

## 디자인 예제 보고서

제목	<b>LYTSwitch™-4 LYT4312E</b> 를 사용한 <b>8W</b> 역률 보정, <b>TRIAC</b> 디머블, 비절연 벽 <b>LED</b> 드라이버
사양	90VAC – 132VAC 입력, 36V <sub>TYPICAL</sub> , 230mA 출력
애플리케이션	BR30 램프 교체용
작성자	애플리케이션 엔지니어링 부서
문서 번호	DER-359
날짜	17.07.13
개정	1.0

### 요약 및 기능

- 일체형(single-stage) 역률 보정(PFC) 및 정확한 정전류(CC) 출력
- 저가형, 적은 부품 수 및 소형 PCB 풋프린트 솔루션
- 높은 에너지 효율, 120VAC 입력에서 >85 %
- 빠른 스타트업 시간(<250ms) - 인지되는 지연 시간 없음
- 내장된 보호 및 신뢰성 기능
  - 무부하 보호, 단락 보호
  - 큰 히스테리시스(Hysteresis)를 갖고 있는 오토 리커버리 써멀 섯다운 기능으로 부품과 PCB 모두 보호
  - 라인 브라운아웃/브라운인 상태에서 손상 없음
- 120VAC에서 PF >0.97
- 120VAC에서 %ATHD <15%
- 작동 온도를 확장하기 위한 써멀 출력 전류 폴드백 옵션
- IEC 2.5kV 링 웨이브, 500V 디퍼렌셜 라인 서지 및 EN55015 전도성 EMI 충족

### 특허 정보

여기에 설명한 제품 및 애플리케이션(제품의 외장 트랜스포머 구성 및 회로 포함)은 하나 이상의 미국 및 해외 특허의 대상이 되거나 파워 인테그레이션스(Power Integrations)에서 출원 중인 미국 및 해외 특허 신청의 대상이 될 수 있습니다. 파워 인테그레이션스(Power Integrations)의 전체 특허 목록은 [www.powerint.com](http://www.powerint.com)에서 확인할 수 있습니다. 파워 인테그레이션스(Power Integrations)는 고객에게 <<http://www.powerint.com/ip.htm>>에 명시된 특정 특허권에 따라 라이선스를 부여합니다.

### Power Integrations

5245 Hellyer Avenue, San Jose, CA 95138 USA.

Tel: +1 408 414 9200 Fax: +1 408 414 9201

[www.powerint.com](http://www.powerint.com)

## 내용

1	소개 .....	4
2	파워 서플라이 사양 .....	6
3	회로도 .....	7
4	회로 설명 .....	8
4.1	입력단 .....	8
4.2	댐핑 스테이지 .....	8
4.3	LYTSwitch-4 장치를 사용한 벅 토폴로지 .....	9
4.4	출력 피드백 .....	9
4.5	부하 차단 보호 기능 .....	9
4.6	과부하 및 단락 보호 .....	9
4.7	디밍 비율 프로그래밍을 위한 액티브 더미 부하 .....	9
4.8	써멀 출력 전류 폴드백 .....	10
5	PCB 레이아웃 및 외형 .....	11
6	소자가 장착된 PCB .....	12
7	BOM .....	13
8	인덕터 사양 .....	15
8.1	전기적 구성도 .....	15
8.2	전기적 사양 .....	15
8.3	재료 .....	15
8.4	인덕터 제작 구성도 .....	16
8.5	인덕터 구성 .....	16
9	인덕터 디자인 스프레드시트 .....	17
10	성능 데이터 .....	19
10.1	액티브 모드 효율 .....	20
10.2	라인 레귤레이션 .....	21
10.3	역률 .....	22
10.4	THD(%) .....	23
10.5	고조파 성분 .....	24
10.6	고조파 측정 .....	25
10.7	디밍 특성 .....	26
10.8	디머 호환성 .....	29
11	써멀 성능 .....	31
12	파형 .....	33
12.1	드레인 전압 및 전류, 정상 작동 .....	33
12.2	드레인 전압 및 전류 스타트업 프로파일 .....	33
12.3	출력 전압 스타트업 프로파일 .....	34
12.4	입력 및 출력 전압과 전류 프로파일 .....	34
12.5	드레인 전압 및 전류 프로파일: 정상 작동 후 출력 단락 .....	35
12.6	드레인 전압 및 전류 프로파일: 스타트업 시 출력단락 .....	36



12.7	무부하 작동 .....	36
12.8	AC 사이클링 .....	37
12.9	디밍 샘플 파형.....	38
12.10	라인 서지 파형.....	39
12.10.1	디퍼렌셜 라인 서지 .....	39
12.10.2	디퍼렌셜 링 서지 .....	39
13	라인 서지.....	40
14	전도성 EMI .....	41
14.1	장비 .....	41
14.2	EMI 테스트 설정 .....	41
14.3	EMI 테스트 결과 .....	42
15	개정 내역.....	44

**중요 사항:**

이 보드는 비절연 LED 드라이버 기준을 충족하도록 설계되었지만 엔지니어링 프로토타입은 안전 기관의 승인을 받지 않았습니다. 따라서 AC 입력을 프로토타입 보드에 제공하도록 절연 트랜스포머를 사용하여 모든 테스트를 수행해야 합니다.

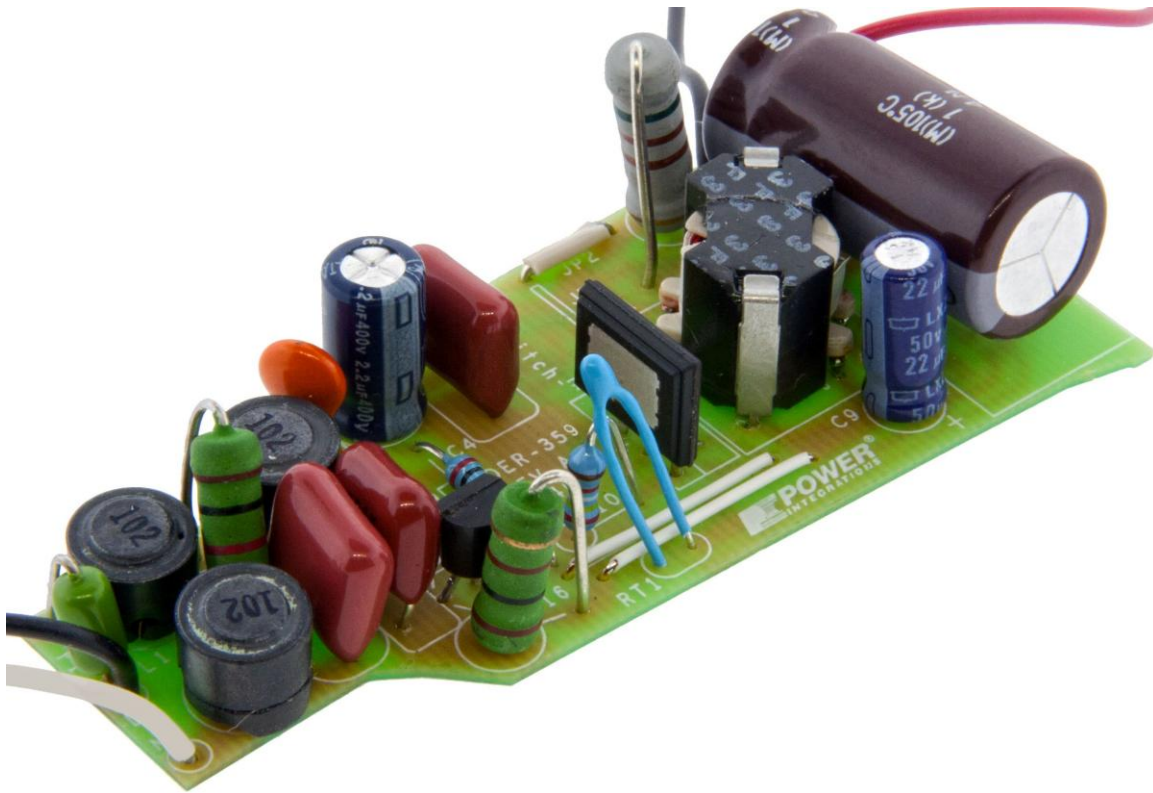


## 1 소개

이 문서는 LYTSwitch-4 디바이스 제품군의 LYT4312E 를 사용하는 비절연 백 LED 드라이버(파워 서플라이)에 대해 설명하는 엔지니어링 보고서입니다.

DER-359 는 단일 8W 디머블 정전류 출력을 제공합니다.

크기를 줄이고 효율을 극대화하는 것이 설계의 주요 목표였으며, 결과적으로 드라이버가 BR30 크기의 램프 기준에 부합할 뿐 아니라 생산 설계와 최대한 비슷하게 구성할 수 있게 되었습니다.



**Figure 1** – LED Driver Assembly.

보드는 로우 라인 AC 입력 전압 범위(90VAC~132VAC, 47Hz~63Hz)에서 작동하도록 최적화되었습니다. LYTSwitch-4 IC 기반 설계는 국제 기준을 충족하는 고역률(>0.97)을 제공합니다.

보드 폼 팩터는 표준 BR30 LED 교체 램프에 대한 규제 사항에 부합하는 것으로 선택하였습니다. 출력단은 비절연 상태이기 때문에 서플라이 출력단 및 LED 부하를 절연시키기 위한 인클로저 기구 설계가 필요합니다.



이 문서에는 파워 서플라이 사양, 회로도, 부품 목록(BOM), 트랜스포머 규격서, 인쇄 회로 기판 레이아웃, 설계 스프레드시트 및 성능 데이터가 들어 있습니다.



## 2 파워 서플라이 사양

아래 표는 디자인의 최소 허용 성능을 나타냅니다. 실제 성능은 결과 섹션에 나열되어 있습니다.

설명	기호	최소	일반	최대	단위	설명
<b>입력</b> 전압 주파수 역률 %ATHD	$V_{IN}$ $f_{LINE}$	90 47 0.97	120 50/60	132 63	VAC Hz	2 선식 - P.E. 없음  120VAC
<b>출력</b> 출력 전압 출력 전류 총 출력 전력 연속 출력 전력	$V_{OUT}$ $I_{OUT}$ $P_{OUT}$	33 218.5	36 230 8	39 241.5	V mA W	120VAC
<b>효율</b> 정격	$\eta$		85		%	$P_{OUT}$ 25 °C, 120VAC 에서 측정
<b>환경</b> 전도성 EMI 라인 서지 디퍼렌셜 모드(L1-L2) 링 웨이브(100kHz) 디퍼렌셜 모드(L1-L2)			CISPR22B/EN55015 충족  500  2.5		V  kV	1.2/50 $\mu$ 서지, IEC 1000-4-5, 직렬 임피던스: 디퍼렌셜 모드: 2 $\Omega$  2 $\Omega$ 단락 회로 직렬 임피던스



### 3 회로도

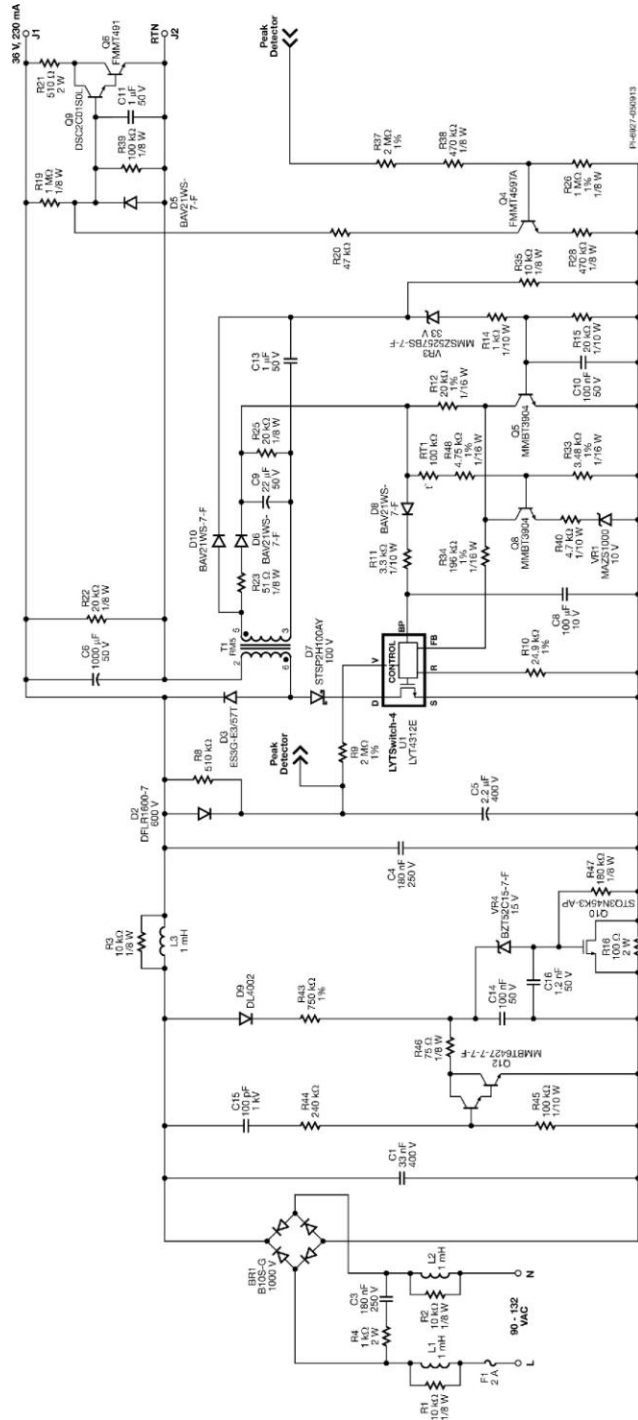


Figure 2 – Schematic for 36 V, 230 mA BR30 Replacement Lamp.

참고: R33 을 조절하여 최종 설계에서 원하는 써멀 폴드백 특성을 조정할 수 있습니다.



## 4 회로 설명

LYTSwitch-4(U1) 제품군은 LED 드라이버 애플리케이션에 사용되는 고집적 파워 IC 입니다. LED 드라이버 애플리케이션에서 일반적으로 발생하는 광범위한 입력(90VAC~132VAC) 및 출력 전압 변동 조건일 때 출력 전류를 레귤레이션하는 동안 LYTSwitch-4 IC 는 일체형(single-stage) 변환 토폴로지를 통해 고역률을 제공합니다. 이러한 기능을 제어하는 모든 컨트롤 회로와 고전압 파워 MOSFET 이 본 IC 에 통합되어 있습니다.

### 4.1 입력단

퓨즈 F1 은 부품 불량 발생 시 보호 기능을 제공합니다. 라인 서지 입력으로 인한 단선을 방지하기 위해 비교적 높은 고속 2A 을 사용할 필요가 있습니다. 퓨즈를 퓨저블 저항(2W, 3.3 $\Omega$ )으로 교체하면 효율은 떨어지지만 비용을 낮출 수 있습니다.

AC 입력은 BR1 에서 정류된 전파로 우수한 역률 및 THD 를 제공합니다.

디퍼렌셜 초크 L1 및 L2 는 브리지 정류기 스위칭을 포함한 노이즈를 억제하는 프런트 엔드 EMI 필터입니다. RC 블리더 R4 및 C3 을 브리지 앞에 배치하여 TRIAC 이 정상적으로 작동하도록 지원합니다. 저항 R1 및 R2 는 필요 시 EMI 필터의 공진점을 댐핑합니다. 방사 EMI 스펙트럼의 시스템 레벨 애플리케이션에 상당한 마진이 있을 경우 R1 과 R2 를 제거하십시오.

커패시터 C1, C4 와 디퍼렌셜 초크 L3 은 브리지 뒤에서 EMI 필터를 구성합니다. 높은 역률을 유지하기 위해 필터 커패시턴스가 제한됩니다. 이 입력  $\pi$  필터 네트워크와 LYTSwitch-4 의 주파수 지터링 기능을 통해 클래스 B 방사 노이즈 규정을 준수할 수 있습니다. 저항 R3 은 필요 시 EMI 필터의 공진점을 댐핑하고 시스템(드라이버 + 인클로저)에서 측정할 경우 EMI 스펙트럼에서 피크를 방지합니다. 디퍼렌셜 라인 서지 동안 BR1 의 전압 스트레스를 피하기 위해서 33nF(C1)의 최소 커패시턴스가 필요합니다.

### 4.2 댐핑 스테이지

높은 효율, 광범위한 디머 호환성, 라인 서지 보호 및 써멀 관리를 위해 이 설계에 PI 고유의 액티브 댐퍼 회로를 사용했습니다. RC 차단 주파수 필터 C15 및 R44 는 디밍 작동 시 Q12 를 바이어스하기 위해 140Hz 이상일 때 반응하도록 조정되었습니다. Q12 는 디머가 있을 경우 하프 라인(AC 의 반) 사이클마다 C14 의 전위를 방전시킵니다.

