

직하형 LED BLU의 구동 및 제어회로에 관한 연구

(Development of drive and control circuit for direct LED BLU)

전 우영* · 송 상빈 · 김 진홍 · 김 기훈

(한국광기술원)

(Woo-Young Cheon · Sang-Bin Song · Jin-Hong Kim · Ji-Hoon Kim)

Abstract

24" LCD Monitor용 LED BLU를 개발하기 위하여 1.5W R,G,G,B가 하나의 PKG에 들어있는 LED를 이용하여 Direct type의 Back Light Unit을 개발하였다. 방열 및 휘도 균일도를 고려하여 LED part를 설계, 개발 하였고 LED를 pulse로 구동하기 위하여 Switching circuit이 포함되는 구동회로 부분을 설계, 개발 하였다. 또한 Color Sensor와 ICM (Integrated Color Management) IC를 사용하여 Color를 Control하는 제어회로 부분도 개발을 하였다. 제어회로 부분을 개발하기 위하여 MicroController를 사용하였으며 ICM IC와의 통신을 위한 부분도 개발하였다. 이러한 구성을 개발하여 시제품을 직접 제작하였다. 평가를 위하여 성능시험을 실시하였고 광학적인 평가도 시행하였다. 제작된 시제품은 L558xW359xH30 으로 하였다. 휘도는 목표휘도를 이루었으며 균일도는 85% 이상이 되었다. .

1. 서 론

LCD는 자체 발광이 불가능하므로 LCD 하부에 BLU라 불리는 평면광원이 위치하여 LCD Panel로 빛을 비추어 주어야 한다. BLU가 빛을 발광하여 줌으로써 LCD화면에 다양한 색상이 구현될 수 있다. 최근에는 CRT를 이용한 디스플레이 제품이 대부분 LCD를 이용하는 제품으로 바뀌어 졌다. BLU가 LCD에 빛을 전달하는 방식으로는 에지방식과 직하형으로 크게 나뉘어 진다.

또한 LED의 빛을 LCD에 균일하게 전달하기 위하여 확산시트, 편광분리 시트 등을 이용한다. BLU에 새로운 광원으로 연구되어지는 LED는 직류전원을 이용하여 구동하므로 구동회로가 필요하다. 구동회로 외에 LED의 광량을 조절하기 위하여 제어회로 부분이 사용되어진다. 본 연구에서는 24"LCD에 적용될 수 있는 BLU에 있어서 구동회로 부분과 제어회로 부분에 대해 개발을 진행하였다. 시장이 점차 확대되고 있는 LED BLU에 있어서 구동회로부분과 제어회로 부분은 상당히 중요한 부분을 차지하고 있다. 정전류 방식의 구동회로와 ICM(Integrated Color Management)기능의 제어회로를 개발하여 24"LCD BLU에 적용하여 다가올 LED BLU시장에 적극 대응하고자 하는 것에 본 개발의 목적이 있다.

2. BLU용 LED part의 설계

2.1 LED BLE 디자인 및 구조설계

LED BLU의 LED part 크기는 길이 558mm, 폭 359mm, 높이 30mm 로 하였고 그림 1과 같이 디자인 하였다.

방열을 고려하여 PCB는 MCPCB를 사용하여 설계를 하였다. LED 선정시 방열구조를 고려하여 MCPCB와 열전달 경로를 구성할 수 있는 부분을 가진 LED를 선정하였다.

