

## 디자인 예제 보고서

제목	<b>20W 고효율(&gt;86%) TRIAC 디머블 역률 보정 절연 플라이백 LED 드라이버 (LYTSwitch™ -4 LYT4324E 사용)</b>
사양	185VAC – 265VAC 입력, 36V <sub>TYPICAL</sub> , 550 mA 출력
애플리케이션	PAR38 램프 교체용
작성자	애플리케이션 엔지니어링 부서
문서 번호	DER-396
날짜	25.09.2013
개정	1.0

### 요약 및 기능

- 일체형(single-stage) 역률 보정(PFC) 및 정확한 정전류(CC) 출력( $\pm 5\%$ )
- 230VAC에서 PF >0.9
- 230VAC에서 %ATHD <20%
- 생산 과정 전체와 모든 온도 범위에서 일정한 디밍 성능
- 낮은 비용, 적은 부품 수의 소형 PCB 풋프린트 설계
- 230VAC 입력일 때 >86%의 높은 에너지 효율
- 빠른 스타트업 시간(<250ms) - 인지되는 지연 시간 없음
- 깨끗한 모노토닉 스타트업 - 출력 깜박임 현상 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
  - 입력 브라운아웃 상태에서 손상 없음
- 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 Power Integrations에서 출원 중인 미국 및 해외 특허 신청의 대상이 될 수 있습니다. Power Integrations의 전체 특허 목록은 [www.powerint.com](http://www.powerint.com)에서 확인할 수 있습니다. Power Integrations는 고객에게 <http://www.powerint.com/ip.htm>에 명시된 특정 특허권에 따라 라이선스를 부여합니다.

## 내용

1	소개 .....	4
2	소자가 장착된 PCB.....	5
3	파워 서플라이 사양.....	7
3.1	회로도.....	8
4	회로 설명 .....	9
4.1	입력단.....	9
4.2	댐핑 스테이지.....	9
4.3	LYTSwitch-4 1 차측 .....	10
4.4	출력 피드백 .....	11
4.5	부하 차단 보호 기능.....	11
4.6	과부하 및 단락 보호.....	11
5	PCB 레이아웃 및 외형 .....	12
6	BOM .....	13
7	트랜스포머(T1) 사양 .....	15
7.1	전기적 구성도.....	15
7.2	전기적 사양 .....	15
7.3	재료 .....	15
7.4	제작 구성도 .....	16
7.5	구성 .....	16
8	디퍼렌셜 인덕터(L1) 사양.....	18
8.1	제작 구성도 .....	18
8.2	전기적 사양 .....	18
8.3	재료 .....	18
8.4	제작 구성도 .....	19
8.5	구성 .....	19
9	U1 히트싱크.....	20
9.1	U1 히트싱크 제작 도면 .....	20
9.2	U1 히트싱크 어셈블리 도면.....	21
9.3	히트싱크 및 U1 어셈블리 도면 .....	22
10	트랜스포머 디자인 스프레드시트 .....	23
11	성능 데이터 .....	26
11.1	액티브 모드 효율.....	27
11.2	라인 레귤레이션.....	28
11.3	역률.....	29
11.4	THD(%) .....	30
11.5	고조파 성분.....	31
11.6	고조파 측정.....	32
11.7	디밍 특성 .....	33
11.8	디머 호환성.....	36



12	써멀 성능.....	37
13	파형 .....	39
13.1	드레인 전압 및 전류, 정상 작동 .....	39
13.2	드레인 전압 및 전류 스타트업 프로파일 .....	39
13.3	출력 전압 스타트업 프로파일 .....	40
13.4	입력 및 출력 전압과 전류 프로파일 .....	40
13.5	드레인 전압 및 전류 프로파일: 정상 작동 후 출력 단락 .....	41
13.6	드레인 전압 및 전류 프로파일: 스타트업 시 출력단락 .....	42
13.7	무부하 작동 .....	42
13.8	AC 사이클링 .....	43
13.9	디밍 파형.....	44
13.10	라인 서지 파형.....	56
13.10.1	디퍼렌셜 라인 서지 .....	56
13.10.2	디퍼렌셜 링 서지 .....	56
14	라인 서지.....	57
15	전도성 EMI.....	58
15.1	장비 .....	58
15.2	EMI 테스트 설정 .....	58
15.3	EMI 테스트 결과 .....	59
16	개정 내역.....	61

**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 고입력 디바이스 제품군의 LYT4324E 를 사용하는 절연 역률 디머블 LED 드라이버(파워 서플라이)에 대해 설명하는 엔지니어링 보고서입니다.

DER-396 은 185VAC - 265VAC 의 입력 전압 범위에서 단일 20W(36V<sub>TYPICAL</sub>) 디머블 550mA 정전류 출력을 제공합니다.

크기를 줄이고 효율을 극대화하는 것이 설계의 주요 목표였습니다. 결과적으로 드라이버가 PAR38 크기의 램프 기준에 부합할 뿐 아니라 즉시 생산 가능한 설계와 최대한 비슷하게 구성할 수 있게 되었습니다.

LYTSwitch-4 IC를 사용하면 비용 효율적이며 부품 수가 적으면서도 역률 및 고조파 제한에 부합하는 LED 드라이버를 구현할 수 있습니다. LYTSwitch-4 드라이버 IC는 PFC 기능과 2차측 출력 정전류 컨트롤 회로를 단일 스위칭 스테이지에 결합시킨 제품입니다.

사용된 토폴로지는 CCM(Continuous Conduction Mode) 모드로 동작하는 절연형 플라이백입니다. 출력 전류 레귤레이션은 1차측에서 완전히 실현되어 2차측 피드백 부품이 필요하지 않습니다. 또한 1차측의 외부 전류 센싱도 필요 없는데, 이 센싱 작업은 IC 내부에서 이루어지기 때문이며 이로써 부품 비용을 줄이고 효율성을 향상시킵니다. 내장 컨트롤러가 파워 MOSFET 듀티 사이클을 조정하여 높은 역률과 낮은 고조파 전류 컨트롤로 사인파 입력 전류를 유지합니다.

LYT4324E는 또한 오픈 컨트롤 루프와 출력 회로 단락을 막기 위한 오토-리스트ार्ट를 포함하여 정교한 보호 기능을 제공합니다. 입력 과전압 보호 기능은 라인 고장 및 서지 내성을 강화시키고, 출력 과전압 보호 기능은 서플라이 부하가 차단되는 경우를 방지하며, 정확한 히스테리시스(Hysteresis) 씨멀 셋다운은 PCB 평균 온도가 모든 조건에서 안전하게 유지되도록 합니다.

모든 LED 조명 기구와 관련하여 본 드라이버에서는 스타트업 시간, 디밍 성능, 장치 간 일관성 등 최종 사용자가 체감하는 성능에 영향을 주는 많은 속성이 고려되었습니다. 이 설계는 넓은 디밍 범위와 함께 다양한 디머와의 작동을 보장하도록 최적화되었습니다.

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



## 2 소자가 장착된 PCB

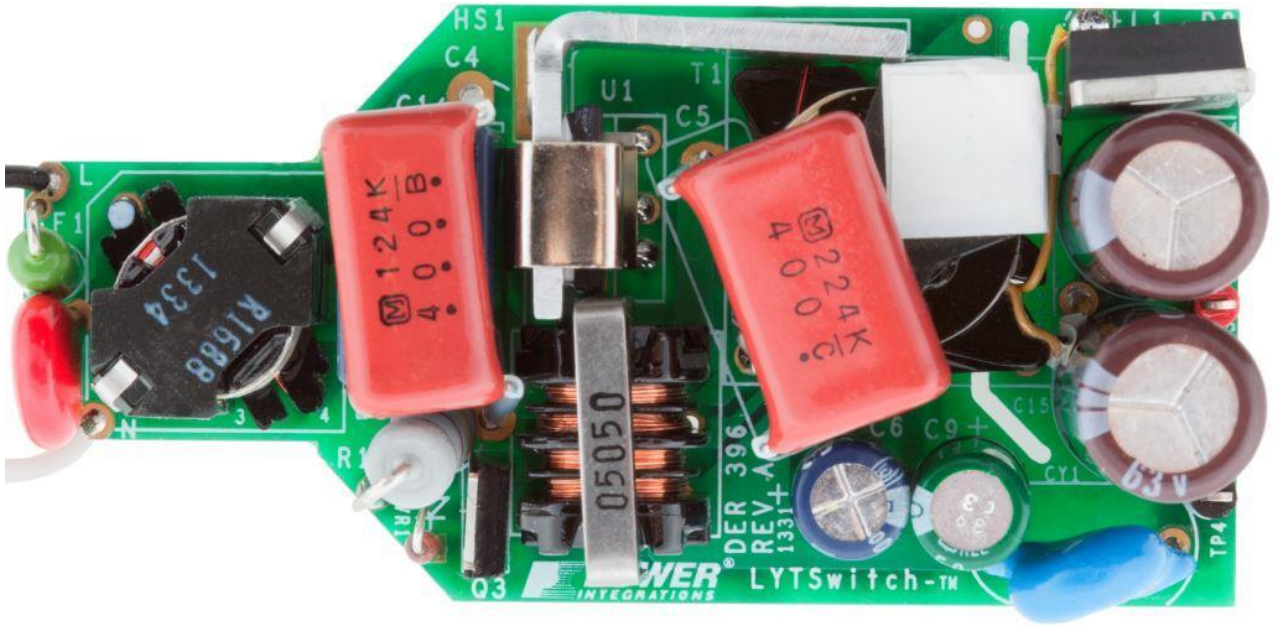


Figure 1 – Populated Circuit Board (Top Side).