트랜지스터 Q10 은 높은 효율을 유지하기 위해 비디밍 작동 중에 일반적으로 ON 상태입니다. Q10 의 게이트는 분배기 R43, VR4 및 R47 을 통해 바이어스되고 C14 및 C16 에 의해 필터링됩니다. C14 의 전위는 비디밍 작동 시 방전되지 않으므로 Q10 의 게이트에 대한 연속 바이어스를 유지합니다.





디밍 동안 Q10 은 입력 벌크 커패시턴스 및 EMI 필터에 의해 발생하는 돌입 전류를 댐핑하기 위해 입력 전류의 초기 스파이크에서 OFF 상태를 유지합니다. 그런 다음 Q10 은 R47 와 C14, C16 의 동일 캐패시턴스의 조합에 의해 디밍 작동 중 선형적으로 작동하도록 시간이 설정됩니다.

디퍼렌셜 라인 서지 및 라인 변동 동안 Q12 는 Q10 을 OFF 상태로 전환하여 비정상적 라인 상태 동안 U1 의 부품 스트레스를 제한합니다.

#### 4.3 LYTSwitch-4 장치를 사용한 벅 토폴로지

벅 파워트레인은 U1(파워 스위치 + 컨트롤), D3(프리휠링 다이오드), C6(출력 커패시터) 및 T1(인덕터)로 구성되어 있습니다. 다이오드 D7 은 U1 드레인 소스 사이에 특히, 입력 전압의 제로 크로싱 근처에서 나타나는 마이너스 전압을 방지하는 데 사용되었습니다. 바이패스 커패시터 C8 은 U1 에 내부 전압을 공급하고 스타트업 시 MOSFET 오프-타임 동안 드레인을 통해 충전되어 효율을 높입니다. 디밍 동작의 경우 플라이백 작업 동안 D6 가 정류하고 C9 가 필터링하여 인덕터의 예비 권선을 통해 전력이 공급됩니다. 저항 R23 은 정류 중 전압 링을 제한하는데 사용됩니다.

#### 4.4 출력 피드백

바이어스 권선 전압은 출력 전압을 간접적으로 센싱하는 데 사용되기 때문에 2차측 피드백 부품을 사용할 필요가 없습니다. 바이어스 권선 전압은 출력 전압에 비례합니다(바이어스와 2차측 권선 간의 턴비에 의해 설정됨). 저항 R12 및 R34는 바이어스 전압을 U1의 FEEDBACK(FB) 핀에 공급되는 전류로 변환합니다. U1의 내장 엔진에서는 FB 핀 전류, VOLTAGE MONITOR(V) 전류, 내장 드레인 전류 정보를 결합하여 높은 입력 역률을 유지하면서 일정한 출력 전류를 제공합니다.

#### 4.5 부하 차단 보호 기능

우발적 LED 부하 단절(예를 들어 생산 중에)시 파워 서플라이를 보호합니다. 컨트롤러가 오토-리스타트 모드를 실행해서 출력 전압(인덕터의 보조 권선에서 오는 반사 전압, D10의 정류, C13의 피크 필터링을 통해 탐지)을 제한해 보드의 갑작스런 고장을 방지합니다. 제너 다이오드 VR3으로 과전압 한도를 설정한 상태에서 Q5가 ON 상태가 되면 기기가 오토-리스타트 작동으로 진입합니다.

#### 4.6 과부하 및 단락 보호

본 샘플은 1 차측 전류 제한을 통해 과부하와 회로 단락 시 보호됩니다. 단락이 발생하면 1 차측 전류가 전류 한도에 도달할 때까지 축적됩니다. 자세한 내용은 단락 파형을 참조하십시오.

#### 4.7 디밍 비율 프로그래밍을 위한 액티브 더미 부하

쿼지 위상 감지 액티브 더미 부하를 사용해 디밍 비율을 설정할 수 있습니다. 이 PI 고유의 회로(R21, R19, R20, R26, R39, R28, R37, R38, D5, Q9, Q6, Q4)는 높은 효율을 유지하기 위해 비디밍 작동 시 액티브 상태가 되지 않습니다(비손실성). 피크 감지 회로에서



디밍하는 동안 도통각  $70^\circ$  아래에서 선형적으로 활성화됩니다. 트랜지스터 Q9 와 Q6 이 선형적으로 바이어스되고 R21 을 통해 전력 손실을 공유하여 올바른 수준의 출력 전류 보정을 실현합니다. Q9 와 Q6 이 완전히 바이어스되고 저항 R21 에 의해 전류가 제한될 때가 최대 보정입니다.

#### 4.8 써멀 출력 전류 폴드백

이 참조 설계에는 써멀 출력 전류 폴드백 특성을 활성화하는 선택형 회로가 있습니다. 이 회로는 써멀 보호 기준값에 도달하지 않도록 작동 주변 온도를 확장하는 역할을 합니다. 이 회로는 써미스터 RT1, R48, R33, R40, Q8 및 VR1 로 구성되어 있습니다. Q8 콜렉터는 U1 의 FB 핀에서 나오는 일부 전류를 싱크하여 LED 드라이버의 출력 전류를 줄입니다. 싱킹 전류는 LED 드라이버의 내부 주변 온도에 비례합니다. 내부 온도가 상승하면 싱킹 전류가 증가하고 그에 따라 출력 전류가 감소합니다. R33 이  $11k\Omega$  일 때 U1 온도  $110^\circ\text{C}$  주위에서 전류 공유가 시작됩니다. 저항 R33 을 조정하여 원하는 기준값 수준을 설정할 수 있습니다.



### 5 PCB 레이아웃 및 외형

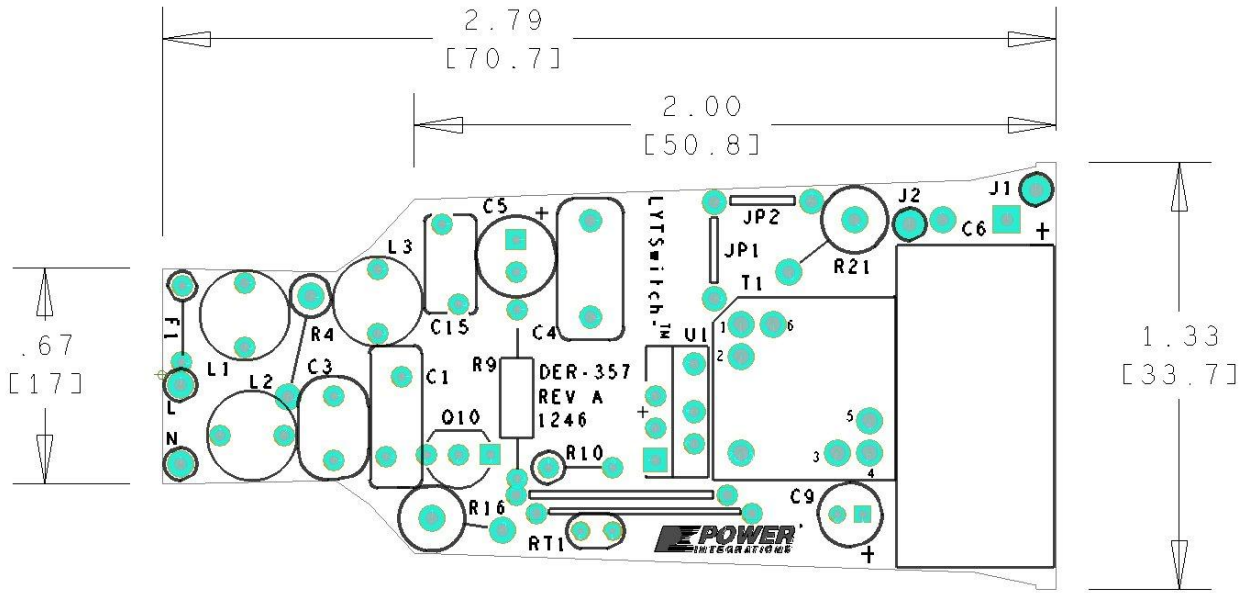


Figure 3 – Top Printed Circuit Layout.

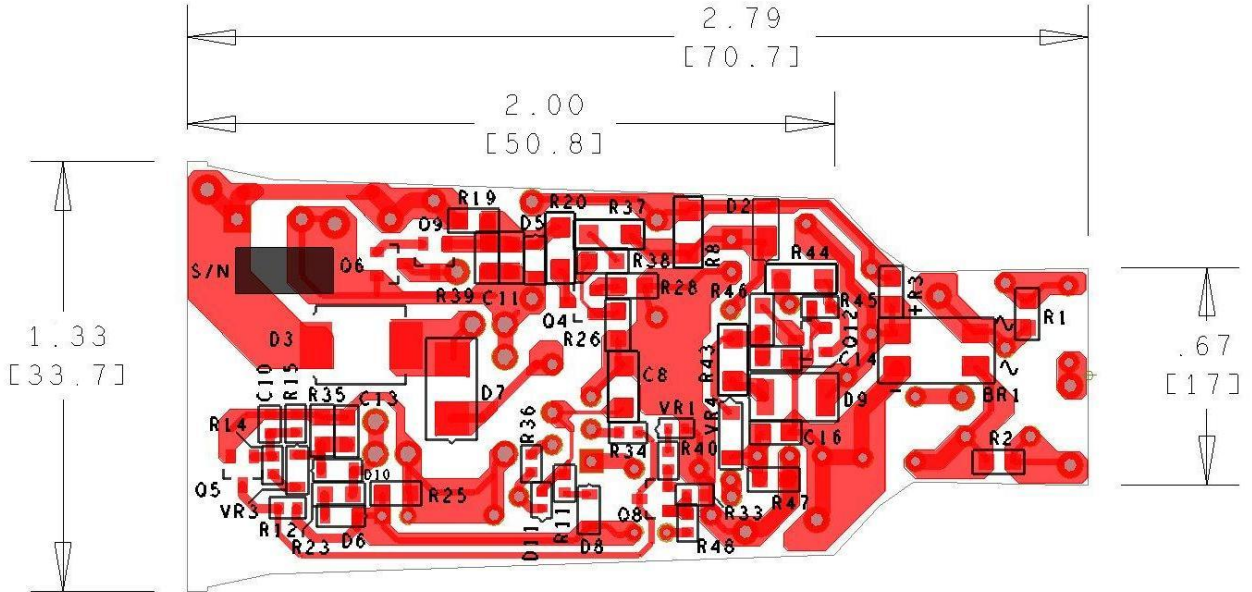


Figure 4 – Bottom Printed Circuit Layout.



## 6 소자가 장착된 PCB

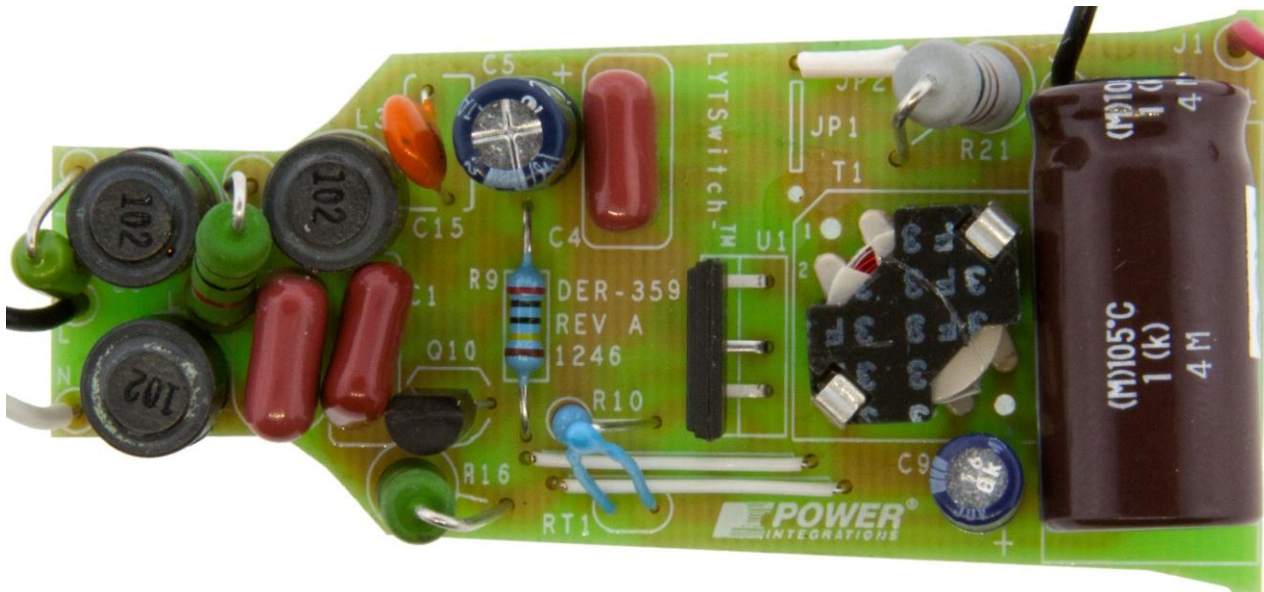


Figure 5 – Populated Circuit Board (Top Side). L: 2.79" [70.7 mm] x W 1.33" [33.7 mm].

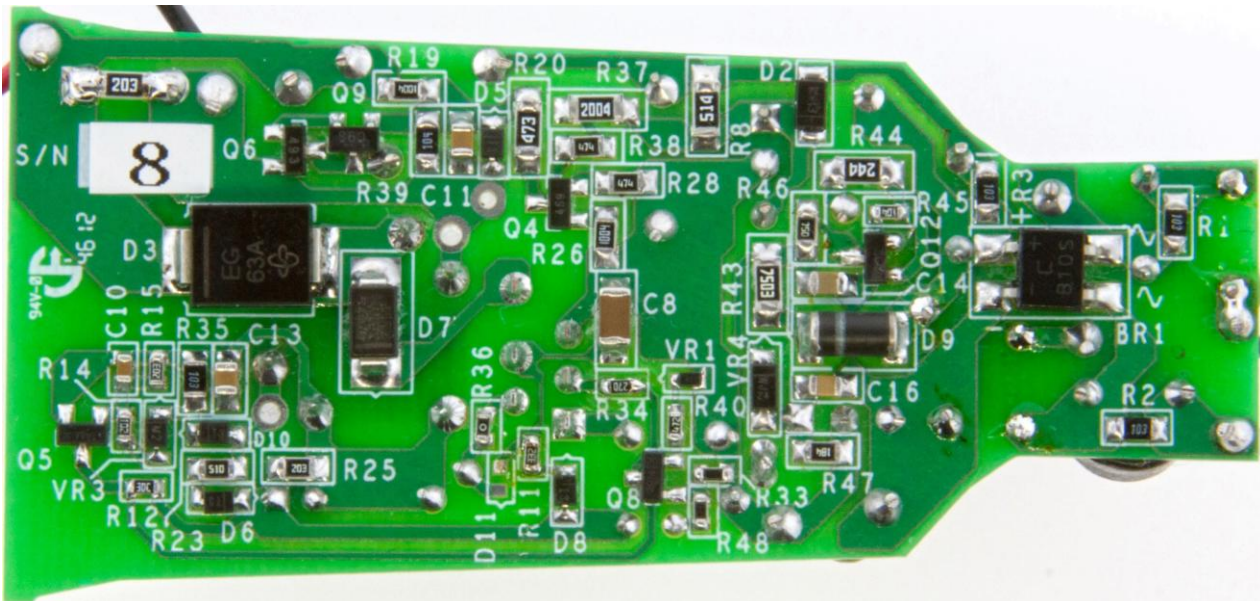


Figure 6 – Populated Circuit Board (Bottom Side).



