



CCD technika

CCD alapismeretek III.

A CCD-kamera felépítése

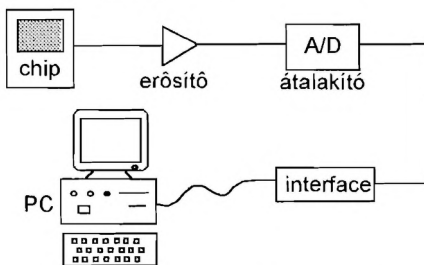
Most már részletesen ismerjük a CCD chip szerkezetét, tulajdonságait, azonban a képalkotáshoz még sok más kiegészítő egység is szükséges. Ezek együttesét nevezzük CCD-kamerának, mely a következő főbb elemekből áll:

- CCD chip
- erősítő
- A/D átalakító
- interface

Fontos része a kamerának a tápegység és a hűtőrendszer is, mint ezekről részletesebben is szólunk majd. A számítógép is elengedhetetlen kellék, mégsem tekinthető teljesen a kamera részének. (Sok más perifériához hasonlóan — mint pl. a szintén CCD technikát alkalmazó scanner — inkább a kamera a gép kiegészítője.)

Erősítő. Feladata a chipből érkező igen gyenge jelek fölerősítése, ami feltétlen szükséges azok továbbításához, hisz a legkisebb zavaró tényezők, zajok hatására elveszhet az információ. Ennek elkerülésére a speciálisan kialakított, ún. „alacsony zajú” erősítőt közvetlen a chip közelébe kell helyezni. Így a későbbiekben keletkező zavarok nagysága jelentősen csökkenthető a hasznos jelhez képest. Nem javíthatók viszont az integrálás és a kiolvasás során keletkezett hibák, melynek okai a következők: a sötétáram pixelenkénti eloszlásának véletlenszerűsége, ennek időbeli változása; a léptetések során elmaradó töltések; a kiolvasó kondenzátor referencias feszültségének apró változásai; kozmikus sugárzásból származó, nagyenergiájú fotonok okozta „beégések”. (Ezek hatása jól meghatározható bizonyos képletekkel, melyek együttesen adnak egy hibakorlátot, amüt figyelembe kell venni az adatok pontos kiértékelésénél.)

A/D átalakító. A számítógéppel való kapcsolat miatt szükség van az analóg jel digitálizálására. Az egyes pixelek fényességértékével arányos feszültségjelek bináris számokká történő átalakítását végzi az Analóg/Digitál konverter. Jellemzője a



* Bármilyen jel átalakítása, egy rövid vezetéken való továbbítása zajok megjelenésével jár, mint ezt a hétköznapokban is tapasztalhatjuk (pl. telefon, rádió zúgása). A két fogalom pontos definíciója helyett elégedjünk meg annyival, hogy az információt hordozó jel „szabályos” folyamatok eredménye, míg a zaj kialakulása véletlenszerű.

kamerának, hogy ez az egység hány szintet képes megkülönböztetni a chipből érkező jelben. Pl. egy 12 bites A/D átalakító esetén $2^{12} = 4096$, 16 bit esetén 65 536 különböző fényességérték, illetve szürkeárnyalat lehet a képen.

A már említett linearitást befolyásolhatja az átalakító linearitása, vagyis az, hogy a feszültségjellel arányos-e a digitalizált jel. Nem megfelelő felbontású A/D átalakító esetén a rögzíteni kívánt kép finom részletei eltűnnek amiatt, hogy a kis fényességkülönbségű képpontokhoz ugyanazt a digitális egységet (ADU, Analog Digital Unit) rendeli az átalakító. A szükséges felbontást a chip, az elektronika tulajdonságai, a megfigyelés körülményei és az objektum együttesen határozzák meg. Megfelelő hűtés (l. később) mellett, alacsony zajú elektronika és profi chip esetén a mérés pontosságát akkor nem zavarja ez a tényező, ha az átalakító min. 15 bites. Amatőrök által is elérhető lehetőségek mellett a 12 bites konverzió megfelelő felbontást biztosít, ennél kevesebb azonban a mérés pontosságának rovására mehet.

