

# 무수은 면광원 램프용 Scanning Backlight 구동회로

吳恩泰\*, 鄭鏞啟\*, 李京寅\*, 俞鎬源\*, 李竣榮†

## Scanning Backlight Driver for Mercury Free Flat Fluorescent Lamp

Eun-Tae Oh, Yong-Min Jung, Kyung-In Lee, Ho-Won Yoo and Jun-Young Lee

### 요 약

현재 사용하고 있는 LCD(Liquid Crystal Display) Backlight용 램프는 주로 CCFL(Cold Cathod Fluorescent Lamp)과 EEFL(External Electrode Fluorescent Lamp)이 사용되고 있다. 하지만 이 램프는 수은을 사용하여 RoHS(the Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment)규제가 점점 강화되면서 사용이 제한되고 있으며, 이에 따라 수은을 사용하지 않는 램프의 제작이 불가피해지고 있다. 또한 LCD TV는 CRT와 PDP와는 다른 LCD만의 Hold-type 특성과 LC(Liquid Crystal)의 응답속도로 인하여 Motion Blur현상이 나타나는 단점이 있다. 본 논문에서는 RoHS 규제를 만족시키는 무수은 면광원 램프를 구동하기 위한 인버터를 제안한다. 제안한 인버터는 포워드 방식을 사용하여 반도체 소자 및 자기 소자의 수를 줄여서 구동회로가 간단하다. 또한 면광원 램프를 세로방향으로 6블록으로 나누어 스캔구동을 하여 Motion Blur현상을 저감 시켰다. 끝으로 실험을 통하여 제안한 인버터의 유용성을 입증하였다.

### ABSTRACT

A lamp which is currently employed to LCD(Liquid Crystal Display) Backlight is almost CCFL(Cold Cathod Fluorescent Lamp) and EEFL(External Electrode Fluorescent Lamp). However, the use of these lamps is being restricted as RoHS(the Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment) regulation is gradually reinforced. According to this situation, the manufacturing of a lamp which doesn't use mercury is unescapable. Moreover, LCD TV has a defect which take place Motion Blur phenomenon due to response time of LC(Liquid Crystal), and Hold-type characteristic which only exists in LCD differently to CRT, PDP. In this paper, an inverter is proposed to drive a plane light source lamp which is not containing mercury. Driving circuit of proposed inverter is simple because the number of semiconductor device and magnetic device is reduced by using forward topology. Also, Motion Blur phenomenon is decreased by dividing the plane light source lamp to six block along vertical direction, and scanning. Finally, we proved usefulness of proposed inverter through experiment.

**Key Words** : Forward inverter, Mercury free, Scanning backlight

### 1. 서 론

†교신저자 : 정회원, 명지대 전기공학과 조교수  
E-mail : pdpljy@mju.ac.kr

\*학생회원, 단국대 전기전자공학과 석사과정  
접수일자 : 2008. 8. 13                      1차 심사 : 2008. 9. 5  
2차 심사 : 2008. 10. 1                      심사완료 : 2008. 10. 30

최근, 벽걸이형 TV에 CCFL(cold cathode fluorescent lamp)을 후면 광원(Backlight)으로 이용하는 BLU(Back Light Unit)이 널리 사용되고 있다. BLU는 후면광원, 광 반사판, 램프반사판, 도광판, 확산판, 프리즘 필름 등으로 구성되고, 후면광원으로는

CCFL, ELD, 열 음극형 램프 등이 있지만 휴대폰을 제외한 대부분의 경우에서 CCFL을 사용하고 있다.<sup>[1][2]</sup> LCD에 사용되는 후면광원의 기본 조건은 넓은 사용온도, 선명한 화면을 실현하기 위한 고 휘도, 저소비 전력, 균일화, 고 효율화, 장수명화 등이 요구되고 있으며, CCFL은 이와 같은 조건을 만족하고 있다. 그러나, CCFL은 수은을 사용하고 있기 때문에 고 효율화, 고 휘도화를 이룰 수 있지만, 저온에서 수은을 활성화시키기가 어려워 저온 동작의 어려움 등의 단점을 갖고 있으며, 또한 수은을 사용하고 있기 때문에 환경 친화적이지 못하다.<sup>[3][4]</sup>

본 논문에서는 LCD의 후면 광원용으로 적당하고, 온도 의존성이 적고, 환경 친화적이지 못한 수은을 사용하지 않고, 가스 방전 시 자외선 방사량이 뛰어난 Xe을 방전 가스로 사용한 평판형광램프의 구동을 위한 인버터를 설계, 제작하였다.<sup>[5]</sup>

