

11. / 15. / 19.

4.4. Optoelektronikai adó-vevő eszközök

Az opto-elektronikai eszközök terén kiemelt helyet foglalnak el az opto-elektronikai adót és vevőt tartalmazó eszközök. Alapvetően úgy különböztetjük meg őket, hogy a két eszköz között a fény útjába kívülről be lehet-e avatkozni vagy sem. Teljes mértékben zárt a fény útja az optocsatlókban, és teljes mértékben nyitott az opto-inicializátorokban, (közelítés kapcsolókban, fénySOROMPÓKban,) míg az üvegszálás átviteli eszközök pedig bontható, de alapvetően zárt átviteli láncsal rendelkeznek. Az átvihető információ lehet a fény jelenléte vagy hiánya, lehet alapsávi digitális vagy modulált analóg. A tisztán analóg átvitelt a nemlineáris karakterisztika miatt csak korlátozott körülmények között és egyszerűbb követelmények esetén lehet alkalmazni.

Az adó általában IRED (optocsatlók, inicializátorok, közelítéskapcsolók) vagy lézer dióda (üvegszálás átvitel). A vevő azonban bármely ismert opto-elektronikai detektor, bár leginkább fotodióda (és alfajai, pl. APD) vagy fototranzisztor. Gyakran a vevő oldal már egyben a jelfeldolgozó részt is tartalmazza beintegráltan.

4.4.1. Optocsatlók

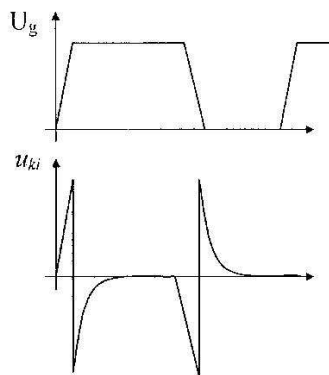
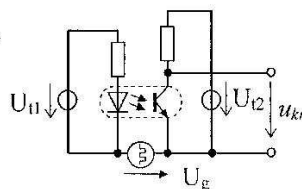
Az optocsatlók zárt fényúttal rendelkeznek. Kívülről a fény útjába nem lehet beavatkozni. Alapvető feladatuk a galvanikus elválasztás és a szigetelt jelátvitel. Mindkét alkalmazás nagy átütési szilárdságot igényel, tipikusan az átütési feszültség 1.5-3.75 kV tartományban van. Alapvetően a fény meglétét vagy hiányát detektálja a vevő, de korlátozottan megoldható a szigetelt információ átvitel is (lásd 3. fejezet, Szigetelt erősítők).

Az eszköz egy tokban szerelt adót és vevőt tartalmaz. Az egy tokban szerelés azonban rontja a szigetelési tulajdonságokat, különösen a parazita kapacitások okozta csatolás miatt.

A fény útjának kialakítása lehet közvetlen, vagy reflexiós kialakítású. A reflexiós kialakítás előnye az alacsonyabb csatolókapacitásokban van.

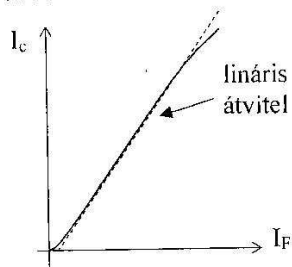
Dinamikus csatolás:

Mérőelrendezés:



A kapacitások deriváló hatása következtében a kimeneten annak ellenére feszültség jelenik meg, hogy a két oldal egymástól galvanikusan el van választva.