## 7 BOM

Item	Qty	Ref Des	Description	Mfg Part Number	Manufacturer
1	1	BR1	1000 V, 0.8 A, Bridge Rectifier, SMD, MBS-1, 4-SOIC	B10S-G	Comchip
2	1	C1	33 nF, 400 V, Film	ECQ-E4333KF	Panasonic
3	2	C3 C4	180 nF, 250 V, Film	ECQ-E2184KB	Panasonic
4	1	C5	2.2 $\mu$ F, 400 V, Electrolytic, (6.3 x 11)	TAB2GM2R2E110	Ltec
5	1	C6	1000 $\mu$ F, 50 V, Electrolytic, Gen. Purpose, (12.5 x 25)	EKMG500ELL102MK25S	Nippon Chemi-Con
6	1	C8	100 $\mu$ F, 10 V, Ceramic, X5R, 1206	C3216X5R1A107M	TDK
7	1	C9	22 $\mu$ F, 50 V, Electrolytic, (5 x 11)	UPW1H220MDD	Nichicon
8	1	C10	100 nF 50 V, Ceramic, X7R, 0603	C1608X7R1H104K	TDK
9	2	C11 C13	1 $\mu$ F, 50 V, Ceramic, X5R, 0805	08055D105KAT2A	AVX
10	1	C14	100 nF, 50 V, Ceramic, X7R, 0805	CC0805KRX7R9BB104	Yageo
11	1	C15	100 pF, 1 kV, Disc Ceramic	562R5GAT10	Vishay
12	1	C16	1.2 nF, 50 V, Ceramic, X7R, 0805	08055C122KAT2A	AVX Corp
13	1	D2	600 V, 1 A, Rectifier, Glass Passivated, POWERDI123	DFLR1600-7	Diodes, Inc.
14	1	D3	Diode ultrafast 400 V 3 A, DO-214AB	ES3G-E3/57T	Vishay
15	4	D5 D6 D8 D10	250 V, 0.2 A, Fast Switching, 50 ns, SOD-323	BAV21WS-7-F	Diodes, Inc.
16	1	D7	100 V, 2 A, Schottky, SMA	STPS2H100AY	ST Micro
17	1	D9	100 V, 1 A, Rectifier, Glass Passivated, DO-213AA (MELF)	DL4002-13-F	Diodes, Inc.
18	1	F1	Fuse, Pico, 2 A, 250V, Fast, Axial	0263002.MXL	Littlefuse Inc.
19	3	L1 L2 L3	1 mH, 0.23 A, Ferrite Core	CTSCH875DF-102K	CT Parts
20	1	Q4	NPN, Small Signal BJT, 450 V, 0.5 A, 150 MA, SOT-23	FMMT459TA	Diodes, Inc.
21	2	Q5 Q8	NPN, Small Signal BJT, 40 V, 0.2 A, SOT-23	MMBT3904LT1G	On Semi
22	1	Q6	NPN, 60 V 1000 MA, SOT-23	FMMT491TA	Zetex
23	1	Q9	NPN, 100 V, 20 MA, SOT23-3	DSC2C01S0L	Panasonic
24	1	Q10	450 V, 0.6 A, 3.8 $\Omega$ , N-Channel, TO-92	STQ3N45K3-AP	ST Micro
25	1	Q12	NPN, DARL NPN 40V SMD SOT23-3	MMBT6427-7-F	Diodes, Inc.
26	4	R1 R2 R3 R35	10 k $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ103V	Panasonic
27	1	R4	1.0 k $\Omega$ , 5%, 2 W, Metal Oxide	RSMF2JT1K00	Stackpole
28	1	R8	510 k $\Omega$ , 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEYJ514V	Panasonic
29	1	R9	2.00 M $\Omega$ , 1%, 1/4 W, Metal Film	RNF14FTD2M00	Stackpole
30	1	R10	24.9 k $\Omega$ , 1%, 1/4 W, Metal Film	MFR-25FBF-24K9	Yageo
31	1	R11	3.3 k $\Omega$ , 5%, 1/10 W, Thick Film, 0603	ERJ-3GEYJ332V	Panasonic
32	1	R12	20 k $\Omega$ , 1%, 1/16 W, Thick Film, 0603	ERJ-3EKF2002V	Panasonic
33	1	R14	1 k $\Omega$ , 5%, 1/10 W, Thick Film, 0603	ERJ-3GEYJ102V	Panasonic
34	1	R15	20 k $\Omega$ , 5%, 1/10 W, Thick Film, 0603	ERJ-3GEYJ203V	Panasonic
35	1	R16	100 $\Omega$ , 5%, 2 W, Metal Oxide	RSMF2JT100R	Stackpole
36	1	R19	1 M $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ105V	Panasonic
37	1	R20	47 k $\Omega$ , 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEYJ473V	Panasonic
38	1	R21	510 $\Omega$ , 5%, 2 W, Metal Oxide	RSF200JB-510R	Yageo
39	2	R22 R25	20 k $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ203V	Panasonic
40	1	R23	51 $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ510V	Panasonic
41	1	R26	1 M $\Omega$ , 1%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6ENF1004V	Panasonic
42	2	R28 R38	470 k $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ474V	Panasonic
43	1	R33	3.48 k $\Omega$ , 1%, 1/16 W, Thick Film, 0603	ERJ-3EKF3481V	Panasonic



Item	Qty	Ref Des	Description	Mfg Part Number	Manufacturer
44	1	R34	196 k $\Omega$ , 1%, 1/16 W, Thick Film, 0603	ERJ-3EKF1963V	Panasonic
45	1	R37	2.00 M $\Omega$ , 1%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8ENF2004V	Panasonic
46	1	R39	100 k $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ104V	Panasonic
47	1	R40	4.7 k $\Omega$ , 5%, 1/10 W, Thick Film, 0603	ERJ-3GEYJ472V	Panasonic
48	1	R43	750 k $\Omega$ , 1%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8ENF7503V	Panasonic
49	1	R44	240 k $\Omega$ , 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEYJ244V	Panasonic
50	1	R45	100 k $\Omega$ , 5%, 1/10 W, Thick Film, 0603	ERJ-3GEYJ104V	Panasonic
51	1	R46	75 $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ750V	Panasonic
52	1	R47	180 k $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ184V	Panasonic
53	1	R48	4.75 k $\Omega$ , 1%, 1/16 W, Thick Film, 0603	ERJ-3EKF4751V	Panasonic
54	1	RT1	NTC Thermistor, 100 k $\Omega$ , 0.00046 A	NTSD0WF104EE1B0	Murata
55	1	T1	Bobbin, RM5, Vertical, 6 pins	Custom	Custom
56	1	U1	LYTSwitch-4, eSIP-7C	LYT4312E	Power Integrations
57	1	VR1	10.0 V, 5%, 150 mW, SOD-323	MAZS1000ML	Panasonic
58	1	VR3	33 V, 5%, 200 mW, SOD-323	MMSZ5257BS-7-F	Diodes, Inc.
59	1	VR4	15 V, 5%, 500 mW, SOD-123	BZT52C15-7-F	ON Semi



## 8 인덕터 사양

### 8.1 전기적 구성도

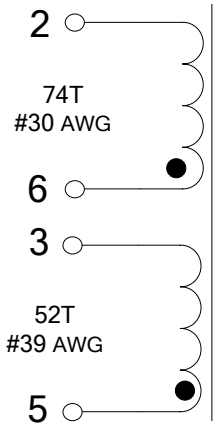


Figure 7 – Transformer Electrical Diagram.

### 8.2 전기적 사양

<b>Primary Inductance</b>	Pins 2-6, all other windings open, measured at 100 kHz, 0.4 V <sub>RMS</sub> .	650 μH ±7%
---------------------------	--	------------

### 8.3 재료

Item	Description
[1]	Core: RM5.
[2]	Bobbin: Rm-5; 2/2 pin Vertical.
[3]	Magnet Wire: #30 AWG.
[4]	Magnet Wire: #39 AWG.
[5]	Transformer Tape: 4.8 mm.
[6]	Core Clip.



8.4 인덕터 제작 구성도

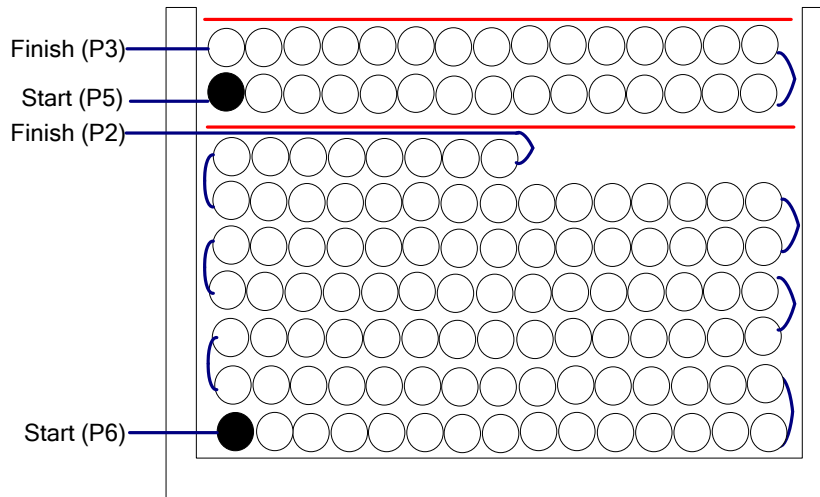


Figure 8 – Transformer Build Diagram.

8.5 인덕터 구성

<b>Bobbin Preparation</b>	For the purpose of these instructions, bobbin is oriented on winder such that pin 1 side is on the left. Winding direction is counter-clockwise. For 2/2 bobbin, follow the pin number assignment in the specification.
<b>WDG 1</b>	Start at pin 6. Wind 74 turns of item [3] and terminate at pin 1. Note that there is one turn of transformer tape item[5] per layer
<b>Insulation</b>	Add 1 layer of tape of item [5].
<b>WDG 2</b>	Start at pin 5. Wind 52 turns of item [3] and terminate at pin 3.
<b>Taping</b>	Add 1 layer of tape to secure the winding.
<b>Final Assembly</b>	Grind the core to get the specified inductance. Secure the core with a clip item [6].





## 9 인덕터 디자인 스프레드시트

ACDC_LYTSwitch_Buck_103112; Rev.0.2; Copyright Power Integrations 2012	INPUT	INFO	OUTPUT	UNIT	ACADC_LYTSwitch_103112: LYTSwitch Buck Design Spreadsheet
<b>ENTER APPLICATION VARIABLES</b>					
Dimming required	YES		YES		Select "YES" option if dimming is required. Otherwise select "NO".
VACMIN	90		90	V	Minimum AC Input Voltage
VACMAX	132		132	V	Maximum AC input voltage
fL	60		60	Hz	AC Mains Frequency
VO	36.00			V	Typical output voltage of LED string at full load
VO_MAX			45.00	V	Maximum LED string Voltage. Ensure that the maximum LED string voltage is below VO_MAX
VO_MIN			27.00	V	Minimum LED string Voltage. Ensure that the minimum LED string voltage is above VO_MIN
V_OVP			49.50	V	Over-voltage setpoint
IO	0.23				Typical full load LED current
PO			8.28	Watts	Output Power
n	0.85		0.85		Estimated efficiency of operation
<b>ENTER LinkSwitch-PH VARIABLES</b>					
LNK-PH	LYT4312				Selected Linkswitch-PH device. If Dimming is required, select device from LNK40X family, Otherwise select device from LNK41X family
Current Limit Mode	RED		RED		Select "RED" for reduced Current Limit mode or "FULL" for Full current limit mode
ILIMITMIN			0.810	A	Minimum current limit
ILIMITMAX			0.940	A	Maximum current limit
fS			132000	Hz	Switching Frequency
fSmin			124000	Hz	Minimum Switching Frequency
fSmax			140000	Hz	Maximum Switching Frequency
IV			79.82	uA	V pin current
Rv	2.000		2	M-ohms	Upper V pin resistor
IFB			112.47	uA	FB pin current (75 uA < IFB < 250 uA)
R7			89.62	k-ohms	IFB setting resistor (See RDR254 schematic)
R8			35.35	k-ohms	Upper resistor in base divider (See RDR254 schematic)
R9			90.90	k-ohms	Lower resistor in base divider (See RDR254 schematic)
VDS			10	V	LinkSwitch-PH on-state Drain to Source Voltage
VD	0.60			V	Output Winding Diode Forward Voltage Drop
VDB	0.70			V	Bias Winding Diode Forward Voltage Drop
<b>Key Design Parameters</b>					
KP	0.69		0.69		Ripple to Peak Current Ratio (0.4 < KRP < 1.3)
LP			645	uH	Primary Inductance
KP Expected			0.64		Ripple to Peak Current Ratio (0.4 < KRP < 1.3)
Expected IO (average)			0.230	A	Expected Average Output Current
<b>ENTER TRANSFORMER CORE/CONSTRUCTION VARIABLES</b>					



Core Type	RM5		RM5		Selected Core for inductor
Core		#N/A		P/N:	#N/A
Bobbin		#N/A		P/N:	#N/A
AE	0.24		0.24	cm <sup>2</sup>	Core Effective Cross Sectional Area
LE	2.32		2.32	cm	Core Effective Path Length
AL	1700.00		1700	nH/T <sup>2</sup>	Ungapped Core Effective Inductance
BW	4.80		4.8	mm	Bobbin Physical Winding Width
M	0.00		0	mm	Safety Margin Width (Half the Primary to Secondary Creepage Distance)
L	4.00		4		Number of Primary Layers
<b>DC INPUT VOLTAGE PARAMETERS</b>					
VMIN			127	V	Peak input voltage at VACMIN
VMAX			187	V	Peak input voltage at VACMAX
<b>CURRENT WAVEFORM SHAPE PARAMETERS</b>					
DMAX			0.28		Minimum duty cycle at peak of VACMIN
IAVG			0.23	A	Average Primary Current
IP			0.55	A	Peak Primary Current (calculated at minimum input voltage VACMIN)
IRMS			0.23	A	Primary RMS Current (calculated at minimum input voltage VACMIN)
<b>TRANSFORMER PRIMARY DESIGN PARAMETERS</b>					
LP			645	uH	Primary Inductance
NP	74.00		74		Primary Winding Number of Turns
ALG			118	nH/T <sup>2</sup>	Gapped Core Effective Inductance
BM			1984	Gauss	Maximum Flux Density at PO, VMIN (BM<3000)
BP			2728	Gauss	Peak Flux Density (BP<4200)
BAC			685	Gauss	AC Flux Density for Core Loss Curves (0.5 X Peak to Peak)
ur			1308		Relative Permeability of Ungapped Core
LG			0.24	mm	Gap Length (Lg > 0.1 mm)
BWE			19.2	mm	Effective Bobbin Width
OD			0.26	mm	Maximum Primary Wire Diameter including insulation
INS			0.05	mm	Estimated Total Insulation Thickness (= 2 * film thickness)
DIA			0.21	mm	Bare conductor diameter
AWG			32	AWG	Primary Wire Gauge (Rounded to next smaller standard AWG value)
CM			64	Cmils	Bare conductor effective area in circular mils
CMA			278	Cmils/Amp	Primary Winding Current Capacity (200 < CMA < 500)

Table 1 – Sample Spreadsheet Calculation.



## 10 성능 데이터

All measurements performed at 25 °C room temperature, 60 Hz input frequency unless otherwise specified.

Input		Input Measurement					LED Load Measurement			Effeciency (%)
VAC (V <sub>RMS</sub> )	Freq (Hz)	V <sub>IN</sub> (V <sub>RMS</sub> )	I <sub>IN</sub> (mA <sub>RMS</sub> )	P <sub>IN</sub> (W)	PF	%ATHD	V <sub>OUT</sub> (V <sub>DC</sub> )	I <sub>OUT</sub> (mA <sub>DC</sub> )	P <sub>OUT</sub> (W)	
90	60	90.14	92.55	8.240	0.988	11.15	32.87	214.02	7.04	85.44
100	60	100.13	86.79	8.565	0.986	10.27	32.93	222.06	7.32	85.44
110	60	110.15	81.95	8.863	0.982	9.78	32.98	229.08	7.56	85.31
120	60	120.15	77.39	9.085	0.977	9.68	33.01	234.35	7.74	85.23
132	60	132.17	72.92	9.336	0.969	10.09	33.05	239.33	7.92	84.80
90	60	90.10	97.37	8.662	0.987	12.30	36.00	205.65	7.41	85.52
100	60	100.11	91.40	9.022	0.986	11.05	36.06	213.76	7.71	85.50
110	60	110.12	86.11	9.322	0.983	10.39	36.11	220.41	7.97	85.45
120	60	120.14	81.57	9.597	0.979	9.89	36.16	226.24	8.19	85.31
132	60	132.16	76.56	9.836	0.972	10.15	36.20	231.22	8.38	85.16
90	60	90.10	101.87	9.053	0.986	13.61	39.00	197.96	7.73	85.33
100	60	100.12	95.74	9.452	0.986	11.98	39.07	206.70	8.08	85.50
110	60	110.13	90.18	9.772	0.984	11	39.13	213.45	8.36	85.53
120	60	120.14	85.25	10.043	0.981	10.4	39.18	218.85	8.58	85.42
132	60	132.17	80.15	10.326	0.975	10.2	39.22	224.31	8.80	85.26

Table 2 – Test Result Summary for this Design.



