

논문 2016-53-10-17

# UV 젤 네일을 위한 LED 램프 회로 설계

(Design of LED Lamp Circuits for UV Gel Nail)

김 필 중\*

(Phil Jung Kim<sup>©</sup>)

## 요 약

손발톱 관리를 위해 UV 젤의 이용이 점차 증가하고 있다. UV 젤에 필요한 UV 램프를 개발하기 위해 본 연구에서는 UV LED 램프 구성 회로를 설계하였다. 여러 개의 UV LED들에 일정한 전원을 공급하는 전원부는 DC-DC 컨버터 방식의 회로로 설계를 하였다. 그리고 엄지손톱의 방향과 소지손톱의 위치를 고려하여 UV LED들을 배치하였다. 전원부의 입력전원은 3.8[V]의 전지전압을 사용하였다. 전원부의 출력전압은 약 3.1[V]로 나타났으며, UV LED들이 소모하는 전류량에 따른 출력전압의 변화 상태를 알아보기 위해 부하저항을 삽입한 후 부하저항을 변화시켜 가면서 시뮬레이션 한 결과에서도 출력전압은 약 3.0[V] 이상으로 나타났다.

## Abstract

Use of UV gel for nail management have been increasing gradually. In order to develop an UV lamp necessary to UV gel, in this study, we was designed circuits of the UV-LED lamp. Power supply part that supplies constant power to the several UV-LEDs, was designed the circuit with the method of DC-DC converter. Taking into account the direction of the thumb nail and the position of the little finger nail, it was placed UV-LEDs. Input power of the power supply part was used as a battery voltage of 3.8[V]. The output voltage of the power supply part was appeared in approximately 3.1[V]. And in order to examine the state of change of the output voltage according to the amount of current consumption of UV-LEDs, after inserting of load resistor, the output voltage was more than about 3.0[V] in the simulation results of the power supply part while changing the resistance value

**Keywords :** UV gel, nail, LED lamp, DC-DC converter

## I. 서 론

최근 LED를 이용한 시스템이 디스플레이기기, 조명 장치 등으로 다양화 되고 있다. 또한 LED의 주 사용처가 가시광선 영역대의 시각적인 효과를 나타내는 용도에서 자외선이나 적외선 영역까지 확대되고 있다.

특히 자외선 영역인 UV 파장대의 경우에도 소독기, 의료기 등의 시스템뿐만 아니라 손발톱 관리용으로도 개발되고 있다.

손발톱 관리를 위해 UV 젤(gel)의 이용이 점차 증가

되고 있는 추세인데, 이는 UV 젤이 가지고 있는 특성 들인 지속성, 고풍택, 내구성, 신속성, 친환경성 등이 기존 네일(nail) 제품에 비해 뛰어나기 때문이다.<sup>[1]</sup>

또한 UV 젤은 인체에 유해한 화학축매를 사용하지 않아 손톱에 해를 주지 않고 냄새를 유발하지 않아 현재까지 개발된 손톱 시술 방법 중 가장 인체에 해가 적고 손을 보호하는 시술이다.<sup>[1]</sup>

젤 네일에 필요한 램프는 UV 램프와 LED 램프 등이 있다. 이러한 네일 젤은 UV 파장대의 빛에 잘 반응하여 젤이 잘 굳게 하므로 UV 램프와 LED 램프 모두 UV 파장대의 빛을 발광하는 램프이다.<sup>[1]</sup>

그러나 기존 UV 램프의 경우 피부 노화 및 피부암을 유발할 수 있는 UV B, C 등 모든 파장이 조사될 수 있어 최근에는 열 발생이 적고 인체에 유해한 파장이 방출되지 않는 LED 램프가 등장하고 있다.<sup>[2]</sup>

\* 정회원, 조선이공대학교 전자과

(Department of Electronics, Chosun College of Science & Technology)

© Corresponding Author (E-mail : philjung@cst.ac.kr)

Received ; August 4, 2016 Revised ; September 4, 2016

Accepted ; September 25, 2016

UV 젤 네일에 필요한 LED 램프를 개발함에 있어 사용할 LED는 UV 파장대의 빛을 발광하는 UV LED를 도입한다. LED 램프 구성은 여러 개의 UV LED를 장착할 UV LED부, UV LED에 필요한 전원을 공급하는 전원부, 시간 타임을 선택할 수 있고 알려주는 시간표시부, 전원부와 시간표시부 등에 제어신호를 보내는 제어부 그리고 전지 충전부 등으로 이루어진다.