Az optocsatolók átviteli karakterisztikája az alkalmazott adó-vevő kombinációtól függ. Pl. IRED-fototranzisztor páros esetén:



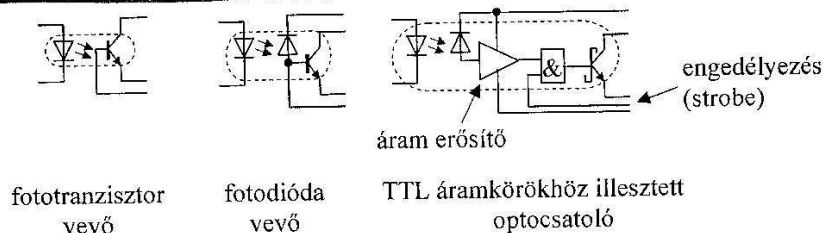
A lineáris átvitel hatásfoka (csatolási tényező):

$$\frac{\partial I_c}{\partial I_F} = f(I_F, T) = 0,2 \dots 0,25$$

Az optocsatolók paraméterei –akárcsak minden opto-elektronikai eszköz paraméterei– időben romlanak (öregedés, karakterisztika degradáció).

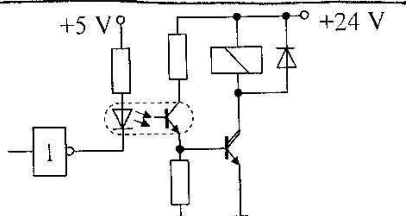
Az optocsatoló dinamikus tulajdonságait az adó-vevők dinamikus tulajdonságai szabják meg. (pl. a fototranzisztor lassúbb eszköz, így gyakran fotodióda-Shottky tranzisztor párost használunk a nagyobb sebesség eléréséhez).

Néhány gyakoribb optocsatoló kialakítás:



Néhány tipikus optocsatolós alkalmazás

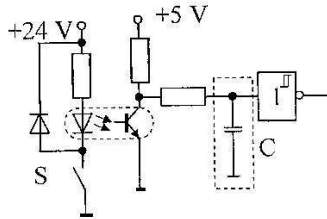
Ⓐ Digitális kimenete illesztése nagyobb teljesítményű fogyasztóhoz



Az eltérő tápfeszültség, a TTL szintnél (még a meghajtó áramkörökre megengedett szintnél is) nagyobb kimeneti áram igény és zavarvédelmi okokból fontos galvanikus elválasztást indokolja az optocsatolós leválasztást. A Darlington tranzisztor alkalmazásának indokoltsága a terhelés áramfelvételétől függ. Az elektromechanikus elemmel (jelen esetben relé, de egyéb egyenáramú behúzó mágnes, stb. is lehet) párhuzamosan kapcsolt dióda az inaktív terhelésen

szükségszerűen fellépő negatív feszültség-csúcsok levágására szolgál. Alkalmazása induktív terhelés esetén kötelező.

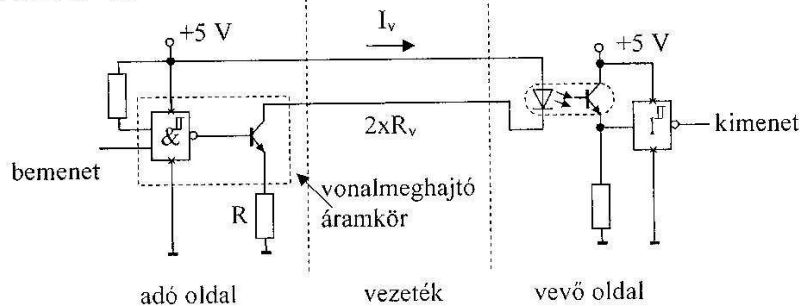
b) Kétállapotú kapcsoló vagy egyéb elektromechanikus illetve elektronikus kontaktor illesztése digitális áramkörhöz



Az S kapcsoló lehet bármilyen mechanikus működtetésű kapcsoló, elektromechanikus kontraktor, elektronikus vagy elektromechanikus szenzor kimeneti kapcsoló, végállás-kapcsoló, vagy egyéb kétállapotú állapotjelző kapcsoló.