10.1 액티브 모드 효율

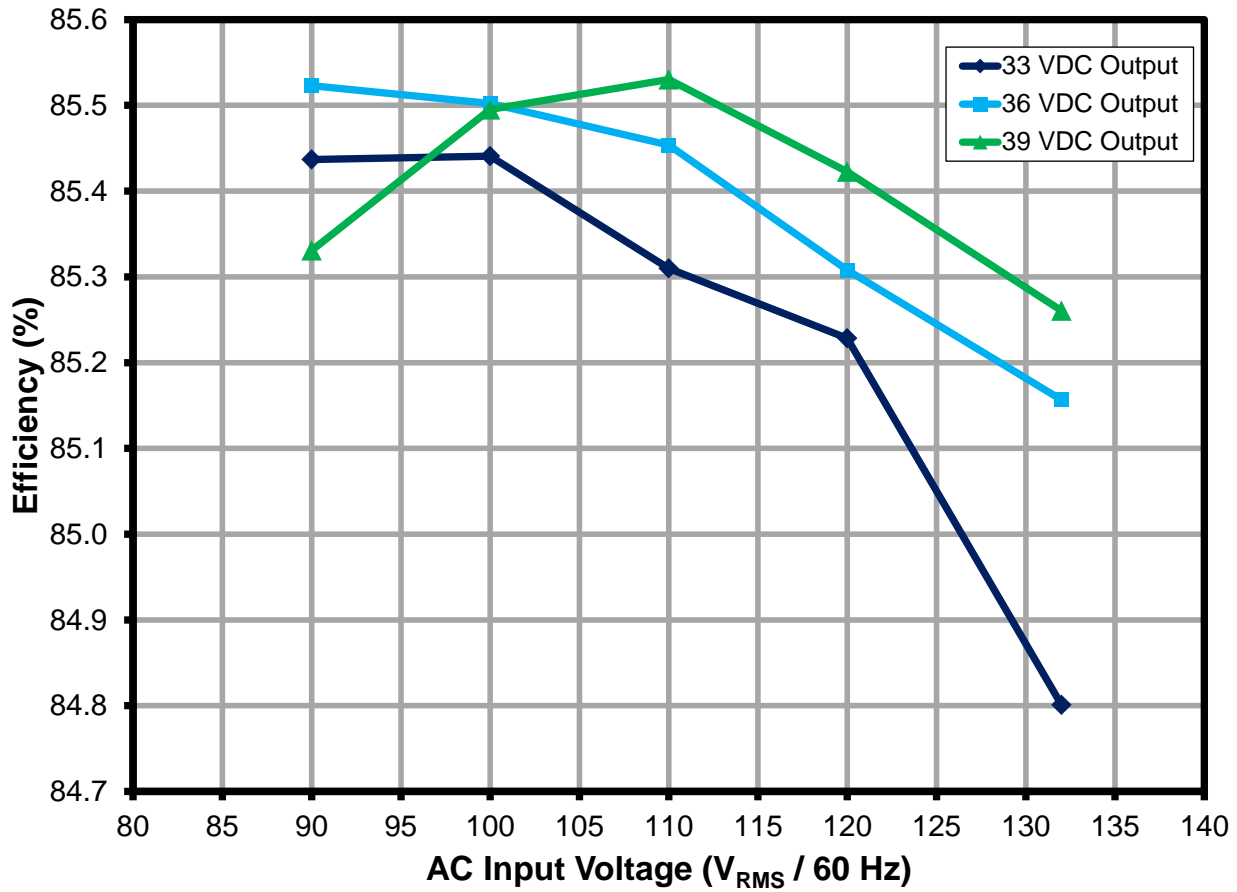


Figure 9 – Efficiency with Respect to AC Input Voltage.



10.2 라인 레귤레이션

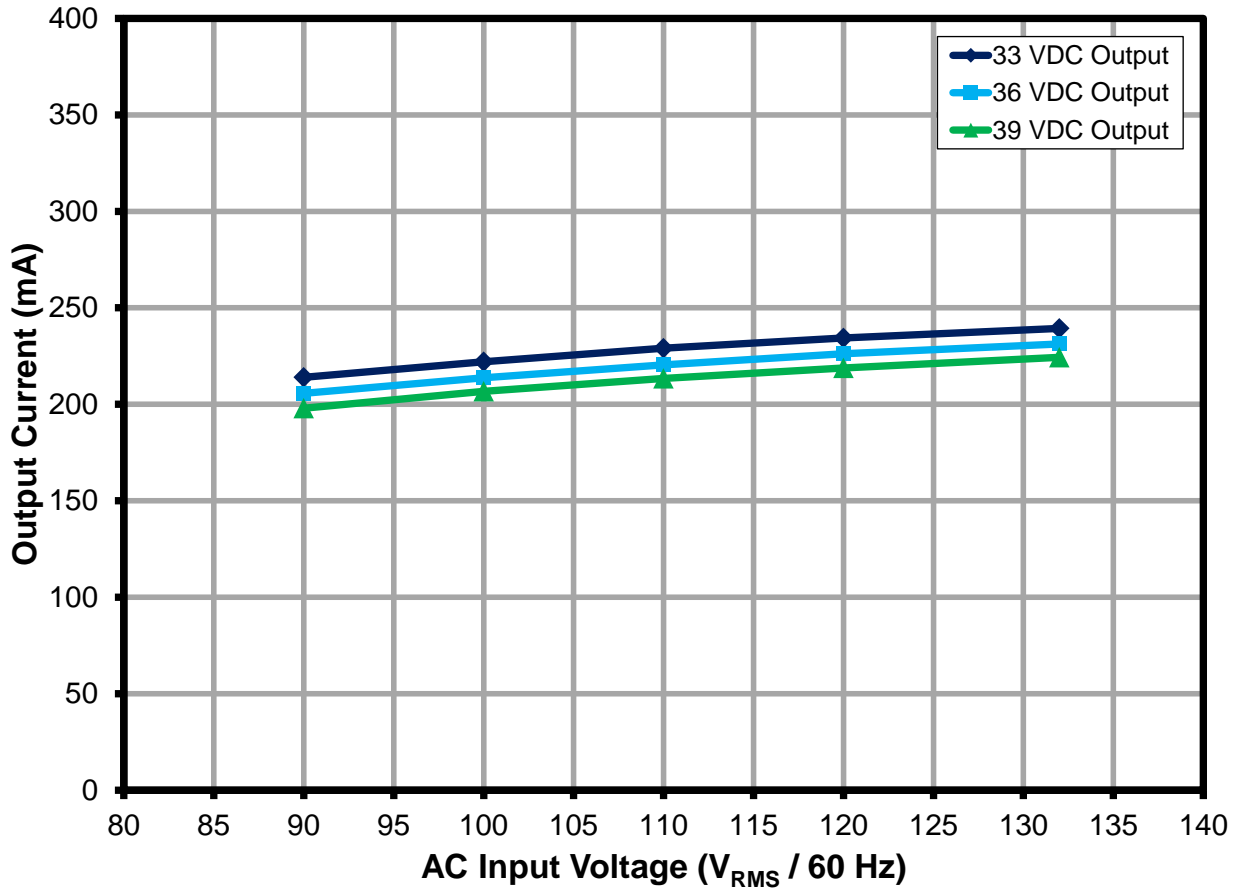


Figure 10 – Line Regulation, Room Temperature.



10.3 역률

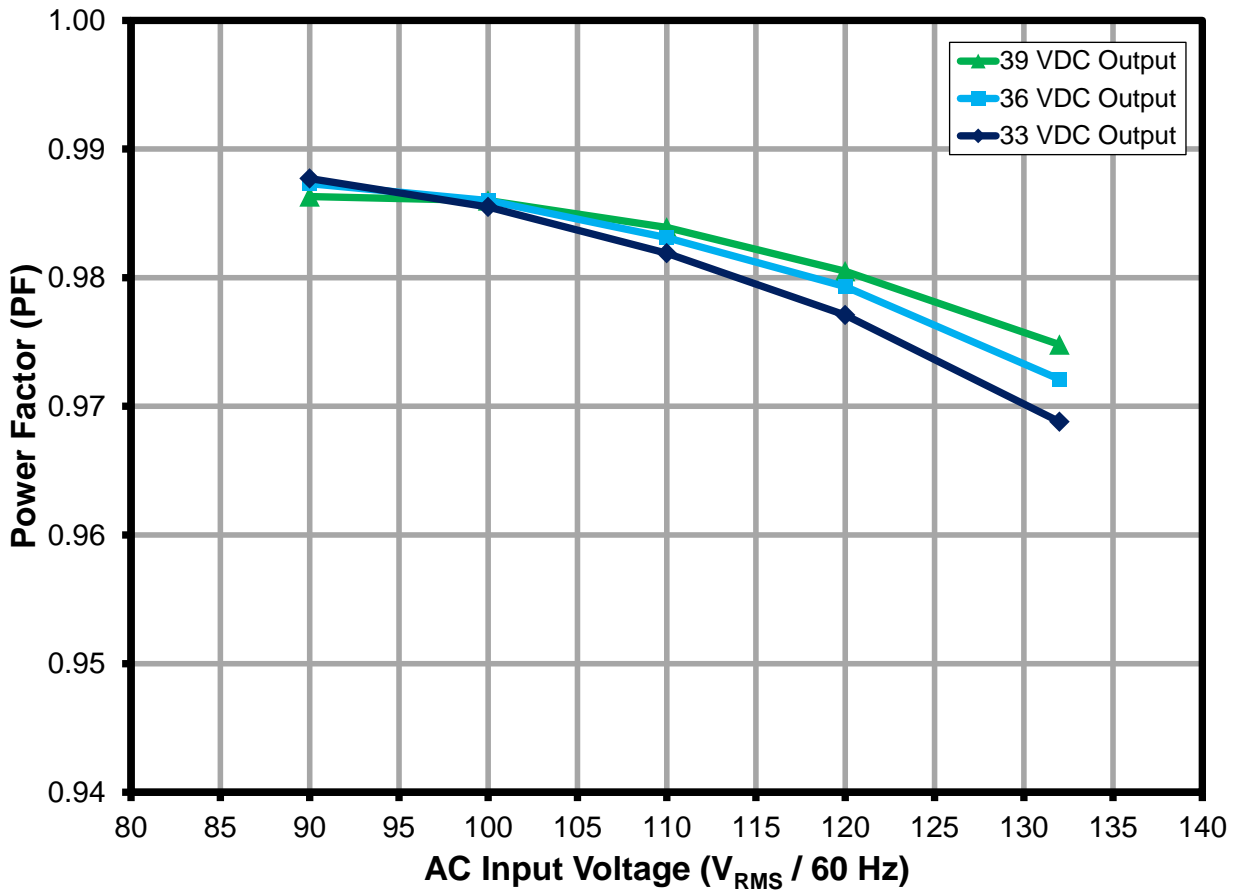


Figure 11 – High Power Factor within the Operating Range.



10.4 THD(%)

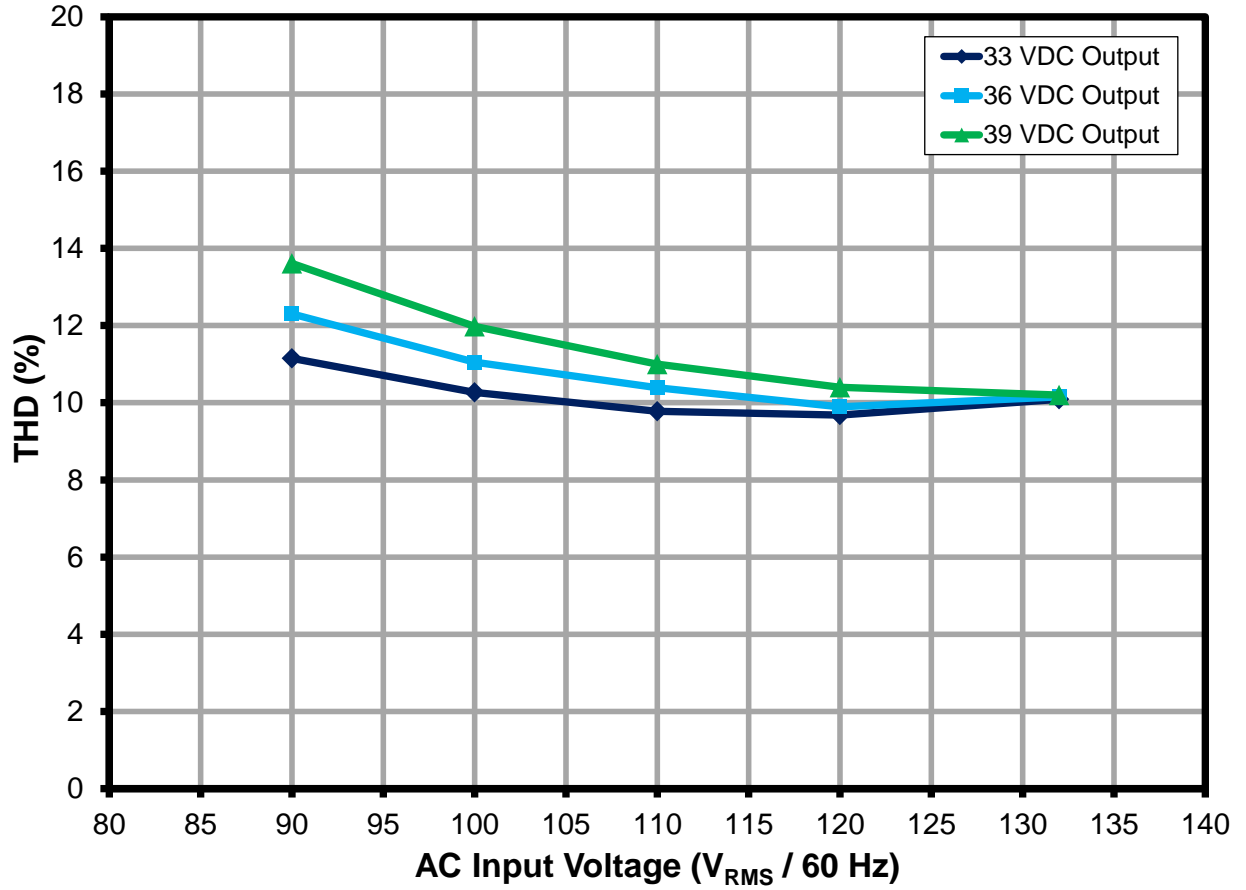


Figure 12 – Very Low %ATHD at 120 VAC.



10.5 고조파 성분

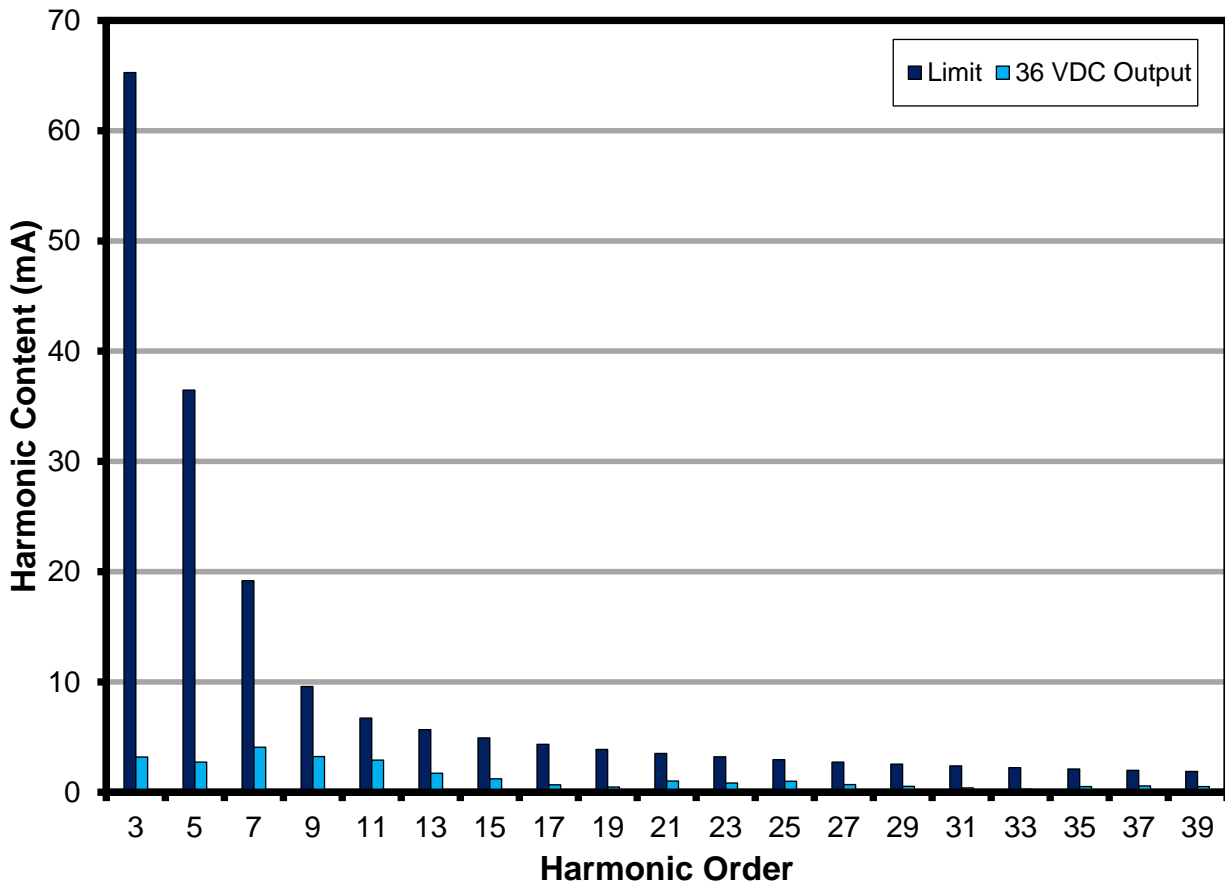


Figure 13 – Meets EN61000-3-2 Harmonics Contents Standards for <25 W Rating for 36 V LED Output.





### 10.6 고조파 측정

Meets the interpolated class C limit from IEC61000-3-2.