본 연구에서는 UV 젤 네일을 위한 LED 램프 구성에 있어서 벡(buck) 컨버터 방식을 이용한 UV LED 전원부 회로 및 기타 구동회로를 설계하고자 한다.

## II. 본 론

### 1. UV LED 램프 구성

젤 네일을 위한 UV LED 램프의 구성은 그림 1과 같이 여러 개의 UV LED에 전원을 공급하는 전원부와 UV LED에 전원을 공급하는 시간 즉, 램프의 동작 시간을 알려주는 시간표시부, 전원부와 시간표시부에 제어신호를 보내는 제어부, 외부 입력 전원을 이용하여 전지를 충전하는 충전부 등으로 구성한다.

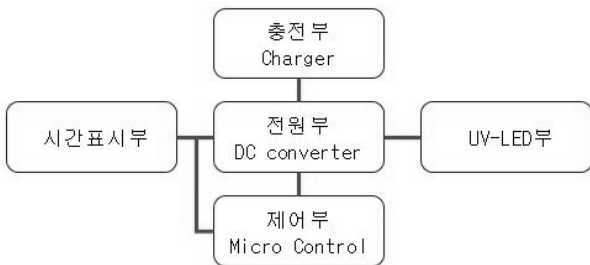


그림 1. UV LED 램프의 블록선도  
Fig. 1. Block diagram of UV LED lamp.

### 2. 전원부

UV LED에 전원을 공급하는 전원부의 주요 회로는 DC-DC 컨버터(converter)이다. 이 컨버터는 벡 컨버터 방식으로 회로를 설계한다.<sup>[3~5]</sup> 벡 컨버터의 입력 전원은 전지의 전원을 사용하며, 전지 전압은 3.8[V]이다.

전원부의 동작원리는 입력 전원을 출력 측으로 전달 스위치 역할을 하는 MOSFET의 게이트 전압에 구형파를 인가하여 주기적으로 on/off 시킨다. 이때 구형파 입력은 출력전압이 일정한 값 이상이 되었을 때, 저항 R1과 R2의 비에 의해 결정되는 저항 R2 양단의 전압과 기준전압 1.25[V]를 비교한 후 클럭 펄스(clock pulse) 신호에 반응하여 MOSFET의 on/off를 제어하도록 한다.

이때 저항 R2 양단의 전압  $V_{R2}$ 는 출력전압  $V_{out}$ 을 분배하는 방식으로 수식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$V_{R2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{out} \quad [V] \quad (1)$$

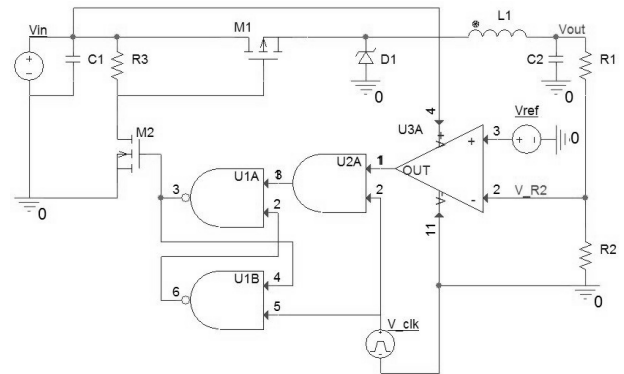


그림 2. DC-DC 컨버터  
Fig. 2. DC-DC converter.

그리고 전원부 출력전압은 기준전압과 저항비의 곱의 형태로 수식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.<sup>[5]</sup>

$$V_{out} \approx 1.25 \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \quad [V] \quad (2)$$

출력 측의 인덕터 L1과 커패시터 C2는 전하의 충·방전 및 리플 제거용으로 사용한다. 출력 측 다이오드 D1은 환류 다이오드용으로 사용되며, 입력 측 커패시터 C1은 바이패스용으로 사용한다.

### 3. 시간표시부

UV LED 램프의 동작시간을 알려주는 시간표시부는 동작시간에 따라 15초, 30초 그리고 60초로 동작하며, 동작시간동안 각 LED의 불이 각 시간에 따라 발광하도록 설계하였다. 이때 사용하는 LED는 가시광선 파장 영역대의 소형 LED이다.