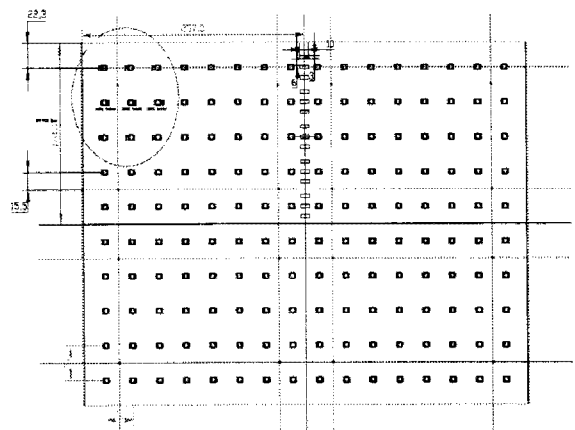


그림 1. LED 배치를 위한 기구설계

Frame의 크기는 24" Wide 형태가 될 수 있도록 정하였으며 MCPCB를 고정하기 위하여 16개의 Support를 형성하였다. LED part와 Drive part는 Connector를 사용한 연결방식으로 설계하였다. LED의 구동전류를 고려하여 선정하였으며 복잡성을 피하기 위하여 배선을 직선으로 할 수 있도록 고려하였다. Frame 뒷면에 Drive와 제어회로가 구성된 PCB가 부착될 수 있도록 설계를 하였다.

2.2 LED 패키지 선정 및 성능측정

LED BLU에 사용될 수 있는 LED Package를 선정하기 위하여 대표적으로 사용되어지는 형태를 고려하였다. 방열에 대한 부분과 광학적인 특성을 고려하여 선정하였다. 1.5W의 R,G,G,B LED가 사용되어지는 PKG를 선정하여 패키지에 대한 광학적·전기적 특성을 측정 및 데이터를 분석하였다. 표1에 LED 샘플에 대한 전기적, 광학적인 특성을 나타내고 있으며 측정장비는 한국광기술원에 있는 LED Tester(모델명:OL770 UV/VIS)를 이용하여 전기적·광학적 특성을 측정 분석하였다.

NO	Voltage	Current	Lumen	Efficacy	Max Intensity	View angle
	[V]	[mA]	[lm]	[lm/W]	[cd]	[°]
RED	2.4	99.8	9.59	42.86	2.41	125.4
GREEN	6.57	99.8	32.7	49.09	8.41	126.7
BLUE	3.48	99.8	1.93	5.55	0.47	128.8
WHITE	11.47	99.8	35.59	9.34	9.34	129.2

표 1. 선정된 LED의 전기적, 광학적 특성

그림2에 선정된 LED의 PKG 형태 및 배광분포에 대한 그림을 나타내었다. 선택한 회사의 HB LED에 대한 특성을 분석한 결과 광출력과 효율이 높으며, 발산각의 크기가 적색, 청색, 녹색의 광색에 따른 차이가 거의 없기 때문에 LED BLU의 광원으로써 적당하다. 또한 배광분포가 일정한 패턴을 이루고 있어서 매우 양호한 특성을 나타내고 있다.

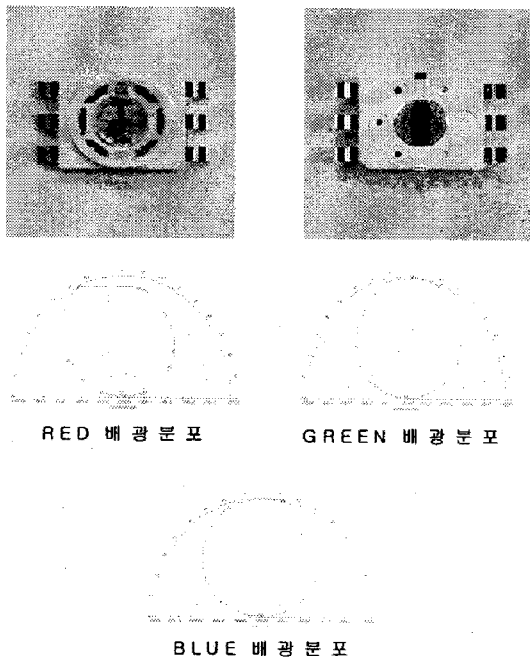


그림 2. LED PKG 형태 및 배광분포

2.3 LED Array 설계

24" LED BLU에 적용될 LED 개수를 160개로 결정하였다. Matrix 형태를 가지도록 구성하였다. LED는 R,G,G,B로 구성된 4in1 PKG를 이용하였다. 양산성을 고려하여 직렬구조를 선택하였다. 4개의 String은 32개의 LED가 직렬로 연결되고, 2개의 String은 16개의 LED가 직렬로 연결되어 총 5개의 String으로 구성되었다. BLU의 경우는 하나의 LED가 단선되어도 불량이 되므로 회로의 복잡성을 고려하여 직,병렬 구조를 선택하지 않았다. 그림3은 LED Array에 대한 회로도이다.