VAC (V <sub>RMS</sub> )	Freq (Hz)	I (mA)	P	PF
120	60.00	81.57	9.5970	0.9793
nth Order	mA Content	% Content	Limit (mA) <25 W	Remarks
1	81.01			
2	0.02	0.02%		
3	3.20	3.95%	65.2596	Pass
5	2.73	3.37%	36.4686	Pass
7	4.08	5.04%	19.1940	Pass
9	3.23	3.99%	9.5970	Pass
11	2.92	3.60%	6.7179	Pass
13	1.72	2.12%	5.6844	Pass
15	1.22	1.51%	4.9265	Pass
17	0.68	0.84%	4.3469	Pass
19	0.47	0.58%	3.8893	Pass
21	1.02	1.26%	3.5189	Pass
23	0.83	1.02%	3.2129	Pass
25	1.01	1.25%	2.9559	Pass
27	0.69	0.85%	2.7369	Pass
29	0.53	0.65%	2.5482	Pass
31	0.40	0.49%	2.3838	Pass
33	0.28	0.35%	2.2393	Pass
35	0.52	0.64%	2.1113	Pass
37	0.57	0.70%	1.9972	Pass
39	0.52	0.64%	1.8948	Pass
41	0.42	0.52%		
43	0.25	0.31%		
45	0.24	0.30%		
47	0.26	0.32%		
49	0.33	0.41%		

Table 3 – 120 VAC Input Current Harmonic Measurement for 36 V LED.



### 10.7 디밍 특성

Dimming characteristic from a controlled AC supply to emulate the TRIAC conduction pattern. The reference design meets the dimming requirement as set by National Electrical Manufacturers Association (NEMA) Standards Publication SSL 1-2010 (Electronic Drivers for LED Devices, Arrays or Systems) and SSL 6-2010 (Solid Light Lighting for Incandescent Replacement-Dimming).

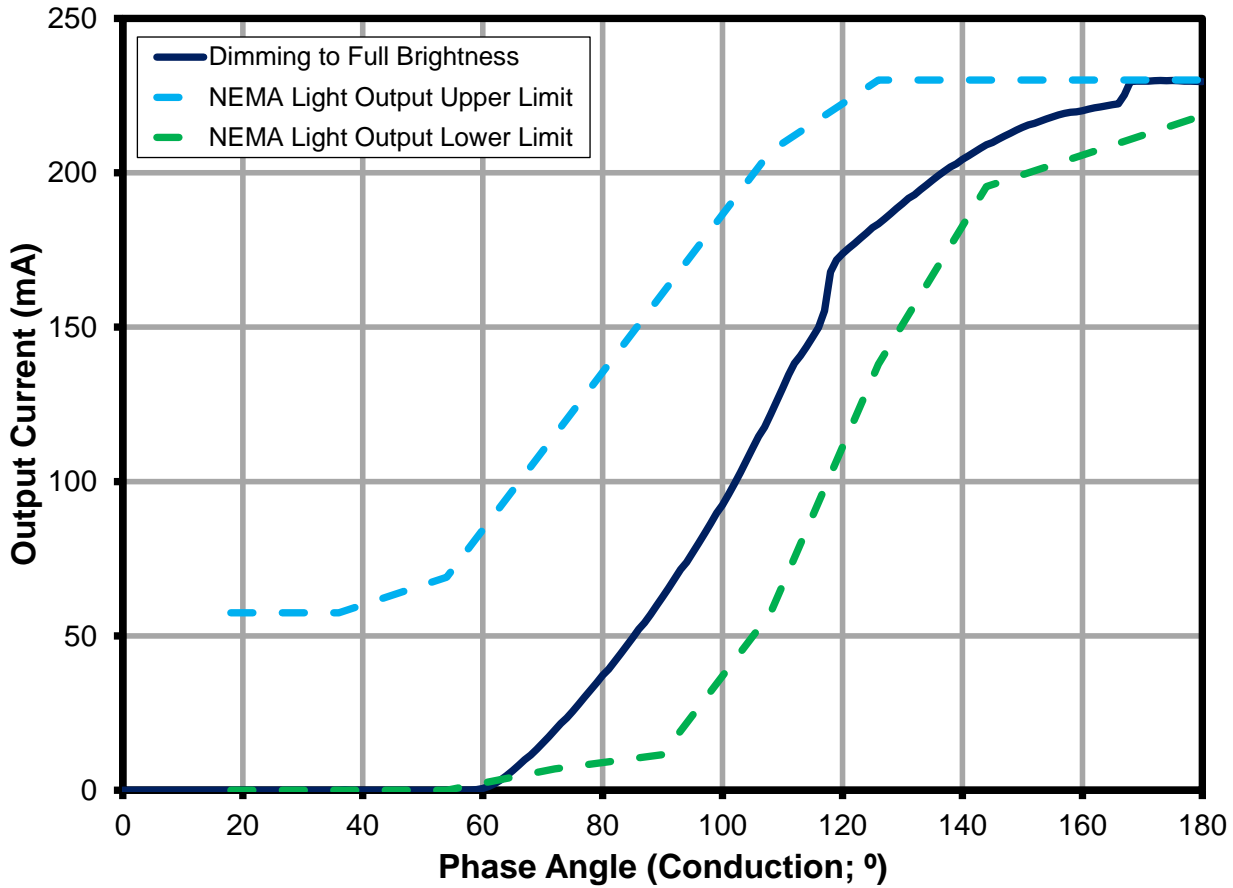


Figure 14 – Dimming Curve Characteristic From Full Dimming to Full Brightness. Meets NEMA SSL 6-2010.



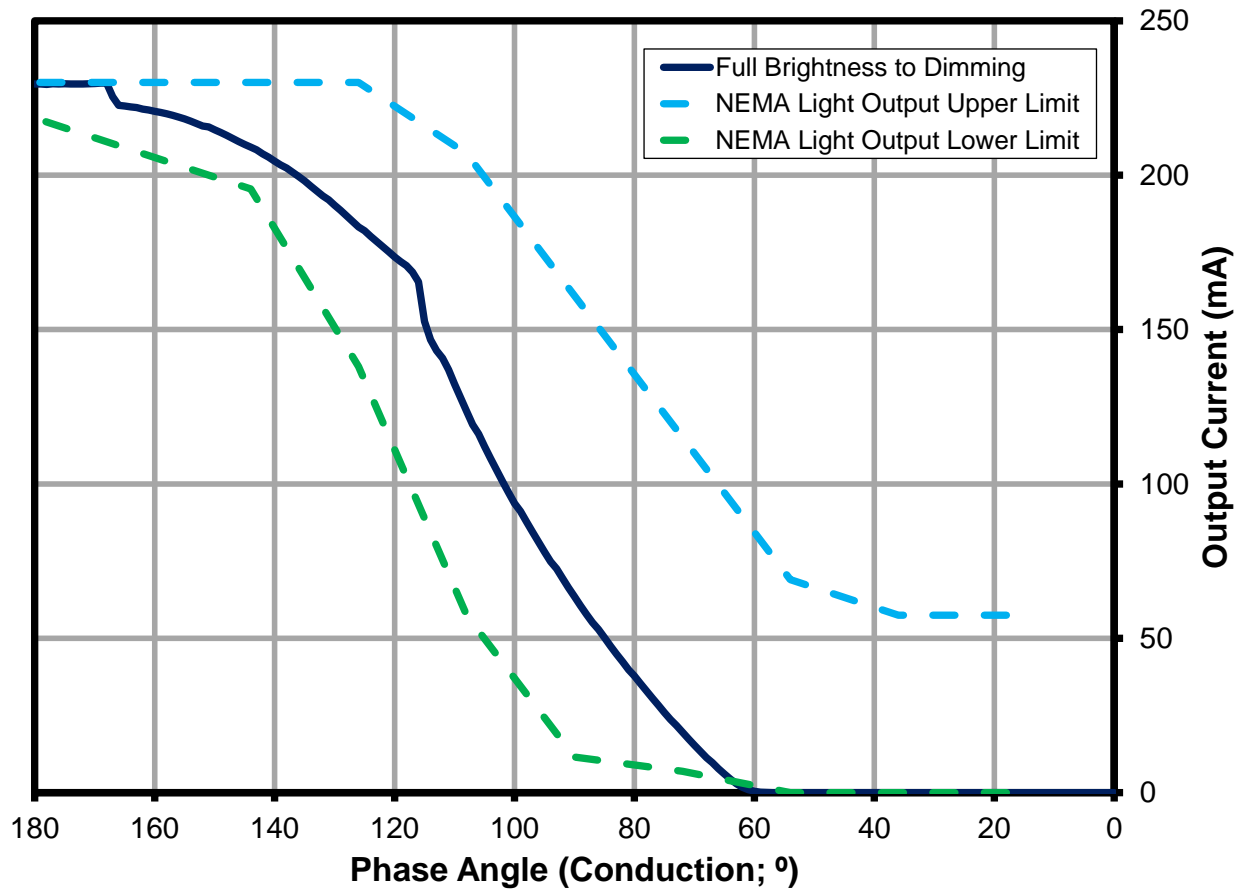


Figure 15 – Dimming Characteristic From Full Brightness to Full Dimming. Meets NEMA SSL 6-2010.



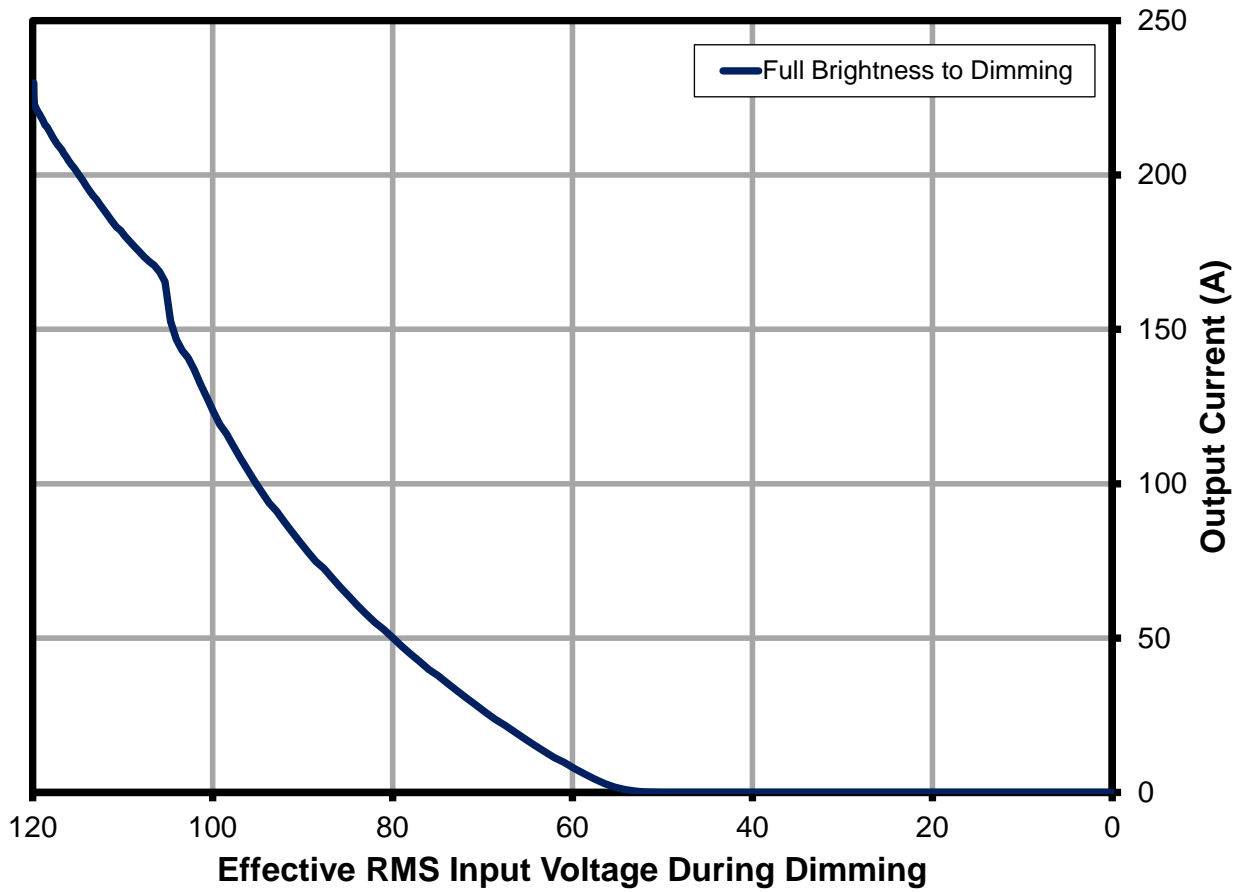


Figure 16 – Dimming Characteristic with Respect to RMS Input Voltage During Dimming.



### 10.8 디머 호환성

The list of dimmers verified for this reference design is shown below. Users are not limited to the following list. Make sure to test each dimmer according to its recommended input line input frequency to avoid flicker.

Dimmer	Dimmer Brand	Power	Part Number	I <sub>MIN</sub> (mA)	I <sub>MAX</sub> (mA)	Dim Ratio
1	LUTRON	600W	LG-600PH-WH	0	178	1780
2	LUTRON	600W	S-603P-WH	0	185	1850
3	LUTRON	600W	SLV600P-WH	0	182	1820
4	LUTRON	600W	S-600-WH	0	196	1960
5	LUTRON	600W	S-600PH-WH	0	185	1850
6	LUTRON	600W	DVWCL-153-PLH-WH	0	187	1870
7	LUTRON	600W	DV-603P-WH	0	176	1760
8	LUTRON	600W	DV-600P-WH	0	176	1760
9	LUTRON	600W	TG-600PH-WH	0	185	1850
10	LUTRON	600W	Q-600P-WH aka FA-600	0	183	1830
11	LUTRON	600W	AY-600P-WH	0	180	1800
12	LUTRON	600W	GL-600P-WH	0	183	1830
13	LEVITON	600W	R62-06633-1LW	0	208	2080
14	LEVITON	600W	R62-06631-1LW	0	191	1910
15	LEVITON	600W	R60-IPI06-1LM	0	199	1990
16	LEVITON	500W	R52-06161-00W	0	193	1930
17	LEVITON	600W	R52-RPI06-1LW	0	207	2070
18	LEVITON	600W	R60-06681-0IW	0	207	2070
19	LEVITON	600W	R60-06684-1IW	0	207	2070
20	LEVITON	600W	6683	0	207	2070
21	LEVITON	450W	R02-06613-PLW	0	196	1960
22	COOPER		SLC03P-W-K-L	0	188	1880
23	LUTRON	600W	GL-600-WH	0	196	1960
24	LUTRON	200W	DVPDC-203P-WH	36	197	5
25	LUTRON	500W	LX-600PL-wh	0	194	1940
26	LUTRON	600W	D-600P-WH	0	183	1830
27	LUTRON	600W		0	187	1870
28	LUTRON	600W	S-600P	0	184	1840
29	LUTRON		TGLV-600P	0	185	1850
30	LUTRON	450W	TGLV-600PR	0	182	1820
31	LUTRON	300W	TT-300NLH-WH	0	197	1970
32	LUTRON	300W	TT-300H-WH	0	196	1960
33	LUTRON	800W	NLV-1000-WH	0	186	1860
34	LUTRON			0	189	1890
35	LUTRON			0	183	1830
36	LUTRON			0	196	1960
37	COOPER			0	189	1890
38	LUTRON	1000	S-103P-WH	0	193	1930
39	LUTRON	1000	S-10P-WH	0	189	1890
40	LUTRON	600	S-600PNLH-WH	0	186	1860
41	LUTRON	600	S-603PNL-WH	0	186	1860
42	LUTRON	600	SLV-603P-WH	0	179	1790



Dimmer	Dimmer Brand	Power	Part Number	I <sub>MIN</sub> (mA)	I <sub>MAX</sub> (mA)	Dim Ratio
43	LUTRON	600	S-603PGH-WH	0	119	1190
44	LUTRON	600	AYLV-600P-WH	0	182	1820
45	LUTRON	600	AYLV-603P-WH	0	179	1790
46	LUTRON	1000	AY-103PNL-WH	0	190	1900
47	LUTRON	1000	AY-103P-WH	0	191	1910
48	LUTRON	1000	AY-10PNL-WH	0	206	2060
49	LUTRON	1000	AY-10P-WH	0	192	1920
50	LUTRON	600	AY-603PNL-WH	0	170	1700
51	LUTRON	600	AY-603PG-WH	0	84	840
52	LUTRON	600	AY-603P-WH	0	175	1750
53	LUTRON	600	AY-600PNL-WH	0	182	1820
54	LUTRON	300	DVELV-300P-WH	0	204	2040
55	LUTRON	1000	DVLV-10P-WH	0	172	1720
56	LUTRON	1000	DVLV-103P-WH	0	174	1740
57	LUTRON	600	DVLV-603P-WH	0	175	1750
58	LUTRON	1000	S-1000-WH	0	195	1950
59	LUTRON	300	SELV-300P-WH	0	195	1950
60	LUTRON	600	S-600P-WH	0	183	1830
61	LUTRON	1000	S-103PNL-WH	0	191	1910
62	LUTRON		SPSELV-600-WH	0	188	1880
63	LUTRON	600	GLV-600-WH	0	192	1920
64	LUTRON		LG-603PGH-WH	0	104	1040
65	LUTRON		DVW-603PGH-WH	0	100	1000
66	LUTRON		VPI06	0	188	1880
67	LUTRON		TG-10PR-WH	0	191	1910
68	LUTRON		NT-600	0	199	1990
69	LUTRON		NT-1000	0	195	1950
70	LUTRON		LGCL-153PLH-WH	0	186	1860
71	LUTRON		CTCL-153PDH-WH	0	193	1930
72	LUTRON		TGCL-153PH-WH	0	189	1890
73	LUTRON		DVWCL-153PH-LA	0	193	1930
74	LUTRON		81000-W	0	196	1960
75	LUTRON		TTCL-100LH-WH	0	186	1860
			Average	1	184	1818



## 11 씨말 성능

The scan was conducted at ambient temperature of 25 °C open frame, 90 VAC / 60 Hz input.

