

## Különböző típusú LCD monitor karakterisztikák összehasonlítása

Molnár Anikó, Dr. Samu Krisztián  
Budapest, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék

### Absztrakt

A hagyományos katódsugárcsöves monitorokat egyre jobban szorítják ki a sokkal korszerűbb technológiát képviselő lapos megjelenítők, napjainkban főleg az LCD-monitorok. Ez annak köszönhető például, hogy kevesebbet fogyasztanak, kisebb helyet foglalnak, képfrisítéskor nincs villogás, villódzás, valamint ergonomikusabbak.

Ezen témám most a leggyakrabban alkalmazott paneltípusok vizsgálatára terjedt ki bővebben, hiszen az LCD monitorok legfontosabb alkotórészei a bennük található panelek. A gyártók általában nem jelzik a panel típusát, azonban a monitor árát alapvetően a panel típusa határozza meg.

Vizsgálatom célja megvizsgálni, hogy a különböző monitor gyártók által gyártott monitorfajtáknál (Samsung, LG, Fujitsu-Siemens, Asus) a különböző technológiával megvalósított paneltípusok az LCD monitorok spektrális karakterisztikáját és egyéb más paramétert (gamma, kontraszt, fényesség, színhőmérséklet) miként befolyásolja.

### 1) Bevezető

Napjainkban a technikai fejlődésnek köszönhetően egyre több szakterületen illetve munkahelyen használnak számítógépeket valamint a számítógépes tervezés (Computer-Aided Design, CAD) és az elektronikus kiadványszerkesztés (Desktop Publishing, DTP) területeken elengedhetetlen a számítógép vezérelt monitorok hitelesítése (kalibrációja).

A kalibrálásra egyrészt azért van nagy szükség, mivel a populáció egy része (majdnem 10%-a), valamilyen színlátási rendellenességben szenved és ebből kifolyólag nem látják megfelelően a színeket a monitoron. Másrészt a számítógépes monitorok színvizsgálati alkalmazása során mérőműszerként üzemelnek, emiatt kalibrálásuk szükséges. Manapság már minden digitális elven működik, vagy ha nem akkor törekednek arra, hogy megvalósítsák, emiatt a szintévesztőknek is különböző műszereken megmutatott vagy beállított értékek segítségével szűrik ki a szintévesztés fokát. Hiszen a monitoros teszt-szoftverek mind a műszereknél, mind pedig a nyomtatott teszteknel is olcsóbb. Valamint a kiértékelés is számítógép segítségével történik, amely így sokkal gyorsabb. Ehhez szükség van egy pontosan, jól bekalibrált monitorra.

A kalibrálás 2 féle módon történhet, lehet vizuális valamint műszeres kalibráció. Ez utóbbi történhet az ún. ICC profil segítségével vagy egy adott értékre való beállítás során. A kereskedelemben több spektrométeres és detektoros elven kalibráló műszer kapható (pl. Spectrocam, Huye, Pantone). Ezekon kívül szoftveres megoldások is léteznek (pl. Adobe Gamma), ezen szoftveres eljárások viszont szubjektív mérési módszerük miatt színlátás vizsgálatra nem, csak DTP (desktop publishing) feladatokra alkalmasak. Legnagyobb hátrányuk a műszeres kalibráló berendezéseknek, hogy a kevesebb tudással rendelkező műszer is, tudásához képest igen drágák.

Emiatt az egyik legfontosabb feladat, hogy egy viszonylag olcsóbb műszer tervezése lesz majd a jövőbeli célom, amely felépítésileg és használatilag is lehetőleg minél egyszerűbb legyen (1 vagy 3 detektoros). Ehhez viszont szükséges a piacon kapható monitorok megismerése, valamint a monitor felépítésének tanulmányozása is. Ezt a legegyszerűbb módon a különböző monitor paraméterek mérésével történő feldolgozása során lehetséges.

## 2) LCD monitorok

A monitorok fejlesztése eddig 3 különböző koncepció alapján zajlott. Az egyik ilyen elterjedt monitorfajta az ún. katódsugárcsőes, vagy CRT monitor. A következő a PDP, azaz plazma tv, és végül az LCD, azaz folyadékkristályos kijelző.

Az LCD képernyőt 3 fő részre lehet bontani: panelre, háttérvilágításra és vezérlőelektronikára. E három komponensből és az egyes részek egymással való összehangjától függ az adott termék válaszüveje, kontrasztja, fényereje, színmegjelenítése, betekintési szögei.

### (1) gamma karakterisztika

A színes LCD monitorban az egyes színek intenzitása 24 bites rendszerben 256 lépésben változtatható. Ezen 0...255-ig állítható digitális intenzitás-egység (DAC érték) és a monitor által sugárzott fényerősség diagramban ábrázolva, az összefüggés nem lineáris. A leíró függvény úgynevezett exponenciális a kitevője a monitor gammája.

$$\text{Ahol:} \quad L = O + G \cdot DAC^\gamma \Big|_{R,G,B}$$

O: offset fényerősség (0 DAC értékhez tartozó fényerősség)

G: a feszültségerősítésre jellemző állandó

DAC = 0...255 és  $\gamma$ : exponenciális kitevő (optimális eset 1,9 - 2,2)

Méréseim során a 3 színínger fényerősségének ábrázolására lesz majd szükségem a DAC értékek függvényében. A monitor gamma értékét minden egyes monitor esetében szoftveresen is be lehet állítani, valamint mérésekkel számolás útján is meg lehet határozni.

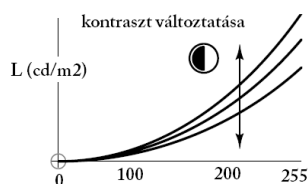
### (2) Válaszidő

Ezredmásodpercben mért időegység (ms), amely azt időtartamot fejezi ki, amelyre a képernyő egy képpontjának szüksége van ahhoz, hogy teljesen fehér színről feketére, majd újra fehérre váltsa (képpont fényereje megváltozzon).

A lassú válaszidő (12 ms-nál hosszabb) akkor lehet zavaró, ha a monitoron gyors változásokat kell megjeleníteni. A nagyon lassú (20-30 ms) válaszüvejű monitorok esetén a filmlejátszáskor előfordulhat, hogy a világos háttér előtt mozgó sötét alakzat csíkot húz. A kisebb válaszüvejű típusoknál ilyen problémát már nem tapasztalhatunk.

### (3) Kontraszt

A részletgazdagságot jellemző tulajdonság, tehát a megjeleníthető legvilágosabb és legsötétebb képpontok közti arány (250–1000: 1). Minél nagyobb az értéke, annál jobban különülnek el egymástól a megjelenített képrészletek (1. ábra).

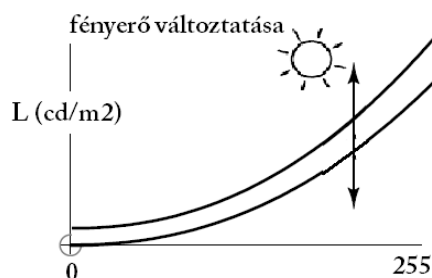


1. ábra Kontraszt változás hatása a gamma görbére

#### (4) Fényerő

A monitor fényességét jellemzi (azaz milyen erős, fényes a háttérvilágítás). A fényerő a képernyő által kibocsátandó fény mennyiségét fejezi ki és mértékegysége  $\text{cd}/\text{m}^2$ .  $250 \text{ cd}/\text{m}^2$ -es fényerejű monitornál gyengébbet nem érdemes vásárolni, a túl nagy fényerő pedig megvakítaná a nézőt.

