3D TV를 위한 다채널 전류평형 단일스위치 LED 구동회로

황상수, 류동균*, 최흥균*, 김희욱*, 한상규†
국민대학교 POESLA, 삼성전기*

Multi-channel Current Balancing Single Swith LED driver for 3D TV

Sang Soo Hwang, Ryu Dong Kyun*, Heung Kyun Choi*, Hugh Kim*, Sang Kyoo Han†
Power Electronics System Laboratory, Kookmin Univ., Samsung Eletronmechnics*

ABSTRACT

본 논문에서는 3D TV를 위한 다채널 전류평형 단일스위치 LED 구동회로를 제안한다. 제안된 구동회로는 각각의 LED 채널의 정전류 제어를 위해 별도의 전력단을 사용하는 대신에 2차 측에 단 1개의 switch를 추가하여 하나의 채널 전류를 정전류 제어하고 나머지 다른 채널의 전류를 캐패시터의 성질을 이용한 회로를 사용함으로써 모든 채널 전류의 정전류 제어 및 전류평형이 가능한 회로이다. 추가된 switch는 ZCS(Zero Current Switching) 동작하므로 스위칭 손실을 최소화하여 고효율화 시킬 수 있다. 또한, 여러 LED 채널의 정전류 제어를 별도의 LED Driver단을 사용하지 않고 캐패시터의 성질을 이용하여 구현하기 때문에 소형화 및 저가격화가 가능하다. 최종적으로 제안된 회로의 우수성과 이론적 분석의 타당성 검증을 위해 46" LED 3D TV 구동회로를 위한 시작품을 제작하여 고찰된 실험 결과를 제시한다.

1. 서 론

최근 디지털 멀티미디어 방송 시대를 맞이하여 첨단 디스플레이 전자 장치들에 대한 많은 연구 개발이 진행되고 있다. 그 중 FPD(Flat Panel Display) 시장은 급진적인 성장을 하고 있는 추세이다. LCD는 비자발광 디스플레이로서, LCD 전 영역에 걸쳐 균일한 밝기의 빛을 공급하는 역할을 하는 BLU(Back Light Unit)의 사용이 필수적이다. 그러나 BLU는 패널의 가격에 있어서 가장 큰 부분을 차지함과 동시에 패널에서 사용되는 소비전력의 약 90%를 소모한다. 이에 따라서 LCD TV의 고질화 및 BLU의 효율 향상, 저가격화를 위해서 BLU의 연구 개발이 매우 활발하게 연구되고 있다.[1] 따라서 본 논문에서는 BLU의 효율 향상 및 저가격화를 실현 할 수 있는 3D TV를 위한 다채널 전류평형 단일스위치 LED 구동회로를 제안한다.

2. 제안된 LED 구동회로

LED를 LCD TV의 백라이트 광원으로 이용할 경우 전 화면에 걸쳐 균등한 휘도를 보장하기 위해 각각의 LED 채널은 정전류 제어 및 전류 평형이 보장되어야 한다. 따라서 LED 3D TV용 구동회로는 다채널의 LED를 정전류로 제어하기 위해 각각의 LED 채널마다 LED Driver단이 요구된다. 기존 LED 3D TV용 구동회로의 경우 PFC단, DC/DC단, LED Driver단의 3단 구조로 구성된다. 이로 인해 시스템의 부피 증가와 고효율 동작이 보장되지 않고, 가격 및 효율적인 측면에서 불리한 단점이 존재한다. 반면 그림 1과 같이 제안된 LED 3D TV용 전원 회로는 LED Driver단의 제거로 PFC단과 DC/DC단의 2단 구성으로 되어 있다. 제안된 회로는 기존 방식에서 절연을 위한 DC/DC단과 LED채널의 전류를 정밀제어 하기 위해 사용되었던 LED Driver단을 하나의 이중출력 구조를 갖는 LLC 컨버터로 대체할 수 있다. 따라서 제어 IC 등

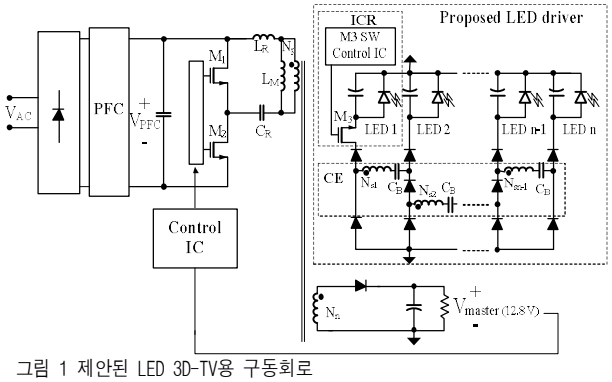


그림 1 제안된 LED 3D-TV용 구동회로
Fig. 1 Schematic of the proposed LED driver

Active 소자를 제거할 수 있으므로 소형화 및 비용 절감뿐만 아니라 고효율을 획득할 수 있다. 제안된 회로의 정전류 제어와 전류평형의 구현을 위해서 Initial Current controlled Regulator(ICR) 방식과 Current Equalizer 방식을 적용하였고 그 원리는 다음과 같다.