A C kondenzátort abban az esetben alkalmazzuk, ha a kontaktus mechanikus, mivel ebben az esetben pergés (prell) fordul elő, amelyet a digitális áramkörök képesek feldolgozni. A Schmitt-trigger a nem megfelelő meredekségű digitális jeltartományú jel formálására alkalmas.

c) Digitális jelátvitel áramhurokkal nagyobb távolságra



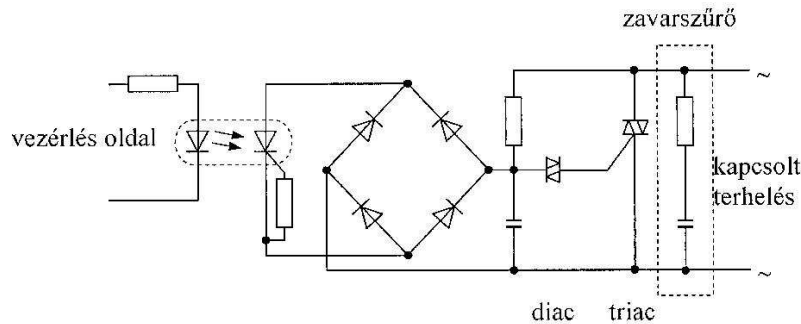
Az adó oldali és a vevő oldali 5 V DC (U_{cc}) tápfeszültség egymástól független zavarvédelmi okok miatt. Úgyszintén a megoldás nem igényli a földvezetékek összekötését, ami zavarvédelmi szempontból előnyös.

A nagyobb hurokáram elkérése érdekében vonalmeghajtó áramköröket alkalmazunk, amellyel a digitális technikában megszokott áramoknál lényegesen nagyobbak is elérhetőek.

A hurokáram:

$$I_v = \frac{U_{cc} - U_{CEsat} - U_{IRED}}{R + 2 \cdot R_v}$$

Az U_{IRED} az IRED dióda nyitófeszültsége, R_v egy vezetékszál ohmos ellenállása.

(d) Optikai leválasztású szilárdtestrelé (SSR)

A diódás abszolútértékképző-egyenirányító kapcsoláson csak akkor folyik áram, ha az optocsatolón keresztül a tirisztor be van gyújtva. Ebben az esetben a kondenzátor nem tud feltöltődni, így a diac nem tudja a triacot begyújtani. Ha nincs a tirisztor bekapcsolva, akkor a kondenzátor az ellenálláson keresztül a hálózati feszültség null-átmenetéhez szinkronizáltan feltöltődik és a diac egy feszültségérték után begyújt, majd ezzel együtt begyújtja a triacot is és a hálózatra kapcsolódó terhelésen áram fog folyni. A kapcsolás nullátmenethez szinkronizált, így a félvezetőket nem terheli nagy du/dt és di/dt . A hálózati zavarokat szűri az RC zavarszűrő áramkör a kimeneten.

4.4.2. Opto-inicializátorok 15

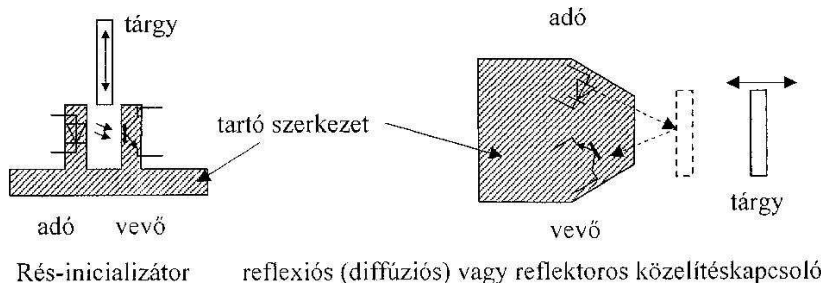
Az opto-inicializátorok olyan adót és vevőt tartalmazó eszközök, amelyek kiképzése lehetővé teszi a fény útjába történő beavatkozást.

Alapvető típusai:

(a) rés-inicializátor, amelynél az adó és a vevő egymással szemben egy közös optikai tengelyen van. A résben forgó perforált tárcsát elhelyezve fordulatszámot vagy az elfordulás mértékét lehet mérni, míg lineáris mozgást végző lemezt alkalmazva a helyzetet lehet jelezni.

