



Conrad Szaküzlet 1067 Budapest, Teréz krt. 23. Tel: (061) 302-3588
Conrad Vevőszolgálat 1124 Budapest, Jagelló út 30. Tel: (061) 319-0250

A legtöbb hardver és szoftver terméknevezés, valamint céges logó, ami ebben a műben szerepel, rendszerint bejegyzett termékjelölés és aként kell őket tekinteni. A kiadó lényegében a gyártó írásmódját alkalmazza a terméknevezéseknél.

A kézikönyvben bemutatott összes kapcsolás és program a lehető legnagyobb gondossággal lett kifejlesztve, bevizsgálva és tesztelve. Ennek ellenére nem lehet teljesen kizárni a könyvben és szoftverben előforduló hibákat. A kiadó és a szerző a hibás adatokért és következményeikért nem vállal felelősséget.

Az elektromos és elektronikus készülékeket tilos háztartási hulladékkal együtt eltávolítani. Az elhasznált terméket az érvényes törvényi előírásoknak megfelelően kell ártalmatlanítani. A leadáshoz gyűjtőállomásokat létesítettek, ahol ingyenesen leadhatja elektromos készülékeit. Lakhelyén a hatóságnál informálódhat, hol talál ilyen gyűjtőállomást. A termék megfelel a vonatkozó CE irányelveknek, amennyiben azt a mellékelt használati útmutató szerint használja. Az útmutató a termékhez tartozik, és vele kell adnia, ha azt továbbadja.

1. BEVEZETÉS

Mióta a tranzisztort felfedezték, az elektronika meredeken elindult felfelé. Ma olyan készülékek vesznek körül minket, amelyek beépített kapcsolásai tranzisztorok millióit tartalmazzák. Ugyanakkor egyre kevesebb ember tudja pontosan, hogy működik egy (egyetlen!) tranzisztor valójában. Az elektronika használata és megértése közötti távolság egyre nő. Pedig ez itt egészen egyszerű: Vegyünk egy pár tranzisztort, hajtsunk végre néhány egyszerű kísérletet - máris végtelen sok lehetőség nyílik meg. Sok feladat megoldható egyszerű tranzisztoros kapcsolással. Legyen kreatív!

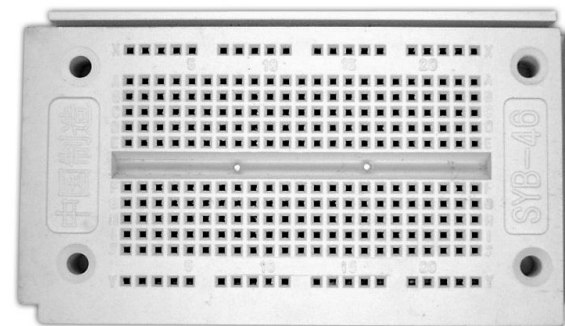
A tranzisztor egy építőelem három kivezetéssel, és elektromos áram vezérlésére szolgál. Azt, hogy mennyi áram folyik, egy vezérlő kivezetés befolyásolja. Lényegében csak két típusú tranzisztor van.

A bipoláris tranzisztorok n- és p- félvezető anyagú rétegekből vannak felépítve. Rétegsorrendtől függően vannak npn tranzisztorok (pl. B. BC547) és pnp tranzisztorok (pl. B. BC557). Ezzel szemben az unipoláris tranzisztorok csak egy félvezető csatornából állnak, aminek a vezetőképességét egy elektromos mező befolyásolja. Ennélfogva ezt térvezérlésű tranzisztorok is nevezzük (Field Effect tranzisztor - FET). Tipikus képviselője a BS170 n csatormás MOSFET.

Ez a tanuló készlet megkönnyíti Önnek az elektronikában az elindulást. Először az építőelemeket mutatjuk be. Az egyes kísérleteket egy dugaszoló panelen végezzük el. Mindegyik kísérlethez egy kapcsolási rajz és egy felépítési fotó tartozik. A fotót mindig csak javaslatként kell érteni. Az építőelemeket máshogy is elrendezheti. Az egyes építőelemek kivezetései a fotók jobb áttekinthetősége érdekében részben le lettek rövidítve. Ön hagyja azonban ezeket a csatlakozó lábakat lerövidítés nélkül, így azok további kísérletekhez is használhatók maradnak.

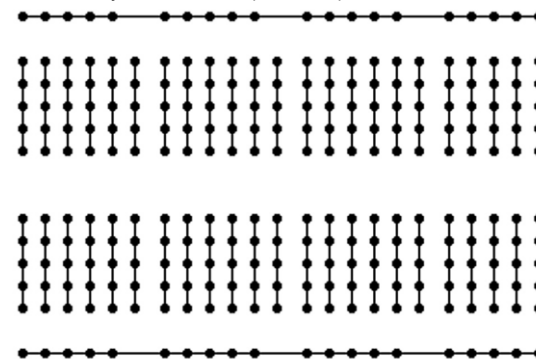
1.1 Dugaszoló felület

A kísérleteket egy labor kísérleti kártyán építjük meg. A 2,54 mm raszteres, 270 kontaktusos dugaszoló felület biztosítja az alkatrészek biztos összekötését.



1. ábra: A kísérleti felület

A dugaszoló felület középső részén 230 kontaktus van, 5-5 kontaktus vezetőfóliával összekötve. Ezen túlmenően a peremen 40 érintkező van a tápellátáshoz, amik két, 20 érintkezőből álló vízszintes érintkezőfelület csikból állnak. Így a dugaszoló felület két független tápsínnel rendelkezik. Ábra 2 az összes belső kapcsolatot ábrázolja. A rövid érintkezősorokat a középső felületen találjuk és a hosszú tápsíneket a peremen.



2. ábra: A belső érintkezősorok

Az alkatrészebeültetéshez viszonylag nagyobb erő kell. A kivezetések ettől könnyen megtörnek. Fontos, hogy a lábakat pontosan felülről vezessük be - ehhez egy csipeszt vagy kis fogót lehet használni. A kivezetést lehetőleg röviden a panel fölött fogjuk meg, és függőlegesen nyomjuk lefelé. Így érzékenyebb csatlakozóvezetékek, pl. az elem klípnél a leőnzott vég, törés nélkül beültethetők. A kísérletekhez rövid és hosszabb huzaldarabokra van szükség, amiket a mellékelt kapcsolóhuzalból kell levágni. A csupaszaláshoz hasznos lehet, ha a szigetelést éles késsel körkörösén bemetszi.

