



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

Bibliografia

- [Abb73] E. Abbe, 'Beiträge zur theorie des mikroskops und der mikroskopischen wahrnehmung', *Archiv fur Mikroskopische Anatomie* **9**, 413–463 (1873).
- [AKJ90] A. A. S. Awwal, M. A. Karim and S. R. Jahan, 'Improved correlation discrimination using an amplitude modulated phase-only filter', *Appl. Opt.* **29**, 233–236 (1990).
- [BCG90] B. B. Bock, T. A. Crow and M. K. Giles, 'Design considerations for miniature optical correlation systems that use pixelated input and filter transducers', *Proc. SPIE* **1347**, 297–309 (1990).
- [Bur70] C. B. Burckhardt, 'A simplification of Lee's method of generating holograms by computer', *Appl. Opt.* **9**, 1949–1949 (1970).
- [BVJFM92] S. Bosch, S. Vallmitjana, I. Juvells and J. R. de F. Moneo, 'Scale-tunable diffractometer for spatial light modulators. a design procedure', *Proc. SPIE* **1780**, 592–601 (1992).
- [BW99] M. Born and E. Wolf. *Principles of optics*. Cambridge University Press, Cambridge (1999).
- [Car93] A. Carnicer. *Reconocimiento óptico de formas en tiempo real mediante un correlador de transformadas conjuntas. Análisis de fenómenos no lineales*. Tesi Doctoral, Universitat de Barcelona, Barcelona (1993).
- [CCG91] N. Clark, C. M. Crandall and M. K. Giles, 'Using liquid crystal TVs in Vander Lugt optical correlators', *Proc. SPIE* **1564**, 439–451 (1991).
- [CGC91] C. M. Crandall, M. K. Giles and N. Clark, 'Performance limitations of miniature optical correlators', *Proc. SPIE* **1564**, 98–109 (1991).

- [CMDM98] D. T. Carrott, G. Mallaley, R. B. Dydyk and S. A. Mills, 'Third generation Miniature Ruggedized Optical Correlator (MROC) model', *Proc. SPIE* **3386**, 38–44 (1998).
- [CRP98] T. H. Chao, G. Reyes and Y. Park, 'Grayscale optical correlator', *Proc. SPIE* **3386**, 60–64 (1998).
- [CRPC98] T. H. Chao, G. Reyes, Y. Park and D. Collins, 'Real-time adaptive optical joint transform correlator', *Proc. SPIE* **3386**, 45–49 (1998).
- [CYZ⁺96] L. Cai, Y. Yin, S. Zhou, P. Yen, N. Marzwell and H.-K. Liu, 'Translation sensitivity adjustable compact optical correlator and its application for fingerprint recognition', *Opt. Eng.* **35**, 415–422 (1996).
- [CZGM96] J. A. Coy, M. Zaldarriaga, D. F. Grosz and O. E. Martínez, 'Characterization of a liquid crystal television as a programmable spatial light modulator', *Opt. Eng.* **35**, 15–19 (1996).
- [DMT98] J. A. Davis, I. Moreno and P. Tsai, 'Polarization eigenstates for twisted-nematic liquid-crystal displays', *Appl. Opt.* **37**, 937–945 (1998).
- [DTDM99a] J. A. Davis, P. Tsai, K. G. D'Nelly and I. Moreno, 'Ambiguities in measuring the physical parameters for twisted-nematic liquid crystal spatial light modulators', *Opt. Eng.* **38**, 705–709 (1999).
- [DTDM99b] J. A. Davis, P. Tsai, K. G. D'Nelly and I. Moreno, 'Simple technique for determining the extraordinary axis direction for twisted-nematic liquid crystal spatial light modulators', *Opt. Eng.* **38**, 929–932 (1999).
- [DWB⁺89] J. A. Davis, M. A. Waring, G. W. Bach, R. A. Lilly and D. M. Cottrell, 'Compact optical correlator design', *Appl. Opt.* **28**, 10–11 (1989).
- [Efr95] U. Efron. *Spatial light modulator technology: materials, devices and applications*. Marcel Dekker, New York (1995).
- [EGH96] P. S. Erbach, D. A. Gregory and J. B. Hammock, 'Phase-only joint transform correlator', *Appl. Opt.* **35**, 3091–3096 (1996).
- [FBLC86] D. L. Flannery, A. M. Biernacki, J. S. Loomis and S. L. Cartwright, 'Real-time coherent correlator using binary magnetoopic spatial light modulators at input and Fourier planes', *Appl. Opt.* **25**, 466–466 (1986).

