

15. 12./13./14.

Fotovevőkapcsolások

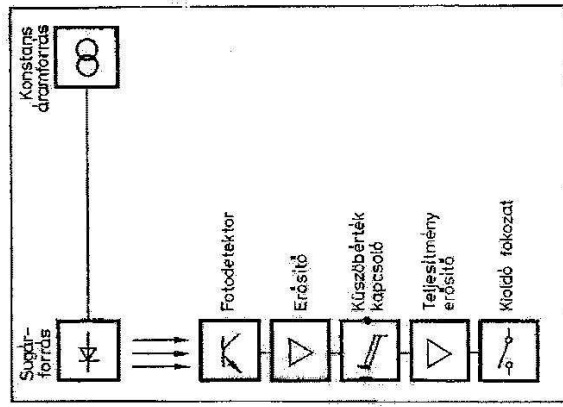
15.1. Elvi működési mód 13.

Fotovevőkkel egy sugárzás kiértékelhető és mérhető. Egy egyszerű optikában sugárforrás és egy elég érzékeny fotoérzékelő található a kapcsolóegység közvetlen vezérlésére. A 15.1. ábrán egy nagyon egyszerű optokapu felépítése látható. A fényérzékelő kiemenetén igen —nem jellegű döntés jelenik meg a következő feltételektől függően:

igen = kielégítő mértékű sugárzás, nem = nem elegendő vagy sugárzás nélküli állapot.

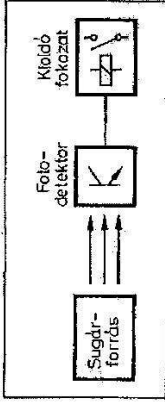
Szűrőfokozatok vagy kontrasztáramviszonyok mérése a fenti elv szerint nem lehetséges.

A 15.2. ábrán látható a nagyobb követelményeket kielégítő optokapufőmbvázlata, ahol a fotovevőkapcsolás lényegesen továbbfejlesztett. A fotodetektort egy kívánt érzékenység tartomány figyelembevételével választották ki. A hozzákapcsolt erősítő a követelményeknek megfelelő feszül-

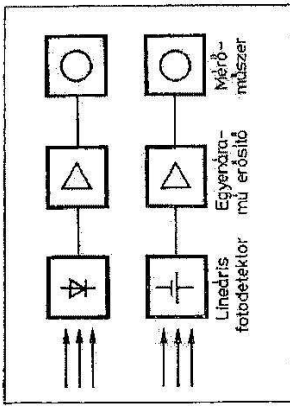


15.2. ábra Sugárkapu elve modulálatlan sugárzásnál

ség- és áramerősséssel rendelkezik. A kapcsolási küszöb szintkapcsoló elérésekor gondoskodik az egyértelmű kapcsolási pontról. Néhány alkalmazásban nagy hisztérézissel bíró átváltásról kell gondoskodni, hogy az érzékenységi határ közelében az izzó és más fénykiibocsátó lámpák modulált fényerősségének következtében ne lépjen fel moduláció a kapcsolás kimenetén. A teljesítményerősítő vezérli a kapcsolófokozatot, amely a legegyszerűbb esetben egy kapcsolóiránysztorból, vagy — ha arra szükség-



15.1. ábra Egyszerű sugárkapu modulálatlan sugárzás-hoz



15.3. ábra
Optikai sugárzások analóg mérési elve

van a galvanikus elválasztás érdekében — reléből vagy optocsatlóból áll.

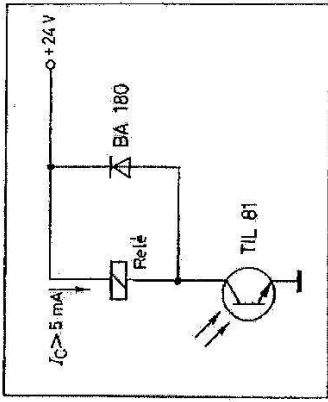
A 15.3. ábrán látható sugárzási teljesítmény mérésének elve. Az itt alkalmazott fotovevő kimenetén megjelenő jel nagysága a sugárzás erősségével lesz arányos. A fotovevő kimeneti jele egy egyenfeszültség-erősítő bemenetére kerül. Az erősítő kimeneti jele vezérlő azután a műszert, amelyről a végt. sugártejesítmény értéke leolvasható.

15.2. Vevőkapcsolások kétpólusú félvezető fotovevők részére

Kétpólusú félvezető fényvevőknek a fényelemeket, a fotodiódákat és a bázkiszivezetés nélküli fototranszisztorokat nevezik.

15.2.1. Közvetlen relévezérlés fototranszisztorral

Érzékeny fototranszisztorok már viszonylag nagy kollektoráramot szolgáltatnak. Kielégítő besugárzásere-



15.4. ábra
Egyszerű jellegű vezérlés az érzékeny TIL 81 típusú fototranszisztorral

ség esetén lehetővé válik kisáramú relék közvetlen meghajtása. A TIL 81 típusú fototranszisztorok a következő tipikus értékei vannak:

$$I_C = 20 \text{ mA} \quad E_{e, \text{ssse K}} = 5 \text{ mW/cm}^2.$$

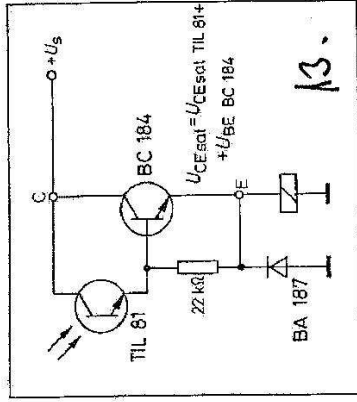
Ezek az adatok (a 15.4. ábrán látható kapcsolásban) elegendők a relé közvetlen meghajtására. A kisáramú relé már egy $E_e = 5 \text{ mW/cm}^2$ besugárzási erősségre biztosan bekapcsol, ha a relé indulási árama 5 mA alatt van.

15.2.2. Foto-Darlington-kapcsolások

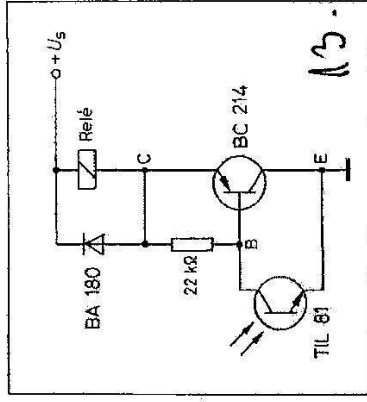
Fototranszisztorok az utánuk kötött bipoláris transzisztorokból Darlington-kapcsolás alakítható ki. Ilyen kapcsolások az utánkapcsolt transzisztor $B (= h_{21E})$ áramerősítési tényezőjével lényegesen érzékenyebbek az egyszerű fototranszisztornál. A Darlington-kapcsolás eredő B_D áramerősítési tényezője:

$$B_D = B_{\text{fototranszisztor}} \times B_{\text{bipoláris transzisztor}}.$$

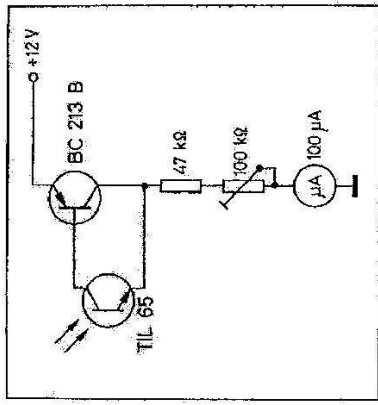
Ebből a tényből kiindulva egyszerű relévezérlésre nyílik lehetőség. A 15.5. ábrán egy n-típusú fototranszisztorból és egy utána kapcsolt n-típusú transzisztorból kialakított n-típusú fototranszisztorból látható kollektor kapcsolásban, ill. emittorkövetőként közvetlen meghajtásra. A 15.6. ábrán egy n-típusú fototranszisztorból és egy p-típusú transzisztorból kialakított Dar-



15.5. ábra
N-típusú foto-Darlington mint emittorkövető



15.6. ábra
N-típusú foto-Darlington komplementer kapcsolásban



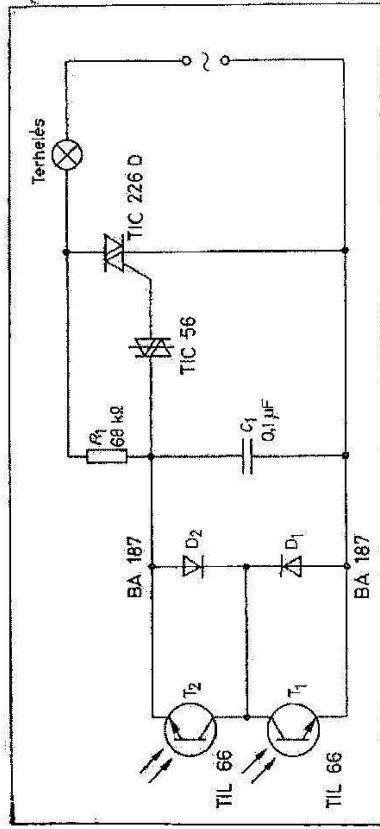
15.7. ábra
Egyszerű luxmérő

lington komplementer kapcsolású fotovevőt alkalmazó relémeghajtó kapcsolási rajza látható. Mindkét kapcsolásban a relé a fototranszisztor besugárzásakor húz be.

A 15.7. ábrán egy foto-Darlingtonnal kialakított egyszerű luxmérő kapcsolási rajza látható. Közepes megvilágításnál és megfelelő méretezés esetén a luxmérőnek lineáris $I_e = f(L_e)$ karakterisztikája van. A kapcsolás kalibrálása egy másik luxmérővel történhet.

15.2.3. Tirisztor- és triac-vezérlés fototranszisztorral

Az előző fejezetben ismertetett elv alapján lehetséges tirisztorok vezérlése transzisztorokkal. A 15.8. ábrán látható egy ilyen berendezés elvi kapcsolási rajza. Ha fototranszisztorra megfelelő erősségi fény kerül, akkor áram folyik a tirisztor gate kivezetésébe, és a tirisztor begyújt. Az R_y ellenállás és a C_1 kondenzátor megaka-



15.14. ábra
Váltakozófeszültségről két diódával és két n-típusú fototranszisztorral működő fototranszisztor-kapcsolás izzólámpás megvilágítás-szabályozáshoz

terisztikája a harmadik negyedben ismétlődik.

A 15.14. ábrán egy másik váltakozóáramú üzemmódra alkalmas rendszer kapcsolási rajza látható. Pozitív félhullám esetén T_2 fototranszisztor a párhuzamosan kapcsolt D_2 fotodióda rövidere zárja. A T_1 fototranszisztor a D_2 diódán keresztül kapja meg a helyes polarítású kollektor tápfeszültséget. A negatív félperiódus alatt a T_1 fototranszisztor a D_1 dióda rövidezárja és ilyenkor a T_2 fototranszisztor kap kollektor tápfeszültséget a D_1 diódán keresztül. Ezzel a kapcsolással az izzólámpák fényerősség szabályozása oldható meg ún. fázisvágo vezérléssel. Itt egy triac az izzólámpával sorbakötve alkotja a főáramkört. A triac gate elektrodáját egy triggerdióda az RC fázistoló áramkörből vezérli. Amikor a vezérlőfeszültség értéke az R_1 ellenálláson és a C_1 kondenzátoron át meghaladja a trigger-

dióda letörési feszültségét, akkor ez bekapcsol és begyújtja a triacot. A triac a váltakozófeszültség nullámeneténél ismét kikapcsol.

A váltakozóáramú fototranszisztor a C_1 fázistoló kondenzátorral parhuzamosan van kötve. Lesötétített állapotban a triac-on átfolyó áram fázis-szögét az $R_1 \times C_1$ időállandó határozza meg. Ha fény vetődik a T_1 és T_2 fototranszisztorra, akkor az R_1 ellenálláson átfolyó áram egy része a transzisztorok keresztül levezetődik, ezáltal a kondenzátor kisülése lelassul, így a letörési feszültség elérése csak később következik be. A folyási szög növekedése, így az izzólámpa fényerőssége is lecsökken. Megfordítva: kis fényerősségnél a folyási szög nagysága ismét az eredeti értékre tér vissza, azaz az izzólámpa fényerőssége ismét megnövekszik.