1.2 Elem

A következő áttekintés az építőelemeket ábrázolja valós kinézetük szerint is, valamint az áramköri szimbólumaikat is, ahogy azokat a kapcsolási rajzokban alkalmazzák. Elem helyett lehet pl. hálózati adaptert is használni.

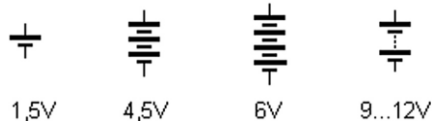


3. ábra: Az elem, valóban és kapcsolási szimbólumként.

Ne használjon se alkáli elemet, se akkut, hanem csak egyszerű cink-szén elemeket. Az alkáli elem nagyobb élettartammal rendelkezik, de hiba esetén, pl. egy rövidzárnál nagyon nagy áramot ad le (akárcsak egy akku), akár 5 A felett. Ez a vékony huzalokat vagy az elemet erősen felmelegítheti. Egy cink-szén elem rövidzárlati árama ezzel szemben többnyire kisebb, mint 1 A. Ettől ugyan érzékenyebb építőelemek tönkremehetnek, de nem áll fenn az égés veszélye.

A mellékelt elemklipsz hajlékony huzalú csatlakozóvezetékekkel rendelkezik. A kábelvégek szigetetlenek és ózozottak. Ezzel elég merevek ahhoz, hogy a dugaszolós panel érintkezőibe be lehessen dugni. Mindenesetre a gyakori dugaszolástól elveszthetik alakjukat. Ezért ajánlatos az elemcsatlakozókat mindig csatlakoztatva hagyni és csak az elemklipszet az elemről lehúzni.

Egyetlen cink-szén vagy alkáli cella feszültsége 1,5 V. Egy elemben több cella van sorba kapcsolva. Ennek megfelelően jelzik a kapcsolási szimbólumok egy elem celláinak számát. Nagyobb feszültségnél szokás a középső cellákat szaggatott vonallal jelezni.



4. ábra: Különböző elemek kapcsolási szimbólumai

1.3 Világítódiodák

A tanuló készletben két piros LED, valamint egy zöld és egy sárga LED van. Az összes világítódiodánál alapvetően a polarításra kell ügyelni. A mínusz csatlakozót katódnak nevezzük, ez a rövidebb kivezetés. A plusz csatlakozó az anód. A LED belsejében látható a LED kristály kehely formájú tartója, ami a katódnál helyezkedik el. Az anód csatlakozó egy extra vékony huzalon át a kristály felső részével érintkezik. Az izzóktól eltérően a LED-eket soha nem szabad közvetlenül az elemhez csatlakoztatni. Mindig szükség van egy előtétellenállásra.



5. ábra: A világítódioda

1.4 Ellenállások

A tanulókészlet ellenállásai szénréteg ellenállások, +/-5 % tűréssel. Az ellenállás anyagát egy kerámiaúdra viszik fel, és védőréteggel vonják be. A jelölés színes gyűrűk formájában történik. Az ellenállásérték mellett a pontossági osztály is meg van adva.



6. ábra: Egy ellenállás

A +/-5 % tűrésű ellenállások az E24-es sorba tartoznak, ahol mindegyik dekád 24 értéket tartalmaz, melyek egymástól kb. azonos távolságra vannak.

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

1. táblázat: Ellenállás értékek az E24 szabványsor szerint

A színkódot attól a gyűrűtől kezdve kell leolvasni, ami az ellenállás pereméhez közelebb van. Az első két gyűrű a két számjegyre vonatkozik, a harmadik az ohmos ellenállásérték szorzója. A negyedik gyűrű adja meg a tűrést.

Szín	1. gyűrű 1. számjegy	2. gyűrű 2. számjegy	3. gyűrű Szorzótényező	4. gyűrű Tűrés
Fekete		0	1	
Barna	1	1	10	1 %
Piros	2	2	100	2 %
Narancs	3	3	1000	
Sárga	4	4	10 000	
Zöld	5	5	100 000	0,5 %
Kék	6	6	1 000 000	
Ibolya	7	7	10 000 000	
Szürke	8	8		
Fehér	9	9		
Arany			0,1	5 %
Ezüst			0,01	10%

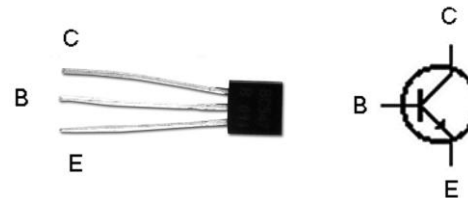
2. táblázat: Az ellenállások színkódjai

Egy sárga, lila, barna és arany színű gyűrűs ellenállás értéke 470 Ω , tűrése 5 % . A tanulókészletben két-két ellenállás található a következő értékekkel:

- 470 Ω sárga, ibolya, barna
- 1 kΩ barna, fekete, piros
- 22 kΩ piros, piros, narancs
- 470 kΩ sárga, ibolya, sárga

1.5 Az npn tranzisztorok

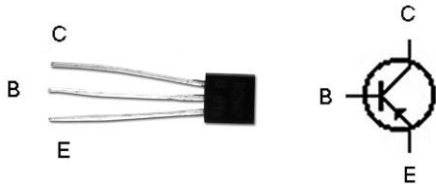
A tranzisztorok kisebb áramok erősítésére szolgáló építőelemek. A tanuló készletben két szilícium npn BC547B tranzisztor található. A tranzisztor csatlakozói: emitter (E), bázis (B) és kollektor (C). A bázis kivezetés közepén van. Ha a feliratot nézi és a csatlakozók lefelé állnak, az emitter jobboldalt található.



7. ábra: A BC547 npn tranzisztor

1.6 pnp-tranzisztorok

A BC557B pnp tranzisztor csatlakozó elrendezése azonos, csak polarításban különbözik egy npn tranziszortól. A kapcsolási szimbólumban az emitter nyíl befelé mutat.



8. ábra: A BC557 PNP tranzisztor

1.7 MOSFET

A BS170 térvezérlésű tranzisztor (MOSFET) kívülről ugyanúgy néz ki, mint egy bipoláris tranzisztor, csak a feliratról lehet megkülönböztetni. A tranzisztor csatlakozói source (S), gate (G) és drain (D). Ha a feliratot nézi és a csatlakozók lefelé mutatnak, a source csatlakozó jobboldalt található.



9. ábra: A BS170 MOSFET tranzisztor

1.8 Kondenzátorok

Az elektronika fontos építőeleme a kondenzátor, amely két fém felületről és egy szigetelő rétegből áll. Ha feszültséget adunk rá, a két kondenzátorlemez között elektromos erőter keletkezik, amiben energia tárolódik. Egy nagy lemezfelületű és kis lemeztávolságú kondenzátornak nagy a kapacitása, tehát adott feszültségnél több töltést tárol. A kondenzátor kapacitását faradban (F) mérjük.