인버터는 포워드방식을 사용하여 기존의 full-bridge 방식에 비해 반도체 소자 및 자기 소자의 수를 줄여서 구동회로가 간단하다. 또한 면광원을 이용하여 LC의 응답 속도와 hold-type특성으로 인해 나타나는 motion blur의 감소를 위한 스캔구동을 가능하게 하였다. 스캔구동은 15인치 무수은 면광원 램프를 6개의 블록으로 나누어 60Hz로 구동 하였으며 각 블록의 on-time을 변화시켜 휘도를 조절 할 수 있도록 제작하였다.<sup>[6][7]</sup>

## 2. 위상천이 방식의 풀-브리지인버터

기존의 위상천이 방식의 풀-브리지 인버터는 그림 1과 같이 직류 전압원, 스위칭소자 4개, 변압기, 커패시터, 부하로 구성되어있다. 기존 인버터는 주기 당 8개 모드로 동작하며 첫 반주기 4개 모드와 다음 반주기 4개 모드가 대칭적으로 동작한다.

**Mode 1**( $t_0 \leq t < t_1$ )에서는  $X_s$ 와  $Y_g$ 가 도통된 상태이며 mode 1 diagram에서 보듯이 main 전압  $V_s$ 로 부터 에너지가 트랜스로 전달되고 출력전압  $V_{o1}$ 과  $V_{o2}$ 가 서로 다른 위상을 갖게 된다. 이 때 두 출력에너지의 차이로 인해 패널은 방전된다.

**Mode 2**( $t_1 \leq t < t_2$ )에서는  $X_s$ 만 도통되며 Panel로 전달되는 에너지가 차단된다. 이 때 트랜스 같은 자기 소자는 에너지를 환류 시킬 수 있는 path가 필요하게 되는데 이 환류 path는 mode 2 diagram에서와 같이 구성되어 순환전류를 발생 시킨다. 이 순환전류로 인해 스위치  $Y_s$ 의 기생Capacitance를 방전시켜  $Y_s$ 는 ZVS로 턴-오프된다.

**Mode 3**( $t_2 \leq t < t_3$ )에서는  $X_s$ 와  $Y_s$ 가 도통되며 mode

2에서와 같은 path가 유지된다.

**Mode 4**( $t_3 \leq t < t_4$ )에서는  $X_s$ 가 턴-오프되고  $Y_s$ 만 도통되어 mode 4 diagram과 같이 새로운 환류 path를 형성한다. 이 때 흐르는 순환전류가  $X_g$ 의 기생 Capacitance를 방전시켜  $X_g$ 는 ZVS로 턴-오프가 된다.

**Mode 5**( $t_4 \leq t < t_5$ )에서는  $Y_s$ 와  $X_g$ 가 도통되어 mode 5 diagram과 같이 main 전압  $V_s$ 로 부터 에너지가 트랜스로 전달되고 mode1과 같이 출력전압  $V_{o1}$ 과  $V_{o2}$ 가 서로 다른 위상을 갖게 되어 Panel은 방전된다.

**Mode 6**( $t_5 \leq t < t_6$ )는  $X_g$ 만 도통되어 Panel로 전달되는 에너지가 차단되는 구간이다. 이 구간에서는 mode 6 diagram과 같은 환류 path가 형성되고 순환전류가 흐르게 된다. 이 때에는  $Y_g$ 에 충전되어 있던 기생 Capacitance를 방전 시키며 ZVS로 턴-오프되게 된다.

**Mode 7**( $t_6 \leq t < t_7$ )에서는  $X_g$ 와  $Y_g$ 가 도통되며 mode 6와 같은 path가 유지된다.

**Mode 8**( $t_7 \leq t < t_8$ )에서는  $Y_g$ 만 도통되며 mode 8 diagram과 같은 새로운 환류 path를 형성하게 된다. 이 때 발생하는 순환전류로 인해  $X_s$ 의 기생 Capacitance는 방전되고 ZVS로 턴-오프하게 된다.

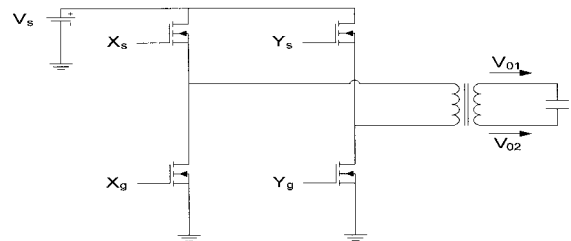


그림 1 기존 회로  
Fig. 1 Conventional circuit

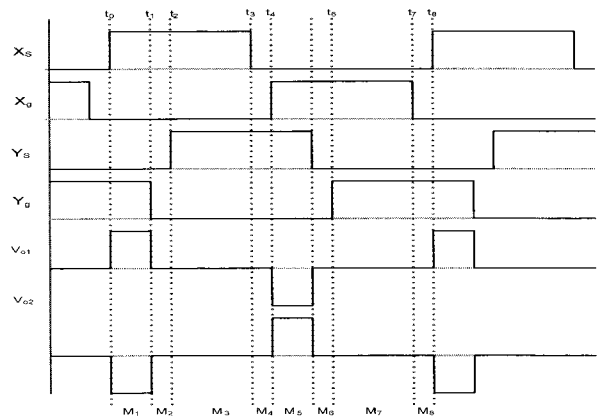


그림 2 기존 인버터의 동작 파형도  
Fig. 2 Driving pulse of conventional inverter

기존 회로는 위상천이 방식으로 제어하여 제어가 복잡하고 제어 IC소자의 가격이 비싸며, 반도체 소자와 자기소자의 수가 많고, 별도로 부트스트랩 게이트 드라이버를 사용해야한다는 단점이 있다.

