

2.2. OPTO ELEMEEK

Az utóbbi években egyre szélesebb körben, egyre gyakrabban alkalmazzuk az elektronikában az optoelektronikus építőelemeket.

Az optoelektronikus alkatrészek az elektromágneses sugárzás és az anyag töltéshordozóinak kölcsönhatása alapján működnek. A sugárzási tartomány az infravöröstől a láthatón át az ultraibolyáig bezárólag értendő.

Alkalmazás szerint megkülönböztetünk

- optoelektronikai sugárzókat, kijelzőket (világító diódákat),
- optoelektronikai érzékelőket (fotodiódákat, fototranzisztorokat, napelemeket, fotoellenállásokat),
- optoelektronikai csatolókat, amelyek meghajtó (kijelző) és érzékelő párból állnak. Ezek funkció szerint alkalmazsak lehetnek:
 - mechanikai állapot (elmozdulás, helyzet, lyukszalagkód, stb.) figyelésére,
 - áramkörök galvanikus elválasztására (de az analóg vagy digitális jel továbbítására),
 - információ (opto) kábelben való továbbítására.

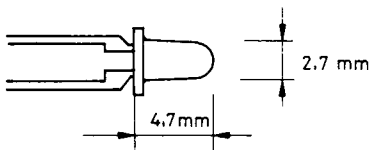
2.2.1. Optoelektronikai kijelzők (LED-ek)

Light Emitting Diode (LED) fényt kibocsátó diódát jelent. (Tehát helytelen a LED dióda elnevezés.) Ezt a legkülönbözőbb méretekben, formákban és sokféle sugárzási tartományban gyártják. A sugárzási iránykarakterisztika és intenzitás is típus szerint változó.

A LED-et kialakítás szerint felhasználhatjuk

- egyszerű kijelzőként (jelzőizzó helyettesítésére),
- alfanumerikus kijelzőként (7 vagy 14 szegmens, 7 x 9 pontmátrix, stb.),
- egyéb célokra (csatoló meghajtásra, fényérzékelésre, stb.).

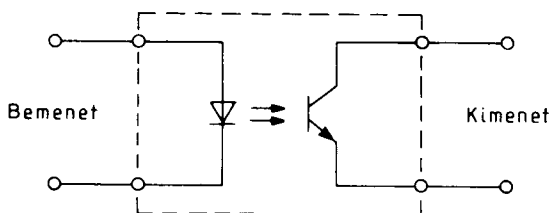
A 2.32. ábrán egy tipikus LED kijelzőt láthatunk, amelyet normál TTL kapuval meghajthatunk.



2.32. ábra.

2.2.2. Optocsatolók és illesztésük

Az optocsatoló elemek DIL tokban 6...8 lábbal, egy tokban egy-két csatoló párral kerülnek forgalomba. A tokon belül helyezik el a LED-fototranzisztor vagy LED-fotodióda (adó-vevő) párokat egymáshoz közel, elektromosan jól szigetelő, de fényáteresztő közegben. Így elérhető az adó-vevő oldal közti nagy szigetelő ellenállás (100 G Ω nagyságrendben), nagy átütési feszültség (1,5...5 kV), jó hatásfoku jel csatolás (2.33. ábra).



2.33. ábra.

Az optocsatolók legfontosabb jellemzői:

- adó-vevő oldal átütési feszültsége (1,5...5 kV),
- meghajtó áram (minimális) 6...20 mA,
- kimeneti áram (maximális) 16...16 mA,
- késleltetési idő 50 ns...3 μ s.
- Áramátviteli tényező: a meghajtó és a kimenő áram hányadosa.

Az 1970-es évek végén Magyarországon a legelterjedtebben használt optocsatoló a TIL 111-es. Ez egy LED és egy fototranzisztor párból áll. Jelkésleltetése μ s nagyságrendbe esik.

