

SZAKDOLGOZAT

1997

Dobóczy Zsolt
L-CXI-7/1993.

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: **Dobóczy Zsolt**
Törzskönyvi száma: **L-CXI-7/1993.**

A dolgozat címe:

Lineáris CCD szenzor elektronikájának tervezése

Főiskolai konzulens neve: **Zsom Gyula főiskolai docens**

Ipari konzulens neve: -
Munkahelye:

A feladat:

A lineáris CCD szenzor spektrométerhez, interferométerhez csatlakozik

Bemenetek: CLOCK IN, TRIGGER IN (TTL szintűek)

Kimenetek: TRIGGER OUT, SCAN DET, CLOCK OUT (TTL) az A/D konverter vezérlésére

Analóg video kimenetek:	VID0: $V_{k\min} = 0\text{ V}$	$V_{k\max} < 5\text{ V}$
	VID1: $V_{k\min} = 0\text{ V}$	$V_{k\max} < 5\text{ V}$
	VID: $V_{k\min} = 0\text{ V}$	$V_{k\max} < 5\text{ V}$

A dolgozatnak tartalmaznia kell:

Az RL 2048 D lineáris CCD érzékelőhöz szükséges vezérlő áramkörök, videojel erősítők tervezését, működésének ismertetését.

A megtervezett elektronika teljes villamos dokumentációját.

Beadási határidő: **1997. május 23.**

A záróvizsga tárgyai:

Méréstechnika és automatika
Számítógépes folyamatautomatizálás

Kiadva: Budapest, 1997. április 2.



[Handwritten signature]

igazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak tartom:

.....
Ipari konzulens

.....
Főiskolai konzulens

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott szigorló hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem.

Egyéb jelentős segítséget nem vettem igénybe.

Az elkészült szakdolgozatban található eredményeket a főiskola a feladatot kiíró intézmény saját céljaira térítés nélkül felhasználhatja.

Kelt:

.....
Hallgató aláírása

Tartalom

1. Bevezetés	6.
2. A CCD működése	8.
3. Egy spektroszkópai mérés automatikus adatgyűjtéssel	11.
3.1. Hullámhosszmérés Bunsen-féle spektrométerrel	11.
3.2. A CCD chip kiválasztása	12.
3.2.1. A Hamamatsu S3923 típusú áramkör	12.
3.2.2. Az RL2048 típusú áramkör	14.
3.3. Az RL2048 integrált áramkör működése	16.
4. A lineáris CCD áramköreinek tervezése	21.
4.1. A CCD kamera felépítése és áramköreinek működése	21.
4.2. A készülék mechanikai felépítése	32.
4.2.1. A nyomtatott áramkörök tervezési szempontjai	33.
4.2.2. A készülékház kialakítása	34.
5. Mérés CCD kamerával	37.
5.1. A mérés elméleti alapjai	37.
5.2. A CCD kalibrálása, a szinképvonalak hullámhosszának meghatározása	38.
6. A készülék továbbfejlesztésének lehetőségei	41.
6.1. Közvetlen csatlakozás számítógéphez	41.
6.1.1. Az LTC1272-8 típusú analóg-digitál átalakító	41.
6.2. Az analóg-digitál átalakító áramköreinek tervezése	43.
7. Összefoglalás	46.
8. Zusammenfassung	47.
9. Köszönetnyilvánítás	48.
Mellékletek	49.
1. A CCD kamera áramköreinek elvi kapcsolásivázlata	50.
2. A CCD nyomtatott áramkörei	56.
3. A CCD analóg-digitál átalakító elvi kapcsolásivázlat	59.
4. A párhuzamos portot vezérlő program	60.
5. Az RL2048-D eredeti angol nyelvű leírása	61.
Irodalomjegyzék	71.

1. Bevezetés

A hetvenes évek végére az elektronika gyors fejlődésének köszönhetően a videokamerák, műholdak képfeldolgozó áramkörei nagyrészt félvezető elemekből épültek fel. Kézenfekvőnek tűnt a gondolat, hogy a képfelvevő helyére is egy félvezető eszköz kerüljön, könnyebbé és olcsóbbá téve ezeket a berendezéseket. A kutatók a töltéscsatolás elvében látták az új képfelvevő létrehozásának lehetőségét. A félvezető gyártó cégek - a német Philips-Valvo, a japán Matsushita valamint az amerikai General Electric - komoly erőfeszítéseket tettek a töltéscsatolt eszköz , a CCD, megalkotására. Ennek eredményeképpen a nyolcvanas évek elejére elkészültek az első tudományos kutatásban és haditechnikában használat típusok. Ezek kis felbontású lineáris szenzorok, képérzékelők voltak, például egy 1983-ban fölbocsátott német meteorológiai műhold infravörös spektrométerébe egy 128 fotodiódát tartalmazó lineáris CCD érzékelőt építettek. A fejlesztés a gyorsabb kiolvasási sebesség és a nagyobb felbontás felé haladt. Így a nyolcvanas évek végére a CCD-technika megjelenik a távfénymásolóokban, a biztonságtechnikában, a professzionális és amatőr video kamerákban képérzékelőként (Sony), a korszerű fényképezőgépekben (Minolta) a fénymérést és az élesre állítást segíti, a tudományos kutatások területén kiszorítja a kémiai fotoemulziókat. A kilencvenes évek elején elsősorban a sajtó által megfogalmazott igények hatására megjelennek az elektronikus fényképezőgépek, így a képek szkennelés nélkül közvetlen a számítógépbe vihetők (Nikon-Kodak).

A CCD eszközök széleskörű elterjedésüket kis méretüknek, tömegüknek, alacsony áruknak köszönhetik. További előnyt jelent, hogy gyártásuk a többi félvezetőével azonos módon történik, az információ kiolvasására pusztán elektronikus jeleket alkalmazhatunk, valamint más áramköri elemekkel közös tokba integrálhatóak. Beszerezhetőek olyan CCD tokok melyek kimenetén NTSC vagy CCIR jel áll rendelkezésünkre, de létezik már mikroprocesszorral egybeépített változatuk is.

A tudományos kutatásban vitathatatlan az előnyük a kémiai nyersanyagokkal szemben. A CCD alkalmazásával a csillagászatban, a színeképelemzésben, és az

interferometriai mérésekben rövid idő alatt nagy mennyiségű információ nyerhető, melyek a számítástechnika segítségével könnyebben feldolgozhatók, tárolhatók.

Intézetünk, a szegedi Juhász Gyula Tanárképző Főiskola Fizika Tanszéke feladatai közé tartozik a leendő fizikaszakos tanárok különböző mérési eljárásokkal történő megismertetése. A hallgatók a laboratóriumi gyakorlatok alkalmával találkoznak a különféle mérőberendezésekkel, mérési eljárásokkal, természeti állandók meghatározásával. Kezdetben a gyakorlatok olyan feladatokat tartalmaznak, ahol a mérések egyszerű eszközökkel, a skálaérték és a mért fizikai jellemzők között közvetlen összefüggés van, valósíthatók meg. A felsőbb évesek esetében a tanszék célul tűzte ki hogy új, korszerű, a jelen technikai színvonalat tükröző mérési eljárásokkal ismerkedjenek meg. Ennek érdekében a tanszék nagyobb arányú eszközfejlesztésbe kezdett, melyet egy sikeres FEFA pályázat tett lehetővé. Ez elsősorban új demonstrációs kísérletek megjelenését, és új mérési gyakorlatok bevezetését jelentette. Így merült fel az igény egy korszerű számítógépes adatgyűjtéssel megvalósított mérésre. Természetesen ennek előnyei csak akkor használhatók ki, ha nagymennyiségű adat feldolgozására van szükség, mint például a spektroszkópiai feladatok esetében. Ezért a választás a hullámhosszmérésre esett, amiben a CCD fényérzékelőként szerepel. A következő oldalakon ennek a látható fénytartományban működő, szinképelemzésre használt nagyfelbontású lineáris mérőérzékelőnek a tervezését, építését ismertetem.

2. A CCD működése

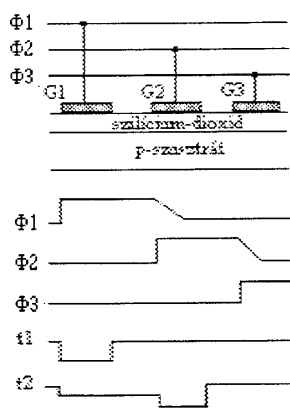
A képfelvevő CCD eszközök [1.] feladata kettős: egyrészt a képpont fényességével arányos töltés létrehozása, ezt az integrált szilícium fényelemek végzik - valamint ezen töltéseket mint fényinformációkat soros módon kiléptetni az eszközből - ezt pedig a töltéscsatolt MOS tranzisztorok valósítják meg. A fényelemek a MOS tranzisztor integrált részét képezik.

A gyakorlatban vonal- és mátrix-elrendezésű képbontó eszközöket alkalmaznak, melyek felbontást a fotóelemek száma egyértelműen meghatározza. A vonal elrendezésű érzékelők a képnek csak egy elemi sorát olvassák le, ezért ezt az eszközt elsősorban mérési célokra használják, míg a mátrix elrendezésűt a video technikában alkalmazzák.

A töltés léptetés módja szerint két- és háromfázisú rendszereket különböztetünk meg. A háromfázisú rendszerek egy sorba elhelyezett, azonos felépítésű MOS tranzisztorokból állnak (2.1.a ábra). A p-szubsztrát felületén szilíciumdioxid szigetelő réteget hoznak létre, erre helyezik el a GATE elektródákat, melynek anyaga alumínium. A töltések a szilíciumdioxid és a p-szubsztrát határfelületéhez közel helyezkednek el.

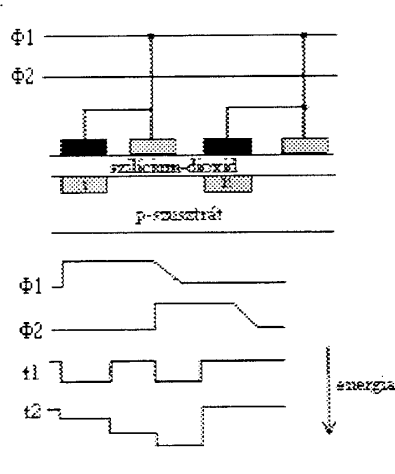
A töltéstovábbítást három egymást követő impulzussal vezéreljük. Az impulzus hatására a GATE alatt potenciál gödör jön létre. Annak lankás lefutó éle, valamint az egyes impulzusok közti átfedés a töltések szomszédos MOS elembe történő átírását, oly módon hogy mikor a G_1 elektródán a ϕ_1 vezérlőimpulzus lefutó éle található, a szomszédos GATE alatt ϕ_2 hatására a potenciál gödör már kialakult (2.1.a ábra).

A kétfázisú rendszer felépítése bonyolultabb, de vezérlése egyszerűbb a háromfázisú rendszerhez képest. A p-szubsztrát rétegben közvetlen a SiO_2 szigetelő alatt iontranzplantációval n-típusú szilícium réteget hoznak létre. Ennek hatására az energia minimum a szubsztrát felé tolódik el (1.2.b ábra). Ezt az elrendezést a SiO_2 alatti n réteg miatt eltemetett csatornás CCD-nek, angol rövidítéssel BCCD nevezik. A töltésáramlást itt is a vezérlő impulzus lankás lefutó éle, valamint az impulzusok közötti átfedés biztosítja.



2.1 ábra

a háromfázisú CCD felépítése



2.2. ábra

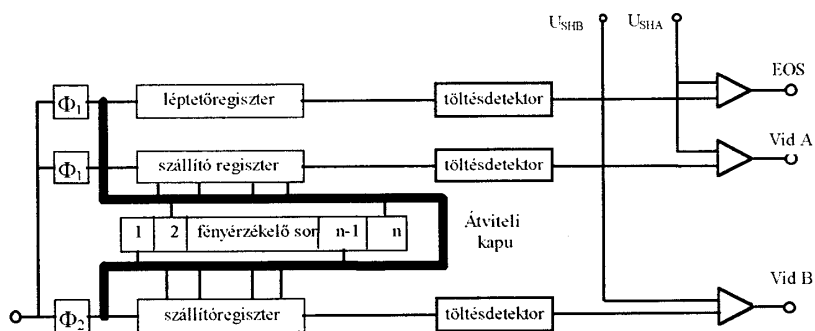
a kétfázisú CCD felépítése

E rendszer előnye a háromfázisú CCD-vel szemben a vezérlés egyszerűségén kívül a nagyobb kapcsolási sebesség hatására a töltésszóródás csökkenése, és az ebből adódó nagyobb felbontás. A felületi csatornás CCD-hez képest ezek nem jelentenek feltétlen előnyöket, mivel a BCCD által maximálisan felhalmozható töltésmennyiség körülbelül a harmada mint az SCCD esetében. Ezért a két rendszert egy érzékelőn belül együtt is alkalmazzák.

Mivel a szakdolgozat témája egy lineáris CCD szenzor áramköreinek tervezése, elsőként egy ilyen elrendezést. majd a teljesség valamint az igen széles elterjedése okán a mátrix rendszerű képfelvévő áramkörök felépítését ismertetjük.

A vonalérzékelő (2.3. ábra) sor közepén helyezkedik el a MOS fényérzékelő sor [2.1. fénykép], amely gyártmánytól függően 256-2048 elemből áll, amire a fény kvarcüvegablakon érkezik. Az érzékelő sor két oldalán elhelyezett kapurendszer gondoskodik a fényerővel arányos töltések analóg regiszterbe történő írásáról. Innen a töltések egy vezérelt töltésdetektorba jutnak, melynek kimenetén a töltésmennyiséggel arányos feszültség jelenik meg. A szállító regiszteren kívül található egy digitális léptetőregiszter is. Az olvasási ciklus befejeztével, az áramkört vezérlő logika vagy a

jelfeldolgozást végző berendezés számára állít elő szinkronjelet (EOS). Ezen kívül a chip tartalmazhat integrált mintavevő-tartó erősítőt, vezérlőlogikát, és órajel generátort.



2.3. ábra
a vonalérzékelő CCD felépítése

A mátrix elrendezésű képbontó áramköröknek két változatát fejlesztették ki. A „frame transfer” rendszer fényérzékelője felületi csatornás CCD, az információ átírását és a vertikális kiolvasást eltemetett csatornás CCD végzi. A töltéseket a horizontális léptetőregiszter szállítja a töltésdetektorba. Ennek kimenetén a töltésmennyiséggel arányos feszültség jön létre.

Az „interline transfer” érzékelő fotótranszistorai függőleges irányban összefüggő sávot alkotnak, az egyes sávokat a függőleges léptetőregiszterek választják el. A képinformációkat először ide írják be, s innen jutnak a vízszintes regiszterbe, a regiszter sorrendben továbbítja a töltésdetektorhoz, aminek kimenetén további feldolgozásra alkalmas feszültségjel olvasható.

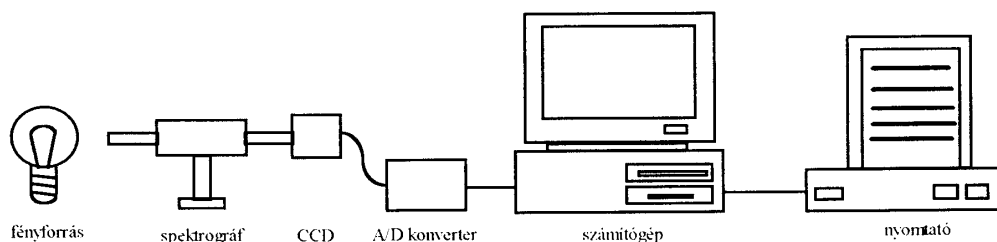
Mind két típusú képfelvevő áramkört gyártják mérési feladatok elvégzésére alkalmas kivitelben és a hagyományos televíziós használatra. Utóbbi esetben a tok gyakran tartalmazza a szabványos CCIR, NTSC, HDTV jelek előállításához szükséges áramköröket.

3. Egy spektroszkópai mérés automatikus adatgyűjtéssel

3.1. Hullámhosszmérés Bunsen-féle prizmás spektrométerrel

A mérési gyakorlat izzólámpa spektrumának vizsgálatát, higanygőzlámpa, héliummal, neonnal töltött kisülési cső által szolgáltatott fény jelentősebb színekvonalai hullámhosszának, valamint a káliumpermanganát vizes oldatának elnyelési színektartományainak meghatározását tartalmazza. A mérés alkalmával a hallgatók minden egyes színekvonalhoz tartozó hullámhosszat külön határozzák meg a spektrométerbe épített skála segítségével. Az így kapott eredményeket a jegyzőkönyvbe rögzítik.

Automatikus adatgyűjtés estén a spektroszkóp kiegészül egy CCD vonalérzékelőt tartalmazó kamerával. Ennek jelét akár oszcilloszkópon, akár további feldolgozás után számítógép monitoron megjelenítve vizsgálhatják, s ami a legfontosabb a mérési eredmények rögzíthetők mágneslemezen vagy kinyomtathatóak. Ez lehetővé teszi a mérés utólagos kiértékelését, esetleges ellenőrzését. Természetesen a méréshez a CCD-n kívül szükség van egy analóg-digitál átalakítóra, számítógépre és egy nyomtatóra is.



3.1 ábra
a mérési elrendezés

Az adatgyűjtőegység bármely AT 286-osnál magasabb típuszámú IBM kompatibilis számítógéppel használható. A mérőegység két, funkcionálisan elkülönülő részből, az I/O kártyából és a konverterből áll. Az I/O kártya AT-buszon keresztül kapcsolódik a számítógéphez. Itt állíthatók be, jumperek segítségével, az IRQ, a DMA és az I/O címek.

Maga az átalakító egy Analog Devices gyártmányú AD 7884 típusú 16 bites, párhuzamos kimenettel rendelkező monolitikus integrált áramkör. Az IC legfontosabb paraméterei: a konverziós idő 5,3 μ s, maximális mintavételi frekvencia 166 kHz. Linearitási hibája $\pm 0,0075$ % FSR, jel- zaj viszonya 84 dB.

A készüléken 8 analóg bemenet található (Be0-Be3), melyeket a program segítségével egy beépített multiplexerrel lehet kiválasztani. A bemeneti feszültség 0 és 5V közötti tartományba eshet. A *clock out* kimenet a mérőberendezés számára szolgáltat szükség esetén órajelet. A *Trigg. in* bemenet a konverter és a mérőkészülék közötti szinkronizációt biztosítja, a konverzió indítható akár a jel lefutó, akár a felfutó élével. A *Clock in* bemenet a berendezés külső órajellel való működtetését teszi lehetővé. Ezek a vezérlést szolgáló be-, és kimenetek egységesen TTL jeleket adnak illetve fogadnak. A megfelelő zavarvédetség érdekében mindegyik BNC aljzaton keresztül csatlakoztatható más készülékhez.

3.2 A CCD chip kiválasztása

A szíképelemzési feladatok nagy felbontást igényelnek, ezért eleve csak az 1024 és 2048 diódából álló érzékelők kerültek szóba. A mérések a létható fény tartományában történnek, így az érzékelő működési tartományának a 400-800 nm hullámhosszak közé kell esnie. Amennyiben az érzékelőt pontosabb mérésekre is használni szeretnénk nem feledkezhetünk meg a jel-zaj viszonyról sem. Az előzetes szelekciók után két típus közül kellett kiválasztani a számunkra megfelelőt.