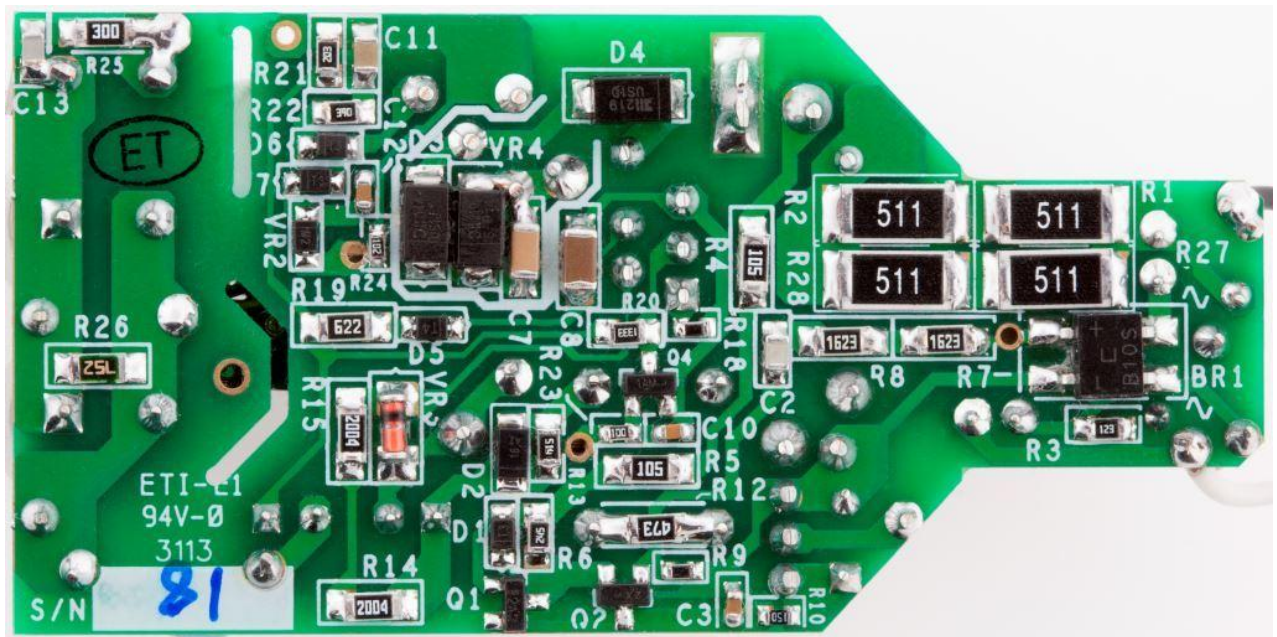
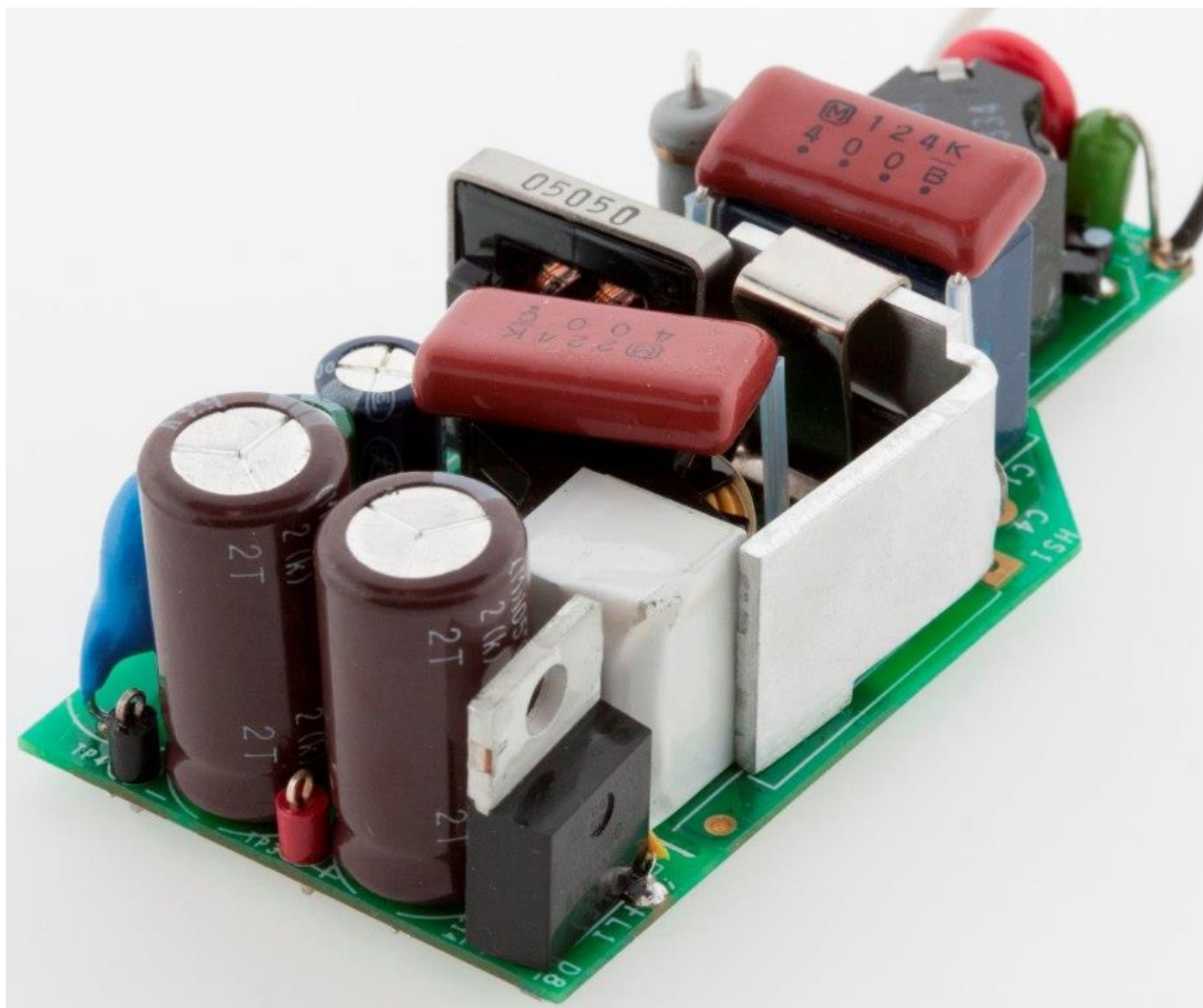


Figure 2 – Populated Circuit Board (Bottom Side).





**Figure 3 – Populated Circuit Board.**

Dimensions: 2.68 in [68.1 mm] L x 1.32 in [33.6 mm] W x 1 in [25.4 mm] H.





### 3 파워 서플라이 사양

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

설명	기호	최소	일반	최대	단위	설명
입력 전압 주파수 역률 %ATHD	$V_{IN}$ $f_{LINE}$	185 47	230 50/60 0.9	265 63	VAC Hz	2 선식 - P.E. 없음  230VAC
출력 출력 전압 출력 전류 총 출력 전력 연속 출력 전력	$V_{OUT}$ $I_{OUT}$ $P_{OUT}$	33 522	36 550 20	39 577	V mA W	230VAC
효율 정격	$\eta$		86		%	$P_{OUT}$ 25°C, 230VAC 에서 측정
환경 전도성 EMI 라인 서지 디퍼렌셜 모드(L1-L2) 링 웨이브(100kHz) 디퍼렌셜 모드(L1-L2)						CISPR22B/EN55015 충족  1.2/50 $\mu$ 서지, IEC 1000-4-5, 직렬 임피던스: 디퍼렌셜 모드: 2 $\Omega$  2 $\Omega$ 단락 회로 직렬 임피던스



3.1 회로도

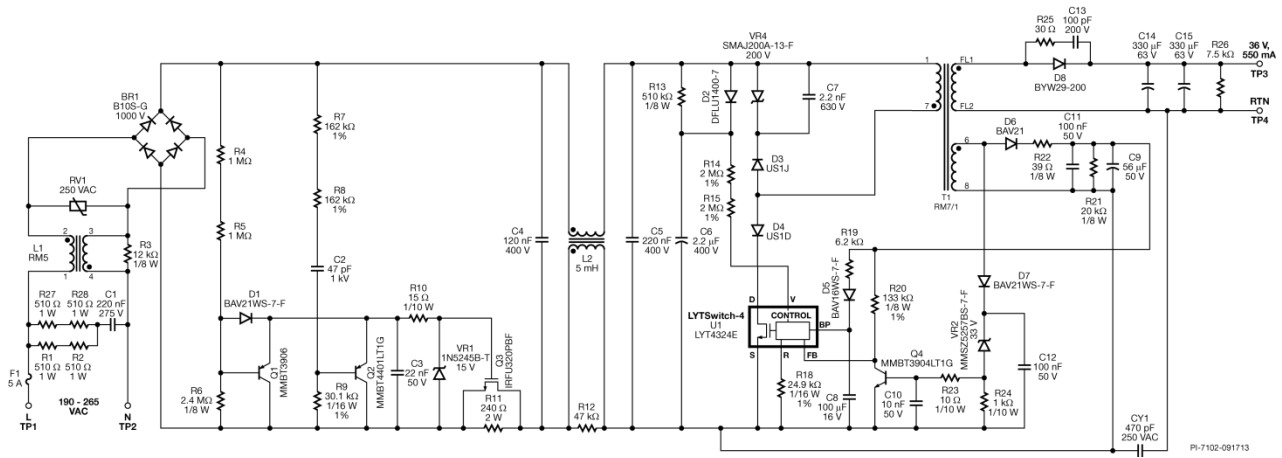


Figure 4 – Schematic for 36 V, 550 mA Replacement Lamp.





## 4 회로 설명

LYTSwitch-4(U1)는 LED 드라이버 애플리케이션에 사용하도록 설계된 고집적 파워 IC 제품군입니다. LYTSwitch-4는 일체형(single-stage) 변환 토폴로지에서 고역률을 제공할 뿐 아니라 LED 드라이버 애플리케이션에서 일반적으로 발생하는 광범위한 입력(185VAC~265VAC) 및 출력 전압 변동 조건에서 출력 전류를 레귤레이션합니다.

### 4.1 입력단

퓨즈 F1은 부품 불량 발생 시 보호 기능을 제공합니다. 라인 서지로 인한 단선을 방지하기 위해 고속 5A 정격을 사용해야 합니다. 배리스터 RV1은 디퍼렌셜 라인 서지 이벤트 동안 최대 전압을 제한하기 위해 클램프를 제공합니다. 지정된 최대 작동 전압인 265VAC 보다 약간 높은 275VAC 정격 부품이 선택되었습니다. D2 및 C6 피크 감지 커패시터와 함께 동작하는 LYTSwitch-4의 신속한 입력 과전압 감지 기능은 IC의 파워 MOSFET에 걸리는 최대 전압 스트레스를 제한하는 클램프의 역할도 합니다. 또한 RC 하이 패스 필터 R7, R8 및 C2를 통해 높은 dv/dt가 감지되는 디퍼렌셜 라인 서지 이벤트 동안 Q2는 Q3을 턴 오프하고 입력 전류에 비례한 전압(댐퍼 저항 R11에서 발생할 전압)이 입력에서 차감됩니다. 이는 U1의 DRAIN에 나타나는 전압 스트레스를 제한합니다. 저항 R9는 C2로부터 충전을 블리딩하고 정상적인 작동 중 Q2가 꺼져 있도록 합니다.

디퍼렌셜 초크 L1은 노이즈를 억제하는 프런트 엔드 EMI 필터입니다. 저항 R3은 필요 시 EMI 필터의 공진점을 댐핑합니다.

AC 입력은 BR1에서 정류된 전파로 우수한 역률 및 낮은 THD를 제공합니다.

커패시터 C4, C5 및 커먼 모드 초크 L2는 브리지 뒤에 EMI 필터를 구성합니다. 높은 역률을 유지하기 위해 필터 커패시턴스가 제한됩니다. 이 입력  $\pi$  필터 네트워크와 LYTSwitch-4의 주파수 지터링 기능을 통해 클래스 B 방사 노이즈 규정을 준수할 수 있습니다. 저항 R12는 필요 시 EMI 필터의 공진점을 댐핑하고, 시스템(드라이버 + 인클로저)에서 측정할 경우 EMI 스펙트럼에서 피크를 방지합니다.

### 4.2 댐핑 스테이지

낮은 가격의 TRIAC 기반, 리딩 엣지 위상 디머를 사용하여 출력 디밍을 구현하기 위한 몇 가지의 설계 방안을 설명합니다. LED 기반 조명이 기존의 백열등 전구와 비교해 훨씬 낮은 전력을 소비하므로 램프가 꺼어온 전류는 디머 내에 있는 TRIAC의 유지 전류 아래로 떨어질 수 있습니다. 이로 인해 TRIAC의 불규칙적인 작동에 따른 제한된 디밍 범위 및/또는 깜박임과 같은 바람직하지 않은 동작이 발생합니다. LED 램프가 라인에 제공하는 상대적으로 큰 임피던스 덕분에 TRIAC이 ON 상태일 때 입력 커패시턴스를 충전하는 돌입 전류로 인해 링잉이 크게 발생할 수 있습니다. 또한 이 경우 링잉으로 인해 TRIAC 전류가 0으로 내려가거나 TRIAC이 OFF 상태가 되는 등의 바람직하지 않은 동작이 일어날 수 있습니다. 이러한 문제를 극복하기 위해 두 개의 회로인 액티브 댐퍼와 패시브 블리더가



통합되었습니다. 이러한 회로는 전력 소모가 증가하여 서플라이의 효율이 저하된다는 약점이 있습니다. 비디밍 애플리케이션의 경우 이러한 부품을 생략할 수 있습니다.