- [FPMB⁺00] C. R. Fernández-Pousa, I. Moreno, N. Bennis, C. Gómez-Reino and C. Ferreira, 'Graphical representation of non-absorbing polarization devices', *Opt. Commun.* **183**, 347–356 (2000).
- [Gar77] A. D. Gara, 'Real-time optical correlation of 3-d scenes', *Appl. Opt.* **16**, 149–153 (1977).
- [GJB⁺75] J. Grinberg, A. Jacobson, W. Bleha, L. Miller, L. Fraas, D. Boswell and G. Myer, 'A new real-time non-coherent to coherent light image converter: the hybrid field effect liquid crystal light valve', *Opt. Eng.* **14**, 217–225 (1975).
- [GP93] P. G. de Gennes and J. Prost. *The physics of liquid crystals*. Clarendon Press, Oxford (1993).
- [Gre86] D. A. Gregory, 'Real-time pattern recognition using a modified liquid crystal television in a coherent optical correlator', *Appl. Opt.* **25**, 467–469 (1986).
- [GRS96] L. Gonçalves, D. Roberge and Y. Sheng, 'Full-range, continuous, complex modulation by the use of two coupled-mode liquid-crystal televisions', *Appl. Opt.* **35**, 4567–4576 (1996).
- [HG84] J. L. Horner and P. D. Gianino, 'Phase-only matched filtering', *Appl. Opt.* **23**, 812–816 (1984).
- [Jav89] B. Javidi, 'Nonlinear joint power spectrum based optical correlation', *Appl. Opt.* **28**, 2358–2367 (1989).
- [JBM94] R. D. Juday, R. S. Barton and S. E. Monroe, 'Experimental correlator results with coupled modulators and advanced metrics', *Proc. SPIE* **2297**, 76–88 (1994).
- [JK95] B. K. Jones and J. C. Kirsch, 'Optical correlator comparison of near and far field ISAR imagery', *Proc SPIE* **3386**, 312–317 (1995).
- [JL82] D. Joyeux and S. Lowenthal, 'Optical Fourier transform: what is the optimal setup?', *Appl. Opt.* **21**, 4368–4372 (1982).
- [JTZP94] B. Javidi, Q. Tang, G. Zhang and F. Parchekani, 'Image classification with a chirp-encode joint transform correlator', *Appl. Opt.* **33**, 6219–6227 (1994).

- [Jud93] R. D. Juday, 'Optimal realizable filters and the minimum Euclidean distance principle', *Appl. Opt.* **32**, 5100–5111 (1993).
- [JVB92] I. Juvells, S. Vallmitjana and S. Bosch, 'Analysis of a scale tunable telephoto lens diffractometer and its use in optical correlation', *J. Mod. Opt.* **39**, 1107–1115 (1992).
- [JVCC91] I. Juvells, S. Vallmitjana, A. Carnicer and J. Campos, 'The role of amplitude and phase of the Fourier transform in digital image processing', *Am. J. Phys.* **59**, 744–748 (1991).
- [JWT91] B. Javidi, J. Wang and Q. Tang, 'Multiple-object binary joint transform correlation using multiple level threshold crossing', *Appl. Opt.* **30**, 4234–4244 (1991).
- [KGDS98] R. E. Kilpatrick, J. H. Gilby, S. E. Day and D. R. Selviah, 'Liquid crystal televisions for use as spatial light modulators in a complex optical correlator', *Proc. SPIE* **3386**, 70–77 (1998).
- [KGTJ92] J. C. Kirsch, D. A. Gregory, M. W. Thie and B. K. Jones, 'Modulation characteristics of the Epson liquid crystal television', *Opt. Eng.* **31**, 963–970 (1992).
- [KH90] B. V. K. V. Kumar and L. Hassebrook, 'Performance measures for correlation filters', *Appl. Opt.* **29**, 2997–3006 (1990).
- [KM98] T. L. Kelly and J. Munch, 'Wavelength dependence of twisted nematic liquid crystal phase modulators', *Opt. Commun.* **156**, 252–258 (1998).
- [KMMJ96] J. Knopp, M. V. Morelli, S. E. Monroe and R. D. Juday, 'Pixel-level complex control of an EPSON LCTV SLM', *Proc. SPIE* **2752**, 144–152 (1996).
- [KMR⁺97] J. P. Karins, S. A. Mills, J. R. Ryan, R. B. Dydyk and J. Lucas, 'Performance of a second-generation miniature ruggedized optical correlator module', *Opt. Eng.* **36**, 2747–2753 (1997).
- [KMS⁺94] J. P. Karins, S. A. Mills, N. J. Szegedi, J. R. Ryan, L. G. Kelly, D. H. Goldstein, E. P. Augustus and R. J. Wrangler, 'Miniature ruggedized optical correlator for flight testing', *Proc. SPIE* **2237**, 48–53 (1994).