A Hewlett-Packard cég HP 2630-as optocsatolója külön vevőoldali TTL tápfeszültségellátást is igényel. LED és fotodióda pár alkotja az opto átvitelt, amelyet egy erősítő és egy Schottky kimenetű nyitott kollektoros tranzisztor követ. A HP 2630 jelkésleltetése optimális kollektorellenállás esetén 50 ns körüli. Az optocsatolóba beépített erősítő miatt, a kimenet áramterhelhetősége nagy, 13 mA is lehet 3,5 mA-nél nagyobb vezérlőáram esetén.

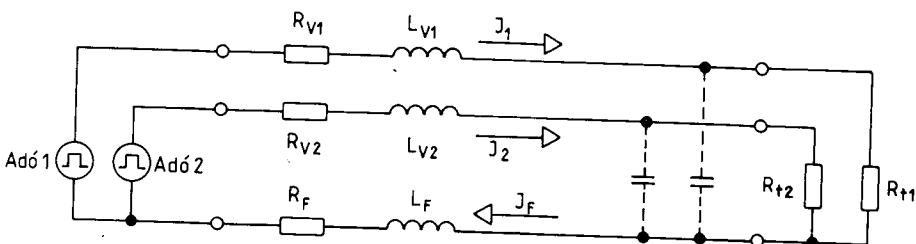
A HP 2630 ára jelentősen nagyobb, mint a TIL 111-é. Gyakorlatban többféle célra alkalmazhatunk optocsatolókat.

- a) Adatátviteli vonalaknál zavarvédetség növelésére.
- b) Közös módusu jelelnyomás megvalósítására.
- c) Galvanikus leválasztásra (zavarvédetség, életvédelmi előírások).

Adatátviteli vonalakon a szomszédos jelvezetékek közti áthallás okozta zavarfeszültség a hasznos jel amplitudójának maximum 15 %-át szokta elérni sodrott vezetékpár alkalmazásakor. A logikai rendszerek zavartávolsága ennél nagyobb (30...45 %), tehát ez nem okoz problémát.

Reléktől, motoroktól, tirisztoros kapcsolásokból származó indukált zavarjelek amplitudója a kV nagyságot is elérheti. A zavaró feszültség viszonylag kis vezetékimpedanciára (kb. 100Ω) kerül, ezért a zavaró energia az adó vagy a vevő tönkremenetelét is okozhatja, ha nem használunk e zavarok elhárítására védőrendszert (pl. árnyékolást). A földvezeték véges impedanciáján (!) folyó áramok az adó és a vevőoldal eltérő földelési potenciálját eredményezik.

A 2.34. ábrán látható, hogy a föld potenciálok az adó és a vevő oldalon közösitve vannak. (Mivel csak 1-1 tápfeszültségforrást alkalmazunk az adónál és a vevőnél.) A közösítés miatt



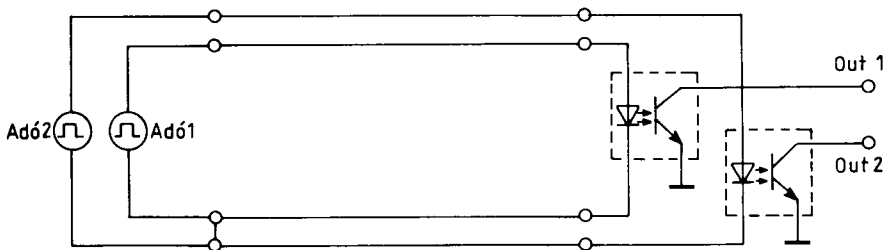
2.34. ábra.

a földáram okozta feszültségesés mindegyik jelvezetékre kihat. Mivel a vezetéknek inductivitása is van, a meredek élek miatt tekintélyes feszültség tüskék is létrejöhetnek. E hatás ellen szimmetrikus jelvezetéssel is lehet védekezni, de a kereskedelmi forgalomban kapható szimmetrikus módban működő áramkörökkel csak kb. 15 V-ig. Az adó-vevő oldali földelési potenciál eltérése ennél nagyobb is lehet.