액티브 댐퍼는 R11과 함께 R4, R5, R6, R10, D1, Q1, C3, VR1 및 Q3으로 구성됩니다. 이 회로는 도통 시간의 최초 1ms 동안 직렬로 연결된 R11에 의하여 TRIAC가 ON 상태가 되었을 때 C3을 충전하는 돌입 전류를 제한합니다. 약 1ms 후에 Q3이 ON 상태가 되고 R11을 단락시킵니다. 이로 인해 R11에서 전력 소모가 낮게 유지되고 전류 제한 동안에 더 큰 값을 사용할 수 있습니다. 저항 R4, R5, R6 및 C3은 TRIAC 도통 후에 1ms의 딜레이를 발생시킵니다. 트랜지스터 Q1은 TRIAC가 도통되지 않았을 때 C3을 방전시키고, VR1은 R10이 MOSFET 발진을 방지하는 동안 Q3의 게이트 전압을 15V로 클램핑합니다. Q3은 연결된 TRIAC 디머가 없을 때 ON 상태로 유지되므로 더 높은 효율성을 위해 R11을 바이패스합니다.

EMI 인덕터를 통한 디밍 동안 돌입 전류를 최소화하여 가청 노이즈를 최소화하기 위해 패시브 RC 블리더(C1, R1, R2, R27 및 R28)가 퓨즈 바로 뒤에 배치되었습니다. 특히 90° 도통각의 디머에서 전력 손실을 분할하고 소형 폼 팩터를 장착하는 데 4 개의 블리더 저항이 사용되었습니다. 이 회로는 각 도통각 시간이 시작될 때 TRIAC가 발진을 일으키지 않도록 하기 위해 드라이버의 입력 전류가 각 하프 AC 사이클 중 증가할 때 입력 전류를 TRIAC 유지 전류보다 높게 유지합니다.

### 4.3 LYTSwitch-4 1 차측

트랜스포머(T1)의 한쪽은 DC 버스에 연결되고 다른 쪽은 LYTSwitch-4 IC의 DRAIN(D) 핀에 연결됩니다. 파워 MOSFET의 온-타임 동안, 전류는 1차측을 통한 전류의 기울기로 에너지를 저장하고 그것을 MOSFET의 오프-타임 동안에 출력으로 전달합니다. 보드의 풋프린트 영역이 작으므로 RM7 코어 크기가 선택되었습니다. 보빈이 230VAC 작동에 필요한 6.2mm의 안전 연면거리를 충족하지 않았기 때문에 2차측 권선이 PCB로 유출되는 플라잉 리드가 사용되었습니다.

피크 입력 전압 정보를 U1에 제공하기 위해 들어오는 정류된 AC 피크는 D2를 통해 C6을 충전합니다. 그런 다음 R14 및 R15를 통해 U1의 VOLTAGE MONITOR(V) 핀에 전류로 공급됩니다. 저항 오차가 장치 간 V 핀 전류 변동을 일으키기 때문에 이러한 변동을 최소화하기 위해 1% 저항이 선택되었습니다. 또한 디바이스는 라인 입력 과전압 기준값을 설정하기 위해 V 핀 전류를 사용합니다. 저항 R13은 V 핀 전류가 입력 주파수에서 변조되는 것을 방지하기 위해 정류된 AC의 시정수보다 훨씬 긴 시간으로 C6의 방전 경로를 제공합니다.

V 핀 전류와 FEEDBACK(FB) 핀 전류는 내부적으로 평균 출력 LED 전류를 제어하기 위해 사용됩니다. 24.9kΩ 저항을 R 핀(R18)에 사용하고 4MΩ(R14+R15)을 V 핀에 사용하여 입력 전압과 출력 전류 간의 선형 관계를 구현하고 디밍 범위를 최대화합니다.



파워 MOSFET 온-타임 동안 C5의 전압이 권선비에 의해 발생된 전압( $V_{OR}$ ) 이하로 떨어질 때 역방향 전류가 U1을 통과하는 것을 방지하기 위해 다이오드 D4가 필요합니다. 과도 작동 동안 VRCD 스너버 다이오드 D3, VR4 및 C7은 누설 인덕턴스 영향으로 인해 드레인 전압을 안전 레벨로 클램핑합니다.

다이오드 D6, C9, C11, R21 및 R22는 트랜스포머의 보조 권선에서 1차측 바이어스 전압을 만듭니다. 커패시터 C8은 내장 컨트롤러용 서플라이 핀에 해당하는 U1의 BYPASS(BP) 핀에 로컬 디커플링을 제공합니다. 스타트업 동안에 C8은 DRAIN 핀에 연결된 내부 고전압 전류 소스를 통해 ~6V로 충전됩니다. 따라서 R19를 통해 바이어스 서플라이에서 작동 공급 전류가 제공되는 지점에서 부품이 스위칭을 시작할 수 있습니다. 다이오드 D5는 C8에서 BP 핀을 분리함으로써 C9와 C11의 충전으로 인해 스타트업 시간이 늘어나지 않도록 합니다.

최저 디바이스 손실과 최고 효율성과 함께 확장된 디밍 성능을 제공하기 위해 D5 및 R19를 통해 외부 바이어스 전압을 사용하는 것을 권장합니다.

또한 커패시터 C8은 출력 전력 모드도 선택하기 때문에 디바이스 전력 소모와 히트싱크 요건을 최소화하기 위해 전력 감소 모드에 대해 100 $\mu$ F가 선택되었습니다. 47 $\mu$ F가 최소 권장 바이패스 커패시터 값이지만 SMD 세라믹 유형 커패시터를 사용하는 경우 커패시턴스 오차 허용을 위해 68 $\mu$ F – 100 $\mu$ F/X5R이 권장됩니다.

#### 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 R20은 바이어스 전압을 U1의 FB 핀에 공급되는 전류로 변환합니다. U1의 내장 엔진에서는 FB 핀 전류, V 핀 전류, 내장 드레인 전류 정보를 결합하여 높은 입력 역률을 유지하면서 일정한 출력 전류를 제공합니다.

#### 4.5 부하 차단 보호 기능

이 레퍼런스 디자인은 돌발적 LED 부하 단절(예를 들어 생산 중에) 시 보호됩니다. 인덕터의 보조 권선에서 오는 반사 전압, D7의 정류, C12의 피크 필터링을 통해 출력 전압을 제한하여 보드에서의 출력 커패시터 손상을 방지하기 위해 컨트롤러가 오토-리스타트 모드로 동작합니다. 제너 다이오드 VR2로 과전압 한도를 설정한 상태에서 Q4가 ON 상태가 되어 FB 핀에서 전류를 끌어오면 장치가 오토-리스타트 동작으로 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.





## 6 BOM

The table below is the reference design BOM.

Item	Qty	Ref Des	설명	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	220 nF, 275 VAC, Film, X2	LE224-M	OKAYA
3	1	C2	47 pF, 1000 V, Ceramic, NPO, 0805	VJ0805A470JXGAT5Z	Vishay
3	1	C3	22 nF 50 V, Ceramic, X7R, 0603	C1608X7R1H223K	TDK
4	1	C4	120 nF, 400 V, Film	ECQ-E4124KF	Panasonic
5	1	C5	220 nF, 400 V, Film	ECQ-E4224KF	Panasonic
6	1	C6	2.2 $\mu$ F, 400 V, Electrolytic, (6.3 x 11)	TAB2GM2R2E110	Ltec
7	1	C7	2.2 nF, 630 V, Ceramic, X7R, 1206	C3216X7R2J222K	TDK
8	1	C8	100 $\mu$ F, 16 V, X5R, 1206	3216X5R1C105M	TDK
9	1	C9	56 $\mu$ F, 50 V, Electrolytic, Very Low ESR, 140 m $\Omega$ , (6.3 x 11)	EKZE500ELL560MF11D	Nippon Chemi-Con
10	1	C10	10 nF 50 V, Ceramic, X7R, 0603	C0603C103K5RACTU	Kemet
11	1	C11	100 nF, 50 V, Ceramic, X7R, 0805	CC0805KRX7R9BB104	Yageo
12	1	C12	100 nF 50 V, Ceramic, X7R, 0603	C1608X7R1H104K	TDK
13	1	C13	100 pF, 200 V, Ceramic, COG, 0805	08052A101JAT2A	AVX
14	2	C14 C15	330 $\mu$ F, 63 V, Electrolytic, (10 x 20)	EKMG630ELL331MJ20S	United Chemi-con
15	1	CY1	470 pF, 250 VAC, Film, X1Y1	CD95-B2GA471KYNS	TDK
16	3	D1 D6 D7	250 V, 0.2 A, Fast Switching, 50 ns, SOD-323	BAV21WS-7-F	Diodes, Inc.
17	1	D2	400 V, 1 A, DIODE SUP FAST 1A PWRDI 123	DFLU1400-7	Diodes, Inc.
18	1	D3	DIODE ULTRA FAST, SW 600 V, 1 A, SMA	US1J-13-F	Diodes, Inc.
19	1	D4	DIODE ULTRA FAST, SW, 200 V, 1 A, SMA	US1D-13-F	Diodes, Inc.
20	1	D5	75 V, 0.15 A, Switching, SOD-323	BAV16WS-7-F	Diodes, Inc.
21	1	D8	200 V, 8 A, Ultrafast Recovery, 25 ns, TO-220AC	BYW29-200G	On Semi
22	1	F1	5 A, 250 V, Fast, Microfuse, Axial	0263005.MXL	Littlefuse
23	1	L1	Custom, RM5, Vertical, 6 pins	SNX-R1688	Santronics USA
24	1	L2	5 mH, 0.5 A, Common Mode Choke Vertical	SU9VF-05050	Tokin
25	1	Q1	PNP, Small Signal BJT, 40 V, 0.2 A, SOT-23	MMBT3906LT1G	On Semi
36	1	Q2	NPN, Small Signal BJT, GP SS, 40 V, 0.6 A, SOT-23	MMBT4401LT1G	Diodes, Inc.
26	1	Q3	400 V, 3.1 A,N-Channel, TO-251AA	IRFU320PBF	Vishay
27	1	Q4	NPN, Small Signal BJT, 40 V, 0.2 A, SOT-23	MMBT3904LT1G	On Semi
28	4	R1 R2 R27 R28	510 $\Omega$ , 5%, 1 W, Thick Film, 2512	ERJ-1TYJ511U	Panasonic
29	1	R3	12 k $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ123V	Panasonic
30	2	R4 R5	1 M $\Omega$ , 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEYJ105V	Panasonic
31	1	R6	2.4 M $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ245V	Panasonic
32	1	R7	162 k, 1%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8ENF1623V	Panasonic
33	1	R8	162 k, 1%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8ENF1623V	Panasonic
34	1	R9	30.1 k, 1%, 1/16 W, Thick Film, 0603	ERJ-3EKF3012V	Panasonic
35	1	R10	15 $\Omega$ , 5%, 1/10 W, Thick Film, 0603	ERJ-3GEYJ150V	Panasonic
36	1	R11	240 $\Omega$ , 5%, 2 W, Metal Oxide	RSF200JB-240R	Yageo
37	1	R12	47 k $\Omega$ , 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEYJ473V	Panasonic
38	1	R13	510 k $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ514V	Panasonic
39	2	R14 R15	2.0 M $\Omega$ , 1%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8ENF2004V	Panasonic
40	1	R17	200 k $\Omega$ , 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEYJ204V	Panasonic
41	1	R18	24.9 k $\Omega$ , 1%, 1/16 W, Thick Film, 0603	ERJ-3EKF2492V	Panasonic