A szigetelő anyag (dielektrikum) megnöveli a kapacitást a légszigeteléshez képest. A kerámia tárcsakondenzátorokhoz speciális kerámia anyagot használnak, amivel nagy kapacitást lehet elérni kis méret mellett. A tanuló készletben egy 10 nF-os (felirat 103, 10 000 pF) és két 100 nF-os (felirat 104, 100 000 pF) kerámia kondenzátor található.



10. ábra: Egy kerámia kondenzátor

1.9 Elektrolit kondenzátorok

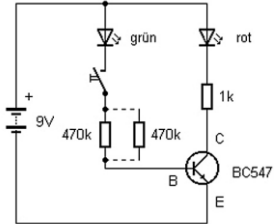
Nagy kapacitások elektrolit kondenzátorokkal érhetőek el (elkók). A szigetelés nagyon vékony alumíniumoxid rétegből van. Az elkó nagy felületű feltekeret alumínium fóliát és közte folyékony elektrolitot tartalmaz. A feszültséget csak egy irányban lehet ráadni. Rossz irány esetén szivárgóáram folyik, ami a szigetelő réteget fokozatosan leépíti, ez pedig az építőelem tönkremeneteléhez vezet. A mínusz pólus fehér csíkkal van jelölve, és ez a rövidebbik láb. A tanuló készletben egy 100µF-os és két 100µF-os elkó található.



11. ábra: Egy elektrolit kondenzátor

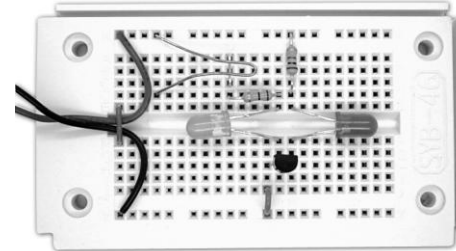
2. Áramerősítés

A kapcsolás a 12. ábrán az npn tranzisztor alapműködését mutatja. Két áramkör van. A vezérlő áramkörben kis bázisáram folyik, a terhelő áramkörben nagyobb kollektoráram. Az emitteren mindkét áram átfolyik. Mivel az emitter a kapcsolás közös vonatkoztatási pontjában van, ezt földelt emitteres kapcsolásnak nevezzük. Amint a bázisáramkört megszakítják, nem folyik többé terhelőáram sem. A bázisáram sokkal kisebb mint a kollektoráram. A kis bázisáram tehát egy nagyobb kollektorárammá lesz erősítve. A bázisellenállás 470-szer nagyobb mint az előtét-ellenállás a terhelő áramkörben. A kis bázisáram a zöld LED halvány világításáról ismerhető fel. A BC547B tranzisztor a bázisáramot mintegy 300-szorosára erősíti, így a piros LED jóval erősebben világít, mint a zöld LED.



12. ábra: Egy npn tranzisztor földelt emitteres kapcsolásban

Kapcsoljon egy második, 470 kΩ -os ellenállást párhuzamosan a meglévő bázisellenállással. Ezzel nő a bázisáram, és a kollektoráram is nagyobb lesz. A tranzisztor ekkor teljesen kinyit, azaz a bázisáram további növelése már nem tudja növelni a kollektoráramot. Ha egy 22 kΩ-os ellenállást kapcsol párhuzamosan, a piros LED nem lesz világosabb. A tranzisztor ekkor úgy működik, mint egy kapcsoló. A kollektor és az emitter között csak nagyon kis feszültség esik, kb. 0,1 V. A kollektoráramot a fogyasztó korlátozza, és nem növelhető tovább. A bázis és emitter között kb. 0,6 V feszültséget találunk, ami az áram változása esetén csak csekély mértékben változik.

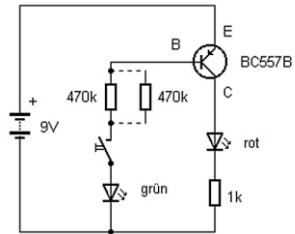


13. ábra: Áramerősítés

A LED-ek az áram jelzésére szolgálnak. A piros LED fényesen világít, a zöld alig. Csak egy teljesen besötétített helyiségben lehet a bázisáramot a gyengén világító LED-nél felismerni. A különbség utal a nagy áramerősítésre.

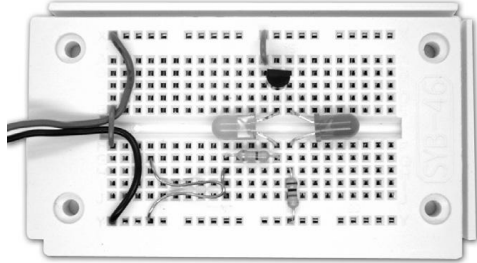
3. Plusz és mínusz felcserélve

A pnp tranzisztornak pontosan ugyanaz a funkciója, mint az npn tranzisztornak, de ellenkező polaritással. Az emitter ebből kifolyólag az elem plusz pólusára kerül.



14. ábra: Egy pnp tranzisztor földelt emitteres kapcsolásban

Építse meg a kapcsolást a BC557 pnp tranzisztorral, és figyelje meg itt is az áramerősítést különböző bázisellenállásokkal. A BC557B szintén mintegy 300-szoros áramerősítéssel rendelkezik.



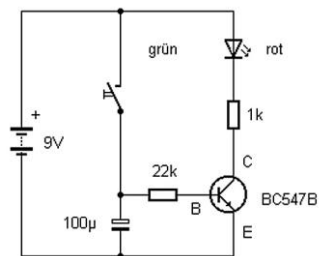
15. ábra: A BC557 áramerősítésének vizsgálata

4. Utánfutás vezérlés

A kapcsolás célja egy LED zseblámpa automatikus utóvilágítással. Az autók belső világítása gyakran ezen az elven működik: Ha elhagyja az autót, a lámpa még egy bizonyos ideig ég, majd utána lassan elalszik.

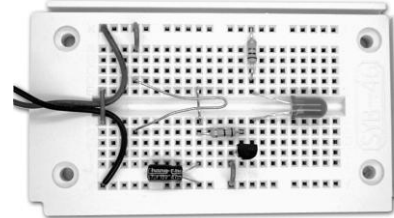
Ha egy elköt helyes pólussal az elemhez tart, elektromos töltést vesz fel. Az elemről való leválasztás után ez a töltés hosszú ideig megmarad. Az elköt ezután egy LED-hez lehet csatlakoztatni. Rövid fényvillanás keletkezik. Az elköt egy pillanat alatt kisül.

