

FACULTAD DE CIENCIAS  
CURSO DE ADAPTACIÓN AL GRADO EN ÓPTICA  
Y OPTOMETRÍA



**ESTUDIO DE CARACTERÍSTICAS  
DE PANTALLAS OLED  
DE DISPOSITIVOS MÓVILES**

Alicante, Junio de 2013

Trabajo fin de grado presentado por D. Vicente Mompó Esparza

DOLORES DE FEZ SAIZ, Profesora Titular de la Universidad de Alicante

CERTIFICA:

Que VICENTE MOMPÓ ESPARZA, ha realizado bajo su supervisión el trabajo de investigación que se recoge en la presente memoria, cumpliendo las condiciones necesarias para ser presentado y defendido frente al tribunal correspondiente. Este trabajo constituye la asignatura “Trabajo Fin de Grado” prevista en el plan de estudios del Curso de Adaptación al Grado de Óptica y Optometría impartido por la Universidad de Alicante.

Y para que conste a los efectos oportunos, firma el presente certificado en Alicante, a 30 de Mayo de 2013,

Fdo. DOLORES DE FEZ SAIZ

VºBº. Coordinador Trabajo Fin de Grado  
Valentín Viquiera Pérez

## RESUMEN

En este trabajo se presentan las características de pantallas OLED de diferentes dispositivos móviles y de diferentes años de fabricación, valorando la luminancia, constancia de primarios, aditividad, rango dinámico, diferencias de color y dependencia de canales, además de comprobar si puede aplicarse un método físico de caracterización.

Se han valorado los diferentes dispositivos comparando las medidas para cinco localizaciones diferentes de cada pantalla, el centro y las cuatro esquinas, y con diferentes orientaciones además de la perpendicular. Para la toma de medidas se utilizó el tele-espectroradiómetro SpectraScan PR-650, obteniendo la distribución espectral en el rango de longitud de onda de 380 a 780 nm con pasos de 4 nm. Los estímulos usados fueron 10 para cada primario R, G y B y para el canal acromático W, desde el mínimo al nivel de encendido máximo: blanco W(255,255,255), rojo R(255,0,0), verde G(0,255,0) y azul B(0,0,255). La medida para el negro (0,0,0) no está incluida porque la luminancia de los dispositivos es inferior a la sensibilidad del instrumento de medida.

Los resultados muestran que el dispositivo más antiguo (Creative Zen) presenta menor luminancia y peor uniformidad espacial de los espectros de emisión de radiancia. El ángulo de visión no influye en la posición de los máximos de los espectros, pero sí en la luminancia.

La constancia de primarios es regular-buena, presentando peores resultados los dispositivos más actuales, sobre todo a partir de 40°-50° de giro de orientación frente a la normal.

En general, todas las pantallas OLED se alejan de la ley de aditividad y hemos hallado una fuerte dependencia del valor de luminancia dependiendo del punto medido en la pantalla.

Los dispositivos más actuales han mejorado el rango dinámico de las primeras pantallas OLED, con la consiguiente mejora en la calidad del contraste de la imagen reproducida.

En cuanto a reproducción del color, el último dispositivo (Samsung Galaxy) es el que menos diferencias manifiesta siendo siempre el que mejor reproducción del color exhibe.

## ABSTRACT

In this paper, the characteristics of OLED displays of different mobile devices from different years of manufacture were assessed on the basis of the luminance level, constancy of primary colours, additivity, dynamic range, colour differences and channel dependence. Furthermore, it was studied if a physical characterization method could be applied.

Different devices have been assessed by comparing the measurements from five different positions on each screen, on the centre and on the four corners, and from different orientations in addition to the perpendicular angle. To take the measurements, a PR<sup>®</sup>-650 SpectraScan<sup>®</sup> Colorimeter was used, obtaining the spectral distribution in the wavelength range of 380-780 nm in steps of 4 nm. 10 stimuli were used for each primary colour R, G and B and for the achromatic channel W, from the minimum to maximum power level: white W(255,255,255), red R(255,0,0), green G(0,255,0) and blue B(0,0,255). The measure for the black (0,0,0) was not included because the luminance of the devices is lower than the sensitivity of the measurement instrument.