- [Lab97] I. Labastida. *Disseny i muntatge d'un correlador òptic aplicat al reconeixement de formes*. Tesina de Llicenciatura, Universitat de Barcelona, Barcelona (1997).
- [LCJV00] I. Labastida, A. Carnicer, I. Juvells and S. Vallmitjana, 'On-axis interferometric detection using a binary joint transform correlator', *Opt. Commun.* **181**, 53–60 (2000).
- [LCMB⁺98] I. Labastida, A. Carnicer, E. Martín-Badosa, S. Vallmitjana and I. Juvells, 'Control of a VanderLugt correlator using a single 8-bit frame grabber', *Opt. Commun.* **153**, 331–338 (1998).
- [LCMB⁺99] I. Labastida, A. Carnicer, E. Martín-Badosa, I. Juvells and S. Vallmitjana, 'On-axis joint transform correlator based on a four-level power spectrum', *Appl. Opt.* **38**, 6111–6115 (1999).
- [LCMB⁺00] I. Labastida, A. Carnicer, E. Martín-Badosa, S. Vallmitjana and I. Juvells, 'Optical correlation using partial phase-only modulation with VGA liquid crystal displays', *Appl. Opt.* **39**, 766–769 (2000).
- [LDL85] H. K. Liu, J. A. Davis and R. A. Lilly, 'Optical-data-processing properties of a liquid crystal television spatial light modulator', *Opt. Lett.* **10**, 635–637 (1985).
- [Lee70] W. H. Lee, 'Sampled Fourier transform hologram generated by computer', *Appl. Opt.* **9**, 639–643 (1970).
- [LICY98] S. Ledesma, C. Iemmi, J. Campos and M. J. Yzuel, 'Joint transform correlator architecture with a single LCTV operating in phase-mostly mode', *Opt. Commun.* **151**, 101–109 (1998).
- [LL00] B. S. Lowans and M. F. Lewis, 'Hybrid correlator employing a chirp-encoded binary phase-only filter', *Opt. Lett.* **25**, 1195–1197 (2000).
- [LS90] K. Lu and B. E. A. Saleh, 'Theory and design of the liquid crystal TV as an optical spatial phase modulator', *Opt. Eng.* **29**, 240–246 (1990).
- [LY96] G. Lu and F. T. S. Yu, 'Performance of a phase-transformed input joint transform correlator', *Appl. Opt.* **35**, 304–313 (1996).
- [LYG90] X. J. Lu, F. T. S. Yu and D. A. Gregory, 'Comparison of Vander Lugt and joint transform correlators', *Appl. Phys. B* **51**, 153–164 (1990).