### 3. 제안한 인버터와 스캔 구동

#### 3.1 제안한 회로

본 논문에서 제안한 포워드 방식의 인버터는 그림 3과 같이 직류 전압원, 스위칭 소자, 변압기 그리고 스너버 역할을 하는 커패시터, 저항으로 구성되어 있다.

제안한 인버터는 주기 당 2개의 모드로 동작되며 모드에 대한 동작은 다음과 같다.

**Mode 1**에서는 스위치  $X_s$ 가 도통된 상태이며, 1차 권선의 전압은  $V_i$ 가 된다. 전력이 부하로 전달되는 Powering구간에 해당한다. 턴 비를 고려하였을 때 2차 측에 유도되는 전압은  $V_o = \frac{N_2}{N_1} D V_i$ 이 된다.  $N_1$ 에 흐르는 전류  $i_1$ 은  $(V_i/L_{m1})$ 의 기울기로 증가하며, 여기에서  $L_{m1}$ 는 인버터의 1차 측에서 바라본 등가 자화 인덕턴스 이다.

**Mode 2**에서는 스위치  $X_s$ 가 차단된 상태이며, 변압기 전압의 극성은 반대로 된다. 이것은 변압기 1차 측의 다이오드( $D_1$ )를 도통 시키고, 변압기 1차측에 축적된 자화전류를 리셋 시키게 된다. 변압기의 자화전류는 각 주기의 끝에서 0으로 리셋 되어야 한다. 그렇지 않으면, 변압기는 포화될 수 있고 이것은 스위칭 소자를 손상시키는 원인이 될 수 있다. 그림 3 회로의 RCD리셋 회로는 스위치가 차단되었을 때 변압기의 자화전류를 리셋 시키는 역할을 한다.

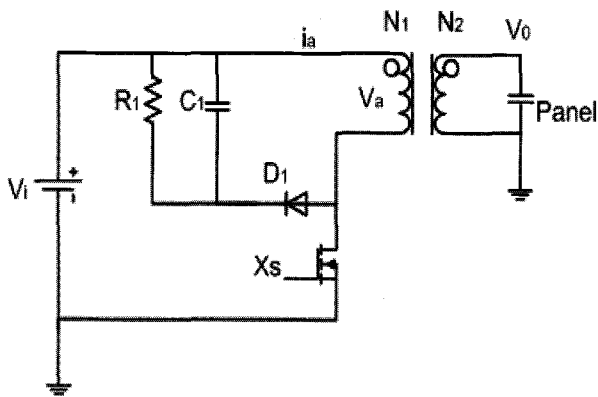
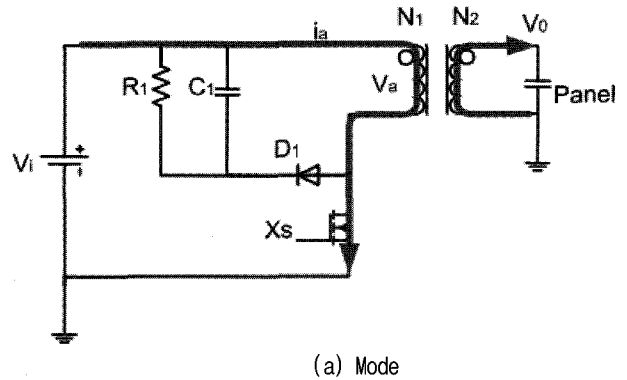
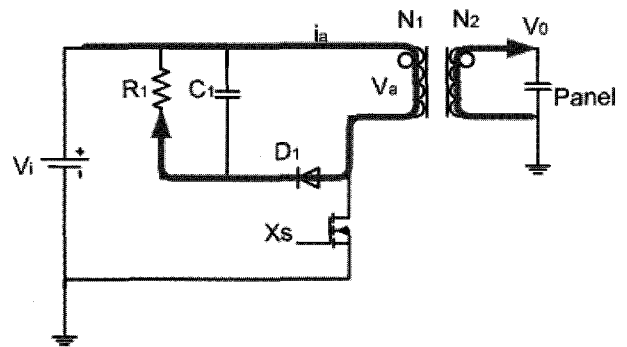


그림 3 제안한 인버터 회로  
Fig. 3 Proposed circuit



(a) Mode



(b) Mode 2

그림 4 제안한 인버터의 모드별 동작  
Fig. 4 Proposed inverter driving at each mode

제안한 포워드 방식의 인버터는 기존의 위상천이 방식의 풀-브리지 인버터 보다 동작모드가 단순해졌으며, 이로 인해 좀 더 쉽게 회로를 제어할 수 있게 되었다. 또한 고가의 반도체 소자와 자기소자의 수가 감소하여 회로의 부피 및 가격 등이 기존의 회로에 비해 대단히 감소하였다.

