



UNIVERSITAT DE BARCELONA



DISSENY I CONSTRUCCIÓ D'UN CORRELADOR ÒPTIC DUAL INTEGRANT LES ARQUITECTURES DE VANDERLUGT I DE TRANSFORMADES CONJUNTES

Universitat de Barcelona
Departament de Física Aplicada i Òptica

Ignasi Labastida i Juan

Capítol 3

Caracterització de les pantalles de cristall líquid

En el capítol anterior hem presentat les pantalles de cristall líquid perquè seran els moduladors espacials de llum que utilitzarem en els muntatges de correlació que dissenyarem i construirem. Hem realitzat una anàlisi general que es pot aplicar a qualsevol LCD del tipus TNLC però ara cal que estudiem amb més detall les pantalles on visualitzarem les imatges.

En aquest capítol presentem les LCDs que hem utilitzat en els muntatges analitzant les seves característiques físiques, el seu funcionament com a SLMs i les diferents configuracions de treball que hem trobat i que emprarem a l'hora de visualitzar les imatges en els correladors.

Els moduladors que emprarem són LCDs extretes de dos models diferents de video-projectors comercials. Les principals diferències entre aquests dos aparells està en les característiques físiques de les pantalles. Unes tenen resolució CGA i les altres VGA, és a dir que el nombre de píxels és diferent. La distància entre els píxels i la grandària d'aquests també varia de model en model, reduint-se ambdós valors en les LCDs de més resolució. Encara hi ha una característica que varia d'un model a l'altre com és el gruix dels moduladors. Aquesta diferència serà determinant a l'hora d'estudiar el comportament de les pantalles com veurem posteriorment.

3.1 Caracterització de pantalles CGA

En aquesta secció estudiarem tres pantalles extretes de dos videoprojectors comercials Epson VP-100PS. La principal característica d'aquestes pantalles és la seva resolució CGA, teòricament de 320×200 píxels. D'aquests tres moduladors n'hi ha un,

el que anomenarem “LCD-CGA *verda* 2”, que de fet ja ha estat caracteritzat en una tesi anterior [MB98] però que en aquest treball cal presentar-ne les corbes operatives ja que s’ha utilitzat en muntatges posteriors com es veurà en el Capítol 4. Les altres dues pantalles han estat extretes d’un segon videoprojector del mateix model i han estat caracteritzades en aquest treball.

Feta aquesta consideració pel que fa a l’origen de les LCDs, primer descriurem les característiques físiques d’aquests moduladors i després, seguint el mètode de caracterització explicat en la Secció 2.3, buscarem una sèrie de corbes operatives per a cadascuna d’aquestes pantalles. D’alguna manera dividim l’estudi d’aquests SLMs en una part de caracterització física i una de caracterització funcional.

3.1.1 Característiques físiques de les pantalles CGA

L’anàlisi estructural de les LCDs és merament descriptiu però és necessari ja que cal conèixer-ne les característiques per optimitzar el funcionament del correlador. Un dels elements més importants que cal determinar és el pixelat ja que fixarà les escales adients en cada muntatge.

Aquests dispositius són força semblants a d’altres del mateix fabricant, que han estat estudiats prèviament (per exemple l’Epson Crystal Image [KGTJ92]). Tanmateix, aquestes pantalles tenen algunes propietats diferents ja que es tracta d’un model de videoprojector europeu. Cada equip de projecció Epson VP-100PS té tres pantalles que corresponen a cada canal de color en el sistema RGB, vermell, verd i blau. En els muntatges òptics que construirem en necessitarem dues, per tant cal treure aquestes LCDs del projector, en aquest cas les extretes corresponen al canal verd i al blau. A partir d’ara utilitzarem els noms “LCD-CGA *verda*” i “LCD-CGA *blava*” per anomenar-les. En la Figura 3.1 es poden veure el model de videoprojector utilitzat, un detall de l’interior on s’hi pot observar la disposició de les tres pantalles, i una imatge d’una de les LCDs un cop extreta.

Amb els moduladors fora de l’aparell podem estudiar les seves característiques físiques. Les dimensions de la zona pixelada de les pantalles és de 25.6×19.8 mm que correspon a 320×264 píxels, la grandària dels quals és de 55×50 μm i llur separació de 80×75 μm . En la Figura 3.2 es mostra un esquema de les característiques d’aquests dispositius on s’observa que no tots els píxels són actius. El fet de tenir una zona activa (310×242 píxels) menor que la nominal ens obliga a tenir cura a l’hora d’enviar-hi imatges perquè és possible que es perdi informació per culpa d’una mala visualització. D’aquest problema ens ocupem en la Secció 3.1.2, on estudiem el fun-

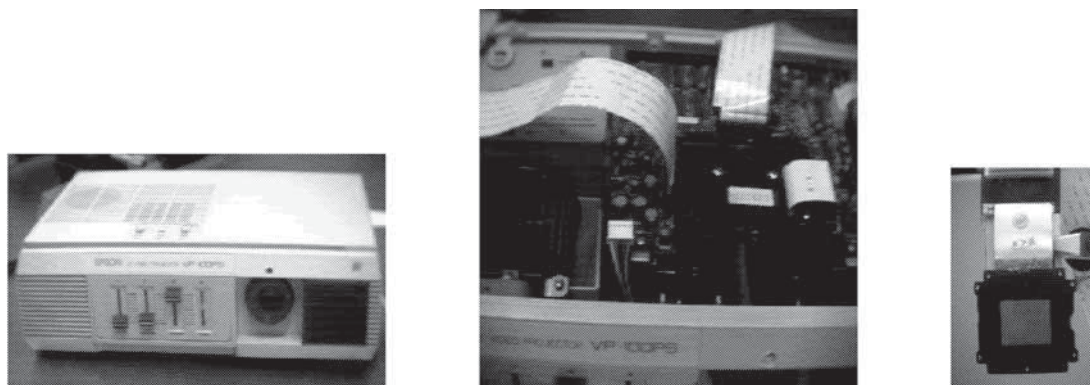


Figura 3.1: Videoprojector Epson VP-100PS, detall de l'interior i LCD extreta del projector

cionament de les pantalles.

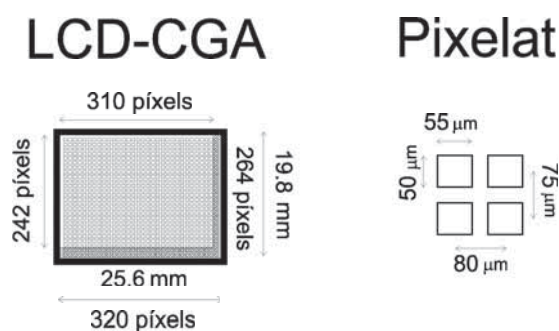


Figura 3.2: Esquema d'una LCD-CGA i del seu pixelat

Com a resum, en la Taula 3.1 presentem les diferències que hi ha entre les característiques físiques del model europeu (Epson VP-100PS) i el model nordamericà (Epson Crystal Image). Les dades d'aquest darrer model han estat extretes de l'estudi fet per Kirsch et al. [KGTJ92].