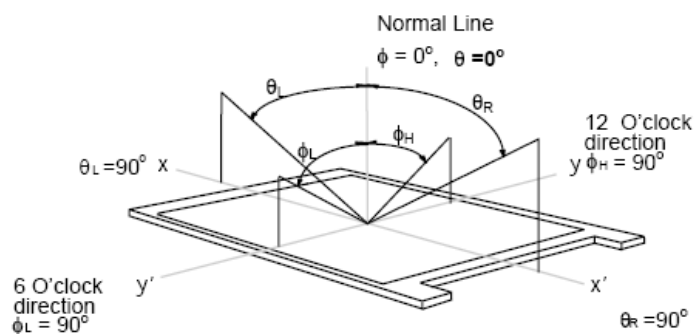
A monitoron lehet szabályozni a fényerő értékét. A fényerő változtatás hatására (2. ábra) a monitor gamma görbéjének minden egyes pontja eltolódik a függőleges tengely mentén. Ezzel állítható be a megjelenítő rendszer csúcs-fehér fényssűrűsége. Használata esetén számolni kell azzal, hogy az offset fényssűrűséget is megnöveli.



2. ábra fényerő változtatás hatása a gamma-görbére

#### (5) Betekintési szög

Az a paraméter, mely megadja, hogy a monitor milyen szögből látható (3. ábra). Míg a hagyományos megjelenítőknél nem jelent gondot, ha nem pontosan szemből nézik őket, az LCD képernyők esetében nem ugyanez a helyzet. Általában két adattal jellemzik, az első a horizontális (szélesség), második a vertikális (magasság) adat; ezek azt jelzik, hogy hány fokban lehet még kivenni a monitor képét. Például: H:160°/ V:150°. Az olcsóbb típusú monitoroknak (TN panel), amelyet ha oldalról nézünk, akkor a kép elhomályosul, ami zavaró lehet egy film nézésekor. A 160 fokos horizontális látószög már elég jónak mondható, a drágább – 170 fok feletti értékkel bíró – típusok pedig már tökéletes rálátást biztosítanak.



3. ábra Betekintési szög

#### (6) Színmegjelenítés

Megjeleníthető színárnyalatok száma. Általában 16,7 millió színt tud megjeleníteni egy monitor, de gyakran „csak” 16,2 milliót.

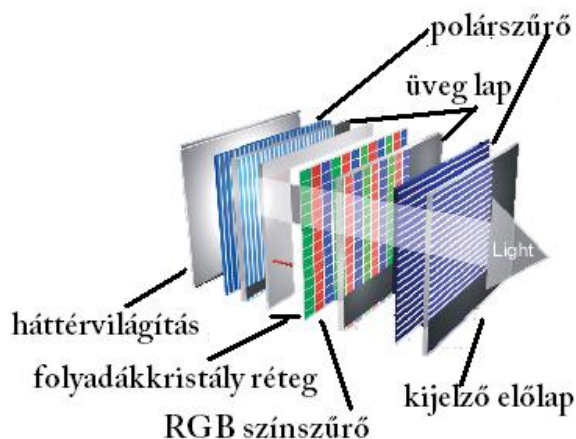
## (7) Színhőmérséklet

A 3 alapszín maximális kibocsátásának különböző arányú additív keveréke különböző színhőmérsékletű fehér színinger megjelenítését teszi lehetővé. A CT beállítása gyakorlatilag a 255 DAC értékhez tartozó vörös és a kék csúc s fénysűrűség arányának változtatásával történik. Ezzel a vörös és kék spektrális karakterisztika a kékesebb és nagyobb, vagy a vörösebb illetve a kisebb színhőmérséklet irányában kúszik el.

## 3) LCD monitor felépítése és működése röviden

Az LCD (liquid crystal display), azaz a folyadékkristályos kijelző (4. ábra). Két üveglap között egy speciális folyadék van. Ez oldott kristályokat tartalmaz. A kristályok pálcika alakú molekulákból állnak, amelyek alapértelmezésben egy gyenge mágneses tér hatására a polarizált lapokkal párhuzamosan helyezkednek el, így a rájuk eső polarizált fényt átengedik (ekkor a nem polarizált látható fény polarizálódik).

A különleges rétegen áthaladó polarizált fény ismét egy polárszűrőre esik, melyen csak akkor halad át, ha a fény síkja a fentire merőleges. Ezért a polarizált fény síkja 90 fokkal elfordul a folyadékkristállal való kölcsönhatás következtében. Ha áthalad rajta, akkor az alul elhelyezkedő tükrőről visszaverődve a kijelzőn világosságot látunk. Amennyiben a folyadékkristályos rétegre, vagy annak egy részére feszültséget kapcsolunk, a kijelzőn sötétséget észlelünk, mert a polarizált fény síkja nem fordul el, azaz nem engedi át a fényt.



4. ábra LCD kijelző felépítése

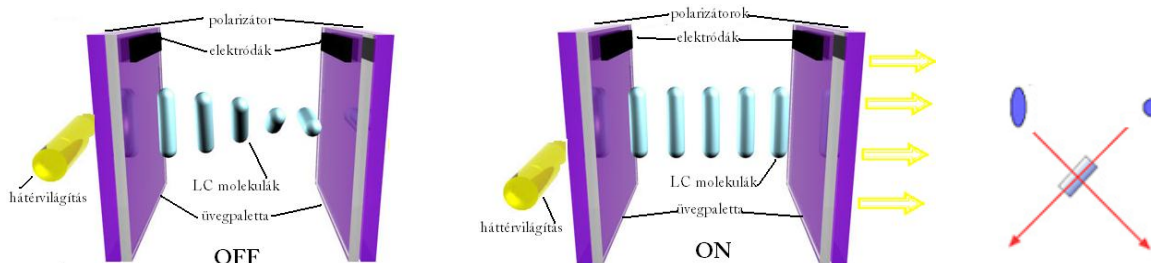
## 4) Paneltípusok

Ezen témám most a leggyakrabban alkalmazott paneltípusok vizsgálatára terjedt ki bővebben, hiszen az LCD monitorok legfontosabb alkotórészei a bennük található panelek. A panel választás attól függ, hogy mire szeretnénk a monitort használni. Ha grafikai tervező vagy, akkor a legfontosabb dolog a legjobb szín reprodukciót produkáló paneltípus; ha pedig játékokra szeretnéd használni a legfontosabb paraméter egy monitornál a válaszidő. A legtöbb esetben a gyorsabb pixel válaszidő együtt jár az alacsonyabb színminőséggel, alacsonyabb kontraszttal vagy a keskenyebb látószöggel. Tehát fontos, hogy mikor úgy döntesz, hogy beruházol egy LCD monitorra, gondold végig, hogy mire szeretnéd használni és ezt az igényt mennyire vagy képes megfizetni. Hiszen az LCD panelek meghatározó tulajdonságai a 2. fejezetben említett színmegjelenítés, a betekintési szögek, a fényerő, a kontraszttarány és a válaszidő.

