

LED BLU의 최적 소비전력을 위한 선형적 피드백 제어기능을 가지는 드라이버 설계

Driver Design with Linear Feedback Function for the Optimum Power Consumption of LED BLU

이 승 우* · 유 남 희** · 조 성 익*** · 신 흥 규†
(Seung-Woo Lee · Nam-Hee Yu · Seong-Ik Cho · Hong-Gyu Shin)

Abstract - As demands for green industry increase, this paper proposes a power control technique that can substitute pre-existing CCFL(Cold Cathode Fluorescent Lamp) and optimize power consumption of LED BLU. This technique is designing LED driver circuit that make a DC-DC output voltage(VLED) to have a linear control function for a supply voltage of LED string. The proposed LED driver have an advantage that can increase or decrease a DC-DC output voltage compared with conventional LED driver. The designed LED driver circuit was designed using 0.35um CMOS technology. And its operation was verified through simulation.

Key Words : LED driver, LCD, BLU, Boost converter, LED string

1. 서 론

사람이 인식 할 수 있도록 전기 신호를 시각적인 정보로 변환하는 장치인 디스플레이(Display)는 크게 CRT와 평판 디스플레이로 분류 할 수 있다. 최근 전자기에 본격적으로 사용되기 시작한 평판 디스플레이의 대표적인 제품으로는 PDP(Plasma Display Panel)와 LCD(Liquid Crystal Display)가 있으며, 각각 발광형과 수광형인 특징을 갖는다. 이 대표적인 두 제품 중 최근 각광을 받고 있는 LCD의 경우, 자체적 발광이 불가능 하여 패널 뒷면에서 BLU(Back Light Unit)라는 평면 광원으로 빛을 비추어 주어야 영상이 나타날 수 있으며 이 광원의 성능이 영상에 직접적인 영향을 주게 된다.

이러한 LCD광원은, 최근 저 소비전력 및 친환경적인 녹색산업에 대한 요구가 증대되면서 기존의 CCFL(Cold Cathode Fluorescent Lamp)을 대체하기 위한 LED BLU에 대한 기술 개발이 활발히 진행 되고 있다. LED는 우수한 색 재현성, 고 신뢰성, 빠른 응답 및 저 저력 특성을 가지고 있으며, CCFL과 달리 수명이 없어 친환경적인 특징을 가지고 있다. 최근 LED의 이러한 장점들을 이용하여, 소비전력을 줄이기 위해 영상에 따라 영역을 분할하여 디밍을 적용

하는 방안들이 활발하게 연구되고 있다. 그러나 LED TV 관련 핵심은 LED광원을 제어하기 위한 LED 드라이버 IC이며, 고성능의 드라이버 IC에 대한 필요성이 급증하면서 저소비전력 특성을 얻기 위한 전력 최적화에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1]-[2].

일반적인 BLU 시스템은 LED 스트링(String)에 정격 구동전압을 공급해주는 부스트 컨버터부(Boost Converter)와 각 LED 스트링의 밝기를 일정하게 유지시켜주는 정 전류 구동부로 구성된다. 이러한 BLU 시스템에서 최적의 전력관리를 이루기 위해서는 정전류 구동부를 구성하는 각 LED 스트링의 필요전압을 최소화 해야한다. 하지만 고정된 구동전압을 사용할 경우, LED 스트링에 적용되는 고출력 LED의 순방향 전압(VF) 차이 및 온도에 따른 특성 변화의 영향으로 각 채널 정전류 구동부에서 전압강하 차이가 발생하게 된다. 즉 지나치게 높은 전압을 인가하면 채널 정전류 구동부의 전압강하가 상승해 전력소모 및 칩 온도를 증가시키게 되고 반대로 지나치게 낮은 전압을 인가하면 정전류 구동 자체가 불가능해진다. 이러한 문제점은 시스템 자체의 신뢰성을 떨어뜨리는 원인으로 작용하게 된다. 따라서 전력 효율성이 뛰어난 LED 백라이트 장치를 구현하기 위해서는 채널 정전류 구동부의 전력소모를 최소화함과 동시에 정전류 구동이 가능하도록 각 채널에서의 최저 전압을 검출하여 부스트 컨버터의 출력전압을 정전류 동작이 가능한 최소 전압으로 유지할 수 있도록 제어해야 한다[3]-[5].