Model videoprojector	Píxels nominals	Píxels actius	Dimensions píxel	Distància entre píxels
VP-100PS	320×264	310×242	55×50 μm	80×75 μm
Crystal Image	320×220	320×220	55×60 μm	80×90 μm

Taula 3.1: Taula comparativa entre els dos models de videoprojector Epson de resolució CGA: VP-100PS (europeu) i Crystal Image (nordamericà).

Un altre aspecte que cal tenir en compte en aquest estudi és la determinació dels paràmetres que determinen les orientacions de les molècules. El mètode utilitzat és el de col·locar la pantalla apagada entre polaritzadors paral·lels i creuats, i mesurar la

transmitància [SL94, SM94]. De les mesures experimentals i fent un ajust a la funció teòrica s'han obtingut els valors que es mostren en la Taula 3.2.

Pantalla	α	β_M	Ψ_E
LCD-CGA verda	81°	323°	2.5°
LCD-CGA blava	-81°	322°	1.5°

Taula 3.2: Paràmetres per a les LCD-CGA.

3.1.2 Funcionament de les pantalles CGA

Les imatges que volem visualitzar en aquestes pantalles són imatges digitals que estan emmagatzemades, per exemple, en un ordinador. Aquestes imatges es poden veure mitjançant qualsevol visualitzador o amb l'ajuda d'una targeta digitalitzadora i un monitor, com en el nostre cas. També hi ha la possibilitat que siguin imatges rebudes a "temps real", per exemple a partir d'una càmera CCD, ja que el model de videoprojector utilitzat permet l'entrada de senyal de vídeo. Les imatges que s'envien des de l'ordinador a les pantalles, o directament des d'una càmera, han de controlar-se mitjançant una electrònica.

El sistema electrònic de control que utilitzarem és el del mateix videoprojector comercial. El senyal que arriba a les LCDs a través de l'electrònica surt d'un ordinador mitjançant una targeta digitalitzadora Matrox PIP-1024B. La sortida d'aquest dispositiu és RGB, és a dir que hi ha una sortida per cadascun dels tres canals. L'entrada al videoprojector és variable i una de les opcions és la RGB.

El primer efecte que s'observa en enviar una imatge a través de la targeta digitalitzadora i l'electrònica, és el de visualitzar a les pantalles una imatge modificada respecte l'original. Aquesta distorsió és deguda a més d'un efecte. A continuació analitzarem totes les fonts de distorsió que fan que la imatge a la LCD no sigui l'original.

En utilitzar aquestes pantalles primer cal tenir en compte com les col·loquem en el correlador i com estaven muntades en el videoprojector. El mètode de projecció utilitzat per aquest aparell es basa en la separació de les tres components RGB. El projector utilitza una font de llum blanca però separa les tres longituds d'ona corresponents al vermell, verd i blau, mitjançant miralls i prismes dicroics. D'aquesta manera cadascuna de les tres pantalles només ha de mostrar la informació corresponent al seu color. Amb l'ajuda d'un prisma, els tres canals s'ajunten a la sortida per tal de projectar la imatge en color. Aquest sistema de separació de la llum està esquematitzat a

la Figura 3.3. Les pantalles estan marcades com R, G o B i es pot veure com la llum va perdent cada component en travessar els diferents prismes. Finalment un tercer prisma recombina les tres components i la imatge es projecta amb l'objectiu.

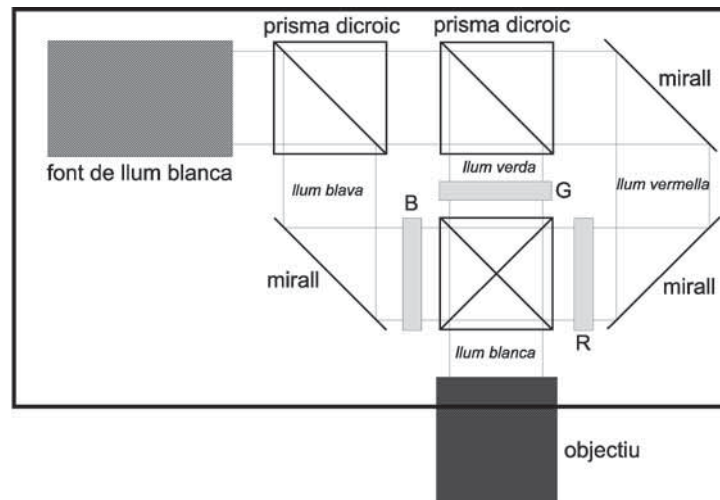


Figura 3.3: Col·locació de les tres LCDs en el videoprojector on s'observa la separació en components RGB de la llum.

Aquest mètode de separació i combinació dels tres canals RGB fa que la informació es visualitzi de manera diferent en la LCD del canal verd que en les altres dues. Aquestes últimes presenten una reflexió addicional en la imatge, tal i com s'observa en l'esquema de la Figura 3.4. Aquest efecte és necessari per contrarestar la reflexió que produeix el prisma que combina els tres canals a la sortida.

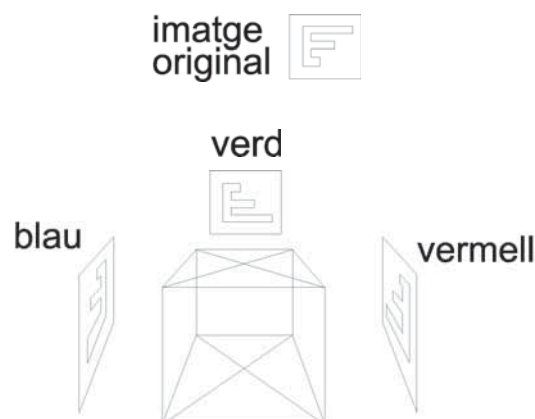


Figura 3.4: Orientació de les imatges en les tres LCDs del projector

Un segon efecte a tenir en compte, a més de la col·locació de les pantalles, és la dis-

minució en la grandària de la imatge que es visualitza en la LCD. Aquesta reducció, o *zoom negatiu*, no és igual per a cada direcció. El nombre de files disminueix a la meitat, mentre que en les columnes el factor de disminució és aproximadament de 1:1.5. Aquesta variació cal estudiar-la amb cura si es vol que les pantalles mostrin la imatge original emmagatzemada a l'ordinador.

Però no només hi ha l'efecte d'aquest *zoom negatiu* en la imatge visualitzada en la pantalla, sinó que s'aprecia un segon fenomen: no tots els píxels del modulador són actius i no tots els de la imatge original arriben a la LCD. En la caracterització física de les pantalles ja s'ha comentat que aquests dispositius només empren 310×242 píxels, però ara s'ha pogut observar que, a més, reben el senyal de la imatge original com si aquesta no comencés a partir de la primera fila ni la primera columna, amb la conseqüent pèrdua d'informació.

Tenint en compte totes aquestes característiques en el funcionament de les LCDs, cal enviar-hi una imatge modificada per tal que la visualitzada en la pantalla sigui la desitjada o la més semblant possible. El mètode utilitzat per corregir totes aquestes distorsions s'explica en la Secció 3.1.3.