A paneleknek 3, alapjaiban egyező, de a megvalósításban eltérő technológiát használó, típusát különböztethetjük meg.

### (1) TN panel

Az egyik legöregebb paneltípus (1968 Radio Corporation of America), az úgynevezett TN (Twisted Nematic) vagy TN+film (5. ábra). A későbbiekben hozzáadott plusz filmréteg a látószöget javítja.



5. ábra TN panel felépítése (különböző LC molekula alakok= kisebb betekintési szögek)

A kijelző első és hátsó oldalára egy-egy polárszűrőt helyeznek, egymásra merőleges polarizációs síkkal. A hátul levő izzószálból érkező, nem poláros fényből csak egy meghatározott síkban poláros részt enged tovább. Ha hátul megvilágítjuk a panelt, a hátsó polarizátoron átjutó fény a térmentes folyadékkristályban  $90^\circ$ -kal elforgatva az első szűrőn is átjut, és ezért világos képpontot kapunk. Vezérlés mellett a molekulák rendezetlen állapotot mutatnak, így nem engedik át a fényt, ekkor beszélhetünk fekete színről.

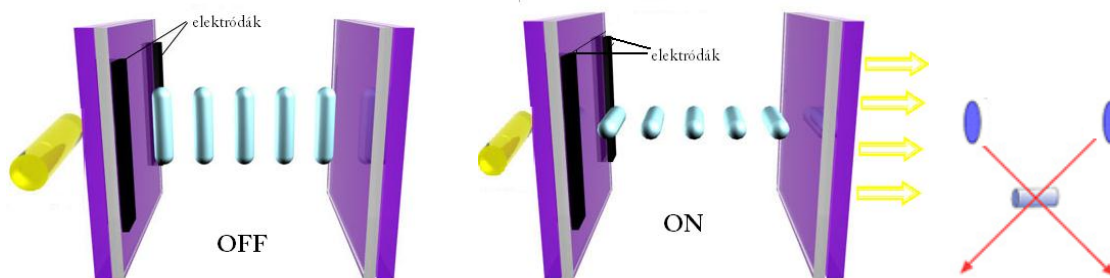
A technológia neve, „csavart nematic”, onnan jön, hogy amikor feszültséget kapcsolnak rá, a folyadékkristályok csigavonalba csavarodnak, aminek a tengelye a a panel felszínére merőleges. Mivel a csiga alakja némileg szabálytalan ( a határkristályok nem teljesen párhuzamosak a felülettel, kis méretű szöget zárnak be vele), így a legkisebb betekintési szögekkel rendelkeznek. Oldalról, de főleg vertikális viszonylatban nagyon hamar elkezdenek veszíteni a színeikből, 6 bitet képesek kezelni alapszínenként (18 bit=262.144 szín) és csak ditherelés-sel, vagy FRC-vel biztosítható a 16.2M színmélység

2 tulajdonságuknak köszönhetően sikerült fennmaradniuk az évek során; az egyik, hogy igen gyors válaszidővel rendelkeznek, ez a játékosoknak kedvez leginkább. A másik, hogy nagyon alacsonyak a gyártási költségei, így olcsó monitorok előállítását teszi lehetővé. Így a kisebb átmérővel rendelkező monitorok között egyszerűen kiszorította a többi panelt, míg az egyre nagyobb és drágábbaknál a jobb panelek dominálnak.

### (2) S-IPS panel

A másik fajta paneltípus, amellyel a vizsgálatom során találkoztam, az ún. S-IPS (Super In-Plane Switching), amelyet még a Hitachi fejlesztette ki 1996-ban (6. ábra).

A technológia az első igazi próbálkozás a TN+film technológia hátrányainak kiküszöbölésére. Az IPS panelben található folyadékkristály-molekulák együtt mozognak egymással, nem pedig egyre jobban elcsavarva, mint a TN panelnél.

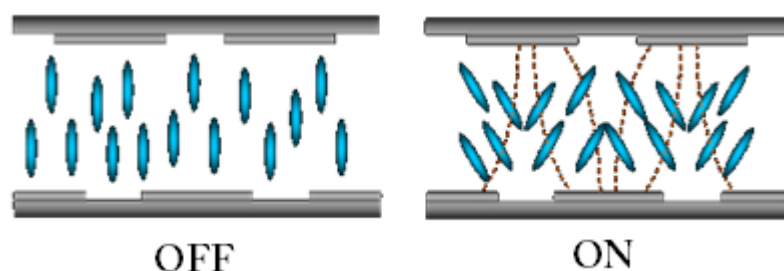


6. ábra IPS panel felépítése (azonos LC molekula alakok= nagyobb betekintési szögek)

A működés is pont fordított, feszültség nélkül nem engedik át a fényt, míg feszültség hatására 90 fokkal elfordulnak és teljesen átengedik. Működési elvéből adódóan ez a típus igen szép, mondhatni tökéletes feketét produkál, s egy pixelhiba esetén (pixelhiba: hibás vezérlőtranzisztor) sem fehér pixelt kapunk, hanem feketét, ami gyakran kevésbé zavaró. Mindezek mellé a betekintési szöge is nagyobb, valamint képes kezelni a teljes TrueColor tartományt, azaz 16.7 millió színt. Hátránya egyrészt a jóval nagyobb a reakcióidő, a magas ár valamint két tranzisztor szükséges az elektromos tér létrehozásához - amelyek viszont jobban "kitakarják" a háttérvilágítást, így több áramot igényel a kijelző. Valamint az alacsony kontrasztarány (350~500:1) és, hogy a fekete színt oldalról nézve, lilás elszíneződés tapasztalható.

### (3) PVA panel

Végül az ún. VA paneltípus egyik továbbfejlesztett változatával az ún. PVA (Patterned Vertical Alignment) panellel (7. ábra). Ezt a panelt a Samsung fejlesztette ki 1998-ban, amellyel nagyobb kontrasztot lehetett elérni; a másik továbbfejlesztett változattal, amelyet a Fujitsu fejlesztett szintén 1998-ban, nagyobb látószöget lehetett vele elérni. Elődjében a VA panelben a folyadékkristályok vertikális elhelyezkedésének és az egyszerre mozgás következtében a betekintési szögek felemásra sikerültek. Az egyik irányból nézve nagyon szépen látszódott a kép, míg ha valaki ugyanannyira a túloldaltól nézte azt, akkor csak a feketeség fogadta. A megoldást az jelentette, hogy egy plusz elektróda bevezetésével két részre osztották a kristályt. A szerkezet egyik fele a bal elektróda felé vágta magát vigyázzba, míg a többiek a jobb oldalhoz igazodtak. Így drasztikusan megnöttek a betekintési szögek mindkét irányba. Valamint közel 16.7 millió színreprodukciót képes kezelni és magasabb kontraszt tulajdonságokkal rendelkeztek, mint a kezdeti IPS példányok.



7. ábra PVA panel felépítése

## 5) Panelgyártók

A gyártók általában nem jelzik a panel típusát, azonban a monitor árát alapvetően a panel típusa határozza meg.

A monitorok gyártói nagyon kevés esetben azonosak az LCD panelek gyártóival, ilyenek a Samsung, az LG, Philips és a NEC. A legtöbb monitorgyártó a monitorba szerelt panelje valamelyik, nagyobb gyártó műhelyében készült és csak a feliratukban viselik a megrendelőjük nevét. Ilyen például a Fujitsu-Siemens vagy az Apple.