A megoldás: legalább az egyik oldalon a nullavezetők közösítését meg kell szüntetnünk.

Mivel a több jelvezeték jelét általában egy berendezéssel szoktuk feldolgozni, nem megoldás, ha jelvezetékenként külön tápfeszültségeket használunk, mert valahol - a közös feldolgozás miatt - közösíteni kell mégis a nullapotenciálokat.

Az optocsatolás leválasztó kényelmes, viszonylag olcsó megoldást kínál. Ezt láthatjuk a 2.35. ábrán.

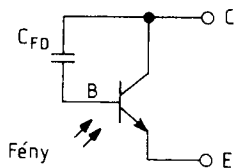


2.35. ábra.

Gyakorlati tapasztalat, hogy elektrosztatikus kisüléssel egy opto csatoló tönkremehet. A dolgozó mozgása akár 10 kV nagyságrendű potenciált is létrehozhat a keze és a föld között. A LED hozzávezetéséhez érve, átütheti az opto csatoló szigetelését és tönkretetheti a csatoló vevő oldali érzékelőjét, ha a LED oldalon nincs a föld felé viszonylag kis impedancia. (Ha nincs bekötve.) A LED oldal a gyakorlatban sokszor lehet "bekötetlen". A kábelek csatlakozón keresztül jutnak el az opto leválasztóig, s javításban a kábeleket általában lekötjük, kihuzzuk a rendszerből.

Nagyon rövid kapcsolási időknél fotodiódás csatolást alkalmazunk. Az áramátviteli tényező ilyenkor nagyon kicsi. (A kimenet nem csatlakoztatható TTL bemenetre.) Általános cél, hogy az optocsatolók be- és kimenete TTL kapukkal közvetlenül összeköt-

hető legyen. Ezért gyakori a fototranzisztoros érzékelés. Tulajdonképpen itt is egy fotodióda érzékel, de ez a kollektor-bázis dióda. A kollektor-emitter között a kollektor-bázis (foto) dióda áramának h_{21E} -szerese folyhat. A fotodióda kapacitása viszont - 2.36. ábra - a kollektor-bázis között van, tehát Miller kapacitás, ezért a tranzisztor frekvenciaátvittele, kapcsolási ideje lényegesen rosszabb lesz, mint a fotodiódás üzemnél.



2.36. ábra.

A C_{FD} értéke a kollektorfeszültség növelésével csökken. A Miller kapacitás értéke:

$$C_M = C_{FD} (A_u + 1).$$

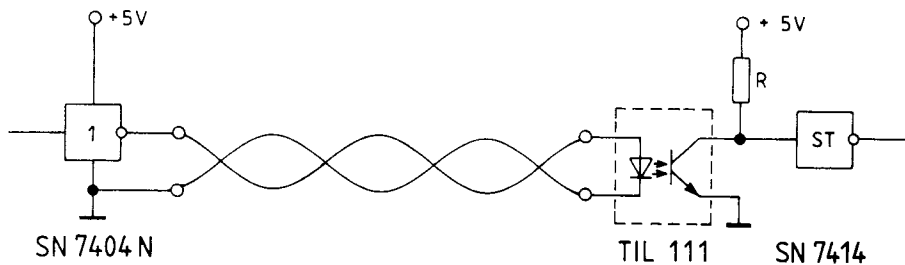
Tehát, ha az optocsatoló fototranzisztorán nagy a munkaellenállás, akkor nő a feszültségerősítés, nő a Miller kapacitás értéke.

Ha telítésbe kerül a fototranzisztor, akkor kicsi az U_{CB} , tehát nő C_{FD} , azaz a bázis-kollektor közti kapacitás, ami szintén C_M -et növeli.

Következtetés: a fototranzisztoros optocsatoló kapcsolási ideje jelentősen függ a fototranzisztor utáni hálózattól.

1. példa

Egyszerű adatátviteli vonal TTL meghajtással. (2.37. ábra).