Quan el correlador operi amb les dues LCDs caldrà tenir en compte altres causes de distorsió en el resultat final en el pla de correlació. Una d'aquestes és la separació entre els píxels de les pantalles. Com ja s'ha vist, l'interpixelat d'aquestes LCDs és rectangular, per tant caldria fer una correcció en el pla de Fourier. Per evitar aquestes correccions es col·loquen els moduladors creuats 90° entre ells i d'aquesta manera aquestes distorsions s'eliminen. En col·locar una LCD girada cal enviar-hi la imatge que es vol mostrar amb el gir adequat.

Una altra causa de distorsió és el fenomen de *cross-talk* o interferència que fa que en una pantalla arribi el senyal de la imatge que s'ha enviat a l'altra LCD tot i que prèviament les imatges s'han separat i a més entren i surten per canals diferents. Aquest fenomen és difícil d'eliminar però es pot minimitzar amb una configuració adequada dels controls de brillantor, contrast i color del projector.

3.1.3 Conversió d'imatges de la targeta digitalitzadora a les pantalles CGA

Com ja s'ha comentat abans, les pantalles CGA utilitzades en els muntatges, tenen 320×264 píxels nominals dels quals només en són útils 310×242 . El nombre de píxels horitzontals actius pot variar en un o dos, d'una LCD a una altra en un mateix projector (en algunes es pot arribar a un pixelat útil de 311×242). En canvi la imatge

que es visualitza al monitor i que controla la targeta digitalitzadora és de 512×512 píxels. Experimentalment s'observa que l'electrònica converteix aquesta imatge de la següent manera: les 28 primeres files i les 34 primeres columnes de la imatge original en la targeta es perden, quedant 478×484 píxels com a ample de banda real. Amb les 484 files es fa una mitjana dues a dues segons la Figura 3.5, esdevenint les 242 files útils de la LCD. En la mateixa Figura 3.5 es pot veure que hi ha un predomini de les files senars. Per altra banda, la conversió de les columnes és més complexa. Es passa de 478 columnes a la targeta a 310 columnes a la LCD fent una mitjana on s'interpol·len els valors d'alguns píxels i se'n perden d'altres.

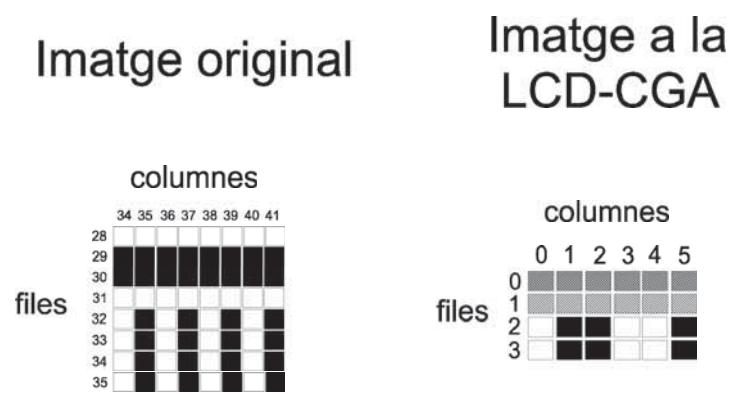


Figura 3.5: Conversió de la imatge original a la imatge en la LCD-CGA

Per evitar aquesta pèrdua d'informació de la imatge original, cal utilitzar imatges d'unes dimensions màximes de 310×242 píxels i transformar-les abans d'enviar-les a les LCDs mitjançant un zoom a una àrea de 478×484 . Així la imatge a la LCD correspondrà a l'original. Aquest zoom és un procés que actua inversament a la disminució que es produeix en les LCDs. En la literatura s'han proposat mètodes semblants a l'utilitzat en aquest treball per tenir un control píxel a píxel amb aquest tipus de LCDs, [KMMJ96].

El mètode aplicat es basa en duplicar el nombre de files de la imatge original mitjançant la repetició de cada fila de píxels per sota de la fila original amb les mateixos valors de nivell de gris. D'aquesta manera la imatge original passa de 242 a 484 files de píxels, on cada fila té una rèplica sota seu.

Com ja s'ha dit, la conversió de les columnes és més complexa perquè cal passar de 310 columnes de la imatge a les 478 necessàries. Una primera solució és la de seguir el mètode emprat amb les files, és a dir duplicar els píxels d'algunes columnes seguint una seqüència determinada fins arribar al nombre necessari. Si s'aplica aquest mètode

es veu que el resultat en la imatge que es visualitza en la pantalla no és gaire bo. Un mètode millor és el de realitzar un zoom interpol·lant segons una llei lineal. El factor de zoom utilitzat és de 1.542, és a dir $\frac{478}{310}$. Aquest factor pot variar depenent del nombre de columnes útils en cada LCD. Amb aquest mètode la imatge original i la que es pot visualitzar en la LCD són força semblants. No obstant això, per a imatges crítiques com poden ser un tram de binari píxel a píxel, es pot veure que les files estan totalment controlades però les columnes tenen alguna fallada. El fet de controlar les files permet utilitzar aquestes pantalles en situacions on el control píxel a píxel sigui necessari, com en la codificació d'hologrames digitals.

Així doncs, per a cada imatge que es vulgui enviar a la LCD caldrà fer un procés previ de transformació que consistirà en un zoom duplicant les files i un zoom interpol·lant les columnes amb un factor 1.542.

3.1.4 Corbes operatives obtingudes amb les pantalles CGA

Seguint el mètode de caracterització descrit anteriorment, amb aquestes pantalles s'han obtingut una sèrie de configuracions depenent de la polarització de la llum abans i després de travessar la pantalla així com del voltatge que s'hi aplica. Com s'ha dit amb anterioritat s'han caracteritzat dues pantalles extremes d'un mateix projecteur, corresponents al canal verd i al blau, tot i que també s'ha utilitzat una tercera LCD extrema d'un segon videoprojector de la qual es mostren les corbes operatives obtingudes en una caracterització prèvia [MB98].

Per caracteritzar la modulació en amplitud i en fase s'han utilitzat 17 nivells de gris i la resta de valors, fins arribar als 256, s'han interpolat a l'hora de generar les corbes.

En el cas de la pantalla verda o *LCD-CGA verda* s'han trobat tres corbes, una d'alt contrast, una de quasi només amplitud i una de quasi només fase (Figures 3.6, 3.7 i 3.8, respectivament).

Aquestes configuracions s'han obtingut amb unes determinades posicions dels controls de contrast, brillantor i color del videoprojector i amb llum polaritzada linealment a l'entrada i la sortida de la LCD mitjançant un polaritzador i un analitzador. Les corbes s'han buscat sense variar els controls del projecteur per tal d'aconseguir connectar simultàniament dues pantalles en el mateix aparell però que treballin en configuracions diferents. En la Taula 3.3 es poden veure les condicions de polarització i la posició dels controls, que pot variar en una escala de 0 a 10.