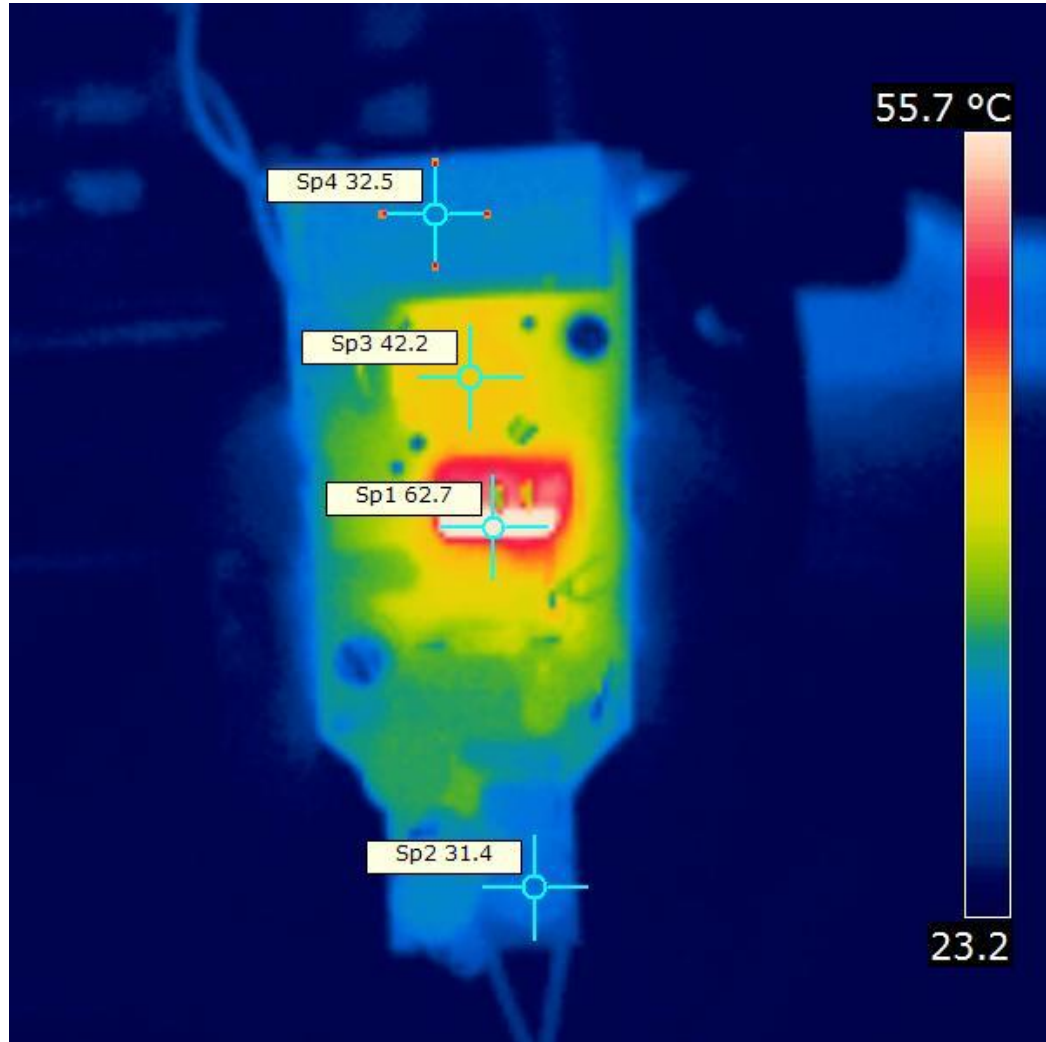


Figure 17 – Open Frame Thermal Scan. U1 Without Heat Sink.

### Legend:

- Sp1 – U1 LTY4312E
- Sp2 – L1 EMI choke
- Sp3 – T1 Power transformer
- Sp4 – Output capacitor

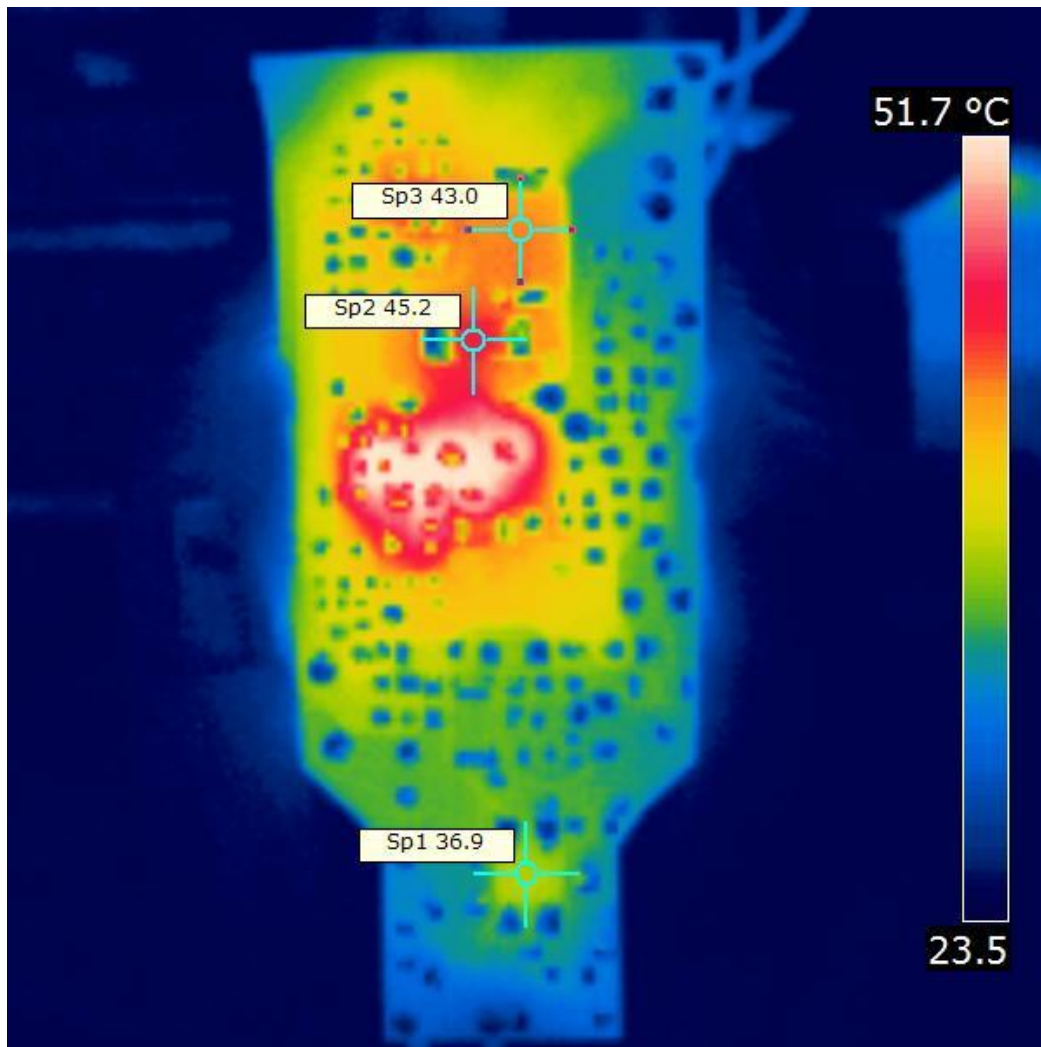


Figure 18 – Bottom Side Board Temperature at Open Frame.

Legend:

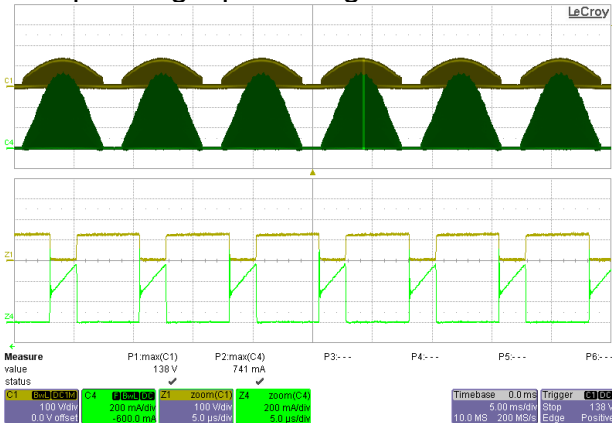
- Sp1 – Bridge rectifier temperature
- Sp2 – Blocking diode temperature
- Sp3 – Output diode temperature



## 12 파형

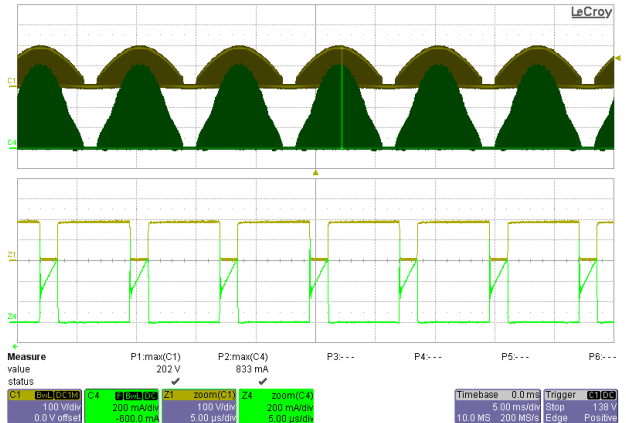
### 12.1 드레인 전압 및 전류, 정상 작동

No saturation in the inductor and designed guaranteed to work in continuous mode within the operating input voltage.



**Figure 19** – 90 VAC / 60 Hz, 36 V LED String.

Ch1:  $V_{DRAIN}$ , 100 V / div.  
 Ch4:  $I_{DRAIN}$ , 0.2 A / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.  
 Zoom Time Scale: 5  $\mu$ s / div.

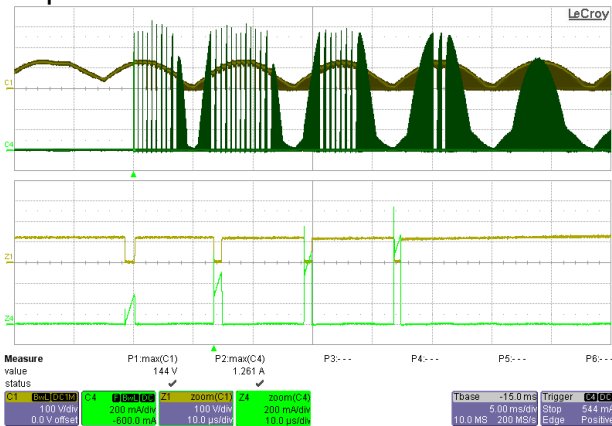


**Figure 20** – 132 VAC / 60 Hz, 36 V LED String.

Ch1:  $V_{DRAIN}$ , 100 V / div.  
 Ch4:  $I_{DRAIN}$ , 0.2 A / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.  
 Zoom Time Scale: 5  $\mu$ s / div.

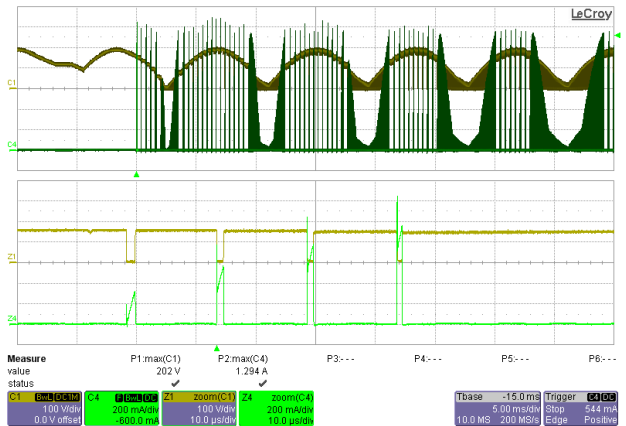
### 12.2 드레인 전압 및 전류 스타트업 프로파일

Device has a built in soft start thereby reducing the stress in the device, transformer and output diode.



**Figure 21** – 90 VAC / 60 Hz, 36 V LED String.

Ch1:  $V_{DRAIN}$ , 100 V / div.  
 Ch4:  $I_{DRAIN}$ , 0.2 A / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.  
 Zoom Time Scale: 10  $\mu$ s / div.



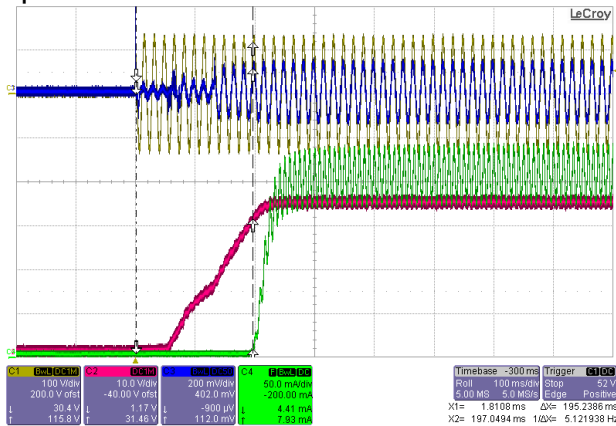
**Figure 22** – 132 VAC / 60 Hz, 36 V LED String.

Ch1:  $V_{DRAIN}$ , 100 V / div.  
 Ch4:  $I_{DRAIN}$ , 0.2 A / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.  
 Zoom Time Scale: 10  $\mu$ s / div.

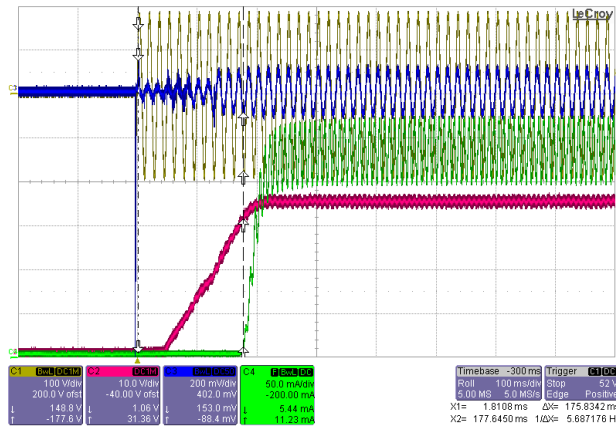


### 12.3 출력 전압 스타트업 프로파일

Start-up time <250 ms; the reference design will emit light within 250 ms at non-dimming operation.



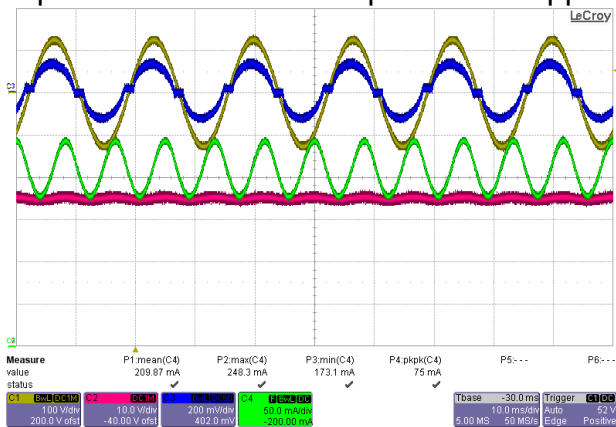
**Figure 23 – 90 VAC / 60 Hz, 36 V LED**  
 Ch1:  $V_{IN}$ , 100 V / div.  
 Ch2:  $V_{OUT}$ , 10 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 200 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 50 mA / div., 100 ms / div.



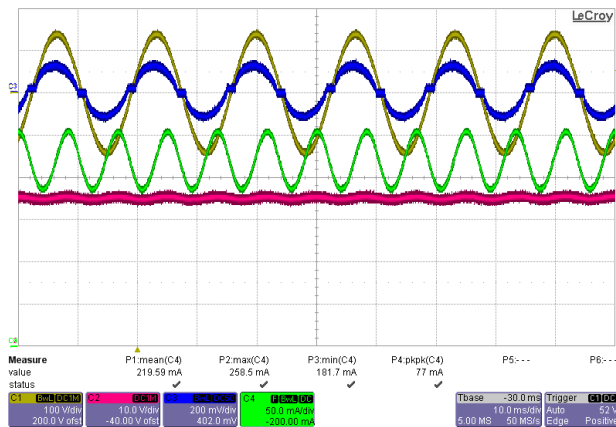
**Figure 24 – 132 VAC / 60 Hz, 36 V LED**  
 Ch1:  $V_{IN}$ , 100 V / div.  
 Ch2:  $V_{OUT}$ , 10 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 200 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 50 mA / div., 100 ms / div.

