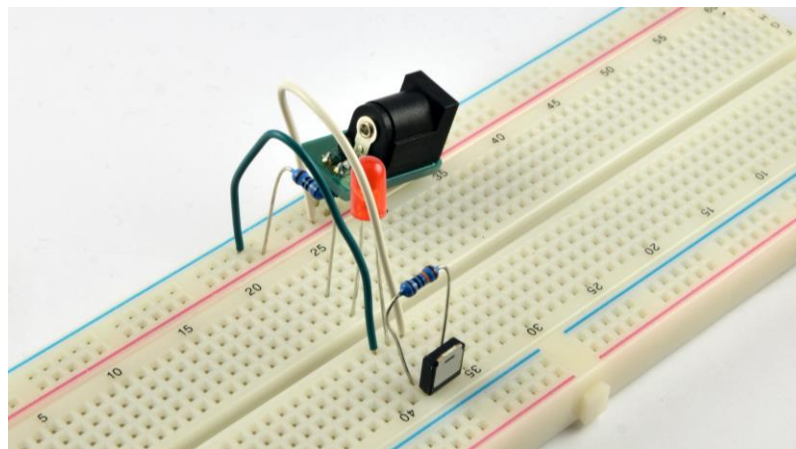
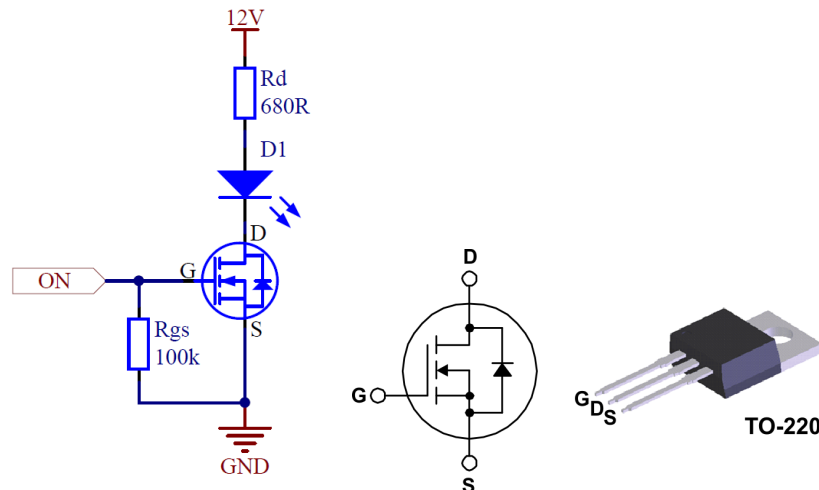
N csatornás növekményes MOSFET mint kapcsoló

Az N-csatornás MOSFET áram- és feszültségirányait a következő ábrán láthatod.



31. ábra - N-csatornás MOSFET feszültség- és áramviszonyai

A jól ismert példánkat vegyük elő most is, hogy megvizsgálhassuk működés közben a kapcsolóelemünket.



32. ábra - N-csatornás MOSFET használata kapcsolóként

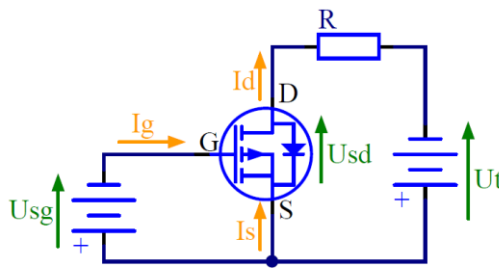
Az összeállítás után nézzük, melyik alkatrész milyen funkciót lát el a kapcsolásban. A LED a magasabb feszültségű drain ágba került a hozzá tartozó R_D ellenállással. A MOSFET source kivezetését földre kötjük, tehát vezetés esetén valóban záródik az áramkörünk és világítania kell a LED-nek. A gate-source kivezetések között található egy párhuzamos R_{GS} úgynevezett lehúzó-ellenállás, így ha a gate-et nem hajtjuk meg vezérlőjellel, akkor sem fog lebegni, hanem fix GND potenciálra kerül, azaz kikapcsolt állapotban marad.

A lehúzó-ellenállás egy olyan megoldás, ahol kisebb feszültségre kötjük a kivezetést egy ellenálláson keresztül, így vezéreltlen elektróda esetén is állandó feszültségen lesz, és nem válik az eszköz működése bizonytalanná. Tipikusan földre "húzzuk" vele a kivezetést.