Fotóvevők (Alkalmasok)

15.2.4.

Tranzisztorok és műveleti erősítők vezérlése fototranszisztorokkal, fotodiódákkal és fényelemekkel

A kétpólusú fényérzékeny félvezetők különböző elvek szerint vezérelhetők egy egyenáramú feszültség-erősítőt.

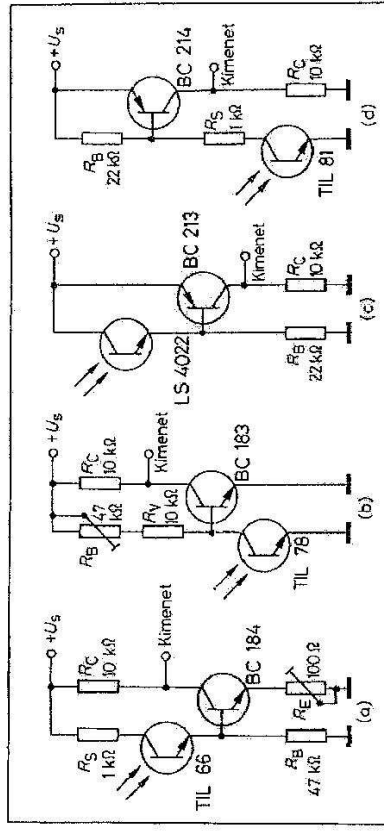
Mivel egy fototranszisztor- vagy egy fotodiódaáram generátor tulajdonsággal rendelkezik, a tápfeszültség megváltozása következtében a kimeneti áram csak nagyon kis mértékben változik meg. Egy fototranszisztor vagy fotodióda kimeneti árama vagy közvetlenül, vagy a munkaelenálláson eső feszültséggel vezérli az erősítőket. Ha az egyenfeszültség-erősítő kimeneti ellenállása kicsi, a fototranszisztor és a dióda ellenállása nagy, áramvezérlés esete áll fenn. Ellenkező esetben feszültségvezérlésről van szó.

A 15.15. ábrán tranzisztoros erősítő áramvezérlésre láthatók példák, n-típusú fototranszisztorokkal. A fototranszisztor kollektorárama az erősítőtranszisztor bázisát vezérli, amely

emitterkövető kapcsolásban működik. A zavaró jellegű szivárgási áramot a R_B bázisellenállás vezeti. Ezenkívül a báziskörben levő szabályozható ellenállásokkal állítható be az érzékenység és a fototranszisztor kapcsolási ideje. Az egyes alkatrészek paramétereinek szórását az emitterkörben levő R_B ellenesatoló ellenállással lehet kiegyenlíteni. A fototranszisztor megvilágításakor fellépő áram által előidézett veszteségi teljesítmény behatárolására védőellenállást használnak. Az (a) és (c) ábrákon látható kapcsolásokban a tranzisztor a fény hatására kikapcsol, a (b) és (d) ábrákon látható esetekben bekapcsol.

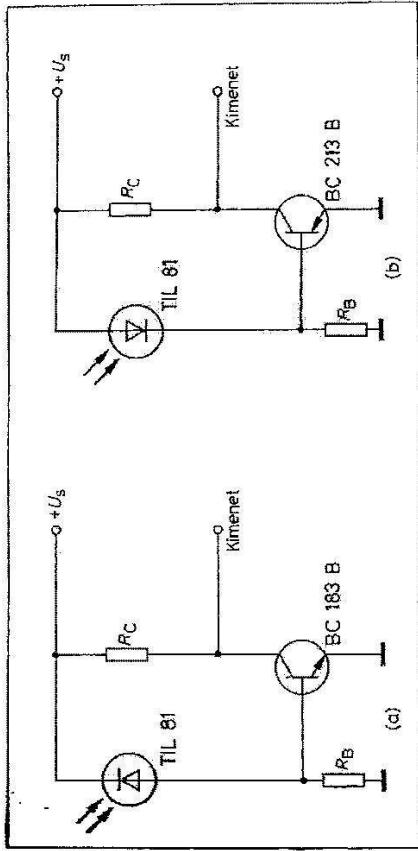
A 15.16. ábrán egy tranzisztoros erősítőnek fotodiódával való áramvezérlése látható példák. Az (a) ábrán egy n-típusú, a (b) ábrán p-típusú fototranszisztor került alkalmazásra.

A fotodiódák fényáramának szórása lényegesen kisebb mint a fototranszisztoroké, mivel elesik a B áram-erősítési tényező hatása. Ezenkívül a fotodiódák $I_L = f(E_s)$ karakterisztiz-

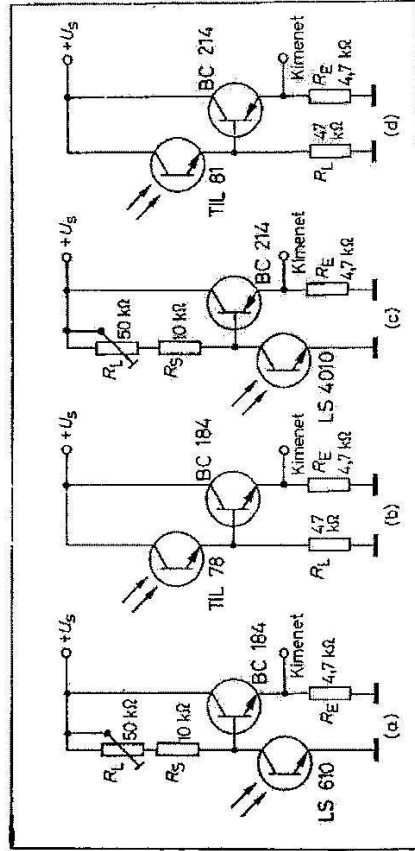


15.15. ábra
Tranzisztoros erősítők áramvezérlése n-típusú fototranszisztorral

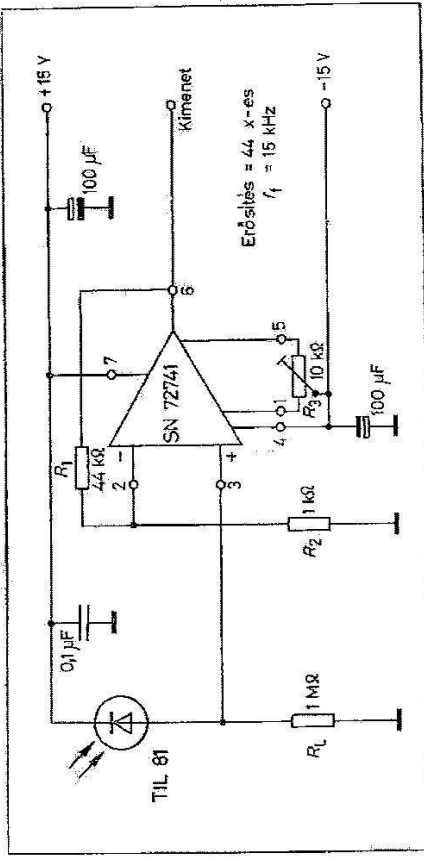
különlegesen nagyon jó közelítéssel lineáris. A 15.17. ábrán a tranzisztoros erősítőben a karakterisztikában I_c a fotóáramot az E_c jelölés pedig a rásó sú-
ltal feszültségvezérelt megoldására lát-
hatók kapcsolási példák. A fototran-
zisztoros erősítést jeleníti. Abban az
ossztékben, ha ezen két tulajdonság közül
valamilyen szükséges, akkor a foto-
llódia válaszlátása ajánlatos a foto-
tranzisztor nagy erősítése ellenére.
sítő vezérléséről gondoskodik.



15.16. ábra
Tranzisztoros erősítők áramvezérlése fotodiódával



15.17. ábra
Tranzisztoros erősítők feszültségvezérlése n-típusú fototranzisztorokkal



15.18. ábra
Fotodiódás egyenfeszültségű erősítő

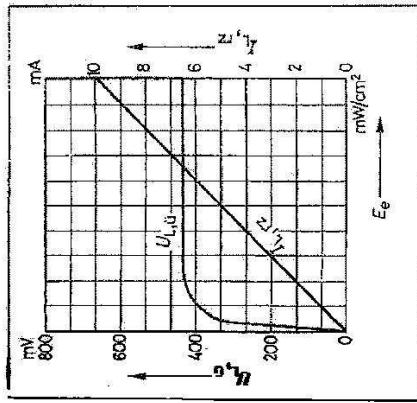
Az erősítőtranszisztor kollektor-
osolásban (emitterkövető) dolgozik.
A fototranzisztorok példányozása
a beállítható R_L ellenállással egyen-
líthető ki. Ennél a megoldásnál a foto-
tranzisztorok kapcsolási ideje lénye-
gesen jobban befolyásolható, mint a
15.15. ábrán látható megoldásban az
 R_B bázisellenállással.

A 15.18. ábrán látható kapcsolás-
ban a műveleti erősítő fotodióda által
való feszültségvezérlése. A műveleti
erősítő invertáló bemenete az ellen-
csatoló R_1 ellenálláson át a műveleti
erősítő kimenetéről kapja bemeneti
feszültségét. Ha a TIL 81 típusú foto-
diódot sugárzás éri, akkor az R_L mun-
kaellenálláson áram folyik át. Az R_L
munkaellenálláson pozitív feszültség-
esés keletkezik, amely vezérli a műve-
leti erősítő nem invertáló bemenetét.
A műveleti erősítő feszültségvezérlési
tényezőjét az R_1/R_2 ellenállásviszony
szabja meg. Az ösfeszültség az R_3
ellenállással egyenlíthető ki. Ez a kap-
csolás elsősorban érzékeny luxmérők-

höz használható. Hasonlóképpen jól
alkalmazható ez a kapcsolás opto-
kapukhoz, vagy modulált sugárzások
érzékelésére. A kapcsolás felső határ-
frekvenciáját a műveleti erősítő, majd
a fotodióda zárolótelegkapacitása és a
fotodióda R_L munkaellenállása hatá-
rozza meg.

A fényvevő teljesítményvesztését
az utána következő fokozatokhoz fő-
ként napelmeleknél energia előállítá-
sára használják. Egy fényelem alap-
vetően generátorként viselkedik. Lé-
tezik teljesítmény nélküli üzemmód
(üresjárás), teljesítményvesztett üzem-
mód, vagy rövidrezart üzemmód is.
Üresjárás üzemmódban a fényelemet
nem szabad leterhelni, ezért ilyen ese-
tekben nagy bemeneti ellenállású erő-
sítő vagy mérőkészülék kapcsolható
utána.

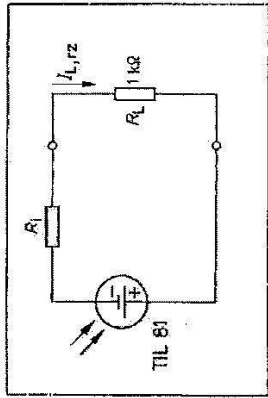
A 15.19. ábrán egy fényelem a $U_{L,u}$
üresjárás feszültségnek az E_c besu-
gárzási erősségtől való függése lát-
ható. A karakterisztika exponenciális
jellegű, így nagy besugárzási erősség-



15.19. ábra
Fényelem U_L üresjárási fotofeszültsége és I_L rövidzárási fotóáram az E_e sugárerősséggel függvényében

nél telítődés következik be. A gyakorlatban az üresjárási üzemmódnak csak igen korlátozott jelentősége van.