2.37. ábra.

A kapu kimeneti áramának meghatározásához a kapu belső kapcsolását használjuk fel. A helyettesítő képet a 2.38. ábra mutatja.

$$I_F = \frac{U_{CC} - U_{CE\ sat} - U_D - U_F}{R_1 + R_{L1} + R_{L2}}$$

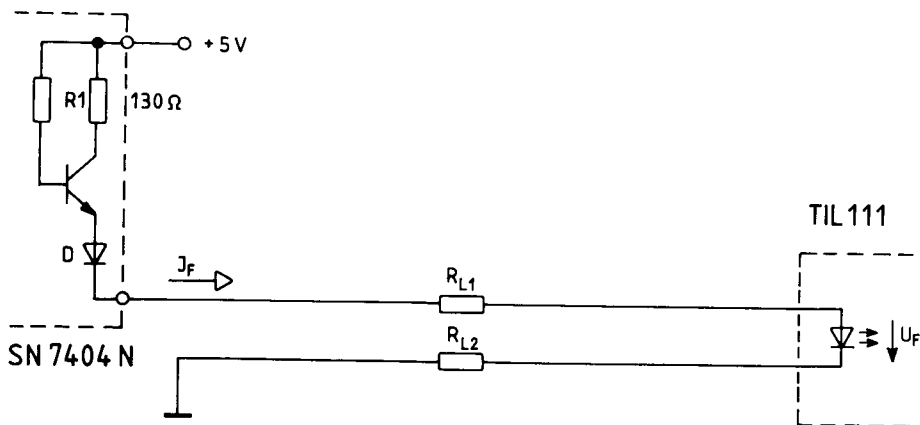
0,4 mm átmérőjű réz vezeték ellenállása 100 m-en 14Ω . 100 m sodrott vezetékpárt alkalmazva:

$$I_F = \frac{5\text{ V} - 0,3\text{ V} - 0,7\text{ V} - 1,2\text{ V}}{130\Omega + 14\Omega + 14\Omega} \approx 18\text{ mA}.$$

50 % áramátviteli tényezőnél a kapcsolt áram 9 mA. Az SN 7404 N típusu IC paramétereinek szórása, a tápfeszültség-ingadozása, az optocsatoló öregedése figyelembe vételével célszerű a továbbbiakban csak 4,5 mA-rel számolnunk.

A 2.37. ábrán levő R ellenállás értékét minimális értékűre kell méreteznünk, ha a leggyorsabb kapcsolási időket akarjuk megvalósítani (lásd Miller kapacitás számítása). Ezért

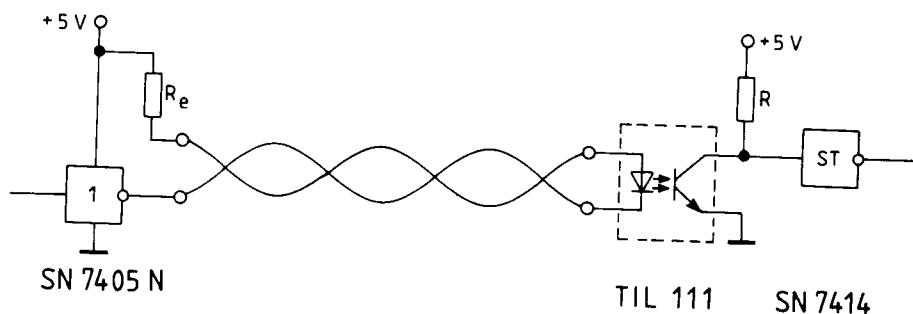
$$R = \frac{U_{CC}}{I_{OL} - I_{L7414}} = \frac{5\text{ V}}{4,5\text{ mA} - 1,5\text{ mA}} = \frac{5\text{ V}}{3\text{ mA}} = 1,66\text{ k}\Omega.$$



2.38. ábra.