A tranzisztor áramerősítését fel lehet arra használni, hogy egy kondenzátor kisülési idejét meghosszabbítsuk. A kapcsolás a 16. ábra szerint egy 100 μ F-os elköt használó töltőkondenzátorként. A nyomógombra történő rövid nyomás után feltöltődik és hosszú ideig szolgáltat bázisáramot a földelt emitteres kapcsoláshoz.



16. ábra: Késleltetett kikapcsolás

A kisülési idő a nagy bázisellenállással jelentősen meghosszabbodott. Kb. két másodperc után az elköt már jól kisül. Ez idő után viszont még mindig elegendő a bázisáram a tranzisztor csekély kivezérléséhez. A kollektoráram csak fokozatosan csökken le.



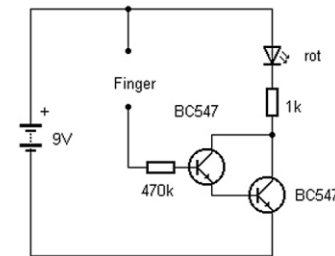
17. ábra: Az utóvilágító zseblámpa

Amíg a gombot lenyomva tartja, a LED teljes fényerővel világít; de egy rövid gombnyomás is elég a LED bekapcsolásához. Ezután kb. két másodpercig bekapcsolva marad, majd egyre gyengébben világít. Kb. egy perc elteltével még mindig észlelhető egy kis pislákolás. Valójában a LED hosszabb idő után sem alszik el teljesen. Az áram viszont olyan kicsire esik, hogy már nincs látható hatása.

5. Érintés érzékelő

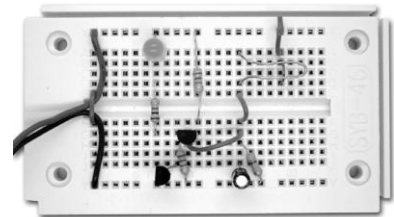
Egy lámpát egy egyszerű kapcsolóval lehet kapcsolni. Alkalmos tranzisztoros áramkörrel viszont egy érintés érzékelőt is meg lehet építeni. Két huzal vagy fém érintkező ekkor nem érinti egymást közvetlenül, hanem csak ujjal kell őket megérinteni.

Két tranzisztor áramerősítési tényezője összeszorozható úgy, hogy az első tranzisztor erősített áramát a második tranzisztor bázisáramaként még egyszer erősítjük. A kapcsolást a 18. ábra szerint Darlington kapcsolásnak is nevezzük.



18. ábra: A Darlington kapcsolás

Ha minden egyes tranzisztornál 300-szoros erősítésből indulunk ki, a Darlington kapcsolás 90 000-szeres erősítéssel rendelkezik. Ekkor már egy 10 M Ω -os bázisellenállás elegendő a LED bekapcsolásához. A valóságos kísérletben az extrém nagyohmos ellenállás helyett egy érintéses kontaktust használhatunk. A nagy erősítés miatt elég már egy könnyed érintés is száraz ujjal. Az elemcsatlakozás vezetékében lévő kiegészítő védőellenállás megóvja a tranzisztorokat arra az esetre, ha az érintős kontaktusok véletlenül közvetlenül összezáródnak.

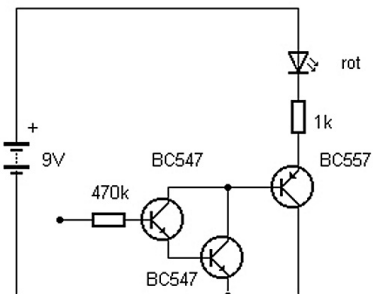


19. ábra: Az érintés érzékelő

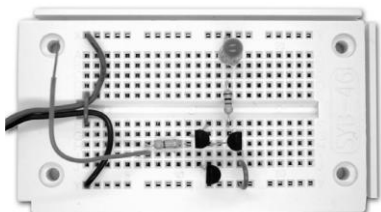
6. Mozcásérzékelő

Ebben a kapcsolásban az első tranzisztor bemenetén érzékelővezeték van. Ha valaki a vezeték közelében mozog, a LED felgyullad. Szigetelő talajon történő mozgás során minden ember észrevétlenül feltöltődik elektromosan. Ha vezető tárgyak közelében mozognak, az elektrostatikus erők elektromos töltések eltolásához vezetnek, tehát egy kis áramhoz, ami itt

nagyon felerősödik. A Darlington kapcsolás egy pnp tranzisztort vezérel úgy, hogy az áramerősítés még 300-szor nagyobb lesz. Ekkor már néhány pikoamper is elegendő, hogy a piros LED láthatóan világítson.



20. ábra: Erősítés három tranzisztorttal



21. ábra: Erősítő elektromos mező érzékelőhöz

A kapcsolás első tesztjéhez egy rövid, 10 cm hosszú érzékelőhuzal elég. Egy kis mozgással a szigetelő talajon normál esetben elegendő töltést lehet összegyűjteni. Mozgassa ezután a kezét az érzékelő huzal közelében. A LED fényereje megváltozik.

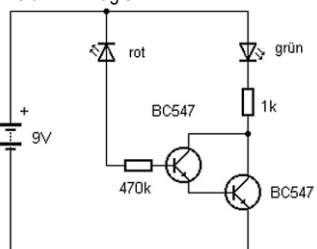
A kapcsolás érzékenységének növeléséhez hosszabb érzékelőhuzalt csatlakoztathat. Ez lehet csupasz vagy szigetelt vezeték. Még hatékonyabb lesz az érzékelő, ha az elem mínusz csatlakozását lefedeljük. Ehhez elég, ha egy második személy megérinti a kapcsolást.

Ekkor már az is érzékeli, ha valaki az érzékelőtől fél méter távolságban elhalad. A LED villogása jelzi az egyes lépéseket. A csupasz vezeték vég közvetlen megérintésével tartós világítást kapunk.

Ennek oka a helyiségekben elkerülhetetlenül jelenlévő 50 Hz-es váltakozó mező. A LED a valóságban nem világít állandóan, hanem 50 Hz frekvenciával villog.