전력 관리를 이루기 위한 기존의 방법은 LED 스트링에 연결된 정전류원 양단의 전압과 설정된 특정 전압을 비교하여 고정된 값으로 부스트 컨버터의 피드백 전압을 제어하여 LED 스트링의 전압을 승압시키는 방법을 이용하였다. 이러한 방법을 이용할 경우, 제어하고자하는 전압과 전류원 양단의 전압 차이에 관계없이, 일정한 양으로 LED 스트링의 공

† 교신저자, 비회원 : 원광대학교 전자및제어공학부 교수
공학박사

E-mail : hongkyu@wku.ac.kr

* 비 회 원 : (주)엘디티 책임연구원

** 정 회 원 : 전북대학교 산학협력단 전담교수 공학박사

*** 정 회 원 : 전북대학교 전자공학부 부교수 공학박사

접수일자 : 2012년 8월 22일

최종완료 : 2012년 9월 13일

급 전압이 제어되는 문제점을 가지게 되므로 각 채널 LED의 순방향 전압(V_F) 차이와 온도상승에 따른 LED 특성 변화에 선형적으로 대응하지 못하는 단점을 갖는다. 또한 채널수에 비례하는 비교기가 필요하게 되어 회로가 복잡해지는 문제점을 갖는다.

따라서, 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여, LED의 순방향 전압(V_F) 차이 및 온도 상승에 따른 LED 특성 변화에 무관하게 전력 손실을 최소화 할 수 있도록 제어 전압과 전류원 양단의 전압차에 따라서 부스트 컨버터의 출력전압을 선형적으로 승압 또는 강압할 수 있는 제어 방법을 제안하였다. 제안된 LED 드라이버 회로는 0.35um CMOS 공정으로 설계하여 시뮬레이션을 통하여 동작을 검증 하였다.

2. 전력 제어 기능을 가지는 BLU LED 드라이버

그림 1은 일반적인 LED 백라이트 장치의 블록도를 보이고 있다. 일반적으로 다채널 방식의 LED 백라이트 장치의 회로는 LED 스트링에 정격 구동전압을 공급해주는 DC-DC 부스트 컨버터부, LED 스트링 그리고 각 LED 스트링의 밝기를 일정하게 유지하도록 정전류 구동부의 전류를 제어하는 LED 드라이버로 구분된다. edge type과 direct type과 같은 시스템의 구성에 따라서 필요한 LED 채널 수는 달라지게 된다.

LED 백라이트 장치에서 전력소모를 최소화하기 위해서는 각 LED 스트링의 채널 정전류원에서 발생하는 전압강하를 최소화 해야만 하는데, LED 스트링에 적용되는 고출력 LED의 순방향 전압(V_F) 차이 및 온도에 따른 특성변화 등에 기인하여, 각 채널 정전류원에서 발생하는 전압강하 차이가 발생하게 된다. 이러한 상황에서, LED 백라이트 장치에서 최적의 전력 관리를 이루기 위해서는 LED 스트링에 연결된 정전류원 양단의 전압을 정전류 동작이 가능한 최소 전압으로 유지하여 LED 스트링에 공급되는 전력을 줄이는 것이다[6]-[7].

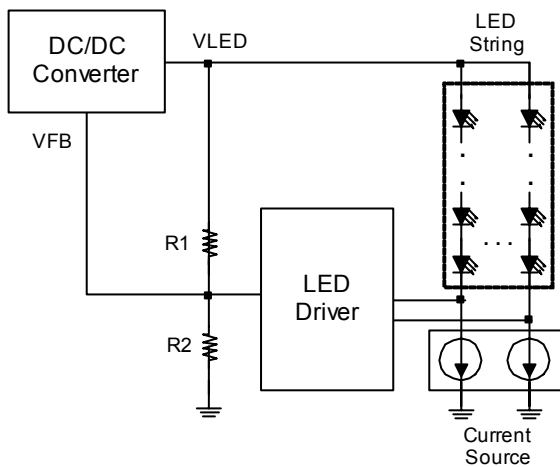


그림 1 LED 백라이트 장치 블록도
Fig. 1 Block diagram of LED back light unit

2.1 기존의 LED 드라이버

기존의 LED 백라이트 장치의 블록도는 그림 2와 같고, LED 스트링의 전류를 제어하는 LED 드라이버 블록은 비교기에서 각 채널 LED 스트링의 정전류원 사이의 전압과 비교하기 위한 기준전압 발생기 및 비교기의 출력에 따라서 부스트 변환기의 출력전압을 제어하기 위한 DC-DC 부스트 출력 전압 제어 블록으로 구성되어 된다.