- [LYY98] C. T. Li, S. Yin and F. T. S. Yu, 'Nonzero-order joint transform correlator', *Opt. Eng.* **37**, 58–65 (1998).
- [LZWY97] G. Lu, Z. Zhang, S. Wu and F. T. S. Yu, 'Implementation of a non-zero order joint-transform correlator by use of phase-shifting techniques', *Appl. Opt.* **36**, 470–483 (1997).
- [MB98] E. Martín-Badosa. *Correlador óptico para el reconocimiento de objetos basado en las propiedades de modulación de los dispositivos de cristal líquido*. Tesi Doctoral, Universitat de Barcelona, Barcelona (1998).
- [MBCJV97] E. Martín-Badosa, A. Carnicer, I. Juvells and S. Vallmitjana, 'Complex modulation characterization of liquid crystal devices by interferometric data correlation', *Meas. Sci. Technol.* **8**, 764–772 (1997).
- [MBDF98] I. Moreno, N. Bennis, J. A. Davis and C. Ferreira, 'Twist angle determination in liquid crystal displays by location of local adiabatic points', *Opt. Commun.* **158**, 231–238 (1998).
- [MDDA98] I. Moreno, J. A. Davis, K. G. D'Nelly and D. B. Allison, 'Transmission and phase measurement for polarization eigenvectors in twisted-nematic liquid crystal spatial modulators', *Opt. Eng.* **37**, 3048–3052 (1998).
- [MEGY96] J. L. McClain, P. S. Erbach, D. A. Gregory and F. T. S. Yu, 'Diffractive method for measurement of coupled amplitude and phase modulation in spatial light modulators', *Proc. SPIE* **2752**, 153–161 (1996).
- [MJM⁺98] M. V. Morelli, R. D. Juday, S. E. Monroe, C. H. Chien and W. Q. Li, 'A hybrid image processing instation: I optical subsystem', *Proc. SPIE* **3389**, 150–157 (1998).
- [MU95] M. Montes-Usategui. *Multichannel optical correlators: analysis, evaluation, and development of procedures for pattern recognition*. Tesi Doctoral, Universitat de Barcelona, Barcelona (1995).
- [MUCJ95] M. Montes-Usategui, J. Campos and I. Juvells, 'Computation of arbitrarily constrained synthetic discriminant functions', *Appl. Opt.* **34**, 3904–3914 (1995).

- [MUMJ97] M. Montes-Usategui, S. E. Monroe and R. D. Juday, 'Automated self-alignment procedure for optical correlators', *Opt. Eng.* **36**, 1782–1791 (1997).
- [MWW88] G. G. Mu, X. M. Wang and Z. Q. Wang, 'Amplitude compensated matched filtering', *Appl. Opt.* **27**, 3461–3463 (1988).
- [NAL90] J. A. Neff, R. A. Athale and S. H. Lee, 'Two-dimensional spatial light modulators: a tutorial', *Proc. IEEE* **78**, 826–855 (1990).
- [OL81] A. V. Oppenheim and J. S. Lim, 'The importance of phase in signals', *Proc. IEEE* **69**, 529–541 (1981).
- [OO93] K. Ohkubo and J. Ohtsubo, 'Evaluation of LCTV as a spatial light modulator', *Opt. Commun.* **102**, 116–124 (1993).
- [OPPS90] J. M. Otón, J. M. S. Pena, J. L. Pinter and A. Serrano, 'Cristales líquidos. Una panorámica (I)', *Mundo Electrónico* **207**, 99–105 (1990).
- [PC93] J. L. Pezzaniti and R. A. Chipman, 'Phase-only modulation of a twisted nematic liquid-crystal TV by use of the eigenpolarization states', *Opt. Lett.* **18**, 1567–1569 (1993).
- [PDP97] A. Pu, R. Denkewalter and D. Psaltis, 'Real-time vehicle navigation using a holographic memory', *Opt. Eng.* **36**, 2737–2746 (1997).
- [PPV84] D. Psaltis, E. G. Paek and S. S. Venkatesh, 'Optical image correlation with a binary spatial light modulator', *Opt. Eng.* **23**, 698–704 (1984).
- [PY97] P. Purwosumarto and F. T. S. Yu, 'Robustness of joint transform correlator versus vanderlugt correlator', *Opt. Eng.* **36**, 2775–2780 (1997).
- [Rau66] J. E. Rau, 'Detection of differences in real distributions', *J. Opt. Soc. Am.* **56**, 1490–1494 (1966).
- [Réf91] P. Réfrégier, 'Optimal trade-off filters for noise robustness, sharpness of the correlation peak, and horner efficiency', *Opt. Lett.* **16**, 829–831 (1991).
- [RM98] F. J. Rodríguez-Miguel. *Digitalización de objetos mediante técnicas de estereovisión. Aplicación al reconocimiento de formas*. Tesina de Llicenciatura, Universitat de Barcelona, Barcelona (1998).

