대화면 LCD backlight 구동을 위한 Dual charge pump inverter

장두희, 권기현*, 노정욱, 한상규, 홍성수, 사공석진, 이효범*
국민대학교 전력전자 연구소, *삼성전기(주) P&M 사업부

Dual charge pump inverter For LCD Backlight Drive Application

Doo-Hee Jang, Gi-Hyun Kwon*, Chung-Wook Roh, Sang-Kyoo Han,
Sung-Soo Hong, Sug-Chin Sakong, Hyo-Bum Lee*
Kookmin University Power Electronics center, *Samsung Electro-Mechanics Co., LTD.

ABSTRACT

본 논문에서는 LCD backlight 구동을 위한 Dual charge pump inverter를 제안하였다.

제안 회로는 넓은 입력 및 부하 범위에서 영전압 스위칭 (Zero Voltage Switching) 동작을 보장하여 효율이 높은 장점을 가진다. 기존 full bridge 방식의 회로와 비교하여 동등한 수준의 소자 전압 스트레스를 가지며, 트랜스포머 1차측 양단 전압을 Full_Bridge 방식에 비해 2배로 만들 수 있어 트랜스포머의 턴비 감소 효과를 얻을 수 있다. 또한 각 소자 전류 스트레스를 기존 대비 1/2로 줄일 수 있는 장점을 가진다. 위와 같이 제안한 회로의 타당성 검증을 위해 시뮬레이션과 40인치 LCD Pannel에 적용하여 실험을 수행하였다.

1. 서 론

최근 LCD 시장은 하루가 다르게 성장하고 있다. LCD는 치열한 경쟁을 하면서 원가 절감문제에 직면 하게 되었다. 원가 절감을 위해 LCD 디스플레이를 구성하고 있는 여러 요소 중 하나인 인버터 분야에서도 원가 절감을 위해 다양한 연구가 진행되고 있다.

그림1. 은 현재 널리 사용되고 있는 인버터 구동 방식인 Symmetric Phase-Shift Full Bridge회로[1][2]이다. 이는 4개의 반도체 스위치와 1개의 트랜스포머로 구성되어있으며, Phase-shift 동작으로 초기 구동이 용이하고, 넓은 부하 범위에서 Lamp 전압의 비대칭성 없이 ZVS가 가능하다. 그러나 Symmetric Phase-Shift Full Bridge는 특허 우선 순위가 있는 기술로써, 기술 보유 업체에게 Royalty가 들어가는 단점이 있다.

본 논문에서는 기존 Symmetric Phase-Shift Full Bridge를 대체 할 수 있는, 대화면 LCD에 적합한인버터 회로를 제안 하였다. 타당성 검증을 위해 동작 원리를 설명하고, 시뮬레이션을 통한 검증과 40인치 LCD Pannel에 적용하여 실험을 수행한다. 실험 결과를 제시하여 회로의 우수성을 보인다.

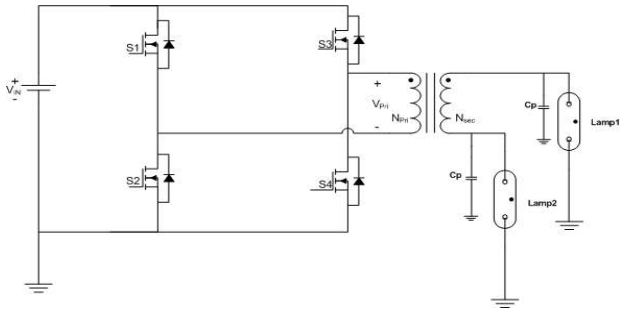


그림1. Symmetric Phase-Shift Full Bridge회로

2. 제안된 Dual charge pump inverter

2.1 제안 회로의 특징

제안된 회로는 NMOS 주 스위치 S1, S2, S3 그리고 S4 4개로 구성된 Upper 단과 동일한 형태 S5, S6, S7 그리고 S8 4개로 구성된 Lower 단이 180도의 위상 차이로 대칭 동작을 한다.

제안된 회로는 스위치 S1과 S4는 시비율 D로 180도 만큼의 위상차이를 가지고 교대로 도통 차단을 반복한다. 또한, S2와 S3 역시 시비율 (1-D)로서 180도 만큼의 위상 차이를 가지고 도통 차단을 반복하게 된다. 스위치 구동시, S2는 S1의 도통과 차단을 반전하게 되고 S3는 S4의 도통과 차단을 반전하므로 제안된 회로는 출력 신호 2개로 스위치 4개를 구동할 수 있다.