Item	Qty	Ref Des	설명	Mfg Part Number	Manufacturer
42	1	R19	6.2 k $\Omega$ , 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEYJ622V	Panasonic
43	1	R20	133 k $\Omega$ , 1%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6ENF1333V	Panasonic
44	1	R21	20 k $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ203V	Panasonic
45	1	R22	39 $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ390V	Panasonic
46	1	R23	10 $\Omega$ , 5%, 1/10 W, Thick Film, 0603	ERJ-3GEYJ100V	Panasonic
47	1	R24	1 k $\Omega$ , 5%, 1/10 W, Thick Film, 0603	ERJ-3GEYJ102V	Panasonic
48	1	R25	30 $\Omega$ , 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEYJ300V	Panasonic
49	1	R26	7.5 k $\Omega$ , 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEYJ752V	Panasonic
50	1	RV1	250 V, 21 J, 7 mm, RADIAL LA	V130LA20AP	Littlefuse
51	1	T1	Custom, RM7/l, Vertical, 8 pins with mtg clip CLI/P-RM7	SNX-R1689	Santronics USA
52	1	U1	LYTSwitch-4, eSIP-7C	LYT4324E	Power Integrations
53	1	VR1	15 V, 5%, 500 mW, DO-35	1N5245B-T	Diodes, Inc.
54	1	VR2	33 V, 5%, 200 mW, SOD-323	MMSZ5257BS-7-F	Diodes, Inc.
55	1	VR4	200 V, 400 W, SMA	SMAJ200A-13-F	Diodes, Inc.
<b>Mechanical BOM</b>					
1	1	HS1	Heat sink, Custom, Al, 3003, 0.062" Thk	Custom	Custom
2	1	POWER CLIP1	Heat sink Hardware, Edge Clip 21N (4.7 lbs) 10 mm L x 7 mm W x 0.5 mm H	CLP212SG	Aavid Thermalloy
3	6	Insulation Tubing	15 mm; PTFE AWG #20 TW Tubing	TFT20-NT	Custom Cut



## 7 트랜스포머(T1) 사양

### 7.1 전기적 구성도

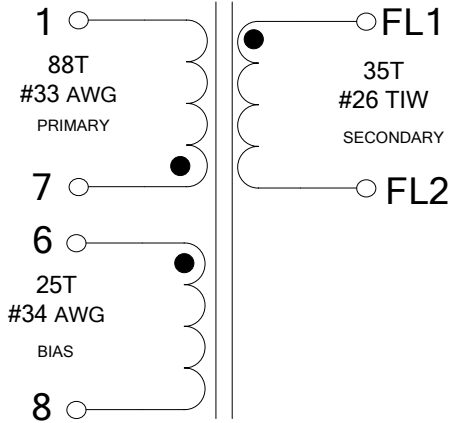


Figure 7 – Transformer Electrical Diagram.

### 7.2 전기적 사양

<b>Primary Inductance</b>	Pins 1-7, all other windings open, measured at 100 kHz, 0.4 V <sub>RMS</sub> .	1 mH ±7%
<b>Resonant Frequency</b>	Pins 1-7, all other windings open.	1000 kHz (Min.)

### 7.3 재료

Item	Description
[1]	Core: RM7; 3F3.
[2]	Bobbin: Rm-7; 4/4 pin vertical.
[3]	Clip: EPCOS, KlammerRM7, Manufacture P/N: B65820B2001X.
[4]	Magnet Wire: #33 AWG, double coated.
[5]	Magnet Wire: #26 TIW, triple insulated.
[6]	Magnet Wire: #34 AWG, double coated.
[7]	Tape: 3M 1298 Polyester Film, 7.0.mm wide, 2.0 mil thick or equivalent.
[8]	Tape: 3M 1298 Polyester Film, 18.0.mm x 30.0.mm, 2.0.mil thick or equivalent.
[9]	Varnish: Dolph BC-359, or equivalent.





### 7.4 제작 구성도

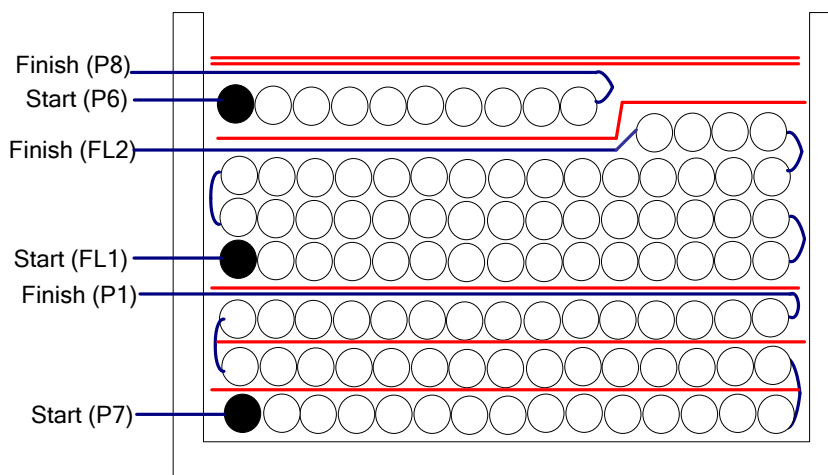
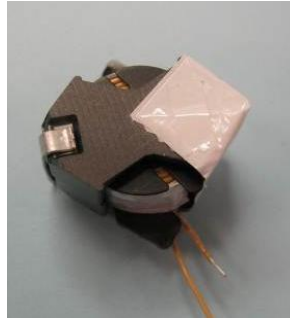


Figure 8 – Transformer Build Diagram.

### 7.5 구성

<b>Winding Preparation</b>	<u>Note:</u> pin-out of bobbin is designated as in picture below. Place the bobbin item [1] on the mandrel with the pin side is on the left. Winding direction is clockwise direction.
<b>Winding 1</b>	Start at pin 7, wind 31 turns of wire item [4] from left to right for the 1 <sup>st</sup> layer and place 1 layer of tape item [6]. Continue winding another 31 turns for the 2 <sup>nd</sup> layer, from right to left and also place 1 layer of tape item [7]. Then wind 26 turns for the 3 <sup>rd</sup> layer from left to right, at the last turn bring the wire back to the left and terminate at pin 1.
<b>Insulation</b>	Place 1 layer of tape item [7].
<b>Winding 2</b>	Use wire item [5], leave ~ 25 mm floating and place a piece of small tape to mark it as start lead FL1. Wind 32 turns of wire in 3 layers and 3 turns on the 4 <sup>th</sup> layer on the right side of bobbin, at the last turn bring the wire back to the left and also leave ~ 25 mm floating as end lead FL2.
<b>Insulation</b>	Place 1 layer of tape item [7].
<b>Winding 3</b>	Now wind 25 turns of wire item [6] on the left section of 4 <sup>th</sup> layer from winding 2, start at pin 6 and end with pin 8.
<b>Insulation</b>	Place 2 layers of tape item [7] to secure windings.
<b>Final Assembly</b>	Grind core halves item [2] to get 1 mH and secure with clips item [3] Cut short FL1 to 24 mm and FL2 to 12 mm. Cut ground lead of clip item [3] on the left side of core halves, see picture below. Prepare tape item [8]. Wrap 2 layers of tape item [8] on the left side of core halves for insulation. Varnish with item [9]. Cut pin number 2, 3 and 5.



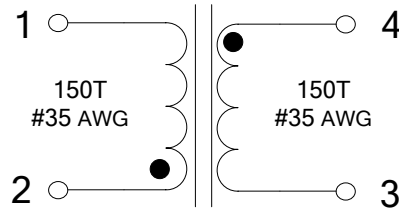


**Figure 9** – Transformer Assembly Illustration.



## 8 디퍼렌셜 인덕터(L1) 사양

### 8.1 제작 구성도



Follow the transformer pin according to its data sheet

Figure 10 – Inductor Electrical Diagram.

### 8.2 전기적 사양

<b>Primary Inductance</b>	Pins 1-2, all other windings open, measured at 100 kHz, 0.4 V <sub>RMS</sub> .	240 μH ±10%
---------------------------	--	-------------

### 8.3 재료

Item	Description
[1]	Core: RM5 (3/3); N87.
[2]	Bobbin: RM-5; 3/3 pin vertical.
[3]	Magnet Wire: #35 AWG.
[4]	Tape: 3M 1298 Polyester Film, 4.8 mm wide, 2.0 mil thick or equivalent.
[5]	Varnish: Dolph BC-359, or equivalent.



8.4 제작 구성도

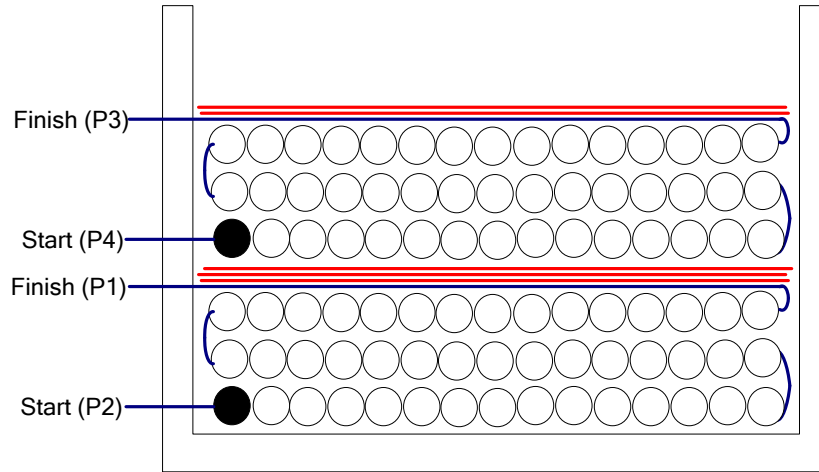


Figure 11 – Inductor Build Diagram.

8.5 구성

<b>Winding Preparation</b>	<u>Note:</u> pin-out of bobbin is designated as in picture below. Place the bobbin item [1] on the mandrel with the pin side is on the left. Winding direction is clockwise direction.
<b>Winding 1</b>	Start at pin 2, wind 150 turns of wire item [3] continuously then terminate at pin 1.
<b>Insulation</b>	Place 3 layer of tape item [4].
<b>Winding 2</b>	Start at pin 4, wind 150 turns of wire item [3] continuously then terminate at pin 3.
<b>Insulation</b>	Place 2 layers of tape item [4] to secure windings.
<b>Final Assembly</b>	Grind core halves item [2] to get 1 mH and secure with clips. Varnish with item [5]. Cut pin 5 and 6.