3.2.1. A Hamamatsu S3923 típusú áramkör

A Hamamatsu az S3923 [4.] típust 256, 512 és 1024 képpontból álló változatokban kínálja. A tok két dióda sort tartalmaz. A fényérzékelő sor jelét az *ACTIV VIDEO*

kimeneten olvashatjuk. Az ú.n. *DUMMY* diódákat tartalmazó sort fémréteggel lefedték, hogy ne érje őket külső sugárzás. Jelét a *DUMMY VIDEO* kivezetésen kapjuk meg. Az *ACTIV VIDEO* kimenet 0 és 1V közötti jelet szolgáltat, a sötét szint 1V, a világos jel 0V. A *DUMMY VIDEO* kimenetén egy egyen feszültség jelenik meg. Szükség esetén az *ACTIV VIDEO* és a *DUMMY VIDEO* jeleit egy egyszerű műveleti erősítővel felépített különbség képzőre kapcsolva 0-1V közötti kimeneti jelet kapunk ahol a sötét szint 0V a világos szint 1V.

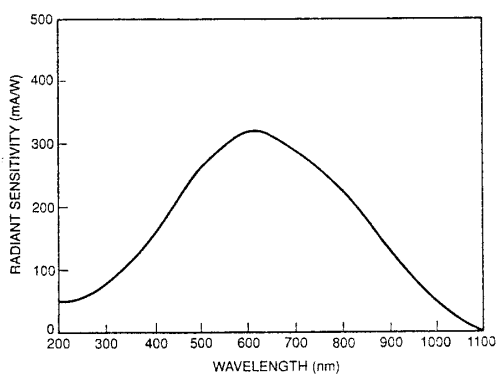
Az áramkör legfontosabb elektro-optikai tulajdonságait a 3.2.1 táblázat tartalmazza. A megvilágítást 2856 K színhőmérsékletű wolfram lámpával végezték, 25 °C hőmérsékleten.

	minimum	tipikus	maximum	egység
fotodiódák sötétárama		0,04	0.08	pA
fotometriai érzékenység		200-1000		nm
maximális érzékenység		600		nm
telítési sugárzás		222		mlxs
telítéshez tartozó kimeneti feszültség		420 (-256) 280 (-512) 160 (-1024)		mV
érzékenység eltérése		±3		%

3.2.1. táblázat
az S3923 fontosabb jellemzői

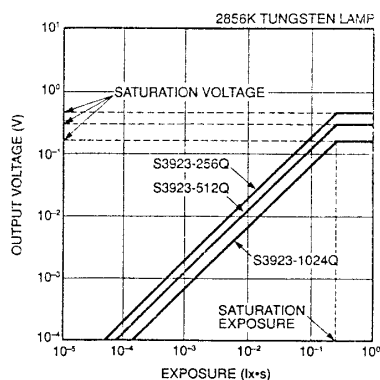
A kimeneti feszültség a megvilágítás függvényében a 3.2.3 ábrán látható, a spektrális érzékenységet a hullámhossz függvényében a 3.2.2. ábra mutatja.

A vezérléshez a CMOS áramköröknél szokásos feszültség szinteket használhatjuk, a tápfeszültség 4,5v és 10V között lehet. A RESET jel valamint a töltésszóródást megakadályozó tranzisztorok gate-je a tápfeszültségnél 2,5V-tal alacsonyabb feszültséget igényelnek.



3.2.2 ábra

érzékenység a hullámhossz függvényében



3.2.3. ábra

kimeneti feszültség a megvilágítás függvényében

3.2.2. Az RL 2048 típusú áramkör

A német R. Braumann GmbH 256, 512, 1024 és 2048 érzékelőt tartalmazó lineáris CCD chipet forgalmaz. Minden típusnak létezik normál, gyors és alacsony fényintenzitásra érzékeny változata. A páros és páratlan diódákat külön shift regiszter olvassa ki, jelük a *VID ODD* és a *VID EVEN* kivezetésekre kerülnek, melyeket egy külön áramkörrel lehet összegezni.

A legfontosabb elektro-optikai tulajdonságokat a 3.2.3 táblázat tartalmazza. A méréseket 400 KHz-es órajellel, 2870 K színhőmérsékletű izzóval és Fisch Schurmann HA-11 optikai szűrővel végezték.

A kimeneti feszültséget a megvilágítás függvényében a 3.2.4 ábra, az érzékenységet a hullámhossz függvényében a 3.2.5 ábra mutatja. Az áramkör 12V tápfeszültséggel működik, vezérlő jeleknél alacsony szinthez 0V, magas szinthez 12V tartozik. Ezek alól kivételt képez az *átírás*, mely alacsony szintje +5V, magas szintje +12V, valamint az SB jel ahol az alacsony szint -3V, a magas szint +5V. A szubsztrátot -5V feszültségre kell kapcsolni.

	minimum	tipikus	maximu m	egység
Dinamikatartomány V_{sat}/N_{p-p}		2600:1		
Dinamikatartomány $V_{sat}/N_{p-p}:5$		13000:1		
N_{p-p} egyenértékű sugárzás		0,18		nJ/cm ²
telítési sugárzás	0,3	0,47	0,63	nJ/cm ²
érzékenység eltérése		±5	±12	%
érzékenység egyenlőtlensége		0,3	0,25	%
maximális sötét jel		0,06	0,5	%
disszipáció		126		mV
zajfeszültség csúcstól- csúcsig (N_{p-p})		0,5		mV
kimeneti egyenfeszültség szint		7		V
sötét kimeneti szint		6,7		V
kimeneti impedancia		2		KΩ
két video kimenet közötti eltérés		30	80	mV
maximális video adatkimeneti frekvencia	20			MHz

3.2.3 táblázat

az RL 2048 tok legfontosabb paraméterei

A katalógus adatok alapján, a két áramkör esetében a következőképen foglalhatók össze a számunkra jelentkező előnyök és hátrányok:

Hamamatsu S3923 áramkör előnyei

- CMOS kompatibilitás
- a videó jel közvetlenül a kimeneten rendelkezésünkre áll
- az egyes diódák névleges érzékenységtől való eltérése kisebb

hátrányai

- alacsonyabb felbontás
- alacsonyabb a telítéshez tartozó kimeneti feszültség
- magasabb ár

az RL 2048-D áramkör előnyei

- nagy dinamika sáv
- alacsony zaj
- alacsonyabb ár

hátrányai

- a szokásos CMOS vezérlőjel szintektől való eltérés
- a video jelet utólag kell összegezni

A nagyobb felbontás, valamint mert a dinamikus sáv jól illeszkedik a meglévő 16 bites analóg-digitál konverterhez az RL 2048-D típusú érzékelőt választottuk.

3.3 Az RL 2048D integrált áramkör működése

Az RBM gyártmányú D szériás lineáris CCD érzékelő fotodiódái 13 μm szélesek, 7 μm hosszúságúak, egymástól 6 μm távolságba vannak. Az áramkör működési vázlata a 3.3.1. ábrán látható.

A sugárzás hatására az 1, 2, ... N-1, N fotodiódákban keletkezett és tárolt töltések a ϕ_T átírási jel a kétfázisú CCD schift regiszterbe másolja. A töltések kiolvasását a ϕ_1 , ϕ_2 ellentétes fázisú töltéstovábbító órajelek biztosítják (3.3.1. ábra). A töltésmennyiséggel arányos feszültséget a *vid1* illetve a *vid2* kimeneteken kapjuk meg. A V_{RD1} a V_{RD2} video reset lábakra kapcsolt feszültség biztosítja, hogy abban a fázisban mikor nincs a CCD-ből kiolvasás, a *vid1* vagy *vid2* kimeneteken magas szint jelenjen meg. A CCD regiszter működéséhez szükséges feszültséget a V_N kivezetéseken keresztül kapja. A működést a V_{REC} lábra kapcsolt magas szinttel engedélyezhetjük. A ϕ_{SB} a transfer clock scan buffer jel hatására a SBp kimeneten a D₁₀ sötétreferencia jel alatt, valamint az utolsó képjel kiolvasásakor jelenik meg egy impulzus (3.3.2. ábra). A tok tartalmaz még egy a telítés

esetén fellépő töltésszóródást megakadályozó áramkört. A tápfeszültséget a V_{AB} csatlakozáson keresztül kapja, a tranzisztorok a megfelelő gate feszültséget a V_{LR} lábon kapják.

A be- és kimeneti jelek idődiagramja a 3.3.2. ábrán látható. A töltéstovábbító jelek ϕ_1 , ϕ_2 valamint a vid_1 , vid_2 jelek kimeneti szintjeit, időbeli lefolyását a 3.3.6. ábra mutatja. A kimeneti feszültség a megvilágítás függvényében 3.2.4. ábra, érzékenység a hullámhossz függvényében 3.3.4. ábra.

A tok lábkiosztását a 3.3.3 ábrán láthatjuk. A működéshez szükséges feszültségértékeket a 3.3.1. táblázat tartalmazza.

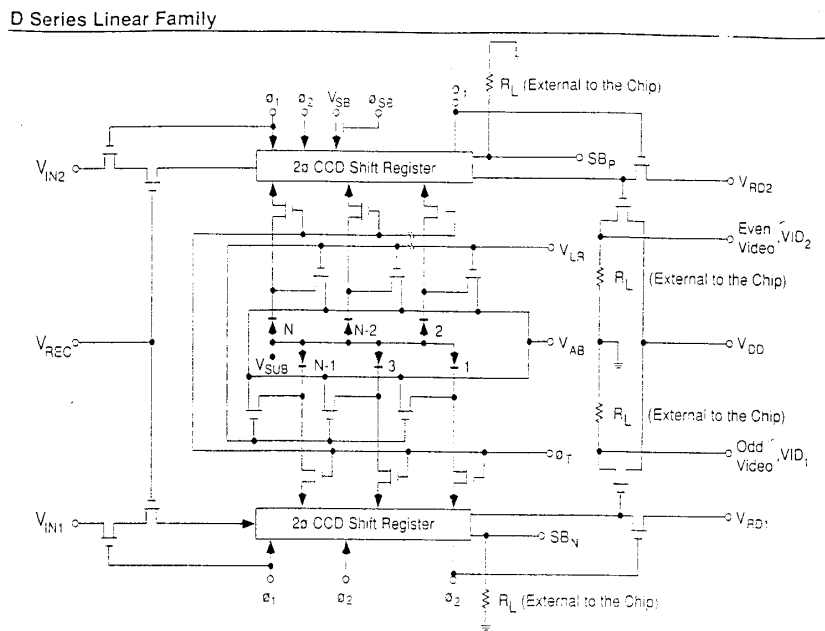


Figure 2. Schematic of D Series Linear Devices

3.3.1 ábra
az RL2048D áramkör működési vázlat

		minimum	tipikus	maximum	egység
V_{RD}	video reset	+11	+12	+13	V
V_{DD}		+11	+12	+13	V
V_{IN}	CCD regiszter tápfeszültség	+11	+12	+13	V
V_{AB}	töltésszóródás gátló tápfeszültség	+11	+12	+13	V
V_{LR}	töltésszóródás gátló				
	- tiltva	-1	0	+1	V
	- aktív	+1	+1,7	+2,5	V
	- vonal reset aktív	+2,5	+3,5	+4,5	V
V_{SUB}	szubsztrát feszültség	-6	-5	-4	V
$\phi_1 \phi_2$	töltéstovábbító jel				
	- magas	+11	+12	+13	V
	- alacsony	-1	0	+1	V
ϕ_T	töltés átírás				
	- magas	+4	+5	+6	V
	- alacsony	-4	-3	-2	V
ϕ_{SB}					
	- magas	+11	+12	+13	V
	- alacsony	+4	+5	+6	V
V_{REC}		-1	0	+1	V
V_{SB}		+11	+12	+13	V

3.3.1 táblázat

az IC kivezetései és a hozzá tartozó feszültségek

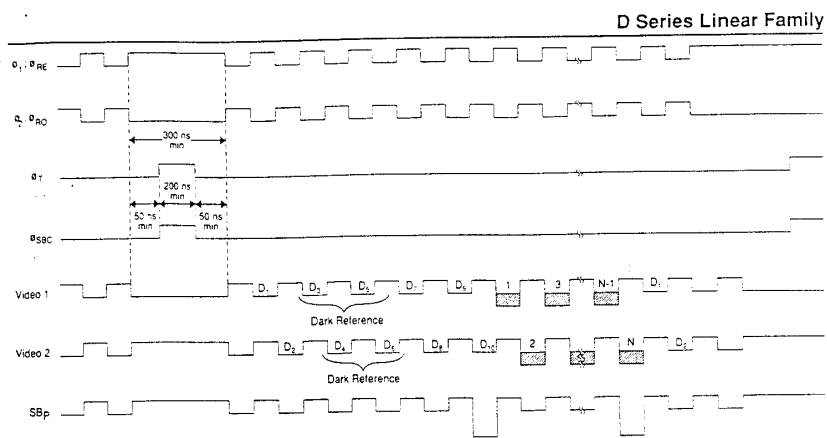
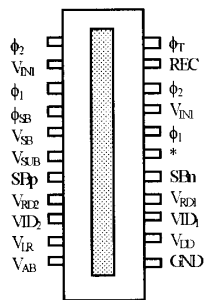
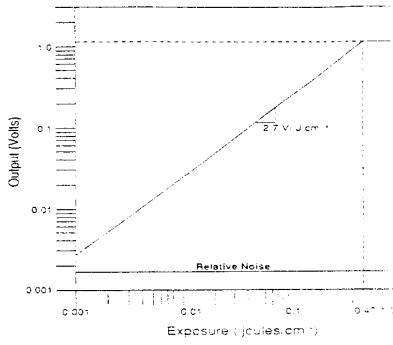


Figure 4. Timing Relationship of the Array's Clock Signals and Output

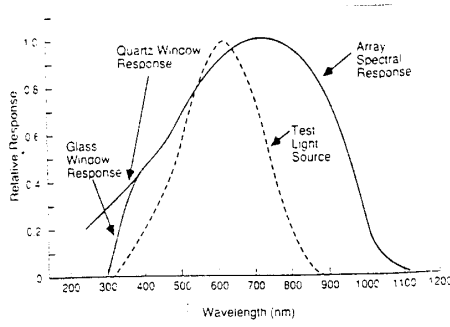
3.3.2. ábra
az órajel és a kimeneti jelek idődiagramja



3.3.3 ábra
az RL 2048D bekötése



3.3.4. ábra



3.3.5. ábra

kimeneti feszültség a megvilágítás érzékenység a hullámhossz függvényében függvényében

D Series Linear Family

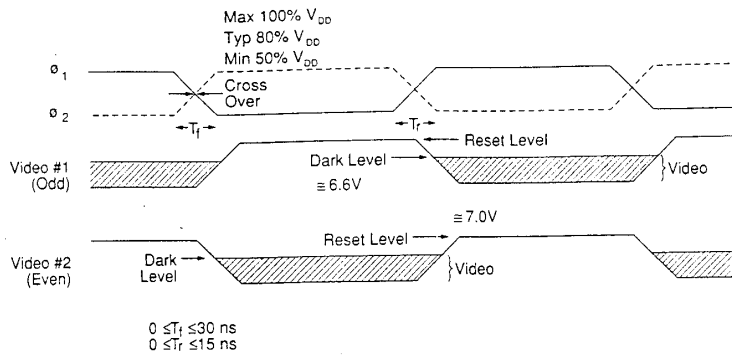


Figure 9. Clock Crossing and Video Output Relationship

3.3.6. ábra

ϕ_1, ϕ_2 töltéstovábbító jelek és vid_1, vid_2 kimeneti jelek

4. A lineáris CCD érzékelő áramköreinek tervezése

4.1. A CCD kamera felépítése és áramköreinek működése

A 3.1 fejezetben megfogalmazott igények alapján az eszköznek a következő be-, és kimenetekkel kell rendelkeznie:

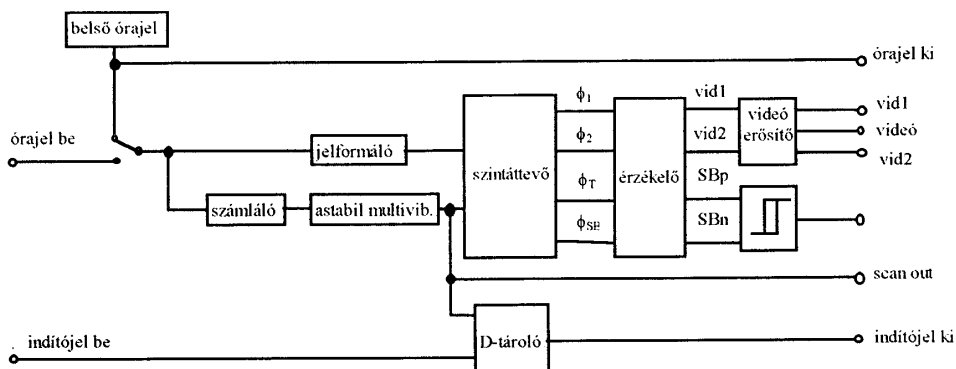
■ órajel be	TTL bemenet
■ indítójel be	TTL bemenet
■ órajel ki	TTL kimenet
■ indítójel ki	TTL kimenet
■ scan out	TTL kimenet
■ video 0	$0V < U_{KI} < 5V$
■ video 1	$0V < U_{KI} < 5V$
■ video	$0V < U_{KI} < 5V$

A 3.3.2. ábra szerinti idődiagramoknak megfelelő vezérlő jelek létrehozása több módon történhet. A vezérlés megvalósítható hagyományos TTL és CMOS áramkörökkel vagy mikrokontrollerrel. Ez az áramköri szempontból igényes és korszerű megoldás a szintáttevők és a viszonylag bonyolult video erősítő miatt nem jelentene komolyabb méret csökkenést, valamint nem lenne az áramkör lényegesen egyszerűbb, így egyértelműen a TTL és CMOS áramkörökkel történő megvalósítás mellett döntöttünk. Az így elkészült szerkezet blokk vázlatát 4.1.1. ábra mutatja.

A következőekben az egyes funkciókat megvalósító kapcsolások részletes ismertetésére térek.

A készülék külső és belső órajellel is működtethető. Az órajel feladata a töltésleptetés vezérlése mellett az analóg-digitális átalakító és a kamera közötti szinkron létrehozása. A mérés szempontjából fontos hogy, minden egyes dióda jelét egy mintavétellel alakítsuk digitális jellé, máskülönben a mérés eredményét befolyásoljuk, a kalibrálást nem tudjuk elvégezni, a szórás eltér a valós értéktől. Abban az esetben ha nincs lehetőség külső órajel alkalmazására, például a mérést oszcilloszkóp segítségével végezzük, vagy más

analóg-digitális átalakítót használunk, van segítségünk a belső órajel.