Lower단은 Upper단과 180도의 위상차이로 동일하게 동작하여, 트래스포머 1차측에 인가되는 전압 V_L 은 +2Vin에서 -2Vin을 반복한다. 위와 같은 동작을 반복하면서 트랜스포머의 Volt-Second Balance를 맞추어 준다. 기본 Full bridge 대비 V_L 이 2배가 되므로, 트랜스포머의 턴 비를 감소 할 수 있다. 또한 각 소자의 전류 스트레스를 기존 회로 대비 1/2로 줄일 수 있는 장점을 가지고, 스위치의 drain-source 간 전압 스트레스는 Vin으로 종래의 스위치 전압 스트레스와 동일한 수준을 가진다.

그림2는 제안된 Dual charge pump inverter회로이다. 2차측 전압 Vsec 는 (Nsec/Npri)*VL 이 되고, 최대값이 (Nsec/Npri)*Vin 를 가지는 대칭적인 구형파 형태로 나오게 되어 2차측 회로에 전달된다. 따라서, 램프 관전류 및 전압은 대칭적인 AC 정현파를 출력 하도록 할 수 있다.

그림3은 제안 회로도의 주요 파형이다.

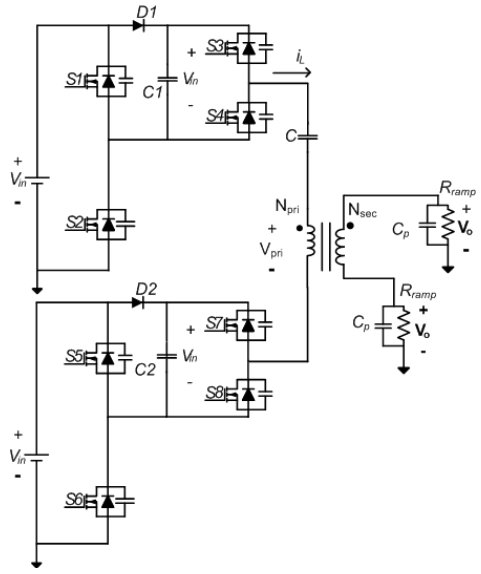


그림 2. 제안된 Dual charge pump inverter 회로

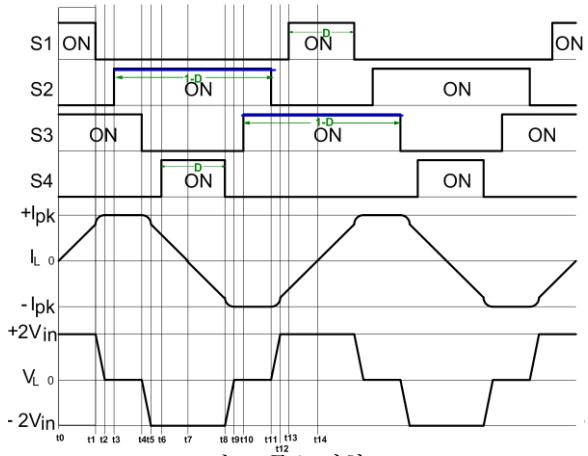


그림 3. 주요 파형도

2.2 모드 해석

제안 회로의 모드 해석을 위해 다음의 가정을 한다.

1. C, C_1, C_2 캐패시터의 전압은 항상 V_{IN}으로 유지한다.
2. L_m은 1차측 N_{pri} 에서 바라본 등가 자화 인덕턴스 이다.
3. Upper단과 Lower단이 반대값을 가지고 대칭적으로 동작하여, Lower단 해석은 생략한다.
3. Mode8 ~ Mode14는 Mode1 ~ Mode7 구간과 반대값을 가지고 대칭적 동작을 하여, 모드해석은 생략 한다.

Mode 1 [t0 ~ t1] : 스위치 S1, S3가 도통되고, 전류 패스는 S1과 C1, 그리고 S3의 경로로 공진 path가 형성된다. 트랜스포머 1차측 권선 N_{pri} 의 양단 전압 V_L 은 $+V_{in}$ 이 인가되고, N_{pri} 에 흐르는 전류 i_L은 $+V_{in}/L_m$ 의 기울기로 증가한다.