### 12.4 입력 및 출력 전압과 전류 프로파일

Output current ripple is inversely proportional to the impedance of the LED. Verify the actual current ripple on the actual LED to be used in the system. Increase output capacitance for lesser output current ripple is intended.

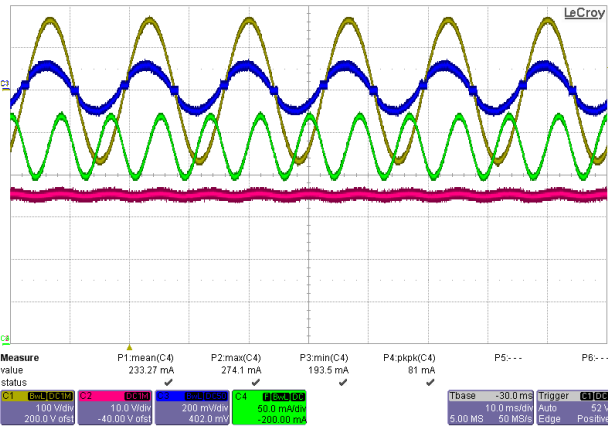


**Figure 25 – 90 VAC / 60 Hz, 36 V LED String.**  
 $C_{OUT} = 1000 \mu F$ .  
 Ch1:  $V_{IN}$ , 100 V / div.  
 Ch2:  $V_{OUT}$ , 10 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 200 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 50 mA / div., 10 ms / div.



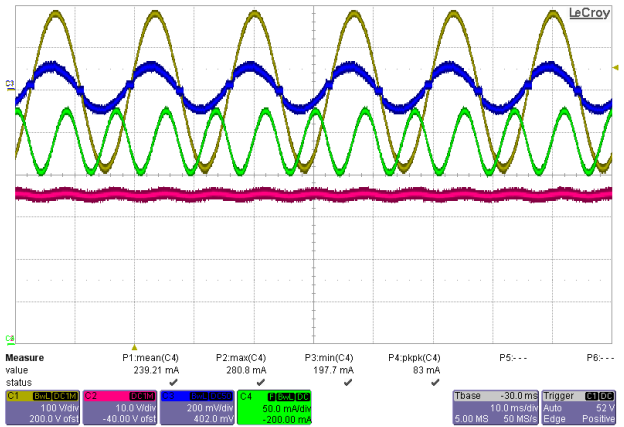
**Figure 26 – 100 VAC / 60 Hz, 36 V LED String.**  
 $C_{OUT} = 1000 \mu F$ .  
 Ch1:  $V_{IN}$ , 100 V / div.  
 Ch2:  $V_{OUT}$ , 10 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 200 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 50 mA / div., 10 ms / div.





**Figure 27** – 115 VAC / 60 Hz, 36 V LED String.

$C_{OUT} = 1000 \mu F$ .  
 Ch1:  $V_{IN}$ , 100 V / div.  
 Ch2:  $V_{OUT}$ , 10 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 200 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 50 mA / div., 10 ms / div.

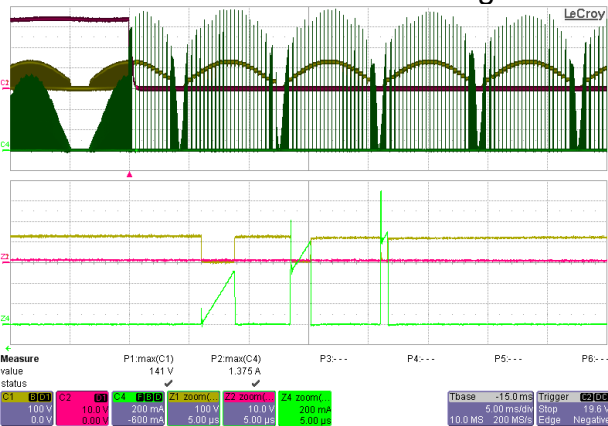


**Figure 28** – 132 VAC / 60 Hz, 36 V LED String.

$C_{OUT} = 1000 \mu F$ .  
 Ch1:  $V_{IN}$ , 100 V / div.  
 Ch2:  $V_{OUT}$ , 10 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 200 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 50 mA / div., 10 ms / div.

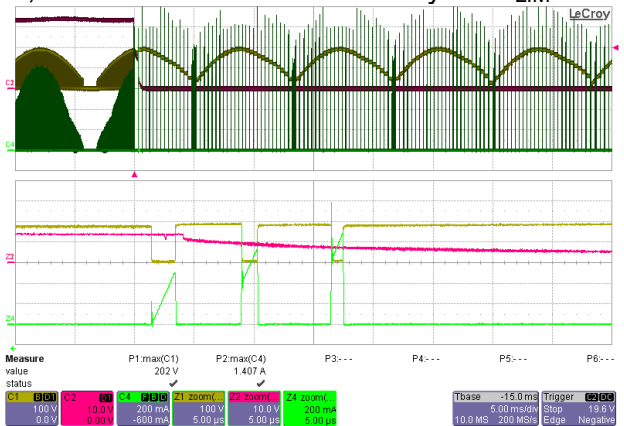
**12.5 드레인 전압 및 전류 프로파일: 정상 작동 후 출력 단락**

No saturation in the inductor during short-circuit, inductor current is limited by the  $I_{LIM}$ .



**Figure 29** – 90 VAC / 60 Hz, Normal Operation then Output Short.

Ch1:  $V_{DRAIN}$ , 100 V / div.  
 Ch2:  $V_{OUT}$ , 10 V / div.  
 Ch4:  $I_{DRAIN}$ , 0.2 A / div., 5 ms / div.  
 Z4:  $I_{DRAIN}$ , 0.2 A / div., 5  $\mu s$  / div.



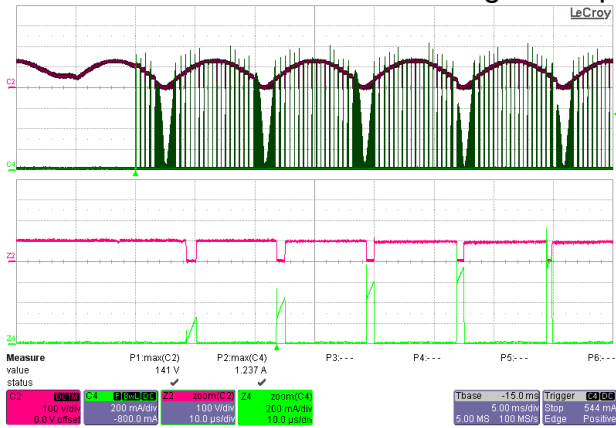
**Figure 30** – 132 VAC / 60 Hz, Normal Operation then Output Short.

Ch1:  $V_{DRAIN}$ , 100 V / div.  
 Ch2:  $V_{OUT}$ , 10 V / div.  
 Ch4:  $I_{DRAIN}$ , 0.2 A / div., 5 ms / div.  
 Z4:  $I_{DRAIN}$ , 0.2 A / div., 5  $\mu s$  / div.

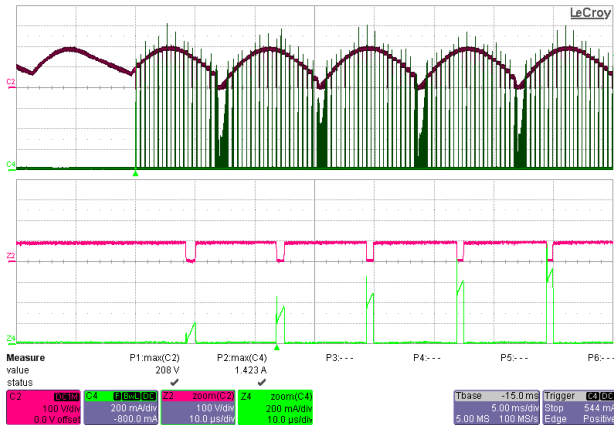


12.6 드레인 전압 및 전류 프로파일: 스타트업 시 출력단락

No saturation in the inductor during start up short circuit due to the built-in soft-start.



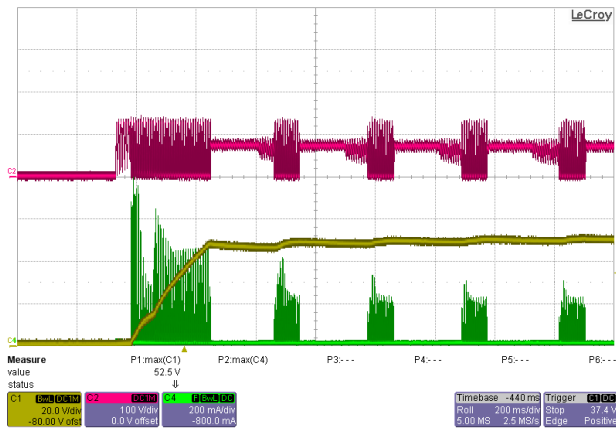
**Figure 31** – 90 VAC / 50 Hz, Output Shorted.  
 Ch1:  $V_{DRAIN}$ , 100 V / div.  
 Ch4:  $I_{DRAIN}$ , 0.2 A / div., 5 ms / div.  
 Z4:  $I_{DRAIN}$ , 0.2 A / div., 10  $\mu$ s / div.



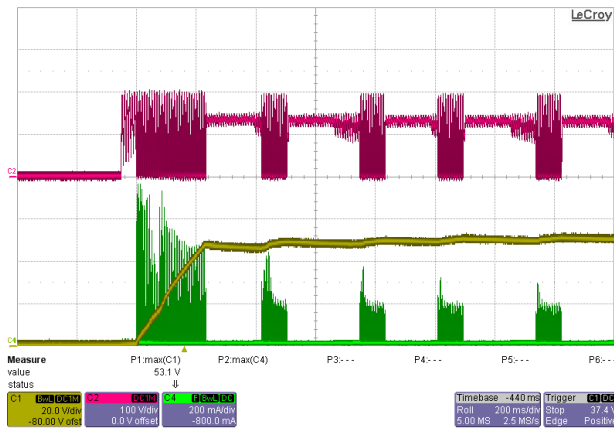
**Figure 32** – 132 VAC / 50 Hz, Output Shorted.  
 Ch1:  $V_{DRAIN}$ , 100 V / div.  
 Ch4:  $I_{DRAIN}$ , 0.2 A / div., 5 ms / div.  
 Z4:  $I_{DRAIN}$ , 0.2 A / div., 10  $\mu$ s / div.

12.7 무부하 작동

The driver is protected during no-load operation, U1 operating in cycle skipping mode.



**Figure 33** – 90 VAC / 60 Hz, Start-up No-load.  
 Ch2:  $V_{OUT}$ , 20 V / div.  
 Ch1:  $V_{DS}$ , 100 V / div.  
 Ch4:  $I_{DS}$ , 0.2 A / div.  
 Time Scale: 200 ms / div.

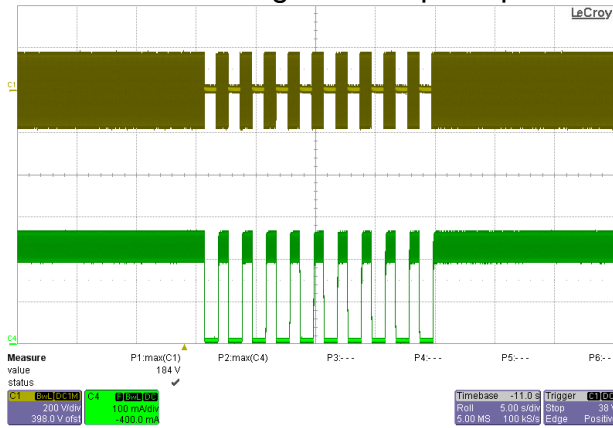


**Figure 34** – 132 VAC / 60 Hz, Start-up No-load.  
 Ch2:  $V_{OUT}$ , 20 V / div.  
 Ch1:  $V_{DS}$ , 100 V / div.  
 Ch4:  $I_{DS}$ , 0.2 A / div.  
 Time Scale: 200 ms / div.

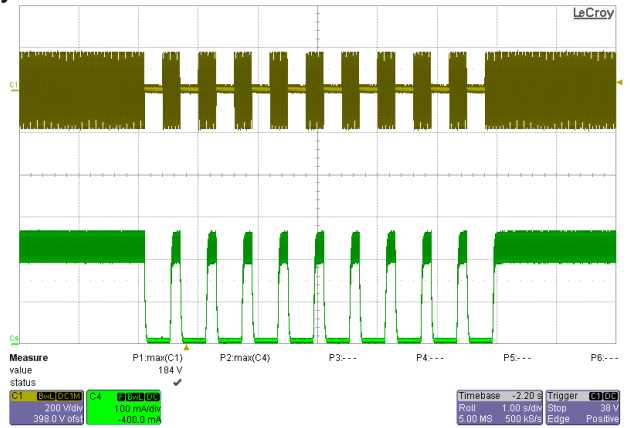


### 12.8 AC 사이클링

The reference design has no perceptible delay.

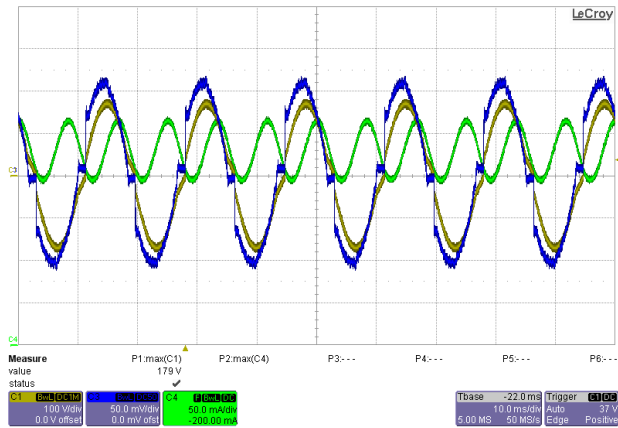


**Figure 35** – 120 VAC / 60 Hz,  
 1 s On – 1 s Off.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch1:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 s / div.

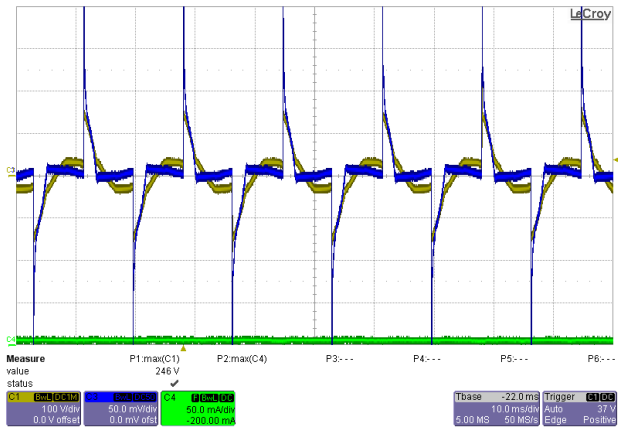


**Figure 36** – 120 VAC / 60 Hz,  
 300 ms On – 300 ms Off.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch1:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 1 s / div.

12.9 디밍 샘플 파형



**Figure 37** – 120 VAC / 60 Hz, LG-603PGH-Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 100 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 50 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 50 mA / div.  
 Time Scale: 10 ms / div.



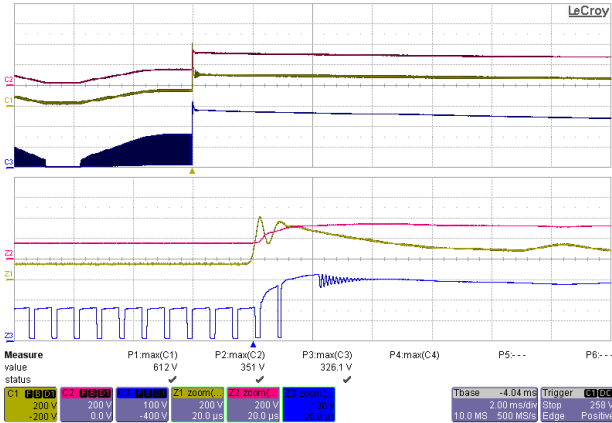
**Figure 38** – 120 VAC / 60 Hz, LG-603PGH-Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 100 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 50 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 50 mA / div.  
 Time Scale: 10 ms / div.