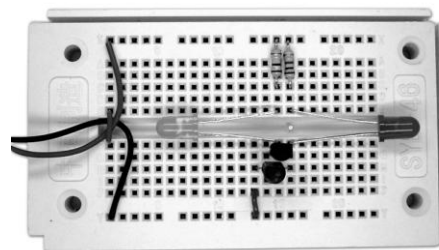
7. A LED mint fényérzékelő

A fényérzékelő egy LED fényerejét vezérli. Ha az érzékelőre fény esik, bekapcsolja, sötétben nem. Egy diódán gyakorlatilag nem folyik áram, ha záróirányú feszültséget kötnek rá. Valójában azonban észlelhető egy igen kis záróirányú áram, pl. pár nanoamper, ami normál esetben elhanyagolható. A Darlington kapcsolás igen nagy erősítése azonban lehetővé teszi a kísérletezést extrém kis áramokkal. Így például a világítódioda záróirányú árama függ a megvilágítástól. A LED ezáltal ugyanakkor fotódioda is. A piros LED igen kis fotoáramát két tranzisztor annyira felerősíti, hogy a zöld LED világít.



22. ábra: A LED záróirányú áramának felerősítése

A gyakorlati kísérletben a jobboldali LED normál környezeti megvilágításnál már egyértelműen bekapcsolódik. Ha az érzékelő LED-et kézzel letakarjuk, ez észlelhető a jelző-LED fényerejében.

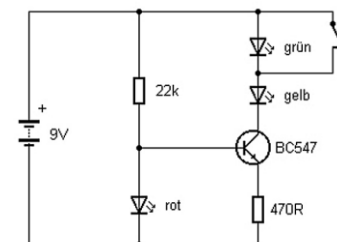


23. ábra: A LED mint fényérzékelő

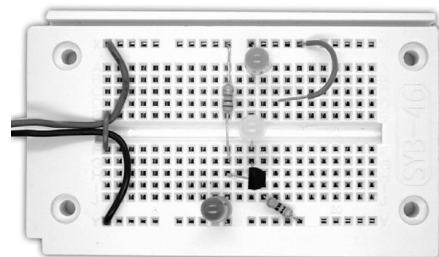
8. Állandó fényerő

Némelykor állandó áramra van szükség, amely lehetőleg független a feszültségingadozástól. A LED ekkor kisebb elemfeszültség mellett is ugyanolyan fényerővel világítana. A 24. ábrán egy egyszerű stabilizáló kapcsolás látható. A bemeneten egy piros LED stabilizálja a bázisfeszültséget mintegy 1,8 V-ra. Mivel a bázis-emitter feszültség mindig kb. 0,6 V, az emitterellenállás kb. 1,2 V van. Vagyis az ellenállás meghatározza az emitteráramot, és vele együtt a kb. 2,5 mA kollektoráramot is.

A kollektorkörben levő LED-ekhez nem kell előtétellenállás, mivel a LED áramát a tranzisztor szabályozza. A konstans áramforrás (áramgenerátor) különböző terhelések mellett is működik. Betehet két LED-et a kollektorkörbe, vagy rövidre zárhatja az egyiket – a kollektoráram nem változik.



24. ábra: Egy stabilizált áramforrás (áramgenerátor)



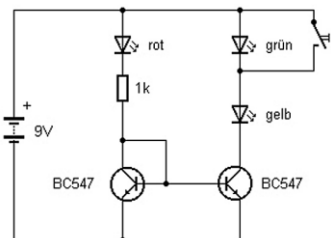
25. ábra: A LED fényerejének stabilizálása

Ellenőrizze az eredményeket egy új és egy erősen elhasznált elemmel. Amíg van valamennyi maradék feszültség, a LED csaknem azonos fényel világít. Egy LED esetében az elemfeszültség lejjebb mehet, mint kétfőnél, melyeknél legalább 6 V szükséges.

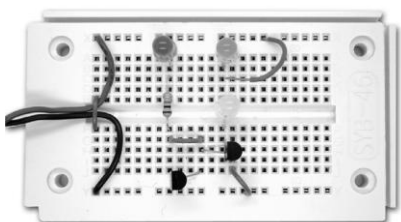
9. Hőmérséklet szenzor

Az áramkör hőmérséklet különbségeket is jelez a LED fényerőn keresztül. Elegendő a hőmérséklet érzékelőt ujjal megérinteni. A 26. ábrán egy úgynevezett áramtűkör látható. Az áram, amely az 1 kΩ-os ellenálláson folyik, tükröződik a

két tranzisztoron, és majdnem azonos nagyságú kollektoráramként jelenik meg a jobboldali tranzisztoron. A baloldali tranzisztor bázisa és kollektora össze van kötve, és automatikusan kb. 0,6 V bázis-emitter feszültség áll be, ami a megadott kollektoráramot eredményezi. Elvileg a második tranzisztoron azonos paraméterek és azonos bázis-emitter feszültség esetén ugyanazon kollektoráramnak kellene folynia. A gyakorlatban általában mutatkozik egy kis különbség. Az áramtűkő egyúttal egy konstans áramforrás. A sárga LED fényereje ezért nem változik, ha a zöld LED-et áthidalják.



26. ábra: Az áramtűkő



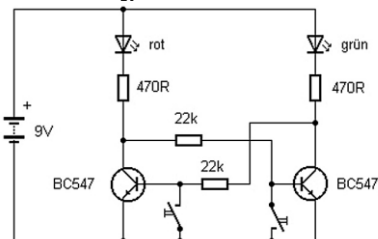
27. ábra: A tranzisztor mint hőmérsékletérzékelő

A kapcsolás érzékeny hőmérséklet érzékelőként használható. Érintse meg az egyik tranzisztor az ujjával. A fellépő melegedés megváltoztatja a kimenő áramot, és ez a LED fényerejének változásából észlelhető. Aszerint, hogy a két tranzisztor közül melyiket érinti meg, a jobboldali LED fényerejét kissé megnövelheti vagy csökkentheti. Az ujjal a környezeti hőmérséklettől függően max. 10°C melegedés érhető el, ami már jól látható. Még jobban észlelhető a fényerő különbség, ha az egyik tranzisztor óvatosan egy forrasztópákával melegíti.

10. Be és ki

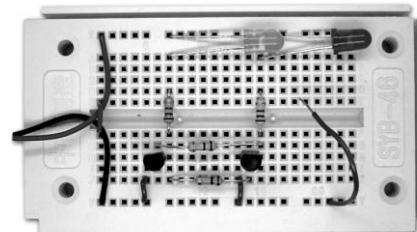
Most pedig áttérünk a digitálisra: míg egy analóg áramkörben több vagy kevesebb áram folyik, a digitális áramkör vagy teljesen be-, vagy teljesen kikapcsolt állapotban van. A Be és Ki állást 1-gyel vagy 0-val is jelölik. Az itt bemutatott kapcsolás a számítástechnika egy alap építőköveként is tekinthető.