A partir dels valors de modulació obtinguts amb les tres corbes podem comparar el màxim contrast i el màxim desfasament que hi trobem. Aquests resultats són els que

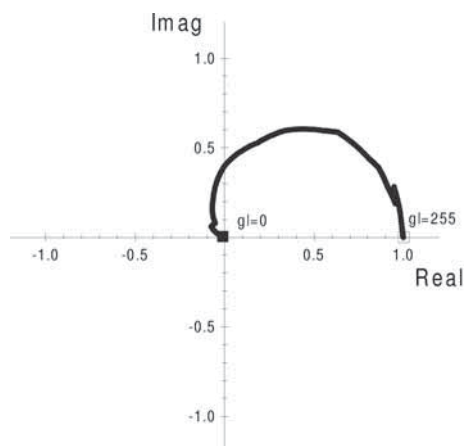


Figura 3.6: Configuració d'alt contrast per a la LCD-CGA verda

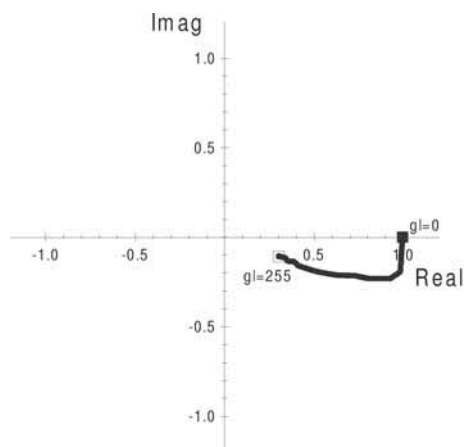


Figura 3.7: Configuració de quasi només amplitud per a la LCD-CGA verda

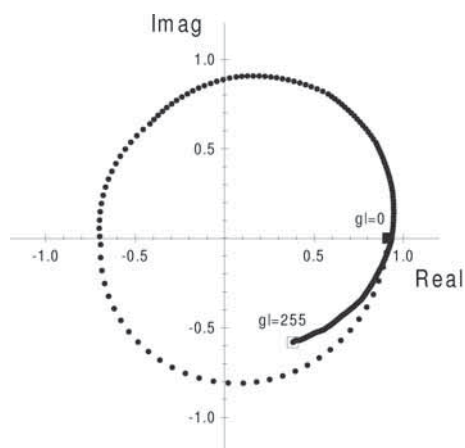


Figura 3.8: Configuració de quasi només fase per a la LCD-CGA verda

es mostren en la Taula 3.4

Si observem els valors de contrast màxim obtinguts, es veu que els resultats de la

Configuració	(Pol, Ana)	(Ll, Cn, Cl)
HC	(2°, 4°)	(0, 10, 6)
AM	(88°, 8°)	(0, 10, 6)
PM	(8°, 64°)	(0, 10, 6)

Taula 3.3: Condicions de polarització i de brillantor (Br), contrast (Cn) i color (Cl), per obtenir les corbes de la LCD-CGA verda

Configuració	Contrast	Desfasament
HC	100:1	0.90π
AM	10:1	0.12π
PM	2:1	2.32π

Taula 3.4: Valors màxims de contrast i desfasament corresponents a les configuracions de la LCD-CGA verda

corba d'AM no són gaire bons per utilitzar-la com a configuració per mostrar-hi imatges amb molts nivells de gris. En canvi, és una bona corba pel que fa al valor de màxim desfasament ja que introdueix una modulació en fase molt baixa. Per altra banda, la modulació en fase que aporta la configuració de HC és prou important per haver d'introduir modificacions a l'hora de generar imatges digitals que vulguem visualitzar en aquests moduladors i en aquestes condicions. Aquest fet l'analitzarem en una secció posterior. El contrast que ofereix aquesta corba és força bo si el comparem amb altres configuracions del mateix tipus. Si mirem la corba de PM observem que el seu comportament en amplitud és prou bo ja que el valor màxim contrast només arriba a 2:1. El que cal remarcar és el fet de superar els 2π radians en la modulació en fase. Si volem utilitzar aquesta pantalla per mostrar informació de fase haurem de limitar els nivells de gris.

En el cas de la *LCD-CGA blava* també s'han trobat tres corbes, una d'alt contrast, una de quasi només amplitud i una de quasi només fase (Figures 3.9, 3.10 i 3.11, respectivament).

Com en el cas de la *LCD-CGA verda*, aquestes configuracions s'han obtingut només variant la polarització lineal d'entrada i sortida mitjançant la rotació del polaritzador i l'analitzador. En la Taula 3.5 es poden veure les condicions de polarització i les posicions dels controls del videoprojector, que són fixes i a més coincideixen amb les de la Taula 3.3.

El fet d'haver obtingut les corbes d'ambdues pantalles amb els controls del projector en la mateixa posició ens permetrà tenir les dues LCDs connectades simultàniament

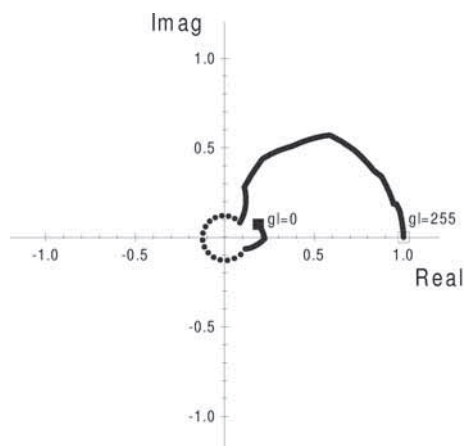


Figura 3.9: Configuració d'alt contrast per a la LCD-CGA blava

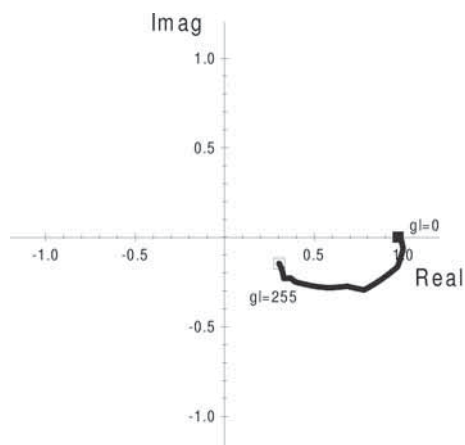


Figura 3.10: Configuració de quasi només amplitud per a la LCD-CGA blava

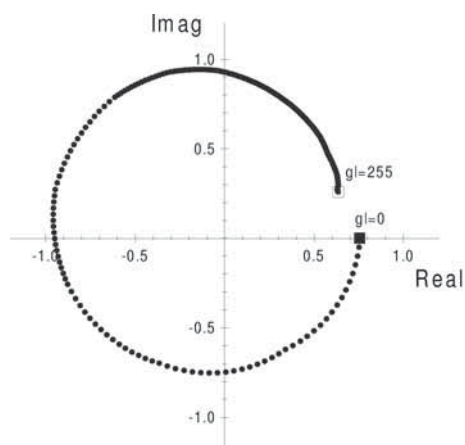


Figura 3.11: Configuració de quasi només fase per a la LCD-CGA blava

en qualsevol de les tres configuracions.

En la Taula 3.6 es mostren els valors màxims de contrast i desfasament que s'acon-

Configuració	(Pol, Ana)	(Ll, Cn, Cl)
HC	(2°, 0°)	(0, 10, 6)
AM	(-88°, -4°)	(0, 10, 6)
PM	(-3°, -58°)	(0, 10, 6)

Taula 3.5: Condicions de polarització i de brillantor (Br), contrast (Cn) i color (Cl), per obtenir les corbes de la LCD-CGA blava

segueixen amb la LCD-CGA blava en les tres configuracions estudiades.