**Note:** Refer to unit-to-dimmer compatibility section for the dimmers evaluated for this LED driver.

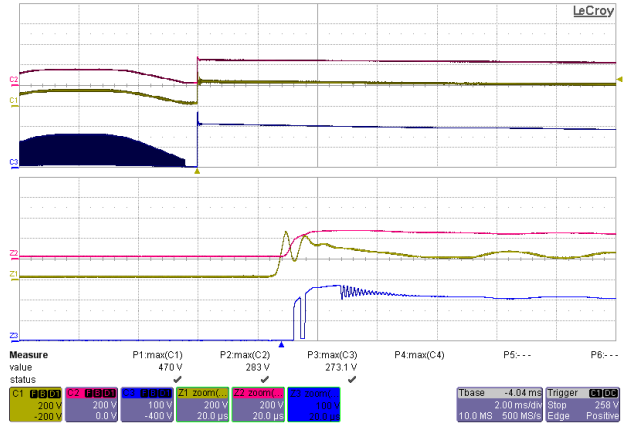


## 12.10 라인 서지 파형

### 12.10.1 디퍼렌셜 라인 서지

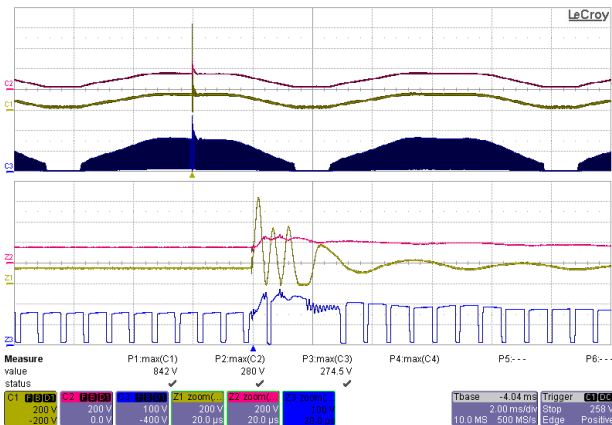


**Figure 39** –120 VAC / 60 Hz, 36 V Load,  
 $V_{DS} = 326.1 V_{PK}$ .  
 (+) 500 V Differential Line Surge at 90°.  
 Ch1:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch2:  $V_{BULK}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $V_{DS}$ , 100 V / div.  
 Zoom Time Scale: 20  $\mu$ s / div.

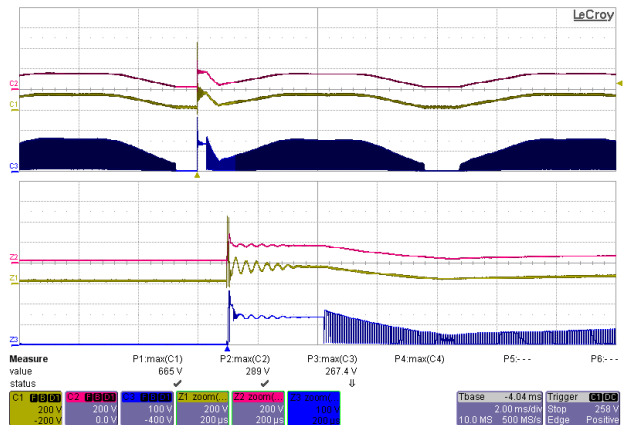


**Figure 40** – 120 VAC / 60 Hz, 36 V Load,  
 $V_{DS} = 273.1 V_{PK}$ .  
 (+) 500 V Differential Line Surge at 0°.  
 Ch1:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch2:  $V_{BULK}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $V_{DS}$ , 100 V / div.  
 Zoom Time Scale: 20  $\mu$ s / div.

### 12.10.2 디퍼렌셜 링 서지



**Figure 41** –120 VAC / 60 Hz, 36 V Load,  
 $V_{DS} = 267.4 V_{PK}$ .  
 (+) 500 V Differential Ring Surge at 90°.  
 Ch1:  $V_{BRIDGE}$ , 200 V / div.  
 Ch2:  $V_{BULK}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $V_{DS}$ , 100 V / div.  
 Zoom Time Scale: 20  $\mu$ s / div.



**Figure 42** – 120 VAC / 60 Hz, 36 V Load,  
 $V_{DS} = 267.4 V_{PK}$ .  
 (+) 500 V Differential Ring Surge at 0°.  
 Ch1:  $V_{BRIDGE}$ , 200 V / div.  
 Ch2:  $V_{BULK}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $V_{DS}$ , 100 V / div.  
 Zoom Time Scale: 20  $\mu$ s / div.



### 13 라인 서지

Input voltage was set at 120 VAC / 60 Hz. Output was loaded with 36 V LED string and operation was verified following each surge event. Two units were verified in the following conditions.

Differential input line 50  $\mu$ s surge testing was completed on one test unit to IEC61000-4-5.

Surge Level (V)	Input Voltage (VAC)	Injection Location	Injection Phase (°)	Test Result (Pass/Fail)
+500	120	L to N	0	Pass
-500	120	L to N	270	Pass
+500	120	L to N	90	Pass
-500	120	L to N	180	Pass

Differential input line ring surge testing was completed on one test unit to IEC61000-4-5.

Surge Level (V)	Input Voltage (VAC)	Injection Location	Injection Phase (°)	Test Result (Pass/Fail)
+2500	120	L to N	0	Pass
-2500	120	L to N	270	Pass
+2500	120	L to N	90	Pass
-2500	120	L to N	180	Pass

Unit passes under all test conditions.





## 14 전도성 EMI

### 14.1 장비

Receiver:

Rohde & Schwartz  
ESPI - Test Receiver (9 kHz – 3 GHz)  
Model No: ESPI3

LISN:

Rohde & Schwartz  
Two-Line-V-Network  
Model No: ENV216

### 14.2 EMI 테스트 설정

Usually LED driver is placed in a conical metal housing (for self-ballasted lamps; CISPR15 Edition 7.2) but since lamp housing is not available during the UUT was tested then it was evaluated as shown in the figure below.



Figure 43 – Conducted Emissions Measurement Set-up.

### 14.3 EMI 테스트 결과

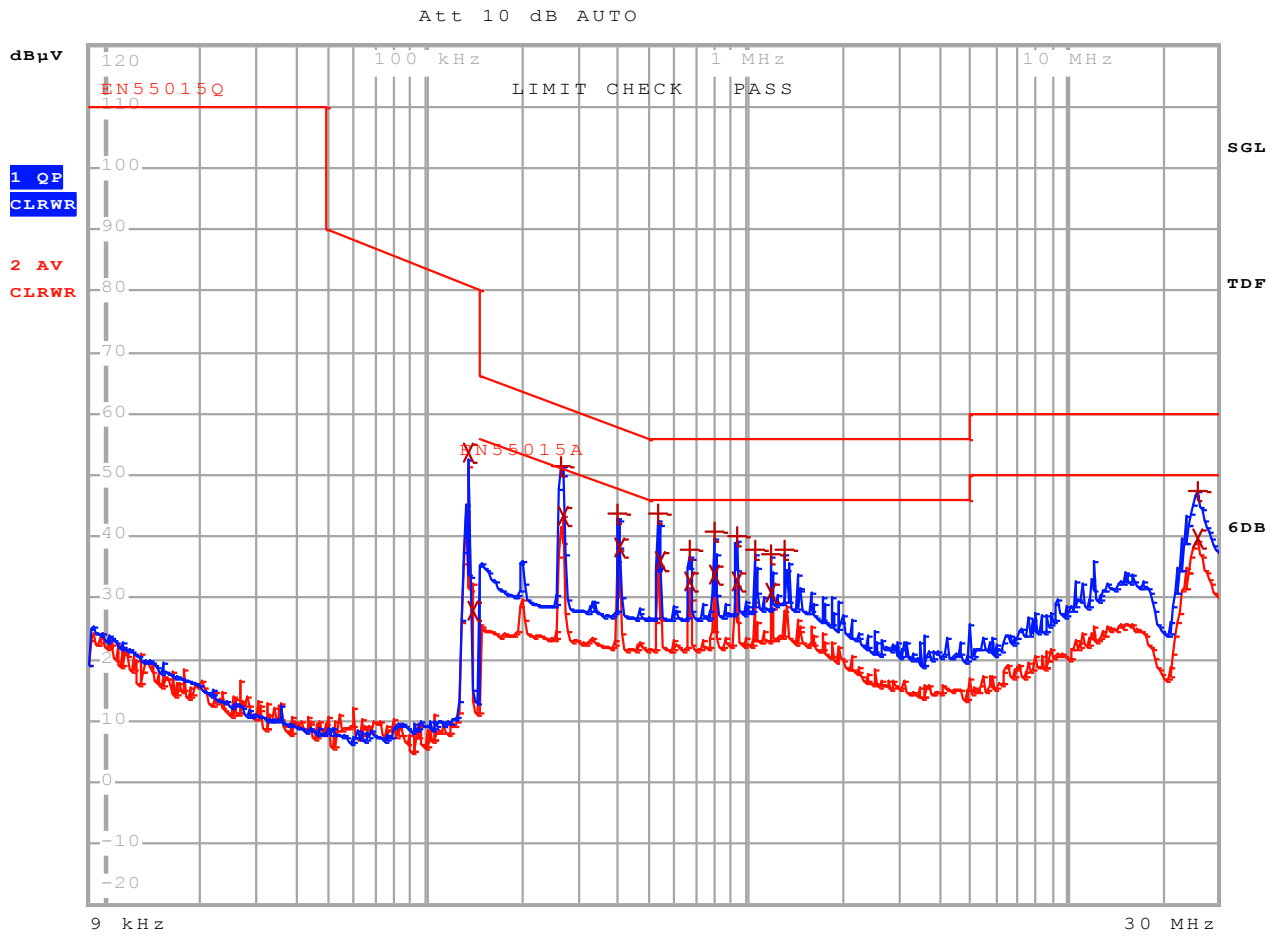


Figure 44 – Conducted EMI, 36 V Output / 230 mA Steady-State Load, 120 VAC, 60 Hz, and EN55015 Limits.



EDIT PEAK LIST (Final Measurement Results)						
Trace1:	EN55015Q					
Trace2:	EN55015A					
Trace3:	---					
	TRACE	FREQUENCY	LEVEL	dB $\mu$ V		DELTA LIMIT dB
2	Average	136.137431366 kHz	53.71	N gnd		
2	Average	140.262531674 kHz	28.03	N gnd		
1	Quasi Peak	264.49018761 kHz	51.47	L1 gnd		-9.81
2	Average	267.135089486 kHz	43.54	L1 gnd		-7.65
1	Quasi Peak	397.727746704 kHz	43.60	N gnd		-14.29
2	Average	401.705024172 kHz	38.30	N gnd		-9.51
1	Quasi Peak	530.769219795 kHz	43.69	N gnd		-12.30
2	Average	536.076911993 kHz	36.06	N gnd		-9.93
1	Quasi Peak	667.263434405 kHz	37.69	N gnd		-18.30
2	Average	667.263434405 kHz	32.83	N gnd		-13.16
1	Quasi Peak	798.145472681 kHz	40.95	N gnd		-15.04
2	Average	798.145472681 kHz	33.67	N gnd		-12.32
2	Average	935.888336808 kHz	32.90	N gnd		-13.09
1	Quasi Peak	945.247220176 kHz	40.08	N gnd		-15.91
1	Quasi Peak	1.06512822736 MHz	38.01	N gnd		-17.98
1	Quasi Peak	1.20021314689 MHz	37.07	N gnd		-18.92
2	Average	1.20021314689 MHz	30.92	N gnd		-15.08
1	Quasi Peak	1.32578199726 MHz	38.03	N gnd		-17.97
1	Quasi Peak	25.4636191981 MHz	47.30	L1 gnd		-12.69
2	Average	25.4636191981 MHz	39.83	L1 gnd		-10.17

**Figure 45** – Conducted EMI, 36 V / 230 mA Steady-State Load Steady-State Load, 120 VAC, 60 Hz, and EN55015 Limits. Line and Neutral Scan Design Margin Measurement.



**15 개정 내역**

<b>Date</b>	<b>Author</b>	<b>Revision</b>	<b>Description and Changes</b>	<b>Reviewed</b>
17-Jul-13	JDC	1.0	Initial Release	Apps & Mktg



## 최신 업데이트에 대한 자세한 내용은 당사 웹사이트([www.powerint.com](http://www.powerint.com))를 참고하십시오.

파워 인테그레이션스(Power Integrations)는 안정성 또는 생산성 향상을 위하여 언제든지 당사 제품을 변경할 수 있는 권한이 있습니다. 파워 인테그레이션스(Power Integrations)는 여기서 설명하는 디바이스나 회로 사용으로 인해 발생하는 어떠한 책임도 지지 않습니다. 파워 인테그레이션스(Power Integrations)는 어떠한 보증도 제공하지 않으며 모든 보증(상품성에 대한 묵시적 보증, 특정 목적에의 적합성 및 타사 권리의 비침해를 포함하되 이에 제한되지 않음)을 명백하게 부인합니다.

### 특허 정보

여기에 설명한 제품 및 애플리케이션(제품의 외장 트랜스포머 구성 및 회로 포함)은 하나 이상의 미국 및 해외 특허의 대상이 되거나 파워 인테그레이션스(Power Integrations)에서 출원 중인 미국 및 해외 특허 신청의 대상이 될 수 있습니다. 파워 인테그레이션스(Power Integrations)의 전체 특허 목록은 [www.powerint.com](http://www.powerint.com) 에서 확인할 수 있습니다. 파워 인테그레이션스(Power Integrations)는 고객에게 <http://www.powerint.com/ip.htm> 에 명시된 특정 특허권에 따라 라이선스를 부여합니다.

PI 로고, TOPSwitch, TinySwitch, LinkSwitch, LYTSwitch, DPA-Switch, PeakSwitch, CAPZero, SENZero, LinkZero, HiperPFS, HiperTFS, HiperLCS, Qspeed, EcoSmart, Clampless, E-Shield, Filterfuse, StackFET, PI Expert 및 PI FACTS 는 Power Integrations, Inc 의 상표입니다. 다른 상표는 각 회사 고유의 자산입니다. ©Copyright 2013 Power Integrations, Inc.

## 파워 인테그레이션스(Power Integrations) 전 세계 판매 지원 지역

### 세계 본사

5245 Hellyer Avenue  
San Jose, CA 95138, USA.  
본사 전화: +1-408-414-9200  
고객 서비스:  
전화: +1-408-414-9665  
팩스: +1-408-414-9765  
전자 메일: [usasales@powerint.com](mailto:usasales@powerint.com)

### 독일

Lindwurmstrasse 114  
80337, Munich  
Germany  
전화: +49-895-527-39110  
팩스: +49-895-527-39200  
전자 메일: [eurossales@powerint.com](mailto:eurossales@powerint.com)

### 일본

Kosei Dai-3 Building  
2-12-11, Shin-Yokohama,  
Kohoku-ku, Yokohama-shi,  
Kanagawa 222-0033  
Japan  
전화: +81-45-471-1021  
팩스: +81-45-471-3717  
전자 메일: [japansales@powerint.com](mailto:japansales@powerint.com)

### 대만

5F, No. 318, Nei Hu Rd.,  
Sec. 1  
Nei Hu District  
Taipei 11493, Taiwan R.O.C.  
전화: +886-2-2659-4570  
팩스: +886-2-2659-4550  
전자 메일: [taiwansales@powerint.com](mailto:taiwansales@powerint.com)

### 중국(상하이)

Rm 1601/1610, Tower 1,  
Kerry Everbright City  
No. 218 Tianmu Road West,  
Shanghai, P.R.C. 200070  
전화: +86-21-6354-6323  
팩스: +86-21-6354-6325  
전자 메일: [chinasales@powerint.com](mailto:chinasales@powerint.com)

### 인도

#1, 14<sup>th</sup> Main Road  
Vasanthanagar  
Bangalore-560052  
India  
전화: +91-80-4113-8020  
팩스: +91-80-4113-8023  
전자 메일: [indiasales@powerint.com](mailto:indiasales@powerint.com)

### 한국

RM 602, 6FL  
Korea City Air Terminal B/D,  
159-6  
Samsung-Dong, Kangnam-Gu,  
Seoul, 135-728 Korea  
전화: +82-2-2016-6610  
팩스: +82-2-2016-6630  
전자 메일: [koreasales@powerint.com](mailto:koreasales@powerint.com)

### 유럽 본사

1st Floor, St. James's House  
East Street, Farnham  
Surrey GU9 7TJ  
United Kingdom  
전화: +44 (0) 1252-730-141  
팩스: +44 (0) 1252-727-689  
전자 메일: [eurossales@powerint.com](mailto:eurossales@powerint.com)

### 중국(셴젠)

3rd Floor, Block A,  
Zhongtuo International Business  
Center, No. 1061, Xiang Mei Rd,  
FuTian District, ShenZhen,  
China, 518040  
전화: +86-755-8379-3243  
팩스: +86-755-8379-5828  
전자 메일: [chinasales@powerint.com](mailto:chinasales@powerint.com)

### 이탈리아

Via Milanese 20, 3<sup>rd</sup>. Fl.  
20099 Sesto San Giovanni  
(MI) Italy  
전화: +39-024-550-8701  
팩스: +39-028-928-6009  
전자 메일: [eurossales@powerint.com](mailto:eurossales@powerint.com)

### 싱가포르

51 Newton Road,  
#19-01/05 Goldhill Plaza  
Singapore, 308900  
전화: +65-6358-2160  
팩스: +65-6358-2015  
전자 메일: [singaporesales@powerint.com](mailto:singaporesales@powerint.com)

### 애플리케이션 문의 전화

전 세계 통합 번호 +1-408-414-9660

### 애플리케이션 문의 팩스

전 세계 통합 번호 +1-408-414-9760