Interface. Ennek az egységnek a feladata csupán az illesztés, azaz a kamera elektronikájának és a számítógép jeleinek megfelelő összekapcsolása. Egyes kameráknál az A/D átalakító és az interface külön dobozban, vagy egy, a számítógépbe szerelhető kártyán kap helyet. Utóbbi megoldás jelentősen gyorsítja az adatátvitelt a gép és a kamera között.

Tulajdonképpen az eddig felsorolt egységek jelentik a kamera elektronikáját. Ezek apró hibái együttesen eredményezik a jelben megjelenő zajt, aminek nagysága szintén a kamera fontos jellemzője. Az ún. kiolvasási zaj (readout noise) egy hűtött (elhanyagolható sötétáramú) és fénytől elzárt chippel készített kép zaja, amely a chip és az elektronika hibáinak együttes hatásaként keletkezik. Értéke néhány tucat — profi kameráknál egy-két — elektron pixelenként és másodpercenként.

Tápegység. A kamera elektronikájának, és termoelektromos hűtés esetén a Peltier-elemnek (l. következőkben) az áramellátását végzi.

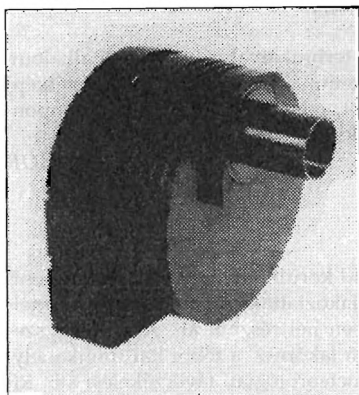
Hűtés. Már volt szó a sötétáramról, ami szobahőmérsékleten akár néhány másodperc alatt telítésbe viheti a pixeleket! A jelenség csökkenthető, szinte teljesen meg is szüntethető a chip hűtésével. A „minél hidegebb, annál jobb” azonban nem igaz, mert $-100\text{ }^\circ\text{C}$ környékén a töltésléptetést akadályozó jelenségek lépnek fel a szilícium lapkában a Si-SiO₂ határreteg közelében. A „túlhűtéstől” amatőr kameráknál nem kell tartani, ezeknél ugyanis termoelektromos hűtést alkalmaznak. Az előbb említett Peltier-elem két vékony porcelánlap között lévő félvezető lapokból álló eszköz, melynek két oldala közt — megfelelő áramerősség és feszültség mellett — állandó a hőmérsékletkülönbség. Ez típustól függően 30–60 fok lehet, s így a meleg oldalhoz erősített hűtőbordával a környezet hőmérsékletétől ennyivel lehet eltérni.

A hűtőrendszer második fokozataként esetleg vízű hűtést, vagy egy másik Peltier-elemet és ahhoz kapcsolt hűtőbordát is lehet alkalmazni. Mivel a termoelem meleg oldalának hűtésével a hideg oldal is hűl (igaz, kisebb mértékben), így akár $-70\text{ }^\circ\text{C}$ is elérhető, ahol a sötétáram már csak néhány elektron pixelenként és másodpercenként.

Profi kameráknál és alkalmazásoknál, ahol nem jelent(het) gondot a folyékony nitrogén vagy oxigén kezelése, ott ezekkel hűtik a kamerákat. Amatőr célokra ezek a beszerzés és tárolás, valamint a kezelés nehézsége miatt nem alkalmasak. Olcsó, és viszonylag egyszerű megoldás azonban szárazjég alkalmazása, anélkül stabil, $-76\text{ }^\circ\text{C}$ -os hőmérséklet érhető el.