2.1 Initial Current-controlled Regulator 원리

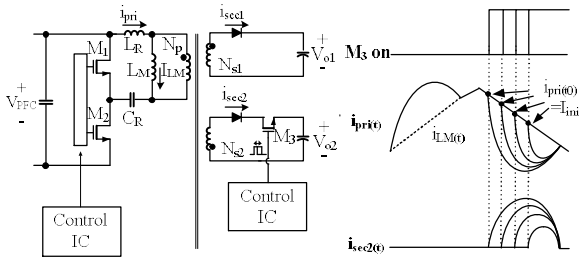


그림 2 ICR 회로가 적용된 이중 출력 LLC Converter 회로도 및 동작 원리
Fig. 2 Dual Output converter with proposed ICR and its operational principles

일반적인 LLC 공진형 컨버터의 경우 2차 측으로 넘어오는 공진 전류의 크기는 식 (1)과 같이 M_3 switch의 턴 온 시점의 공진전류 초기값($I_{pri(t0)}$)에 의해 결정된다.[2]

$$I_{sec2}(t) = I_{pri}(t_0)\cos\omega_R(t-t_0) + \frac{V_S - (N_P/N_S)V_O - V_R(t_0)}{Z_R}\sin\omega_R(t-t_0) \quad (1)$$

$$\omega_R = 2\pi F_{R1} = \frac{1}{\sqrt{L_R C_R}}, Z_R = \sqrt{\frac{L_R}{C_R}}$$

제안된 ICR은 그림 2와 같이 2차 측 M_3 switch의 턴 온 시점을 가변 하는 방식으로 공진전류의 초기 값에 따라 출력 전류 I_{sec2}를 정전류 제어한다. 또한, M_3 switch는 출력 전압 정류

단에 전력이 모두 전달된 이후에 턴 오프하므로 ZCS를 보장하여 전력 변환 효율이 개선되는 장점이 있다.

2.2 Current Equalizer 원리

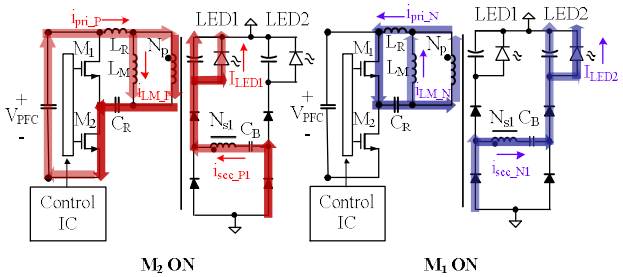


그림 3 Current Equalizer 회로도 및 동작 원리
Fig. 3 Current Equalizer circuit and operation principles

Current Equalizer는 캐패시터의 Charge balance의 성질을 이용한 것으로 별도의 post regulator 없이도 모든 채널의 전류 평형이 항상 가능한 회로이다. 그림 3은 Current Equalizer를 적용한 2 channel LED 구동회로와 동작 원리를 나타낸 것으로 트랜스포머 1차 측 스위치의 도통에 따라서 전류 경로가 형성되며 아래의 식 (2)가 성립된다.

$$< I_{sec_P} >=< I_{LED1} >, < I_{sec_N} >=< I_{LED2} > \quad (2)$$

$$< I_{sec_P} >=< I_{sec_N} > \quad (3)$$

$$< I_{LED1} >=< I_{LED2} > \quad (4)$$

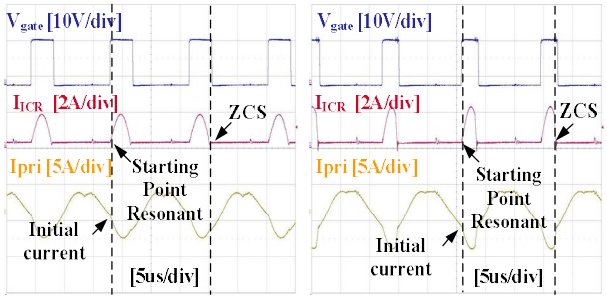
그리고 2차 측에 삽입된 DC blocking 캐패시터의 Charge balance law에 의해 식 (3)이 성립이 되고, 두 식을 연립하면 식 (4)를 얻을 수 있다. 따라서 두 LED 채널의 전류평형이 항상 보장된다.