4.1.1 ábra

a CCD blokk vázlata

Órajel generátornak (melléklet, CCD kamera áramköreinek elvi kapcsolási vázlata 5/6) az SN 74LS624 típusú feszültségvezérelt oszcillátort választottuk [6.]. A kimeneti frekvenciája széles tartományban, 1Hz-től 20MHz-ig beállítható. A kiválasztott frekvencia tartomány C_1 külső kondenzátorral valamint RC lábra kapcsolt feszültség értékével állítható be. Az oszcillátor hangolását FC lábön lévő feszültségérték változtatásával végezhetjük. Mindkét esetben a hangoló feszültség 0 és 5V közötti érték lehet.

Az általunk használni kívánt 100kHz- 1MHz frekvenciatartományhoz, a katalógusban található táblázat alapján a kondenzátor értékét 1nF-re választottuk (4.1.2 ábra). A frekvenciasávot az R2 20k Ω -os trimer potenciométerrel lehet beállítani, a hangolást az R1 - a készülék hátlapjára kivezetett- 20k Ω -os potenciométerrel végezhetjük. Az oszcillátor működését az EN kivezetés alacsony szintre kapcsolásával, jelen esetben föld potenciálra kötésével engedélyezzük.

Akár belső, akár külső órajelét használunk a jel a számláló bemenetére kerül (melléklet, A CCD kamera áramköreinek elvi kapcsolási vázlat 5/6). A számláló feladata a ϕ_1 , ϕ_{SB} jeleket előállító astabil multivibrátor indítása a megfelelő időpillanatban. A 3.3.2. idődiagram alapján a számlálónak 10 sötét referencia jel és 2048 léptető jel után kell indítania, ϕ_1 és ϕ_{SB} jelek által egy új kiolvasási periódust.

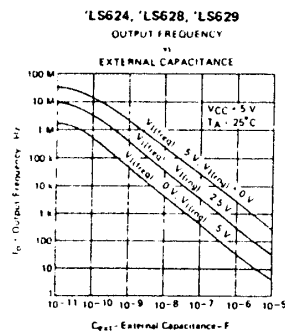


FIGURE 3

4.1.2. ábra

SN 74LS624

kimeneti frekvencia C_{EXT} függvényében

Az órajel az U2, SN 74LS290 típusú integrált áramkör CK_A bemenetére kerül. A tizedik periódusban a Q_D kimeneten megjelenő jelét az U3:A, nem-és kapuból felépített inverter negálja. Ez a jel billenti át az U3:C, U3:D, szintén nem-és kapuból álló flip-flopot. Ekkor az U3:B nem-és kapun keresztül az órajel az U4, CD 4060 típusú programozható számláló CLK_1 bemenetére jut. A számláló Q_{12} kimenetén 2048 órajel periódus után megjelenő impulzus indítja a monostabil multivibrátort, alaphelyzetbe állítja vissza a flip-flopot az, U2 számlálót, valamint önmagát. Az U1:A és U1:B inverterek feladata az astabil multivibrátor biztonságos indításához és U4 áramkör alaphelyzetbe állításához szükséges megfelelő szélességű impulzus létrehozása. Az U1 integrált áramkör további feladata hogy Q_{12} kimenet jele képes legyen mind az összes hozzá kapcsolódó áramkört működtetni, mivel U4 CMOS áramkör lévén nem alkalmas négy TTL áramkör megbízható vezérlésére.

A 3/6 elvi kapcsolási vázlaton látható R15 ellenállás, C9 kondenzátor ϕ_t és ϕ_{SB} jeleket, pontosabban azok indítását az órajel felfutó éléhez képest körülbelül 50ns-mal késlelteti. A jel innen az SN 74LS122 [6.] monostabil multivibrátor A1 bemenetére kerül, mely az impulzus felfutó élére érzékeny. A2, B1, B2 és a CLR bemeneteket egy 100 Ω -

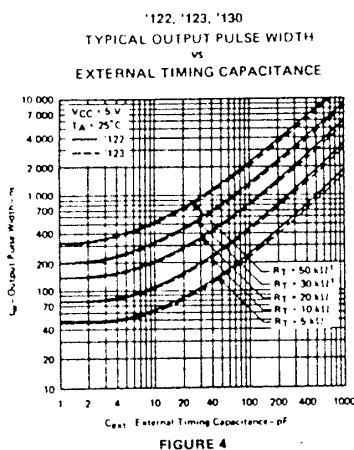
os ellenálláson keresztül +5V-ra kötjük (4.1.1. táblázat). A szükséges 200 ns-os jelszélesség (3.3.2. ábra) a C7 kondenzátorral és R9 ellenállással állítható be (4.1.3. ábra). R9 ellenállás értékét 5,1k Ω -ra választva C7 kondenzátor értéke 100pF-ra adódik. Az így kapott impulzus Q kimeneten megjelenő formában nem alkalmas a CCD vezérlésére, mert ϕ_T , ϕ_{SB} a TTL szintektől eltérő feszültség szintekkel működik (3.3.1. táblázat).

'122, LS122
FUNCTION TABLE

CLEAR	INPUTS				OUTPUTS	
	A1	A2	B1	B2	Q	\bar{Q}
L	X	X	X	X	L	H
X	H	H	X	X	L	H
X	X	X	L	X	L	H
X	X	X	X	L	L	H
H	L	X	H	H	\square	\square
H	L	X	H	H	\square	\square
H	X	L	H	H	\square	\square
H	X	L	H	H	\square	\square
H	H	L	H	H	\square	\square
H	L	L	H	H	\square	\square
H	L	H	H	H	\square	\square
L	L	X	H	H	\square	\square
L	X	L	H	H	\square	\square

4.1.1. táblázat

SN 74LS122 működési táblázata



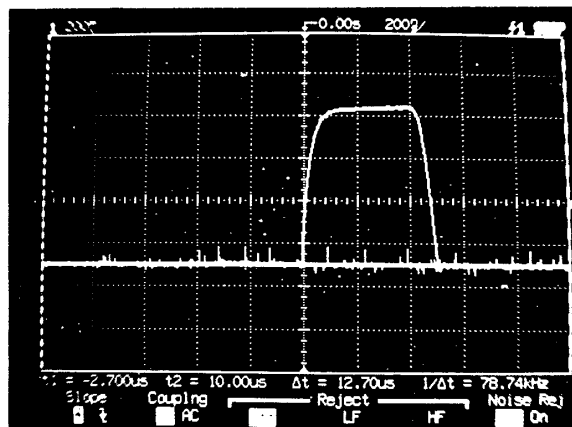
4.1.3. ábra

SN 74LS122 impulzus szélesség beállítása

A Q_1 , Q_2 tranzisztoroknak legalább 8V kollektor-emiter feszültségű npn típusnak kell lennie. Hogy ne legyen a kapcsolási idő összemérhető az impulzus időtartamával,

érdekes 10 ns nagyságrendű kapcsolási idővel rendelkező tranzisztort használni. A 2N2369 típus a katalógus [7.] alapján megfelelőnek mutatkozott (4.1.3.táblázat).

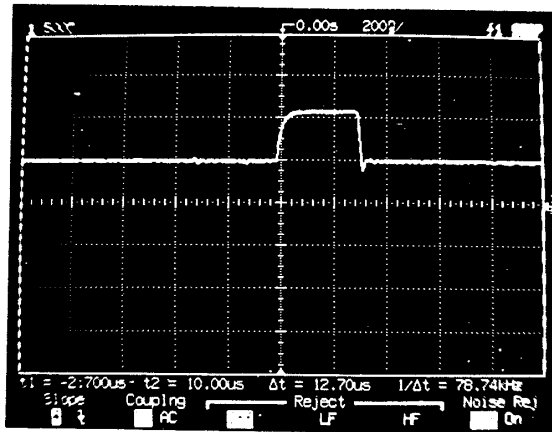
Mivel a TTL LS áramkörök nem képesek a Q_1 , Q_2 tranzisztorokat egy kimenetről működtetni, ezért az U5 monostabil multivibrátor és a szintáttevők közé helyezük az U3:E és U3:F invertereket. A C8 kondenzátor U3:F inverter és Q_2 tranzisztor galvanikus elválasztásáról gondoskodik. A rendelkezésünkre álló tápfeszültségekből D1, D3 zener diódák és D2 dióda állítja elő a megfelelő feszültség szinteket. Az R8 és R10 330 Ω -os ellenállások korlátozzák a Q_1 , Q_2 tranzisztorokon és D1, D2, D3 diódákon átfolyó áramot. Az R8 és R10 ellenállások úgy kell megválasztani hogy a kimeneten a tranzisztorok lezárt állapotában megjelenő magas szint a megengedett tűrésen belül legyen. Az R11, R12 ellenállások alaphelyzetben - az U3:E és U3:F inverterek kimenetén +5V van - a tranzisztorok bázisát kapcsolják tápfeszültségre. Ilyenkor a bázison lévő feszültség hatására a Q_1 , Q_2 tranzisztorok nyitva vannak, s Q_1 kollektorán 4,95V, Q_2 kollektorán -2,55V alacsony szinteknek megfelelő feszültség mérhető. Amennyiben a tranzisztorok bázisára alacsony szintű jel érkezik a tranzisztorok lezárnak és a kimenetre +12V illetve +5V magas szintek kerülnek (4.1.1. és 4.1.2. fénykép). A fentiekből kiderül hogy a szintáttevők inverterek módjára viselkednek.



4.1.1. fénykép

ϕ_T impulzus képe

X 200ns/osztás, Y 2V/osztás



4.1.2. fénykép

 ϕ_{SB} jel képe

X 200ns/ osztás, Y 5V/ osztás

polaritás	NPN	
U_{CE}	15	V
I_{Cmax}	500	mA
P_{max}	360	mW
$h_{FE min}$	40	
$h_{FE max}$	120	
I_c	10	mA
U_{CE}	1	V
F_{Tmin}	500	MHz
U_{CEsat}	0,25	V
$t_{off max}$	18	ns

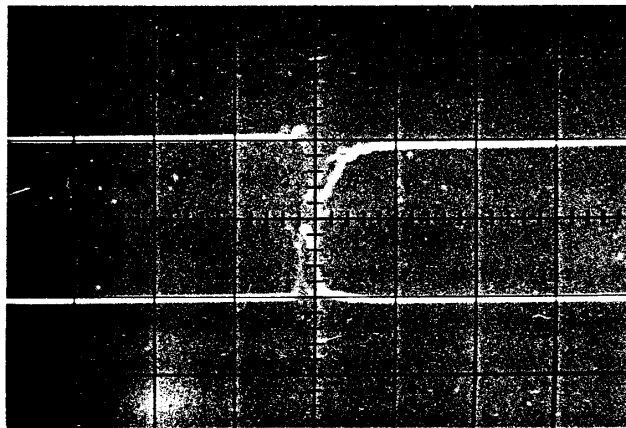
4.1.3 táblázat

a 2N2369 tranzisztor paraméterei

Az órajel a számlálón kívül a töltésléptetést is vezérli. Erre acélra szolgáló áramkör elvi kapcsolási vázlatát a CCD adatlapján [5.] mellékeltek. A kapcsolást kisebb módosításokkal átvettük (melléklet, A CCD áramköreinek elvi kapcsolási vázlata 2/6). Az órajel az U4:A SN7474 típusú D tárolóból felépített - az órajel frekvenciáját megfelelő - frekvencia osztó CLK bemenetére érik. Az IC Q és Q negált kimenetei két teljesen azonos áramkörhöz kapcsolódnak, ezért csak az egyik ág működését ismertetjük. Az U3:A, U3:B inverterek, R3 100 Ω -os ellenállás és C2 10 pF-os kondenzátor a jel körülbelül 1ns-os késleltetését végzi. A késleltetett jel az U2:A és az U2:B SN 7408 típusú ÉS kapukra jut. Egy másik ágon a jel közvetlenül kerül U2:A, U2:B kapu bemeneteire. Az U2:A kimenetén csak akkor van jel ha a kapu mindkét bemenetén magas szint található, így a kimeneten lévő jel felfutó éle 1 ns-mal késik az eredeti jelhez képest, viszont a lefutó éle egybeesik az eredeti impulzus lefutó élével (4.1.3. fénykép). Ez a mechanizmus kizárja az átfedéseket Φ_1 , Φ_2 léptető jelek között. Az U2 integrált áramkör további feladata a páros és páratlan diódákat kiolvasó regiszterek Φ_{1e} , Φ_{1o} és Φ_{2e} , Φ_{2o} vezérlő jelek szétválasztása. A következő szintáttevő fokozat feladata +12V magas, és 0V alacsony szintek előállítását a Φ_{1e} , Φ_{1o} és Φ_{2e} , Φ_{2o} vezérlő elektródák számára (3.3.1. táblázat). A C1, C2, C3 és C4 39 nF-os kondenzátorok U2 és U1 galvanikus elválasztására szolgálnak. Az R1, R2, R3 és R4 5,1 K Ω -os ellenállások U1 bemenetét kötik a +12V-os tápfeszültségre. Az U1 CD4049 típusú áramkör kimenetén a jel negáltja jelenik meg, mely a J1 csatlakozón keresztül közvetlen a CCD megfelelő lábaira kapcsolódik (4.1.4. fénykép).

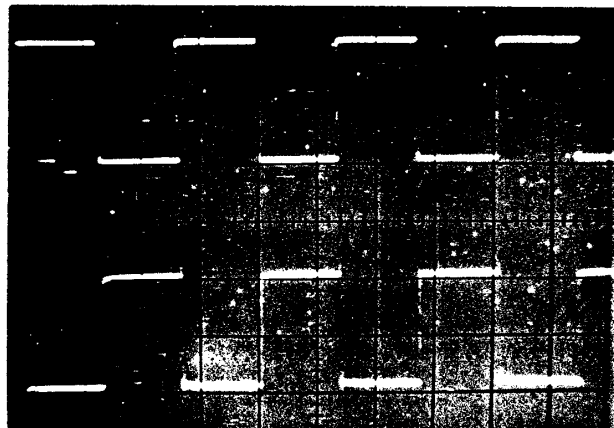
AZ RL2048 áramkör VID1 és VID2 kimenetein kapjuk meg az egyes diódák által érzékelt fényerőséggel arányos kimeneti jelet (melléklet, A CCD áramköreinek elvi kapcsolási vázlata 1/6). A video kimenetekről a jel kicsatolását végző emitter követő kapcsolás rajzát az adatlap [6.] tartalmazza. AZ itt szereplő Philips gyártmányú MPS 6515 típusú tranzisztorok a hazai kiskereskedelembe nehezen beszerezhetőek, így ezek helyettesítéséről gondoskodnunk kell. Az MPS 6515 tranzisztor jellemzőit [8.] a 4.1.3. táblázat foglalja össze. Az áramkörbe beépített BC 546 típusú tranzisztor adatait [7.] a 4.1.4 táblázat mutatja.

Az emitter követő fokozat kimenetén a páros és páratlan video jelek külön szerepelnek, amplitúdójuk $\sim 0,5V$, a sötét szint $6,6V$. Hogy az információ számunkra feldolgozható legyen további áramkörökre van szükség. Az összegzőerősítő áramkör kapcsolását a melléklet, 6/6 számú elvi kapcsolási vázlata mutatja.



4.1.3. fénykép

ϕ_1 és ϕ_2 jelek kereszteződése, lépték: $5V$ /osztás



4.1.4. fénykép

ϕ_1 és ϕ_2 jelek az oszcilloszkópon, lépték: $5V$ /osztás

A VID_O és VID_E jelek az U1, U3 LF356 típusú műveleti erősítőből felépített invertáló erősítőre kerülnek. A fokozat erősítése tízszeres, s az így kapott kimeneti jel maximuma 4,5V. A video jel egyenfeszültségű összetevőjének megjelenése a kimeneteken (J3, J4) nem kívánatos, mert így a kimeneten akár 70V egyenfeszültség is megjelenhet. Ezt az egyenfeszültséget R7, R16 trimer potenciométerek segítségével offset feszültség módjára egyenlítjük ki, úgy hogy a kimeneten 0V-os sötét szintet mérjünk.

A fokozat részét képezi még egy jelösszegző integrátor. Ez egyenlíti ki a páros és a páratlan oldal video jelei közötti különbséget, levágja az összegzéskor keletkezett tüskéket. Az integrálási időnek nagyobbak kell lennie az impulzus 200ns-os szélességénél. Az integrálási időt az R8, R9 ellenállásokkal és C4 220pF-os kondenzátorral 330ns-ra állítottuk be. Az R10 186K Ω -os ellenállás az egyenfeszültségű erősítés csökkentését szolgálja [9.]. A sötét szinthez tartozó kimeneti feszültséget az R15 20K Ω -os trimer potenciométerrel állíthatjuk be. Az erősítés természetesen frekvenciafüggő.

polaritás	NPN
U_{CE}	25V
I_{Cmax}	100mA
P_{max}	625mW
hFE_{min}	150
ha I_C	10mA
U_C	10V
U_{CEsat}	0,5V

4.1.3. táblázat
az MPS 6515 tranzisztor jellemzői

A tok SB_P , SB_N kimenetek jeleiből állítható elő a külső áramkörök vezérlésére alkalmas impulzus. A jelformáló áramkör felépítésére szintén találunk ajánlást a gyári

leírásban [5.]. Az itt szereplő MPS 6519 (4.1.5. táblázat [8.]) Philips gyártmányú tranzisztorokat BC 556 (4.1.5. táblázat [7.]) típusú tranzisztorokkal helyettesítettük.

polaritás	NPN
U_{CE}	65V
I_{Cmax}	100mA
P_{max}	500mW
hFE_{min}	110
hFE_{min} ha I_C	450
U_C	2mA
	5V
f_T	300MHz
U_{CEsat}	0,2V
$U_{CEsat max}$	0,6V

4.1.4. táblázat
a BC 546 tranzisztor adatai

polaritás	PNP
U_{CE}	25V
I_{Cmax}	100mA
P_{max}	625mW
hFE_{min}	150
hFE_{min} ha I_C	10mA
U_C	10V
U_{CEsat}	0,5V

4.1.5. táblázat
az MPS 6519 tranzisztor jellemzői

Az SB_P , SB_N kimeneti jeleit Q1, Q2 BC556 típusú tranzisztorokból álló erősítő fokozat növeli a komparátor számára megfelelő nagyságúvá. Az erősítő szimmetriáját R16 $1K\Omega$ -os potenciométer segítségével állíthatjuk be. A gyári ajánlásban szereplő LM361 komparátort NE529 típusúval helyettesítettük (4.1.7. táblázat). A komparátor TTL áramkörök vezérlésére alkalmas kimenettel rendelkezik. Ez a kimenet nem került kivételre a készülék hátlapján. A külső áramkörök vezérlését az U5, SN 74LS122 monostabil multivibrátor végzi, így a mérési adatok között szerepel a sötét referencia is, ami a mérési eredmények kiértékelését megkönnyíti.

polaritás	PNP
U_{CE}	65V
I_{Cmax}	100mA
P_{max}	500mW
hFE_{min}	110
hFE_{min}	450
ha I_C	2mA
U_C	5V
f_T	300MHz
U_{CEsat}	0,65V
$U_{CEsat max}$	0,18V

4.1.6. táblázat
a BC 556 tranzisztor adatai

A mérés adatgyűjtő és a CCD közötti együtt működés még nem teljes. A mérés adatgyűjtő lehetőséget ad a mérés egy gombnyomással történő indítására. Ekkor a *TRIG OUT* kimeneten magas szint jelenik meg, s jelezve hogy az adatgyűjtő készen áll a mérési eredmények fogadására. A konverziót a *TRIG IN* bemenetre érkező impulzus felfutó vagy lefutó éle indítja el. Az U4:B (melléklet, A CCD áramköreinek elvi kapcsolási vázolata 3/6) SN7474 D tároló \overline{PRE} bemenetére érkező magas szintű jel hatására a Q

kimeneten alacsony szint jelenik meg. Az U5, SN74LS122 astabil multivibrátor kimenetén a kiolvasást indító impulzust az U4:B \overline{CLR} bemenetére vezetve, a CCD kiolvasásának kezdetén U4:B kimenete alacsonyból magas szintbe vált. Az így kapott jel kivezetve alkalmas a mérőadatgyűjtő *TRIG IN* bemenetének vezérlésére, a mérési folyamat indítására.