A két stabil állapottal rendelkező áramkört billenőkörnek vagy flipflopnak is nevezik. Egy LED vagy be- vagy ki van kapcsolva, de soha nincs "félig be". A 28. ábra egyszerű flipflop kapcsolást mutat. Az áramkör alapvetően két erősítő fokozatból áll, egymás közti visszacsatolással.



28. ábra: Egy bistabil flipflop

Az áramkör két lehetséges állapot egyikébe billen: amikor a jobboldali tranzisztor vezet, a baloldali lezár, és fordítva. Az éppen vezető tranzisztornak csekély kollektorfeszültsége van, ezzel lekapcsolja a másik tranzisztor bázisáramát. Ezért egy egyszer beállt kapcsolási állapot stabil marad, amíg nem változtatják meg a nyomókapcsolók egyikével.

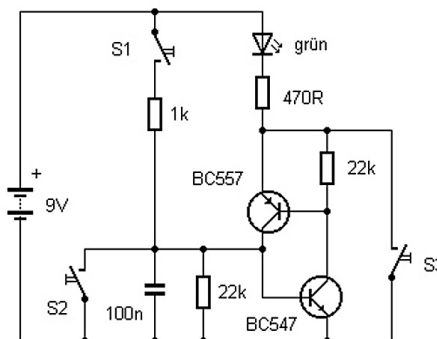


29. ábra: A billenőkapcsolás

Kapcsolja be a tápfeszültséget. Látni fogja, hogy a két LED egyike világít. Előre azonban nem mondható meg, hogy melyik oldal lesz bekapcsolva. Többnyire a tranzisztorok eltérő áramerősítése határozza meg, hova billen az áramkör. Alkalmazzon itt egy átkötést (jumper), amivel a két tranzisztor egyikét zárja. A létrejött állapot megmarad a jumper eltávolításáig. A kétféle állapot jelölésére használatos a Set (S) és Reset (visszaállítás, R), innen származik az RS-flipflop megnevezés.

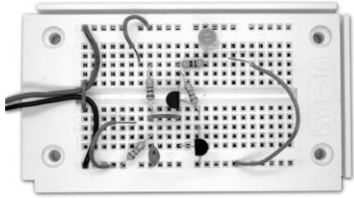
11. Begyújtás és kioltás

Egy bistabil kapcsolás felépíthető egy npn- és egy pnp tranzisztorral is. Az egyik tranzisztor kollektorárama egyben a másik tranzisztor bázisárama lesz. Így a két tranzisztor vagy egyszerre zárt, vagy egyszerre vezető. Bekapcsolás után az áramkör először lezárt állapotba kerül. Az S1 kapcsoló rövid működtetés után vezető állapotba kapcsol. Ez az állapot tárolódik, és addig tart, amíg a tápfeszültség megvan. Csak a tápfeszültség kikapcsolásakor térnek vissza a tranzisztorok a lezárt állapotba.



30. ábra: Vezetés és lezárás

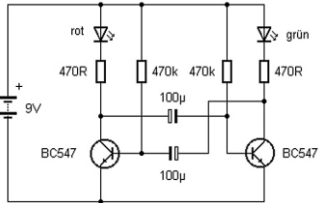
S1 rövididejű zárására begyújt az áramkör, és a LED világít. S2-vel viszont törölhető a vezető állapot. S3 ugyan a LED-et bekapcsolja, de ugyanakkor törli a tranzisztorok vezető állapotát. S3 nyitása után tehát a LED kikapcsol.



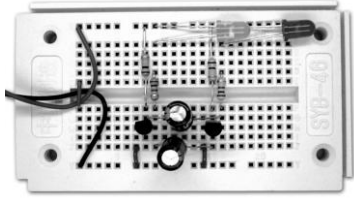
31. ábra: Be vagy ki

12. Ellenütemű villogó

Az elektronikus villogó ellenütemben működik: két LED-et kell automatikusan átkapcsolni, úgy, hogy mindig csak egyikük van bekapcsolva. A 32. ábra szerinti szimmetrikus villogó-kapcsolást multivibrátornak is nevezhetjük. A visszacsatolást két kondenzátor adja. Az elkőknél ügyelni kell a polarításra, mivel a megfelelő kollektor feszültsége átlagban magasabb, mint az átellenes bázisé. A kapcsolás csak addig stabil, amíg a kondenzátorok töltése át nem változik, azután átbillen a másik állapotba. Két 100 µF-os elkőval igen kis frekvencia adódik, percenként ötnél kevesebb teljes váltással.



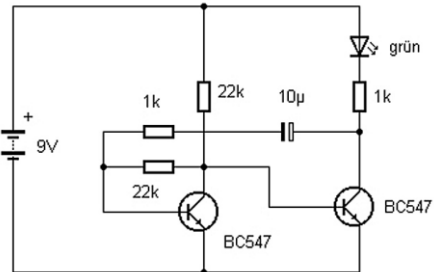
32. ábra: A multivibrátor



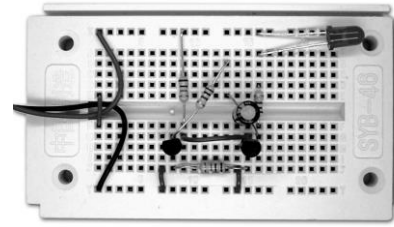
33. ábra: Egy lassú váltakozó villogó

13. Egyszerű LED-es villogó

A járművek villogói többnyire csak egy lámpát gyújtanak meg. Most még egy flipflopot építünk, amely magától ide-oda kapcsol. A kapcsoláshoz csak egy kondenzátor kell. Két földelt emitteres tranzisztor erősítőt alkot. A kimenetről a bemenetre való visszacsatolást kondenzátor valósítja meg, amely ismételtlen feltöltődik és kisül.



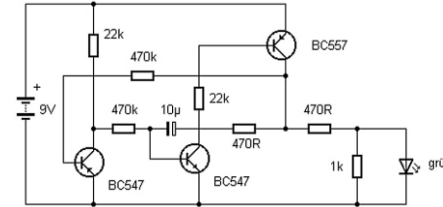
34. ábra: Egyszerűsített multivibrátor



35. ábra: LED-villogó

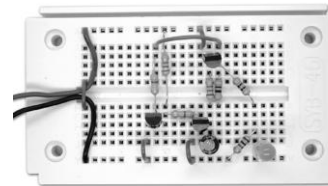
14. LED villanófény

A kapcsolás rendszeres rövid fényvillanásokat produkál. Amíg a kondenzátor töltődik, mindhárom tranzisztor zárva marad. A középső tranzisztor bázisfeszültsége lassan növekszik. Kb. +0,6 V-nál a középső tranzisztor vezetni kezd, és bázisáramot ad a pnp-tranzisztoroknak. Ennek kollektorfeszültsége megnő, és bekapcsolja a LED-et. Ugyanakkor az elkő erőteljes és rövid bázis-impulzusáramot ad. Az áramkörben a baloldali tranzisztor a kapcsolás megfelelő munkapontjának biztosítására való. Körülbelül egy fényvillanás van másodpercenként.