(b) reflexiós közelítéskapcsoló

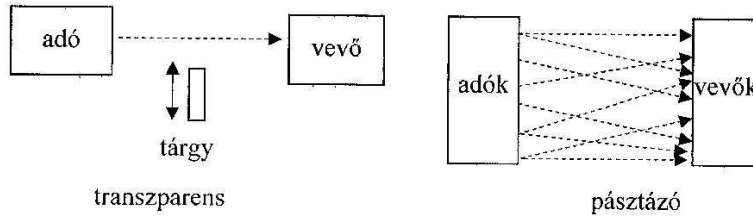
Az adó és a vevő eltérő optikai tengelyen van, de a két tengely metszi egymást egy meghatározott térbeli pontban. Amennyiben a tárgy ezt a pontot eléri vagy megközelíti, akkor a visszaverődő jel a vevőbe jut és így a tárgy helyzete meghatározható. Külön reflexiós réteget a tárgyon ez a kialakítás általában nem igényel, de létezik olyan kialakítás amikor ilyen kerül elhelyezésre a tárgyra (prizma, Fresnel lencse, stb.). Ekkor reflektoros közelítéskapcsolóról beszélünk.



C. Nagyobb távolságok áthidalására használják a fénysorompókat, amelyek lehetnek:

- Reflexiós vagy diffúziós (lásd fent)
- Reflektoros (lásd fent)
- Transzparens
- Pásztázó

15.



A pásztázó típusok alkalmasak életvédelmi vagy vagyonvédelmi feladatok ellátására is.

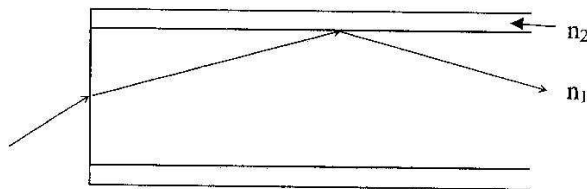
4.4.3. Üvegszálás átvitel alapjai 19.

Az optikai jelék zavartűrő képessége az elektromágneses zavarokra (EMC) lényegesen nagyobb, mint a feszültség vagy áramátvitellel dolgozó alapsávi analóg vagy modulált jelátvitel esetén, sőt még a hagyományos alapsávi digitális átvitelhez képest is jobb tulajdonságokat mutat. A jel csillapítása is kedvezőbb, terjedési tulajdonságai pedig jobbak, mint a vezetőben terjedő jelek esetén. Villamosan könnyebb szigetelni az egyes rendszereket egymástól, ha közöttük a jelátvitel (pl. villamos hajtás és vezérlése) üvegszálon keresztül történik, bár azt a jel sebessége és csillapítása egyébként nem indokolná. A fentiek miatt az üvegszálás átvitel egyre jobban terjed, még olyan területeken is, mint egylapkás multiprocesszoros rendszerek belső vezetékezése. Gyakran kerülnek felhasználásra erősen EMC-zavaros ipari környezetben pl. PLC-k kommunikációjára az egyes terminál elemek között. Az alfejezet célja olyan mértékig bemutatni az üvegszálás technikát, ameddig az az opto-elektronikai adók/vevők ilyen célú felhasználásához szükséges.

Gyakran az üvegszálás jelátvitel egyéb kábelekkel együtt kerül kialakításra, pl. telekommunikációs és energetikai kábelek, amely a kábelek mechanikai szilárdságát növeli. Ennek hiányában mechanikailag erősítik a kábeleket, mert maga az üvegszál fizikailag nagyon kis átmérőjű pl. 125 μm .

Jelterjedés az üvegszálon: 19.

Az üvegszál alapvetően három részből áll: maga az üvegszál, a határfelületi bevonat és a védő burkolat. Az üvegszál (n_1 törésmutató) és a bevonat (n_2) törésmutatója eltérő értékű, de homogén a sugár irányában ($n_1 > n_2$). A különböző szögben beeső fény a határfelületről visszaverődik és szóródik.