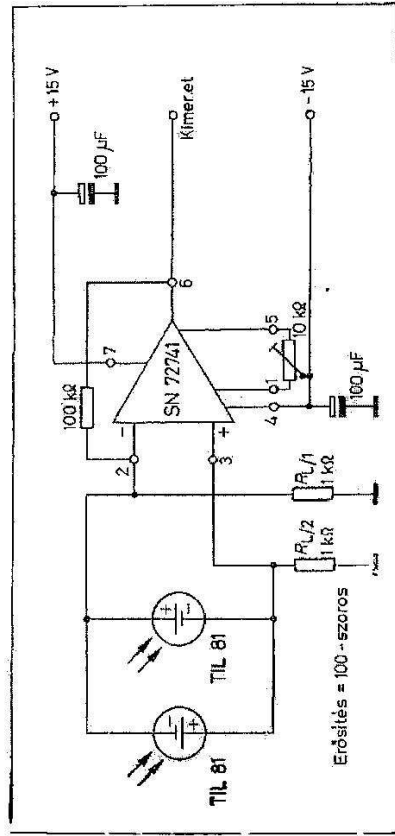
15.20. ábra egy kifelületű fényelem rövidzárási üzemmódja látható. Ebben az esetben a fényelem R_i belső ellenállása nagy az R_L munkaellen-



15.20. ábra
A TIL 81 fényelem rövidzárási üzemben

álláshoz képest. Nagy felületű fényelemeknél az R_L munkaellenállás $0,1 \dots 100 \Omega$ lehet, míg a kifelületű fényelemek munkaellenállását $1 \text{ k}\Omega$ -nál nagyobb értékre kell választani.

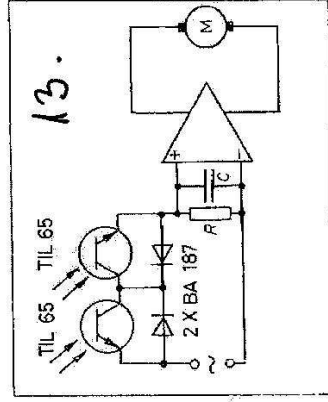
A $U_{L,0}$ üresjárási feszültséggel ellentétben (ami exponenciális karakterisztikával rendelkezik) az $I_{L,rz}$ rövidzárási fényáram és az E_e besugárzási erősség között szigorúan lineáris kapcsolatot van, ami a 15.19. ábráról is leolvasható. Ebből adódóan a fényelemet a gyakorlatban legtöbbször rövidrezárt üzemmódban használják.



15.21. ábra
Fényfeszültségű erősítő antiparallel kapcsolású fényelemekkel

A 15.21. ábrán a műveleti erősítőt két ellentétes irányban párhuzamosan kötött TIL 81 típusú fényelemmel való vezérlése látható. Az erősítő $R_L/2$ bemeneti ellenállásai képezik a fényelemek munkaellenállásait. Abban az esetben, ha mindkét fényelemre azonos erősségű sugárzás kerül, a műveleti erősítő bemenetét között és ezáltal a kimeneten is 0 V feszültség jön létre. Nem egyforma besugárzásakor differenciális feszültség keletkezik a bemenetek között, amit az erősítő 100-szorosára erősít fel. Ez a kapcsolás a fényáramérzékenység relatív megváltozásának a mérésénél (azaz ilyenkor az egyik fényelem a referenciaelem, a másik pedig a vizsgálandó elem) mint irányfüggő fényrelé, egyszerű esetekben út-feszültségátalakító utánvezerlő rendszerekben használható.

A 15.22. ábrán az utánfutó vagy pozícióvezérlőnek az elve látható, ahol egy váltakozófeszültségű fototranziszort alkalmaznak. Abban az esetben, ha a két fototranziszorra jutó sugárzásnak az erőssége megegyezik, akkor a C kondenzátor a váltakozófeszültség mindkét félhulláma alatt



15.22. ábra
Váltakozófeszültségű fototranzisztor helyettesítő kapcsolása helyvezérléshez

ugyanannyira, azonban a tranzisztoron keresztül ellentétes polaritásra töltődik fel. Az eredő feszültség közel 0 V lesz. A fototranzisztorok nem egyforma besugárzásakor differenciáljel keletkezik feterősítve, amellyel pl. egy motor is vezérelhető.

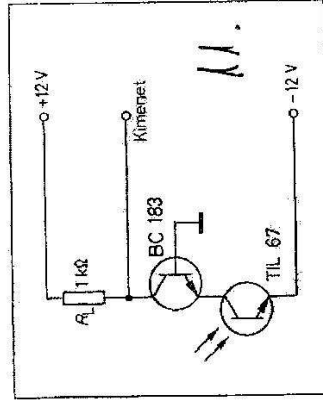
A 15.23. ábrán egy fototranzisztor és egy normál tranzisztor kapcsolására látható példa, amely kapcsolással a dinamikus adatok megjavíthatók. A kapcsolásban egy báziskapcsolású n-típusú tranzisztor képezi a fototranzisztor munkaellenállását. A báziskapcsolás r_{BE} bemeneti ellenállása nagyon kicsi és következő módon számolható ki:

$$r_{BE} \approx \frac{U_\phi}{I_C} \approx \frac{26 \text{ mV}}{1 \text{ mA}} \approx 26 \Omega.$$

Ebben a kapcsolásban U_ϕ a hőmérsékleti feszültség. A (10.62) összefüggésnek megfelelően a határfrekvencia a következőképpen számítható ki:

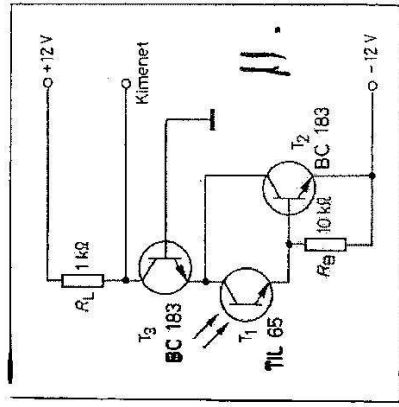
$$f_h = \frac{1}{2\pi \cdot R_L \cdot C}.$$

A fenti összefüggésből adódóan a határfrekvencia értéke nagy, mivel a fo-

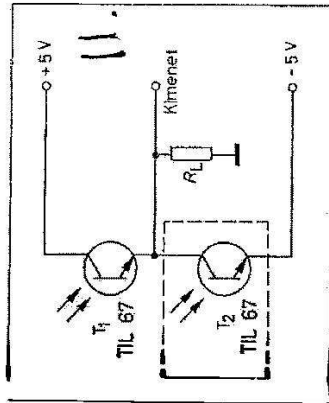


15.23. ábra
Fototranzisztoros kaszkád kapcsolás javított dinamikus tulajdonságokkal

totranzisztor munkaelállásának a nagyfeszültségű áramforrásból történő táplálása. Ez a nagyon kis kapacitású kondenzátorral történő táplálás azt eredményezi, hogy a feszültségcsökkenés után az emitterkapcsolású fototranzisztor munkaelállásának a nagyfeszültségű áramforrásból történő táplálása azt eredményezi, hogy a feszültségcsökkenés után az emitterkapcsolású fototranzisztor munkaelállásának a nagyfeszültségű áramforrásból történő táplálása...



15.24. ábra
Kapascsolás foto-Darlington tranzisztor dinamikus tulajdonságainak javításához



15.25. ábra
Kapascsolás foto-Darlington tranzisztorok dinamikus tulajdonságainak javításához

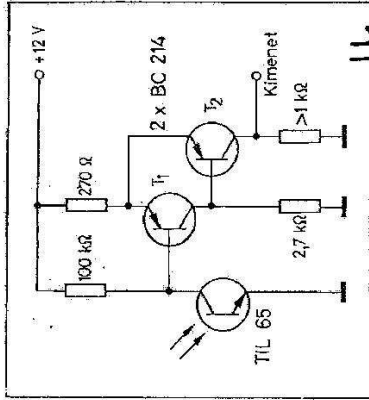
totranzisztor feszültségcsökkenésével egyezik meg.

15.24. ábra egy további foto-Darlington tranzisztorból és egy n-típusú tranzisztorból kialakított kaszkád kapcsolást mutat be. Ezzel a kapcsolással szintén a dinamikus tulajdonságok javíthatók meg. A T_2 tranzisztor bázis és emittere közé köti R_B ellenállás a tranzisztor maradvárakármának levezetésére szolgál.

A 15.25. ábrán egy kétpólusú félvezető hőmérséklet-kompenzálásra alkalmas egy módosított. Ebben a kapcsolásban két egyforma tulajdonságú (paravátozott) tranzisztor alkalmaznak. A hőmérséklet növekedésével a T_1 fototranzisztor szivárgási árama megnövekszik, amely szivárgási áram hatását a lecsökkentett T_2 tranzisztor szivárgási árama egyenlíti ki. A fototranzisztorok helyett fotodiódákat is lehet alkalmazni hasonló kapcsolásban.

15.25. Billenőáramkörök vezérlése fototranzisztorokkal

A 15.26. ábrán egy Schmitt-triggernek egy fototranzisztor általi vezérlésére látható kapcsolási példa. Ha a TIL 65 típusú fototranzisztorra megfelelően nagy erősségű besugárzás esik, akkor a T_1 tranzisztor vezető állapotba kerül. Ilyenkor a T_2 tranzisztor bázis és kollektorárama lecsökken. Mivel ezáltal az emitternek a potenciálja megnövekszik, a T_1 tranzisztorban az árama tovább csökken egészen addig, míg a kapcsolás ugrás-szerűen átbillen és ilyenkor a kimenet árama megszűnik. Ezt a kapcsolást n-típusú tranzisztorokból is fel-



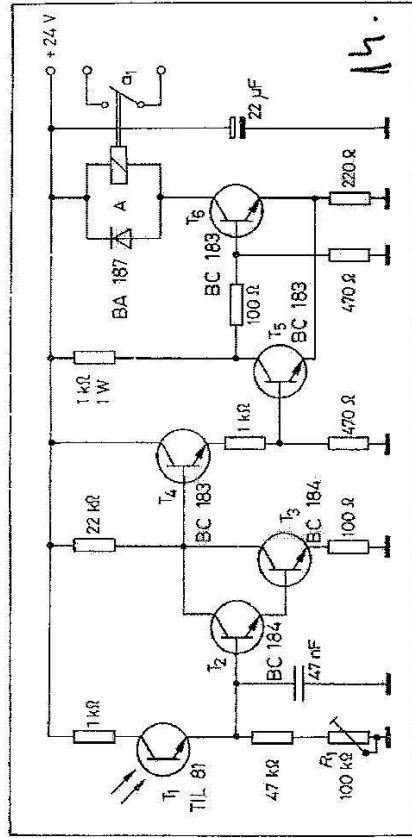
15.26. ábra
N-típusú tranzisztoros feszültségkapcsolás vezérlése n-típusú fototranzisztorral

lehet építeni, jól alkalmazható optokapukhoz mint érzékelő vagy mint szűrőküli kapcsoló.

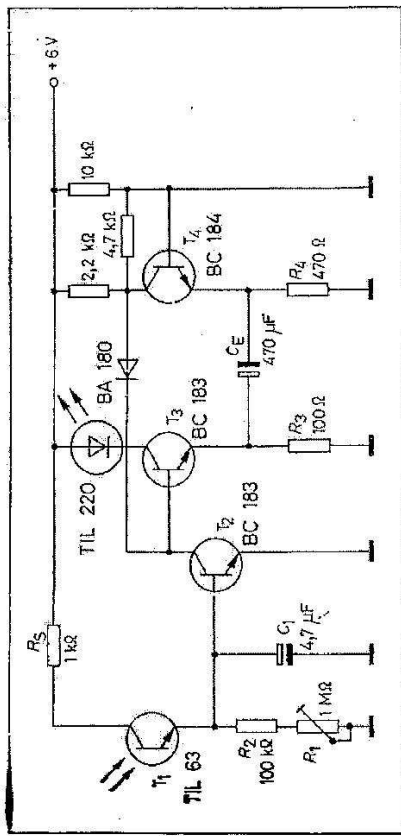
A 15.27. ábrán optokapuban használható vevő kapcsolásnak egy továbbfejlesztett változata látható. A T_1 fototranzisztorok a kimeneti jele egy Darlingon-fokozatot vezérel. A fel-erősített jel a T_4 meghajtótanziszto-

ron keresztül a Schmitt-trigger áramkör T_4 bemeneti tranzisztorára jut. A Schmitt-trigger áramkör T_4 kimeneti tranzisztor vezérlő közvetlenül az A relét, amely a fototranzisztor beugráló állapotában húz be. Ennek a kapcsolásnak az érzékenysége az R_1 beállító ellenállással állítható be.