그림 3. BLU LED part 회로도

24"의 크기를 4등분하여서 양산성을 고려하여 PCB를 제작하고자 하였다. 구동회로와 연결되는 방식은 Connector 방식을 사용하였다. 24"를 4등분 하여서 PCB간의 연결은 Jumper 형태로 연결할 수 있는 방식을 택했다. 그림1에 PCB를 설계하기 위하여 도면으로 설계한 LED PCB의 기구적인 사양을 나타내었다. 전체 크기는 515x322가 된다. 전체 PCB는 4장으로 구성되므로 그림에서 보이는 것처럼 전체적인 균일 배치가 되도록 설계하였다. 균일 휘도를 얻기 위한 방법으로 회로의 복잡성과 양산성을 고려하였다. 실제로 PCB 설계는 위의 좌,우 2부분만을 설계하면 된다. X축을 기준으로 대칭이 되도록 설계하였다. LED PCB에서의 복잡성을 피하기 위하여 배선과 결합의 컴팩트화가 될 수 있는 구조를 선택하였다. 전체적으로 16개의 체결 Hole을 만들어서 PCB를 고정하는 방식을 택했다. 처음 String과 2번째 String은 LED가 Rotate 되도록 설계하였다. 이는 색혼합을 보다 원활하게 위한 방법으로 선택되어진 것이다. 그림4는 PCB를 위한 Layout 작업을 진행한 그림이다. 전체적으로 배선이 복잡하지 않도록 하기 위해서 직선으로 배선을 하는 구조로 진행하였다. LED에 전류를 인가하는 부분이라서 직선의 배선구조가

가장 좋으므로 구동회로의 복잡성을 감안하고 설계하였다. LED PCB는 발열을 고려하여 Metal Core PCB 재질을 사용하였다. 가격은 FR4에 비해서 다소 높지만 특별한 발열부분에 대한 구조물이 존재하지 않기 때문에 PCB만은 MC PCB로 설계하였다.

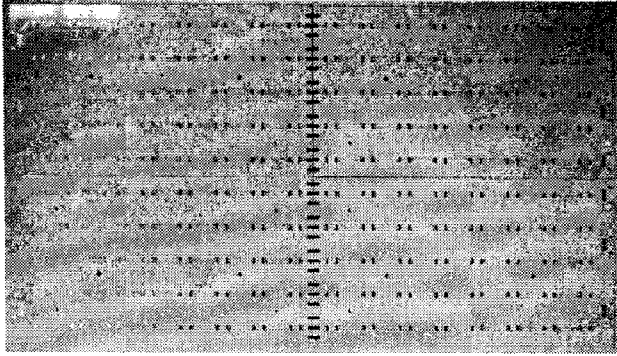


그림 4. BLU의 LED part PCB 시제품

2.4 LED BLU의 구동회로 설계

현재 LED를 정전류로 구동하기 위하여 구동IC로 많이 사용되어지고 있는 것으로 Supertex사가 개발한 LED Driver IC HV9910 이 있다. 입력전압은 V_{IN} 을 통하여 공급이 된다. 공급전압을 입력받아 내부적으로 7.5V의 전압을 발생시켜서 비교기의 Reference 전압으로 인가되어 진다. 그리고 또 하나 기준전압은 위쪽 비교기의 250mV 이다. 비교기의 출력은 +입력이 -입력보다 크면 1(high)를 출력하고 -입력이 +입력보다 크면 0(Low)를 출력한다. 2개의 비교기의 출력이 OR Gate로 연결되어 있기 때문에 2개중 하나만 1값이 출력되어도 OR Gate의 출력은 1이 되어 SR F/F의 Reset이 1이 된다. 이때 Set이 0이 되면 F/F의 출력이 0이 되어 GATE Pulse 가 Low가 되어진다. 이때 LED가 소등되어지게 된다.