36. ábra: A villogó áramkör

Távolítsa el a LED-del párhuzamosan kapcsolt 1-kΩ-os ellenállást az áramkörből: a villanások közötti idő jelentősen megnő. A baloldali tranzisztor akkor zár, amikor az elkő teljesen kisül. Kollektorfeszültsége ekkor kezd lassan nőni, hogy új impulzus keletkezhessek.

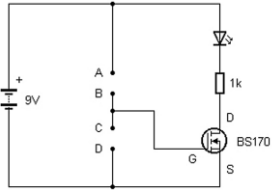


37. ábra: LED villanófény

15. MOSFET-es érintés érzékelő

A BS170 MOSFET (metal oxide semiconductor field-effect transistor) a LED-et két kontaktus-pár segítségével vezérli, melyeket közvetlenül össze lehet kötni, vagy ujjal érinteni. A kontaktusok rövid összekötése után keletkező állapot hosszabb ideig megmarad.

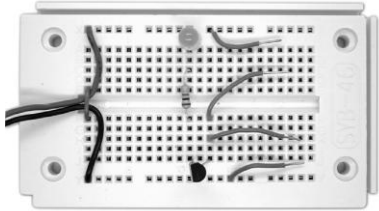
Az npn-tranzisztor az első kísérletben egy egyszerű alapkapcsolásban mutatott be. Bázisáramra van szükség ahhoz, hogy kollektoráram tudjon folyni. Hasonló kísérletnél a BS170 MOSFET egészen másképpen viselkedik. A MOSFET-nek három kivezetése van: gate (G), source (S) és drain (D). A vezérelt áram nem a bemeneti áramtól függ, hanem a G és S közé kapcsolt feszültségtől. Ha a gate-re legalább kb. 2V pozitív feszültség jut, a tranzisztor vezet. A gate kivezetés teljesen szigetelt, és egy kis, kb. 60 pF-os kondenzátort képez. Ezért, ha a gate egyszer fel lett töltve, a gate-feszültség sokáig fennmarad.



38. ábra: A MOSFET alapkapcsolása

Egyszer röviden kösse össze az A és B csatlakozásokat, a gate feltöltéséhez. A LED bekapcsol, és úgy marad. Kösse össze a C és D kontaktusokat a gate kisütésére és a LED kikapcsolására. Mindkét lehetséges állapot viszonylag hosszan fennmarad. A kísérlet így egy dinamikus memória alapvető működését szemlélteti, ahol ugyancsak elektromos töltés tárolódik, az 1- és 0 állapotok létrehozásához. Egyidejűleg az áramkör egy egyszerű érintéskapcsoló, mivel az A és B ill. C és D kontaktusok érintésének hatása olyan, mint egy közvetlen kontaktusé.

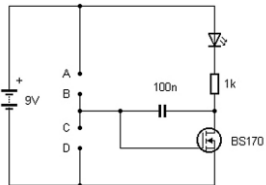
De figyelme! A gate-feszültség nem lehet több, mint 20 V, ez tönkretelheti a tranzisztort! Ezért elővigyázatosnak kell lenni az elektrostatikus feltöltődéssel. Először mindig érintsen meg egy tápfeszültség csatlakozást, hogy az esetleges töltéseket levezesse. A tranzisztor számára különösen veszélyes, ha két személy érinti meg ugyanazt a kapcsolást. Mivel ők különbözőképpen lehetnek feltöltve, kisülés következhet be a tranzisztoron keresztül, ami tönkretelheti.



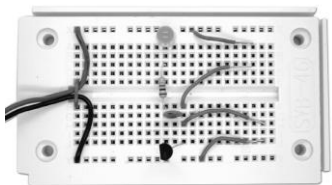
39. ábra: A gate feltöltése és kisütése

16. Érzékelő dimmer

Egy kondenzátor beiktatásával a gate és drain közé, a „teljesen be” és „teljesen ki” közötti állapotok is fennmaradhatnak. Ha a gate feszültség csökken, a drain-áram kisebb lesz, és vele együtt a feszültségesés is a LED-en és előtétellenállásán. A drain-feszültség tehát nő. Ez csak feltöltött kondenzátornál lehetséges. A drain-feszültség változása ellentétes a gate-feszültség változásával. Kis bemeneti áramnál ezért a LED fényereje csak lassan változik. Az A és B kontaktusok érintésekor a LED világosabb lesz. Ha halványítani akarjuk, C és D-t kell érinteni. Az érintésre adott válasz sebessége különböző. A fényerő növelés a nagyobb töltő-feszültség miatt gyorsabb, mint a halványítás.



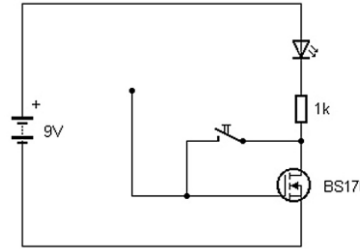
40. ábra: Az érintős dimmer



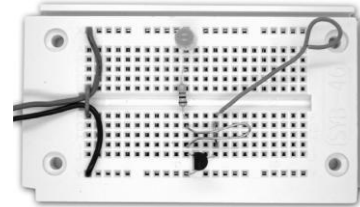
41. ábra: Állítható fényerő

17. Elektrométer

Az elektrométer olyan műszer, mellyel kis elektromos töltések vizsgálhatók. Elektromosan töltött tárgyak, vagy személyek elektromos mezőt hordoznak, ami a környezetben levő szigetelt tárgyakra feltöltő hatással van. Ez érvényes a BS170 szigetelt gate-jére is. Az áramkör bemenetére szigetelt vezetőket csatlakoztatunk. Ekkor a környezeti elektromos töltések hatással vannak a LED fényerejére. Pl. megdörzsölhetünk egy műanyag vonalzót egy ruhával, és az áramkörhöz közelíthetjük. Itt egy 10 cm-es biztonsági távolságot kell tartani, hogy a MOSFET ne menjen tönkre. A bekapcsolás utáni kezdeti állapot határozatlan, vagyis a tranzisztor akár teljesen lezárt, akár teljesen vezetől állapotban is lehet. Egyik esetben sincs jelentősége a gate-feszültség kisebb eltérésének. Ezért van egy start kapcsoló, amivel a gate és drain röviden összeköthető. A gate-feszültség a közepes tartományba kb. 2 V-ra áll.