또한 시간표시부에는 전원버튼을 설치하여 전원버튼을 1번 누르면 15초, 2번 누르면 30초, 3번 누르면 60초로 동작하도록 한다.

그리고 사람들의 손등을 위로 향하게 보았을 경우 엄지손톱을 제외한 네 손가락의 손톱은 위를 향하고 있지만 엄지손톱은 기울어져 측면을 향하고 있다. 따라서 기존 제품의 경우 램프가 위에서 아래로 손등에 수직하게만 비추기 때문에 엄지손톱의 젤은 빛이 잘 안비추이는 부분이 생겨 잘 굳지 않을 수 있다.

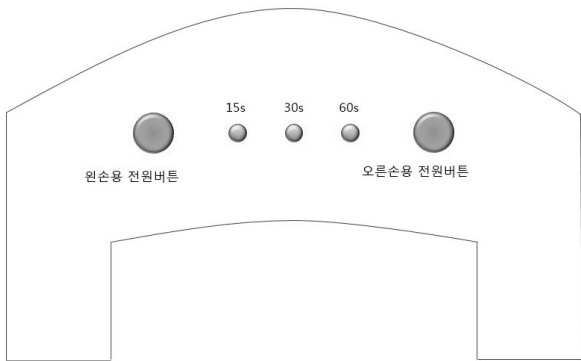


그림 3. 시간표시부  
Fig. 3. Time-display.

이러한 문제를 해결하기 위해 측면에서도 빛이 비추어 줄 수 있도록 UV LED를 배치한다. 이때 왼손과 오른손의 엄지손톱의 방향이 반대이므로 그림4와 그림 5 처럼 양 측면에 UV LED를 배치한다.

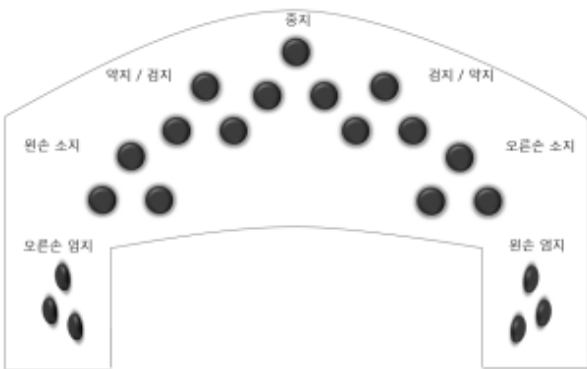


그림 4. UV LED 배치도  
Fig. 4. Layout of the UV LEDs.

그러나 기존 제품에 비해 양 측면에 UV LED가 배치되므로 소모 전력이 증가할 수 있게 된다. 증가되는 소모 전력량을 최소화하기 위해 전원버튼을 왼손용과 오른손용으로 두 개를 설치하여 왼손용 전원버튼을 누르면 중앙 위쪽과 오른쪽 측면의 UV LED만 켜지도록 하고 오른손용 전원버튼을 누르면 중앙 위쪽과 왼쪽 측면의 UV LED만 켜지도록 전원부와 측면 UV LED들 사이에 스위치 소자를 삽입하여 설계 한다.

그리고 소지(小指; a little finger)의 경우 손톱이 위로 향하지만 그 소지의 크기가 검지나 약지에 비해 작기 때문에 소지손톱 위치에 맞추어 UV LED를 배치하여야 한다. 따라서 엄지손톱용 UV LED처럼 소지손톱용 UV LED도 왼손용과 오른손용으로 구분하여 배치하되 왼손 엄지용과 오른손 엄지용의 상대편에 배치한다. 이 경우도 증가되는 소모 전력을 최소화하기 위해 오른손용 전원버튼과 왼손용 전원버튼에 따라 한쪽만 동작하

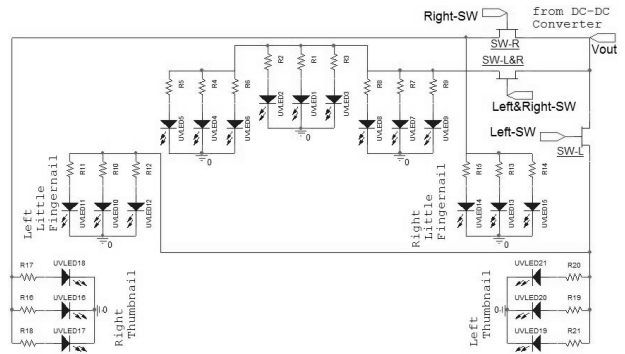


그림 5. UV LED 배선 회로  
Fig. 5. Wiring circuit of the UV LEDs.