3. 실험 결과

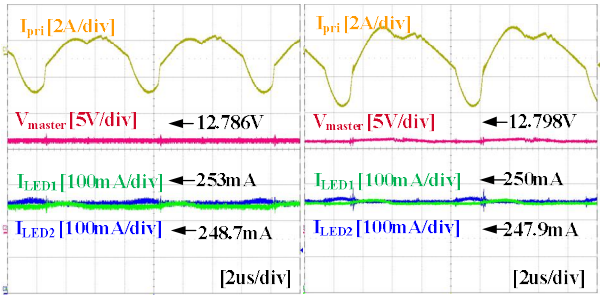
본 논문에서는 제안된 회로의 우수성과 이론적 분석의 타당성 검증을 위해 46" 2 channel LED 3D TV용 구동회로의 시작품을 제작하여 고찰된 실험결과를 제시한다. 실험에 사용된 입출력 및 주요 파라미터들은 표 1과 같다.

표 1 제안 LED 2-channel 구동회로 주요 파라미터
Table 1 Principal Parameters for Proposed LED Driver

Input Voltage	$90V_{rms}$~$264V_{rms}$
Maximum Output Power	210W
Master Output Voltage	12 8V
Rated Voltage and Current of LED	180/250mA
Magnetizing/Leakage Inductor	350uH/70uH
Resonant/DC blocking Capacitor	18nF/22nF



(a) No load (b) Full load
그림 4 부하에 따른 제안된 2-channel LED 구동회로 주요 동작 파형
Fig. 4 Key waveforms according to master load conditions



(a) No load (b) Full load
그림 5 부하에 따른 2-channel LED 전류 파형 및 Master 전압
Fig. 5 LED currents and master voltage according to master load conditions

표 2 기존 및 제안 2-channel LED 구동회로 주요소자 수 비교
Table 2 Comparisons between conventional and proposed 2-channel LED driver in the aspect of the number of devices

Items		Conventional LED driver	Proposed LED driver
transformer		1EA (EE3414)	1EA (EE3414)
Power switch	M_1&M_2	2EA (STD14NM50N)	2EA (STD14NM50N)
	M_3	2EA (AOD5N40)	1EA (AOD5N40)
Diode	D_1~D_4	4EA (SF36G)	4EA (SF36G)
	D_b	2EA (MUR460)	0EA
Link capacitor		1EA (47uF/200V)	0EA
Inductor		2EA (220uH)	0EA
Control IC	LLC	1EA (SEM3110)	1EA (SEM3110)
	SSPR/ICR	1EA(SLC5012M-20pin)	1EA(UCC3583-14pin)

그림 4는 부하 변동에 따른 M3 switch의 gate 파형 및 전류와 1차 측 전류를 보이고 있으며 M3 switch의 턴 온 시점에 따라 공진을 시작하고 M3 switch의 ZCS 동작을 확인함으로써 제안된 ICR의 동작을 검증하였다. 그림 5는 부하 변동에 따른 1차 측 전류 및 Master 전압과 LED 전류를 나타내는 파형으로 모든 채널 전류의 정전류 제어 및 전류평형이 가능함을 확인할 수 있다. 또한 제안된 회로는 ICR 및 Current Equalizer을 적용하여 LED Driver단이 제거되므로 전체 시스템의 최대 효율이 기존 84%에서 86%로 2%의 효율 개선을 획득하였으며 표 2에서와 같이 주요 소자 수 저감을 통해 고효율 획득뿐만 아니라 부피 및 비용절감 효과를 검증하였다.

3. 결 론

기존의 LED 3D TV용 구동회로는 PFC단, DC/DC단, LED Driver단의 3단 구조로 구성되며 각각의 채널마다 LED Driver단이 요구되므로 이로 인해 시스템의 부피 증가와 고효율 동작이 보장되지 않고, 가격 및 효율적인 측면에서 불리한 단점이 존재한다. 반면 본 논문에서 제안된 구동회로는 정전류 제어 및 전류 평형을 위해 기존에 사용하였던 LED Driver단을 Initial Current controlled Regulator 방식과 Current Equalizer로 대체함으로써 PFC단, DC/DC단의 2단 구성이 가능하여 부피 및 비용절감 효과뿐만 아니라 고효율을 획득할 수 있다. 또한, 추가된 switch는 ZCS 동작이 가능하므로 부가적인 효율 개선 효과와 전류평형을 위해 오직 passive 소자만을 사용하므로 최대 전류편차 1.7%의 우수한 성능을 검증하였다. 따라서 제안된 회로는 Display, 조명 장치와 같이 다양한 LED application들에 매우 적합할 뿐만 아니라 우수한 성능을 기대할 수 있다.

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 대학 ICT연구센터육성 지원사업의 연구 결과로 수행되었음 (NIPA 2014 H0301 14 1005)

참 고 문 헌

[1] L. Y. Pan, S. C. Chang, M. Y. Liao, and Y. T Lin, "The future development of global LCD TV industry," *in Proceeding of PICMET*, pp. 1818~1821, Aug. 2007.

[2] Roberts W. Erickson and Dragan Maksinmovic, "Fundamentals of power electronics; 2nd edition," Kluwer Academic, pp.705 721, 2001.