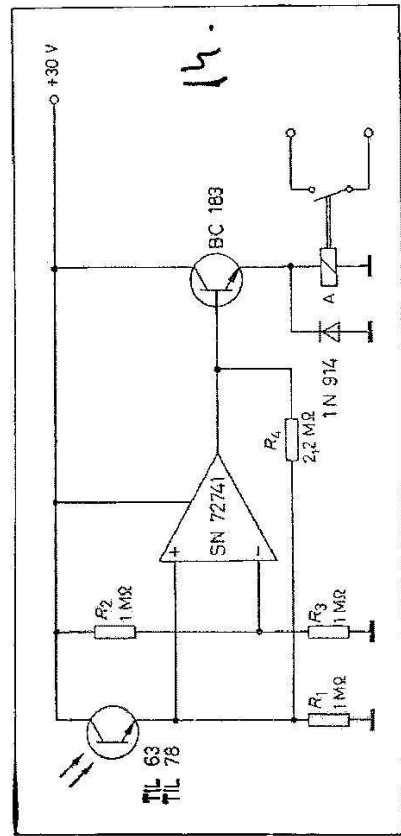
A 15.28. ábra egy szűrőküli kapcsolót mutat be villogóval kombinálva. Szűrőküli beállítást a T_1 fototranzisztor kollektorárama elegendő ahhoz, hogy a T_2 tranzisztor átkapcsolja. Ilyenkor a T_2 tranzisztor zár, aminek következtében a T_3 tranzisztor bázis- és emitterfeszültsége megnövekszik. Ezek a feszültségváltozások a C_E kondenzátoron keresztül a T_4 tranzisztorban az emitterre hatnak, a feszültség növekszik, aminek következtében a T_4 tranzisztoron keresztül folyó áramnak a nagysága lecsökken. Ennek a tranzisztorok kollektorfeszültsége a BA 180 típusú diódán keresztül visszacsatolódik, aminek következtében a kapcsolás stabilan az új állapotban marad. A C_E



15.27. ábra
Sugárkapu vevője



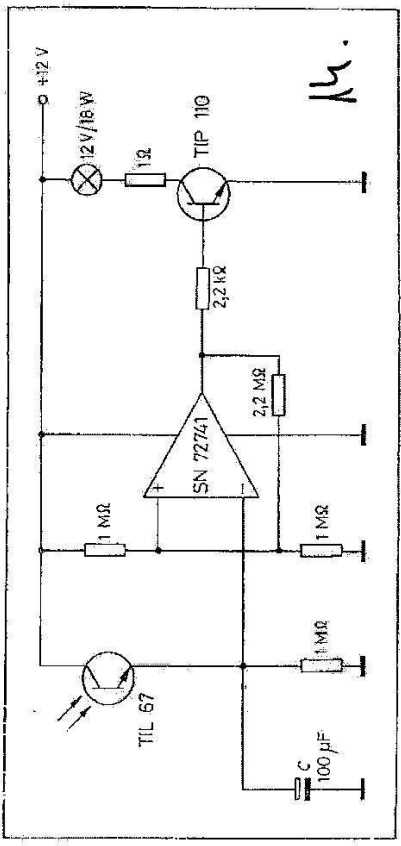
15.28. ábra
Négyfázisú jelzés adóval



15.29. ábra
Fényérzékeny foto-Schmitt-trigger az SN 72741 műveleti erősítővel

15.28. ábra
Négyfázisú jelzés adóval

A 15.29. ábrán egy érzékeny foto-Schmitt-trigger áramkör és egy SN 72741 típusú műveleti erősítőből kialakított kapcsolás látható. Ebben a kapcsolásban a műveleti erősítő csak egy tápfeszültséggel működik. Az inverteráló erősítő bemenete az R_5 és az



15.30. ábra
Parkolófény szürkületkapcsoló a TIL 67 fototranzisztorral

Visszaváltó

R_5 ellenállásból kialakított szimmetrikus feszültségosztóról a tápfeszültségnek a felét kapja. Az invertáló erősítőt a fototranzisztor R_4 munkaelemlő álláson létrejövő feszültség vezérli.

A műveleti erősítő, hogy Schmitt-triggerként működjön, a kimenetéről a nem invertáló bemenetére az R_4 ellenálláson át vissza van csatolva. A be-sugárzott TIL 78 típusú fototranzisztor a neminvertáló bemeneten megemeli a feszültséget. Abban az esetben, ha ez a feszültség eléri a tápfeszültségnek a felét, akkor a Schmitt-trigger kimenete nyugalmi állapotából (kb. 0V) a végállapotába (kb. U_{cc}) kapcsol át.

A Schmitt-triggernek a hiszterezízisét az R_4/R_5 ellenállások viszonya határozza meg, ahol az R_5 ellenállásnak az értékét a megkívánt érzékenység szerint kell megválasztani. Ennek a kapcsolásnak az érzékenysége csökkenő tápfeszültségek esetén nő, mivel ilyenkor a Schmitt-triggernek a kapcsolási küszöbszintje csökken és ennek következtében az R_4 munkae-

ellenálláson kisebb áramnak kell átfolyni ahhoz, hogy az átkapcsolás létrejöjjön. Ez az áramkör főleg optókapokban, mint érzékelő vagy szürkületkapcsoló áramkörként használható. A 15.30. ábrán egy séplárművelehez tervezett parkolófény-kapcsoló kapcsolási rajza látható. A C kondenzátor a kapcsolást késlelteti, így az rövid időff megvilágításválas esetén nem kapcsol be.

15.3.
Fényerő kapcsolások hárompólusú fototranzisztorokkal

Hárompólusú fototranzisztorokon a kivezetett és felhasznált bázisú fototranzisztorokat kell érteni.

Fotóváltó (üzemeltető)

15.3.1.
Fototranzisztorok üzemmódjai

A báziskivezetéssel bíró fototranzisztorok különböző üzemmódokban működtethetők.

ezért modulált jelek vételére nem alkalmasak.

Egy lehetőséget az emitterkövető (kollektor-kapcsolás) kínál, ahol a fototranzisztor bázisát a 15.34. ábra szerinti megoldásának megfelelően egy nagy belső ellenállású feszültségforrástól előfeszítik.

Ennek a tranzisztornak a munkapontját sötét állapotban az R_1 , R_2 ellenállásokból álló bázis-feszültségosztó határozza meg, amely $R_0 = 50 \text{ k}\Omega$ -os belső ellenállású $3,7 \text{ V}$ -os feszültségforrást alkot. Ebben az esetben a kollektoráram nagysága:

$$I_C \approx I_E = \frac{U_B - U_{BE}}{R_E} = \frac{3,7 \text{ V} - 0,7}{10 \text{ k}\Omega} \approx 0,1 \text{ mA}.$$

Az emitter-követő r_i bemeneti ellenállása $h_{21E, TIL 81} \approx 100$ esetén:

$$r_i \approx R_E \cdot h_{21E} = 10 \text{ k}\Omega \cdot 100 = 1 \text{ M}\Omega.$$

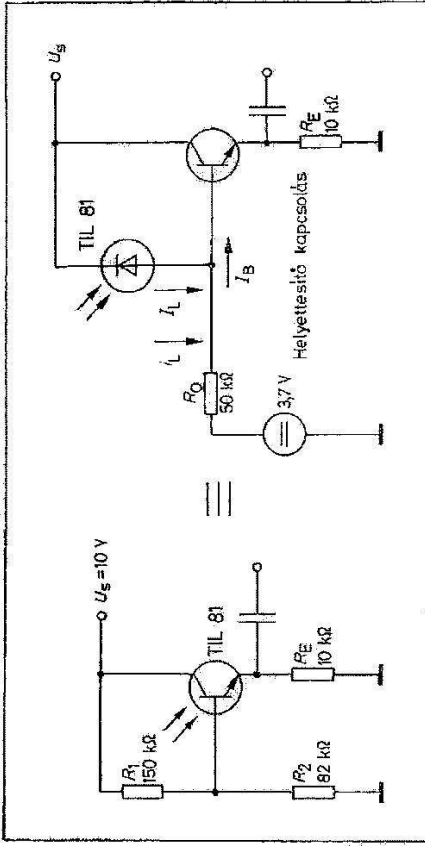
A fotodióda munkaelőállítását elsősorban az R_0 ellenállás határozza meg, amelyen az i_L hasznos fénycsugár és az I_L zavaró fénycsugár folyik keresztül. Mivel ennek az ellenállásnak az értéke viszonylag kicsi és az őt követő emitterkövető kapcsolásnak feszültségosztási tényezője $A_u = 1$, az I_L zavarófénycsugár a nagysága nem kerül abba a tartományba, amely a kapcsolást túlvézérelhetné. A kapcsolásnak a kimeneti ellenállása a következő összefüggéssel határozható meg:

$$r_o = \frac{U_T}{I_C} + \frac{R_0}{h_{21E}} = \frac{26 \text{ mV}}{0,1 \text{ mA}} + \frac{50 \text{ k}\Omega}{100} = 760 \Omega.$$

Áramának a lecsökkentése, a határfrekvencia megnövelése és a munkapontnak a beállítása. A TIL 81 típusú fototranzisztor gazdaságosan használható bázisvezérelt billenőfokozatokban, mivel ilyen esetekben uszupán egy többet tranzisztort kell használni.

Egy modulált sugárzás vétele a fototranzisztor munkapontjának nagyon stabil tartását követeli meg. Emitterkapcsolásban a munkapontot lényegében a beeső sugárzáserősség határozza meg. A 15.33. ábrán egy TIL 81 típusú fototranzisztor vezérlés és munkapontjának az értéke látható. Abban az esetben, ha egy nagyon gyengén modulált hasznos sugárzás és egyidejűleg nagyon erős zavaró sugárzás érkezik a vevőre, akkor a zavaró sugárzás a fototranzisztor feszültségállításba viszi (túlvézérel). A modulált sugárzás nem sikerül ilyen módon felerősíteni. Abban az esetben, ha erősen modulált sugárzás keletkezik a fototranzisztorra, akkor a hasznos sugárzás vezérlő túl a fototranzisztor: a kimeneti jel eltorzul. Ha ellenben csak gyengén modulált sugárzás kerül a fototranzisztorra, akkor a kollektor-bázis-dióda által szolgáltatott fénycsugár nagysága nem lesz elegendő a tranzisztor kivezérlésére.

Ennek elkerülésére egy meghatározott idegen besugárzás megvilágítást vagy egy járulékos bázis-vezérlőáramot célszerű biztosítani, a munkapont stabil értéken való tartásának érdekében. A gyakorlatban legtöbbször négyzetpétekű zavarbesugárzással kell számolni, így a munkapontot a zavar szint nagyságtól függően el kell tolni. Az emitterkapcsolás vagy bármely más fototranzisztorok

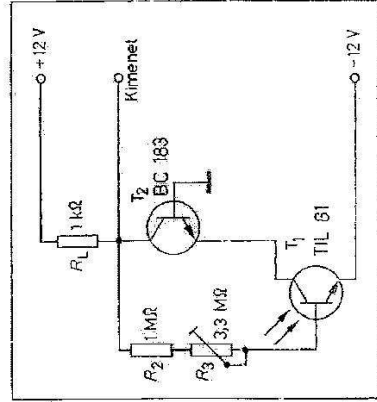


15.34. ábra
Kollektor-kapcsolású fototranzisztor modulált sugárzás vételéhez

A feszültség-erősítés nagysága $A_u = 1$, így a Miller-kapacitás nagysága is nagyon kicsi. A C_{cb} kollektor-bázis kapacitás és az R_0 ellenállás határozzák meg a kapcsolás felső határfrekvenciáját.

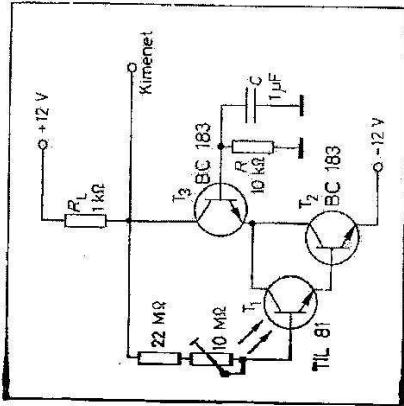
15.3.2. Fotovevő (kollektor-ellenállás) Erősítők vezérlése hárompólusú fototranzisztorral

A 15.35. ábrán egy kaszkád-kapcsolás látható, amellyel a TIL 81 típusú fototranzisztor dinamikus tulajdonságai lényegesen megjavítható. A 15.23. ábrán látható kapcsoláshoz képest ebben a kapcsolásban a T_1 fototranzisztor bázisára a T_2 n-típusú tranzisztor kollektoráról az R_2 és az R_3 ellenállások ellenállás kötődik. Az egyenáramú ellenállást az R_2 és az R_3 ellenállás végzi és hatására a fototranzisztor sötétárama csak nagyon keveset változik az áramerősítéssel.