	$U_{táp}$	U_{be}	U_{diff}	U_{off}	I_{be}	P_{ny}	P_{δ}	A_U	Z_{be}
	V	V	V	mV	μA	mW	mW		Ω
LM361	± 16	± 6	5	2	5	360	600	70	20K
NE529	± 15	5	± 5	1	1	150	-	74	0,5

4.1.7. táblázat

az LM361 és az NE529 komparátorok paraméterei

Az 1/6 elvi kapcsolási vázlaton szereplő R6 10K Ω -os trimer potenciométerrel állítható be a VLR kivezetés általunk kívánt funkciója. Mi a töltésszóródás megakadályozásához tartozó feszültség értéket állítottuk be.

A 4/6 elvi kapcsolási vázlaton szereplő C11...C13 100nF-os kondenzátorok és az R16...R19 10 Ω -os ellenállások valamint a 6/6 elvi kapcsolási vázlaton szereplő C1...C3 100nF-os kondenzátorok és az R1, R2, R3 10 Ω -os ellenállások a tápfeszültség szűrését végzik.

4.2. A készülék mechanikai felépítése

Látszólag nem tartozik az elektronika tárgykörébe, de a gyakorlat azt mutatja hogy a berendezések fontos a megbízhatóságot, a működést befolyásoló, a használhatóságot elősegítő illetve azt hátrányosan érintő eleme a mechanikai felépítés. A készülék doboza meghatározó feladatot tölt be a zavar-, és érintésvédelem területén és nem utolsósorban az egyes elemek megfelelő helyen történő szilárd rögzítésében. Gondoljunk arra milyen bosszantó egy meglazult kapcsoló, csatlakozó vagy egy potenciométer elszabadult

forgatógombja. Mindezek mellett nem utolsó szempont a funkciók áttekinthetősége, a készülék esztétikai megjelenése akár zárt akár kibontott állapotában.

4.2.1. A nyomtatott áramkör tervezési szempontjai

Az áramkör tervezésének kezdetekor már nyilván való volt ennyi alkatrészt egy áramköri lapon számunkra megfelelő módon nem tudunk elhelyezni, ezért már az elvi kapcsolási vázlat elkészítésénél figyelembe vettük a különböző funkciókat, s ezek alapján csoportosítottuk a különböző elemeket. Az egyes modulokon belül az alkatrészek elhelyezését úgy igyekeztünk megoldani, hogy a sorrendben egymást követő elemek egymáshoz közel helyezkedjenek el, ezáltal az összekötő-vezetékek a lehető legrövidebbek legyenek. A földvezeték kialakítása igen kényes kérdés minden készülék esetében. Ügyelni kell ne alakuljon ki földhurok, mert ez nem várt zavarok megjelenését eredményezheti. Törekedni kell arra is, hogy a földvezetéken ne jöjjön létre feszültségésés, ezért a földvezeték a jel- és tápvezetékeknel lényegesen nagyobb keresztmetszetű.

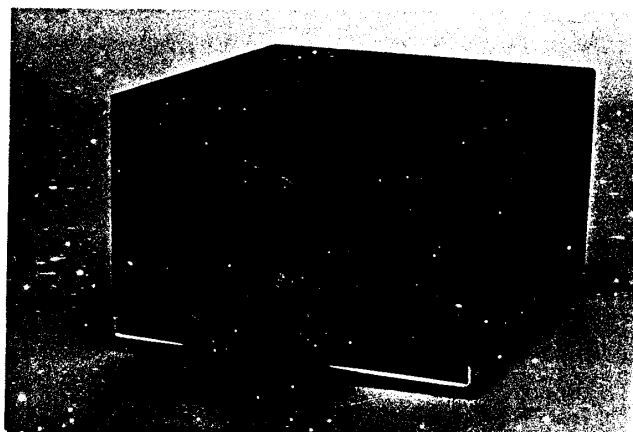
Az első áramköri lapra maga az érzékelő került (melléklet, A CCD nyomtatott áramkörei, 2.1., 2.2. ábra) az emitter követővel és az SB jeleket erősítő fokozattal. A modul egy csatlakozón keresztül kapcsolódik az öt követő panelhez. Ezen keresztül kapja a tápfeszültségeket, a vezérlő jeleket és a kimeneti jelek is ezen a szalagkábelén keresztül jutnak a következő fokozatokra.

A sorrendben következő modulon kaptak helyet az időzítő elemek, a szintátévők és a komparátor (melléklet, A CCD nyomtatott áramkörei, 2.3., 2.4. ábra). A harmadik modulon kerültek elhelyezésre a belső órajel generátor, a video erősítő és a frekvenciaosztó áramköri elemei (melléklet, A CCD nyomtatott áramkörei, 2.5., 2.6. ábra). Az itt szereplő áramkörök trimer potenciometereit a nyomtatott áramköri lap doboztető felőli élénél kerültek elhelyezésre a könnyebb beállíthatóság, hozzáférhetőség végett. Az órajel generátor frekvencia szabályozó potenciometere szalagkábelén keresztül csatlakozik a panelhez.

4.2.2. A készülékház kialakítása

A nyomtatott áramkör megtervezése után a kereskedelemdezen kapható műszer dobozok egyikébe építettük a már kész elektronikát (4.2.2.1. fénykép). A doboz elején található az objektív csatlakozás. Az objektív csatlakozójának egy jól bevált fényképezőgép típus, a Minolta MD bajonett csatlakozóját választottuk, az objektívek széles választéka és ismert minőségük miatt. Alapobjektívnek Soligor 50mm gyújtótávolságú, f/1,7 nyíláviszonyú optikát használunk. A kisfilmes-fényképezőgépobjektívek estén a gyártók által megadott minőségi jellemzők az optikai tengely 25mm sugarú környezetében garantáltak. A CCD érzékelő sor hossza 26,6 mm így amennyiben az érzékelőt középen metszi az objektív optikai tengelye, nem kell tartanunk a széleken esetleg fellépő képhibáktól még közeli felvételek készítésekor sem.

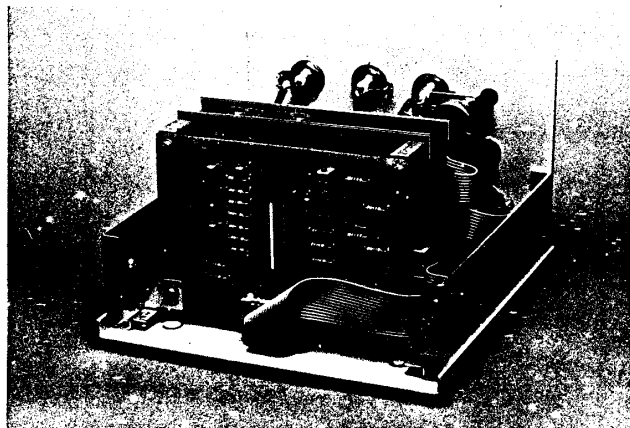
A nyomtatott áramkört lapok a készülék dobozában távtartókkal egymáshoz erősítve, egymás mögött helyezkednek el (4.2.2.2. fénykép). A házhoz úgy lettek rögzítve, hogy a doboz oldallapjai az áramkör kiserelése nélkül eltávolíthatóak. Az optikai padhoz való rögzítést biztosító M4-es menet a készülék alján található.



4.2.2.1. fénykép
a CCD kamera

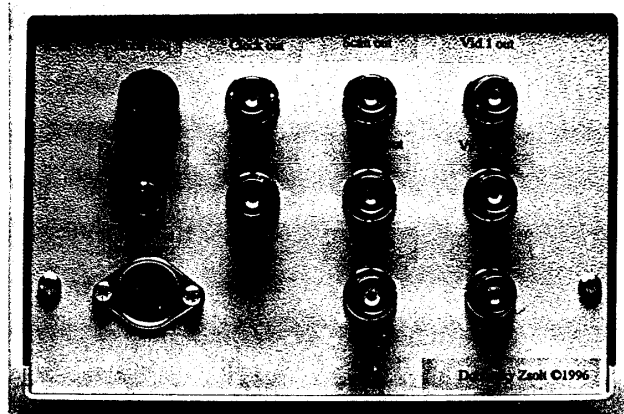
A hátlapon (4.2.2.3. fénykép) kerültek elhelyezésre a be-, és kimeneti csatlakozók, a tápfeszültség csatlakozó, a belső és külső órajel választó kapcsoló, és a belső órajel generátor frekvenciaállító potenciométer tengelyének kivezetése.

A tápfeszültség csatlakozóbekötését a 4.2.2.1. ábra mutatja. A hatpólusú tuchel aljzat használata, valamint az ábrán látható bekötés megegyezik az intézetben készült más hasonló készülékekénél alkalmazott csatlakozással. Az aljzattól szalagkábelén keresztül jut a tápfeszültség a modulok megfelelő csatlakozóira. Bővítési lehetőségekre is gondolva a tápvezeték a meglévő modulokon kívül még két panel tápfeszültségének biztosítására alkalmas.

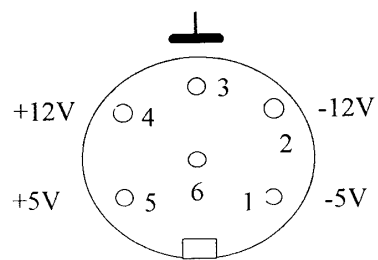


4.2.2.2. fénykép
a CCD kibontott állapotában

A be és kimenetek a zavar védelem miatt BNC aljzatokon keresztül csatlakoznak más készülékekhez. A BNC aljzatokat és a nyomtatott áramköri lapokat árnyékolt kábellel kötöttük össze. Az árnyékoló harisnyát mindig a vevő felőli oldalon földeltük, ezzel akadályozva meg az esetleges földhurok kialakulását.



4.2.2.3. fénykép
a CCD hátlapja

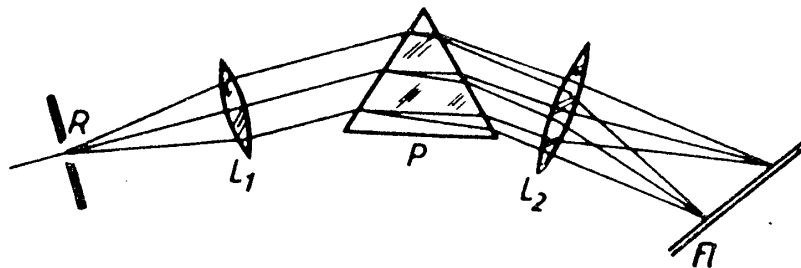


4.2.2.1. ábra
a tápfeszültség csatlakozó bekötése

5. Mérés a CCD kamerával

5.1. A mérés elméleti alapjai

A hullámhossz meghatározást [11.] egy Bunsen- féle spektrométerrel (5.1.1. ábra) végezzük. A fény elsőként az R résre érkezik. A résből kiinduló fénysugarakat az L_1 lencse alakítja párhuzamos nyalábbá, amely innen a P üvegprizmára jut. Mivel az üveg törésmutatója hullámhosszfüggő - vörös esetében a legkisebb, ibolya esetében a legnagyobb- a fehér fényt színekre bontja. A színeire bontott fénysugarat az L_2 lencse az E ernyőre vetíti. Az ernyőn megjelenő színeképvonalak a rés adott hullámhosszokon létrejövő képei.



5.1.1. ábra
a Bunsen-féle spektrométer

Az eszköz felbontása a rés szélességétől és a prizma anyagi minőségétől függ. Minél keskenyebb a rés annál több színeképvonalat tudunk megkülönböztetni és annál pontosabban határozhatjuk meg a hozzá tartozó hullámhosszt. A prizma anyaga a spektrum hosszát határozza meg. Ez azért fontos mert minél szélesebb a spektrum annál több színeképvonalat tudunk elkülöníteni.

5.2. A CCD kalibrálása, a színekvonalak hullámhosszának meghatározása

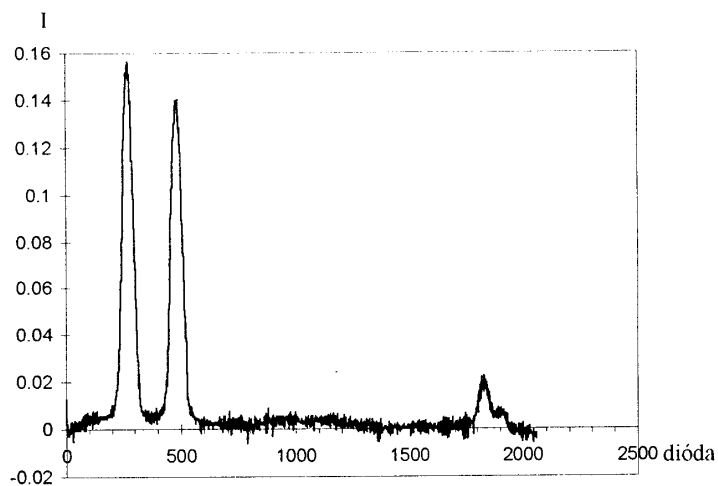
Mivel a CCD chip egy sorba rendezett érzékelőkből áll, emiatt nincs lehetőség például egy előre elkészített skála bevetítésére aminek segítségével leolvassuk a színekvonalakhoz tartozó hullámhosszakot, így más módot kell találni a az adott diódához tartozó hullámhossz meghatározására. A feladatot megnehezíti, hogy a prizma törésmutatója nem lineárisan függ a hullámhossztól.

A kalibráláshoz szükséges egy olyan fényforrás, amelynek színekvonalai ismert hullámhosszúságúak. Mi erre a feladatra egy higanygőz lámpát használtunk, mert ennek spektrumvonalai a látható-fénytartomány különböző helyeire esnek (5.2.1 táblázat). Természetesen más ismert spektrummal rendelkező fényforrás például neonnal vagy héliummal töltött kisülési cső is használható.

szín	$\lambda(\text{nm})$
kék	436
zöld	546
sárga	577,9
vörös	623,4

5.2.1. táblázat
a higanygőz lámpa színekvonalai

A kalibrálás első lépése a higanygőz lámpa spektrumának felvétele. A mérést többször megismételjük, s vesszük az egyes diódákhoz tartozó feszültségértékek átlagát. Az így kapott 2058 értékből felvesszünk egy grafikont, mely X tengelyén a diódák száma, Y tengelyén a fényintenzitással arányos feszültség olvasható (5.2.1. ábra). A grafikon alapján meghatározzuk az intenzitás maximumokhoz tartozó diódák sorszámát, illetve a hozzá tartozó hullámhosszakot (5.2.2. táblázat).



5.2.1. ábra

intenzitás a diódák sorszámának függvényében

szín	$\lambda(\text{nm})$	dióda
sárga	577,6	276
zöld	546	488
kék	436	1834

5.2.2. táblázat

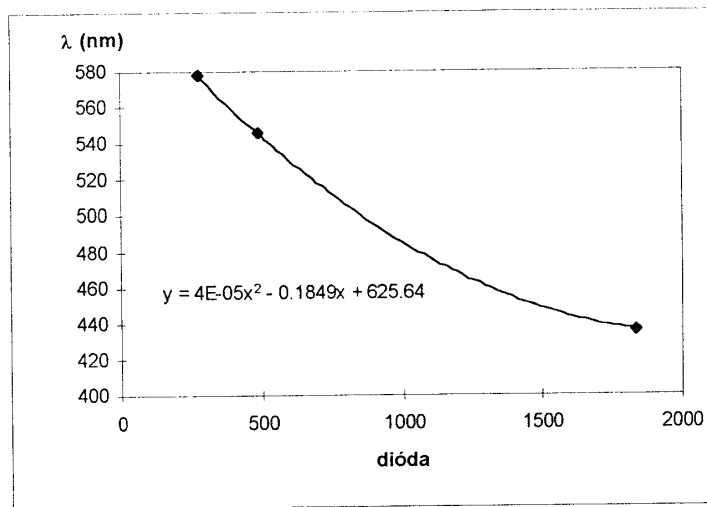
az egyes diódákhoz tartozó hullámhossz

Következő lépésben egy újabb grafikont készítettünk, X tengelyen a diódák sorszáma, Y tengelyen a hullámhossz szerepel (5.2.2. ábra). A grafikonon ábrázolt három pont meghatároz egy függvényt, amely a dióda sorszáma és a hullámhossz között a következő összefüggést adja meg:

$$\lambda = 4 \cdot 10^{-5} x^2 - 0,1849x + 625,64$$

λ a hullámhosszt, x a dióda sorszámát jelöli.

Ez alapján egyértelműen meghatározható az adott diódához tartozó hullámhossz.
Természetesen figyelembe kell venni hogy az első tíz mérési érték a sötét referenciát szolgáltatja.



5.2.2. ábra
hullámhossz a dióda sorszámának függvényében

6. A készülék továbbfejlesztésének lehetőségei

6.1. Közvetlen csatlakozás a számítógéphez

A készülék egy 16 bites analóg-digitális konvertert tartalmazó mérő-adatgyűjtőhöz csatlakozik, ami külön egységet alkot. A legtöbb esetben kisebb felbontás is elegendő, így csekély mértékű kompromisszumok árán a készülékbe építhető egy analóg-digitális átalakító, mely közvetlenül csatlakozhat a számítógép párhuzamos portjára. Ezáltal a készülék felhasználhatóságának köre is bővülne, és a hallgatóknak is kevesebb eszközt kellene kezelniük. Természetesen ez a továbbfejlesztés nem érinti az eddig tárgyaltakat, hanem egy újabb szolgáltatásként állna rendelkezésünkre.

6.1.1. Az LTC1272-8 típusú analóg-digitál átalakító

Az analóg-digitál átalakító kiválasztásának szempontjai a következők voltak:

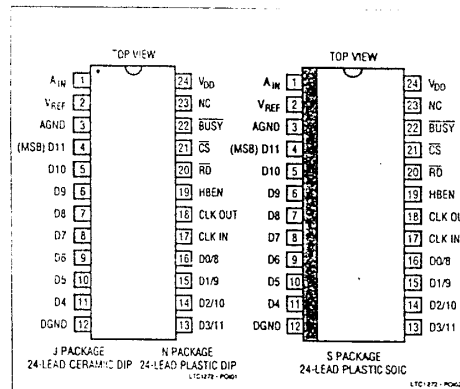
- 12 bites felbontás
- tartalmazzon mintavevő-tartó áramkört
- belső referencia-feszültségforrás
- maximális mintavételi frekvencia 100KHz körül legyen
- kis fogyasztás

A 12 bites pontosság a 3.2.3. táblázat alapján bőven elegendőnek ígérkezik, a nagyobb pontosságot igénylő mérés esetén a meglévő mérő-adatgyűjtő egység továbbra is használható.