A chip, a hűtőrendszer és az erősítő kap helyet (egyes esetekben az A/D konverter és az interface is) a kamerafejen. Ennek feladata a chip hermetikus elzárása a

környezettől, a megfelelő mechanikai csatlakozás biztosítása a távcsőhöz. A kamerafej — amatőrök által is használt kameráknál — általában a „kézbe fogható” kategóriába tartozik, s ehhez járul a tápegység és elektronika doboza. Példaként látsunk egy talán már többek által ismert kamerát, az SBIG ST-6-ot, aminek kamerafeje látható a mellékelt képen. A hengeres test átmérője nincs 20 cm; tipikus példa a Peltier-elem+légűtés alkalmazásának: a sűrű bordázás biztosít nagy felületet a hűtés második fokozatának.



A számítógép, mint említettük, elengedhetetlen kellék. Feladata a kamera vezérlése (ill. a megfelelő jelek továbbítása a vezérlést ténylegesen elvégző kamera-elektronikához), a kép megjelenítése, annak tárolása, ill. rögzítése. Ezek elvégzésére egy egyszerűbb PC is megfelel, azonban a chip és az elektronika megszab bizonyos követelményeket.

A chip méretéből és a digitalizálás bitszámából adódik a kép mérete. Pl. egy ST-6-os kamera 242x375 pixeles CCD chipet tartalmaz, s pixelenként 16 biten (=2 byte) digitalizálja a képet, ami így $242 \times 375 \times 2 = 181\,500$ byte = 177,2 KByte méretű. (A kép kiolvasása és digitalizálása után ennél a típusnál azonban, mielőtt a számítógépnek továbbítaná, az elektronika tömöríti a képet, ami így „csak” 90–150 KByte.) „Kép” alatt most egy nullákból és egyesekből álló (bináris) számhalmazt értünk, amiben a kiolvasás sorrendjében követik egymást az egyes képpontok fényességértékei. Ezek sorrendjét, a kép felépítését adja meg az ún. fejléc, mely szintén része a képnek. Csillagászati alkalmazásokban a fejléc általában a használt eszközökre (távcső, kamera, szűrő stb.) és a megfigyelés körülményeire (integrációs idő, sötétkép levonása, hűtés, stb.) vonatkozó adatokat is tartalmazza. Többféle nemzetközileg elfogadott szabvány, képformátum létezik a számítástechnikában (tif, gif, jpg, pic stb.), de a csillagászatban általánosan elterjedt az ún. FITS formátum. Egy ilyen .fts kiterjesztésű file első része tartalmazza a képre és a kép készítésére jellemző adatokat, majd ezeket követik az egyes pontok fényességértékei. Minden CCD-kamerát kezelő program ismeri ezt a formátumot, azonban a kamerából letöltött kép sosem egyezik meg ezzel. Minden kamera rendelkezik egy saját, csak arra a típusra jellemző képformátummal, de a vezérlő program képes ezt FITS, esetleg más formátumra is „fordítani”.

A számítógépnek legalább akkora memóriára van szüksége a kép megjelenítéséhez és tárolásához, amekkora egy kép. A hamarosan ismertetésre kerülő képfeldolgozási eljárásokhoz azonban — mint látni fogjuk — háromszor ekkora memóriára van szükség. Az amatőrök által is használt, viszonylag kis pixelszámú kamerák esetében bőven megfelel egy 286-os AT, 2 MByte RAM-mal, ami ma már nem elérhető. Egyes speciális, profi alkalmazásokban előfordul, hogy a 64 MByte-os(!) képnek külön tárolóegységet építenek még a kamerába, s több kis darabban történik meg a letöltés és a képfeldolgozás. Utóbbi eljáráshoz már tekintélyes számításigény tartozik, még kisebb kamerák esetén is, így célszerű az előbb említettél nagyobb teljesítményű gép alkalmazása. (Hacsak nem vagyunk nagyon türelmesek...)