A kapcsolásban az "ON" pontra kell megfelelő nagyságú feszültséget kapcsolni, mely hatására a FET bekapcsol, és a LED világítani kezd. Ez a minimális kialakítás, mely szükséges a helyes működéshez.

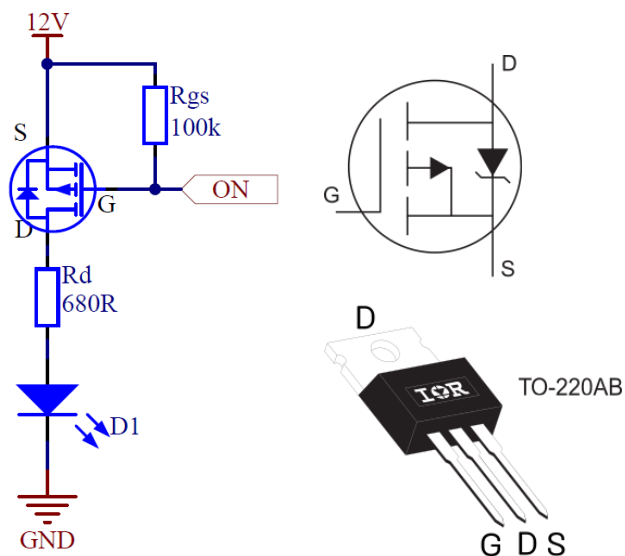
P csatornás növekményes MOSFET

A P-csatornás MOSFET áram- és feszültségirányai a következőképpen alakulnak.



33. ábra - P-csatornás MOSFET feszültség- és áramviszonyai

A MOSFET-tel felépíthető LED-kapcsolás az alábbi módon lehetséges.



34. ábra - P-csatornás MOSFET használata kapcsolóként

Az adott alkatrészek az N-csatornás LED kapcsolásban megismert szerepet töltik be. Az R_{GS} ellenállás a különbség, amely ebben az esetben a felhúzó-ellenállás szerepét tölti be.

A felhúzó ellenállás egy adott kivezetést magasabb feszültségre köt, mint ahogy az a nevében is benne van. Hasonlóan a lehúzó-ellenállásnál elmondottakhoz, a vezérlő bemenete mindig meghatározott potenciálon van.

OPTOCSATOLÓ

Az optikai csatoló, vagy hétköznapiabban nevén optocsatoló is a kapcsolók osztályába sorolható. Ezzel a kapcsolótípussal azonban egy későbbi tananyagrészen fogsz megismerkedni részletesen.

A KAPCSOLÓESZKÖZÖK MULTIMÉTERES KIMÉRÉSE

A következő részben végignézzük, hogy a multiméterünkkel hogyan tudjuk egyszerűen és gyorsan leellenőrizni, hogy az eddig bemutatott eszközök (például korábbi használat közben) meghibásodtak-e.

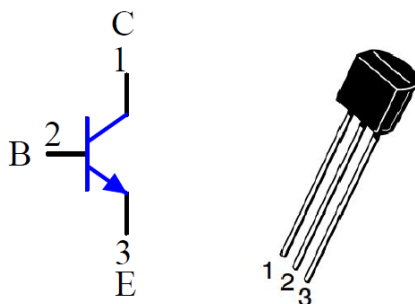
Ezeknél a méréseknél fontos, hogy a kapcsolóelemeket, mint önálló alkatrészeket mérd meg, vagyis ne legyenek összekötve semmivel sem, különben hamis eredményt kaphatsz. Amire szükséged lesz tehát, az nem más, mint a multimétered és az alkatrész, amit meg szeretnél mérni. Célszerű először a mérendő eszköz adatlapját az interneten megkeresni, hogy tudd, melyik lábon mit kell mérned, mit-mivel kell összekötnöd. Nézzük is a méréseket alkatrészenként lebontva.