- [RMTMU⁺00] F. J. Rodríguez-Miguel, R. Tudela, M. Montes-Usategui, I. Juvells and S. Vallmitjana, 'Three-dimensional scanner for the automatic generation of optical correlator filters', *Proc. SPIE* **4089**, 163–170 (2000).
- [SL94] C. Soutar and K. Lu, 'Determination of the physical properties of an arbitrary twisted-nematic liquid crystal cell', *Opt. Eng.* **33**, 2704–2712 (1994).
- [SM94] C. Soutar and S. E. Monroe, 'Selection of operating curves of twisted-nematic liquid crystal televisions', *Proc. SPIE* **2240**, 280–291 (1994).
- [SNWH98] H. Sjöberg, B. Noharet, L. Wosinski and R. Hey, 'Compact optical correlator: preprocessing and filter encoding strategies applied to images with varying illumination', *Opt. Eng.* **37**, 1316–1324 (1998).
- [SPH93] Y. Sheng and G. Paul-Hus, 'Optical on-axis imperfect phase-only correlator using liquid-crystal television', *Appl. Opt.* **32**, 5782–5785 (1993).
- [SS96] A. Skorucak and C. Soutar, 'Selection criteria for spatial light modulator operating curves', *Proc. SPIE* **2752**, 120–131 (1996).
- [SSG98] A. Stoianov, C. Soutar and A. Graham, 'High-speed fingerprint verification using an optical correlator', *Proc. SPIE* **3386**, 242–252 (1998).
- [SSS⁺95] S. A. Serati, G. D. Sharp, R. A. Serati, D. J. McKnight and J. E. Stockley, '128x128 analog liquid crystal spatial light modulator', *Proc. SPIE* **2490**, 378–387 (1995).
- [ST91] B. E. A. Saleh and M. C. Teich. *Fundamentals of Photonics*. John Wiley & Sons, New York (1991).
- [TJ93] Q. Tang and B. Javidi, 'Technique for reducing the redundant and self-correlation terms in joint transform correlators', *Appl. Opt.* **32**, 1911–1918 (1993).
- [TL64] C. A. Taylor and H. Lipson. *Optical Transforms*. Bell, London (1964).
- [Tri87] G. Tricoles, 'Computer generated holograms: an historical review', *Appl. Opt.* **26**, 4351–4360 (1987).
- [Tud00] R. Tudela. *Desarrollo y estudio de un digitalizador tridimensional basado en técnicas de estereovisión*. Tesina de Llicenciatura, Universitat de Barcelona, Barcelona (2000).

- [Van64] A. B. VanderLugt, 'Signal detection by complex spatial filtering', *IEEE Trans. Inf. Theory* **IT-10**, 139–145 (1964).
- [Van66] A. B. VanderLugt, 'Operational notation for the analysis of optical data-processing systems', *Appl. Opt.* **5**, 1055–1062 (1966).
- [Van67] A. B. VanderLugt, 'The effects of small displacement of spatial filters', *Appl. Opt.* **6**, 1221–1225 (1967).
- [Van92] A. B. VanderLugt. *Optical Signal Processing*. John Wiley & Sons, New York (1992).
- [VBJR86] S. Vallmitjana, S. Bosch, I. Juvells and D. Ros, 'New multiple matched filter: design and experimental realization', *Appl. Opt.* **25**, 4473–4475 (1986).
- [VCMBJ95] S. Vallmitjana, A. Carnicer, E. Martín-Badosa and I. Juvells, 'Nonlinear filtering in object and fourier space in a joint transform optical correlator: comparison and experimental realization', *Appl. Opt.* **34**, 3942–3949 (1995).
- [VJC92] S. Vallmitjana, I. Juvells and A. Carnicer, 'Evaluation of suitable threshold for binarization of power spectrum in a noise-free joint transform correlator', *Opt. Commun.* **90**, 221–226 (1992).
- [WG66] C. S. Weaver and J. W. Goodman, 'A technique for optically convolving two functions', *Appl. Opt.* **5**, 1248–1249 (1966).
- [YE95a] M. Yamauchi and T. Eiju, 'Optimization of twisted nematic liquid crystal panels for spatial light phase modulation', *Opt. Commun.* **115**, 19–25 (1995).
- [YE95b] M. Yamauchi and T. Eiju, 'Phase modulation capability of thin twisted nematic liquid crystal panels at double-pass configurations', *Opt. Rev.* **2**, 24–27 (1995).
- [YJLG87] F. T. S. Yu, S. Jutamulia, T. W. Lin and D. A. Gregory, 'Adaptive real-time pattern recognition using a liquid crystal television based joint transform correlation', *Appl. Opt.* **26**, 1370–1372 (1987).
- [YL84] F. T. S. Yu and X. J. Lu, 'A real time programmable joint transform correlator', *Opt. Commun.* **52**, 10–16 (1984).