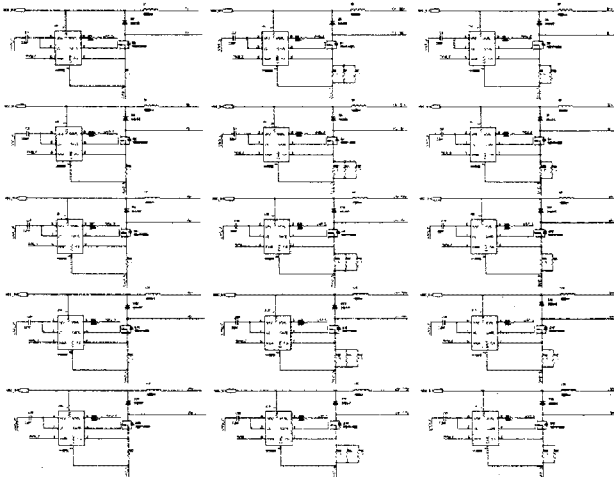


그림 5. BLU의 Drive part 회로도

선정한 Driver IC HV9910을 이용하여 160개의 LED를 구동할 수 있는 Drive 회로를 그림5에 나타내었다. 기능적인 복잡성을 피하기 위하여 동작 특성이 안정된 HV9910으로 설계를 진행하였다.

2.5 LED BLU의 제어회로 설계

LED를 이용한 BLU의 제어회로를 구현하고자 MicroController와 Agilent의 ICM IC를 이용하여 설계를 진행하였다. MicroController는 Atmel사의 Atmega128을 사용하였다. MicroController의 TWI 통신을 이용하여 ICM IC와의 통신을 구현하였고 이를 통해 ICM IC의 내부 레지스터를 Setting하고 동작시켰다. 그림6에 제어회로의 Microm 부분 회로를 나타내었다.

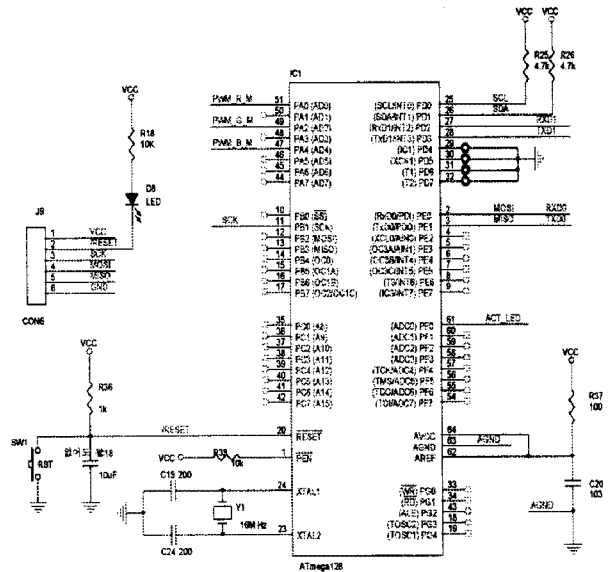


그림 6. BLU의 제어회로 부분 회로도

전체적인 시스템의 동작 상태를 나타내기 위하여 LED를 이용하여 동작 상태를 표시할 수 있도록 구성하였다. 하드웨어의 개발환경을 구축함에 있어서 ISP(In System Programmable)기능이 가능하도록 ISP Port를 통한 Firmware Downloading 이 가능한 구성을 하였다. 사용자의 입력에 의해 전체적인 시스템을 Reset 할 수 있도록 Reset에 대한 기능도 추가하였다. CMS IC에 대한 하드웨어 구성은 CMS IC의 레지스터의 Setting 및 Sensor 값의 입력으로 PWM 신호가 발생되므로 이 신호가 HV9910의 PWM pin에 입력될 수 있도록 구성하였다. HV9910에 입력되는 PWM 신호는 HV9910이 입력으로 사용되는 전압이 높기 때문에 EMI/EMC 부분에 상당한 영향을 생각해서 하드웨어를 구성해 주어야 한다. R,G,B 각각에 대한 PWM 신호들이 HV9910에 전달되어 LED를 구동

하게 된다. PWM에 대한 Duty 비율은 0-100% 까지 가능하며 12bit의 분해능을 가지므로 4096단계로 Duty를 변화시킬 수 있다. 이러한 제어신호들을 구성하여 하드웨어를 구성하기 위한 PCB를 제작하였다. 이를 그림7에 나타내었다.