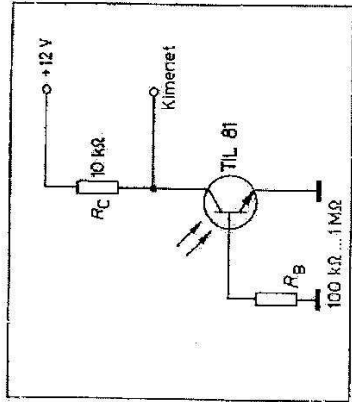


15.35. ábra.
Kapcsolás bázisvezéreléssel bíró fototranzisztor dinamikus adatainak javításához

A kapcsolásnak a nyugalmi áramát az R_3 ellenállással lehet beállítani. 15.36. ábrán egy foto-Darlington kapcsolás látható, ami nagyon hatékony kapcsolás. Ez a kapcsolás nagy



15.36. ábra
Kapcsolás báziskapcsolású foto-Darlington
elrendezés dinamikus tulajdonságainak ja-
vításához



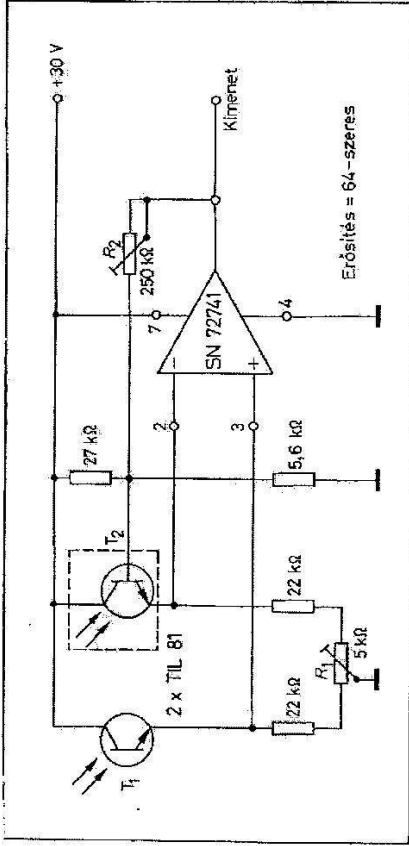
15.37. ábra
Egy fototranszisztor I_{CE0} szivárgási áramának
hőkompenzálásához az R_B bázisellenállással

zisztor I_c kollektor—bázis fényárama
is földelődik.

A 15.38. ábrán egy differencia foko-
zatra kötött fototranszisztorpár hő-
mérsékleti kompenzálására látható al-
kalmas kapcsolási példa. Ebben a
kapcsolásban a T_1 fototranszisztor a
vevő és a lesőtfűtött T_2 fototranszisz-
tor a referenciátranszisztor. A két foto-
transzisztor hőmérsékletváltozása nem
játszik szerepet, mivel az utána kötött
műveleti erősítőt csak egy differencia-
jel képes kivezetelni. A fototranszisz-
toroknak és a műveleti erősítőknak a
példányai közötti szórás hatása az R_1
 R_2 ellenállással állítható be a kívánt
erősítés. Ezt a kapcsolást leginkább
leptapogató erősítőként és optokapuk
vevőjeként lehet jól használni.

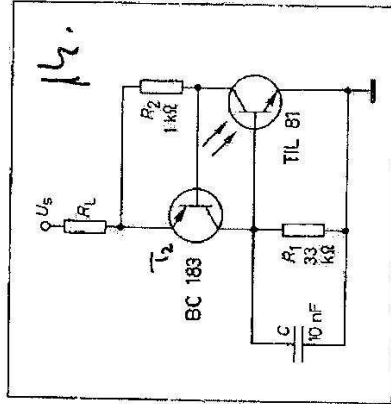
15.3.3. Foto-trigger és foto-billenőkapcsolások

A foto-billenőkapcsolásokat egy foto-
transzisztorból és egy bipoláris tran-
zisztorból lehet igen gazdaságosan



15.38. ábra
Fototranszisztoros egyenfeszültségű erősítő hőmérséklet-kompenzációval

felépíteni. A 15.39. ábra fototranszisz-
torból (TIL 81 n-típusú fototranszisz-
tor alkalmazásával) és egy BC 212
p-típusú bipoláris tranzisztorból fel-
építhető kapcsolás látható. Mindkét
tranzisztornak a kollektora egyidejű-
leg a másik tranzisztornak a bázisát
vezetéli. Megfelelő besugárzáserősség

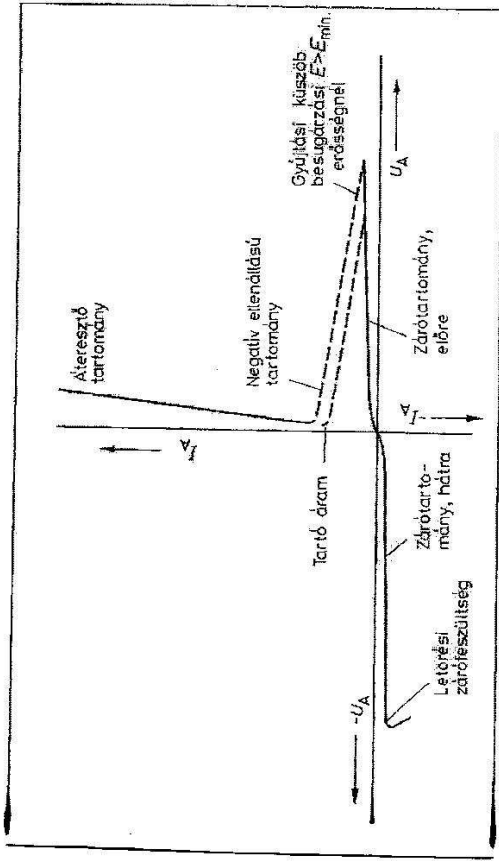


15.39. ábra
N-típusú fototranszisztorral és p-típusú tran-
zisztorral utánözött fototranszisztor

esetén a fototranszisztor a T_2 tranzisz-
tor békácsolja. A fototranszisztor
bázisára való visszacsatolás következté-
ben ez a tranzisztor vezetőállapot-
ban marad, még akkor is, amikor a
sugárzás erőssége lecsökken. A trisz-
tor indulási érzékenysége az R_1 bázis-
ellenállással állítható be, amely ellen-
állásban a fotoáram egy részét levezeti,
miközben a C kondenzátor és az R_2
ellenállás megakadályozza a trisztor
nemkívánt begyűjtését az anód fe-
szültség gyors megváltozásakor. A
tápfeszültség kikapcsolásával a trisz-
tor ismét kikapcsol.

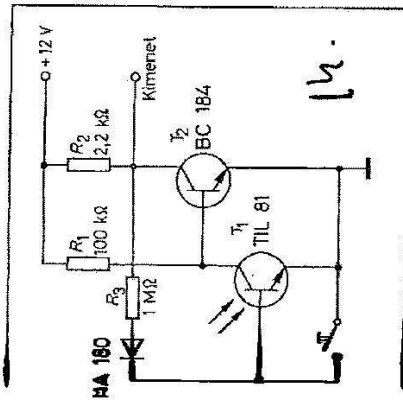
A 15.40. ábrán látható karakterisz-
tikában az I. negyedben pedig a trisztor nyitó-
irányú a III. negyedben pedig a trisztor
záróirányú jelleggörbéi láthatók.
A gyakorlatban az ilyen kapcsolás
egyszerű váltokozófeszültségű üzemi-
módban működő vevőként, teljesít-
ménytrisztorok gyűjtő áramkörként
és az egyszerű optikai események táro-
lására lehet használni.

További példaként a 15.41. ábrán



15.40. ábra
Fototranszisztor elméleti karakterisztikái

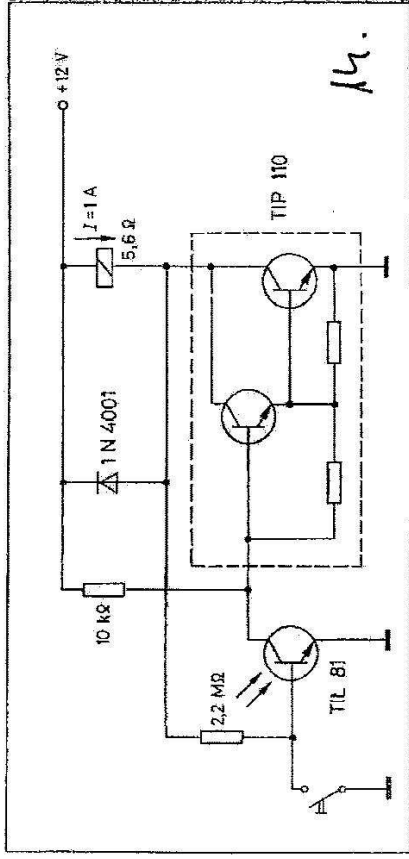
A visszaillesztő bemenettel rendelkező foto-trigger kapcsolás látható. Sőtét állapotban a T_2 tranzisztor az R_1 ellenállás vezérli. A T_2 tranzisztor vezető állapotban van. Ha a T_1 foto-



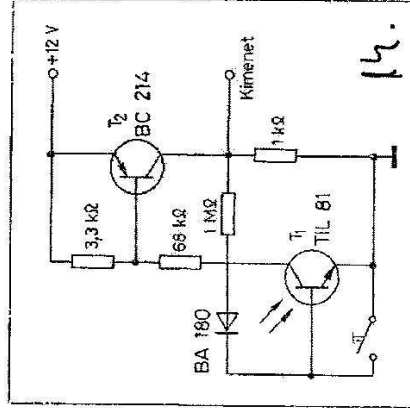
15.41. ábra
Foto-trigger-kapcsolás visszaillesztő billentyű-

tranzisztor sugárzás éri, akkor a T_2 tranzisztor bázisárama a T_1 tranzisztor kollektoráramának az értéke csökken. A T_2 tranzisztor kollektorfeszültsége megnő, így a TIL 81 típusú fototranszisztornak a bázisa az R_3 és R_2 ellenállások értékével meghatározott vezérlési állapotba kerül. A kapcsolás az új állapotba vált át (ilyenkor a visszacsatolás még fennáll és ugyan-úgy marad), amíg a fototranszisztor már nem éri a sugárzás. A BA 180 típusú diódával kiküszöbölhető, hogy az R_3 ellenállás a fényáram nagyságának egy részét elvezesse. A visszaillesztő gomb segítségével az eredeti állapot visszaállítható.