- [YSNG90] F. T. S. Yu, Q. W. S. Song, T. Nagata and D. A. Gregory, 'Comparison of detection for VanderLugt and joint transform correlator', *Appl. Opt.* **29**, 225–232 (1990).
- [YY84] A. Yariv and P. Yeh. *Optical waves in crystals*. John Wiley & Sons, New York (1984).
- [ZLY94] Z. Zhang, G. Lu and F. T. S. Yu, 'Simple method for measuring phase modulation in liquid crystal televisions', *Opt. Eng.* **33**, 3018–3022 (1994).

Índex de figures

2.1	Esquema del gir de les molècules en una LCD	12
2.2	LCD col·locada entre polaritzador i analitzador	17
2.3	LCD col·locada entre polaritzador i analitzador. Vector director d'entrada diferent de zero.	18
2.4	Muntatge òptic per caracteritzar la modulació en fase d'una LCD . . .	27
2.5	Muntatge òptic per caracteritzar la modulació en amplitud d'una LCD	28
3.1	Videoprojector Epson VP-100PS, detall de l'interior i LCD extreta del projector	33
3.2	Esquema d'una LCD-CGA i del seu pixelat	33
3.3	Col·locació de les tres LCDs en el videoprojector on s'observa la separació en components RGB de la llum.	35
3.4	Orientació de les imatges en les tres LCDs del projector	35
3.5	Conversió de la imatge original a la imatge en la LCD-CGA	37
3.6	Configuració d'alt contrast per a la LCD-CGA verda	39
3.7	Configuració de quasi només amplitud per a la LCD-CGA verda . . .	39
3.8	Configuració de quasi només fase per a la LCD-CGA verda	39
3.9	Configuració d'alt contrast per a la LCD-CGA blava	41
3.10	Configuració de quasi només amplitud per a la LCD-CGA blava	41
3.11	Configuració de quasi només fase per a la LCD-CGA blava	41
3.12	Configuració d'alt contrast per a la LCD-CGA verda 2	43
3.13	Configuració de quasi només fase per a la LCD-CGA verda 2	43
3.14	Videoprojector Epson EMP-3000 i LCD extreta del projector	45
3.15	Esquema d'una LCD-VGA i del seu pixelat	45
3.16	Configuració d'alt contrast per a la LCD-VGA vermella	47
3.17	Configuració d'alt contrast per a la LCD-VGA blava	48
3.18	Configuració de quasi només fase per a la LCD-VGA vermella	48
3.19	Configuració de quasi només fase per a la LCD-VGA blava	48

3.20	Muntatge per obtenir llum polaritzada el·lípticament a l'entrada i a la sortida de la LCD-VGA vermella	51
3.21	Configuració de $[0-\pi]$ només fase per a la LCD-VGA vermella	52
3.22	Muntatge per doblar la capacitat moduladora de la LCD	53
4.1	Muntatge d'un JTC convencional.	57
4.2	Muntatge d'un JTC monobanc.	57
4.3	Muntatge òptic per aconseguir un JTC en eix.	64
4.4	Imatge emprada com a escena en els muntatges de JTC en eix.	65
4.5	Corba operativa d'alt contrast amb els nivells de gris marcats	66
4.6	Corba operativa de Quasi Només Fase on es mostren els quatre nivells de gris triats per visualitzar I_q	67
4.7	Configuració de Quasi Només Fase amb la transmitància remanent en emprar els quatre nivells de gris triats.	68
4.8	Pla de correlació i representació tridimensional. Detecció del satèl·lit inferior.	68
4.9	Pla de correlació i representació tridimensional. Detecció del satèl·lit superior dret.	69
4.10	Pla de correlació i representació tridimensional. Detecció del satèl·lit superior esquerre.	69
4.11	Muntatge òptic per aconseguir un JTC en eix	73
4.12	Configuració d'alt contrast per a la LCD-VGA vermella	75
4.13	Configuració de $0-\pi$ Només Fase.	75
4.14	Pla de correlació i representació tridimensional. Detecció del satèl·lit inferior.	76
4.15	Pla de correlació i representació tridimensional. Detecció del satèl·lit superior dret.	76
4.16	Pla de correlació i representació tridimensional. Detecció del satèl·lit superior esquerre.	77
4.17	Pla de correlació i representació tridimensional amb el fons eliminat. Detecció del satèl·lit inferior.	77
4.18	Pla de correlació i representació tridimensional amb el fons eliminat. Detecció del satèl·lit superior dret.	78
4.19	Pla de correlació i representació tridimensional, amb el fons eliminat. Detecció del satèl·lit superior esquerre.	78
5.1	Correlador $4f$	82