도록 엄지손톱 전원과 연계하여 설계 한다.

물론 사람에 따라 손가락(특히 검지와 약지) 크기나 위치가 다르지만 본 논문에서 제한한 UV LED 램프에서 조사되는 위치가 손톱과의 일정한 거리를 두고 있고 조사 시간을 사람에 따라 적절히 조절하면 젤이 잘 굳을 수 있다.

#### 4. 제어부

(UV LED 램프의 전원부와 시간표시부에 제어신호 및 스위칭 신호 등을 보내 램프를 동작시키는 제어부는 PIC(Programmable IC) 마이크로 컨트롤러 칩을 주요 부품으로 사용하여 회로를 설계 한다.<sup>[6]</sup>

그림 6에서 전원버튼을 한 번 클릭하면 15초 동안, 두 번 클릭하면 30초 동안, 세 번 클릭하면 60초 동안 동작하도록 하며, 각 설정된 동작시간에 따라 LED가 빛을 발광하여 설정된 시간이 몇 초인지 사용자가 알 수 있도록 한다.

왼쪽 전원버튼을 클릭하면 제어부의 출력신호는 왼손 엄지 및 왼손 소지의 스위치 소자를 on 시키고, 오른쪽 전원버튼을 클릭하면 오른손 엄지 및 오른손 소지의 스위치 소자를 on 시킨다. 또한 왼쪽 전원버튼이든 오른쪽 전원버튼 어느 쪽 전원버튼을 클릭하더라도 검지, 중지 및 약지 쪽 UV LED는 모두 발광하도록 한다.

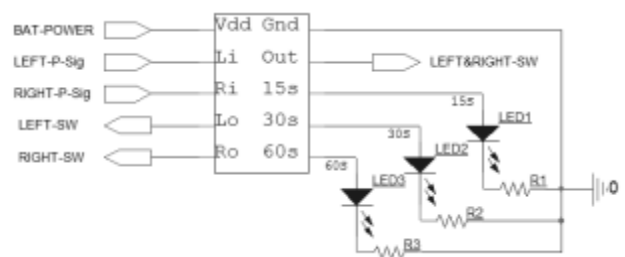


그림 6. 제어 신호 흐름도  
Fig. 6. Flow diagram of the control signals.

5. 충전부

UV LED 램프의 충전부의 주요 외부 전원은 전지 전원을 사용하며, 이 전지를 충전시키기 위해 전지 충전 IC를 이용하여 그림 7과 같이 회로를 설계 한다.<sup>[7]</sup>

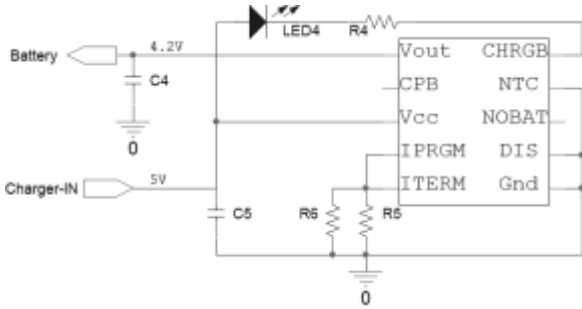


그림 7. 충전 회로  
Fig. 7. Charging circuit.

그림 7에서 외부 충전기의 전압은 DC 5V이며, 전지 충전 중일 때는 LED4가 발광한다.

III. 실험

UV LED에 전원을 공급하는 전원부에서 저항 R1과 R2의 저항비 즉, (R1/R2)의 비는 3/2로 설정하여 수식 (2)에 대입하면 출력전압은 3.125[V]로 계산된다.

$$V_{out} \approx 1.25(1 + \frac{3}{2}) = 3.125 \text{ [V]} \quad (3)$$

또한 출력전압이 3.125[V]로 계산되었으므로 이 결과 값을 식 (1)에 대입하면 저항 R<sub>2</sub> 양단의 전위차는 1.25 [V]로 계산된다.

$$V_{R2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{out} = \frac{R_2}{\frac{3}{2}R_2 + R_2} V_{out} = \frac{2}{5} V_{out}$$

$$= \frac{2}{5} \times 3.125 = 1.25[V] \quad (4)$$

그림 2와 같은 UV LED 램프의 전원부 회로를 시뮬레이션 한 결과는 그림 8과 같이 나타났다. 시뮬레이션 조건으로 DC 입력전압은 3.8[V], 비교기의 기준전압은 1.25[V]로 설정하였다.