A 15.42. ábrán a T_2 tranzisztor helyett egy TIP 110 n-típusú Darling-ton-transzisztor alkalmazása látható. A 15.43. ábrán egy komplementis kapcsolású foto-trigger áramkör kapcsolása látható. Ha a TIL 81 típusú fototranszisztor sugárzás éri, akkor a T_1



15.42. ábra
Foto-trigger visszaillesztő billentyűvel és n-típusú Darlington teljesítményfokozattal

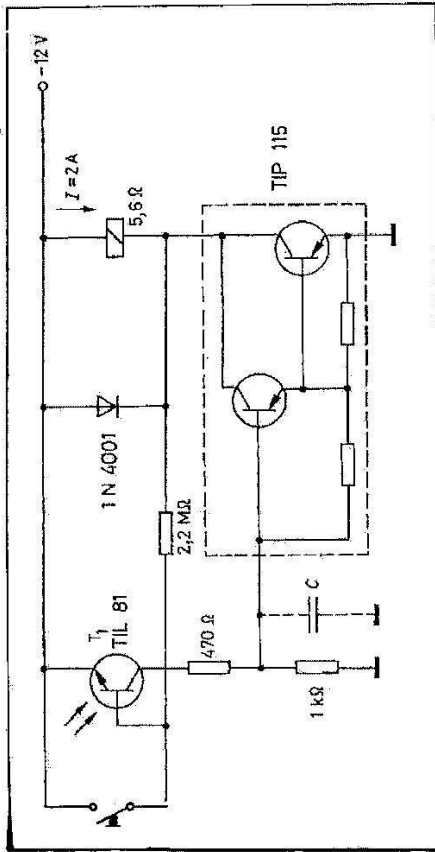


15.43. ábra
Komplementer kapcsolású fototigger; nyugalmi (sugárzás nélküli) állapotban mindkét tranzisztor lezár

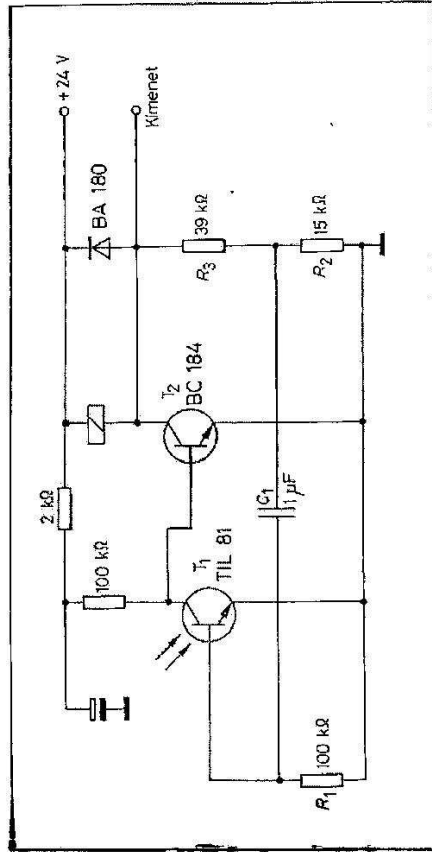
és a T_2 tranzisztorok mindegyike vezetőállapotba billen, és úgy maradnak egészen addig, amíg a visszaillesztő gombot nem kezélik. A 15.44. ábrán a T_2 tranzisztor egy TIP 115 típusú Darlington-transzisztorral van helyettesítve annak érdekében, hogy nagy

teljesítményt is vezérelni lehessen elsősorban optikai küszöbérték-kapcsolásokban, szűrőületi kapcsolásokban, vészjelző rendszerekben érzékelőként stb. lehet jól használni.

A 15.45. ábrán egy további billenő-kapcsolás látható, e kapcsolás lényegében egy monostabil multivibrátor. A T_2 kimeneti tranzisztor közvetlenül egy számolórelét vezérli. Nyugalmi állapotban a sugárzás a T_1 fototranszisztorra jut. A T_2 kimeneti tranzisztor ilyenkor zárt állapotban van és a számolórelé elengedett. Abban az esetben, ha a TIL 81 típusú fototranszisztorra vetődő sugárzás akár csak egy rövid ideig is megszűnik, akkor T_2 tranzisztor vezetni fog. Ilyenkor a T_2 tranzisztor kollektorfeszültsége leesik. A fototranszisztornak a bázisára C_1 visszacsatoló kondenzátoron keresztül negatív polaritású feszültség kerül, így a T_1 tranzisztor zár és a T_2 tranzisztor vezető állapotba billen. A kondenzátor az R és az $R_2 \parallel R_3$ ellenállásokon és sugárzás esetén a T_1 tranzisztoron keresztül folyó fényáram hatására

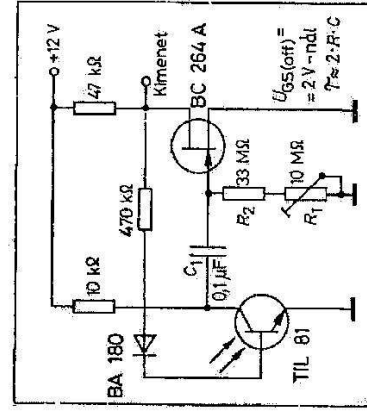


15.44. ábra
Foto-trigger p-típusú Darlington teljesítményfokozattal



15.45. ábra
Állító jel fogós bilienő kapcsolás mint monostabil multivibrátor

létül. A relé esési ideje ezáltal a foto-transzisztorra eső sugárerősségtől függ. A sugárzás besugárzásánál rövid esési idővel működik. A 15.46. ábrán egy n-csatornás záróréses BC 246 A típusú FET-es időkapcsoló kapcsolási rajza látható. Ez a kapcsolás ugyanolyan monostabil multivibrátorként



15.46. ábra
FET foto-idő-kapcsoló

úján ismét vezető állapotba kerül. A térvázírlású transzisztor nagy beáramú ellenállása következtében az időzítőkört nem terheli, így az időzítő tagok nagyrészt ellenállásból és kisértékű kondenzátorból alakíthatók ki.

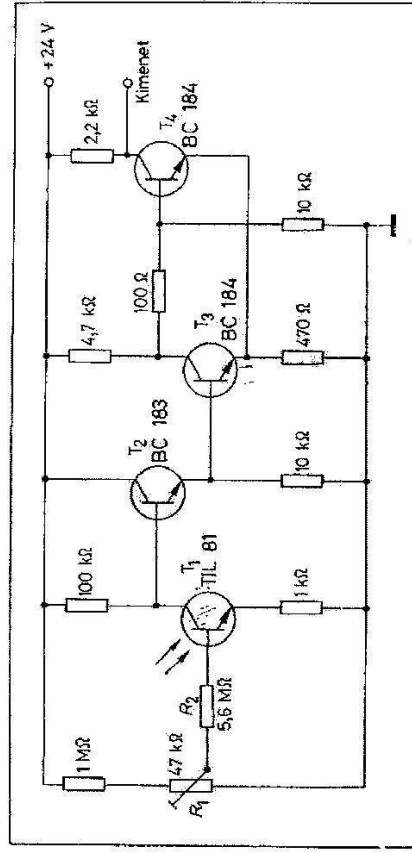
A 15.47. ábrán végül egy nagyon érzékeny foto-Schmitt-trigger áramkör kapcsolása látható, amelynek nagyon kicsi a sötétárama. Kis sugárerősség

és nagy üzemi hőmérséklet esetén a fototranszisztor kollektor-bázis vissz-árama nem elhanyagolható, és ezt egy megfelelő bázisellenálláson át le kell vezetni. Az így keletkező kapcsolási érzékenység csökkenést az R_1 beállító ellenállással lehet kiegyenlíteni. A T_2 meghajtó erősítő fokozat egy T_3 és T_1 transzisztorokból felépített Schmitt-trigger áramkört vezérelt. Ez a kapcsolás érzékeny optokapuk keverője-ként használható előnyösen.

15.4. Egyszerű optokapuk izzólámpával és kétpólusú tranzisztorral

Egyszerű optokapuk az alábbi követelményeket elégítik ki:

1. Kevés és olcsó alkatrészekből legyen felépítve.
2. Kevés mechanikai beállítási munkát igényeljen.
3. Az optokapuk optikailag és elektromosan nagy biztonságra legyen méretezve.



15.47. ábra
Foto-Schmitt-trigger kismértékű sötétárammal

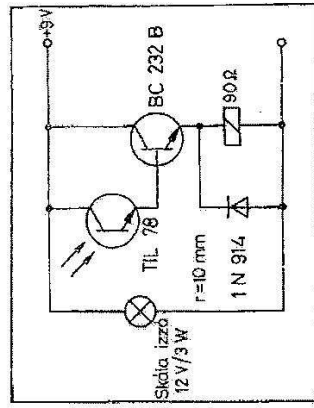
4. A parancs kioldás közvetlenül a vevőkimenetre kötött teljesítménykapcsolóval történjék.

Egyszerű optokapuk csak igen-nem döntésekre képesek. A vezérlésükre különböző műveleti lefolyásokat szokás alkalmazni, pl. szférométerben a szárnyletapogatás, fordulat-szám-letapogatás és -ellenőrzés, forgó részek figyelésekor fordulatszám méréséskor, büttyköstengelyek letapogatásakor, a filmvettők be- és kikapcsolását, ill. magnetofonokban és videó-magnókban a szalagfutás beállítása.

Ezek az egyszerű fényrelék általában nagy teljesítményű adót kívánnak meg, mivel ilyenkor a vevő oldalára elhelyezett erősítővel szemben kitesik a követelmények, így nagyon jó jel-zajviszony érhető el, idegen sugárzás ellen. Egy izzólámpa megfelel ezeknek a feltételeknek. Az izzólámpa lényegében meghatározza az adó-vevő közötti távolságot. Fényrelé céljára a következő típusú izzólámpák jöhetnek számításba: lenesés, vagy lencsés nélküli minősített vagy nem minősített mikrolámpák, skálalámpák, zseblámpaizzók és telefonlámpák, továbbá kisebb és nagyobb speciális izzólámpák, amelyek optikai célokra használnak. Figyelembe kell venni a rázásra való érzékenységtől való távolságot és nagy sugárzáserősségszórásukat. Színhőmérsékleti adatokkal csak az optikai izzólámpák rendelkeznek.

A tulajdonképpen szükséges hőmérsékleteloszlást nagyon ritkán adják meg. A felhasznált sugárforrások az izzólámpa lehetőleg egyenes és egyenletesen tekercselt legyen. A lehetőleg lehet egyenáramú üzemi mód ajánlott, mivel váltakozóáram esetén nemkívánat sugárzásmóduláció

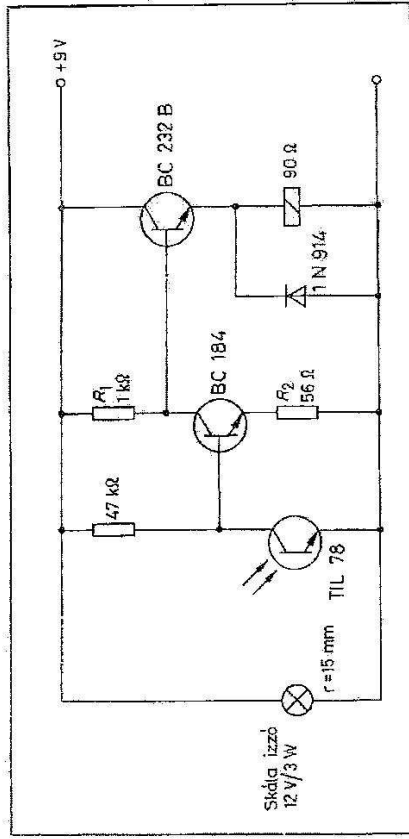
léphet fel. Az élettartam növelés érdekében az izzólámpákat 10...20%-kal csökkentett feszültségen célszerű használni. A színhőmérséklet ezáltal lecsökken, típusától függően kb. 2000 K-re, gáztöltésű és léghűtéses lámpák esetén. Ezekben az esetekben az izzólámpa spektrális sugártejesítmény eloszlása még kielégítően illeszkedik a szilícium zárórétegvék spektrális érzékenység eloszlásához. A nagyon nagy hőszárazási rész a fényvevőt zavarja, mivel azt felmelegíti. A nemkívánat felmelegedés elkerülésére a főtövevő elé egy IR szűrőt (pl. RGN 9 vagy RGN 38) kell tenni. Egy egyszerű optokapú érzékelőjeként pl. nagyon jól alkalmazható a TIL 78 típusú, műanyag tokozású, kétpólusú fototranszisztor, amelynek a nyílászöve $\pm 20^\circ$. Az $E_{\lambda, 3800\text{Å}} = 20 \text{ mW/cm}^2$ besugárzási erősség esetén a fototranszisztor fotóárama minimálisan 1 mA, tipikusan 7 mA. A műanyagtokos fototranszisztor nagy érzékenysége következtében már kis erősítés is elegendő. Az adott túrések figyelembe vételével méretezett optokapuk biztonsági tényezője a megadott távolságon belül igen nagy. Pontos beállítás



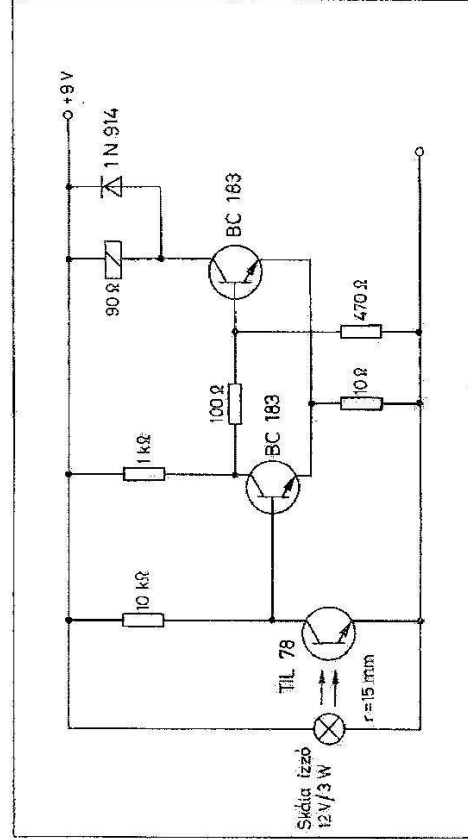
15.48. ábra. Sugárkapu $r = 10 \text{ mm}$ -hez

esetén az optokapú érzékelési távolsága nagyon megnövelhető.