A választás a Linear Technology cég LTC1272-8 [12.] típusú integrált áramkörre esett. Az áramkör legfontosabb paramétereit a 6.1.1.1 táblázat foglalja össze. A tok lábkiosztása a 6.1.1.1. ábrán látható.

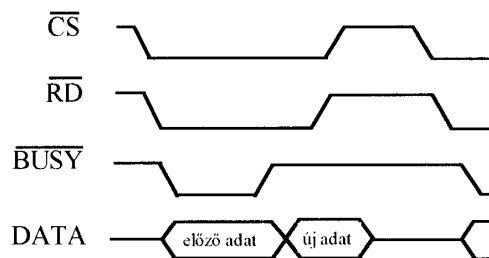
Az áramkör működése a fokozatosan közelítő eljárás alapján alapul. Az IC-t 12 bites vagy 8 bites analóg-digitál átalakítóként használhatjuk, ez utóbbi esetben a *HBEN* bemenetet magas szintre kell kapcsolni. A \overline{CS} bemenet alacsony szintre kapcsolásával az áramkört

működésre kész állapotba állítjuk. Az \overline{RD} bemenetre kapcsolt alacsony szint indítja a mintavételt és a konverziót. Az átalakítás 12-13 órajel periódus alatt megy végbe. Az adatok az \overline{RD} jel időtartama alatt a D0-D11 three-state kimeneteken folyamatosan jelen vannak. A \overline{BUSY} alacsony szintre kerülve jelzi számunkra az átalakítás befejeződését. A működést szemléltető idődiagram a 6.1.1.2. ábrán látható. A további be-, és kimenetek jelölése és funkciója egyértelmű ezért ezek tárgyalására itt nem térünk ki.



6.1.1.1 ábra

az LTC1272 áramkör lábkiosztása



6.1.1.2. ábra

az áramkört vezérlő jelek idődiagramja

		minimum	tipikus	maximum	egység
V_{DD}			5	6	V
felbontás		12			bit
ofszet hiba				± 6	LSB
erősítési hiba				± 15	LSB
linearitási hiba				± 1	LSB
V_{ref}		2,400	2,420	2,440	V
\overline{CS} \overline{RD} \overline{HBEN} CLK_{IN}					
magas szint	$V_{DD}=5,25$	2,4			V
alacsony szint	$V_{DD}=4,75$			0,8	V
logikai kimenetek					
magas szint	$V_{DD}=4,75$		4,7		V
alacsony szint	$V_{DD}=4,75$			0,4	V
teljesítmény					
jel-zaj viszony (zaj+torzítás)			72		dB
THD			-82		dB
V_{in}	$4,75 \leq V_{DD} \leq 5,25$	0		+5	V
I_{IN}				3,5	mA
mintavételi idő			0,45	1	μs
átalakítási idő			8		μs
órajel frekvencia			1,6		MHz

6.1.1.1. táblázat

az LTC2171-8 fontosabb paraméterei

6.2. Az analóg-digitál átalakító áramköreinek tervezése

A modul alapját az előzőekben ismertetett LTC1272-8 U1 integrált áramkör (melléklet, A CCD analóg-digitál átalakító kapcsolási vázolata) alkotja. Az áramkört 12

bites kapcsolásban, és mindig működésre kész állapotban használjuk, ezért a $HBLN$ és \overline{CS} bemeneteket alacsony szintre kötjük. Az áramkör működéséhez szükséges órajelet az U5 SN 74LS624 feszültségvezérelt oszcillátor szolgáltatja. A kívánt frekvenciát a 4.1. fejezetben leírtak szerint C3 1nF-os kondenzátorral, R5, R6 20k Ω -os trimerpotenciometerekkel állítjuk be.

A CCD és a konverter működésének szinkronizációját egyik oldalról a CCD-ből az \overline{RD} bemenetre érkező órajel biztosítja. Az átalakítás az órajel periódusának alacsony szintű részénél történik. A konverzió befejeztével a bemeneti jel digitális megfelelője a D0-D11 kimeneteken jelenik meg.

A számítógép párhuzamos portja - mely eredetileg a nyomtatók számára lett kialakítva - csak négy bites adatokat képes fogadni [13.], ezért az U2, U3 SN 74153 típusú, tokonként két darab 4-ből 1 multiplexert tartalmazó integrált áramkörökkel a 12 bites információt négy bites csoportokba rendezve olvassuk ki. A J7 kimenet - a legalacsonyabb helyiérték- a printer port \overline{ACK} , a J8 a $BUSY$, a J5 a PE , a J6 - a legmagasabb helyiérték- a $SLCT$ bemeneteire kapcsolódnak. Az eredeti 12 bites értéket a portot vezérlő C nyelvű program állítja helyre (lásd melléklet, Párhuzamos portot vezérlő program). A kiolvasás sorrendjét - elsőként D0-D3, majd D4-D7, végül D8-D11- a port AUTOFEED és INIT kimenetei, a multiplexerek csatorna választó A és B bemenetére kötve határozzák meg. A multiplexereket engedélyező \overline{G} bemeneteket alacsony szintre kötöttük, így az áramkörök mindig üzembesz állapotba vannak.

Az adatok átírása a számítógépbe nem lehet véletlenszerű, mert ez esetben meghamisítanánk a mérési eredményeket. Az adatok kiolvasásának feltétele, hogy a CCD kimenetén legyen információ és az analóg-digitál átalakító befejezze a jel konverzióját. A CCD-ből az U1 \overline{RD} bemenetére jutó órajel, valamint az U6:A SN 7474 D tárolóból felépített frekvencia osztó és az U7:A SN7408 ÉS kapuból felépülő kapcsolás biztosítja a CCD, az A/D konverter és az adatátírás összehangolt működését. Az U5 SN74122 monostabil multivibrátor (elvi kapcsolási vázlat 3/6) indítja el a képkiolvasás folyamatát az érzékelőben. Ez a jel alkalmas az adatok számítógépbe írásának szinkronizálására is. Ezt az impulzust U6:A CLK bemenetére vezetve az impulzus felfutó éle \overline{Q} kimenetet alacsony szintbe billenti, jelezve hogy a CCD kimenetén érvényes adat van. Az A/D

átalakító \overline{BUSY} kimenete, a konverzió befejezésekor szintén alacsony szintre kerül. Az U6:A \overline{Q} kimenetet és az A/D átalakító \overline{BUSY} kimenetét az U7:A ÉS kapu bemenetére vezetjük, ha mindkét bemenet alacsony szinten van, akkor a kapu kimenetén is alacsony szint jelenik meg, jelezve hogy az analóg-digitális átalakító az adatok átírására alkalmas állapotba került. Az U7:A kimenetének jele J4 csatlakozón keresztül a párhuzamos port *ERROR* bemenetére jut, s ha ez a bemenet alacsony szintre kerül a program megkezdí az adatok számítógépbe írását.

Ahhoz hogy a számítógépbe írt adatok a valóságnak megfelelőek legyenek az analóg-digitál átalakító ofszet és erősítési hibáját ki kell javítani. Ezt a feladatot az U4 LF356 műveleti erősítő áramköreivel hajthatjuk végre. Az ofszet hiba korrigálásához az U4 bemenetét 0V-ra kötjük, és R1 25K Ω -os potenciométert addig állítjuk míg az A/D kimenetein 0000 0000 0000 vagy 0000 0000 0001 jelenik meg. Az erősítési hiba kijavításához U4 bemenetére 4,99817V feszültséget kapcsolunk. Az R4 220 Ω -os trimerpotenciométert addig állítjuk míg az A/D konverter adatkimenetein 1111 1111 1110 vagy 1111 1111 1111 jelenik meg.

7. Összefoglalás

A CCD vonalérzékelő kamera tervezésekor egy mérési gyakorlat korszerűsítését tűztük ki célul. A kamera felbontásának minimálisan a spektroszkóp felbontásával kellett megegyeznie, az általunk választott 2048 képpontos felbontása ezt maximálisan teljesíti. További szempontok voltak a mérőadatgyűjtőhöz való illesztés, és az áramkörök gazdaságos megépítése anélkül, hogy a minőségi követelmények bármelyikéről lemondtunk volna.

A tervezés a következők feladatokat végeztem el:

- az érzékelő kiválasztása
- a kiszolgáló, logikai áramkörök tervezése
- a video jeleket feldolgozó áramkör tervezése
- a nyomtatott áramkörök tervezése

A készülék végleges formájának kialakítását a következő szempontok szerint végeztem el:

- kezelhetőség
- illeszthetőség
- esztétikus megjelenés

A munka utolsó fázisában a kész készüléket próbáltuk ki üzemi körülmények között. Itt dönt el, hogy a készülék valóban alkalmas a kijelölt feladat elvégzésére, a hullámhossz pontos meghatározására látható-fénytartományban.

A készüléket eleve úgy alakítottuk ki, hogy legyen mód a későbbi fejlesztésekre. Ilyen továbbfejlesztési lehetőség egy 12 bites A/D konverter beépítése, mely a párhuzamos porton keresztül közvetlen kapcsolatot biztosít a számítógép és a CCD között. Így a készülék is egyszerűbbé válik, és az adatgyűjtés akár egy lappal is elvégezhető lesz. Az áramkört próbapanelen már kipróbáltuk, és az itt szerzett tapasztalatok igazolni látszanak az előzetes elvárásokat.

Összességében a készülék teljesíti a kitűzött paramétereket, s a nagy felbontás lehetővé teszi más optikai mérések bevezetését, így például interferencia és az élelhajlás jelenségének mérését.

8. Zusammenfassung

Man hatte das Ziel, bei der Planung der CCD Kamera, die Messung der Wellenlänge zu modernisieren. Die Kriterien der Planung:

- die Aflösung
- der Anschluß an den Messunformer
- die rentabele Erbauung

Die Teile der Planung:

- die Auswahl des Sensors
- die Planung des Steuerstromkreises
- die Planung des Videoverstärkers
- die Planung der Druckplatte

Die Bedingungen der Erbauung:

- bedienungsleicht
- der Anschluß an den Messunformer
- die ästhetische Erscheinung

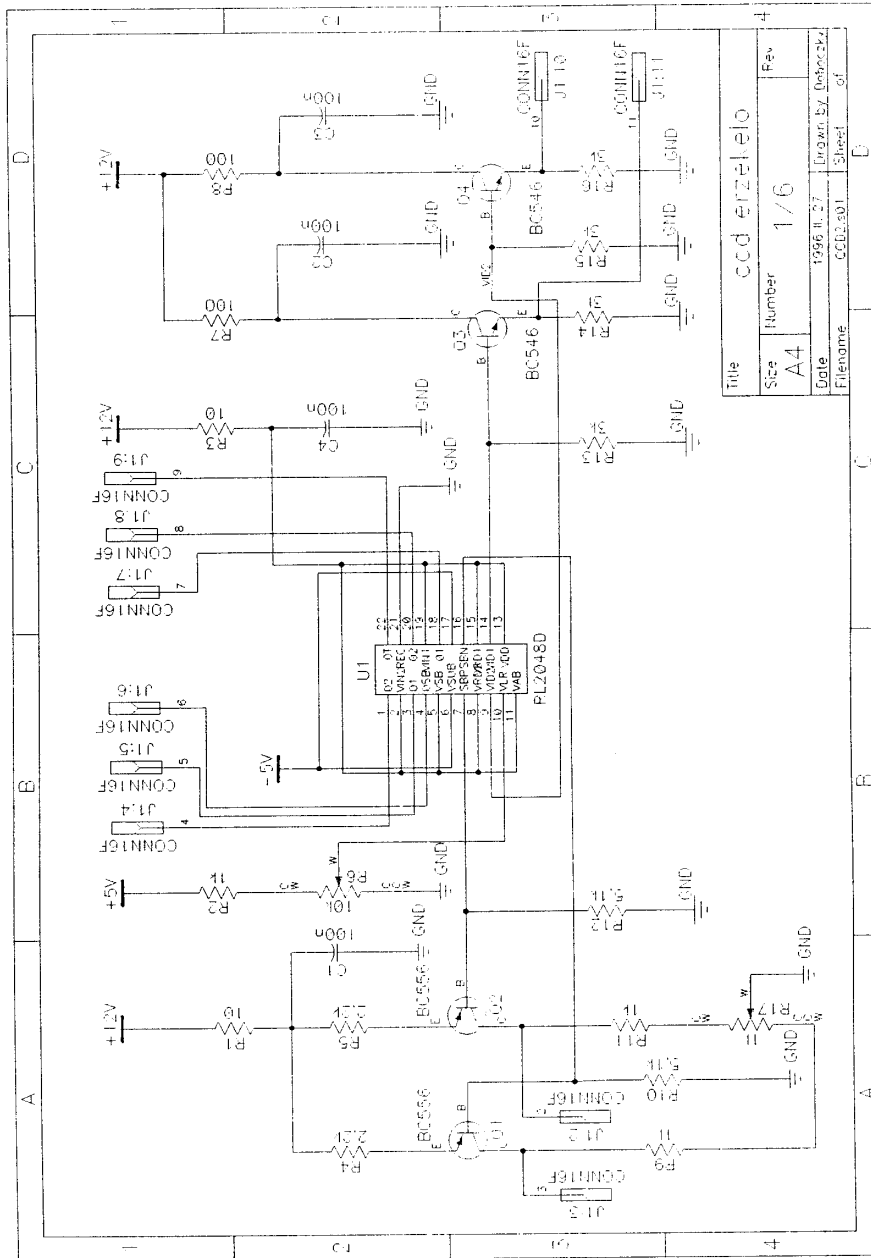
Die Testmessungen zeigten, daß das Gerät zu der exakten Messung der Wellenlänge fähig ist. Das Gerät hat die geplanten Eigenschaften. Die große Auflösung gibt die Möglichkeiten für andere Messungen.

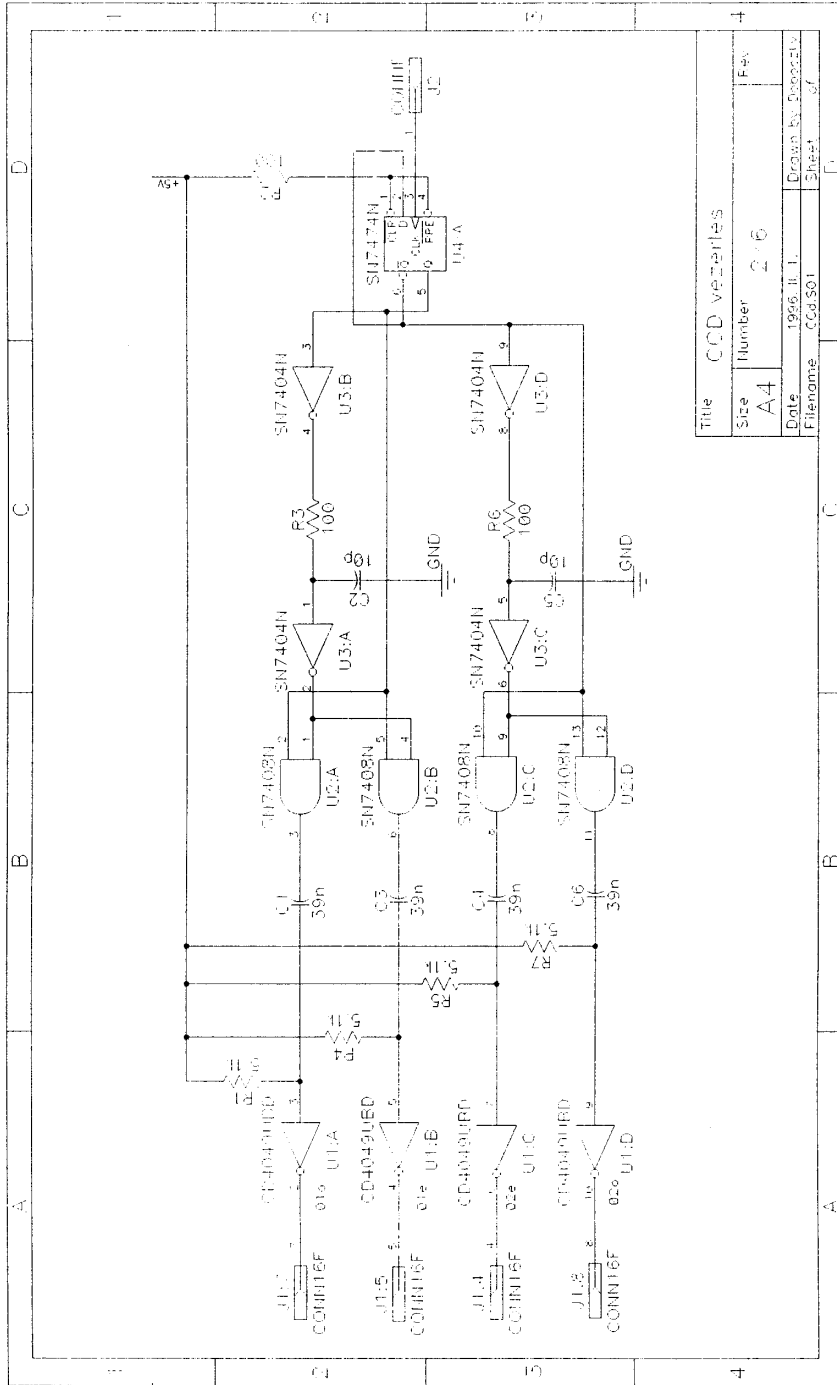
9. Köszönetnyilvánítás

Itt szeretném megragadni az alkalmat, hogy köszönetet mondjak Dr. Zsom Gyula intézeti konzulensnek, Dr. Gingl Zoltán külső konzulensnek, Dr. Seres Józsefnek - aki a mérésekben volt segítségemre - a szakdolgozat írásához nyújtott segítségükért, valamint a Juhász Gyula Tanárképző Főiskola Fizika Tanszékének, a tanulmányaimhoz nyújtott támogatásért.