시뮬레이션 결과 저항 R2 양단의 전압 V<sub>R2</sub>은 1.24~1.26[V]의 범위로 나타났으며, 출력전압은 약 3.14[V]로 나타났다.

따라서 출력전압은 수식 (3)과 거의 같으며, 저항 R2

양단의 전압도 수식 (4)과 거의 같게 나타났음을 알 수 있었다.

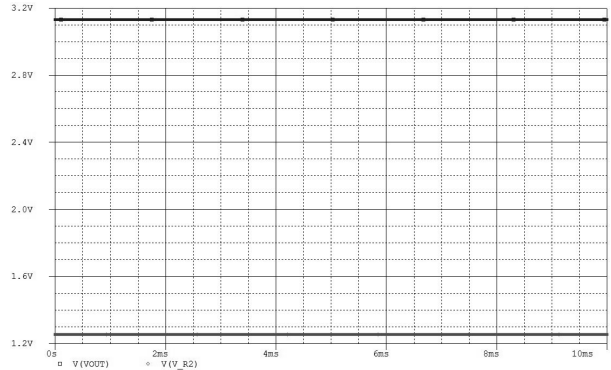


그림 8. DC-DC 컨버터의 시뮬레이션 결과  
Fig. 8. Simulation result of DC-DC converter.

그림 4에서 UV 칩 LED 1개당 10[mA]의 전류를 소모하고, 1개의 손톱에 각 3개씩의 LED를 배열하면 5개의 손톱이 소모하는 전류량은 모두 150[mA]가 된다. 출력전압이 약 3.1[V]이므로 부하저항은 다음 식 (5)과 같이 약 20.7[Ω] 이하로 설정해야 한다.

$$R = \frac{V}{I} = \frac{3.2}{150 \times 10^{-3}} \approx 20.7 \text{ [}\Omega\text{]} \quad (5)$$

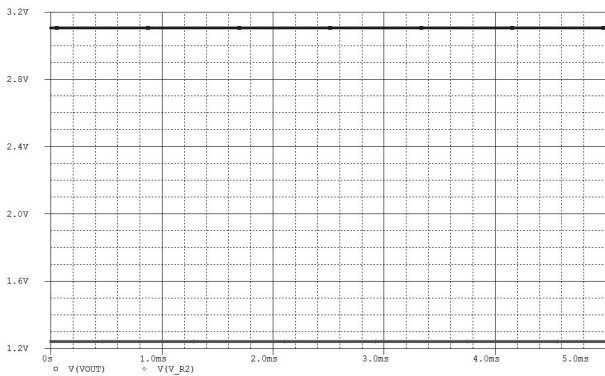
출력 단에 임의의 부하저항 RL을 삽입하여 저항 값을 1[kΩ], 300[Ω], 100[Ω], 20[Ω] 및 10[Ω]으로 변경하면서 시뮬레이션 한 결과 표 1과 같이 나타났다.

표 1에서와 같이 부하저항의 크기에 관계없이 출력전압은 거의 일정하게(ΔV<sub>out</sub> ≤ 0.15[V]) 나타남을 알 수 있다. 또한 부하저항을 20[Ω]으로 설정하였을 때 출력전압은 약 3.01[V]이므로 옴의 법칙을 적용하여 부하 전류를 계산하면 약 150[mA]가 되기 때문에 충분한 전류를 공급할 수 있음을 알 수 있다.