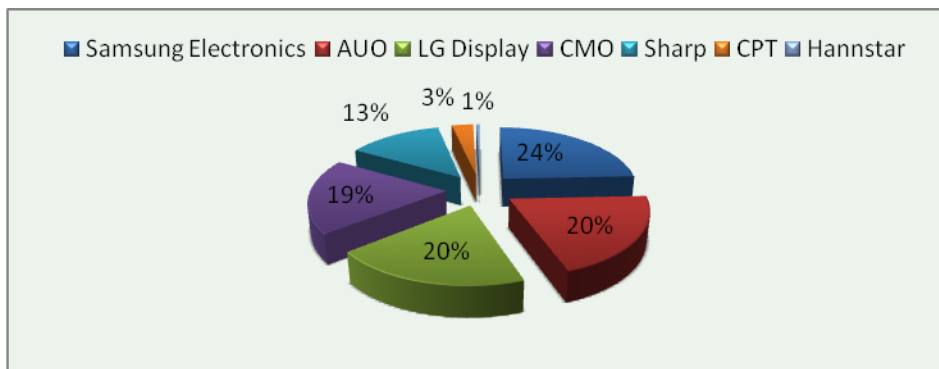
A legjelentősebb panelgyártók a következők (világon elért helyezés szerint):

- ✚ Samsung Electronics (1969, Dél-Korea, Souwon)
- ✚ AU Optronics Corp. (2001, Taiwan I.)
- ✚ LG, Philips (1999, LG Electronics & Koninklijke Philips Electronics N.V. (Royal Philips Electronics), Dél-Korea, Seoul)



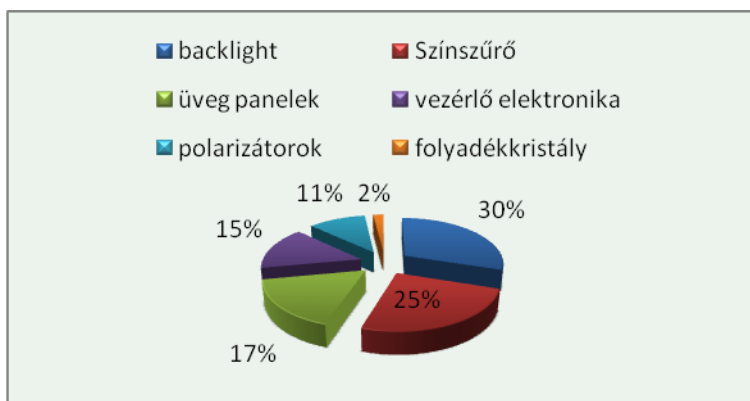
- ✚ Chi Mei Optoelectronics (1997, Taiwan II.)
- ✚ Sharp (1912, Japán, Osaka)
- ✚ Chunghwa Picture Tubes Ltd. (1971, Taoyuan, Taiwan)
- ✚ HannStar® Display Corporation(1998, NanJing, China)

Az Invest Korea (<http://www.investkorea.org/>) 2008-as felmérése (8. ábra) szerint az addigi éves panel gyártás gyártónként (US\$ millió):



8. ábra Invest Korea 2008 felmérése

Az LCD panelek nyersanyag és ár arányában (9. ábra) a következők: a legtöbbet a hátsó világításért (backlight) kell fizetni egy panelben, közel 30%-a a panel árának, 25% a színszűrők, 17% a különböző üveg panelek, 15% a vezérlő IC-k, és végül 11% a polarizátorok.



	2008
Samsung Electronics	3,944
LG Display	3,198
Sharp	2,145
AUO	3,288
CMO	3,083
CPT	490
Hannstar	77
Total	16,225

9. ábra LCD panel nyersanyag-ár arányában

## 6) Mérés és körülményei

### (1) Monitor típusok

A mérés egy SPKEKTROMOM spektrofotométerrel történt. A mérés során főleg LG, Samsung és Fujitsu-Siemens monitorokat mértem be. Mostani beszámolómban mindegyikből bemutatok néhány fajtát. Az interneten található 2 honlap segítségével (<http://www.tftcentral.co.uk/panelsearch.htm>) és a (<http://www.flatpanelshd.com/panels.php>) a lement monitoroknak megfelelően utána tudtam keresni, hogy milyen fajta paneltípus található benn. A vizsgált monitorok a következők voltak:

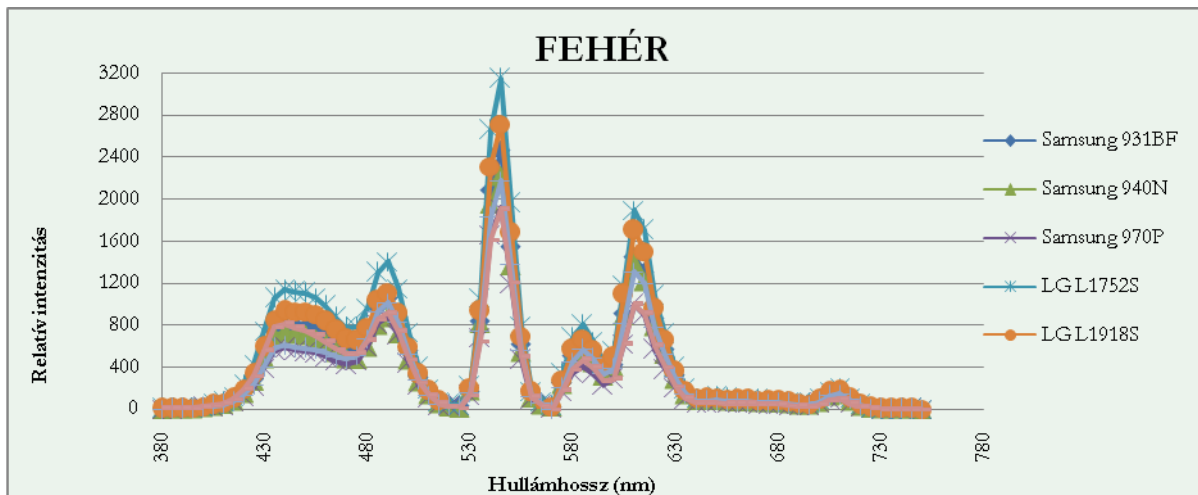
Monitor típusa	Képméret	Paneltípus	Válaszidő	Ár
----------------	----------	------------	-----------	----

Samsung	931BF	19"	AU Optronics (M190EG02 V0) vagy Samsung (LTM190EX-L31) TN+Film	2 ms	~54-70.000Ft
	940N	19"	Samsung TN Film (LTM190EX-L01)	8 ms	~35-55.000FT
	970P	19"	Samsung PVA	6 ms	~89.000FT
LG	L1752S	17"	LG.Philips TN+Film	8 ms	
	L1918S	19"	LG.Philips TN+Film	5 ms	~27-40.000Ft
Fujitsu-Siemens	X17-2	17"	TN+Film	12 ms	
	L20W-1	20"	TN+Film	5 ms	~36-49.000 Ft
Apple Cinema Display	A1080	20"WS	LG.Philips S-IPS	16 ms	~185-200.000FT

A Samsung, LG és Fujitsu-Siemens monitorok a hullámhossz függvényében a fénysűrűség vizsgálata mind fehérenél, feketénél, vörös, zöld és kék színnél. Minden esetben a monitor kontrasztja és fényereje 100%-os volt, valamint a műszert minden egyes monitor összes paraméterének lemérése után kalibráltam.