A 15.48. ábrán első példaként egy $r = 10 \text{ mm}$ -es távolság áthidalására alkalmas optokapú kapcsolási rajza látható, amely egy skálaizzót és egy fototranszisztor tartalmaz. Ha



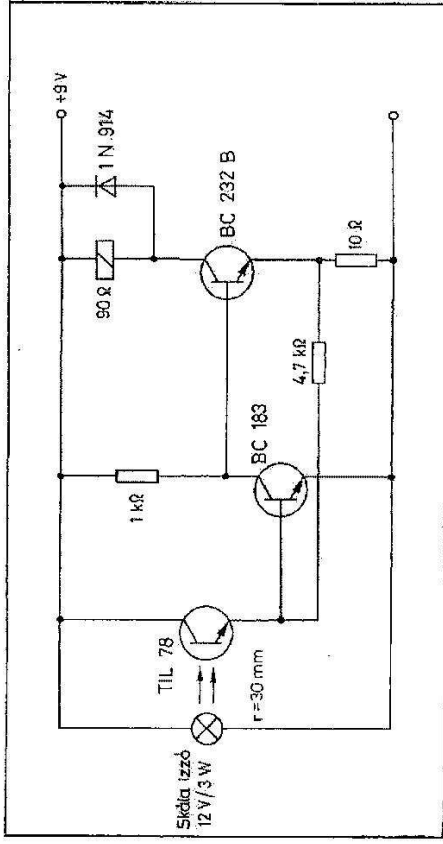
15.49. ábra. Sugárkapu $r = 15 \text{ mm}$ -hez



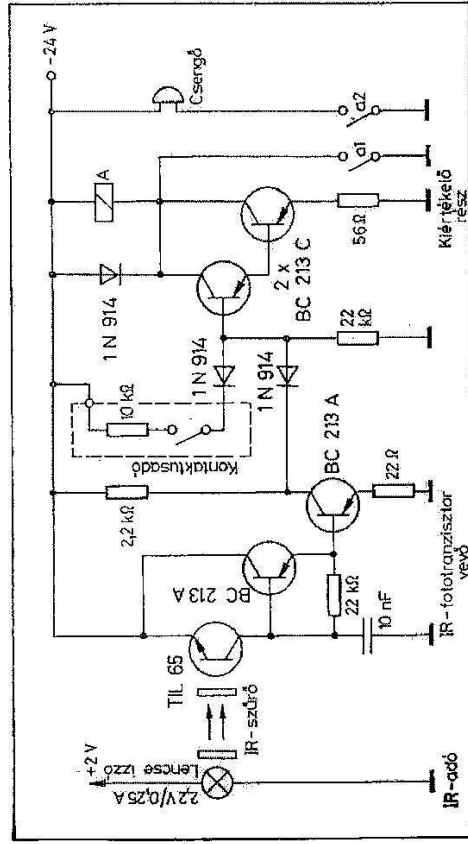
15.50. ábra. Sugárkapu $r = 15 \text{ mm}$ -hez hatáérték kapcsolóval (Schmitt-trigger)

csolásban működő teljesítményfokozatot vezérli. A jelfogó elenged, ha az optokaput lezárul.

A 15.50. ábrán látható optokapuk áthidalási távolsága ugyanosak $r = 15$ mm. Ebben a rendszerben a TIL kapcsolási rajza



15.51. ábra
Sugárkapu $r = 30$ mm-hez



15.52. ábra
Egyszerű sugárkapu kapcsolóval vérszjelzőhöz

rendszerben a fototranzisztor egy kéttranszistoros erősítőt vezérel. Ha az optokaput sugárzás éri, a jelfogó behűz.

Végül a 15.52. ábra egy riasztási célra kiterjesztett optokaput felépítése látható. Abban az esetben, ha a fototranzisztorra eső sugárzás valami miatt megszűnik, vagy a kontaktusadó lábtörőre valaki rálép, akkor a jelfogó behűz. Az adó zseblámpából és egy elé kapcsolt RG 9 típusú IR szűrőből áll. A vevőt a zseblámparelektor gyújtópontjába kell helyezni. A TIL 65 típusú IR szűrőt helyezték egy RG 38 típusú IR szűrővel $r \approx 5$ m távolság hídalható át. Az IR szűrők alkalmazása mellett is gondot kell fordítani arra, hogy az érzékeny fotokapura ne juthasson idegen sugárzás.

15.5. Logikai kapcsolások fototranzisztorokból

Logikai kapcsolások fototranzisztorokból is építhetők. Ezek az áramkörök egy vagy több sugárzás kiértékelésére alkalmasak, közvetlenül a mérőhelyen. Ezen módszerrel nagy feszültségkülönbségeket lehet áthidalni, amely feszültségkülönbségek a sugáradó és a fotovevő logika között fennállhat. A logikai szintek a következő módon értelmezhetők:

Optikai logikai szintek:

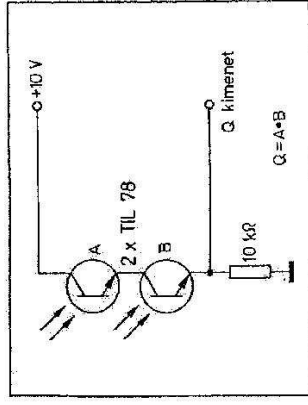
L (Low) = a fototranzisztor nincs be-sugározva,
H (High) = a fototranzisztor besugározott.

Elektronikai logikai szintek:

L (Low) = a feszültség közelítően nulla,

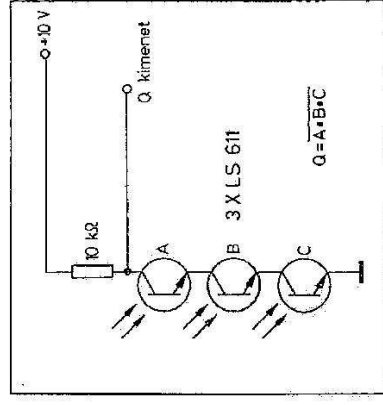
H (High) = közelítően üzemi (táp)feszültség.

A 15.53...15.56. ábrákon négy logikai áramkör kapcsolási rajza látható.



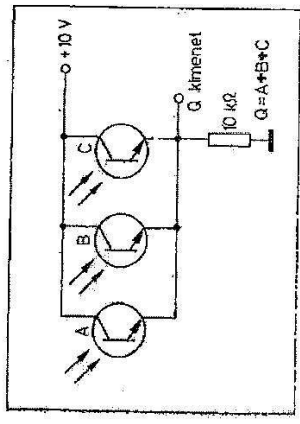
15.53. ábra
Fototranzisztoros ÉS kapu (2 bemenet)

Két sorosan kapcsolt TIL 78 típusú fototranzisztorból felépített ÉS kapu.



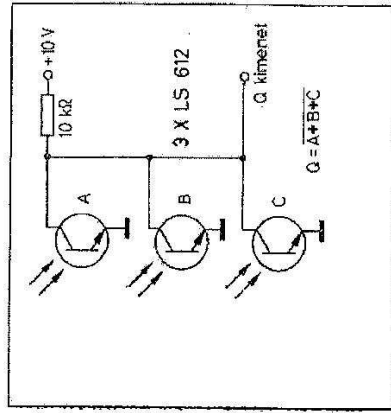
15.54. ábra
Fototranzisztoros NEM-ÉS kapu (3 bemenet)

Három sorosan kapcsolt LS 611 típusú fototranzisztorból felépített NEM-ÉS kapu.



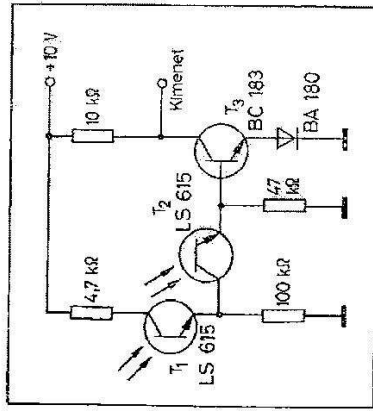
15.55. ábra.
Fototranszisztoros ~~ES~~ **VAGY** kapu (3 bemenet)

Három párhuzamosan kötött LS 613 típusú fototranszisztorból felépített VAGY kapu.

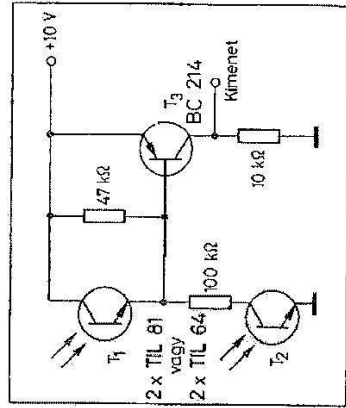


15.56. ábra.
Fototranszisztoros NEM—VAGY kapu (3 bemenet)

Három párhuzamosan kapcsolt LS 612 típusú fototranszisztorból felépített NEM—VAGY kapu.
A 15.57. ábrán egy további logikai kapcsolási rajz látható. Ebben a kapcsolásban a kimenet L szintnél van, ha mindkét fototranszisztor fényt érzékel, azaz a kimenet L szintre emelkedik, ha a kapcsolás egy NEM—VAGY kaput alkot. Az emitterkörben

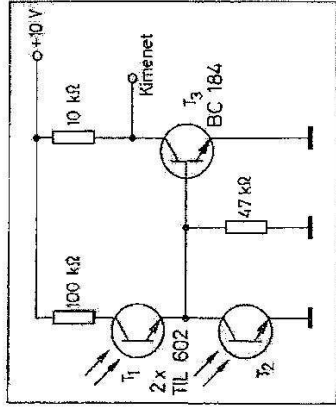


15.57. ábra.
Logikai kapcsolás két fototranszisztorral és egy p-típusú transzisztorral; ez egy NEM—ÉS kapu

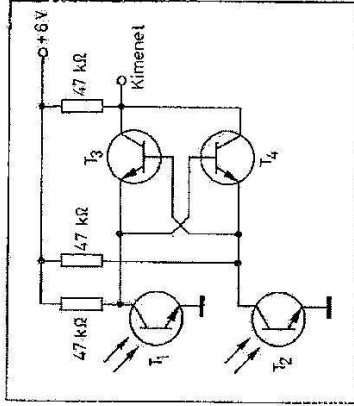


15.58. ábra.
Logikai kapcsolás két fototranszisztorral és egy p-típusú transzisztorral; ez VAGY kapuként felfogandó

levő dióda és a T_3 transzisztor bázisellenállása arra szolgál, hogy a fototranszisztor nyugalmi árama a transzisztor átkapcsolását megakadályozza.
A 15.58. ábrán látható kapcsolásnak a kimenetén H szint jelenik meg, ha a T_2 fototranszisztor éri és a T_1 fototranszisztor nem éri sugárzás.



15.59. ábra.
Logikai kapcsolás két fototranszisztorral és egy n-típusú transzisztorral; ez teljesíti a NEM—VAGY műveletet



15.60. ábra.
Kizáró NEM—VAGY kapu fototranszisztorral

Az SN 54/74 sorozat Schmitt-triggereinek bemeneti áramai és feszültségei:

Típus	U_{T+max} V	U_{T-min} V	$U_{act-nál}$ V	I_{IH} mA	$U_{L-nél}$ V	I_{IL} mA
'13	2,0	0,6	2,4	0,04	0,4	-1,6
'14	2,0	0,6	2,4	0,04	0,4	-1,2
'132	2,0	0,6	2,4	0,04	0,4	-1,2
'S132	1,9	1,1	2,4	0,05	0,5	-2,0

A 15.59. ábrán látható kapcsolásnak a kimenete L szintre vált, ha a T_1 fototranszisztor éri és a T_2 fototranszisztor nem éri sugárzás.