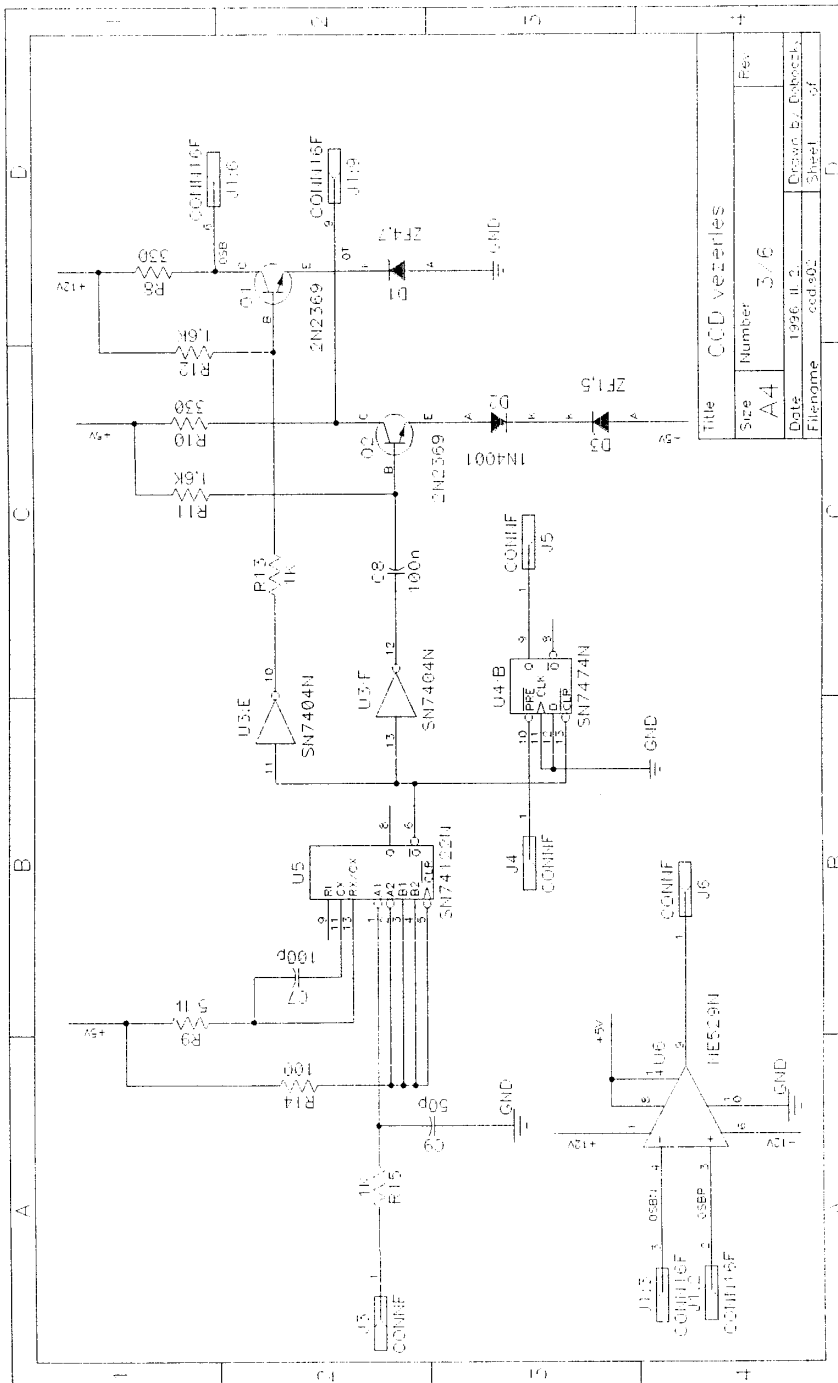
Mellékletek

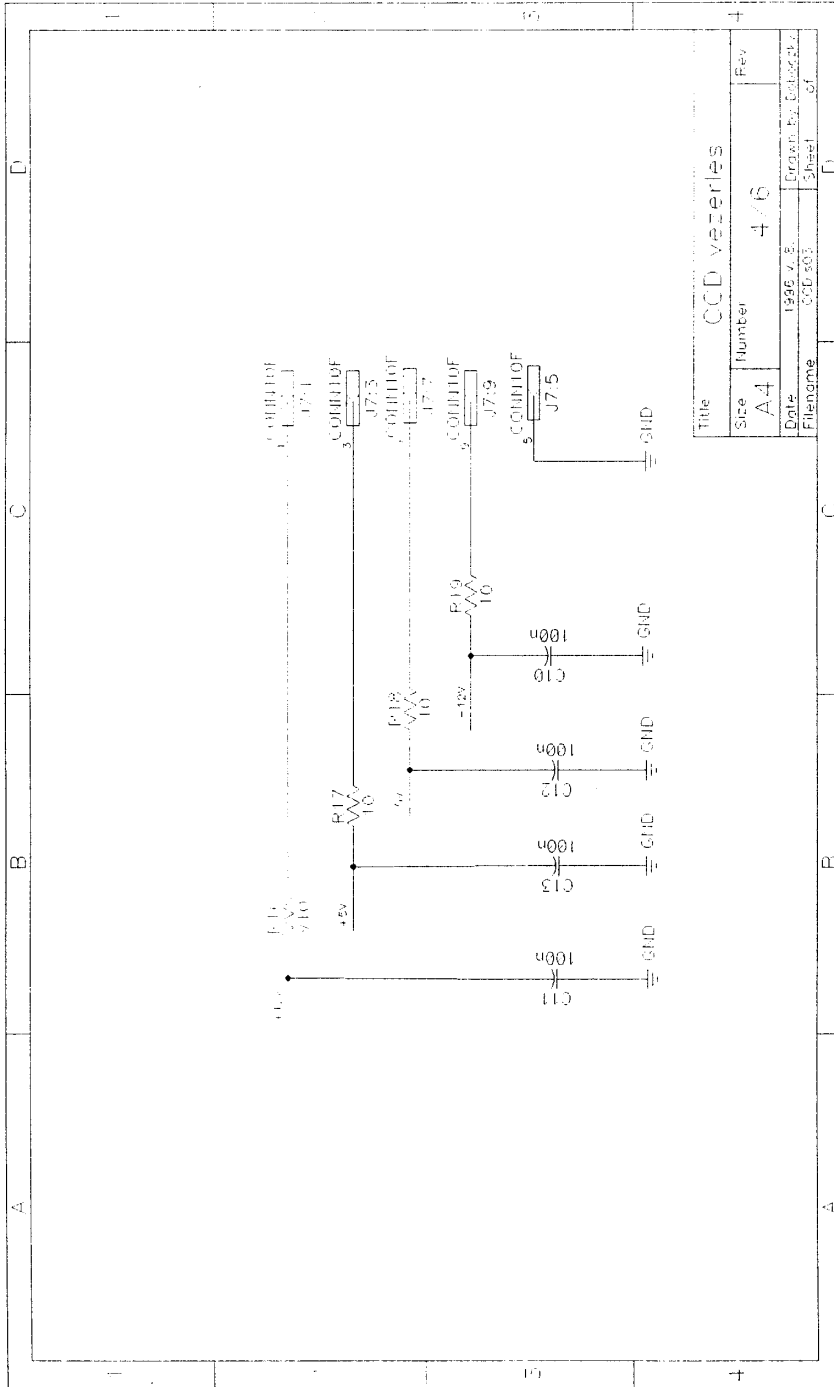
1. A CCD kamera áramköreinek elvi kapcsolási vázlata

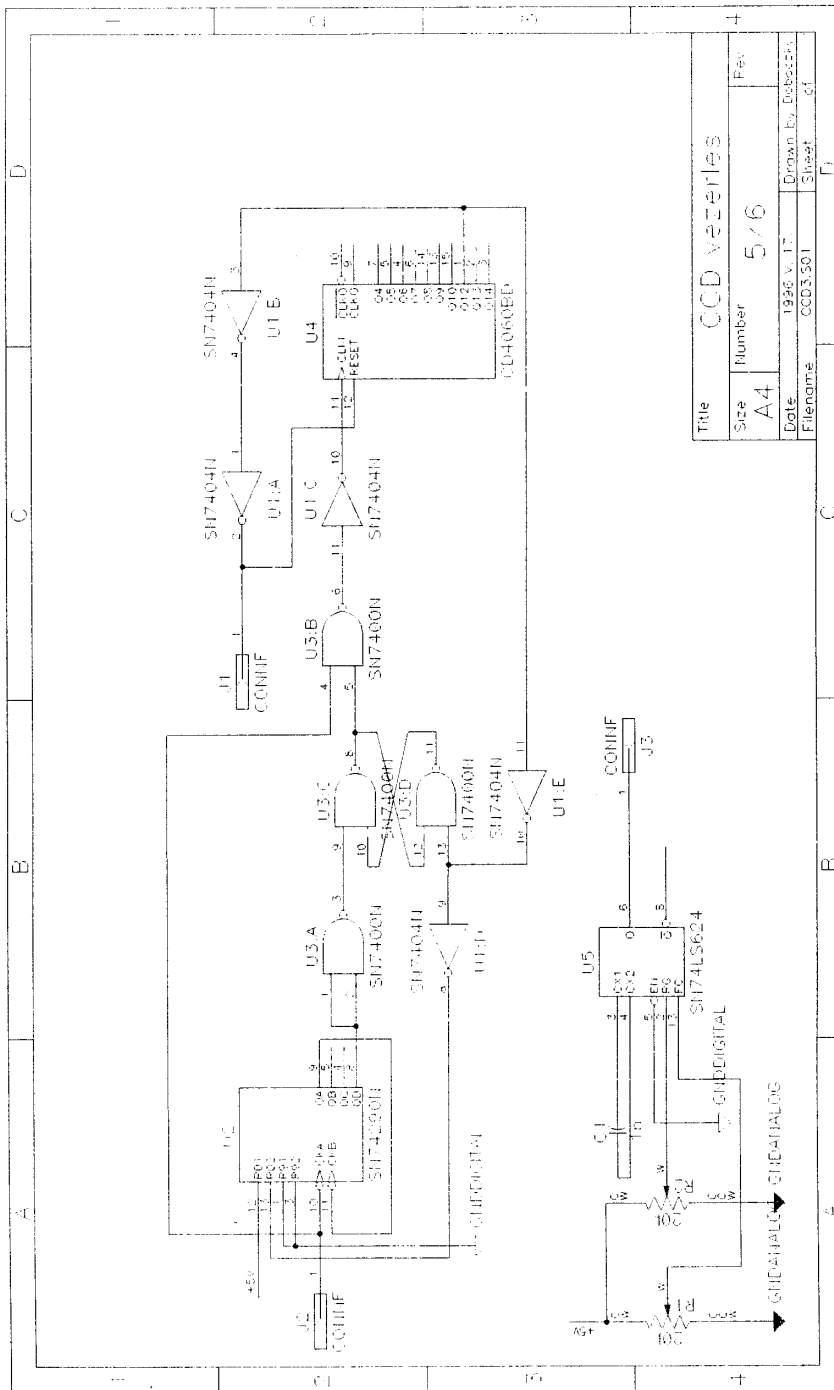




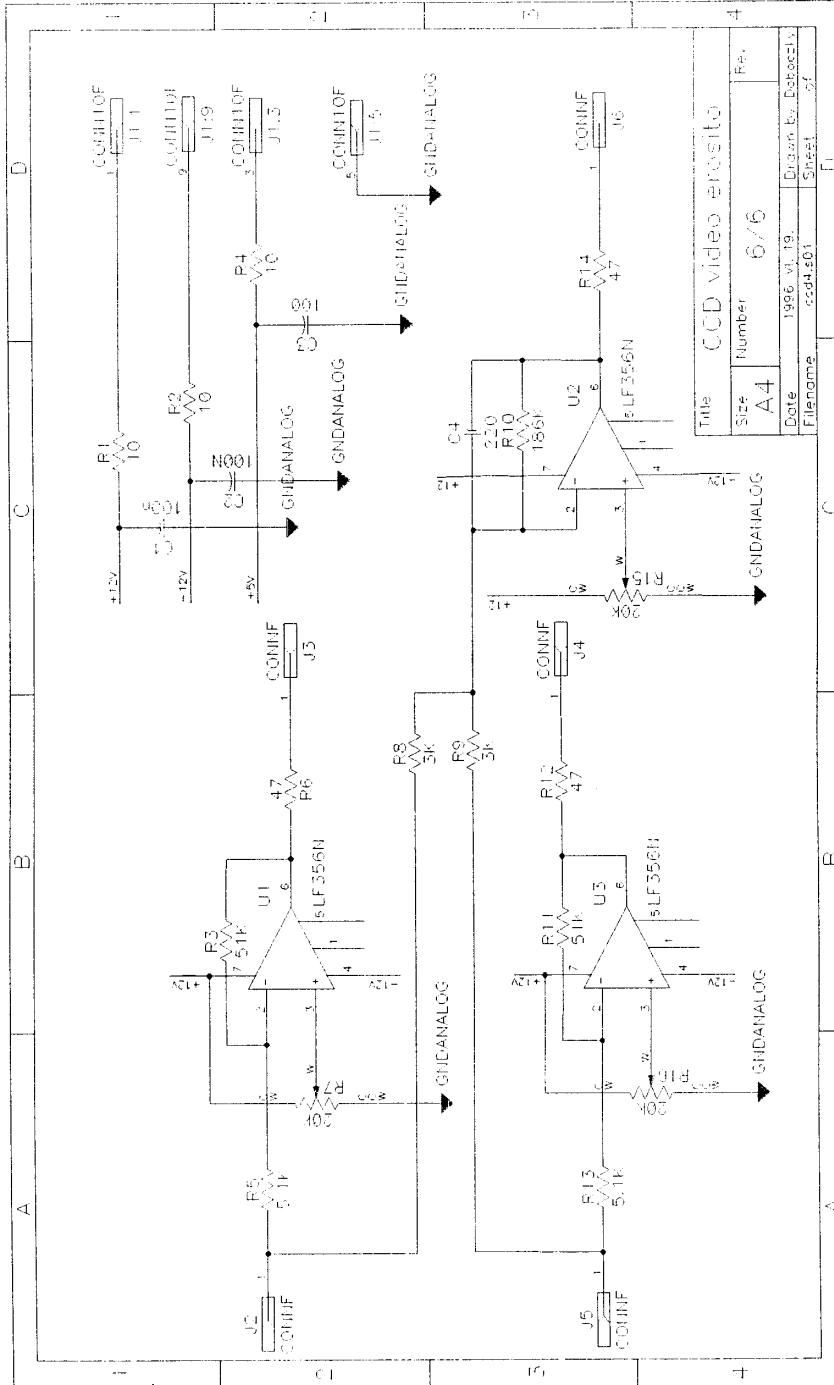
Title		CCD verticals	
Size	Number	Rev.	
A4	2 / 6		
Date	1996.11.1	Drawn By	Deoborly
Filename	CCdV01	Sheet	6 / 7



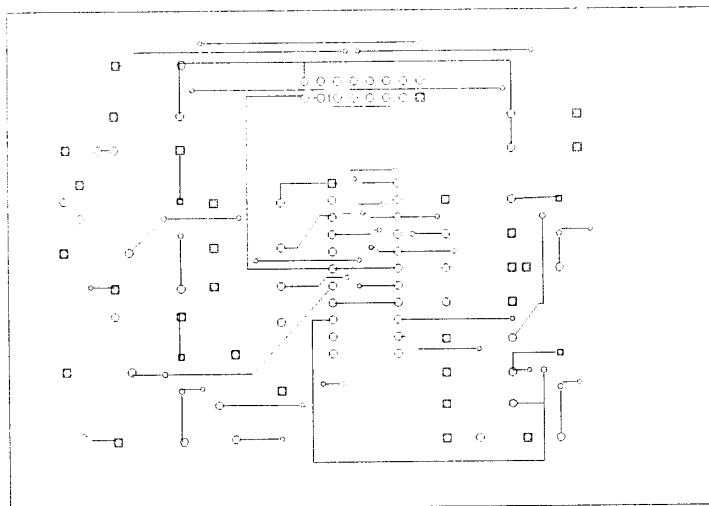




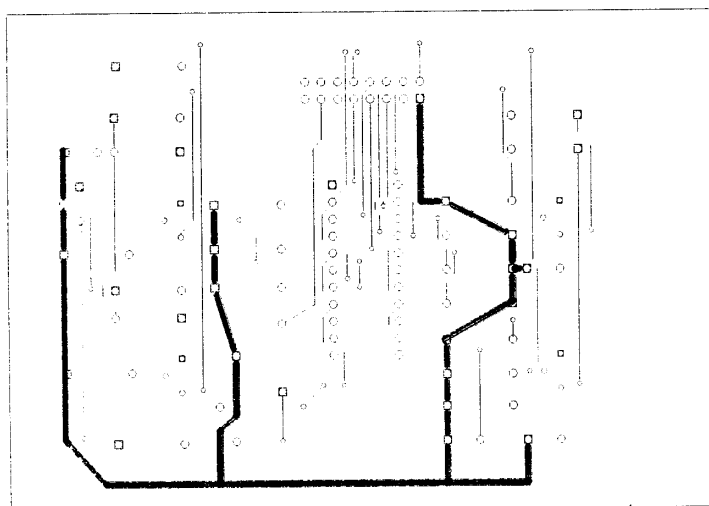
Title				CCD Verifier			
Size	Number	Rev					
A4	5/6						
Date	1990 V. 17	Drawn By		Bobbezz			
Filename	CCD3101	Sheet		6 of 6			



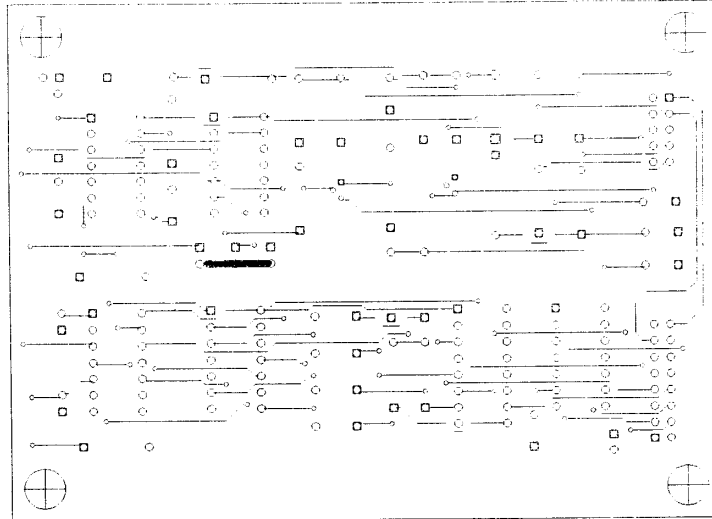
2. A CCD nyomtatott áramkörei



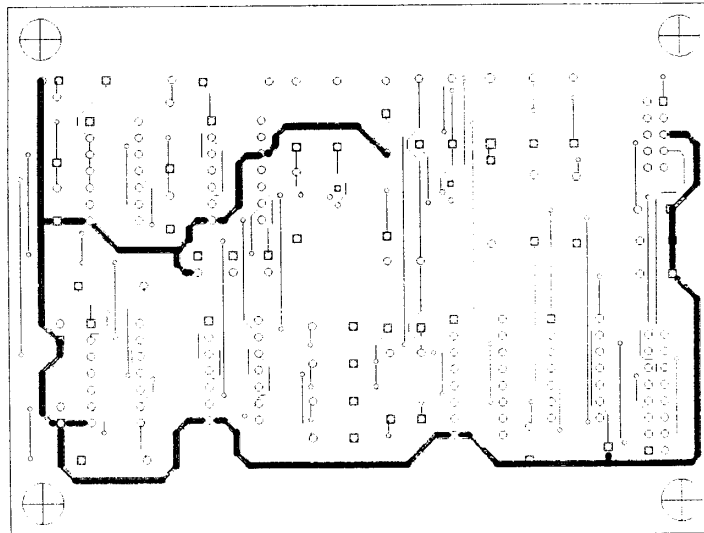
2.1. ábra
az érzékelőt tartalmazó panel, alkatrészoldal