5.2	Correlador convergent de VanderLugt	84
5.3	Muntatge per obtenir òpticament un filtre adaptat	88
5.4	LUT per al canal verd	92
5.5	LUT per al canal blau	93
5.6	Esquema del mètode per emmagatzemar dues imatges en una targeta digitalitzadora de 8 bits	94
5.7	Pla de correlació i representació tridimensional. Identificació del satèl·lit superior esquerre amb la LCD d'entrada en configuració HC	96
5.8	Pla de correlació i representació tridimensional. Identificació del satèl·lit superior esquerre amb la LCD d'entrada en configuració AM.	96
5.9	Esquema del mètode per controlar dues imatges amb la targeta VGA de 16 bits	98
5.10	Reconstrucció del filtre π -POF amb fase lineal.	100
5.11	Reconstrucció del filtre π -POF sense fase lineal.	101
5.12	Escena utilitzada per provar el π -POF.	102
5.13	Pla de correlació i la seva representació tridimensional en detectar la papallona superior de la Figura 5.12	103
5.14	Pla de correlació i la seva representació tridimensional en detectar la papallona inferior de la Figura 5.12	103
5.15	Escena utilitzada per provar el π -POF amb fase lineal.	104
5.16	Pla de sortida en emprar el π -POF amb fase lineal	105
5.17	Pla de correlació i la seva representació tridimensional en detectar el satèl·lit inferior de la Figura 5.15	106
5.18	Pla de correlació i la seva representació tridimensional en detectar el satèl·lit intermedi de la Figura 5.15	106
5.19	Pla de correlació i la seva representació tridimensional en detectar el satèl·lit superior de la Figura 5.15	107
6.1	Condicció de difracció entre les periodicitats de les pantalles	110
6.2	Esquema d'un correlador convergent de VanderLugt amb teleobjectius	111
6.3	Esquema del primer difractòmetre d'un correlador convergent de VanderLugt amb teleobjectius	112
6.4	Esquema del segon difractòmetre d'un correlador convergent de VanderLugt amb teleobjectius	116
6.5	Fotografia del correlador convergent de VanderLugt amb la mínima llargària possible	125

6.6	Escena utilitzada per comprovar el funcionament del CCVL reduït . . .	125
6.7	Pla de correlació i representació tridimensional en detectar el senyal superior	126
6.8	Pla de correlació i representació tridimensional en detectar el senyal inferior esquerre	126
6.9	Pla de correlació i representació tridimensional en detectar el senyal inferior dret	127
6.10	Pla de correlació i representació tridimensional en detectar el senyal superior	128
6.11	Pla de correlació i representació tridimensional en detectar el senyal inferior esquerre	128
6.12	Pla de correlació i representació tridimensional en detectar el senyal inferior dret	129
6.13	Escena per detectar un dels senyals de trànsit de la Figura 6.6	129
6.14	Pla de correlació i representació tridimensional en detectar el senyal dins l'escena de la Figura 6.13	130
6.15	Esquema d'un correlador amb arquitectura dual-1	130
6.16	Esquema d'un correlador amb arquitectura dual-2	131
6.17	Fotografia del muntatge amb l'arquitectura dual	132
6.18	Pla de correlació i representació tridimensional en detectar el senyal superior	133
6.19	Pla de correlació i representació tridimensional en detectar el senyal inferior esquerre	133
6.20	Pla de correlació i representació tridimensional en detectar el senyal inferior dret	134
6.21	Escenes emprades per detectar objectes tridimensionals	135
6.22	Pla de correlació i representació tridimensional en detectar l'objecte inferior	136
6.23	Pla de correlació i representació tridimensional en detectar l'objecte inferior	136
6.24	Pla de correlació i representació tridimensional en detectar l'objecte superior	137
6.25	Pla de correlació i representació tridimensional en detectar l'objecte superior	137
A.1	Difractòmetre amb l'objecte davant la lent	149