Configuració	Contrast	Desfasament
HC	70:1	2π
AM	8:1	0.2π
PM	2:1	1.88π

Taula 3.6: Valors màxims de contrast i desfasament corresponents a les configuracions de la LCD-CGA blava

Amb aquesta pantalla també s'observa que la corba d'AM dona molt poc contrast comparada amb la configuració HC tot i que introdueix molt poca modulació en fase. Els valors de contrast d'aquesta darrera corba són prou bons i el desfasament entre els nivells no és un problema gaire greu com explicarem a posteriori. Pel que fa a la tercera corba que hem trobat, la de PM, es pot veure que en aquest cas no s'arriben als 2π radians de modulació en fase però pot ser suficient per ser utilitzada per mostrar-hi filtres de fase. Pel que fa a l'amplitud, la variació és força petita.

Cal tornar a recordar que totes aquestes corbes que hem trobat estan limitades per la fixació en els controls de l'electrònica, és a dir que poden no ser les òptimes per aquestes pantalles. No obstant això, les configuracions obtingudes semblen prou bones per ser utilitzades per les LCDs en els diferents muntatges experimentals.

Aquestes dues pantalles són les que s'han utilitzat per muntar el primer correlador convergent de VanderLugt, que s'explicarà extensament en la Secció 5.3. Anteriorment, englobat en una altra tesi ([MB98]), s'havia caracteritzat una pantalla del mateix tipus extreta d'un segon projector del mateix model (Epson VP-100PS). Aquesta LCD corresponia al canal verd i la utilitzarem per mostrar les imatges en el primer correlador de transformades conjuntes (explicat en la Secció 4.2). El mètode de caracterització va ser el mateix que s'ha descrit anteriorment i les corbes operatives que es van trobar són les que es poden veure a les Figures 3.12 i 3.13.

De fet es varen trobar més corbes que la d'alt contrast i la de quasi només fase [MB98] però aquestes dues són les configuracions que necessitarem per als muntatges del

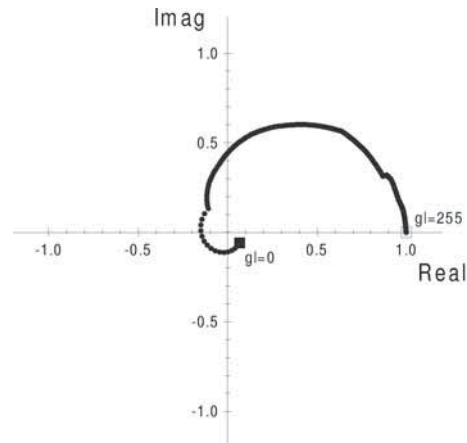


Figura 3.12: Configuració d'alt contrast per a la LCD-CGA verda 2

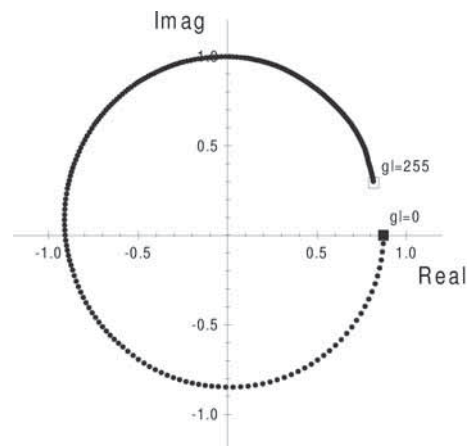


Figura 3.13: Configuració de quasi només fase per a la LCD-CGA verda 2

tipus JTC.

Les condicions de polarització i de voltatge per obtenir aquestes dues darreres corbes operatives es mostren en la Taula 3.7.

Configuració	(Pol, Ana)	(Ll, Cn, Cl)
HC	$(-6^\circ, 5^\circ)$	(2, 10, 10)
PM	$(-4^\circ, 65^\circ)$	(0, 10, 0)

Taula 3.7: Condicions de polarització i de brillantor (Br), contrast (Cn) i color (Cl), per obtenir les corbes de la LCD-CGA verda 2

Com es pot apreciar en la Taula 3.7, els controls del videoprojector varien d'una configuració a una altra. Aquesta pantalla va ser utilitzada en un muntatge de JTC monobanc amb la qual cosa només hi havia aquesta LCD connectada a l'electrònica i per tant, les condicions del voltatge aplicat podien variar entre les dues transforma-

cions que requereixen les arquitectures JTC.

D'aquestes dues darreres configuracions en podem veure els seus valors màxims de contrast i desfasament en la següent taula:

Configuració	Contrast	Desfasament
HC	126:1	1.77π
PM	1.4:1	1.89π

Taula 3.8: Valors màxims de contrast i desfasament corresponents a les configuracions de la LCD-CGA verda 2

Es pot observar que les corbes obtingudes amb aquesta pantalla són semblants a les configuracions que s'han trobat per les altres dues LCDs del segon videoprojector. El valor del contrast del mode HC és força elevat mentre que el desfasament que s'introdueix en la configuració PM és quasi de 2π radians. Aquest resultat són satisfactoris per tal d'utilitzar aquest modulador en aquests dos modes de treball.

3.2 Caracterització de pantalles VGA

Les pantalles CGA ofereixen un bon rendiment en muntatges òptics, com es veurà en els propers capítols, però tot i aconseguir corbes operatives adients per visualitzar-hi imatges, tenen algun inconvenient com el control píxel a píxel o la limitació en la grandària de les imatges a 256×256 píxels, amb la pèrdua d'alguns d'aquests. Per aquesta raó s'ha volgut treballar amb un nou tipus de moduladors i per tant ha calgut realitzar-ne una anàlisi de caracterització i funcionament. Aquestes noves LCDs tenen resolució VGA¹ (640×480 píxels) i han estat extretes d'un videoprojector comercial Epson EMP-3000. Com en el cas de les CGA, cal estudiar les seves característiques físiques, el seu funcionament i trobar corbes operatives prou bones per mostrar les imatges necessàries en els muntatges de correlació òptica.

3.2.1 Característiques físiques de les pantalles VGA

Com ja hem remarcat anteriorment, les característiques del pixelat dels moduladors seran determinants a l'hora d'ajustar les escales i les distàncies en els muntatges òptics. En aquest videoprojector hi ha tres pantalles corresponents als tres canals RGB disposades de la mateixa manera que en l'aparell CGA (Figura 3.3). En aquest

¹Video Graphics Adapter

cas, n'hem extret dues, les corresponents al canal blau i al canal vermell. Hem triat aquestes dues per evitar la del verd que es comporta de manera diferent, tal i com s'ha explicat en un apartat anterior i com es pot veure en la Figura 3.4. Una d'aquestes LCDs, així com l'aparell videoprojector amb les dues connexions a les pantalles, es mostra en la Figura 3.14.