## 9 U1 히트싱크

### 9.1 U1 히트싱크 제작 도면

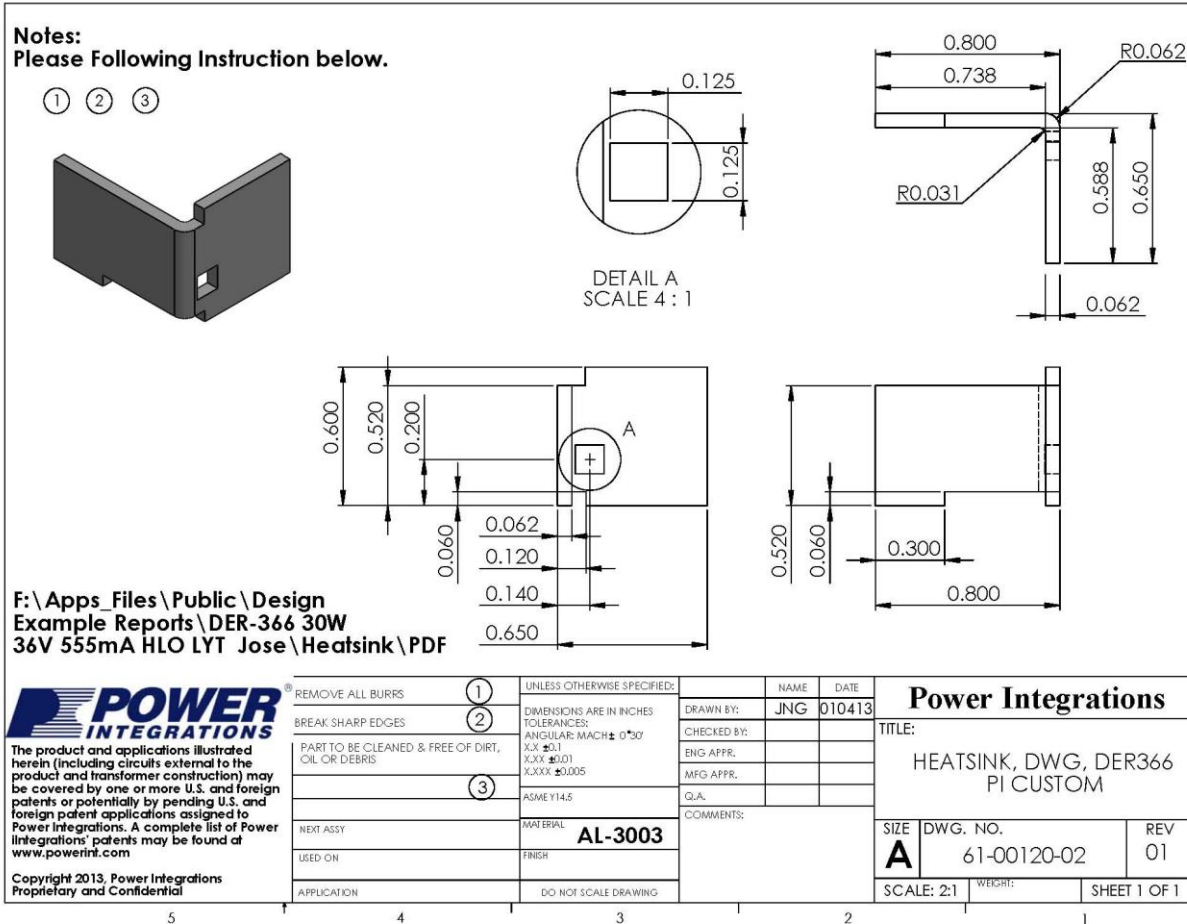


Figure 12 – U1 Heat Sink Fabrication Drawing.



9.2 U1 히트싱크 어셈블리 도면

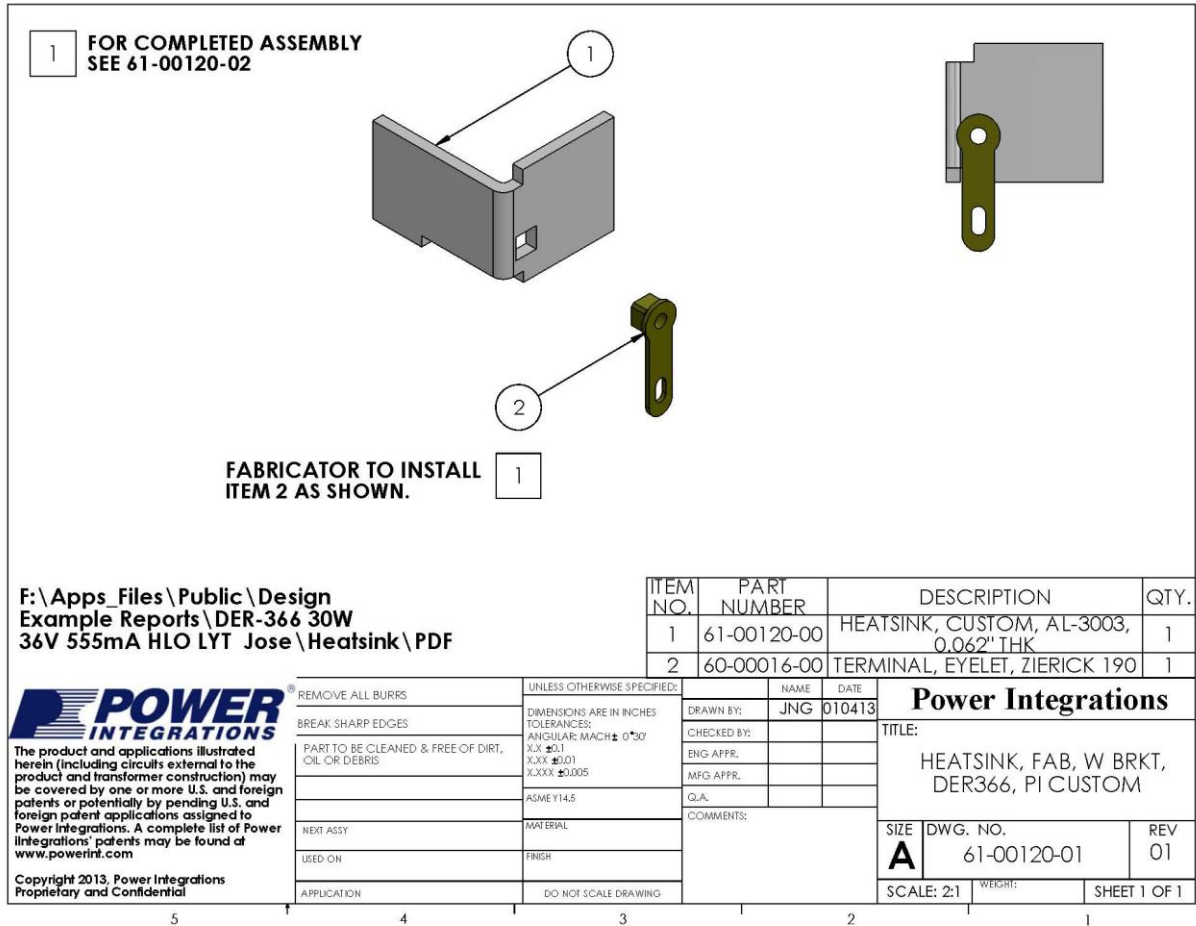


Figure 13 – U1 Heat Sink Assembly Drawing.

9.3 히트싱크 및 U1 어셈블리 도면

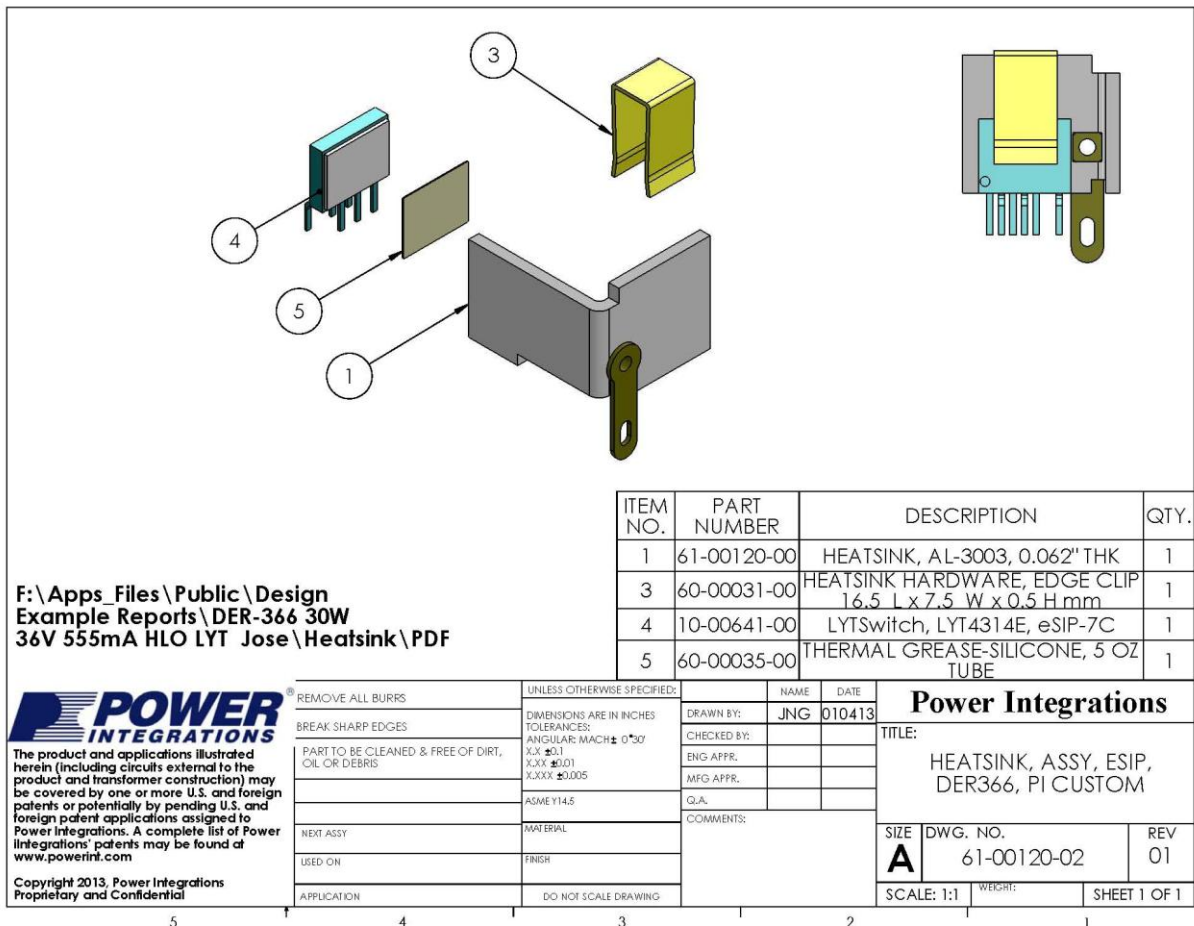


Figure 14 – Heat Sink and U1 Assembly Drawing.





## 10 트랜스포머 디자인 스프레드시트

ACDC_LYTSwitch-4_HL_062013; Rev.1.0; Copyright Power Integrations 2013	INPUT	INFO	OUTPUT	UNIT	LYTSwitch-4_HL_062013: Flyback Transformer Design Spreadsheet
<b>ENTER APPLICATION VARIABLES</b>					<b>DER-396</b>
Dimming required	YES		YES		Select 'YES' option if dimming is required. Otherwise select 'NO'.
VACMIN	185		185	V	Minimum AC Input Voltage
VACMAX			265	V	Maximum AC input voltage
fL			50	Hz	AC Mains Frequency
VO	36		36	V	Typical output voltage of LED string at full load
VO_MAX			39.6	V	Maximum expected LED string Voltage.
VO_MIN			32.4	V	Minimum expected LED string Voltage.
V_OVP			42.47	V	Over-voltage protection setpoint
IO	0.55		0.55	A	Typical full load LED current
PO			19.8	W	Output Power
n			0.8		Estimated efficiency of operation
VB			25	V	Bias Voltage
<b>ENTER LYTSwitch VARIABLES</b>					
LYTSwitch	Auto		LYT4324		Selected LYTSwitch
Current Limit Mode	RED		RED		Select "RED" for reduced Current Limit mode or "FULL" for Full current limit mode
ILIMITMIN			0.95	A	Minimum current limit
ILIMITMAX			1.11	A	Maximum current limit
fS			132000	Hz	Switching Frequency
fSmin			124000	Hz	Minimum Switching Frequency
fSmax			140000	Hz	Maximum Switching Frequency
IV			80.56727984	uA	V pin current
RV			4	M-ohms	Upper V pin resistor
RV2			1E+12	M-ohms	Lower V pin resistor
IFB	178		178	uA	FB pin current (85 uA < IFB < 210 uA)
RFB1			123.5955056	k-ohms	FB pin resistor
VDS			10	V	LYTSwitch on-state Drain to Source Voltage
VD			0.5	V	Output Winding Diode Forward Voltage Drop (0.5 V for Schottky and 0.8 V for PN diode)
VDB			0.7	V	Bias Winding Diode Forward Voltage Drop
<b>Key Design Parameters</b>					
KP	0.7		0.7		Ripple to Peak Current Ratio (For PF > 0.9, 0.4 < KP < 0.9)
LP			998.2376383	uH	Primary Inductance
VOR	92		92	V	Reflected Output Voltage.
Expected IO (average)			0.547777905	A	Expected Average Output Current
KP_VNOM			0.666138709		Expected ripple current ratio at VACNOM
TON_MIN			1.493186757	us	Minimum on time at maximum AC input voltage
PCLAMP			0.159394306	W	Estimated dissipation in primary clamp
<b>ENTER TRANSFORMER CORE/CONSTRUCTION VARIABLES</b>					
Core Type	RM7		RM7		Select Core Size
Custom Core	RM7				Enter Custom core part number (if applicable)
AE	0.45		0.45	cm^2	Core Effective Cross Sectional Area
LE	3		3	cm	Core Effective Path Length
AL	2500		2500	nH/T^2	Ungapped Core Effective Inductance
BW	6.9		6.9	mm	Bobbin Physical Winding Width
M			0	mm	Safety Margin Width (Half the Primary to Secondary Creepage Distance)