다음의 표는 기존의 회로방식과 제안한 회로방식의 특징 등을 비교한 표로써 주 스위치에서 부담하는 전압, 전류 스트레스와 각 회로에 필요한 스위칭소자 및 자기소자의 수를 보여준다. 스위치 전류의 최대치는 같게 나타나고, 전압 스트레스만이 차이를 보인다. 제안한 회로인 포워드 방식의 인버터에서는 기존의 회로에서 보다  $V_c$ (클램프 전압) 만큼의 전압을 더 부담하게 된다. 따라서 기존의 회로에서 사용한 스위치 보다 더 높은 내압을 갖는 스위치로 설계하여야 한다. 하지만 회로구성을 4개의 스위치로 해야 하는 기존의 인버터에 비해 1개의 스위치만으로 구성이 가능하므로 저가형 인버터 구현에 적합하다.

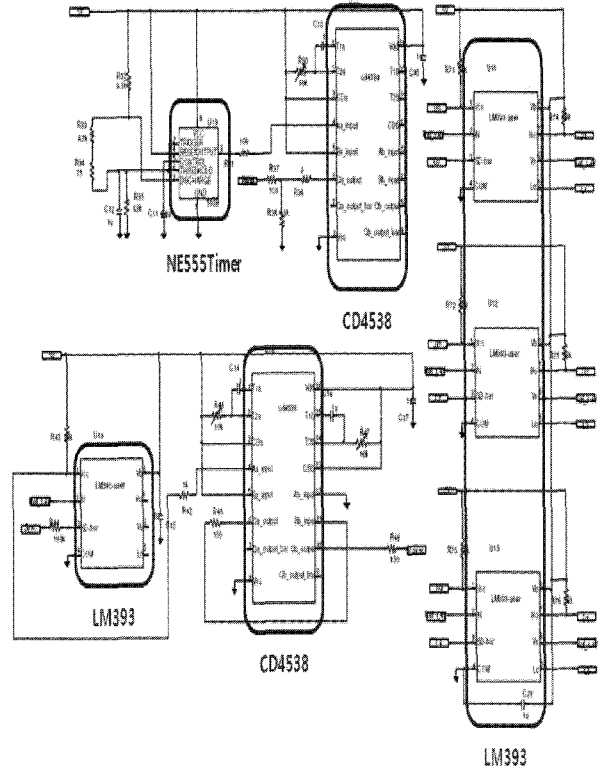
표 1 기존 인버터와 제한한 인버터의 비교

Table 1 Compare conventional with proposed inverter

	풀 브리지 인버터	RCD 리셋형 포워드 인버터
전압 스트레스	$V_{DSmax} = V_{imax}$	$V_{DSmax} = V_{imax} + V_c$ $V_c = \sqrt{\frac{R_1 T_s}{2L_m}} * D_{max} V_{imin}$ ( $V_c$ = 클램프전압)
스위치 전류의 최대치	$I_{Dmax} = \frac{N_2}{N_1} (I_{omax} + \frac{\Delta i}{2})$ $= \frac{N_2}{N_1} (I_{omax} + I_{omin})$	$I_{Dmax} = \frac{N_2}{N_1} (I_{omax} + \frac{\Delta i}{2})$ $= \frac{N_2}{N_1} (I_{omax} + I_{omin})$
스위칭 소자 (FET)	4	1
자기 소자 (Transformer)	1 or 2	1