BIPOLÁRIS TRANZISZTOROK

Bázis kivezetés zárlatának ellenőrzése NPN tranzisztor esetén

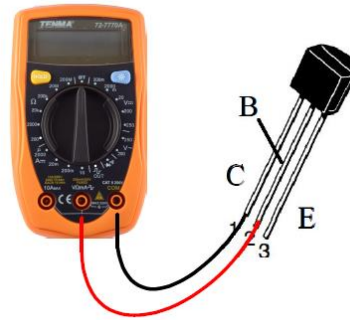
Ezt a mérést a multiméter dióda-mérő állásával kell megmérnünk, tehát ebbe az állásba kapcsold a mérőműszert.

Ha szeretnénk eldönteni, hogy a bázisa és valamelyik kivezetése (kollektor vagy emitter) között van-e zárlat, akkor először kikeressük az adatlapból a tranzisztor lábkiosztását. BC546B esetében a következőt találjuk:



35. ábra - BC546B lábkiosztása

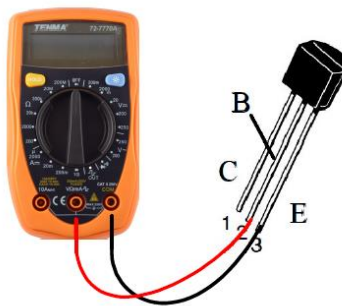
Ha ez megvan, akkor a piros mérővezetékét a bázishoz kötjük, a fekete mérővezetékét pedig a kollektorhoz, az alábbi ábrán látható módon.



36. ábra - BC546B bázis-kollektor p-n átmenetének kimérése

Mit mutat a multiméter? Ha 600-680 körüli értéket (p-n átmenet nyitófeszültsége) látsz a kijelzőn, akkor a tranzistorod két kivezetése megfelelő, nincs meghibásodva. Ha 0-t vagy nagyon kicsi értéket jelez a multiméter, akkor zárlat van a két kivezetés között nagy valószínűséggel. Amennyiben pedig 1 látható a kijelzőn, abban az esetben szakadás van a bázis-kollektor között. Utóbbi két esetben az alkatrészünk hibás.

Ugyanezt a vizsgálatot végezzük el a bázis-emitter között úgy, hogy a bázisra kötjük a piros mérővezetékét, az emitterre pedig a fekete mérővezetékét.



37. ábra - BC546B bázis-emitter p-n átmenetének kimérése

A visszajelzés az előzőhöz hasonlóan történik.

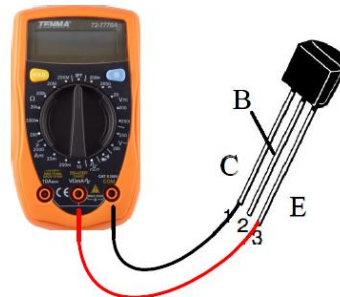
Bázis kivezetés zárlatának ellenőrzése PNP tranzisztor esetén

Ha PNP tranzisztornál szeretnénk megmérni a bázis és a többi kivezetések közti zárlatot, akkor az annyiban tér el az előzőektől, hogy a bázisra a fekete mérővezetékét kötjük, a másik két kivezetésre pedig a piros mérővezetékét csatlakoztatjuk. A mérés további menete megegyezik az előzőekkel. Azt se felejtse el, hogy a különböző PNP tranzisztor lábkiosztása eltérő is lehet, ezért keresd ki az adatlapjából.

Kollektor-emitter zárlatának ellenőrzése

NPN és PNP tranzisztor esetében a mérés megegyezik, de a lábkiosztás eltérő lehet. A multiméterünk most is dióda-mérő állásban legyen.

Az NPN tranzisztoron fogjuk a példában megmérni a kollektor-emitter zárlatot. Tulajdonképpen a kollektor és emitter kivezetések kapcsolatát szeretnénk megmérni, ezért a mérővezetékeinkkel erre a két elektródára csatlakozunk. A mérővezeték színei most kevésbé számítanak. Csatlakoztassuk például a fekete mérőszinórt a Kollektorhoz, a pirosat pedig az Emitterhez.



38. ábra - BC546B kollektor-emitter közötti zárlat vizsgálata

Ha a multiméter 1-et mutat, akkor a Kollektor-Emitter között szakadás van, ami azt jelenti, hogy hibátlan. Azonban ha 0, vagy valamilyen kicsi értéket mutatna a mérőműszer, akkor sajnos a tranzisztor két kivezetése zárlatos.