Mode 2 [t1 ~ t2] : 스위치 S1이 차단되고, L_m과 C_{ds}(S1) 그리고 C_{ds}(S2)의 경로로 공진 path가 형성된다. i_L 은 $+I_{pk}$ 값을 가지게 되고, V_L은 V_{IN}에서 0까지 하강하게 된다. S1의 Drain-Source 간 전압 $V_{ds(S1)}$은 0에서 $+V_{in}$까지 상승하고, S2의 Drain-Source간 전압 Vds(S2)는 +Vin 에서 0까지 하강한다.

Mode 3 [t2 ~ t3] : 스위치 S2의 바디 다이오드가 도통하는 구간이다. 전류 패스는 S2의 바디다이오드와 C1 그리고 S3의 경로로 Path가 형성된다. V_L은 0을 유지하고, i_L 은 $+I_{pk}$ 값을 유지한다.

Mode 4 [t3 ~ t4] : 스위치 S2가 도통되는 구간이다. 전류가 스위치 S2의 바디다이오드를 통해 흐르고, 스위치 양단이 영전압 상태에서 도통되어 ZVS를 한다. N_{pri} 양단 전압 V_L 은 0을 유지하고, i_L은 $+I_{pk}$ 값을 유지한다. 전류 패스는 S2와 C1 그리고 S3의 경로로 Path가 형성된다.

Mode 5 [t4 ~ t5] : 스위치 S3가 차단되는 구간이다. L_m과 C_{ds}(S3) 그리고 C_{ds}(S4)의 경로로 공진 path가 형성된다. N_{pri} 양단 전압V_L은 0에서 $-V_{IN}$까지 감소하고, I_{L1}은 $+I_{pk}$ 값에서 감소하기 시작한다. S3의 Drain-Source 간 전압 V_{ds}(S3)은 0에서 $+V_{in}$ 까지 상승하고 S4의 Drain-Source간 전압 V_{ds}(S4)은 +Vin 에서 0까지 하강한다.

Mode 6 [t5 ~ t6] : 스위치 S4의 바디다이오드가 도통되는 구간이다. 전류패스는 S2와 S4의 바디다이오드를 통하여 형성된다. V_L은 $-V_{in}$을 유지하고, I_L 은 감소한다.

Mode 7 [t6 ~ t7] : 스위치 S4가 도통되는 구간이다. 전류가 스위치 S4의 바디다이오드를 통해 흐르고, 스위치 양단 이 영전압 상태에서 도통되어 ZVS를 한다. N_{pri} 양단 전압 V_L 은 $-V_{in}$으로 유지하고, I_L은 0까지 감소한다. 전류 패스는 S2와 S4를 통하여 형성된다.

나머지 모드는 위 모드와 반대값을 가지고, 대칭적으로 동작한다.

다음의 그림4은 각 모드별 동작 회로이다.

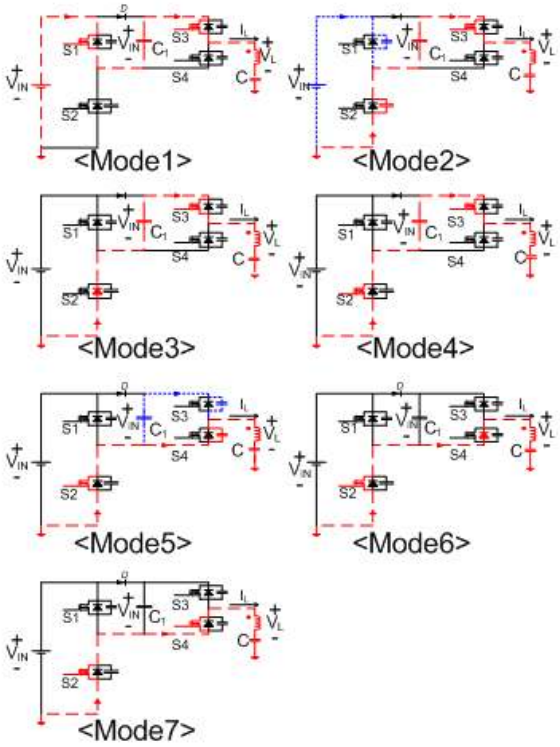


그림4. 각 모드별 등가회로

3. 모의 실험 및 실험 결과

표 1와 표2에 각각 실험을 위한 조건과 실험에 사용된 소자들의 사양을 나타내었다.