3.2 스캔구동

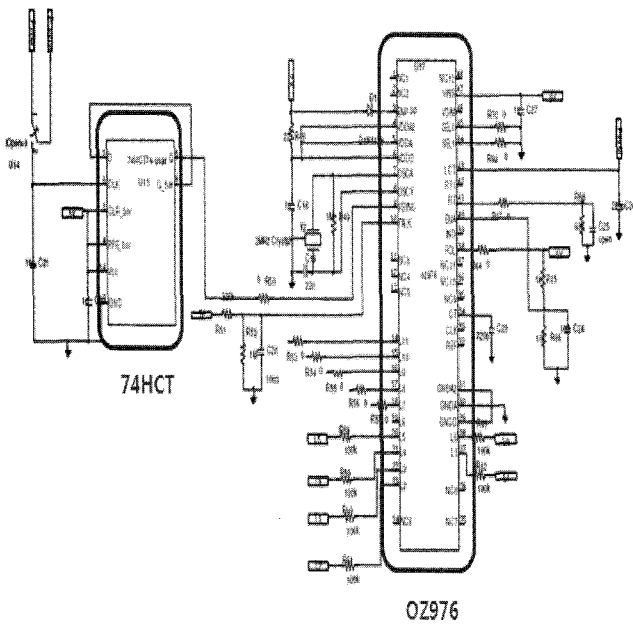
그림 5는 스캔구동을 위한 PWM generator로써 Scan 신호를 생성하고 면광원의 scanning 주파수 및 각 블록의 on-time을 조절한다. O2micro사의 oz976을 사용하여 6개의 스캔 신호를 발생하였으며 NE555 Timer IC와 CD4538을 이용하여 스캔 주파수와 duty(block on time)를 조절 할 수 있다. 생성된 신호들은 비교기 LM393과 buffer IC를 통하여 inverter부의 scan control input으로 전달된다.



(b) Scan driving circuit 2

그림 5 스캔구동 제어 회로

Fig. 5 Scan driving circuit



(a) Scan driving circuit 1

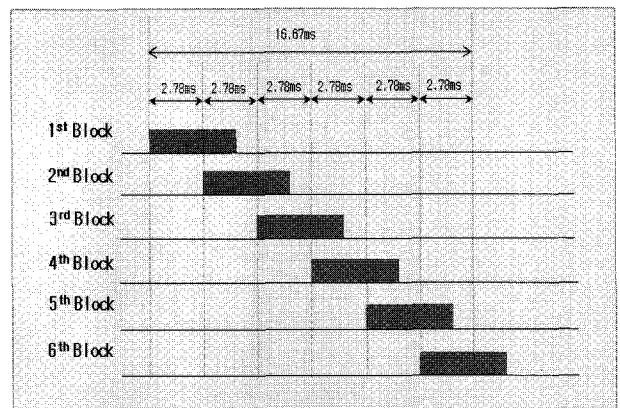


그림 6 스캔 파형도(60Hz)

Fig. 6 Scan pulse(60Hz)

3.3 제안한 전체 회로도

그림 7은 스캔구동을 포함한 인버터 전체 회로도이며, 이는 총 3개의 블록으로 구분할 수 있다. Inverter Pulse Generator에서는 메인 IC인 TL494를 사용해

Power Stage의 FET의 gate부분으로 일정한 주파수와 Duty를 갖는 gate pulse를 전달해준다. 인버터의 주파수와 펄스폭이 여기서 결정되게 된다.

다음으로 Power Stage는 Forward 방식의 Topology를 사용함으로써 자기소자 1개와 스위치 역할을 하는 FET 1개로 구현하였다. 마지막으로 Scan Pulse Generator는 위에서 언급했듯이 oz976과 555timer 그리고 buffer 등으로 구성되며, 60Hz와 120Hz구동을 위한 Scan 신호를 발생시킨다.