이러한 구성에서 기존 LED 드라이버는 채널 스트링수에 비례한 비교기가 필요하며, 이에 따른 회로 면적의 증가가 발생하게 된다. 또한 기준 전압과 전류원 양단의 전압차와 무관하게 비교기의 출력을 모니터링 하여, 고정된 값으로 부스트 변환기의 피드백 전압을 제어하게 되므로 기준 전압과 전류원 양단의 전압차에 선형적으로 대응하지 못하는 문제점을 갖는다. 이러한 문제점은 시스템의 안정도 감소와 전력 손실을 증가 시킬 수 있는 요인이 된다[8]-[10].

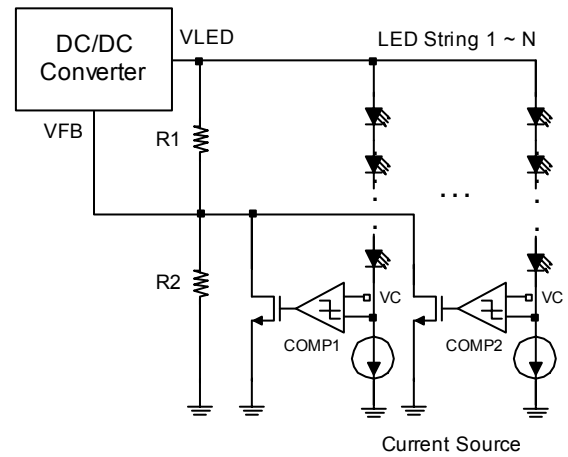


그림 2 기존 LED 드라이버에 의한 LED 백라이트 장치의 피드백 제어방법

Fig. 2 Feedback control method of LED back light unit by the conventional LED driver

2.2 제안된 선형적 제어기능을 가지는 LED 드라이버

LCD 백라이트 시스템의 LED구동에 있어 가장 중요한 요소인 전력 손실을 최소화 하지 못할 경우 발열 문제로 시스템의 경쟁력이 크게 약화 될 수 있다.

본 논문에서는 LED 백라이트 장치의 소비 전력 최적화를 위해서, LED 스트링 구동을 위한 정전류원 양단의 전압을 최적화 할 수 있도록 부스트 컨버터의 출력 제어 기능을 가진 LED 드라이버를 설계하는 것을 목적으로 한다. 그림 3은 본 논문에서 제안된 전력 최적화 기능을 갖는 LED 드라이버를 가지는 LED 백라이트 장치의 피드백 제어방법을 보이고 있다. 기존의 전력 손실을 줄이기 위한 방법으로 각 LED 스트링의 전류원 양단에서 강하된 전압을 비교하여 설정된 기준 전압 이하로 내려갈 경우, 부스트 전압을 상승시켜 필요한 전압을 유지 할 수 있도록 하였다. 제안된 LED 드라이버 회로는 제어블록의 단순화로 인한 회로 면적의 감소 및 아날로그적 출력 제어로 부스트 전압의 세밀한 제어가 가능한 장점을 갖는다. 세부적인 블록별 역할 및 동작은 다음과 같다.