A LCD panel szint valósít meg azáltal, hogy megszűri a háttérfényt, ami általában egy hideg-katód fluoreszkáló háttérvilágítás. Manapság a piacokon egyre terjed a LED-es háttérvilágítású LCD is. A hideg-katód fluoreszkáló kijelzők a CRT-hez hasonlóan viselkednek, amikor melegszenek be, így legalább 45 percet kell várni, míg megfelelő eredményt nyújt mérés szempontjából.

A következő ábrákon a lemért monitorok spektrális karakterisztikáit mutatom be.

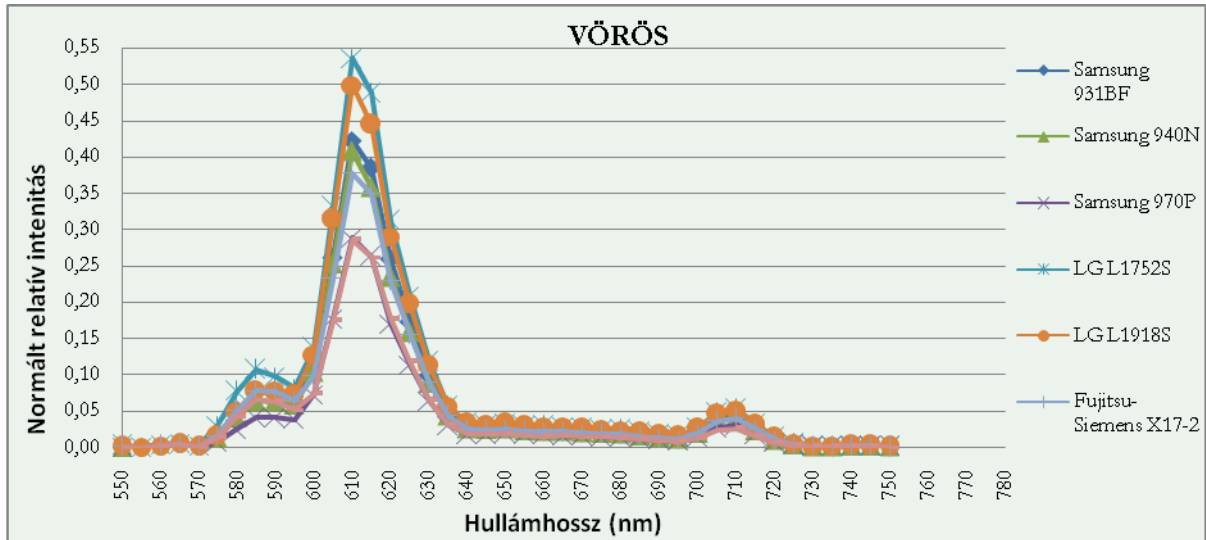


10. ábra LCD monitorok spektrális karakterisztikái fehér színnél

A 10. ábra a monitorok spektrális sugárzás karakterisztikái fehér szín esetében ábrázolja. Mivel a görbék spektrális jellegre hasonlóak, csak magasságilag térnek el egymástól, nagy valószínűséggel a háttérfény fluoreszkáló fényforrás (mivel csak az újabb és felsőbb kategóriás monitorok építenek be LED-es háttérvilágítást). Ezen tulajdonságot a későbbiekben majd a módszer tervezésénél előnyösen fel lehet használni. A fehér színinger karakterisztikák a 3 alapszíninger karakterisztikáinak a maximum sugárzás által jöttek létre, additíve keverve.

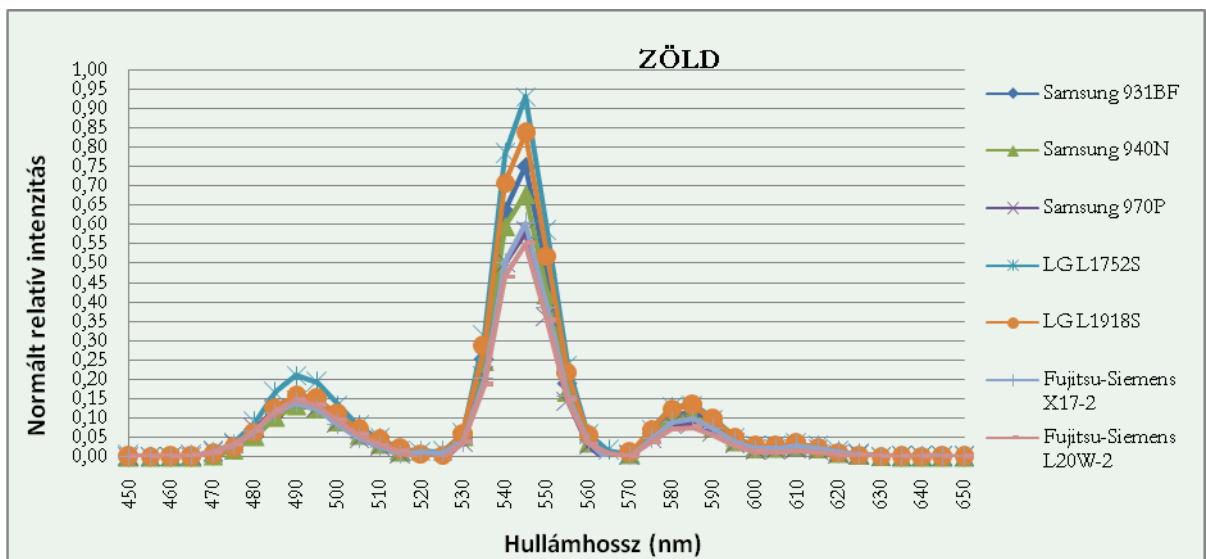
Majd a 11-13. ábrákon a vörös-zöld-kék színek spektrális karakterisztikái láthatóak.