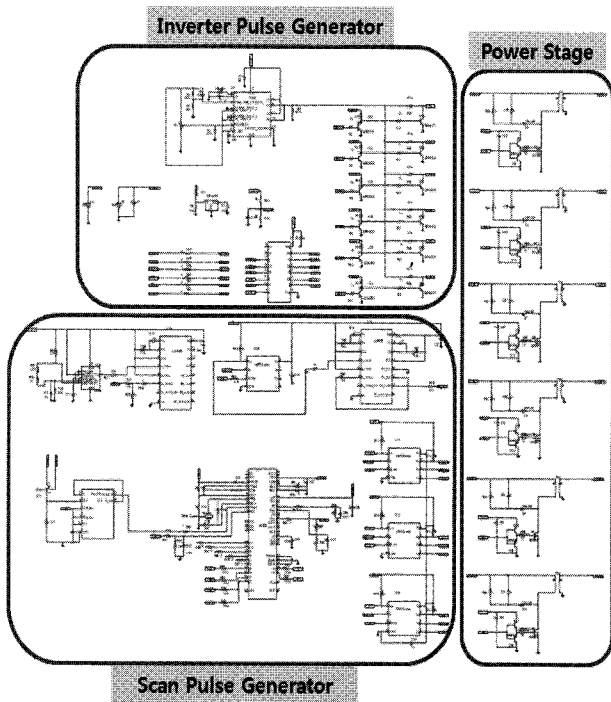


그림 7 인버터 전체 회로도  
Fig. 7 Overall circuit diagram of inverter

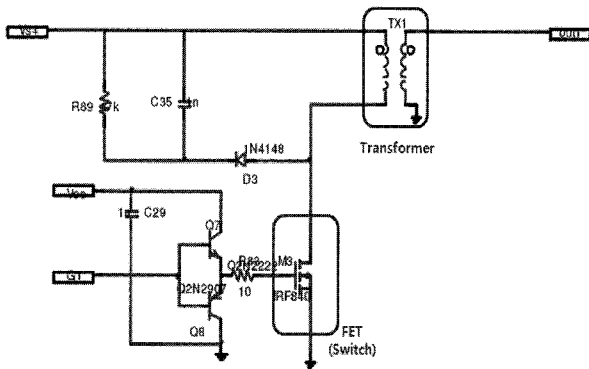


그림 8 포워드 인버터 회로  
Fig. 8 Forward inverter circuit

다음의 사진은 그림 7의 인버터 전체회로도를 바탕으로 제작된 PCB 이다. 실제 실험을 목적으로 제작되었으며 크기는320\*160(mm)로 기존의 Scan Inverter와 비교해보면 반으로 작아 졌음을 알 수 있다. 그 이유는 Forward 방식을 사용하였기 때문에 자기소자의 수가 반으로 줄었고 FET의 수 또한 줄었기 때문이다.

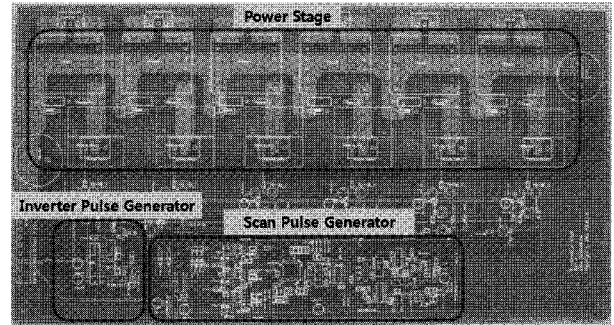


그림 9 PCB로 제작한 인버터  
Fig. 9 Forward Inverter PCB

#### 4. 실험 결과

15인치 무수은 패널을 구동시키는 Scanning 포워드 인버터를 제작하고 시험 하였다. 다음 사진은 실제 실험한 패널의 모습으로 약 15인치 크기에 6개의 블록을 각각 방전 시킬 수 있도록 전극 구조가 만들어져 있다.

패널은 수은(Hg)이 아닌 제논(Xe)을 발광 매체로 하는 친 환경 램프이다.

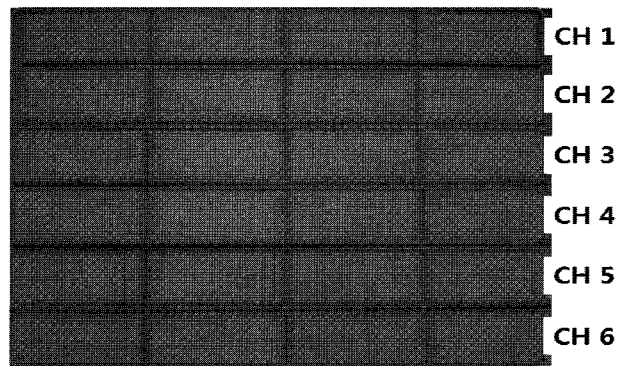


그림 10 15인치 무수은 패널  
Fig. 10 15" Mercury free flat fluorescent lamp

그림 11 은 실제로 제작한 무수은 면광원을 위한 Scanning 포워드 인버터 회로이다. 사진과 같이 회로

는 총 6채널로 구성되어 있고, 15인치 무수은 패널을 6개의 채널로 나누어 각각의 채널에 전극을 연결하여 패널을 방전 시켰다. 방전조건은 펄스 폭 1 $\mu$ s에 주파수는 25kHz이고, 입력전압 190V에 출력전압 2kV이다.

스캔 구동을 위한 PWM generator의 주파수는 60Hz이고, 각 블록의 on-time은 4.5ms이다.

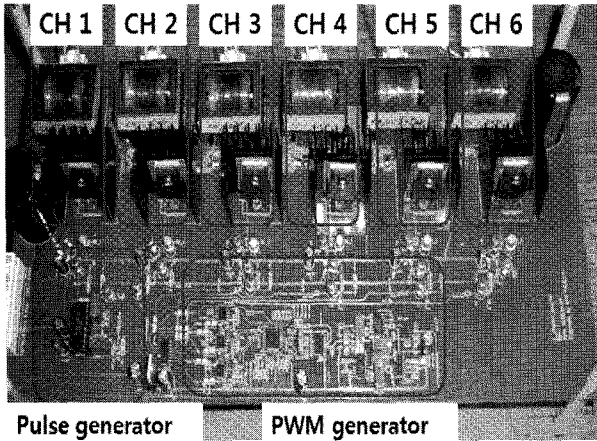


그림 11 제작한 6CH Scanning 파워드 인버터 회로 사진  
Fig. 11 Picture of proposed 6CH forward inverter

그림 12, 13 는 60Hz로 스캔 구동시의 실제 패널 사진으로 안정적인 방전상태를 유지했다.