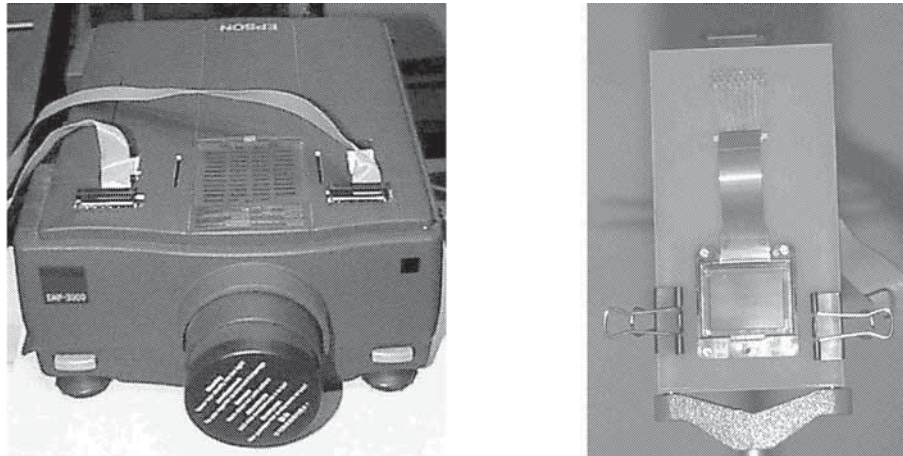


Figura 3.14: Videoprojector Epson EMP-3000 i LCD extreta del projector

Les principals característiques d'aquestes pantalles són la grandària de la seva àrea activa, 26.88×20.16 mm, que corresponen a 640×480 píxels. Les dimensions de cada píxel són de 25×30 μm i l'interpíxelat és de 42×42 μm . A la Figura 3.15 es pot veure un esquema de les característiques físiques d'aquestes LCDs.

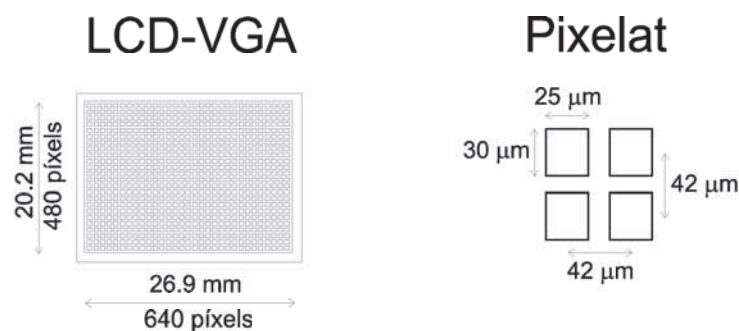


Figura 3.15: Esquema d'una LCD-VGA i del seu píxelat

Si comparem aquests dispositius amb les LCD-CGA el primer que observem és que la resolució s'ha duplicat però a més podem disposar de tots els píxels nominals de la pantalla, és a dir tota l'àrea de la pantalla és activa, ja que ara la informació s'enviarà a través de la targeta gràfica VGA de l'ordinador. Un altre aspecte a tenir en compte

és que ara l'interpíxelat és quadrat per tant no hi haurà cap distorsió en difractor-se les imatges, i com a conseqüència no caldrà girar algun dels dos moduladors.

Amb les pantalles apagades s'han determinat els paràmetres característics seguint el model de les quatre mesures de transmissió [YE95a]. Primer s'han ajustat seguint el model senzill i després s'ha tingut en compte l'efecte de l'existència de la zona de no gir [CZGM96]. Tots aquests procediments han estat explicats prèviament. Els valors obtinguts han estat els que es mostren en la Taula 3.9.

Pantalla	α	β_M	Ψ_E	τ
LCD-VGA vermella	-81°	323°	2.5°	-
LCD-VGA blava	-81°	322°	1.5°	-
LCD-VGA vermella (zng)	-77.5°	308°	2.5°	15°
LCD-VGA blava (zng)	-77°	304°	1.5°	15°

Taula 3.9: Paràmetres per a les LCD-VGA. Valors sense i amb l'efecte de la zona de no gir (zng).

Dels resultats obtinguts es pot veure com l'efecte d'introduir la zona on no hi ha gir molecular canvia una mica el valor l'angle de gir total i el de la màxima birefringència. El coneixement dels valors d'aquests paràmetres permet simular les condicions de polarització en una determinada configuració.

3.2.2 Funcionament de les pantalles VGA

Com en el cas anterior, volem controlar les dues pantalles mitjançant la pròpia electrònica del videoprojector d'on s'han extret. En aquest cas, no necessitem una targeta digitalitzadora per enviar les imatges a l'electrònica sinó que podem utilitzar la pròpia targeta VGA de l'ordinador. D'aquesta manera les imatges que apareixen al monitor de l'ordinador es visualitzen simultàniament en les LCDs. Aquest fet implica tenir un control píxel a píxel i no tenir distorsions en la imatge que es visualitza en el modulador respecte l'original pel que fa a la pèrdua de píxels o la interpolació de files o columnes.

Si en el cas de les pantalles CGA necessitàvem un mètode per controlar simultàniament les dues imatges amb una única targeta digitalitzadora i una única electrònica, ara el que ha canviat és la targeta, que és la targeta gràfica VGA. El nombre de nivells de gris que podem utilitzar per cada imatge ve donat per la capacitat de memòria d'aquest dispositiu. Mitjançant programari podem enviar una imatge de 16 bits, repartits en 5 bits per cada canal RGB i un bit de control. D'aquesta manera les imatges hauran de tenir 32 nivells de gris com a màxim. Com en el cas anterior,

la reducció dels 256 nivells originals a aquests 32 no és significativa en termes de correlació. Aquest procediment s'explicarà amb més detall quan es descriguin els correladors de tipus VanderLugt.

3.2.3 Corbes operatives de les pantalles VGA

Un cop s'han extret les noves pantalles del videoprojector i s'han analitzat les seves característiques i el seu funcionament, cal buscar unes configuracions adients per poder-les utilitzar en un correlador òptic, ja sigui del tipus VanderLugt com el de transformades conjuntes.

El mètode de caracterització utilitzat ha estat el mateix que amb les LCD de resolució CGA i, com en aquell cas, hem intentat trobar les tres configuracions típiques (alt contrast, quasi només fase i quasi només amplitud).

La millor corba de HC que s'ha aconseguit per a la pantalla corresponent al canal vermell (*LCD-VGA vermella*) ha estat la de la Figura 3.16, mentre que per a la del canal blau (*LCD-VGA blava*) ha estat la que es pot veure en la Figura 3.17.

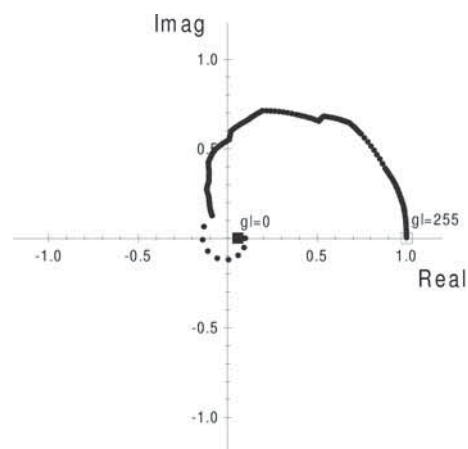


Figura 3.16: Configuració d'alt contrast per a la LCD-VGA vermella

Pel que fa a les corbes de PM, les millors que s'han assolit són les que es mostren en les Figures 3.18 (per a la *LCD-VGA vermella*) i 3.19 (per a la *LCD-VGA blava*).