L	4		4		Number of Primary Layers
NS	35		35		Number of Secondary Turns
<b>DC INPUT VOLTAGE PARAMETERS</b>					
VMIN			261.629509	V	Peak input voltage at VACMIN
VMAX			374.766594	V	Peak input voltage at VACMAX
<b>CURRENT WAVEFORM SHAPE PARAMETERS</b>					
DMAX			0.267730208		Minimum duty cycle at peak of VACMIN
IAVG			0.119116476	A	Average Primary Current
IP			0.826177997	A	Peak Primary Current (calculated at minimum input voltage VACMIN)
IRMS			0.231970815	A	Primary RMS Current (calculated at minimum input voltage VACMIN)
<b>TRANSFORMER PRIMARY DESIGN PARAMETERS</b>					
LP			998.2376383	uH	Primary Inductance
LP_TOL	10		10		Tolerance of primary inductance
NP			88.21917808		Primary Winding Number of Turns
NB			24.64383562		Bias Winding Number of Turns
ALG			128.2649294	nH/T <sup>2</sup>	Gapped Core Effective Inductance
BM			2077.457006	Gauss	Maximum Flux Density at PO, VMIN (BM<3100)
BP			2791.138572	Gauss	Peak Flux Density (BP<3700)
BAC			727.109952	Gauss	AC Flux Density for Core Loss Curves (0.5 X Peak to Peak)
ur			1326.288091		Relative Permeability of Ungapped Core
LG			0.418255474	mm	Gap Length (Lg > 0.1 mm)
BWE			27.6	mm	Effective Bobbin Width
OD			0.312857143	mm	Maximum Primary Wire Diameter including insulation
INS			0.053423557	mm	Estimated Total Insulation Thickness (= 2 * film thickness)
DIA			0.259433586	mm	Bare conductor diameter
AWG			30	AWG	Primary Wire Gauge (Rounded to next smaller standard AWG value)
CM			101.5936673	Cmils	Bare conductor effective area in circular mils
CMA			437.9588334	Cmils/Amp	Primary Winding Current Capacity (200 < CMA < 600)
<b>TRANSFORMER SECONDARY DESIGN PARAMETERS (SINGLE OUTPUT EQUIVALENT)</b>					
<b>Lumped parameters</b>					
ISP			2.082421254	A	Peak Secondary Current
ISRMS			0.884132667	A	Secondary RMS Current
IRIPPLE			0.692235923	A	Output Capacitor RMS Ripple Current
CMS			176.8265334	Cmils	Secondary Bare Conductor minimum circular mils
AWGS			27	AWG	Secondary Wire Gauge (Rounded up to next larger standard AWG value)
DIAS			0.362522298	mm	Secondary Minimum Bare Conductor Diameter
ODS			0.197142857	mm	Secondary Maximum Outside Diameter for Triple Insulated Wire
<b>VOLTAGE STRESS PARAMETERS</b>					
VDRAIN			566.5923475	V	Estimated Maximum Drain Voltage assuming maximum LED string voltage (Includes Effect of Leakage Inductance)
PIVS			191.1564827	V	Output Rectifier Maximum Peak Inverse Voltage (calculated at VOVP, excludes leakage inductance spike)
PIVB			134.1846154	V	Bias Rectifier Maximum Peak Inverse Voltage (calculated at VOVP, excludes leakage inductance spike)
<b>FINE TUNING (Enter measured values from prototype)</b>					
<b>V pin Resistor Fine Tuning</b>					
RV1			4	M-ohms	Upper V Pin Resistor Value



RV2			1E+12	M-ohms	Lower V Pin Resistor Value
VAC1			115	V	Test Input Voltage Condition1
VAC2			230	V	Test Input Voltage Condition2
IO_VAC1			0.55	A	Measured Output Current at VAC1
IO_VAC2			0.55	A	Measured Output Current at VAC2
RV1 (new)			4.000604137	M-ohms	New RV1
RV2 (new)			20911.63067	M-ohms	New RV2
V_OV			319.5673531	V	Typical AC input voltage at which OV shutdown will be triggered
V_UV			66.34665276	V	Typical AC input voltage beyond which power supply can startup
<b>FB pin resistor Fine Tuning</b>					
RFB1	133		133	k-ohms	Upper FB Pin Resistor Value
RFB2			1E+12	k-ohms	Lower FB Pin Resistor Value
VB1			22.46520548	V	Test Bias Voltage Condition1
VB2			27.53479452	V	Test Bias Voltage Condition2
IO1			0.55	A	Measured Output Current at Vb1
IO2			0.55	A	Measured Output Current at Vb2
RFB1 (new)			133	k-ohms	New RFB1
RFB2(new)			1E+12	k-ohms	New RFB2
<b>Input Current Harmonic Analysis</b>					
Harmonic			Max Current (mA)	Limit (mA)	
1st Harmonic					
3rd Harmonic			20.69736113	1666.17	PASS. 3rd Harmonic current content is lower than the limit
5th Harmonic			9.233940611	931.095	PASS. 5th Harmonic current content is lower than the limit
7th Harmonic			5.592928806	490.05	PASS. 7th Harmonic current content is lower than the limit
9th Harmonic			3.956638292	245.025	PASS. 9th Harmonic current content is lower than the limit
11th Harmonic			2.979917621	171.5175	PASS. 11th Harmonic current content is lower than the limit
13th Harmonic			2.264929473	145.103805	PASS. 13th Harmonic current content is lower than the limit
15th Harmonic			1.69769565	125.74683	PASS. 15th Harmonic current content is lower than the limit
THD			23.53869833	%	Estimated total Harmonic Distortion (THD)

Table 1 – Sample Spreadsheet Calculation.



## 11 성능 데이터

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

입력		Input Measurement					LED Load Measurement			Efficiency (%)
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)	
185	50	184.85	140.39	24.969	0.962	15.62	39.1500	547.700	21.540	86.27
200	50	199.85	131.37	24.997	0.952	16.49	39.1100	549.800	21.610	86.45
220	50	219.90	121.59	25.016	0.936	17.59	39.0800	551.000	21.620	86.42
230	50	229.85	117.51	25.020	0.926	17.91	39.0500	551.000	21.610	86.37
240	50	239.88	113.83	25.028	0.917	18.01	39.0300	551.000	21.590	86.26
265	50	264.92	106.00	24.935	0.888	18.04	38.9900	547.000	21.410	85.86
185	50	184.84	130.63	23.130	0.958	15.76	35.9000	552.000	19.910	86.08
200	50	199.85	122.72	23.227	0.947	16.46	35.8900	555.000	20.030	86.24
220	50	219.91	114.31	23.363	0.929	17.27	35.8900	558.000	20.150	86.25
230	50	229.85	110.76	23.412	0.920	17.44	35.8900	559.000	20.170	86.15
240	50	239.88	107.35	23.399	0.909	17.55	35.8800	558.000	20.130	86.03
265	50	264.92	100.60	23.399	0.878	17.49	35.8600	556.000	20.030	85.60
185	50	184.85	122.49	21.580	0.953	16.09	33.2300	555.000	18.570	86.05
200	50	199.86	115.48	21.724	0.941	16.6	33.2100	560.000	18.720	86.17
220	50	219.91	107.91	21.887	0.922	17.17	33.1900	564.000	18.850	86.12
230	50	229.85	104.54	21.898	0.911	17.31	33.1700	564.000	18.840	86.04
240	50	239.89	101.58	21.922	0.900	17.27	33.1400	565.000	18.830	85.90
265	50	264.93	95.77	21.991	0.867	17.11	33.1200	564.000	18.790	85.44

Table 2 – Test Result Summary for this Design.



11.1 액티브 모드 효율

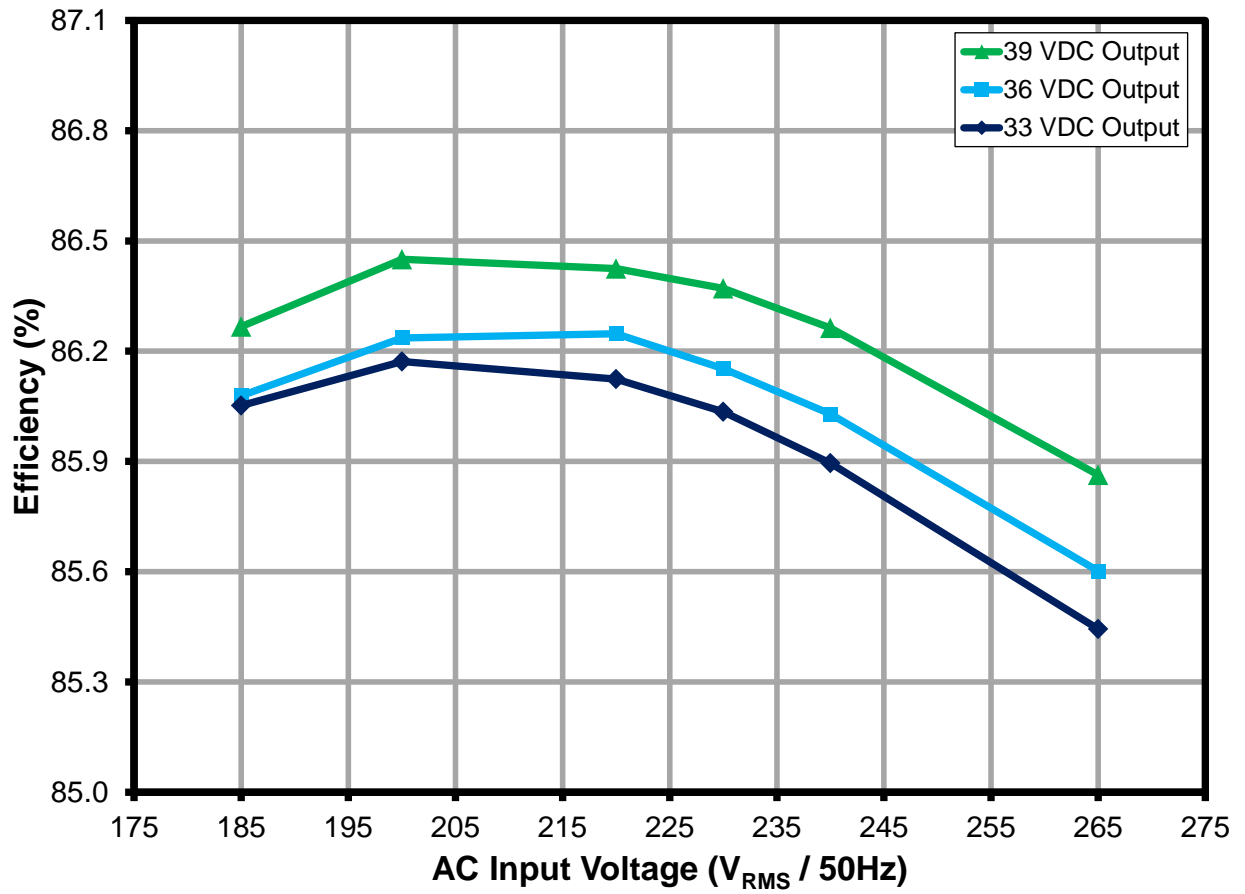


Figure 15 – Efficiency with Respect to AC Input Voltage.