The results show that the oldest device (Creative Zen) has lower luminance and worse spatial uniformity in the spectra of radiance emission. The viewing angle does not affect the position of the maximums in the spectra, however this is not the case in luminance.

The constancy of primary colours is fair-good, showing worse results in the latest devices, especially as of 40°-50° of rotation as opposed to normal orientation.

In general, all OLED screens do not comply with the law of additivity, and a strong dependence has been found in the luminance value, which is determined by the point measured on the screen.

The actual devices have improved the dynamic range of the first OLED screens, thereby improving the contrast quality of the reproduced image.

For colour reproduction, the most actual device (Samsung Galaxy) reveals the least differences while always showing the best colour reproduction.

# ÍNDICE

1. Introducción	1
2. Objetivos	4
3. Metodología	5
3.1. Medida de espectros de emisión para cada dispositivo mediante el tele-espectro-radiómetro PR-650 con el software de control Spectrawin	5
3.2. Puntos de medida y ángulos de orientación en cada pantalla	6
3.3. Medidas	8
3.4. Dispositivos	8
4. Resultados y análisis	9
4.1. Estudio de uniformidad de la pantalla. Comparativa centro con esquinas a 0°	10
4.2. Estudio de la influencia del ángulo de visión. Comparativa de centro con orientaciones vertical-horizontal	15
4.3. Estudio de la influencia del ángulo de visión. Comparativa de las esquinas con orientaciones vertical-horizontal	19
4.4. Evaluación de la constancia de primarios y la aditividad	22
4.4.1. Constancia de primarios y del blanco	22
4.4.2. Ley de aditividad	30
4.5. Rango dinámico	37
4.6. Diferencias de color	38
5. Conclusiones y perspectivas de futuro	40
6. Bibliografía	43
7. Anexos: Gráficas de comparativas	45
7.1. Espectros de emisión para el centro con giros verticales y horizontales	46
7.2. Espectros de emisión para las esquinas con giro vertical y horizontal	49

## CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS DE FUTURO

Se han estudiado diferentes características de las pantallas basadas en la tecnología OLED, valorando los espectros de emisión de radiancia, la constancia de primarios, la aditividad de la luminancia, el rango dinámico, las diferencias de color y la dependencia de canales.

El primer dispositivo fue fabricado en el año 2006, con 2 pulgadas de pantalla, el segundo en el 2010 con 3.3 pulgadas de pantalla y el tercero en el 2011 con 4.27 pulgadas de pantalla.

Los espectros de emisión de radiancia que presentan los dispositivos, muestran la menor luminancia máxima en el dispositivo más antiguo. En la actualidad los dispositivos son muy buenos, pues ya han enmendado el defecto del primero. La uniformidad espacial de los espectros de emisión de radiancia para los diferentes puntos de estudio de la pantalla es mala para Creative Zen, mientras que, aunque hay pequeñas diferencias, ya es más semejante en los Samsung.

Respecto de la influencia del ángulo de visión en los espectros de emisión, se puede comentar que las longitudes de onda en las que se producen los máximos de los espectros se mantienen o presentan mínimas variaciones. En cuanto a los valores máximos de los picos de los espectros para los dispositivos Creative Zen y Samsung Wave bajan menos con los giros verticales que con los horizontales, mientras que para Samsung Galaxy disminuye más su radiancia con incrementos de orientación horizontal. Concluimos que la luminosidad y la radiancia son muy buenas para los dispositivos más actuales.

La constancia de primarios es regular-buena con bastante coincidencia de la cromaticidad de los diez niveles digitales en las gráficas CIE xy 1931, aunque cabe reseñar que los dispositivos más actuales muestran substancial separación en las coordenadas cromáticas de los primarios (pero no en el blanco) a partir de 40° de giro, especialmente el Samsung Galaxy.

En general, todas las pantallas OLED se alejan de la ley de aditividad, comprobamos que la suma de primarios supera al espectro del blanco en todas las situaciones, con mayor diferencia en las longitudes de onda correspondientes a los máximos de los espectros de emisión de cada primario. Encontramos una fuerte dependencia del valor de luminancia según la posición medida en la pantalla, por un problema de diseño de conexiones en el dispositivo o porque existe una dependencia entre canales.