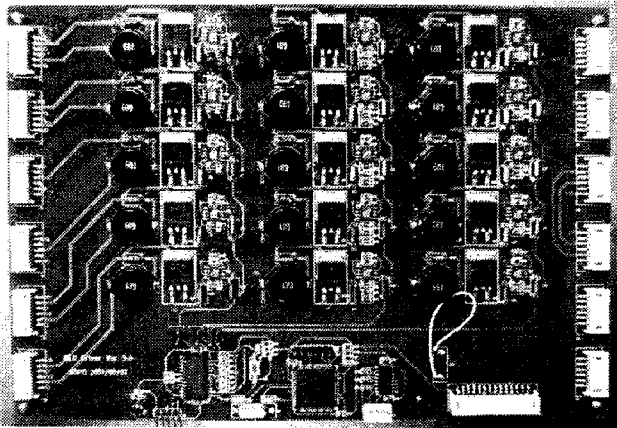


그림 7. 구동, 제어회로 통합 PCB 제작

2.6 ICM 구현을 위한 F/W 설계

선택한 Agilent의 IC를 이용하여 CMS를 구현하기 위해서는 2가지 단계를 거쳐야 한다. 2가지 Mode 중 첫 번째는 Calibration Mode 이고 두 번째는 Normal Mode 이다. Calibration Mode에서는 TWI 통신에 의해 Register 값이 변경됨에 따라서 각 단계에 따른 Calibration Register값이 결정되어지게 된다. 이에 따른 Flow Chart를 그림8에 나타내었다.

Calibration Procedure

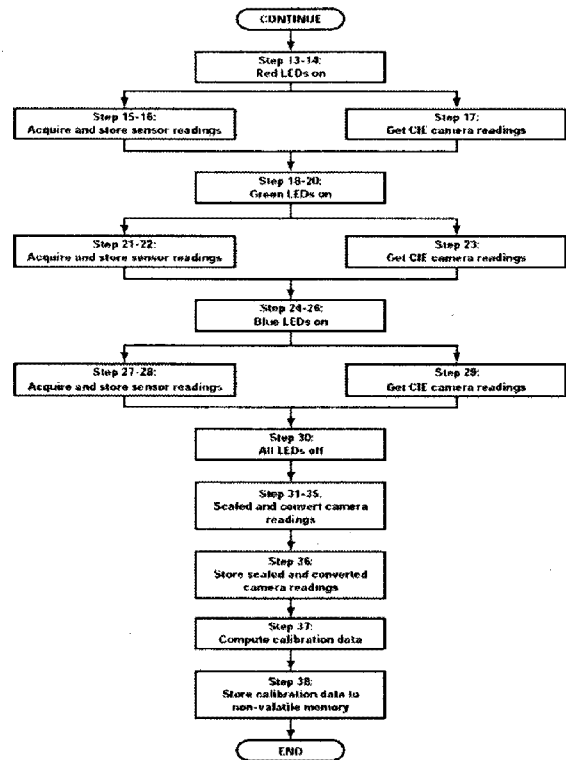
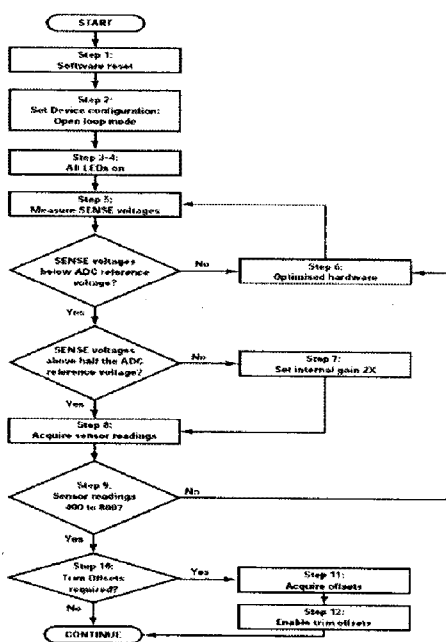


그림 8. Calibration Mode의 Flow Chart

Calibration Mode를 통해서 LED에 대한 특성치가 ICM IC 내부레지스터에 Setting이 되고 Normal Mode로 동작하기 위한 준비를 하게 된다. 이러한 알고리즘을 기반으로 하여 Atmega128 내부에 동작가능한 코드를 작성하였다. C언어를 기반으로 하였으며 AVR-Gcc 컴파일러를 사용하였다.