Az üvegszál nem tökéletesen henger alakú kialakítása miatt még helikális pályák is kialakulnak. További gondot okoz a törésmutató változása a hossz mentén, valamint az

elhajló kábelből a határfelületen kilépő fény. Mindezek a problémák egyrészt a jelterjedésben (pl. megváltozott impulzus szélesség a diszperzió miatt, jitter, stb.), másrészt a kábel csillapításában jelentkeznek. Az alkalmazott fényforrás hullámhossza, a kábel anyaga és a csillapítás között összefüggés van. A veszteség mértéke $0,2 \text{ dB/km} \dots 3 \text{ dB/km}$ között van.

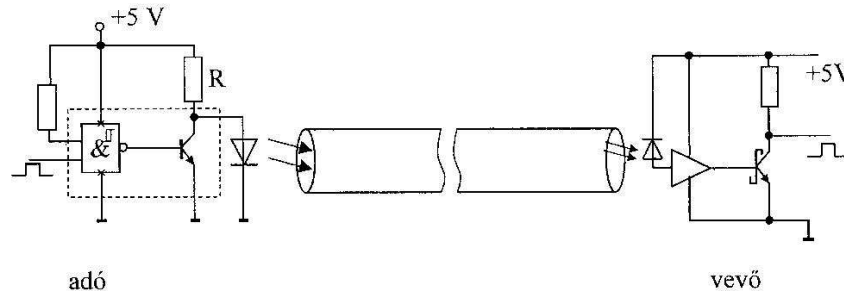
Kábelt készítenek műanyagból is, de annak átmérője lényegesen nagyobb, az alkalmazható fényforrás általában LED és a csillapítása jelentősen nagyobb (250 dB/km). Ezeket a kábeleket ezért nagytávolságú jelátvitelre nem alkalmazzák, de ez az érték közvetlen ipari vezérlési feladatok (PLC, gépkocsik belső buszai, stb.) megoldására elfogadható, mivel ott a csillapítás kevésbé játszik szerepet és a távolságok m-ben mérhetők, az ára azonban jelentősen alacsonyabb, mint az üvegszálak.

Jelátviteli megoldások:

19.

A fény közvetlen analóg átvitele a vonali diszperzió miatt nem szokásos. A jeleket modulálni kell. Ritkábban alkalmazott az analóg moduláció, a leggyakrabban vagy alapsávi digitális modulációkat alkalmazunk (pl. PAM, PCM, ASK, FSK, PSK) vagy nagyobb tömegű információ átvitele esetén időmultiplex vagy hullámhossz multiplex rendszereket pl. TDM, WDM.

Tipikus adó-vevő kialakítás üvegszálas átvitelre:



Új fejezete a szenzortechnikának az üvegszál alapú szenzorok:

Két alaptípusa:

- Extrensic (ha a mérés a kábelen kívüli fényen alapul)
- Intrinsic (ha a fény a kábelben belül marad)

Pl. Intrinsic elven működő erőmérő, amikor a két felület közé helyezett üvegszálas kábel csillapítása az összenyomás miatt megváltozik, így a detektált fény mennyiségéből az erőre lehet következtetni, de lehetséges pl. elmozdulás-mérés is, Michelson interferométer, stb. az üvegszál felhasználásával.

4.5. Opto-elektronikai elven működő mérőeszközök

15.

Opto-elektronikai eszközök felhasználásával különböző mérőeszközök építhetők fel. Klasszikus és nagyon gyakran alkalmazott mérőeszközök az optikai jeladók/enkóderek és optikai mérőlécek/lineáris jeladók a forgó és lineáris elmozdulások mérésére.