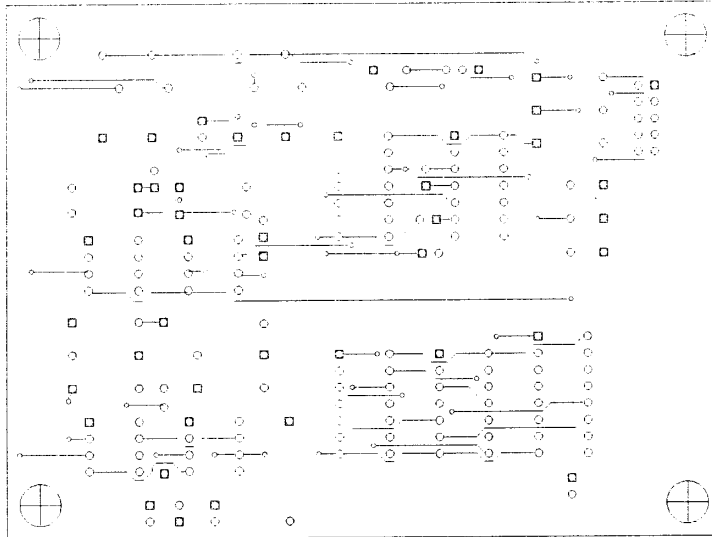
2.2. ábra
az érzékelőt tartalmazó panel, forrasztási oldal



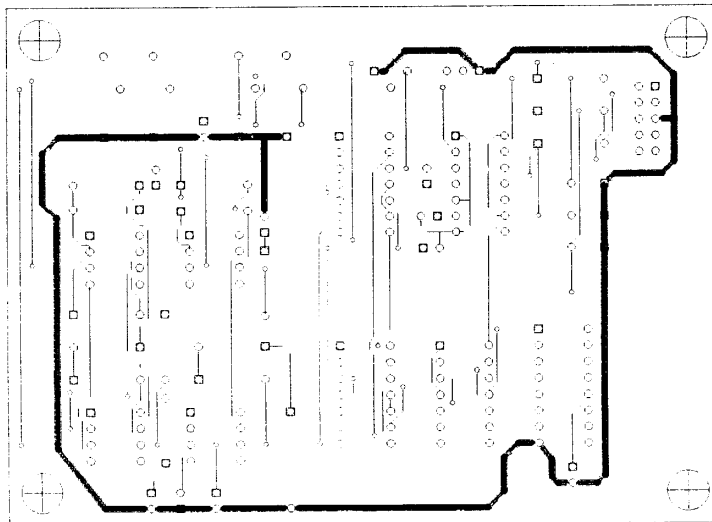
2.3. ábra
a szintáttevőket tartalmazó panel, alkatrészoldal



2.4. ábra
a szintáttevőket tartalmazó panel, forrasztási oldal



2.5. ábra
a számlálót és a video erősítőt tartalmazó panel, alkatrészoldal



2.6. ábra
a számlálót és a video erősítőt tartalmazó panel, forrasztási oldal

4. A párhuzamos portot vezérlő program

```

#include <stdio.h>
#include <dos.h>

int main()
{
    int i, cimbe, cimki, vezport, adat1,adat2,adat3,adat[2058];
    cimki=0x0378; cimbe=0x0379; vezport=0x037A;
    FILE*f
    for(i=0; i<2058; i++)
    {
        outp(vezport,0x02);           /* vezport alaph, MPX cim A=0, B=0*/
        while((inp(cimbe)&0x08)==0x08); /*varakozas error=0-ra*/
        adat1=(inp(cimbe)^0x80)>>4;    /*D0-D3 kilvasas*/
        outp(vezport,0x00);          /*MPX cim A=1,b=0*/
        adat2=(inp(cimbe)^0x80)&0xf0;  /*D4-D7 kiolvasasa*/
        outp(vezport,0x06);          /*MPX cim A=0,b=1*/
        adat3=((inp(cimbe)^0x80)&0xf0)<<4; /*D8-D11 kiolvasa*/
        adat[i]=adat1|adat2|adat3;    /*eredmeny*/
        outp(vezport,0x02);          /*vezport alaphelyzetbe*/
    }
    f=fopen("fn.dat","wt");
    for(i=0; i<2058; i++);
    {
        fprintf("%d %d\n",i,adat[i]);
    }
    fclose(f);
    return 0;
}

```

5. Az RL2048-D eredeti angol nyelvű leírása

R B M
 R. BRAUMANN GmbH
 Trivastr. 13, D - 80637 München
 Tel. 0 89 / 15 60 11

D Series Linear Family
 Charge-Coupled
 Photodiode Array

EG&G Reticon's D Series image sensors are high-speed, self-scanned, charge-coupled photodiode (CCPD) arrays. The D Series Family, consisting of the STANDARD-D, VALUE-D, FAST-D, and LOLIGHT-D image sensors, allows the designer to select just the right device for a particular application. Typical applications include optical character recognition, document scanning, inspection, pattern recognition, noncontact measurement, and other applications requiring high quality, broad spectral response image acquisition.

Key Features

- Antiblooming
- Video data rates up to 30 MHz
- High photo sensitivity
- Wide dynamic range
- 256, 512, 1024, and 2048 elements
- 13 μm x 13 μm and 13 μm x 26 μm picture elements
- Low power consumption
- Wide spectral response (UV to near IR)

General Description

The D series family of image sensors features the CCPD architecture which combines the best features of CCD and photodiode technology. The CCD read-out structure allows very high speed, low noise operation. The photodiode sensing elements provide superior light sensitivity, especially in the blue and near-UV portion of the spectrum.

The STANDARD-D device is the nominal component of the D series family. It operates at data rates up to 20 MHz, has 13 μm x 13 μm pixels, and features very high dynamic range. The VALUE-D device is a lower cost version with all the same features as the STANDARD-D, but has a maximum data rate of 10 MHz and slightly reduced dynamic range. The FAST-D device is specified for operation at data rates up to 30 MHz. The LOLIGHT-D device is a wide aperture version featuring 13 μ x 26 μ pixels for higher photo sensitivity.

Functional Description

The sensing elements for the D Series Linear CCPDs are a row of diffused p-n junction photodiodes spaced on 13 μm centers and interdigitated into a sensing aperture 13 μm wide (26 μm for LOLIGHT-D). The photodiode sensing elements provide very broad spectral response while the CCD readout registers and output buffer amplifiers allow very low-noise signal extraction. Figure 1 shows the pinout configuration and Figure 2 is a simplified schematic diagram. Figure 3 shows the aperture response function and sensor geometry. The dimensions shown in Figure 3 are as follows: the photodiode diffusion width a is 7 μm , the

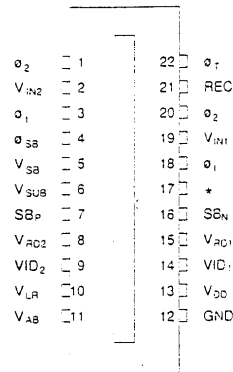


Figure 1. Pinout Configuration
 * (Pin 17 is N/C for RL0256D, V_{SUB} for all other D Series devices)

center-to-center spacing b is 13 μm and the aperture width c is 13 μm or 26 μm . Note that the entire 13 μm (dimension b) produces photocurrent which divides between the two diffusions, with most of the charge going to the pixel nearest the site of the photon absorption.

In addition, D Series Linear devices contain an antiblooming gate which can be used to either suppress blooming or to set the integration period independent of the line rate. That allows these devices to be used over the widest possible range of lighting conditions.

Light incident on the sensing aperture generates a photocurrent which is integrated and stored as a charge on the capacitance of each of the photodiodes. If the charge accumulated on any diode exceeds a saturation value, the excess is shunted to V_{SB} through the antiblooming gates, controlled by V_{LR} , to control blooming effects. Refer to Figure 2.

The antiblooming gate is biased at a DC potential which is below that of the junction barrier and transfer gate ϕ_1 , "low" barrier. When the signal charge reaches the level set by the antiblooming gate, the excess will be sunk into V_{SB} , thus preventing blooming.

At the end of each integration period, the charges on all the diodes are simultaneously switched through transfer gates, ϕ_1 , into one of two CCD analog shift registers for readout. The odd numbered diodes are switched into one register and the even diodes into the other. Immediately after this parallel transfer, a new integration period begins.

D Series Linear Family

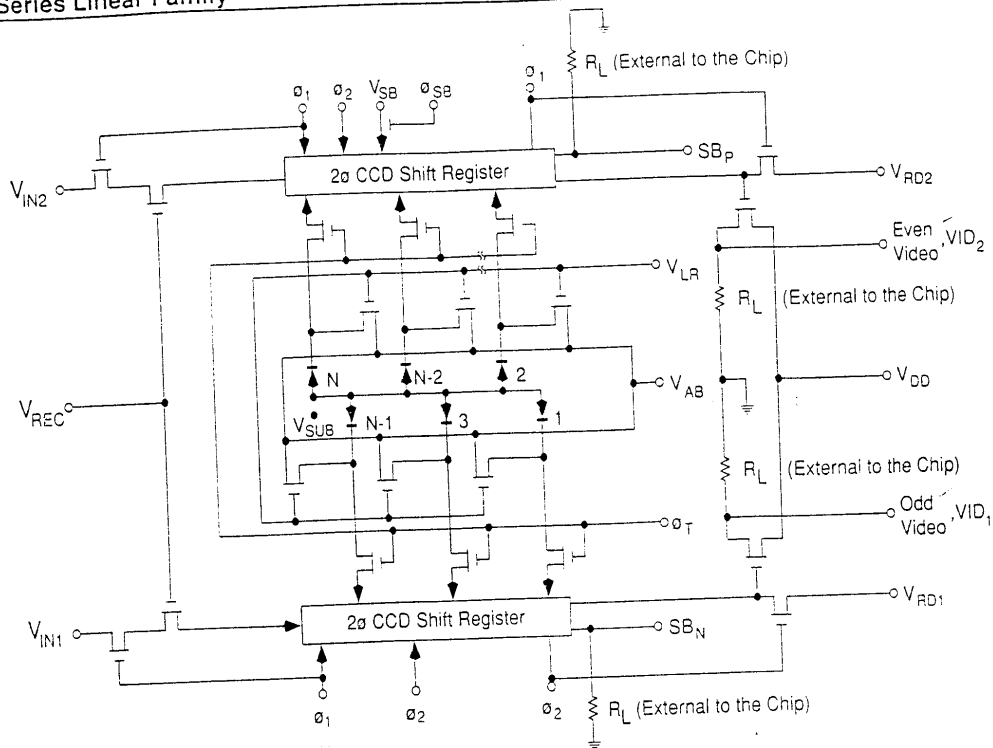


Figure 2. Schematic of D Series Linear Devices

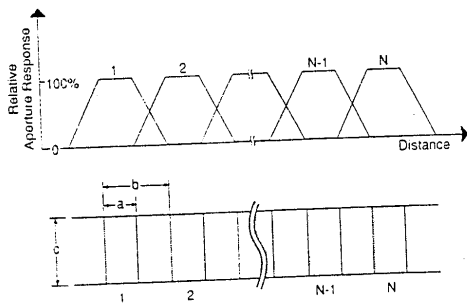


Figure 3. Sensor Geometry and Idealized Aperture

Readout is accomplished by clocking the CCD shift registers so that the charge packets are delivered sequentially into two on-chip charge-detection circuits. The registers deliver the charge packets to their outputs on alternate clock phases, allowing the inactive charge detector to be reset to a fixed level, V_{AO} while the opposite detector is active. The outputs of the two detectors may then be multiplexed off-chip if a single continuous video output is

desired. Each video signal is developed across a 2-5K Ω resistive load, R_L .

Operation

D Series devices require two complimentary shift register clocks, ϕ_1 and ϕ_2 , and a transfer gate pulse, ϕ_{SB} , for normal operation. An additional transfer pulse, ϕ_{SB} , is required if a scan buffer output is desired. The clocks and their timing relationships are shown in Figure 4. The video output and scan buffer output, SB_P , are also shown in Figure 4.

The scan buffer output provides two marker bits: the first pulse coincides with the first video element, and the second with the last video element. The scan buffer output is obtained by differencing SB_P and SB_N , through a differential amplifier. The circuit shown in Figure 6 will provide the required interface between the device's scan buffer output and its peripheral TTL circuit. Use of the scan buffer at higher speeds is not recommended. It may be defeated by applying 0V to ϕ_{SB} .

The transfer pulse should swing between -3 and +5V and must have a width greater than 0.2 μ sec. In order to transfer the charge from the photodiodes into the CCD register, the ϕ_1 clock must remain high during the blanking and transfer interval (see Figure 4). The odd and even video

D Series Linear Family

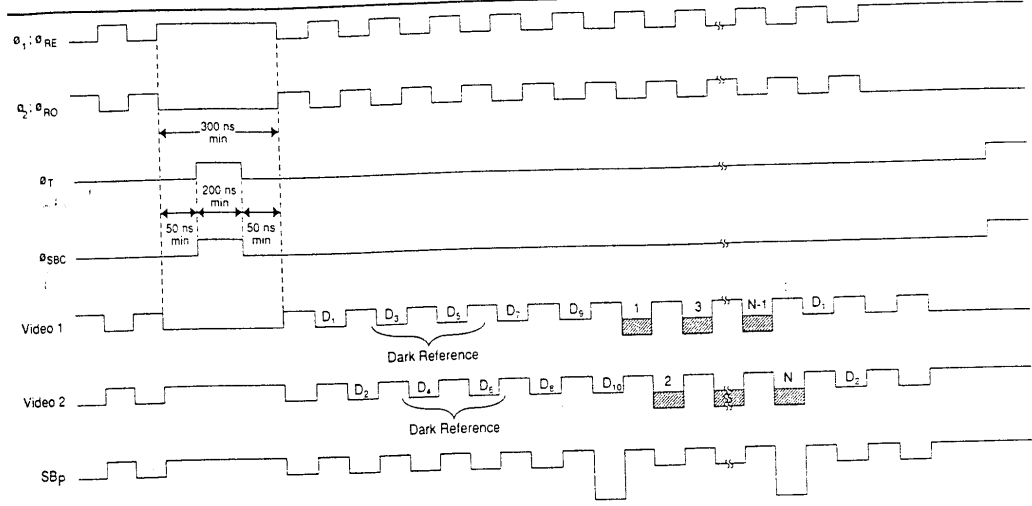


Figure 4. Timing Relationship of the Array's Clock Signals and Output

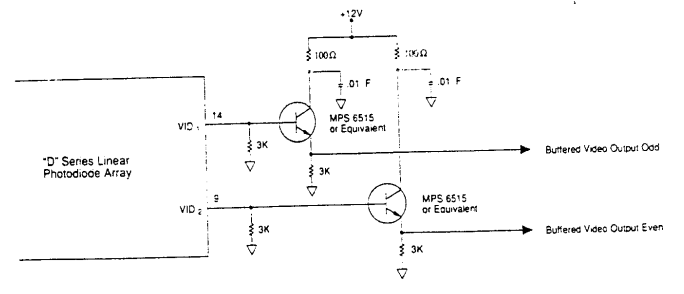
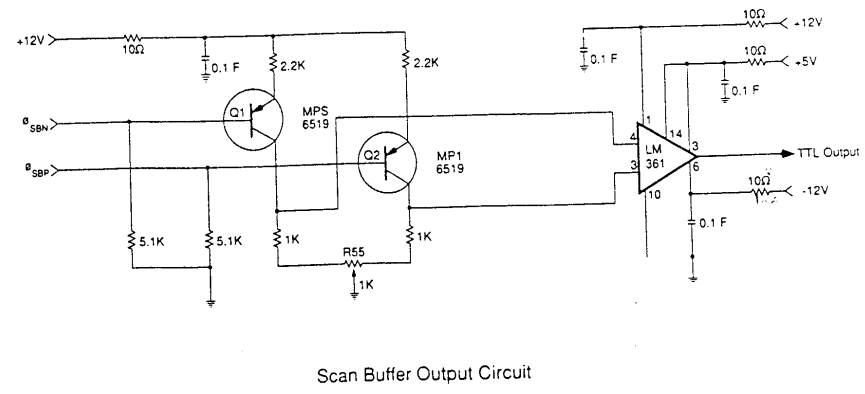


Figure 5. Recommended Output Circuit



Scan Buffer Output Circuit

Figure 6. Recommended Buffer Output Circuit

D Series Linear Family

outputs are also shown in Figure 4. The odd and even output reset clocks, ϕ_{re} and ϕ_{re} are derived from the same sources as ϕ_1 and ϕ_2 and are nominally synchronous with them. Figure 10 shows the schematic of a typical voltage drive circuit for the D Series.

Antiblooming and line reset operation may be accomplished by applying a small positive voltage to the antiblooming gate, V_{LR} . The actual bias values vary from device to device. Antiblooming requires a DC bias of typically 1 - 3V. Line reset requires V_{LR} to be clocked to typically 2.5 - 4.5V for approximately 1 μ s. Using line reset may significantly increase nonuniformity.

Figure 9 shows typical video output waveforms as measured across a 3K Ω load resistor. Relative timing is indicated in relation to ϕ_1 and ϕ_2 clocks. The rise and fall times indicated are relative since they are affected by capacitive loading, including oscilloscope probe capacitance.

A high speed amplifier output circuit such as shown in Figure 5 is not required but is recommended to reduce the loading effects of external circuit capacitance. This will result in video rise and fall times of 50 ns or less.

Performance

Spectral response of D Series devices covers the range from UV to the near IR. A ground and polished glass window is provided on the STANDARD-D, VALUE-D, and FAST-D devices. A quartz window is provided on LIGHT-D devices. Relative spectral response is shown as a function of wavelength in Figure 7.

Since most applications for these devices (OCR, machine vision, etc.) use visible light, the responsivity and uniformity of response are specified using a light source with the spectral distribution shown by the dotted line in Figure 7. This spectral distribution is produced by filtering a 2870°K tungsten source with a Fish-Schurman HA-11 heat absorbing 1 mm thick filter.

Transfer characteristics showing the noise level and saturation output voltage can be seen in Figure 8. Since Reticon line scan devices operate in the charge-storage mode, the charge output of each diode (below saturation) is proportional to exposure; i.e., the irradiance or light intensity multiplied by the integration time or the time interval between successive transfer pulses. Thus, there is a trade-off between scanning speed and required light intensity. Light intensity in watts needed to saturate a pixel at a particular integration time can be obtained by dividing saturation exposure by integration time. Thus, longer integration times may be used to detect lower light levels. However, this approach is ultimately limited by dark leakage current which is integrated along with the photocurrent. At room temperature, dark current will typically contribute less than 0.1% of a saturated signal for an integration time of 5 msec.