3. 시제품 제작 및 성능 측정

3.1 시제품 제작

그림9는 LED BLU에 있어서 LED 및 구동, 제어 회로를 구현한 시제품을 나타낸 것이다. LED PCB에는 160개의 LED가 16개씩 10줄로 배열되어 있다. LED는 1.5W의 R,G,G,B Type의 4in1 PKG를 이용하였다. 또한 구동회로에는 HV9910을 사용하여 회로를 구현하였다. 구동회로와 제어회로를 하나의 PCB에 설계함으로써 가격이 저렴하여지고 공간의 효율성을 높였다. 구동회로와 LED를 연결하기 위하여 Connector를 사용하여 연결하였다. 많은 수의 Connector가 사용되어 지지 않도록 설계하였으며 구동회로 부분에 있어서도 높이를 많이 차지하지 않는 SMD 부품으로 Compact화를 구현하고자 하였다. 제어회로의 Connector부분에는 차후의 확장을 위하여 Reserved Pin이 설정되

어 LCD Controller와 연결될 수 있는 구조로 설계하였다.

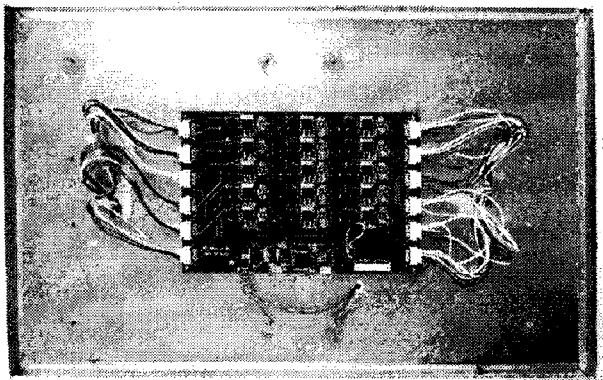
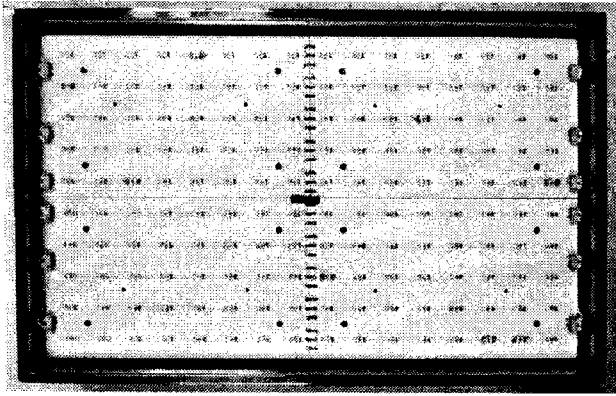


그림 9. LED BLU System 시제품 제작

LED BLU의 원활한 밝기 제어 및 휘도를 유지하기 위하여 Color Management System이 적용되었다. 제어회로를 간략화 하기 위하여 MicroController와 CMS IC가 사용되어졌다. 회로를 단순화하기 위해서 내부 Flash memory를 가지고 있는 MicroController를 선택하여 설계하였다. 구동회로에 PWM 신호를 전달하기 위해서 같은 보드상에 구동회로와 제어회로 부분을 통합하여 설계하였다. 신호가 전달되는 경로에서 EMI/EMC 부분에 대해 고려를 하여 설계를 진행하였다. 높은 전압으로 구동되는 구동회로 부분의 전원이 Connector를 통하여 전달되고 이 전원선이 제어회로 부분과 분리되어 있지 않으므로 설계에 어려움이 있었다.