LED 스트링 각각에 구동 전류가 흐르면서 LED 특성차가 기인하여, LED 스트링에 연결된 전류원에는 LED 특성차가 반영된 각기 다른 전압이 걸리게 된다. 이 각각의 전압은 P형 BJT(다이오드연결)로 구성된 최소 전압 검출 회로를 이용하여 전류원 양단의 최소전압을 탐지하여 레퍼런스 블록에서 생성된 기준전압 VHD와 최소전압 검출블록에서 검출된 전압의 차를 감산기 회로를 이용하여 구하게 된다. 감산기 회로에서 구해진 기준전압과의 차이값은 이득 값을 조정할 후 gm amp를 이용한 버퍼 입력에 인가된다. 버퍼단은 기준전압과 검출된 최소전압의 차를 입력으로 하여, 입력값을 추종하기 위해 부스트 변환기의 VFB 노드의 전류를 sinking 또는 sourcing하여 VLED전압을 승압 또는 강압시키게 된다. 만일, 부스트 변환기의 출력 전압(VLED)가 낮아질 경우, LED 스트링에 연결된 정전류 구동부의 전압 중 최소 전압이 설정된 기준 전압(VHD) 보다 낮아지면 최소전압 검출 블록에서 가장 낮은 LED 스트링의 정전류 구동부의 전압이 선택된 후 감산기 회로에서 기준 전압과의 차이가 계산된 후 최종적으로 버퍼에 의해 전류가 sinking 되어 부스트 변환기의 출력 전압을 제어하기 위한 VFB노드의 전압이 낮아지게 된다. 이에 대응하여, 부스트 변화기의 출력 전압(VLED)이 상승하게 된다. 이와 반대로 부스트 변환기의 출력 전압(VLED)가 높아질 경우, LED 스트링에 연결된 정전류 구동부의 전압 중 최소 전압이 설정된 기준 전압(VHD) 보다 높아지게 되며, 최소전압 검출 블록에서 가장 낮은 LED 스트링의 정전류 구동부의 전압이 선택된 후 감산기 회로에서 기준 전압과의 차이가 계산된 후 최종적으로 버퍼에 의해 전류가 sourcing되어 부스트 변환기의 출력 전압을 제어하기 위한 VFB노드의 전압이 높아지게 된다. 이에 대응하여, 부스트 변화기의 출력 전압(VLED)이 감소하게 된다. 이와 같은 본 논문에서 제안된 방식은 LED의 순방향 전압(V_F) 차이 및 온도에 따른 특성변화 및 동작 중에 발생할 수 있는 전력소모 요소에 따라 부스트 출력 전압(VLED)을 계속적으로 승압 또는 강압 하여, 정전류원 양단의 전압을 최소 요구전압이 되도록 하여 최적의 전력 관

리를 이룰 수 있다. 또한 LED 채널 수에 관계없이 BJT(다이오드 연결)에 의해서, 최소전압을 계속적으로 모니터링하여 반영하므로, 기존 회로에서 필요한 채널수에 비례하여 증가하는 비교기 및 부스트 전압 상승량을 조절하기 위한 제어회로가 필요 없게 된다. 또한 이 값은 전류원 양단의 최소값을 반영하고 있으므로, 아날로그 뿔셈기에 의해서 기준 전압과 차를 얻고 이 값을 이용하여 소싱 및 싱크 전류를 제어하게 되어, 부스트 출력 전압(VLED)의 승압 또는 강압량에 선형적으로 반영할 수 있다. 표 1은 정전류원을 유지하기 위한 headroom 전압에 따른 파워 소모를 보이고 있다. LED 드라이버의 정전류원을 구동하기 위한 headroom에 따른 파워 소모가 선형적으로 증가함을 볼 수 있어, 본 논문에서 제안하는 방식을 적용할 경우 LED특성에 따른 정전류원을 동작을 보장하기 위한 headroom전압을 추종하도록 하여 최적 특성을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

표 1 Headroom 전압에 따른 파워소모

Table 1 Power consumption according voltage to headroom

headroom voltage	ILED	Power
1V	100mA	0.1W
2V	100mA	0.2W
3V	100mA	0.3W
4V	100mA	0.4W
5V	100mA	0.5W

3. 시뮬레이션 및 고찰

제안된 LED 드라이버의 피드백 동작을 검증하기 위해서 부스트 변환기와 3채널의 LED드라이버를 그림 3에서 제안한 피드백 제어방법으로 구성한 후 HSPICE를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 조건은 채널 전류를 100mA로 설정한 후 30%, 50% 80% duty로 각 채널을 구동하여 PWM 제어 신호에 따라 온, 오프가 이루어지도록 하였다. 그림 4는 각 부분에 대한 시뮬레이션 결과 파형이다.

①파형은 LED 스트링에 전원을 공급하기 위한 DC-DC 부스트 컨버터 출력전압, ②파형은 부스트 변환기의 출력 전압 제어를 위한 VFB전압 파형을 보이고 있다. ③파형은 최소전압 선택 노드의 전압을 ④파형은 3채널 LED 전류를 제어하기 위한 30%, 50%, 80% duty를 가지는 PWM 디밍(dimming)신호를 보인다. ⑤형은 PWM 제어 신호에 따른 전류원 상단의 $V_{CH1} \sim V_{CH3}$ 전압을 보이고 있으며, ⑥파형은 duty 30%, 50%, 80% 가지는 PWM 제어신호에 따른 채널 스트링의 전류값을 보이고 있으며, 도시하고 있다.