Se ha comprobado que este tipo pantalla presenta un altísimo contraste (tanto que, el tele-espectro-radiómetro PR-650, por su sensibilidad, no pudo medir los niveles inferiores de luminancia), superior a los típicos CRT. Los dispositivos más actuales han mejorado el rango dinámico de las primeras pantallas OLED, con la consiguiente mejora en la calidad en contraste de la imagen reproducida.

En cuanto a reproducción del color se ha obtenido más disparidad en los dispositivos Creative Zen y Samsung Wave, mientras que Samsung Galaxy es el que menos diferencias presenta. Cabe reseñar que tiene mayores diferencias en giro horizontal en la zona superior que en los giros verticales, pero aun así es el mejor en cuanto a reproducción del color.

Las propiedades obtenidas para estas pantallas no garantizan el que pueda utilizarse el método de caracterización por matriz de primarios directamente sino que sería necesario realizar modificaciones para asegurar una buena caracterización y esto se escapa de los objetivos de este trabajo.

Sería necesario un estudio más extenso en el tiempo con otras pantallas de la misma tecnología. Por un lado para comprobar las mejoras en el proceso de fabricación con la evolución temporal, para ver si estos comportamientos son reproducibles para cualquier OLED. Por otro lado para analizar más ampliamente los problemas de uniformidad, sería interesante estudiar nuevos dispositivos de mayor tamaño, debido a la falta de uniformidad espacial detectada en estos dispositivos reducidos. Si dichas diferencias de uniformidad en diferentes puntos de la pantalla y orientaciones de visionado son debidas a fallos de diseño o construcción, un dispositivo de gran tamaño, tipo televisor, no tendría las prestaciones adecuadas para una correcta percepción de las imágenes por parte del usuario desde diferentes posiciones.

Es interesante estudiar cómo se comportan realmente los colores primarios en las nuevas pantallas que, cada vez más, van a copar nuestros hogares ya que tienen tantos beneficios para los fabricantes como para los consumidores finales y, que seguramente veremos pronto, cómo en poco tiempo monopolizan el mercado de los dispositivos móviles.

## CONCLUSIONS AND FUTURE PROSPECTS

Different characteristics of displays based on OLED technology have been studied, by assessing the spectra of radiance emission, constancy of primary colours, additivity in luminance, dynamic range, colour differences and channel dependence.

The first device was manufactured in 2006, with a 2 inch screen, the second in 2010 with a 3.3 inch screen and the third in 2011 with a 4.27 inch screen.

The spectra of radiance emission of the devices show the lowest maximum luminance in the oldest device. Nowadays, the devices are very good, as they have amended the defect of the first ones. The spatial uniformity of the spectra of radiance emission for the study of the different points of the screen is poor for Creative Zen, whereas there are small differences, it is more similar for the Samsung devices.

Regarding the influence of the viewing angle in the emission spectra, we can observe that the wavelengths with maxima emission are maintained or show minor variations. As far as the maximum values in the spectra for Creative Zen and Samsung Wave devices, they decrease less with vertical orientation than horizontal orientation, whereas for the Samsung Galaxy the radiance decreases more with increasing horizontal orientation. We conclude that the luminosity and radiance are very good for the most current devices.

The constancy of primary colours is fair-good taking into account the correlation in chromaticity of the ten digital levels in the CIE xy 1931 graphs, although it should be noted that the most current devices show substantial separation in the chromaticity coordinates of the primary colours (but not in white) from a 40° rotation, especially in the Samsung Galaxy.

In general, all OLED screens do not comply with the law of additivity, and we find that the sum of the primary colours exceeds the white spectrum in all situations, with greater difference in the wavelengths corresponding to the maxima emission spectra of each primary colour. It was found a strong dependence on the assessment of luminance with the position measured on the screen, which could be due to a design problem of the connections of the device, or because there is a dependency between channels.

It was found that this type of screen has a high contrast (in fact, it was impossible to measure the lower levels of luminance with the PR<sup>®</sup>-650 SpectraScan<sup>®</sup> Colorimeter due to its sensitivity), above the typical CRTs. The actual devices have improved the dynamic range of the first OLED screens, what means an improved contrast quality of the reproduced image.