스캔 구동 시에 입력전압 190V에 약 4000cd/m<sup>2</sup> 정도의 휘도를 보였다. 전체 방전 했을 시 보다 휘도는 저하 되었지만 스캔구동을 하면서 안정된 방전 상태를 유지 하였다.

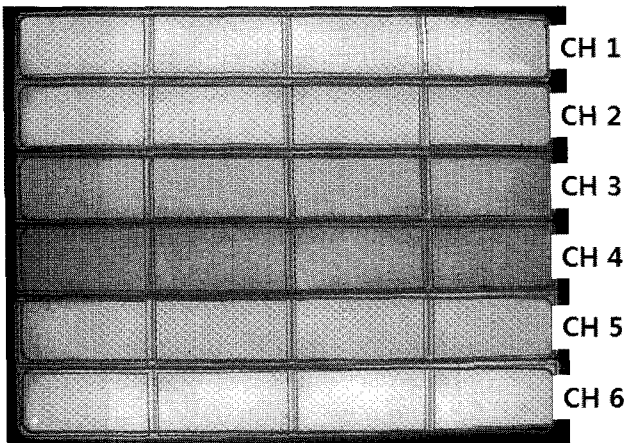


그림 12 무수은 면광원의 방전사진(60Hz스캔구동)  
Fig. 12 Discharging picture of mercury free fluorescent lamp

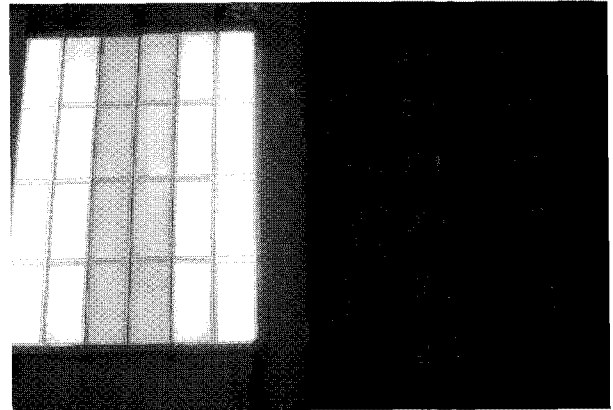


그림 13 무수은 면광원의 방전사진(60Hz스캔구동)  
Fig. 13 Discharging picture of mercury free fluorescent lamp

그림 14와 15는 제어부의 게이트 파형과 각 블록의 스캔 구동을 하고 있는 인버터 게이트 파형의 모습이다. 1 $\mu$ s의 펄스폭으로 제어를 하고 있으며, 스캔 데이터의 주파수는 60Hz이다. 그림 16은 인버터 출력 파형의 모습으로 일정한 전압 파형을 보이며, 약 2kV의 peak전압에서 안정적인 방전을 유지하였다.