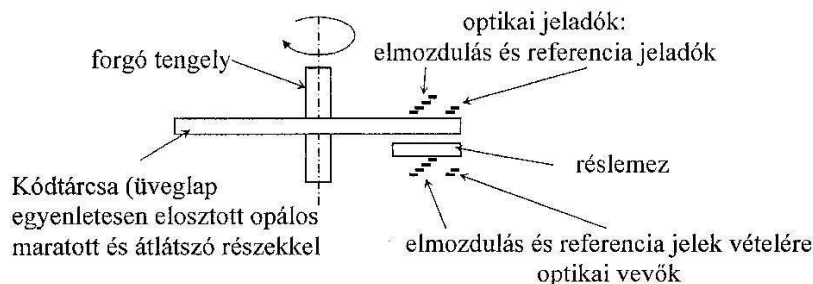
4.5.1. Forgó jeladók/enkóderek

A forgó jeladók lehetnek abszolút vagy inkrementális jeladók. Az abszolút jeladók az elmozdulás mindenkor aktuális szögének a kódját szolgáltatják, míg az inkrementális jeladók a relatív elmozdulást reprezentáló impulzusokat bocsátanak ki. Az abszolút jeladók szerepe a

modern ipari elektronikában csökkent a bonyolultabb felépítés, az alacsonyabb felbontási érték és a jelentősen magasabb ár miatt. Előnyük, hogy esetleges tápfeszültség-kimaradás esetén is mindig az aktuális pozíciót mutatják valamint gyakori irányváltás esetén sem nő a pozíció hiba impulzusvesztés miatt (mint az inkrementális jeladóknál történhet).

Az abszolút jeladók esetén egy állandó fényforrásból (LED/IREN megvilágított forgótárcsa van, amelyen az alkalmazott kódnak megfelelő optikailag átlátszó körívek vannak kiképezve (annyi, amennyi a pozíció jellemzésére alkalmazott digitális kód hossza). A vevő oldalon levő félvezető detektorok a kapott jelet négyszögesítik és a kimeneten közvetlenül a pozíció digitális kódját kapjuk. Tápellátás szüneteltetése után azonnal a tényleges abszolút pozíciót tudjuk mérni. Nagyobb felbontás esetén túl sok körívet kellene kialakítani, ami technikai problémákat eredményez. Ez behatárolja a felbontást 8-10 bit bináris ábrázolás esetén. Pl. 10 bit bináris kód esetén a felbontás $360^\circ/2^{10}=0.351^\circ$. Gyakori még a BCD-kódú abszolút jeladó is.

Az inkrementális jeladók esetén nincs a pozíció kódokat tartalmazó tárcsa, hanem helyette van egy forgó tárcsa (kódtárcsa) egyenletes résnyílásokkal (üveglapra maratással felvitt opálos és átlátszó rések), vele szemben pedig egy álló réoulemez, amelyen annyi nyílás van kiképezve ahány optikai adó (IREN) van a kódtárcsával szemben. A réoulemez mögött helyezkednek el az opto-elektronikai detektorok, minden rés mögött egy. A kódtárcsa mozgása közben az érzékelő detektorok közel szinuszosan változó fényt érzékelnek. A fényforrások és fényérzékelők valamint a kódtárcsa és a réoulemez megfelelő elrendezése következtében a Moire-effektus hatására egymástól 90° -ban eltolt szinuszos jelek jelennek meg a kimeneten. A szinuszos jelek négyszögesítésével kapjuk az egymáshoz 90° -ban eltolt kimeneti impulzus jeleket. A kimeneti impulzus jeleket még további műveleteknek (alásztás) lehet alávetni. A fel és lefutó él deriválásával impulzus kétszerezést vagy négyszerezést illetve egyéb elektronikai megoldásokkal ötszörözést valamint húsz-szorozást is el lehet érni. Természetesen az így kapott többlet impulzusok a két valódi impulzus közötti időben csak akkor mutatják a tényleges elmozdulásnak megfelelően a mozgást, ha a mozgás az adott szakaszon egyenletes volt. Ez figyelembe véve az ilyen jeladók felbontását általában fennáll (100-6000 imp/fordulat). A jeladó impulzusvesztésének ellenőrzése érdekében a fenti csatornákon kívül van egy körülfordulást jelző referencia impulzus is, amelyet egy további adó/vevő párossal és optikai réssel állítanak elő. Ismerve két referencia impulzus közötti elméleti impulzus számot a mért érték és az elméleti érték összehasonlításával az ún. szervó-hiba meghatározható, a berendezés leállítható még mielőtt a hiba miatt végzetes pozíciótévesztés lépne fel.