2. példa

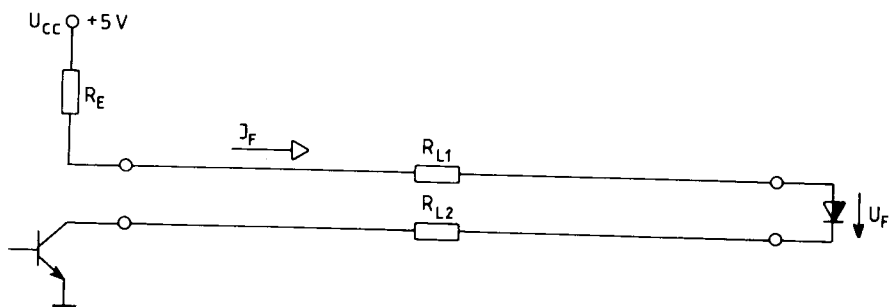
Egyszerű adatátviteli vonal open kollektoros meghajtással (2.39. ábra).



2.39. ábra.

A meghajtó helyettesítő képe a 2.40. ábrán látható.

$$R_E = \frac{U_{CC} - U_F - U_{CE \text{ sat}} - I_F(R_{L1} + R_{L2})}{I_F}$$



2.40. ábra.

2.2.3. Fényérzékelő kapcsolások

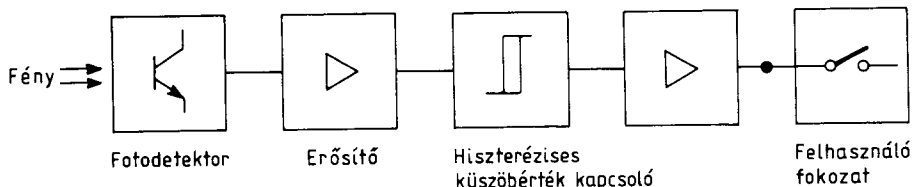
Alapvetően kétféle fotoérzékelő kapcsolást különböztetünk meg:

- digitális kimenetű (van-e egy küszöbérték felett fény-mennyiség?),
- analóg kimenetű (modulált jelek vételére alkalmas).

A digitális kimenetű fényérzékelő kapcsolás megvalósítási elve a 2.41. ábrán látható.

A fotodetektor többféle elvű lehet. Például: fotodióda, fototranzisztor, fényelem, fotoellenállás. A fotodiódán - a diódára jellemző hullámhosszúságu - fény hatására a dióda rövidzárá-

sakor, a diódán keresztül áram folyik át, amely a fény erősségével egyenes arányban nő.

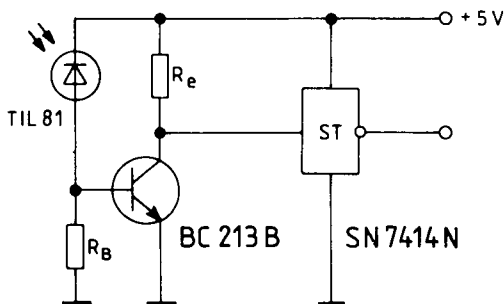


2.41. ábra.

A fototranzisztor kollektor-bázis diódája tulajdonképpen egy fotodióda, az emitter kialakításával ezt az áramot erősíti a fototranzisztor.

A fényelem rövidzárási fotoárama szigorúan lineárisan nő a fényelemet érő sugárerősséggel. Tehát célszerű analóg kimenetű fényérzékelők esetén alkalmazni.

Fotodiódás TTL kimenetű fényérzékelő kapcsolást mutat a 2.42. ábra.