설계된 LED 백라이트 장치는 PWM 입력제어 신호에 따라서 각 채널 LED 스트링 전류원의 스위치를 온/오프 시키며, 채널이 온 될 경우에, 최소 전압 검출회로가 동작한다. 부스트 출력전압(VLED)가 낮아 정전류원이 정상동작하지 못할 경우, 최소전압 검출 블록에서 검출된 최소전압이 기준 전압보다 낮아지게 되며, 감산기 회로에서 기준 전압과의 차이가 계산된 후 버퍼에 의해 전류가 sinking되어 VFB 노드의 전압이 낮아지며, 이에 상응하는 부스트 변화기의 출력(VLED) 전압이 상승된다. 이와 반대로 부스트 변화기의 출력전압(VLED)가 최소요구 전압보다 높을 경우에는

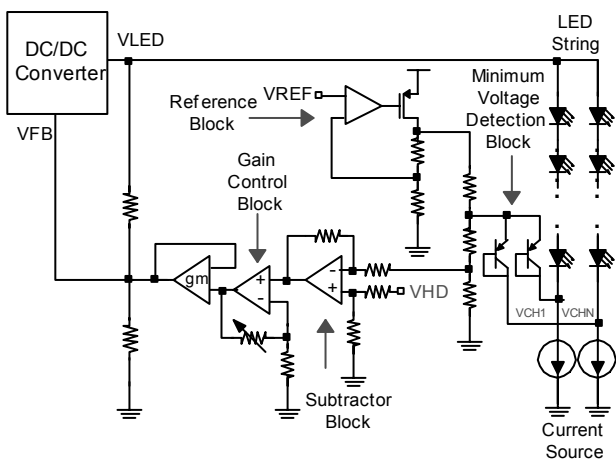


그림 3 제안된 LED 드라이버에 의한 LED 백라이트 장치의 피드백 제어방법

Fig. 3 Feedback control method of LED back light unit by the proposed LED driver

버퍼에 의해 전류가 sourcing된 VFB노드의 전압이 높아지게 되어, 부스트 변환기의 출력전압(VLED)이 낮아지게 된다.



그림 4 제안된 LED 드라이버를 가지는 LED 백라이트 장치 시뮬레이션

Fig. 4 Simulation of LED back light unit having the proposed LED driver

시뮬레이션 결과에서 보이는 것처럼, 정전류원의 정상 동작 전압을 유지하기 위해 부스트 출력전압(VLED)이 승압 및 강압 동작이 이루어짐을 확인 할 수 있으며, 각 채널 제어를 위한 PWM 제어 신호에 따라서 100mA 설정 전류가 정상적으로 출력되고 있어, 정전류원이 정상 동작하고 있음을 확인할 수 있다. 시뮬레이션 결과에 살펴본 것과 같이, 제안된 LED 드라이버는 LED의 순방향 전압(VF)차이와 온도상승에 따른 부스트 변환기의 출력전압(VLED)을 선형적으로 승압 또는 강압 하도록 제어함으로써, LED 스트링 전류원이 최소동작 전압 상태를 유지할 수 있어, LED 백라이트 장치의 최적 전력관리를 수행함을 알 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 최근 녹색산업에 대한 요구가 증대되면서 기존의 CCFL(Cold Cathode Fluorescent Lamp)을 대체하기 위한 LED BLU의 소비전력을 최적화 할 수 있는 전력 제어 기법을 제안 하였다. 제안된 회로는 LED 백라이트 장치의 효율적인 전력 관리를 위하여 LED 스트링에 공급되는 DC-DC의 출력전압(VLED)을 선형적으로 제어하기 위한 피드백 기능을 갖는 LED 드라이버 회로를 설계하였다. 제안된 회로는 기준 전압 생성 회로나 비교기가 필요하지 않아서 작은 면적을 요구하는 집적 회로 구현에 큰 장점을 갖는다. 또한 LED의 순방향 전압(VF) 차이, 온도에 따른 특성변

화 및 동작 중 발생할 수 있는 전력소모 요소에 따라서 정전류원 양단의 전압을 최소 요구전압이 되도록 DC-DC변환기의 출력 전압을 승압 또는 강압하여 전력 효율성이 뛰어난 고신뢰성의 LED 백라이트 장치를 구현할 수는 큰 장점을 갖는다.