Considering the colour reproduction, greater disparity has been discovered in the Creative Zen and Samsung Wave devices, while the Samsung Galaxy has the least differences. It is worth



noting that it has greater differences in horizontal rotations in the upper section than in vertical rotations. However, it is, better regarding colour reproduction.

The properties obtained for these screens do not guarantee a characterization method with primary colors matrix to be used, but some modifications would be necessary to ensure good characterization, an area which is not included in the scope of this work.

A further study would be required in other screens with the same technology to observe the improvements in the manufacturing process with time, and to conclude if these procedures are reproducible for any OLED. To offer a broader analysis of uniformity problems, it would also be interesting to study new larger devices, due to the lack of spatial uniformity detected in the smaller devices. If such differences in uniformity on different parts of the screen and viewing orientations are due to faulty design or construction, a larger device, such as a TV, would not have adequate features to enable a satisfactory perception of images by the viewer from different positions.

It is interesting to study how primary colours perform in the new screens, which are appearing more and more in our homes by offering as many benefits to the manufacturers as to the consumers. We will no doubt see how in a short space of time they come to monopolize the market of mobile devices.

## BIBLIOGRAFÍA

1. D. L. Post, C. S. Calhoun, An evaluation of methods for producing desired colors on CRT monitors, *Color Res. Appl.*, 1989; 14: 172.
2. S. Wang, Q. Huang, Method for the calibration of CRT. *Guangxue Jishu/Optical Technique*, 2006; 32 (Suppl.): 435-437.
3. Q. Huang, D. Zhao, J. Guo, F. Long, Analysis on color characterization and calibration of LCD, *Guangxue Jishu/Optical Technique*, 2005; 31(2): 243-245.
4. R. S. Berns, R. J. Motta, M. E. Gorzynski, CRT colorimetry. Part I: Theory and practice *Color Research & Application*, October 1993; Vol. 18, Issue 5: 299-314.
5. E. F. Schubert, T. Gessmann, J. Kyu Kim, LED: Light Emitting Diodes, en *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*.
6. M. Katayama, TFT-LCD: TFT-LCD technology, *Thin Solid Films*, 1999; 341: 140-147.
7. C. T. Liu, Revolution of the TFT-LCD Technology, *Journal of Display Technology*, December 2007; vol. 3, nº 4.

8. W. Kowalsky, D. Ammermann, A. Bohler, S. Dirr, Organic Light Emitting Diodes, Eighth International Conference on Indium Phosphide and Related Materials, 1996; IPRM '96.
9. D. D. Eley, Nature, 1948; 162: 819.
10. C. K. Chiang, C. R. Fincher, Y.W. Park, A. J. Heeger, H. Shirakawa, E. J. Louis, S. C. Gau, A.G. MacDiarmid, Phys. Rev. Lett., 1977; 39: 1098.
11. M. Pope, H. P. Kallmann, P. Magnante, J. Chem. Phys., 1963; 38: 2042.
12. W. Helfrich, W. G. Schneider, Phys. Rev. Lett., 1965; 14: 229.
13. C.W. Tang, S. A. Van Slyke, Appl. Phys. Lett., 1987; 51: 913.
14. J. H. Burroughes, D.C. Bradley, A. R. Brown, R. N. Marks, K. Mackay, R.H. Friend, P. L. Burns, A. B. Holmes, Nature, 1990; 347: 539.
15. P. E. Burrows, V. Bulovic, S. R. Forrest, L. S. Sapochak, D. M. McCarty, M. E. Thompson, Reliability and degradation of organic light emitting devices. Appl. Phys. Lett., 1994; 65: 2922-2924.
16. J. N. Bardsley, International OLED Technology Roadmap, IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, January/February 2004; vol. 10, nº 1.
17. F. Martínez-Verdú, E. Perales, E. Chorro, M.D. de Fez, V. Viqueira, E. Gilabert, "Computation and visualization of the MacAdam limits for any lightness, hue angle and light source", J. Opt. Soc. Am. A, 2007; 24(6), 1501-1515.