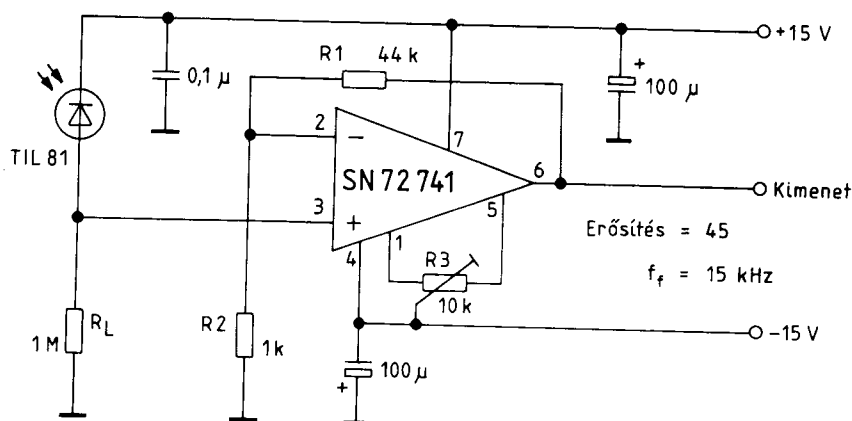


2.42. ábra.

A fotodiódák fotoárama és a ráeső sugárzási erősség között jó közelítéssel lineáris a kapcsolat. A kapcsolást a Schmitt trigger nélkül analóg érzékelőnek alkalmazhatjuk.

Modulált sugárzások érzékelésére, érzékeny luxmérőkhöz jól használható a következő kapcsolás (2.43. ábra):

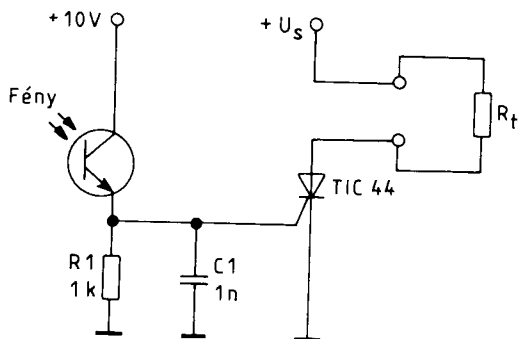
A TIL 81 megvilágításakor keletkező diódaáram nagy ellenálláson ($R_L = 1 \text{ M}\Omega$), és a nagy bemenőimpedancián átfolyva kelt feszültséget, amelyet az erősítő $(R_1 + R_2)/R_2$ -szór felerősít. A kapcsolás határfrekvenciáját a műveleti erősítőn kívül, a fotodióda kapacitása és az R_L munkaellenállás határozza meg.



2.43. ábra.

A fotodióda kapacitása egy zárórétgü dióda kapacitás, amely értéke - akár a többi diódáknál - a zárófeszültség növelésével csökken.

Fototranzisztorral vezérelt tirisztort mutat a 2.44. ábra.



2.44. ábra.

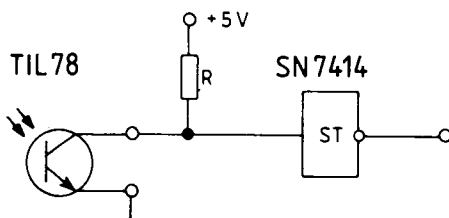
Megfelelő erősségű fény esetén a fototranzisztor árama az R_1 ellenálláson akkora feszültséget ejt, hogy a tirisztor begyújt. C_1 szűrést lát el, így elérhető, hogy a tirisztor nem gyújt be zavarfeszültség impulzusok esetén.

TiL kimenetű fotoérzékelő kapcsolást mutat a 2.45. ábra. A 2.45. ábrán látható kapcsolás késleltetési ideje viszonylag nagy, μs nagyságrendű. A fototranzisztor bekapcsolt állapotban telítésbe kerül. Ezért a kollektor-bázis feszültség kicsi

lesz, így jelentősen megnő a bázis-kollektor dióda tértöltési kapacitása, amely a kollektor-emitter között "felerősítve" látszik.