11.2 라인 레귤레이션

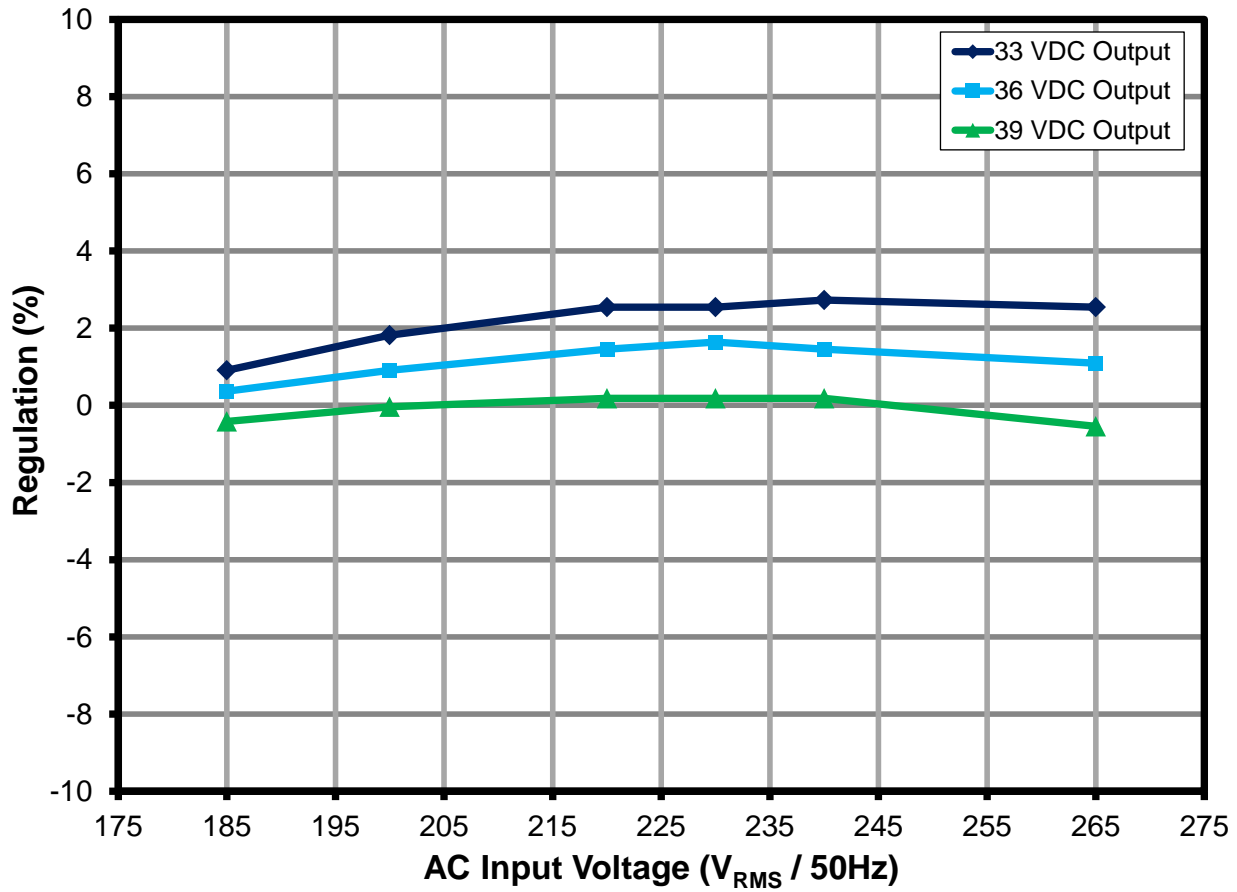


Figure 16 – Line Regulation, Room Temperature.



11.3 역률

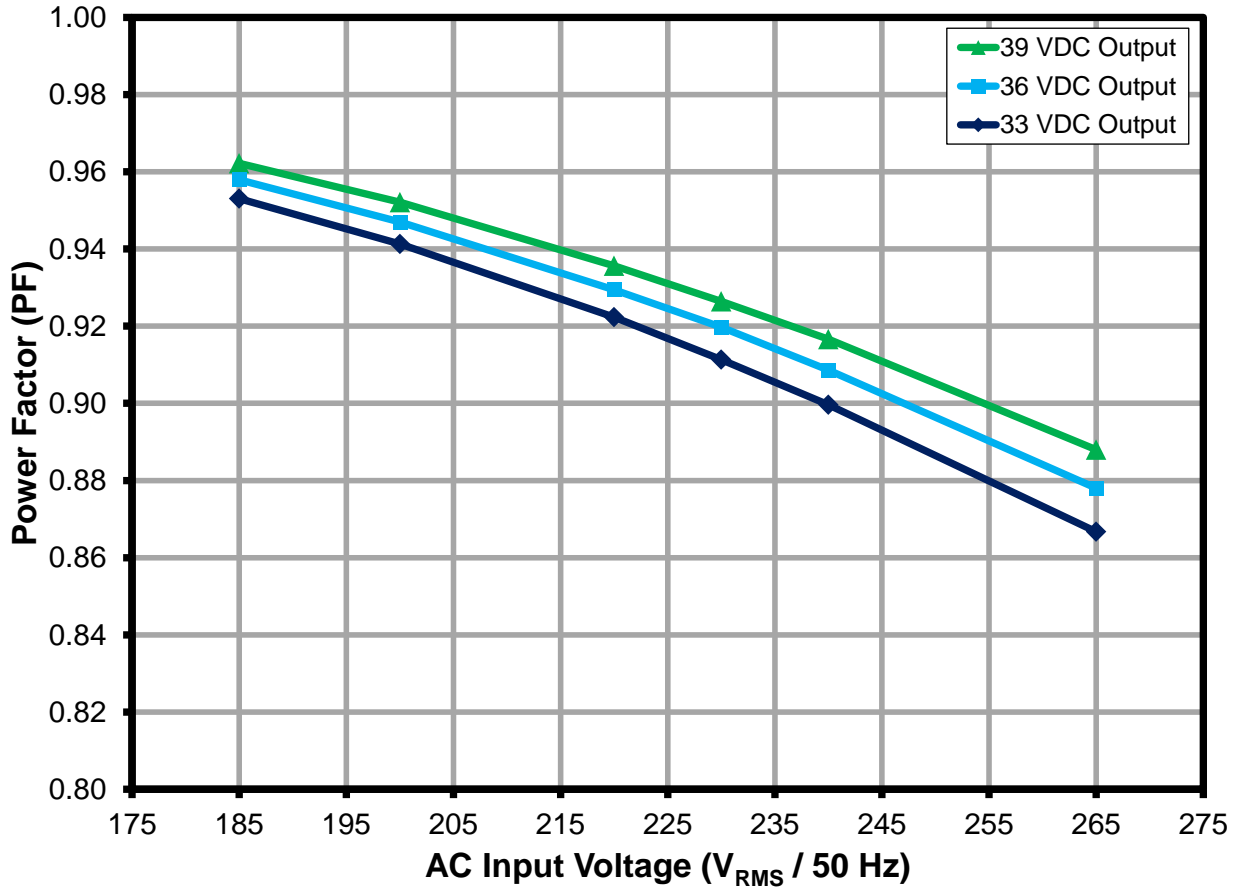


Figure 17 – High Power Factor within the Operating Range.





11.4 THD(%)

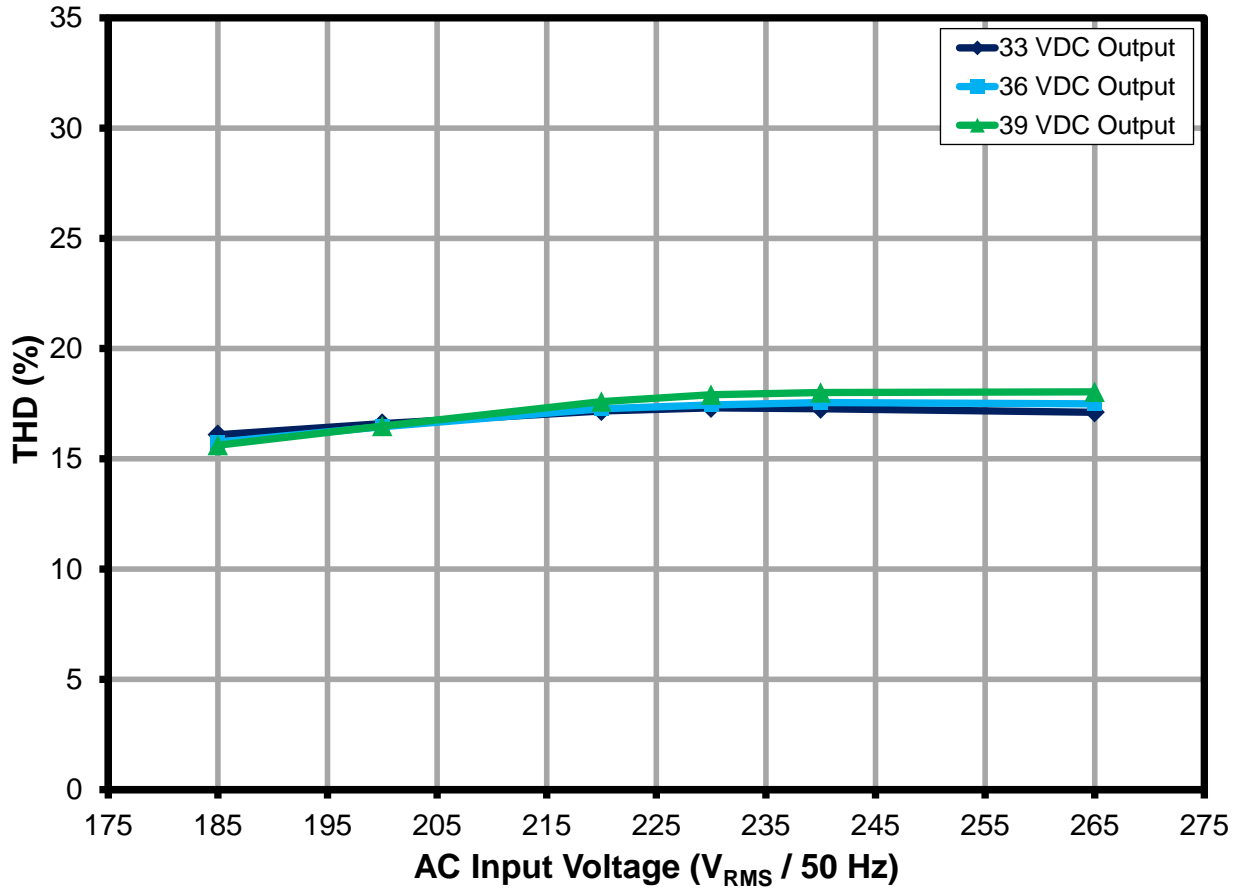


Figure 18 – Very Low %ATHD.