Pel que fa a les corbes de quasi només amplitud hem de fer notar que ha estat impossible trobar-ne cap que es pogués considerar d'AM. Cal remarcar que la cerca de configuracions torna a estar limitada pel fet de voler tenir ambdues pantalles connectades simultàniament al mateix videoprojector, reduint les possibles corbes a les diferents combinacions de posició del polaritzador i l'analitzador. De fet, si mirem les dues corbes de quasi només fase que hem obtingut (Figures 3.18 i 3.19), ja podem

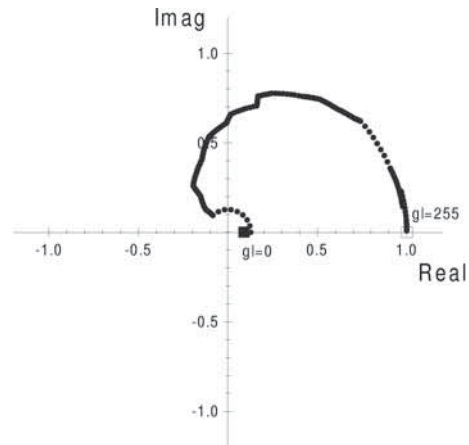


Figura 3.17: Configuració d'alt contrast per a la LCD-VGA blava

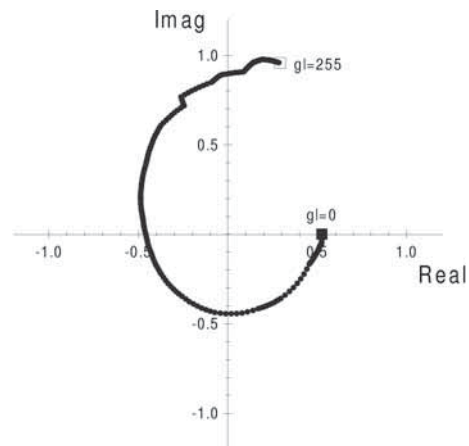


Figura 3.18: Configuració de quasi només fase per a la LCD-VGA vermella

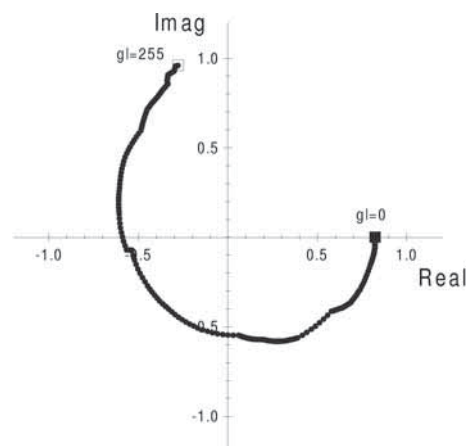


Figura 3.19: Configuració de quasi només fase per a la LCD-VGA blava

observar que la variació en l'amplitud és força important. D'aquests resultats experimentals podem concloure que amb llum polaritzada linealment tenim un acoblament

molt important entre la modulació en amplitud i la modulació en fase. Aquest fet no es presentava quan utilitzàvem les pantalles CGA i pot ser degut a la reducció en el gruix dels nous dispositius [DMT98].

Com en el cas de les primeres LCDs podem resumir en dues taules (Taules 3.10 i 3.11) les condicions de polarització i les posicions, fixades, dels controls de brillantor, contrast i color del videoprojector VGA. Cal fer notar que en aquesta ocasió les millors posicions d'aquests controls són unes altres que abans. Cada videoprojector té unes característiques diferents i a més el mètode d'enviar les imatges també ha variat. Després de fer una sèrie de proves vàrem concloure que calia fixar-los en la meitat de l'escala de 0 a 10.

Configuració	(Pol, Ana)	(Ll, Cn, Cl)
HC	(0°, 91°)	(5, 5, 5)
PM	(5°, 64°)	(5, 5, 5)

Taula 3.10: Condicions de polarització i de brillantor (Br), contrast (Cn) i color (Cl), per obtenir les corbes de la LCD-VGA vermella

Configuració	(Pol, A)	(Ll, Cn, Cl)
HC	(0°, 91°)	(5, 5, 5)
PM	(-29°, 88°)	(5, 5, 5)

Taula 3.11: Condicions de polarització i de brillantor (Br), contrast (Cn) i color (Cl), per obtenir les corbes de la LCD-VGA blava

Pel que fa al contrast i al desfasament que ofereixen aquestes quatre corbes, en les Taules 3.12 i 3.13 queden reflectits els valors màxims d'ambdós paràmetres.

Configuració	Contrast	Desfasament
HC	125:1	0.69π
PM	5.4:1	1.60π

Taula 3.12: Valors màxims de contrast i desfasament corresponents a les configuracions de la LCD-VGA vermella

Dels resultats obtinguts cal destacar que les corbes de HC són força bones per ser utilitzades en els muntatges òptics que hem dissenyat, però en canvi les corbes de PM no són les més adients ja que el valor màxim de la modulació en fase no està proper als 2π radians, i la variació en l'amplitud no es pot considerar quasi constant. De fet aquestes corbes podríem classificar-les com a configuracions acoblades.

Configuració	Contrast	Desfasament
HC	124:1	0.75π
PM	4.3:1	1.41π

Taula 3.13: Valors màxims de contrast i desfasament corresponents a les configuracions de la LCD-VGA blava

Així doncs, la cerca de corbes operatives del tipus PM no ha estat satisfactòria, i per tant hem de plantejar-nos una nova estratègia. Ens podríem decidir per utilitzar filtres adaptats a les corbes que optimitzin algun paràmetre, tal i com es fa en mètodes del tipus MEDOF (Minimum Euclidean Distance Optimal Filter) [Jud93]. Una altra opció és la d'intentar procediments alternatius per seguir utilitzant filtres de fase i així poder comparar els resultats obtinguts entre els dos tipus de LCDs. Hem d'intentar buscar configuracions on intervinguin altres factors encara que estiguem limitats pel fet de voler tenir una única electrònica controlant dues LCDs. Tot i així, per aconseguir configuracions de quasi només fase, la primera prova a realitzar és la d'utilitzar llum polaritzada el·lípticament tant a l'entrada com a la sortida dels moduladors [PC93, DMT98, MDDA98].

3.2.4 Corbes operatives de les pantalles VGA amb llum polaritzada el·lípticament

Per tal d'aconseguir utilitzar les pantalles VGA en una configuració on pràcticament només hi hagi modulació en fase, estudiarem l'efecte de tenir llum polaritzada el·lípticament a l'entrada i a la sortida de la LCD.

Quan la llum que travessa un SLM es troba en un dels estats propis de polarització d'aquest dispositiu, la modulació que rebrà serà de només fase. Per a una LCD aquests estats propis són de polarització el·líptica [PC93], és a dir, que si llum polaritzada el·lípticament en unes determinades condicions passa a través d'una pantalla de cristall líquid no es modificarà en amplitud i només quedarà modulada en fase. Cal cercar la configuració de llum polaritzada el·lípticament a l'entrada i a la sortida de la LCD amb la qual s'aconsegueixi aquest tipus de modulació, o sigui trobar els estats propis del modulador.

Si es fa una anàlisi teòrica a partir de les matrius de Jones de les LCDs [DMT98], es dedueix que cal col·locar la pantalla entre dues parelles de polaritzador i làmina quart d'ona, tal i com es pot veure a la Figura 3.20.

