LCOS 마이크로디스플레이 구동용 보정회로 설계

이연성[1*] · 위정욱[1] · 한충우[2] · 송남철[2]

[1]한국전자기술연구원 · [2]㈜셀코스

Design of Calibration Circuit for LCOS Microdisplay

Youn-Sung Lee[1*] · Jung-Wook Wee[1] · Chung-Woo Han[2] · Nam-Chol Song[2]

[1]Korea Electronics Technology Institute · [2]SELCOS CO., LTD.

E-mail : yslee@keti.re.kr

요 약

본 논문에서는 아날로그 구동 방식의 4K UHD LCOS 패널을 구동하기 위해 디지털 픽셀을 아날로그 픽셀로 변환하는 과정에서 발생되는 이득 오차, DC 옵셋, 샘플링 클럭의 위상 오차를 보정하기 위한 보정회로의 구현 방법을 기술한다. 제안된 보정회로는 이득 및 DC 옵셋 보정 회로와 샘플링 클럭 위상 조정 회로로 구성되며, FPGA와 비디오 앰프를 이용하여 구현하였다.

ABSTRACT

This paper presents an implementation of a calibration circuit to correct the gain error, DC offset and sampling clock phase error generated in the process of converting digital pixels to analog pixels to drive an analog-driven 4K UHD LCOS panel. The proposed calibration circuit consists of a gain and DC offset adjustment circuit and a sampling clock phase adjustment circuit. The calibration circuit is implemented with an FPGA device, and video amplifiers.

키워드

LCOS, Microdisplay, LCOS Driver, Calibration

Ⅰ. 서 론

LCOS(Liquid Crystal on Silicon) 마이크로디스플레이는 고해상도 구현이 가능하여 고사양의 영상 표시 장치에서 사용된다[1-3]. LCOS 마이크로디스플레이는 LCOS Panel과 구동회로로 구현되며, 아날로그 구동방식의 LCOS Panel은 아날로그 형태의 픽셀과 샘플링 클럭을 입력받아 영상을 표시한다. LCOS 구동회로의 구성 요소인 비디오 앰프는 DAC(Digital-to-Analog Converter)와 앰프로 구성되며, 디지털 픽셀을 아날로그 픽셀로 변환하기 위해 사용된다. 아날로그 픽셀 변환 과정에서 발생될 수 있는 DAC와 앰프의 이득 오차, DC 옵셋 및 샘플링 클럭의 위상 오차는 LCOS Panel의 영상 표시 성능을 저하시킨다. 본 논문에서는 아날로그 구동 방식의 4K UHD LCOS Panel을 구동하기 위해 아날로그 픽셀로 변환하는 과정에서 발생되는 LCOS Panel의 영상 표시 성능 저하 문제를 해결하기 위한 보정회로의 구현 방법을 기술한다.

* corresponding author

Ⅱ. 본 론

4K 해상도를 지원하는 LCOS 마이크로디스플레이는 60Hz 프레임 속도로 입력되는 4K 해상도의 RGB 프레임을 R, G, B 서브-프레임으로 분리하여 각각의 서브-프레임을 360Hz 프레임 속도로 순차적으로 LCOS Panel로 출력시켜, LCOS Panel이 120Hz 프레임 속도로 영상을 재생할 수 있도록 한다. 그림 1은 4K UHD LCOS 마이크로디스플레이의 구조도를 나타낸다. 4K 해상도의 비디오 영상이 LCOS 마이크로디스플레이에 입력되면, 영상 입력부(Video Input)를 통해 RGB 프레임으로 구성되어 프레임 버퍼(Frame Buffer)에 저장된다. 프레임 버퍼에 저장된 RGB 프레임은 R, G, B 서브-프레임으로 구성되어 LCOS Panel의 재생 속도에 맞추

어 출력된다. 프레임 버퍼에서 출력되는 R, G, B 서브-프레임은 감마 보정(Gamma Correction) 회로와 이득/옵셋/클럭 위상 보정회로(Calibration)를 거쳐 비디오 앰프(Video Amplifier)로 입력되어 아날로그 픽셀로 변환된다. LCOS Panel은 4K 해상도를 120Hz 프레임 속도로 지원하기 위해 한번에 32개의 픽셀을 동시에 입력받아 처리한다.

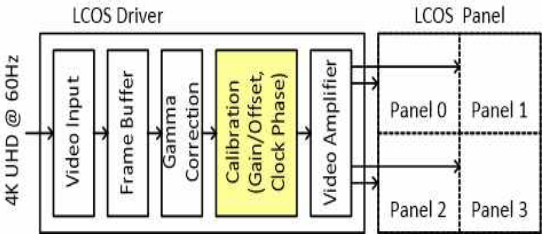

그림 1.4K UHD LCOS 마이크로디스플레이

4K UHD LCOS Panel을 아날로그 신호로 구동하기 위한 비디오 앰프는 32-채널 DAC와 32-채널 앰프, RC 주변회로로 구성된다. RC 주변회로의 오차는 DAC와 앰프의 이득 오차와 DC 옵셋을 발생시키며, 아날로그 픽셀의 크기와 옵셋에 영향을 미쳐 LCOS Panel의 영상 표현 성능을 저하시킨다. 그림 3은 비디오 앰프에서 발생되는 DAC와 앰프의 이득 오차를 보정하고 DC 옵셋을 제거하기 위한 보정회로를 나타낸다.