A.2 Difractòmetre amb l'objecte darrere la lent	151
---	-----

Índex de taules

3.1	Taula comparativa entre els dos models de videoprojector Epson de resolució CGA: VP-100PS (europeu) i Crystal Image (nordamericà). . .	33
3.2	Paràmetres per a les LCD-CGA.	34
3.3	Condicions de polarització i de brillantor (Br), contrast (Cn) i color (Cl), per obtenir les corbes de la LCD-CGA verda	40
3.4	Valors màxims de contrast i desfasament corresponents a les configuracions de la LCD-CGA verda	40
3.5	Condicions de polarització i de brillantor (Br), contrast (Cn) i color (Cl), per obtenir les corbes de la LCD-CGA blava	42
3.6	Valors màxims de contrast i desfasament corresponents a les configuracions de la LCD-CGA blava	42
3.7	Condicions de polarització i de brillantor (Br), contrast (Cn) i color (Cl), per obtenir les corbes de la LCD-CGA verda 2	43
3.8	Valors màxims de contrast i desfasament corresponents a les configuracions de la LCD-CGA verda 2	44
3.9	Paràmetres per a les LCD-VGA. Valors sense i amb l'efecte de la zona de no gir (zng).	46
3.10	Condicions de polarització i de brillantor (Br), contrast (Cn) i color (Cl), per obtenir les corbes de la LCD-VGA vermella	49
3.11	Condicions de polarització i de brillantor (Br), contrast (Cn) i color (Cl), per obtenir les corbes de la LCD-VGA blava	49
3.12	Valors màxims de contrast i desfasament corresponents a les configuracions de la LCD-VGA vermella	49
3.13	Valors màxims de contrast i desfasament corresponents a les configuracions de la LCD-VGA blava	50
3.14	Condicions de polarització i de brillantor (Br), contrast (Cn) i color (Cl), per obtenir la corba $[0-\pi]$ només fase de la LCD-VGA vermella	52

3.15	Valors màxims de contrast i desfasament corresponents a la configuració $[0-\pi]$ només fase de la LCD-VGA vermella	52
4.1	Modulació en amplitud i en fase introduïda pels quatre nivells de gris escollits.	67
4.2	Modulació d'amplitud i fase per als dos nivells de gris escollits de la corba de la Figura 4.13.	75
6.1	Dades del processador	124
B.1	Estats de polarització i els seus corresponents vectors de Jones	156
B.2	Dispositius òptics i les seves corresponents matrius de Jones	157

Índex alfabètic

Codificació hologràfica, 89

Configuració

0- π Només Fase, 52, 74, 97, 101, 104,
125, 133, 135

d'Alt Contrast (HC), 25, 39, 41, 43,
47, 65, 74, 95, 101, 125, 133, 135

de Quasi Només Amplitud (AM),
26, 39, 41, 95

de Quasi Només Fase (PM), 39, 41,
43, 48, 66, 95

Constant de difracció (K), 85, 86, 110,
113, 121, 123

Convolució, 146

Correlació, 146

Correlador

4f, 82, 110

convergent de VanderLugt, 84, 90,
94, 96, 101, 111, 120, 124, 135

de transformades conjuntes (JTC),
56, 61, 64, 70, 72, 133

Difractòmetre, 112, 116, 146, 148, 151

El·lipsoide d'índexs, 158

Equacions de Maxwell, 153

Espectre de potència conjunt (JPS), 58
binarització, 59

Filtre, 87

π -POF, 99, 102, 104, 125

òptim, 89, 127, 135

adaptat clàssic (CMF), 87

d'amplitud compensada (ACMF), 89

de només fase (POF), 89, 90

invers (IF), 89

Interferòmetre de Mach-Zehnder, 28, 72

Matriu de Jones, 12–14, 19, 20, 155

Pantalles de cristall líquid (LCD)

Corbes operatives, *veure Configuració*

Mètodes de caracterització, 22–24,
27, 29

Models, 12–14, 19, 20

Tipus, 10

Transformada

de Fourier, 145

de Fresnel, 148

VanderLugt

Correladors, *veure Correlador*

Notació, 147

Vector de Jones, 17, 155

Velocitat de fase, 154