표1 모의 실험 조건

Condition	Value	Condition	Value
V_{IN}	$24V_{DC}$	Turns ratio	22:2240
C_P (Charge pump cap.)	10uF	L_{k_pri}	17uF
R_{ramp}	317kΩ	L_{k_sec}	394mF
F_S (Switching frequency)	62.5kHz	L_m	233uF

표2 실험 조건

LCD Pannel	40" SEC LCD Biz. (LTA400W2, HOT to GND)
Switch	Ado442 (60V, 38A)
Diode	Smab210 (100V, 50A)

그림. 5는 제안된 Dual charge pump Inverter 회로의 모의 실험 결과이다. Upper단과 Lower단이 반대값을 가지므로, Full bridge에 비해 각각의 값들이 두 배 정도 큰 특성을 가지는 파형이 나타남을 볼 수 있다. 시뮬레이션 결과, 트랜스포머 일차 측 전압은 양의 Powering구간에는 $+2V_{in}$ 값을 유지하고 음의 Powering 구간에는 $-2V_{in}$의 값은 유지하면서 peak-to-peak 값이 $4V_{in}$인 96V를 가진다. Charge pump 캐패시터 C1과 C2의 전압은 23V~24V 정도로 V_{in}과 비슷하다. 모의 실험을 통하여 이론적 해석과 잘 맞음을 볼 수 있다.

그림6는 40인치 LCD Pannel에 적용한 결과이다. 그림(a)는 트랜스 포머의 일차측 전압V_{pri}과 램프 전류I_{ramp}를나타내고 있다. 모의실험에서 확인한 바와 같이 트랜스포머 1차측 전압V_{Pri}는 $4V_{IN}$인 $96V_{PP}$가 나오는것을 볼 수 있다. 그림(b)는 램프 전압 파형이다. 대칭적인 AC정현파 파형이 잘 나타나고 있음을 알 수 있다.

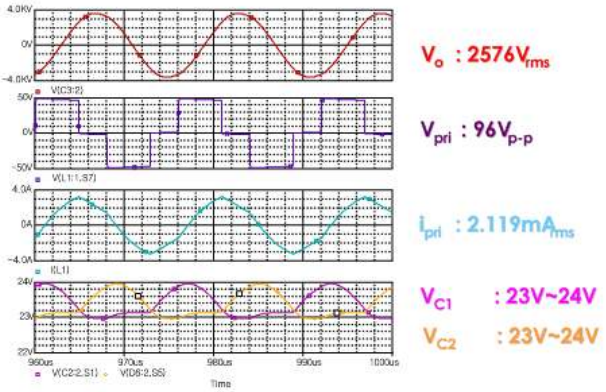
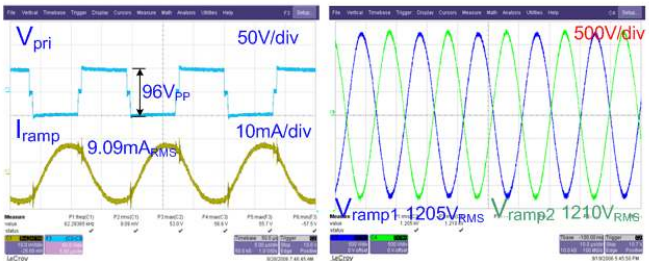


그림5. 모의 실험 결과



(a)트랜스포머 1차측전압 V_{pri} (b)출력 전압 파형

그림6. 40" LCD Pannel에 적용한 실험결과

3. 결 론

본 논문에서는 LCD Backlight용 Dual charge pump inverter 회로를 제안 하였다. 앞에서 살펴본 바와 같이 Upper단과 Lower단 2단을 사용하여 트랜스포머 양단 전압을 기존 full bridge 대비 2배가 되어, 트랜스포머 턴 비를 줄일 수 있다. 또한 소자 전류 스트레스를 기존 full bridge 방식 대비 1/2로 줄일 수 있는 장점을 가진다. 넓은 입력범위에서 스위치의 영 전압 스위칭 동작을 보장함으로써 고효율 동작을 가능하게 한다. 본 논문에서는 제안된 회로의 이론적 검증을 하였고, 시뮬레이션 수행 및 40인치 LCD Pannel에 적용하여 실험을 수행 하였다. 실험결과를 통하여 회로를 회로의 우수성을 검증하였다.

이 논문은 삼성전기(주)의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

참 고 문 헌

[1] Yung-Lin Lin, "High-efficiency adaptive DC/AC converter", U.S. Patent 6804129, Oct.12, 2004

[2] Sheng Tai Lee, "Circuit structure for driving a plurality of Cold Cathode Fluorescent Lamps", U.S. Patent 6781325B2, Aug.24, 2004.