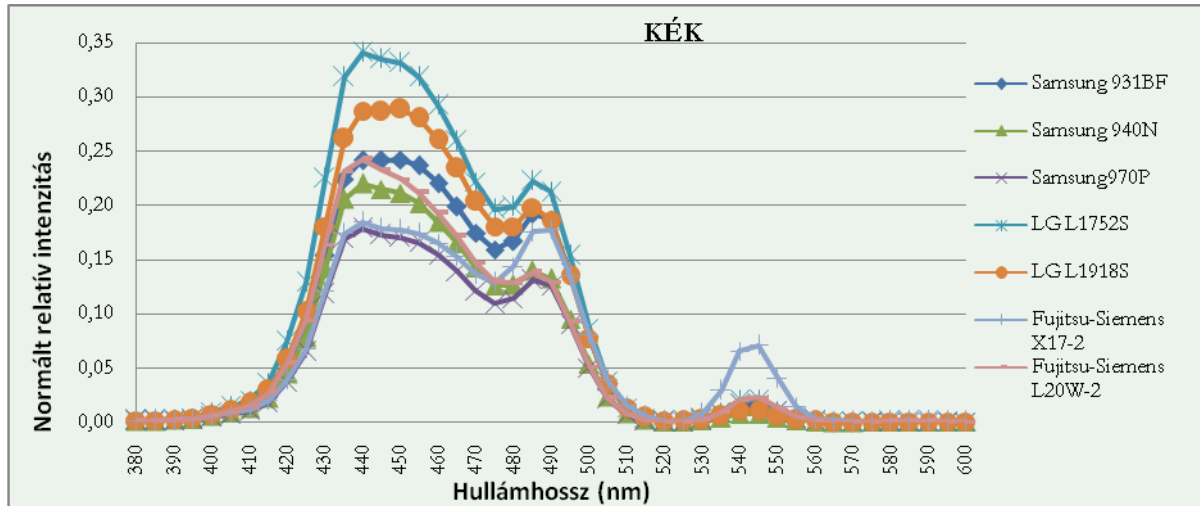


11. ábra LCD monitorok spektrális karakterisztikái vörös szín esetében

A vörös, zöld és kék csatorna karakterisztikák meghatározásánál a paletta értékeket a könnyebb összehasonlíthatóság végett színcsatornánként 1-re normáltam, a mérések legnagyobb relatív intenzitás értékével, azaz 3200-al.



12. ábra LCD monitorok spektrális karakterisztikái zöld szín esetében



13. ábra LCD monitorok spektrális karakterisztikái kék szín esetében

A karakterisztikák ábrázolása után láthatók, hogy a spektrális eloszlások hasonlóak, tehát nagy valószínűséggel a változók ugyanazok és szűrők azonosak. Tehát mind az LG TN+film panelek, mind pedig a Samsung TN+film panelek hasonló tulajdonságokkal bírnak. A kék szín spektrális karakterisztikáinak ábrázolása után a Fujitsu-Siemens X17-2 monitor esetében egy úgynevezett anomáliát lehet felfedezni, amely az üzemidővel vagy egyéb technikai paraméterrel van összefüggésben.

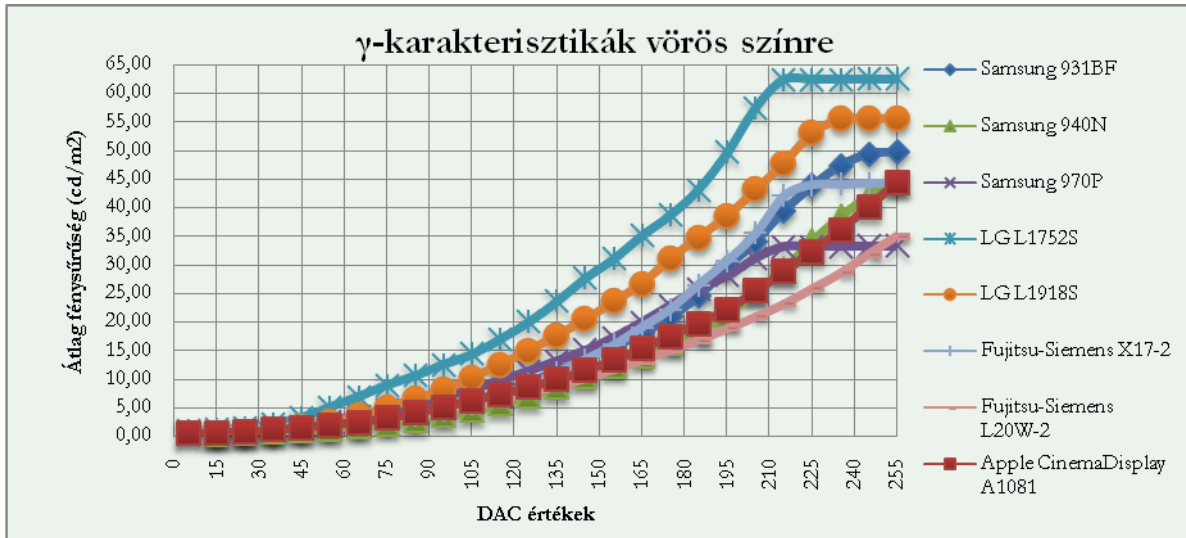
## (2) $\gamma$ karakterisztikák

A monitor paramétereit közül a legfontosabb a gamma karakterisztika, segítségével ugyanis a spektrális karakterisztikán kívül az összes többi paraméter kiszámítható.

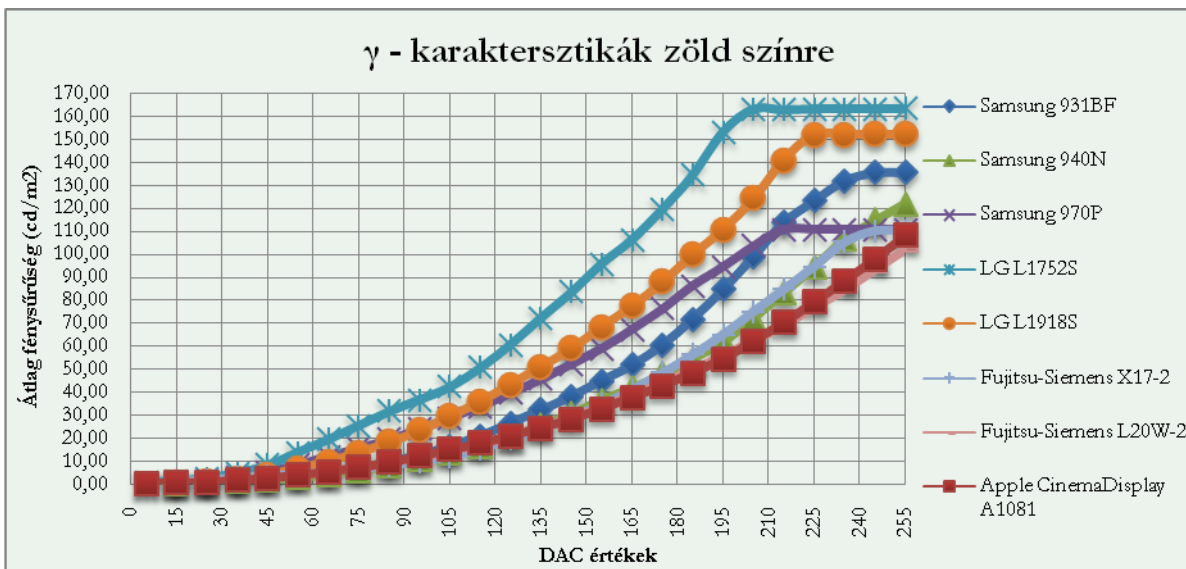
A csatorna karakterisztikák meghatározásához az alapszínigereket 10-10 paletta értéként mértem, egészen nulláig. A monitorokat minden esetben 100% fényerősségre és kontrasztra állítottam. Valamint, amelyik monitornál lehetett állítani, ott 6500K színhőmérsékletet állítottam be, amelyiknél nem ott a színbeállításnál az R-G-B értéket 50-50-50-es értékre állítottam. Mindhárom alapszínigerekre külön elvégeztem a méréseket, minden egyes esetben 3-szor mértem és végül az átlag fényűrűséget ábrázoltam a DAC függvényében a diagramban.