Aquestes làmines $\lambda/4$ tenen un eix ràpid i un eix lent. Per aconseguir una configu-

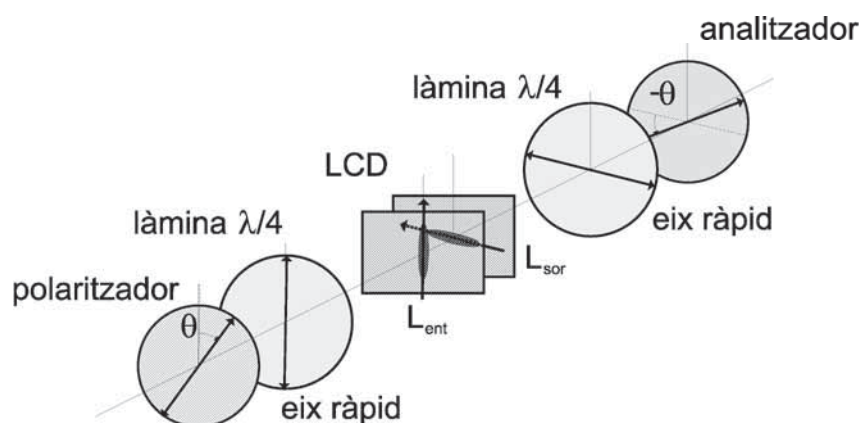


Figura 3.20: Muntatge per obtenir llum polaritzada el·lípticament a l'entrada i a la sortida de la LCD-VGA vermella

ració de només fase cal que aquests eixos estiguin orientats paral·lels als vectors directors moleculars de la cara d'entrada i de la de sortida de la LCD, respectivament. La pantalla que volem caracteritzar mitjançant aquest procediment és la LCD-VGA vermella, els paràmetres de la qual s'han determinat i són els de la Taula 3.9.

Un cop s'han orientat les làmines cal que l'angle entre el polaritzador i la primera làmina sigui θ mentre que el de l'analitzador ha d'estar orientat $-\theta$ respecte la segona làmina.

La manera de caracteritzar aquesta pantalla amb aquesta configuració és la mateixa que hem explicat prèviament (Secció 2.3). L'única diferència és el canvi dels dos polaritzadors per dues parelles de polaritzador més làmina $\lambda/4$. A partir dels paràmetres de la pantalla calculats anteriorment s'han pogut conèixer les orientacions moleculars a l'entrada i la sortida del modulador. Mitjançant els models teòrics hem pogut fer una aproximació prou bona per cercar l'angle θ que és qui determinarà la posició del polaritzador i l'analitzador respecte les làmines. El valor d'aquest angle ha estat de $\theta = 35^\circ$. En aquestes condicions, la corba que hem aconseguit és la que es mostra en la Figura 3.21.

Aquesta configuració s'ha obtingut amb els mateixos valors dels controls del video-projector que les corbes anteriors i la posició dels elements de polarització han estat determinats pels vectors directors, com s'ha explicat. A la Taula 3.14 s'especifiquen tots aquests valors i posicions.

Observant la Figura 3.21 ja es pot apreciar que la modulació en fase que introdueix la configuració obtinguda amb llum polaritzada el·lípticament només arriba a uns π radians mentre que l'amplitud es manté pràcticament constant. Els valors d'aquests

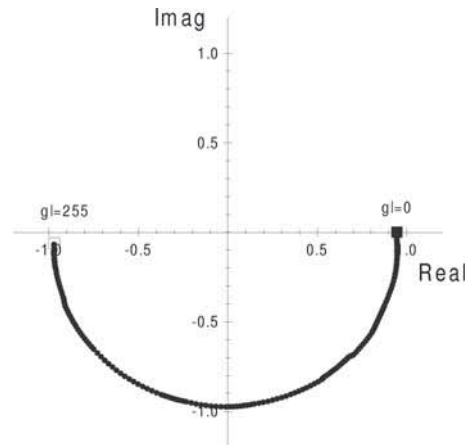


Figura 3.21: Configuració de $[0-\pi]$ només fase per a la LCD-VGA vermella

Configuració	(Pol, Ana)	($\lambda/4$ (ent), $\lambda/4$ (sor))	(LI, Cn, CI)
$[0-\pi]$ només fase	(36.5° , -111°)	(1.5° , -76°)	(5, 5, 5)

Taula 3.14: Condicions de polarització i de brillantor (Br), contrast (Cn) i color (CI), per obtenir la corba $[0-\pi]$ només fase de la LCD-VGA vermella

paràmetres es mostren a la Taula 3.15.

Configuració	Contrast	Desfasament
$[0-\pi]$ només fase	1.1:1	0.98π

Taula 3.15: Valors màxims de contrast i desfasament corresponents a la configuració $[0-\pi]$ només fase de la LCD-VGA vermella

Aquesta configuració de només fase és molt bona de 0 a π radians ja que la seva variació en amplitud és constant, però el principal problema és aquesta limitació en la modulació de fase. Hi ha un parell d'estratègies conegudes per augmentar el desfasament que introdueix una LCD quan la seva birefringència no és prou alta degut al gruix del dispositiu. La primera és la d'utilitzar llum de longitud d'ona més baixa [KM98], per exemple un làser d'argó ($\lambda=512$ nm). No hem pogut provar-ho perquè no disposem d'aquest equipament en el nostre laboratori, o sigui que hem buscat una segona solució, com és la d'utilitzar una configuració de doble pas [YE95b]. Aquesta configuració es basa en fer passar dues vegades la llum pel conjunt de pantalla i elements polaritzadors per tal de doblar la capacitat moduladora de la LCD (Figura 3.22).

Aquest mètode ens semblava adient per aconseguir una bona corba operativa de només fase a partir de la configuració $[0-\pi]$, però a l'hora de provar-lo se'ns ha presentat el problema de la reflexió. Els moduladors que utilitzem reflecteixen molt la

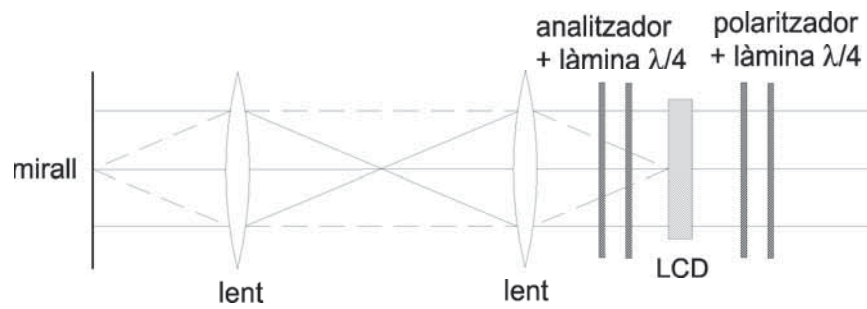


Figura 3.22: Muntatge per doblar la capacitat moduladora de la LCD

llum i per tant la fracció que passa dues vegades és inapreciable respecte la reflectida. Descartades les dues opcions per augmentar la capacitat moduladora de la pantalla, hem optat per buscar mètodes alternatius modificant les imatges o filtres que necessitem visualitzar. Aquestes solucions s'explicaran en els capítols corresponents als diferents muntatges de correlació.