본 논문에서 제안한 최적 전력제어 피드백 구조를 가진 LED 드라이버는 BLU 시스템의 최적 전력관리를 위한 방안으로 효율적으로 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

“이 논문은 2011년 원광대학교 교비지원에 의해 수행됨“

참 고 문 헌

- [1] J. Y. Tsao, “Solid-state lighting: Lamps, chips, and materials for tomorrow,” IEEE Circuits Devices Mag., vol. 20, no. 3, pp. 28 - 37, May/June. 2004.
- [2] T. Komine and M. Nakagawa, “Fundamental analysis for visible-light communication system using LED lights,” IEEE Trans. Consum. Electron., vol. 50, no. 1, pp. 100 - 107, Feb. 2004.
- [3] 마커스 루이돌트, “대형 LCD 디스플레이에서 LED 구동하기” 전자부품 2009년 10월호
- [4] G. Carraro, “Solving high-voltage off-line HB-LED constant-current control-circuit issues,” in Proc. IEEE Appl. Power Electron. Conf. (APEC), 2007, pp. 1316 - 1318.
- [5] S. Y. Tseng, S. C. Lin, and H. C. Lin, “LED backlight power system with auto-tuning regulation voltage for LCD panels,” in Proc. IEEE Appl. Power Electron. Conf. (APEC), pp. 551 - 557, Feb. 2008.
- [6] Jae-Hyoun Park, Hyung-Do Yoon “A Switch-Mode Voltage Regulator Optimizes an Active Current Regulator for a LED Driver. ISOC 2009 , pp. 516-519.
- [7] C.-C. Chen, C.-Y. Wu, and T.-F. Wu, “LED Back-Light Driving System for LCD Panels”, IEEE APEC 2006, pp.381-385, March. 19, 2006
- [8] E.-C. Kang, J.-E. Yeon, D.-S. Kim and D. Kwon “Sequential low-voltage detecting method for multistring LED BLU circuit” ELECTRONICS LETTERS 10th June 2010 Vol. 46 No. 12, pp.839 - 840.
- [9] <http://www.austriamicrosystems.com/Products/Lighting-Management/Large-LCD-Panel-Backlighting-LED-Drivers/AS3693A>
- [10] Won-Sik Oh, Kyu-Min Cho, Daeyoun Cho, Gun-Woo Moon, Byungchoon Yang, and Taeseok Jang, “A Novel Adaptive Dimming Technique with X-Y Channels for LED Backlight System of LCD

TVs", The 7th International Conference on Power Electronics, pp. 710-713, October 2007

저 자 소 개



신 홍 규 (辛 烘 圭)

1975년 전북대학교 전기공학과 학사 졸업, 1989년 전북대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사), 1982년~현재 원광대학교 전자및제어공학부 교수, 원광대학교 공업기술개발연구소 연구위원
주관심분야 : Active Filter, Low-voltage Low-power analog circuit design.
E-mail : hongkyu@wku.ac.kr



이 승 우 (李 承 祐)

1995년 원광대학교 전자공학과 학사 졸업, 1998년 원광대학교 전자공학과 석사 졸업, 2004년 원광대학교 전자공학과 박사 졸업, 2007년~현재 (주)엘디티 책임연구원
주관심분야 : ADC, DC-DC converter, Low-voltage Low-power analog circuit
E-mail : nicelw@lycos.co.kr



유 남 희 (柳 南 熙)

1991년 전북대학교 농학과 학사 졸업, 1993년 전북대학교 농학과 농학석사, 1997년 전북대학교 농학과 농학박사, 1993년~2000년 (주)신젠타종묘 기술연구소 연구원, 2002년~2010년 전북대학교 바이오식품소 개발 및 산업화연구센터 산학협동조교수, 2007년~2010년 (주)티에스팜기획연구원 이사, 2011. 3. ~현재 : 전라북도사회적기업지원 센터장, 2011. 4. ~현재 : 전북대학교 산학협력단 전담교수
주관심분야 : crop breeding, environmental agriculture, Bio-food, Glass house & rotating apparatus for crop production
E-mail : nhyoo5@hanmail.net



조 성 익 (趙 成 翊)

1987년 전북대학교 전기공학과 학사 졸업, 1989년 전북대학교 전기공학과 석사 졸업, 1994년 전북대학교 전기공학과 박사 졸업, 1996년~2004년 Hynix 반도체 메모리 연구소 책임연구원, 2004년~현재 전북대학교 전자공학부 부교수.
주관심분야 : 저전압/고속 Graphic DRAM, Low-voltage Low-power analog circuit, High speed data Interface circuit, ADC/DAC, Filter, PLL/DLL
E-mail : sicho@jbnu.ac.kr