Mivel minden monitorban a menü segítségével befolyásolhatók az alapszínigerek csatorna karakterisztikái, ezért minden esetben az úgynevezett „custom” beállítást használtam. Mivel több alapbeállítás is található itt, a jövőre tekintve, érdemes lehet más beállítással is megvizsgálni az adott készüléket. Hiszen minden egyes alapbeállítás más és más monitor beállítást tartalmaz.

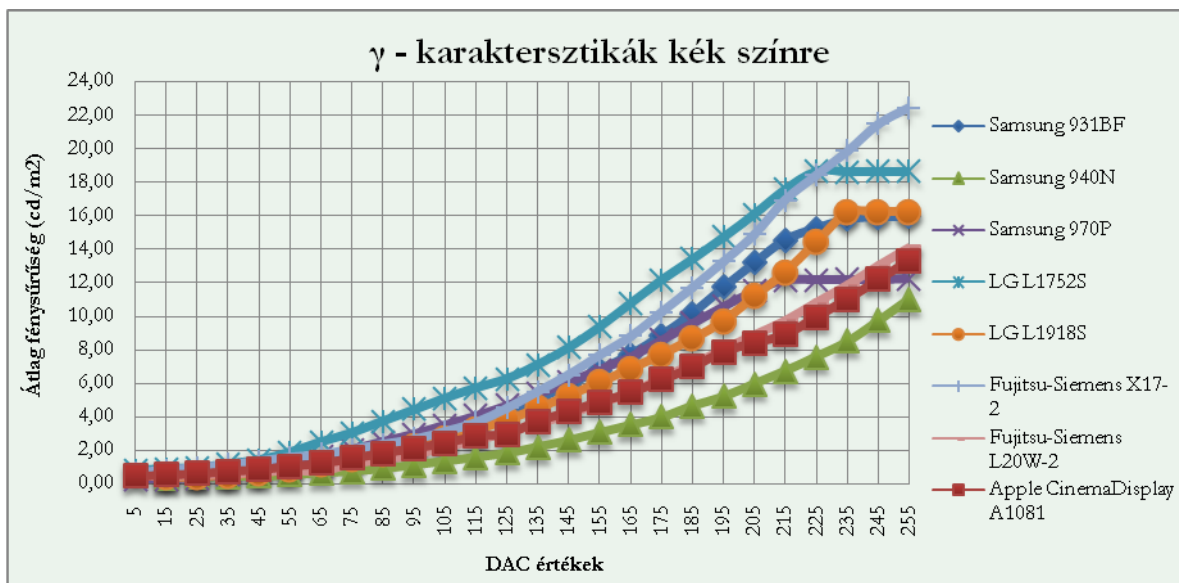
A 14-16. ábrákon a vörös-zöld-kék  $\gamma$ - karakterisztikák láthatóak.



14. ábra LCD monitorok vörös  $\gamma$  - karakterisztikái

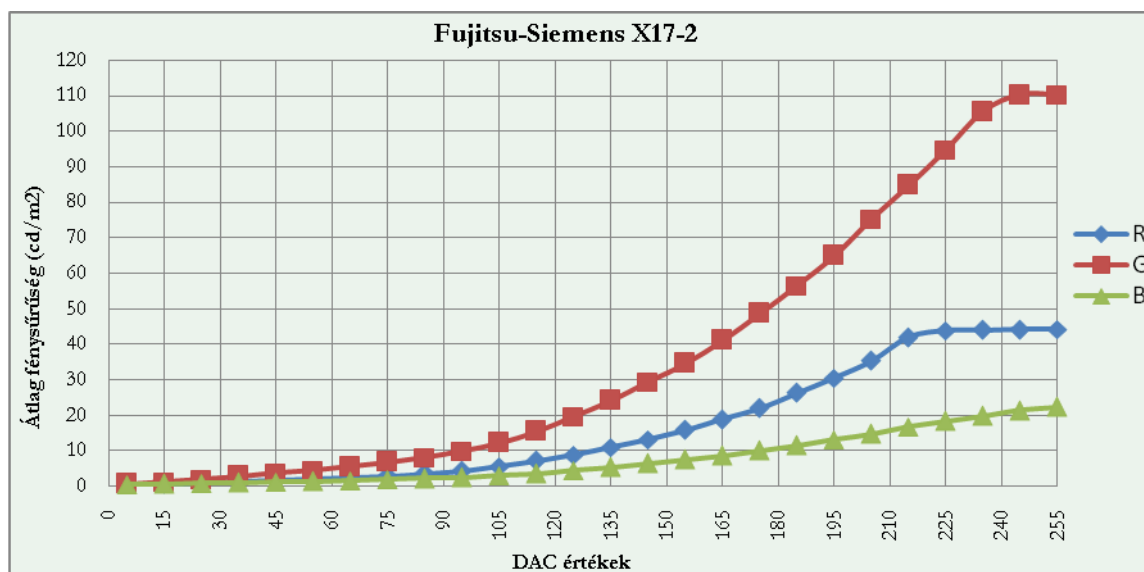


15. ábra LCD monitorok zöld  $\gamma$  - karakterisztikái

16. ábra LCD monitorok kék  $\gamma$  - karakterisztikái

Ábrázolva a különböző csatornakeresztszűkítőket, 2 dolgot veszünk észre nagyon hamar. Az egyik, hogy vannak olyan görbék, amelyek úgymond egy bizonyos DAC értéket elérve kiegyenesedik a görbe. A másik, pedig vannak olyan görbék, amelyek nem törnek le egy bizonyos DAC érték elérése után.

Erre egy példa a lentebb látható diagramban ábrázolt vörös-zöld-kék szín spektrális karakterisztikái a Fujitsu-Siemens X17-2 monitornak.

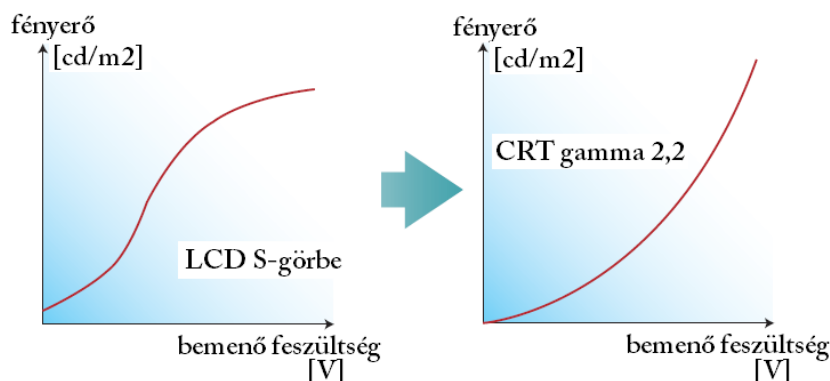
17. ábra Fujitsu-Siemens X17-2 monitor  $\gamma$ -karakterisztikái vörös, zöld és kék színnél

A diagramról leolvasható, hogy mind a 3 karakterisztika más és más, ez annak tulajdonítható, hogy a 3 színpanel nincsen megfelelően szinkronizálva; az alapszínínger csatorna karakterisztikák nagyban eltérnek egymástól. A csatorna karakterisztika jellege úgynevezett szigmoid.

Az érzékeny bemeneti feszültséggel szemben a megvilágítás kimeneti karakterisztikája az LCD monitornál szemléltet „S”- alakú görbe (szigmoid), amely nagyon különböző egy CRT

monitor gammájához képest. A CRT monitor gammája azért fontos, mert ez tükrözi a leghűbben az emberi szemet.