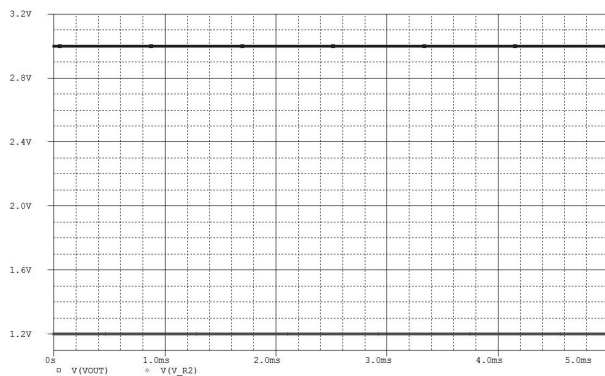
$$I_L = \frac{V_{out}}{R_L} = \frac{3.01}{20} \approx 0.15[A] \quad (6)$$

표 1. 부하저항에 따른 출력전압  
Table1. The output voltage with the load resistance.

|                              |      |      |      |      |      |      |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| 부하저항<br>R <sub>L</sub> [Ω]   | 100k | 1k   | 300  | 100  | 20   | 10   |
| 출력전압<br>V <sub>out</sub> [V] | 3.14 | 3.11 | 3.09 | 3.06 | 3.01 | 3.00 |
| 부하전류<br>I <sub>L</sub> [mA]  | 0.03 | 3.11 | 10.3 | 30.6 | 150  | 300  |



(a)  $R_L = 1[k\Omega]$



(b)  $R_L = 10[\Omega]$

그림 9. 부하저항에 따른 출력전압 시뮬레이션 결과  
Fig. 9. Simulation result of the output voltage with the load resistance.

그림 9는 부하저항이  $1[k\Omega]$ 일 때와  $10[\Omega]$ 일 때의 출력전압 시뮬레이션 결과이다.

#### IV. 결 론

손발톱 관리를 위해 UV 젤 이용이 점차 증가되고 있기 때문에 UV 램프의 개발은 필수적이다. 본 연구에서는 이러한 UV 램프를 개발하기 위해 UV LED를 적용한 램프 회로를 설계하였다.

제안한 UV LED 램프회로에서 UV LED에 전원을 공급하는 전원부는 DC-DC 컨버터, 특히 벡 컨버터 방식을 적용하여 설계하였으며, 출력 측의 저항비( $R1/R2$ )를 3/2로 설정하여 출력전압이 약 3.1[V]로 출력되도록 하였다.

UV LED들이 소모하는 전류를 고려하기 위해 부하저항을 삽입하여 전원부를 시뮬레이션 한 결과에서도 출력전압은 3[V] 이상이 출력되어 부하저항에 거의 무관하게 안정된 전압을 공급할 수 있음을 알 수 있었다. 그리고 사용자 입장에서 충전 상태 및 동작 상태를 눈으

로 확인할 수 있도록 가시광선 영역대의 LED를 배치하여 설계하였다.

또한 왼손과 오른손 각각의 엄지손톱의 방향과 소지 손톱의 위치를 고려하여 UV LED들을 배치함으로써 UV 젤이 보다 효과적으로 반응할 것으로 기대할 수 있다.

#### REFERENCES

- [1] Jinsook Yoon, Yeonja Jung, "A Study on preference of UV-gel Nail by Consumer Perception", Kor.J.Aesthet. Cosmetol. Vol. 13, No. 4, pp. 543-550, Aug. 2015.
- [2] Consumer Safety Administration, "Gel nail Safety Survey", Kor. Consumer Agency, pp. 1-31, 2015.
- [3] Hojong Park, et. al., "Design of a Voltage Protection Circuit for DC-DC Converter of the Potable Device Application", J. of the Institute of Electronics and Information Engineers, Vol.49, No.1, pp. 18-23, Mar. 2012.
- [4] Jooyoung Lee, "Low-area Dual mode Dc-Dc Buck Converter with IC Protection Circuit", J.Inst.Korean.Electr.Electron.eng., Vol. 18, No. 4, pp. 586-592, Dec. 2014.
- [5] Motorola, datasheet of DC-to-DC Converter
- [6] Microchip, datasheet of 8/14-Pin, 8-Bit Flash Microcontrollers
- [7] Semtech, datasheet of Miniature High Current Lithium-Ion Battery Charger

#### 저 자 소 개



김 필 중(정회원)

1994년 조선대학교 전자공학과 학사 졸업.

1996년 조선대학교 전자공학과 석사 졸업.

2000년 조선대학교 전자공학과 박사 졸업.

1996년~1999년 SK하이닉스 연구원

2001년~2012년 성화대학 IT계열 조교수

2015년~현재 조선이공대학교 전자과 조교수

<주관심분야: 산업전자, 반도체, Analog Circuits>