Az egyes feladatok ellátására alkalmazott adók-vevők száma eltérő. A réoulemezen és a kódtárcsán alkalmazott optikai rések fázishelyzete eltérő, ez okozza a szinuszos lefolyású jelet a vevőkön. A szinuszos és koszinuszos jelek előnyösek a forgás iránya meghatározására. Mindkét impulzusjelnek van ponált és negált kimenete, amely a külső elektromágneses

zavarok hatásának csökkentésére hasznos (a zavar azonos fázisban keletkezik mindkét jelen, ami a két jel kivonása után kiesik).

Jellemzők: maximális fordulatszám
maximális felbontás
kimenet típusa (szinusz/koszinusz vagy TTL, OC)

4.5.2. Lineáris jeladók 15.

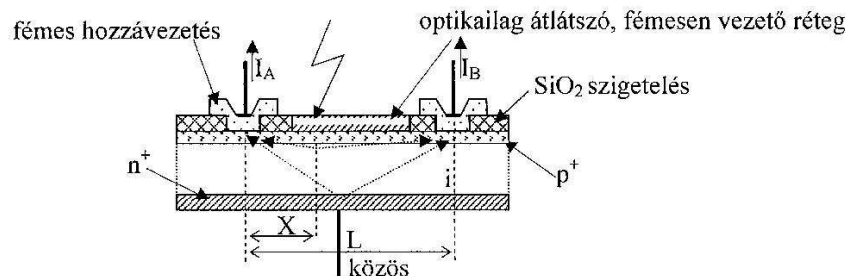
A lineáris jeladók felépítése hasonló, mint a forgó jeladóké azzal a különbséggel, hogy lineárisan mozgó kódlemez van, vele szemben egy lineáris réslémezzel. A két lemez adók és vevők között helyezkedik el. A lineáris mozgás miatt a kódlemezen több referencia rész van kialakítva meghatározott távolságokra. Az elérhető hossz nagyon függ az alkalmazott adótól-vevőtől és a kívánt felbontástól. IRED adók esetén az elérhető pontosság 1-2 μm , míg lézeres kialakításnál ennél jobb (0.1-0.01 μm , de függ az alkalmazás körülményeitől is).

Jellemzők: maximális elmozdulási sebesség
maximális felbontás
kimenet típusa.

4.5.3. Egyéb speciális mérőeszközök 15.

Optoelektronikai elven több lineáris vagy síkbeli mérőeszközt alakítottak ki, amelyre példák láthatók a 4.2.6.1. fejezetben (Szenzor tömbök).

Egy további létező eszköz kis távolságok μm -pontosságú mérésére a PIN-fotodiódás egy és kétdimenziós érzékelő.



A beeső fényhatására keletkező lyuk-elektron párok megváltoztatják a vezetőképességét a rétegben attól függő mértékben, hogy melyik kivezetéshez közelebb történt a foton becsapódás. Az eszköz hőmérséklet hatására ugyanúgy lyuk-elektron párt generál, ezért ez befolyásolja a mérést. Ugyiszintén hatása van a mérés pontosságára a beeső fény intenzitásának. Ezért nem az áramok abszolútértékét, hanem az áramok arányát mérjük.

$$\frac{I_A}{I_B} = 1 + 2 \frac{X}{L}$$

További két irányban kivezelve a dióda rétegeit (I_x és I_y) síkbeli pozíció meghatározás is lehetséges.