Ha minden eredeti képet megtartunk (ami a tudományos kutatásoknál alapkövetelmény), akkor bizony sok MByte-nyi tárolóra van szükségünk. A képek tárolása történhet winchesteren, mágnesszalagon vagy — lemezen, és ma már CD-n is. Fontos viszont ügyelnünk arra, hogy a számítástechnika rengeteg eszköze könnyen meghamisíthatóvá teszi a képek hordozta információt. Mint látni fogjuk, sok esetben segít bizonyos természetű elemek kihangsúlyozása vagy elnyomása, ezen eszközök alkalmazása azonban a valótól eltérő eredményre vezethet. Mivel a beavatkozásoknak általában nyoma sem marad, ezért felelősséggel és figyelemmel használjuk a képfeldolgozás adta lehetőségeket!

A digitális képfeldolgozás alapvető lépéseivel, technikáival a következő alkalommal foglalkozunk. Akkor majd részletesen ismertetjük az ún. dark frame (sötétkép) és flat field** korrekciókat, illetve egyéb trükköket, melyekkel különböző szempontok szerint más-más tulajdonságokat emelhetünk ki.

FŰRÉSZ GÁBOR

A Mir-sztori CD ROM-on

A Mir űrállomást 1986. februárjában állították Föld körüli pályára. A 20 t-s központi modulhoz az évek során további egységeket csatlakoztattak. A Mir-komplexum teljes kiépítettségét a múlt évben érte el, így összesen hét részből áll. Kissé leegyszerűsítve azt mondhatjuk, hogy a központi egység a lakórész, a többi hat munkahely, ahol csillagászati, anyagtechnológiai, biológiai, meteorológiai, távérzékelési stb. kísérleteket és megfigyeléseket hajtanak végre. Ma a 400 km magasan keringő űrállomás-rendszer mintegy 140 t össztömegű.

A Mir 1992 óta állandóan lakott. Évtizedes története során több mint 60 űrhajóst fogadott. Volt köztük afgán, amerikai, angol, bolgár, francia, japán, kanadai, kazah, német, osztrák, szíriai. A jelenlegi világűr-rekordot is ezen az űrállomáson érték el: az orosz Poljakov 438 napot töltött fent egyfolytában. Igazából a Mir nemzetközi űrállomásnak számít, hiszen az amerikai és a nyugat-európai űrszervezet elég sok pénzt fizet azért, hogy űrhajósai dolgozhassanak a fedélzeten, ill. a „bemuszülöttek” elvégezzék a megrendelt kísérleteket.

A nemrégiben megjelent *The MIR Story* c. CD ROM teljes egészében magyar vállalkozásban készült. Az információs anyagot magyar szakemberek állították össze, és magyar cég állította elő és adta ki a CD-t. A lemezen minden megtalálható, aminek egy multimédia CD-n lennie kell. Videoanyagát több mint 120 órányi műsorból állították össze. Szerepel benne rakétaindítás, hétköznapiak a Miren, űrséta, az űrrepülőgép látogatása, az űrhajósok által készített űrmotoros, házi készítésű ufó stb.

A CD-n az űrállomás teljes története olvasható, ill. látható. A szép grafikájú kiadványt igazi népszerűsítő CD-nek nevezhetjük. Az Írisz Multimedia Center kiadványának rendszerigénye: 486-os vagy Pentium processzor, 8 Mb RAM, minimum VGA monitor és Windows 3.1 vagy Win95 operációs rendszer. Demoanyaga megtalálható az Interneten: <http://www.irisz.hu/mir>. E-mail cím: mir@irisz.hu

Trupka Zoltán

** Erre még nincs általánosan elfogadott magyar kifejezés, így talán nem bűn „világoskép”-nek nevezni az angol szó által takart fogalmat, bár többnyire — mint manapság nyelvünk más területein is — inkább az angol kifejezést használjuk.