Hasonlóképpen további aktív alkatrészekkel a fototranszisztorokból a 15.60. ábrán látható kapcsolás szerint kizáró VAGY kapu alakítható ki. Abban az esetben, ha egyik fototranszisztor sem éri besugárzás, akkor T_3 és T_4 transzisztorok zárt állapotban vannak, amikoris ezeknek a transzisztoroknak a bázisai és az emitterei is közel tápfeszültség szintjén vannak. Abban az esetben, ha a T_1 fototranszisztor sugárzás éri, akkor a T_3 transzisztor vezetni kezd, miközben az emitterfeszültség majdnem 0 V-ra esik és a T_2 fototranszisztor a kollektorjénálján keresztül bázisáramot kap. Ha a T_2 fototranszisztor is vezet, így T_3 és T_4 transzisztorok ismét zárt állapotba kerülnek a bázisuk és emitterük a fototranszisztoron 0 V-ra került.

15.6. Fotovevő-kapcsolások TTL áramkörök vezérlésére

Ipári vezérlőberendezésekben, továbbá szalag- és kártyaolvasókhoz fotovevőket használnak a TTL áramkörök

rők vezérléséhez. Egy TTL kompatibilis fotovevővel a TTL áramkörök közvetlenül vezérelhetők. A Si fototranszisztorok TTL kompatibilisekké válnak, ha a rájuk eső sugárzás hatására előálló kollektoráram nagysága legalább akkora, hogy az elegendő a TTL áramkörök bemeneti áramának biztosítására. Ehhez az szükséges, hogy a tranzisztoroknál $U_{CSat} \approx 0,4$ V legyen.

Abban az esetben, ha a fotovevő nem TTL kompatibilis, akkor illesztő (vagy másnéven Interface) áramkör alkalmazása szükséges a TTL áramkörök meghajtásához. Ezenkívül a TTL áramkörök csak akkor működnek biztonságosan, ha a vezérlőjel feltes és lefutási ideje kisebb mint 1 μ s. A fototranszisztorok kimeneti jele nem teljesíti ezeket a követelményeket. A kimeneten megjelenő jel optikai be- és kikapcsolása esetén néhány ms-ig vagy még ennél hosszabb ideig tart.

Ezért szükséges, hogy a fotovevő kimeneten megjelenő jel fel- és lefutási ideit egy Schmitt-triggerrel meredekké teszi, azért, hogy az utána következő TTL áramkör bizonytalan üzemét megakadályozzuk.

A legfontosabb TTL Schmitt-trigger áramköröknek a bemeneti feszültségei és áramjai a következő kis táblázatban vannak összefoglalva.

A táblázaton belüli jelölések a következőket jelentik:

U_{T+} a pozitív indulási küszöbszint,

U_{T-} a negatív indulási küszöbszint,

U_{IH} a H szinthez tartozó bemeneti feszültség,

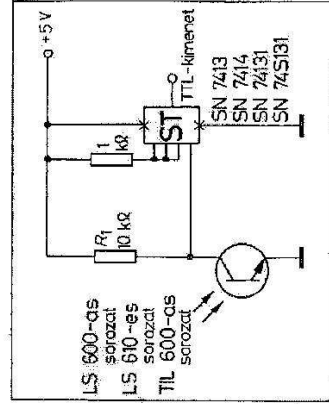
U_{IL} az L szinthez tartozó bemeneti feszültség,

I_{IH} a H szinthez tartozó bemeneti áram,
 I_{IL} az L szinthez tartozó bemeneti áram.

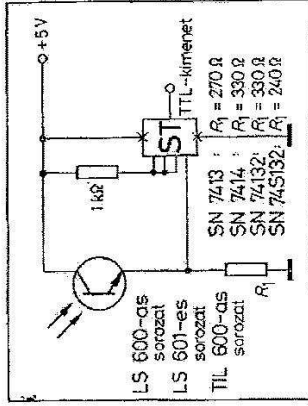
A 15.61. ábrán egy fototranszisztor illesztő áramkör kapcsolása látható TTL Schmitt-trigger meghajtásához. A fototranszisztorra eső besugárzás erősség hatására az $U_{CE} = U_{T+min}$ egy minimális $I_{CE} = I_{IL}$ kollektoráramot kell okozzon. Ilyen feltételek mellett a TTL kimeneten biztosan H szintre kapcsol. Az R_1 ellenállás értéke a következő egyenlettel számítható:

$$R_{1max} = \frac{U_s - U_{T+max}}{I_{CE} - I_{IL}}$$

A nem használt TTL bemeneteket egymással össze kell kötni és egy végdől ellenálláson (1 k Ω) keresztül a tápfeszültségre kell kötni. Ezzel a módszerrel a bemeneteken H szint jelenik meg. Az LS 600, LS 601 és a TTL 600 típusú fototranszisztorok egyszerű mechanikai méretük miatt főleg lyukszalag és lyukkártya olvasóként használhatók.

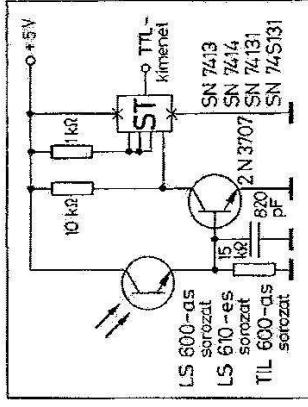


15.61. ábra
 TTL Schmitt-trigger közvetlen vezérlése egy fototranszisztorral



15.62. ábra
 TTL Schmitt-trigger közvetlen vezérlése egy fototranszisztorral

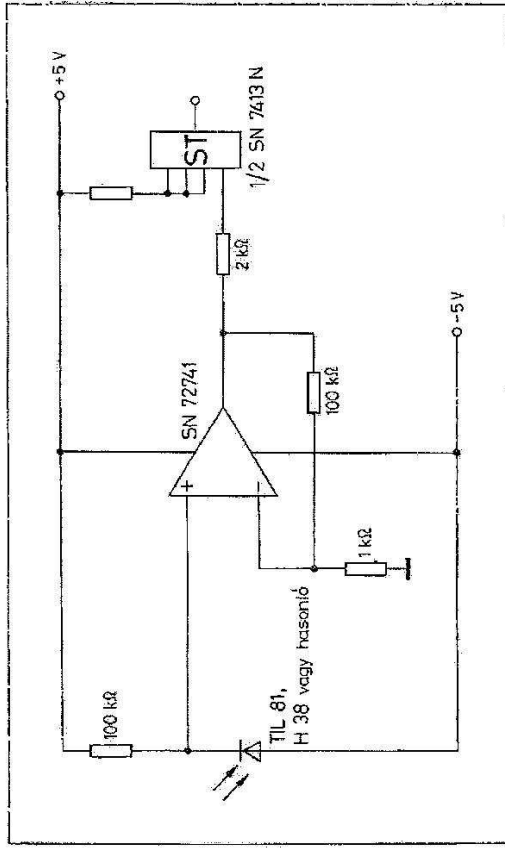
A 15.62. ábrán egy vezérlőkapcsolás fordított kimeneti művelettel látható. A fototranszisztor besugárzásához a kimenet L szintű lesz, ha a Schmitt-trigger bemenetén a feszültség legalább U_{T+max} feszültség van.



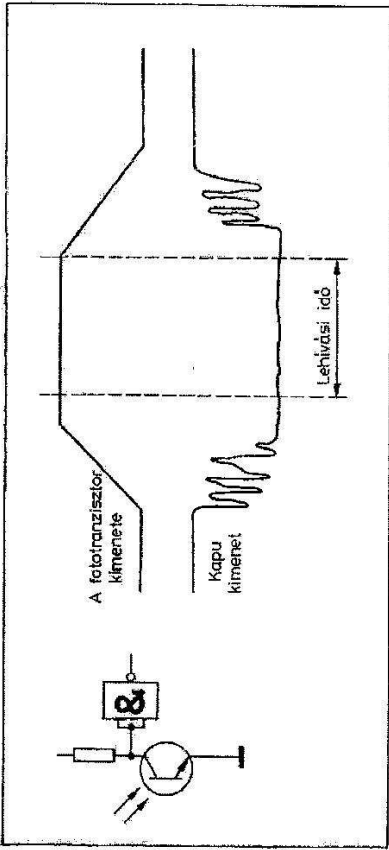
15.63. ábra
 Fototranszisztoros illesztő kapcsolás TTL Schmitt-trigger IC-k meghajtásához

A fototranszisztor szükséges I_{Cmin} kollektoráramának a nagysága a következő összefüggéssel számítható ki:

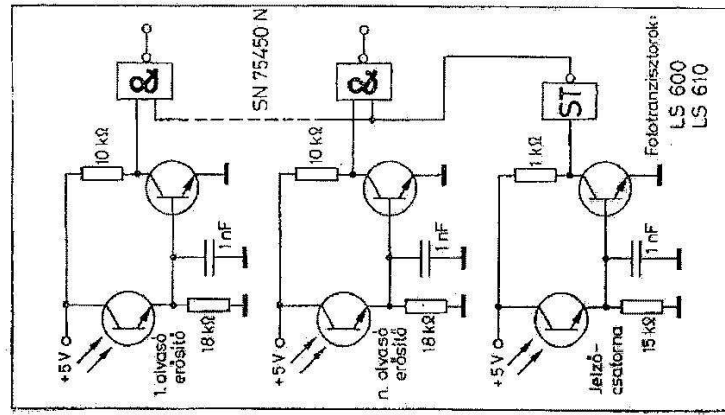
$$I_{C, min} = \frac{U_s - U_{TL}}{R_1} + I_{IH}$$



15.64. ábra
 Fotodiódás illesztő kapcsolás műveleti erősítővel



15.65. ábra
Jellel vezérelt TTL kapu osztilálása abban az esetben, ha a vezetőjel felfutási és lecsengési ideje nem kielégítő



Az R_1 ellenállás értéke a következőképpen adódik:

$$R_1 = \frac{U_{T-\min}}{I_{IL}}$$

Abban az esetben, ha a fototranszisztor gyenge sugárzás éri, akkor a fototranszisztor és a Schmitt-trigger közötti illesztő erősítő alkalmazása szükséges. A 15.63. ábrán egy fototranszisztor-illesztő-áramkör kapcsolása látható, míg a 15.64. ábrán látható kapcsolással egy fotodióda-illesztő-áramkörrel lehet TTL áramköröket vezérelni.

Lyukszalagok, lyukkártyák olvasófejébe nagyszámú olvasócsatornát lehet gazdaságosan beépíteni, ha a fototranszisztoroknak vagy diódáknak a jelet közvetlenül illesztőkapcsolások alkalmazása nélkül lehet a TTL kapukra vezetni. Ebben a formában azonban

15.66. ábra
Érzékeny fototranszisztoros illesztő kapcsolás jellelt csatornán keresztül lehvőjellel

TTL jel jelenik meg. Ennek a strobe vagy más néven lekérdező jelnek a segítségével lehet az olvasóerősítőt abban a pillanatban szabaddá tenni, amikor az erősítő a bemeneten megfelelő TTL szintű jel van. A 15.66. ábrán az SN 75450 típusú integrált áramkörrel képzett kapcsolás látható, amelyben már a megfelelő tranzisztorokat is tartalmazza. Ezáltal igen gazdaságos kapcsolás alakítható ki.

a kimeneti jelek nem kiértékelhetők, mivel a TTL kapuk fototranszisztorok és a fotodiódák ki- és bekapcsolása alatt belengenek, mint ahogy a 15.65. ábrán is látható. Annak érdekében, hogy az olvasójel mégis kiértékelhetővé váljék, további jelcsatornát kell alkalmazni, amely célra a lyukszalagok továbbított lyuksorait lehet alkalmazni. Ezt a jelet aztán egy Schmitt-triggeren keresztül kell vezetni, amelynek kimenetén kifogástalan minőségű