A görbe alakja attól függően, hogy a monitornak milyen gamma karakterisztikája van, azaz milyen a benne lévő panel tulajdonsága, amely szintén szigmoid jellegű, más és másmilyen. A cél az lenne, hogy az LCD monitor gamma karakterisztikái hasonlítsanak a CRT monitor 2,2 gamma karakterisztikáira (18. ábra), ez attól függ, hogy az „S” alakú görbét minél precízebben, alaposabban elektromosan kompenzálják, hogy passzoljon a 2,2 gamma görbére. Habár az ellensúlyozás mértéke jelentős, a tény, hogy a kompenzálást meg kell valósítani 2 nem lineáris görbe között, eléggé nehéz.



18. ábra LCD S-görbe <=> CRT gamma karakterisztikája

A második dolog, hogy míg a CRT szín foszfort használ, addig az LCD RGB színszűrőket, hogy előállítsa a színeket. Habár nagyon tiszta RGB színszűrőket használnak a szakemberek az LCD monitorokban, de a különböző működési elvek a másik ok, hogy az LCD kijelzők színei miért nem egyeznek meg tökéletesen a CRT-hez képest, bármelyik videó monitoron vagy CIE színtérképen.

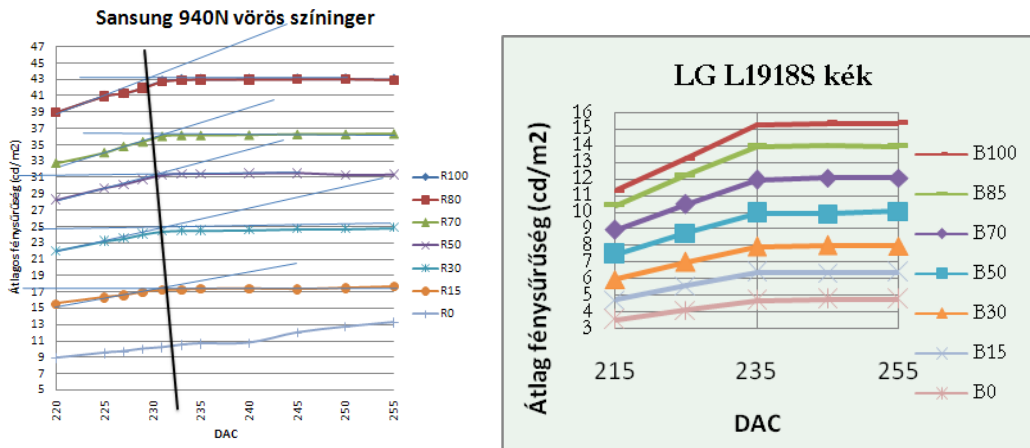
A vörös a 245-os DAC értéktől, míg a kék pedig már a 225-ös DAC értéktől változatlan. Ez a jelenség az úgynevezett „visszahajlás”, azaz rendszerint nem a 255-ös DAC értéken veszik fel az 1 értéket, hanem egy kicsit korábban. A „visszahajlás” mértéke különböző, és inkább csak a szigmoid jellegű karakterisztikákra jellemző.

Így a kivetített kép nagy paletta értékű elemei hamar telítésbe jutnak, és a vetített kép kontrasztarányai kedvezőtlenül módosulhatnak. Megszűnik továbbá a csatorna karakterisztikák invertálhatósága, ami pedig minden kalibrációs eljárás elengedhetetlen feltétele.

Valamint a zöld szín eléggé alacsony átlag fénysűrűség értékkel bír, amely miatt a megjelenített kép színhiányosnak tűnhet, hiszen csak a 165 DAC értéknél éri el a 10 cd/m<sup>2</sup>-es értéket, és nagyon sokáig a DAC értékhez tartozó átlagos fénysűrűség még szinte teljesen megegyezik az alap-fekete (0 DAC) spektrummal.

### (3) Világosság és kontraszt karakterisztikák

Majd az úgynevezett maximum pontot vizsgáltam, ahol a „visszahajlás” bekövetkezett. Arra voltam kíváncsi, hogy a kontraszt majd a világosság változtatásával ez a pont milyen elmozdulás következik be. Először a kontrasztot változtattam, míg a fényerősség 100% volt végig; majd fordítva. Ebben az esetben a műszert monitoronként, és R-G-B színenként is kalibráltam. A lentebbi 19. ábrán bemutatok egy pár eredményt.



19. ábra Világosság és kontraszt karakterisztikák

Mind a kontraszt, mind pedig a világosság csökkentése esetében az tapasztalható, a görbék egyre kilaposodnak, és amikor kezd hasonlítani egy CRT gamma-görbére, a monitoron beállított kontraszt vagy fényerősség túl kicsi lesz ahhoz, hogy a monitort használni lehessen.

Sajnos ezen kísérletekből a későbbiek folyamán további eredmény nem vonható le.

## 7) Kiértékelés, konklúziók

△ Mivel a spektrális karakterisztikák hasonlóan bizonyultak, ezért későbbiek folyamán 1 vagy 3 detektoros, 3 szűrős, mérési módszer kidolgozása lehetséges.

△ Mivel az LCD monitorok többsége produkálja valamelyik alap színíngernél az úgynevezett „visszahajlást”, a jövőben megvalósítani szeretett egyszerűbb, olcsóbb kalibrációs eszközt, a mérésnél csak 0-200 DAC tartományban legyen vizsgálva. Hiszen a folyadékkristályok telítésbe mennek, nem tudnak többet megjeleníteni, azaz a polárszűrő előbb kap maximális feszültséget, mint kéne. A cél persze az lenne, hogy minél később érje el a maximális feszültséget, tehát minél később nyisson ki.

△ LCD monitorok elektronikai vezérlésének vizsgálata (polárszűrő mikor éri el a maximális feszültséget, amikor telítésbe mennek a kristályok).

## 8) Jövőbeli tervek

△ Minél több fajta és féle LCD monitor megismerés és bemérése, mind alsóbb, mind felsőbb ár kategóriásakat is. Végül ezen adatokat egy adatbázisban rögzíteni, amelyet majd a megvalósított kalibráló berendezés segítségével automatikusan ki lehessen választani a listából, hogy éppen milyen paraméterekre van szükség, vagy mikkel rendelkezik.

△ Céлом lenne még a mérés során felhasznált adatok egyszerűbb és gyorsabb feldolgozása, valamint a kompatibilitási problémák kiküszöbölés.

△ Valamint a mérési módszerek kidolgozása.



## 9) Köszönetnyilvánítás

Köszönetet szeretnék mondani családomnak, barátomnak a támogatásért, és azon személyeknek, akik lehetőséget biztosítottak számomra, hogy monitorjukat megmérhessem. Valamit a NKTH TECH\_08\_A2 (2008) MOBIFLEX projektnek, amely anyagi támogatásával elősegítette ennek a cikknek a létrejöttét.

## 10) Felhasznált irodalom

Introduction to Flat Panel Displays (Jiun-Haw Lee, David N. Liu, Shin-Tson Wu; 2008)

<http://www.devicelink.com/mem/archive/98/10/013.html>

<http://www.flatpanelshd.com/panels.php>

<http://www.tftcentral.co.uk/panelsearch.htm>