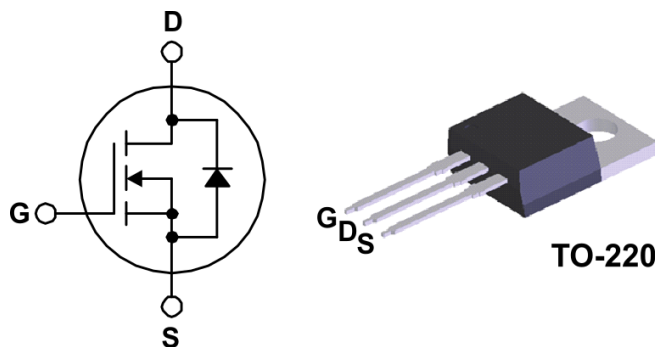
MOSFET

Gate-source és gate-drain közti ellenállás megmérése

Ezt a mérést a multiméter ellenállás-mérő állásával tudjuk elvégezni, tehát ebbe az állásba kapcsolod a mérőműszert.

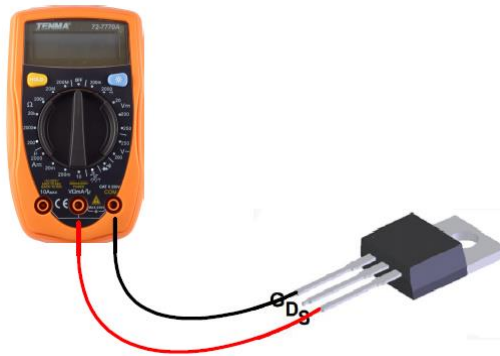
A mérést elvégezhetjük mind az N-csatornás, mind a P-csatornás MOSFET-re (arra kell ügyelni, hogy a polaritás ellentétes a két eszköz esetében). A példában most az N-csatornás MOSFET-et használom.

Az adatlapban ismét keresd ki a lábkiosztást.



39. ábra - Az alkatrész csomagban található N-csatornás MOSFET lábkiosztása

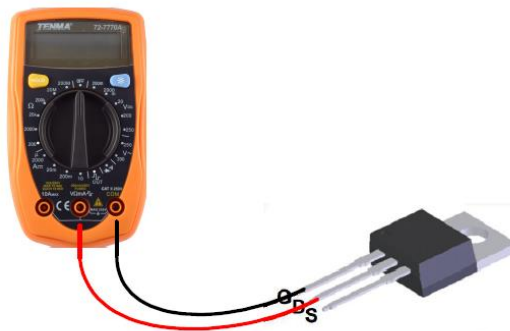
A multiméter két mérővezetékét először a gate és source kivezetésekre csatlakoztassuk.



40. ábra - N-csatornás MOSFET gate-source zárlat vizsgálata

Ha az ellenállásmérő szakadást mutat (1), akkor az eszköz nagy valószínűséggel működik, ellenkezőleg, ha mérhető ellenállást kapsz, akkor a FET biztosan hibás, vagyis a gate átütött.

Ismételd meg a mérést a gate és drain kivezetések között is, hogy kiderüljön, itt nincs-e átütés. Ebben az esetben is ha tudsz ellenállást mérni a két kontaktus között, akkor az eszköz nem használható kapcsolóként a továbbiakban.



41. ábra - N-csatornás MOSFET gate-drain zárlat vizsgálata

A drain és source közötti vezetés kimérése a FET nyitott állapotában

A mérés során dióda-mérő állásba kapcsold a multimétert. Ügyelj arra, hogy ne érh hozzá kézzel az alkatrész kivezetéseihez, mert az befolyásolja a mérési eredményt. A MOSFET source lábára kösd a negatív pólust, ez a mérés során változatlan marad. A MOSFET drain kivezetésére pedig kapcsold rá a multiméter pozitív vezetéket. Ekkor lehet, hogy a multiméter rövidzárat vagy szakadást jelez. Ez függ a gate kapacitás állapotától, amit nem ismerünk. Most süssük ki gate-kapacitást az ujjad segítségével, úgy, hogy megérinted a gate és source kivezetéseket egyszerre. Ha ezt megtetted, akkor a drain és source között szakadásnak kell lennie. Most a drain kivezetésről vedd le a pozitív mérővezetékét és tedd a gate lábra. Várj pár másodpercet és óvatosan tedd vissza a drain kivezetésre a piros vezetéket. Ha minden igaz, akkor most rövidzárat kell tapasztalnod a drain-source között. A kérdés, hogy miért van így? Amikor a gate kivezetésen volt a pozitív vezetéked, akkor a gate-kapacitást a multiméter pici árama feltöltötte, így a FET