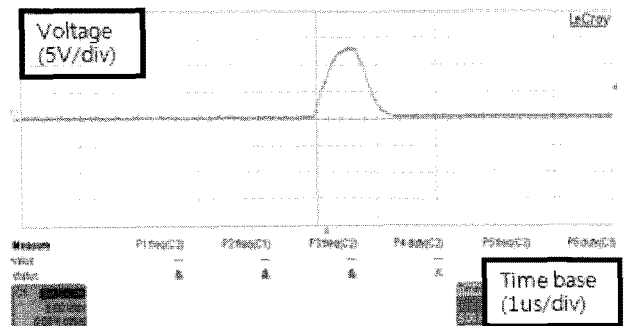


그림 14 게이트 파형  
Fig. 14 Gate pulse

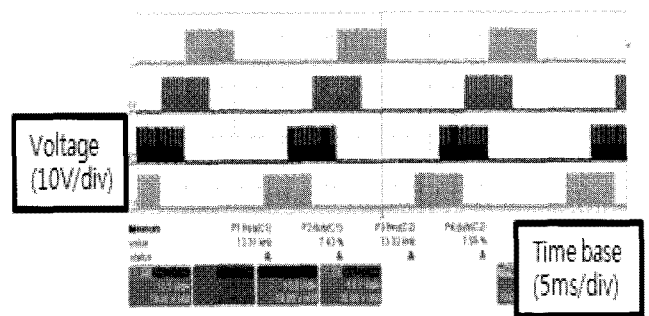


그림 15 1, 2, 3, 4 블록의 각 구동 인버터 gate파형  
Fig. 15 Gate pulse of each channel

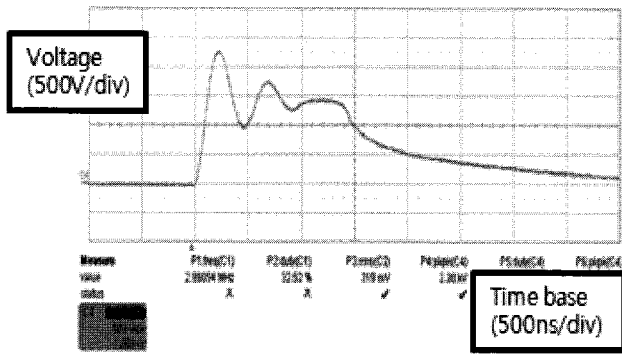


그림 16 인버터 출력 파형(약 2kV)  
Fig. 16 Inverter output pulse

### 5. 결론 및 고찰

무수은 면광원 구동을 위한 포워드 인버터와 LCD에 나타나는 motion blur를 감소시키는 scanning 회로를 설계, 제작 하였다. 광원으로 15인치 무수은 면광원을 이용하여 램프를 6 블록으로 나누고 60Hz로 스캔 구동 하였다.

제작한 포워드 방식의 인버터는 기존의 위상천이 방식의 풀-브리지 인버터보다 많은 소자수의 감소와 간단한 제어방식으로 저가의 인버터를 구현할 수 있었다. 본 실험에 사용된 무수은 패널은 log-gap을 사용한 패널로서 구동파형에 따라 방전조건이 달라지므로 향후 회로의 개선과 패널과의 매칭실험을 통하여 안정된 방전조건을 유지 시키고, 효율을 증가시키는 일이 과제로 남아있다.

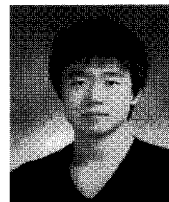
### 참고 문헌

- [1] Doh-Hyun Gill, Hyucksoo Song, Jung-Hyun Kim, Sang-Jin Kim, Sangbeom Kim, Taek-Young Kim, Dong-Geun Yu, Je-Huan Koo, Eun-Ha Choi and Guangsup Cho, "The Lifetime and Pinholes in the External Electrode Fluorescent Lamp", *SID 05 DIGEST*, Vol.36, Book 1, pp. 1312-1315, 2005.
- [2] 박종리, "면광원 램프를 이용한 LCD TV용 Slim Backlight Unit의 설계, 제작 및 특성 분석", 단국대학교 전자공학과 학위논문(박사), 2007.
- [3] Mikiya Matsuda, Hisayuki Sugimura, Tarek Ahmed, Eiji Hiraki, Kazunori Nishimura, Hyun Woo Lee and Mutsuo Nakaoka, "Pulse Density Modulated Current Source Class E High Frequency Resonant Inverter for Dielectric Barrier Discharge-Based Xe Gas Fluorescent Lamp", *OACPE(ISPE)*, pp. 118-122, 2004.
- [4] 정혜만, 박동혁, 김종현, 민병덕, 송의호, "Xe(제논)을 이

용한 무수은 면광원 안정기", *전력전자학술대회논문집*, pp. 351-353, 2008. 6.

- [5] 권순석, "대면적 LCD 후면광원용 무수은 평판형램프", *대한전자공학회, 전자공학회논문지-IE 전자공학회논문지*, 제 40권, TE편, 제1호, pp. 1-5, 2003. 3.
- [6] 채형준, "면광원을 사용한 LCD TV 용 Scanning Backlight System의 설계 제작 및 특성분석", *전력전자학회논문지*, 제13권, 제5호, pp. 376-382, 2008. 10.
- [7] T. Shiga, S. Kuwahara, N. Takeo, and S. Mikoshiba, "Adaptive Dimming Technique with Optically Isolated Lamp Groups", *SID 05 DIGEST*, pp. 992-995, 2005.

## 저 자 소 개



#### 오은태(吳恩泰)

1982년 9월 1일생. 2008년 단국대 전자공학과 졸업. 2008년~현재 동 대학원 전기전자공학과 석사과정.



#### 정용민(鄭鏞政)

1981년 12월 4일생. 2007년 단국대 전자공학과 졸업. 2007년~현재 동 대학원 전기전자공학과 석사과정.



#### 이경인(李京寅)

1981년 6월 28일생. 2006년 단국대 전자공학과 졸업. 2008년 동 대학원 전자컴퓨터공학과 졸업(석사). 2008년~현재 (주)PNE Solution 사원.



#### 유호원(兪鎭源)

1978년 5월 24일생. 2005년 단국대 전기공학과 졸업. 2006년~현재 동 대학원 전기공학과 석사과정.



#### 이준영(李竣榮)

1970년 10월 3일생. 1993년 고려대 전기공학과 졸업. 1996년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(석사). 2001년 동 대학원 졸업(공학박사). 2001년 3월~2005년 2월 삼성 SDI PDP 사업부. 2005년 3월~2008년 8월 단국대 전자공학과 조교수. 현재 명지대 전기공학과 조교수.