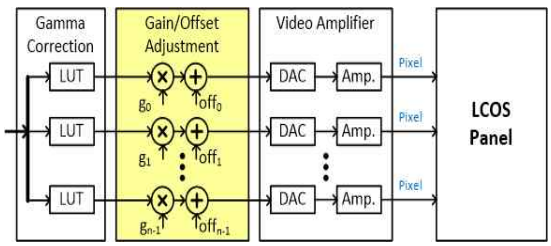

그림 2. 비디오 앰프의 이득 및 옵셋 보정 회로

그림 3은 LCOS Panel의 샘플링 클럭의 위상 조정 회로를 나타낸다. 샘플링 클럭의 위상 조정회로는 PLL 및 DLL을 이용하여 구현되며, LCOS Panel에 입력되는 픽셀의 샘플링 시점 조정을 통해 32-채널 DAC 출력 신호에 대한 Set-up/Hold time을 확보하여 영상 표현 성능을 향상시킬 수 있다.

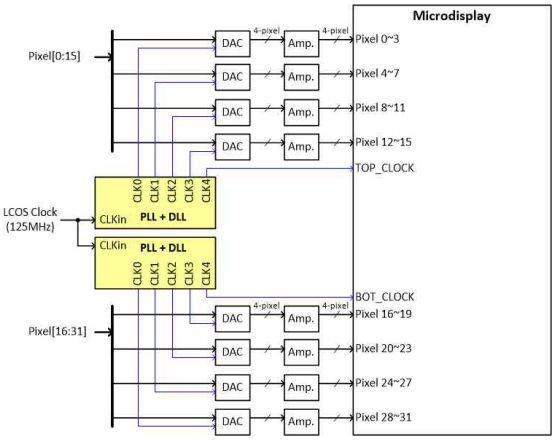

그림 3. 샘플링 클럭의 위상 조정 회로

4K UHD LCOS 마이크로디스플레이는 HDMI Receiver, Xilinx사의 FPGA(XC7A200T-FFG1156), 4개의 DDR3 SDRAM, 16개의 12-bit Quad-DAC와 32개의 OP-Amp, 4K UHD LCOS Panel로 구현되었고, 제안된 보상회로는 FPGA에서 구현되었다. 그림 4와 그림 5는 4K UHD LCOS 마이크로디스플레이 구현 결과와 동작 실험 결과를 나타내다.

그림 4. LCOS 마이크로디스플레이 구현결과

그림 5. LCOS 마이크로디스플레이 동작실험

그림 6은 LCOS 마이크로디스플레이의 해상도 동작 실험 결과를 나타낸다. 10개의 픽셀 단위마다 숫자를 기입하여 3,840×2,160개의 픽셀 개수가 표시된 비디오 영상을 LCOS 마이크로디스플레이에 입력시킨 후, 편광현미경으로 LCOS Panel의 각 모

서리부분을 확인 결과 정상적으로 표시되고 있음을 확인하였다.

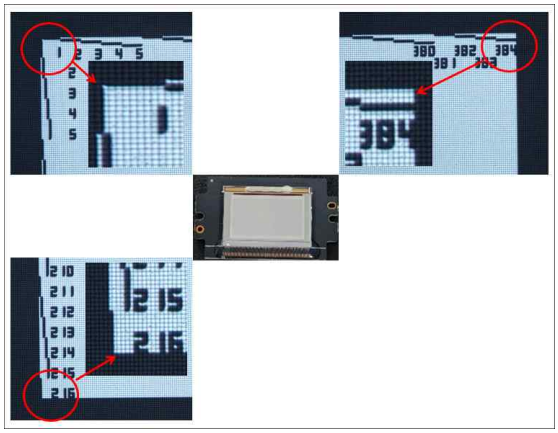

그림 6. 4K 해상도 측정 결과

Ⅲ. 결 론

본 논문에서는 아날로그 구동방식의 4K UHD LCOS Panel을 구동하기 위해 아날로그 픽셀로 변환하는 과정에서 발생되는 이득 및 옵셋 오차와 샘플링 시점을 조정하기 위한 보정회로의 구현 방법을 제시하였다. 제안된 보정회로는 이득 및 DC 옵셋 조정 회로와 샘플링 클럭 위상 조정 회로로 구성되며, FPGA와 비디오 앰프를 이용하여 구현하였다.

Acknowledgement

이 논문은 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2020-0-01004, 야외시인성 확보 가능한 AR 디바이스용 영상표시 장치 기술개발)

References

[1] I. Underwood “A review of microdislay technologies,” *Electronic Information Displays*, The Displays Technology show, 2000.

[2] Y. Han, D. Kim and Y. Kim, “A Novel ReRAM-Based Architecture of Field Sequential Color Driver for High Resolution LCoS Displays,” in *IEEE Access*, Vol 8, pp. 223385-223395, 2020.

[3] S. Lee, J. C. Morizio, K. M. Johnson, “A LCOS microdisplay driver with frame buffer pixels,” *Information Sciences*, Vol 149. Issues 1-3, pp. 3-11, 2003.