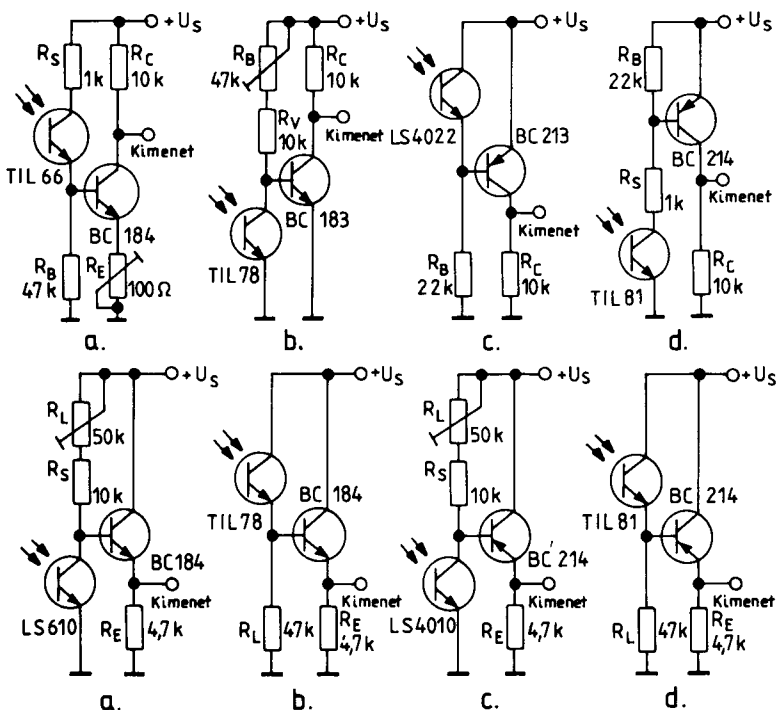
$$C_M = C_{CB} (A_u + 1)$$

Egyszerűsége miatt mégis elterjedten alkalmazzák ezt a kapcsolást.



2.45. ábra.

A 2.46. ábrán tranzisztoros erősítők fototranzisztorral való vezérlési módszereit látjuk.



2.46. ábra.

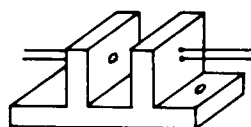
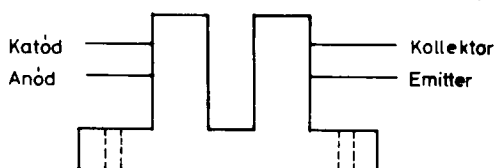
2.2.4. Optoelektronikus érzékelők

Információ olvasásra, elmozdulások jelzésére, fényerősség mérésére alkalmasak az optoelektronikus érzékelők.

Kétállapotú jelek olvasásában kiemelten nagy jelentőségük van. Például lyukszalag, lyukkártya, vagy az üzletek áruin található BAR-kód olvasása, levél irányítószámok, stb. olvasása. A kétállapotú jelek olvasására kétféle alaptípus létezik: a fényáteresztős és a fényvisszaverődéses olvasó.

Fényáteresztős olvasó

Az információhordozó egyik oldalán a fényforrás, a másik oldalán a fényérzékelő van elhelyezve. Egy ilyen megoldást, a TIL 138 típusu optoérzékelő rajzát láthatjuk a 2.47. ábrán.



2.47. ábra.

A világító dióda és az érzékelő tranzisztor egy tokba van elhelyezve úgy, hogy közéjük helyezhető el a fényt áteresztő - záró tulajdonságú információt hordozó anyag.

Fényvisszaverődéses olvasó

A fényforrás és a fényérzékelő az információt hordozó anyag azonos oldalán helyezkedik el. Ezért a fényérzékelő a vizsgált tárgyról visszavert fény mennyiségét méri. Ez a megoldás alkalmas az írott szövegek, kódok olvasására. (Levél irányítószám, pénztáros által olvasott BAR-kód.)

A 2.48. ábra egy ilyen megoldást mutat, amely a TIL 139 típusu olvasó.

Az áramkör szintén egy LED és egy fototranzisztor párt tartalmaz, amelyeket a szokásos módszerekkel használnak.