Drive Circuit

The circuit shown in Figure 10 will interface a TTL level control circuit to D Series CCPD devices. It will ensure that the ϕ_1 and ϕ_2 clock transitions cross at or above the midpoint; i.e., 50% clock crossing or higher. The supply

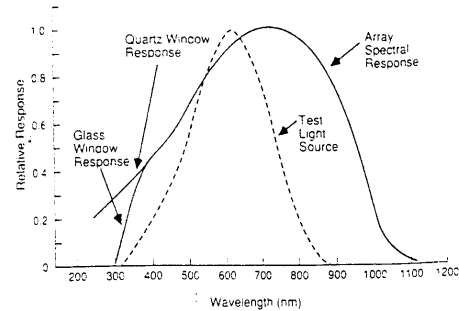


Figure 7. Relative Spectral Response as a Function of Wavelength

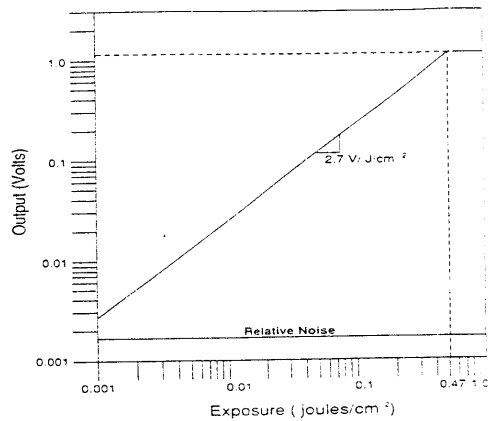


Figure 8. Typical Transfer Characteristics

voltages to the ϕ_1 and ϕ_2 clock drivers, devices 3 and 4, are as follows: $V_{SS} = 0V$ or ground and $V_{DD} = +12V$.

The clock drivers, devices 1A and 1B, will provide voltage swings consistent with those given in the specification table. The supply voltages to device 1A are $V_{DD} = +5V$, pin 6 and $V_{SS} = -4V$. The supply voltages to device 2A are $V_{DD} = +12V$, pin 6, and $V_{SS} = +5V$. (Note: Both supply pins are positive to keep the minimum swing to +5V.)

Evaluation Board

A complete evaluation circuit board (RC0730LNN) is available for the D Series and is recommended for first-time evaluation. The board contains all required logic and drive circuitry and has buffered outputs capable of operating at data rates up to 20 MHz.

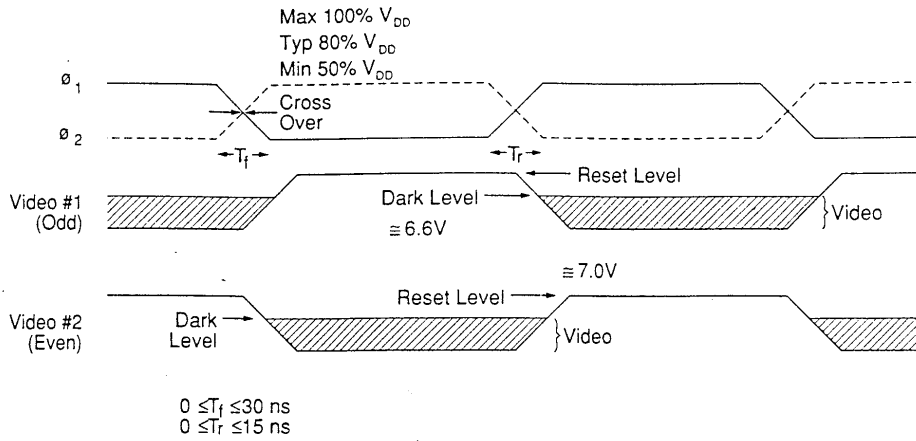


Figure 9. Clock Crossing and Video Output Relationship

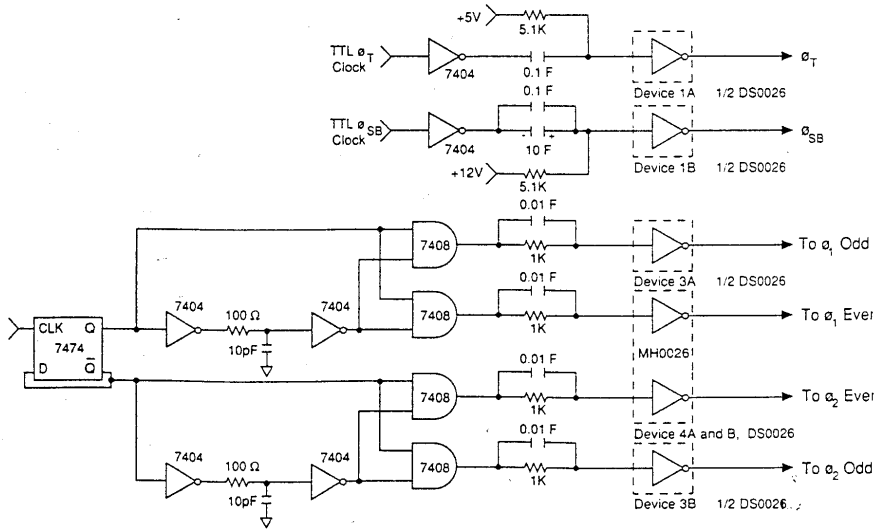


Figure 10. Drive Circuit for D Series Linear Devices

Table 1. Array Bias and Clock Level Requirements

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Units
V_{RD}	Reset drain bias	+11	+12	-13	V
V_{DC}	Output drain bias	+11	+12	-13	V
V_{IN}	Input bias	+11	+12	-13	V
V_{AE}	Antiblooming drain	+11	+12	-13	V
V_{LR}	Antiblooming gate				
	Disabled	-1	0	+1	V
	Antiblooming active	+1	+1.7	+2.5	V
	Line reset active	+2.5	+3.5	+4.5	V
V_{SUB}	Substrate bias	-6	-5	-4	V
$\phi_{1, 2}$	CCD transport clock				
	High	+11	+12	-13	V
	Low	-1	0	+1	V
ϕ_T	Transfer clock				
	High	+4	+5	+6	V
	Low	-4	-3	-2	V
ϕ_{SB}	Transfer clock scan buffer				
	High	+11	+12	-13	V
	Low	+4	+5	+6	V
V_{REC}	Receiving gate	-1	0	+1	V
V_{SB}	DC input scanning	+11	+12	-13	V

"Min and Max values shown represent the allowable tolerance to maintain normal operation and are not absolute min and max values".

Table 2. Absolute Maximum Ratings
(Above Which Useful Life May Be Impaired)

Storage temperature	-25°C to 85°C
Operating temperature	-25°C to 55°C
Voltage on any pin with respect to substrate	-0.3V to 22V

Table 3. Linear D Series Array Capacitance Values ¹

Typical Capacitance (pF)

Pin No.	Symbol	RL2048D	RL1024D	RL0512D	RL0256D
1, 20	ϕ_2	280	135	80	40
3, 18	ϕ_1	280	135	80	40
4	ϕ_{SB}	25	13	8	6
7, 16	SB_{p1}, SB_{n1}	5	4	4	3
9, 14	VID_2, VID_1	5	4	4	3
10	V_{LR}	14	14	14	14
22	ϕ_T	65	31	18	12

Notes:

- Measured with respect to device substrate (pin 6) with a DC bias voltage of +12V

D Series Linear Family

Table 4. Array Performance Characteristics

CONDITIONS: (unless otherwise specified)

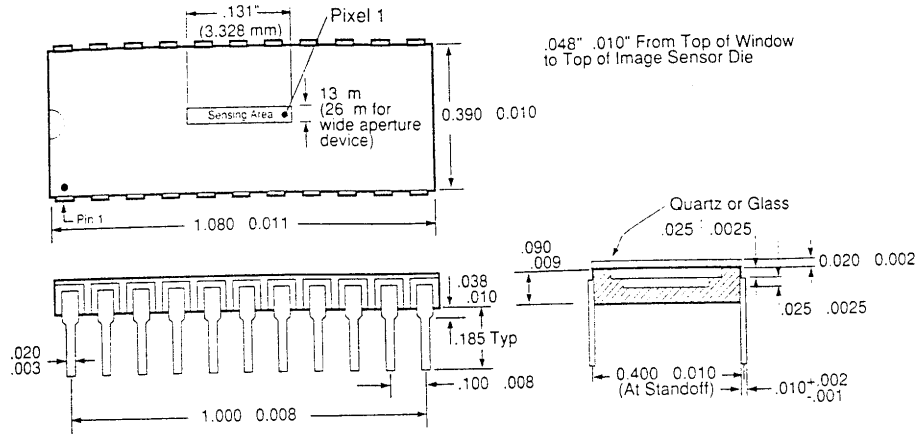
$T_a = 25^\circ\text{C}$, $f_{\text{data}} = 400\text{ KHz}$, $t_m = 10\text{ ms}$, R_L (at video output) = $3\text{K}\Omega$, $V_{\text{AB}} = 2\text{V}$, Light Source = 2870°K + Fish Schurman HA-11, 1 mm filter. All other operating voltages are nominal, as specified in Array Electrical Characteristics
First and last pixels of each video output are ignored

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Units
$DR_{P,P}$	Dynamic range ¹				
	Standard-D, LoLight-D		2600:1	-	-
	Value-D, Fast-D		2000:1	-	-
DR_{rms}	Dynamic range ¹				
	Standard-D, LoLight-D	-	13000:1	-	-
	Value-D, Fast-D	-	10000:1	-	-
E_{NE}	P-to-P noise equivalent exposure	-	.18	-	nj/cm^2
	LoLight-D	-	.09	-	nj/cm^2
E_{SAT}	Saturation exposure	.30	.47	.63	$\mu\text{j}/\text{cm}^2$
	LoLight-D	.15	.24	.32	$\mu\text{j}/\text{cm}^2$
R	Responsivity	2.0	2.7	3.3	$\text{V}/\mu\text{j}/\text{cm}^2$
	LoLight-D	4.0	5.4	6.6	$\text{V}/\mu\text{j}/\text{cm}^2$
PRNU	Photoresponse nonuniformity ^{4,5}				
	0256	2	3	8	$\pm\%$
	0512	2	3	8	$\pm\%$
	1024	2	3	10	$\pm\%$
	2048	2	5	12	$\pm\%$
V_{DB}	Average dark signal ^{3,8}	-	.03	.25	%
V_{DM}	Maximum dark signal ^{4,8}	-	.06	.5	%
V_{SAT}	Saturation output voltage	0.8	1.3	1.6	V
P	DC Power dissipation ⁵	-	126	-	mW
$N_{P,P}$	Peak-to-peak noise	-	0.5	-	mV
V_{DCR}	Output DC reset level ⁵	-	7.0	-	V
V_{DCD}	Output DC dark level ⁵	-	6.7	-	V
Z_{OUT}	Output impedance ⁶	-	2	-	$\text{k}\Omega$
V_{BAL}	Video output balance ⁹	-	30	80	mV
	Output DC drift ¹⁰	-	10	-	$\text{mV}/^\circ\text{C}$
f_{data}	Maximum guaranteed video data rate ⁷				
	Value-D	10	-	-	MHz
	Standard-D and LoLight-D	20	-	-	MHz
	Fast-D	30	-	-	MHz

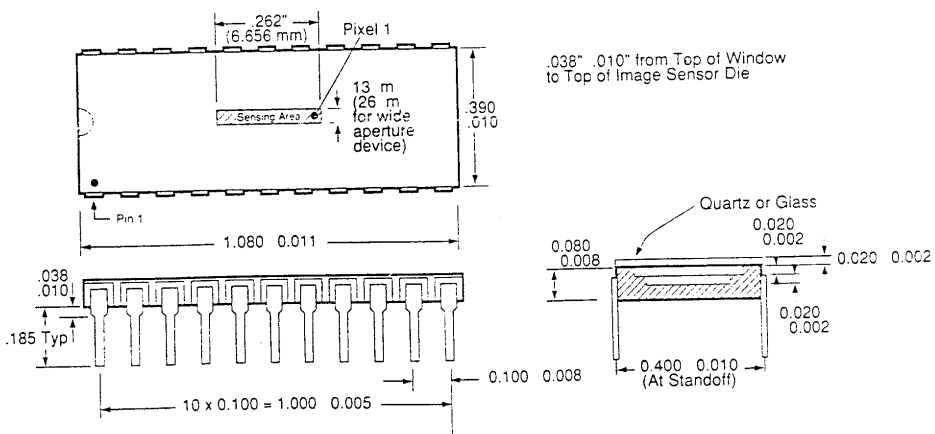
Notes:

- Dynamic range is defined as $V_{\text{SAT}}/N_{P,P}$, RMS noise is approximately $N_{P,P}/5$
- Measured at an exposure level of approximately $V_{\text{SAT}}/2$. PRNU is defined as $100 \cdot [(V_{\text{max}} - V_{\text{min}})/V_{\text{avg}}]$ where V_{max} is output of highest pixel (toward V_{SAT}), V_{min} is output of lowest pixel (towards dark) and V_{avg} is the numerical average of all the pixels in the video line
- Measured at ambient temperatures $T_a = 25^\circ\text{C}$, $t_m = 2.5\text{ ms}$. Defined as $100 \cdot (V_d/V_{\text{SAT}})$ where V_d is the numerical average of the output of all pixels in dark and V_{SAT} is the numerical average of all pixels in saturation.
- Measured at ambient temperature $T_a = 25^\circ\text{C}$, $t_m = 2.5\text{ ms}$. Defined as $100 \cdot (V_m/V_{\text{SAT}})$ where V_m is the pixel with the maximum output of all pixels in dark and V_{SAT} is the numerical average of all of pixels in saturation
- Measured with device in the dark
- Measured with output current of 2 mA
- f_{data} is defined as 2 times f_{clock} where f_{clock} is the frequency of the ϕ_1 or ϕ_2 clock. The minimum frequency is limited by increases in dark signal.
- Dark signal approximately doubles for each 7-10°C increase in temperature
- Defined as the difference in dc dark level output (D_{dc}) between the two video outputs

Package Dimensions RL0256D



Package Dimensions RL0512D



Package Dimensions RL1024D

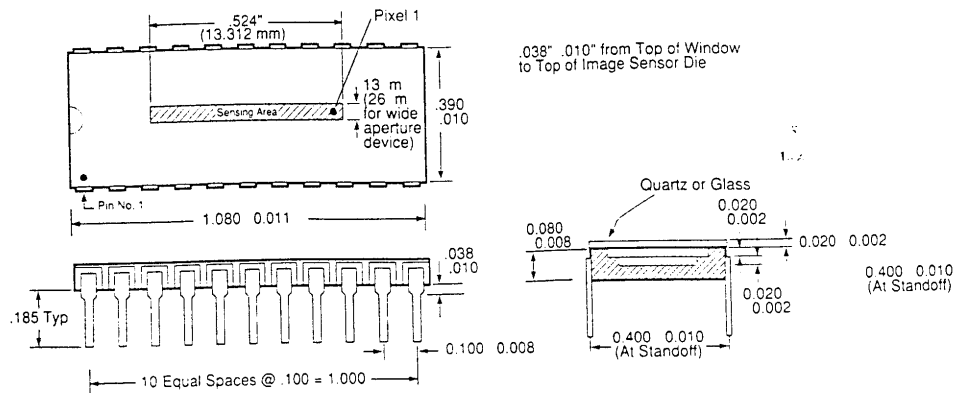
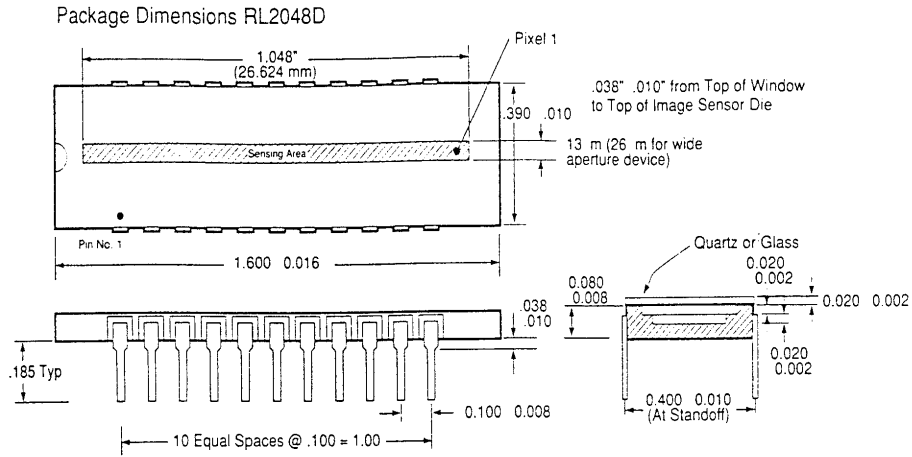


Figure 11. Package Dimensions

D Series Linear Family

Figure 11. Package Dimensions (cont'd)



Ordering Information

Standard-D	Value-D	Fast-D	LoLight-D	Evaluation Board
RL0256DAG-011	RL0256DAG-020	RL0256DAG-021	RL0256DKQ-011	RC0730LNN-011
RL0512DAG-011	RL0512DAG-020	RL0512DAG-021	RL0512DKQ-011	RC0730LNN-011
RL1024DAG-011	RL1024DAG-020	RL1024DAG-021	RL1024DKQ-011	RC0730LNN-011
RL2048DAG-011	RL2048DAG-020	N/A	RL2048DKQ-011	RC0730LNN-011

The quartz window supplied standard on LoLight-D devices is available as an option for all D Series devices. For options, consult EG&G Reticon.

RBM · R. BRAUMANN GMBH · MÜNCHEN
Postfach 19 01 38 · D-8000 München 19 · ☎ 089 / 15 60 11 · ☎ 5 213 630 rbm d · Fax 089 / 1 57 83 59

RBM LASERS · OPTICS
SCIENTIFIC INSTRUMENTS

Irodalomjegyzék

- [1.] Lambert Miklós: Mérőérzékelők. Intgra-Projekt, Budapest, 1993.
- [2.] Bor Pál - Halász Tibor - Kovács László: Fizikai gyakorlatok II. Tankönyvkiadó Budapest, 1987.
- [3.] 1996. Designer's reference manual, Analog Devices INC. 1996.
- [4.] Hamamatsu. MOS linear sensors. Catalog, 1991.
- [5.] D Series Linear Family, Charge-Coupled Photodiode Array. R.B.M. GmbH, München
- [6.] Molnár Ferenc - Dr. Német Gáborné - Zsom Gyula - Baka Károly: Elektronikus alkatrész katalógus, 2. kötet. 2. átdolgozott kiadás. Kandó Kálmán Műszaki Főiskola, Budapest, 1993. KKMF-1093/II
- [7.] Dr. Pete László - Nádor László: Tranzisztor. 1992.
- [8.] Philips Component. 1990.
- [9.] Molnár Ferenc - Zsom Gyula: Elektronikus áramkörök II/A, II. kötet, változatlan utánnomás, Budapest, KKMF-1044/II.
- [10.] Magyar: Műveleti erősítők és komparátorok. Műszaki Könyvkiadó, 1987 Budapest.
- [11.] Dr. Budó Ágoston - Dr. Mátrai Tibor: Kísérleti fizika III. Harmadik kiadás. Tankönyvkiadó, Budapest, 1985.
- [12.] 1992 Linear data book. Supplement.
- [13.] Dr. Kónya László: PC elektronika. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1991.