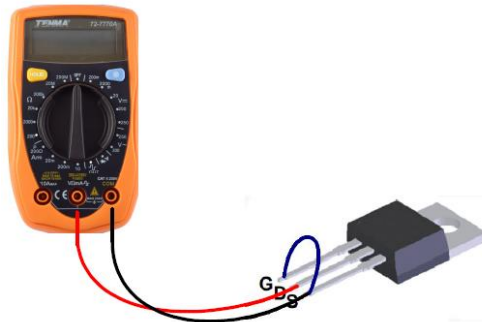
kinyitott. A mérővezeték áthelyezése után pedig a drain és source között már vezetést jelzett a műszerünk.

A Drain és Source közötti dióda kimérése

A mérés során a gate és a source kivezetéseket rövidre zárjuk, és a multimétert dióda-mérő állásba kell állítanunk. A mérővezetéseket először a következő módon csatlakoztassuk:

drain - **piros mérővezeték**

source - fekete mérővezeték



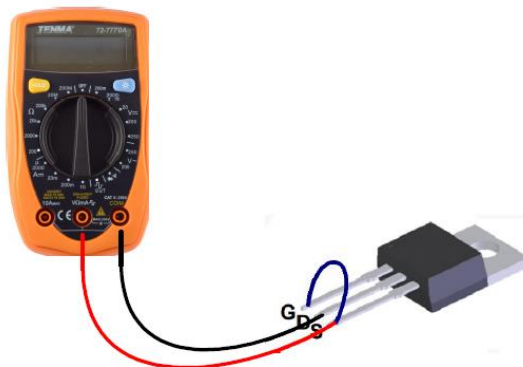
42. ábra - N-csatornás MOSFET body dióda kimérése záróirányban

Ennél a mérésnél szakadást kell mérnünk, vagyis 1-et kell, hogy lássunk a multiméter kijelzőjén. Ennek az az oka, hogy a rövidzár miatt a gate-kapacitást nem töltjük fel, ezért a FET nincs kinyitva. A drain-source helyes bekötése esetén tehát nem folyik áram, vagyis szakadásként tekinthetünk rá.

A mérőzsinórokat cseréljük fel:

source - **piros mérővezeték**

drain - fekete mérővezeték



43. ábra - N-csatornás MOSFET body dióda kimérése nyitó irányban

Ebben az esetben 500-600 körüli értéket kell látnunk megfelelő működés esetén. Ennek oka, hogy a gate-kapacitás ismét nincs feltöltve, ezért a FET nincs kinyitva. A drain-source feszültség szinteket pedig felcseréltük. Ha visszaemlékszel, korábban említettem a MOSFET-ben található body-diódát, ami fordított bekötés esetén fog vezetni. Ezt a jelenséget idéztük most elő, és a body-diódát sikerült kimérned.

Ezek azok a tipikus mérések, amelyeket el tudunk végezni multiméterrel az alkatrészek ellenőrzésének érdekében.

DE MIÉRT IS ÍGY MÉRJÜK KI A HIBÁKAT?

Minden esetben a belső felépítésből, és az elvárt működésből indulunk ki. Megmérjük például, hogy egy-egy p-n átmeneten, vagy body-diódán a várt 0,6V körüli érték esik-e, és csak az egyik irányba vezet-e. Megvizsgálhatjuk, hogy valóban kinyit-e egy-egy MOSFET, vagy továbbá ha valahol szakadásnak kell lennie, akkor tényleg szakadás van-e ott.

MIT LEHET TENNI ABBAN AZ ESETBEN, HA HIBÁS AZ ALKATRÉSZ?

Ha valamelyik mérés során nem az elvárt eredményt kapod, akár többszöri megismétlés után sem, akkor az alkatrész hibás. Ilyenkor szelektíven az elektronikai hulladékgyűjtőbe helyezd el egyből, mert majd csak fejfájást okoz, ha később nem a várt viselkedést produkálja.

Ezzel a közös munkák végére értünk. Örülök, hogy veled tarthattam a tanulásod útján és remélem sikerült könnyebbé tennem a kapcsoló eszközök megértését. Sok sikert a továbbiakhoz!