3.2 BLU의 전기적, 광학적 특성

입력전압에 따라 LED가 안정적인 동작을 할 수 있도록 설계하였다. LED 각각에 대한 V_F 는 Red 2.4V, Green 7V, Blue 3.5V 이다. Duty 비율을 100%로 하여 측정하였고 이에 따른 전기적인 특성을 표 2에 나타내었다.

	입력전압 [V]	입력전류 [mA]	소비전력 [W]	비고
RED	68.83	430	29.6	
GREEN	97.69	461	44.9	
BLUE	92.2	205	18.5	

표 2. LED BLU의 전기적 특성 (Duty 100%)

Duty비를 100%로 하였을 때 휘도의 변화를 아래의 표에 나타내었다. 전류에 대한 한계치를 가지고 있기 때문에 Duty비가 60% 부근에서 휘도의 변화를 보이지 않으나 이는 전류의 한계치를 가지고 있기 때문이다. 목표하는 휘도를 나타내게 되면 그때의 전류값을 한계값으로 활용한 것이다. 본 연구에서는 목표휘도 6000 cd/m²을 기준으로 하였다.

	휘도 [cd/m ²]	전압 [V]	전류 [mA]	색좌표
RED	7721	68.83	430	0.3093
GREEN		97.69	460	
BLUE		92.2	205	0.3129

표 3. LED BLU의 광학적 특성 (Duty 60%)

4. 결론

본 연구에서는 HB LED를 이용하여 LCD의 Back Light 광원으로 적합한 BLU의 제품개발을 하였다. LED 구동회로 및 제어회로, 그리고 LED module을 개발함으로써 BLU 시스템을 구성할 수 있는 요소들의 기술력을 확보하였다. LED BLU에 적합한 LED Array를 구성하고 최적 제어를 하기 위한 구동회로와 마이크로 컨트롤러 및 Sensor를 통한 CMS 기능의 제어회로를 시제품으로 개발하였다. 본 연구에서 개발된 LED BLU 시제품을 시험 및 측정된 결과는 다음과 같다.

1. 다양한 HB LED를 전기적, 광학적 특성을 측정된 결과 LED BLU에 적합한 LED를 선택하였고 선정된 LED 특성에 적합하도록 동작개수 및 광학적 배치, Array module을 구성 하였다.
2. LED 개수에 맞는 동작전압 및 적정한 전류조건을 찾아서 차후에 전원용 Power supply 개발에 유용한 조건을 찾을 수 있었다. 개발된 구동회로에 있어서 RED의 동작전압은 68V, 전류는 430mA, GREEN의 동작전압은 97.7V, 전류는 460mA,

BLUE의 동작전압은 92.2V, 전류는 205mA 이었다.

3. 마이크로 컨트롤러와 ICM IC와의 TWI 통신을 통하여 관련 레지스터의 Setting 및 CMS 기능을 위한 Firmware를 구현하여 CMS 기능을 할 수 있는 알고리즘 및 코드를 구현하여 시제품을 제작하였다.

4. LCD 컨트롤러와의 연동을 위해서 차후 변경가능한 부분에 대한 대처가 가능하도록 시제품이 설계 되어서 연동부분에 대한 제어회로 구현에 가능성을 구현하였다.

본 연구는 산업자원부 지원 광기술력향상사업의 지원에 의해서 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] Gerd O. Mueller, et al., "Light emitting diodes for solid state illumination," International Display Work-shops 2000, pp.821-824, 2000.
- [2] S. Muthu, F. Schuurmans, and M. pashley, "Red, green, and blue LEDs for white light illumination," IEEE Journal on selected Topics in Quantum Electronics 8(2), pp.333-338, 2002.
- [3] Noboru Ohta, "색채공학", 국제 2003, pp.134~224
- [4] 日本照明學會, "LED 道路ハンドブック", 2006, pp.128~159
- [5] CIE, "Calculation and Measurement of Luminance and Illuminance in Road Lighting ", Technical Report , Pub 30-2, 1982, 2/e
- [6] 日本照明學會, "ライティングハンドブック 第2版", Ohmsha, 2003年 11月, pp410~413