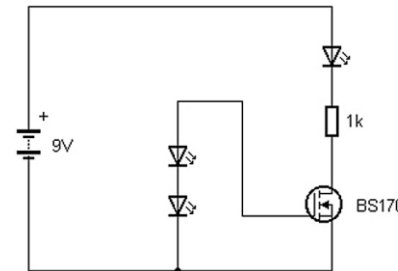
42. ábra: Az elektrométer



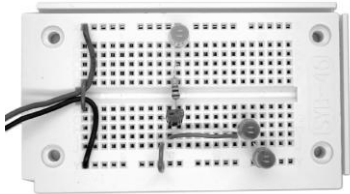
43. ábra: Elektromos töltések bizonyítása

18. LED-ek mint fotoelemek

Ebben a kísérletben újabb lehetőség nyílik egy egyszerű fényérzékelő felépítésére. Egy BS170-et használunk. Két LED fényérzékelőként szolgál. Két Darlington-kapcsolású npn-tranzisztorral a 7. fejezetben egy LED fényérzékelőként használható. A majdnem végtelen nagy bemeneti ellenállásnak köszönhetően ugyanaz a feladat egyetlen MOSFET-tel is megoldható. Most azonban két LED-et kell alkalmazni fényszenzorként. A LED-ek fényelemként működnek, melyek feszültséget tudnak kiadni. A BS170 2 V gate-feszültségtől vezet. Két LED együtt, megfelelő világításnál, biztosítani tudja a megfelelő feszültséget. Már kis megvilágítás is elegendő az érzékelhető hatás kiváltásához. Kísérletezzen különböző LED-ekkel is. A zöld LED valamivel több feszültséget ad, mint a piros.



44. ábra: LED-ek mint fotoelemek

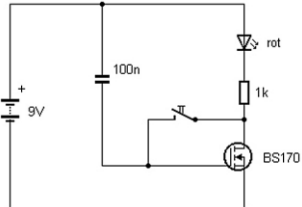


45. ábra: A fényérzékelő

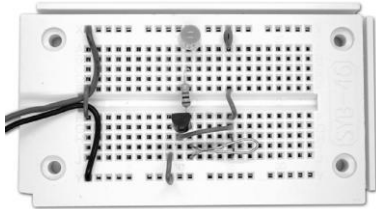
19. Kondenzátoros hőmérséklet érzékelő

Egy 100 nF-os kerámia kondenzátor hőmérséklet érzékelőként alkalmazható. Az ilyen kondenzátor nagy hőmérsékleti együtthatóval rendelkezik. A kapacitás melegedéstől csökken, ennél a kísérletnél a kapcsolót zárt állapotban kell tartani, majd ismét nyitni. A gate-feszültség automatikusan a körülbelül 2 V-os küszöbfeszültségre áll be, a LED világít. A 100 nF-os kondenzátoron kb. 7 V feszültség van.

Érintse meg a kondenzátort könnyedén az ujjával, ez a hőmérséklet emelkedését eredményezi. A kondenzátorban tárolt töltés állandó marad. Mivel azonban a kapacitás csökken, a kondenzátor feszültsége emelkedik. Ez egy kisebb gate-feszültséghez, és ezzel kisebb drain-áramhoz vezet. Már egy kis érintés is elegendő a LED észrevehetően gyengébb világításához. Az áramkör a kis hőmérsékletváltozásokra érzékenyebben reagál, mint a tranzisztor kapcsolás a fejezet szerint. 9. Amint az érzékelő kondenzátor ismét lehűlt, a LED eredeti fényereje újból helyreáll.



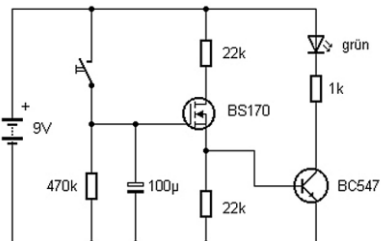
46. ábra: A kondenzátorfeszültség elemzése



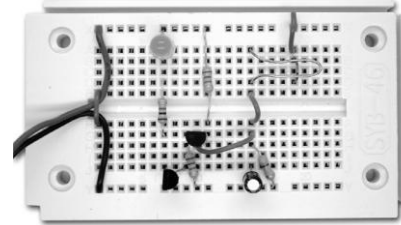
47. ábra: A hőmérsékletérzékelő

20. Egyperces világítás

A fény a nyomókapcsoló egy nyomására bekapcsolódik, és körülbelül egy percig bekapcsolva marad. Az átmenet a világosság és sötétség között lágy, de viszonylag gyors. A gombnyomással az elkő 9 V-ra lesz feltöltve. Kisülni a 470-kΩ-os ellenálláson keresztül fog. Amíg a gate-feszültség kb. 2,6 V fölött van, a FET vezet, és bázisárammal látja el az npn tranzisztort, amely a LED-et bekapcsolja. Ha a bemeneti feszültség lecsökken, a FET kevésbé vezet. Amint az npn tranzisztor bázisfeszültsége kb. 0,6 V alá süllyed, nem folyik jelentősebb kollektoráram, a LED kialszik.



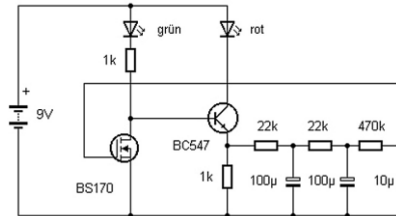
48. ábra: Lassú kondenzátor kisütés



49. ábra: A pillanatvilágítás

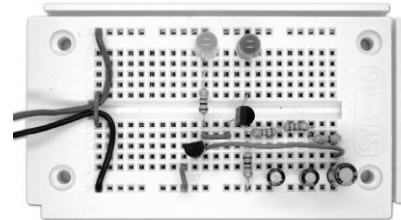
21. Lágy villogó

Egy lágyan erősödő és csökkenő fényerővel működő LED villogó megfelelő frekvenciánál a nézőre ellazító hatást gyakorol. A fényerő görbéje szinuszos lefutású. A kapcsolás két LED-et vezérel, ellenkező fázissal. A fény folyamatosan változik, lágy átmenettel a vörös és zöld szín között.



50. ábra: Fázistolásos oszcillátor

A kapcsolás indításakor az elkők még ki vannak sütvé. A BS170 tehát zár, és az npn tranzisztor vezet. Először tehát csak a piros LED világít. Azután az áramkör megkísérli egy közepes áram bejátszását, de mindig túllendül, és szinuszos jelet állít elő, amitől egyszer az egyik, máskor a másik tranzisztor vezet.



51. ábra: A lágy villogó