11.5 고조파 성분

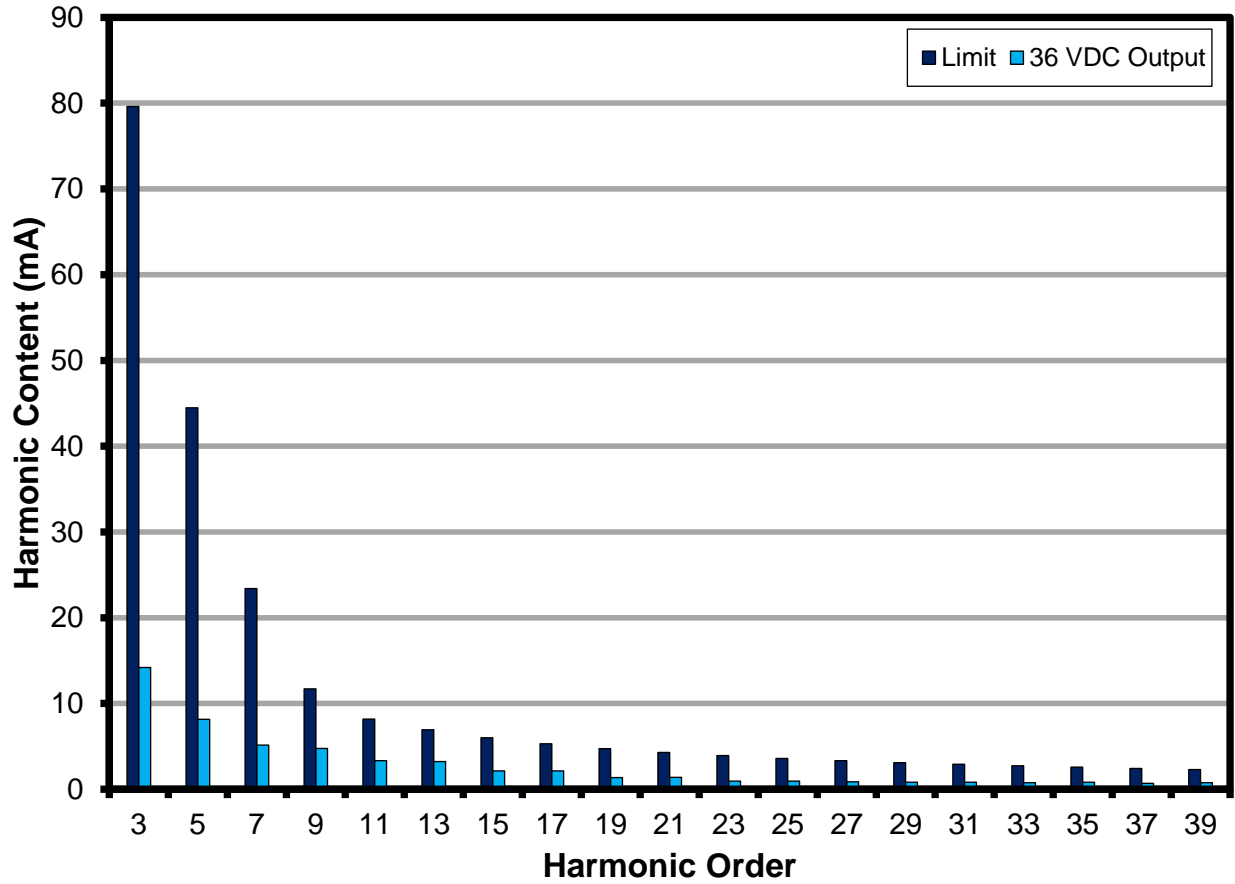


Figure 19 – Meets EN61000-3-2 Harmonics Contents Standards for <25 W Rating for 36 V LED Output.

## 11.6 고조파 측정

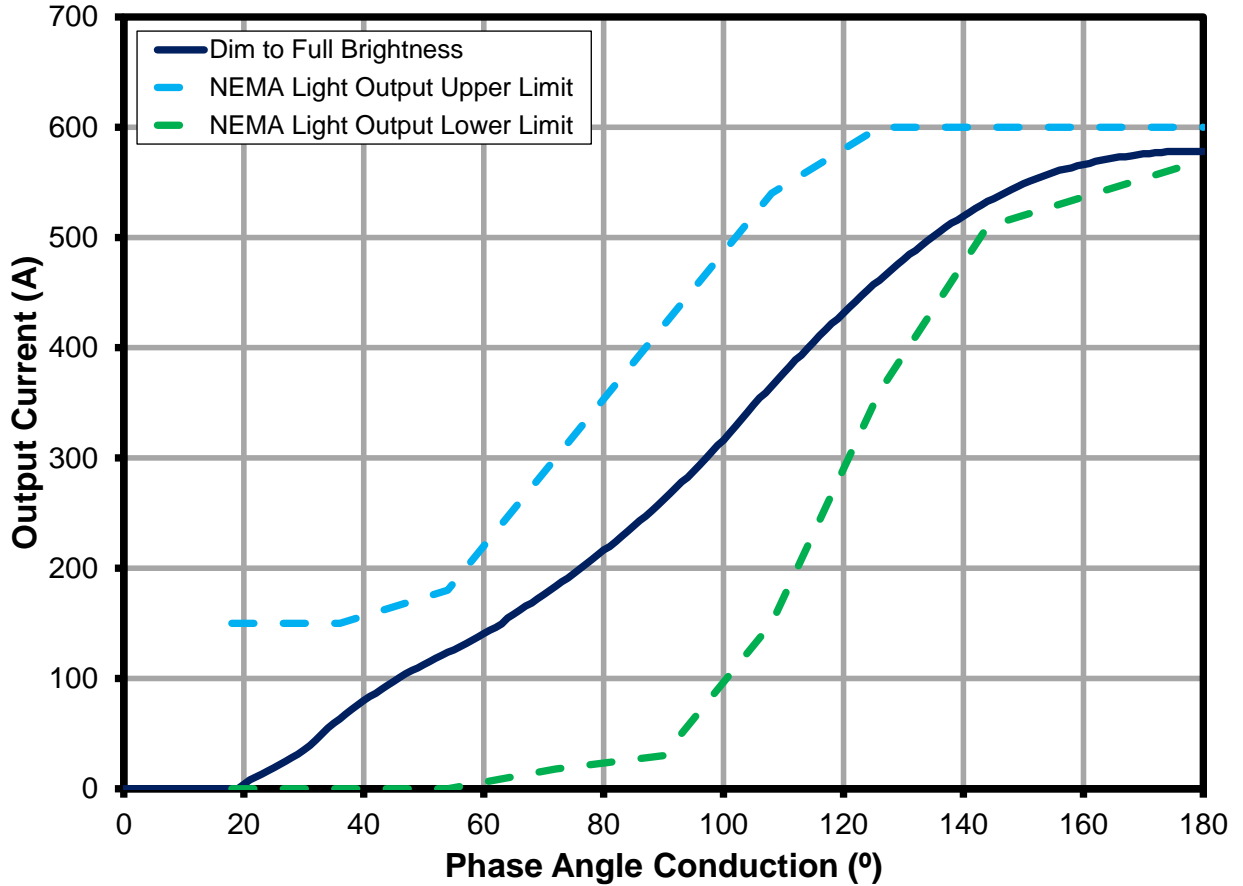
VAC (V <sub>RMS</sub> )	Freq (Hz)	I (mA)	P	PF
230	50.00	110.76	23.4120	0.9197
nth Order	mA Content	% Content	Limit (mA) <25 W	Remarks
1	109.04			
2	0.02	0.02%		
3	14.21	13.03%	79.6008	27.59%
5	8.15	7.47%	44.4828	10.00%
7	5.16	4.73%	23.4120	7.00%
9	4.75	4.36%	11.7060	5.00%
11	3.34	3.06%	8.1942	3.00%
13	3.24	2.97%	6.9336	3.00%
15	2.14	1.96%	6.0091	3.00%
17	2.15	1.97%	5.3021	3.00%
19	1.36	1.25%	4.7440	3.00%
21	1.39	1.27%	4.2922	3.00%
23	0.96	0.88%	3.9190	3.00%
25	0.96	0.88%	3.6054	3.00%
27	0.87	0.80%	3.3384	3.00%
29	0.81	0.74%	3.1081	3.00%
31	0.83	0.76%	2.9076	3.00%
33	0.76	0.70%	2.7314	3.00%
35	0.83	0.76%	2.5753	3.00%
37	0.70	0.64%	2.4361	3.00%
39	0.78	0.72%	2.3112	3.00%
41	0.59	0.54%		
43	0.68	0.62%		
45	0.50	0.46%		
47	0.64	0.59%		
49	0.44	0.40%		

Table 3 – 230 VAC Input Current Harmonic Measurement for 36 V LED.



### 11.7 디밍 특성

The dimming characteristic was taken 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).



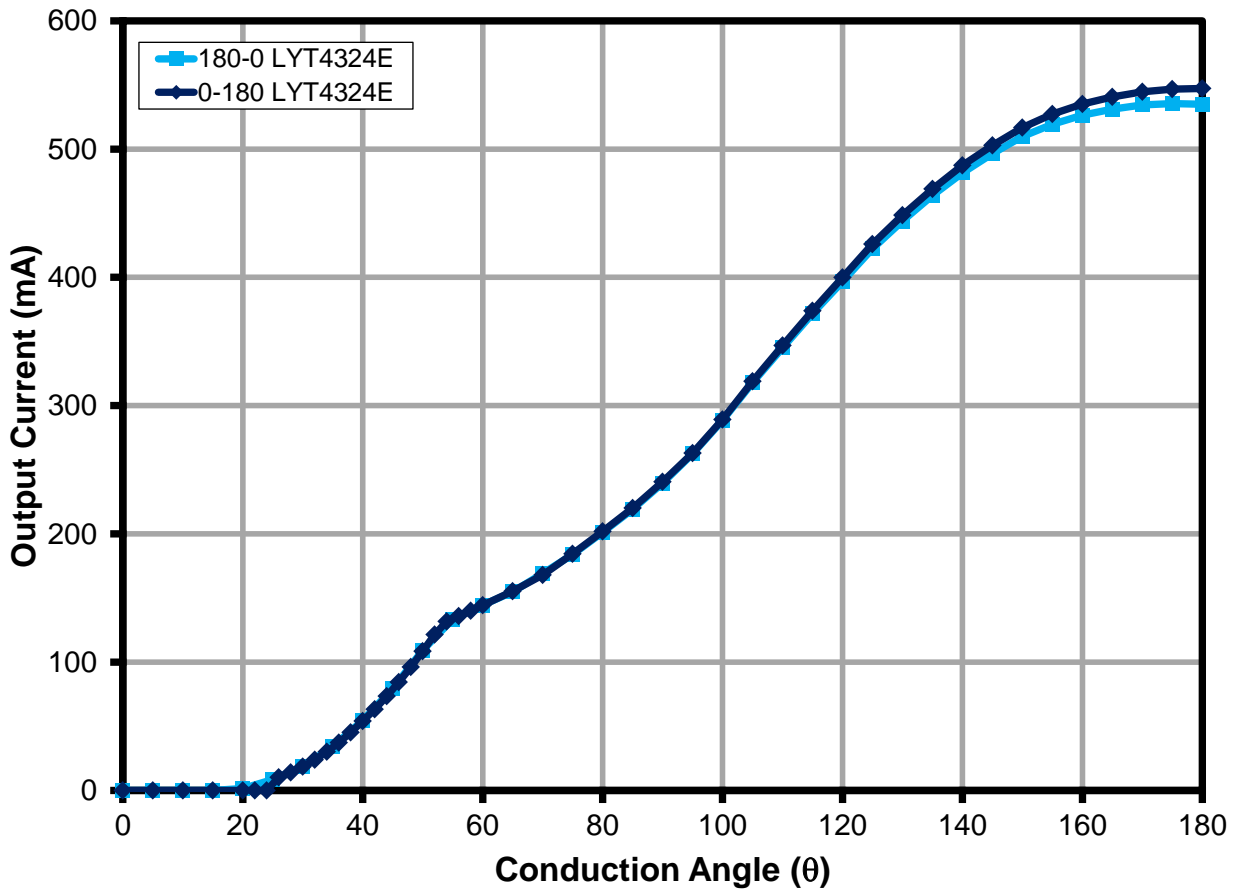


Figure 20 – Dimming Curve Characteristic From Full Dim to Full Brightness. Meets NEMA SSL 6-2010.



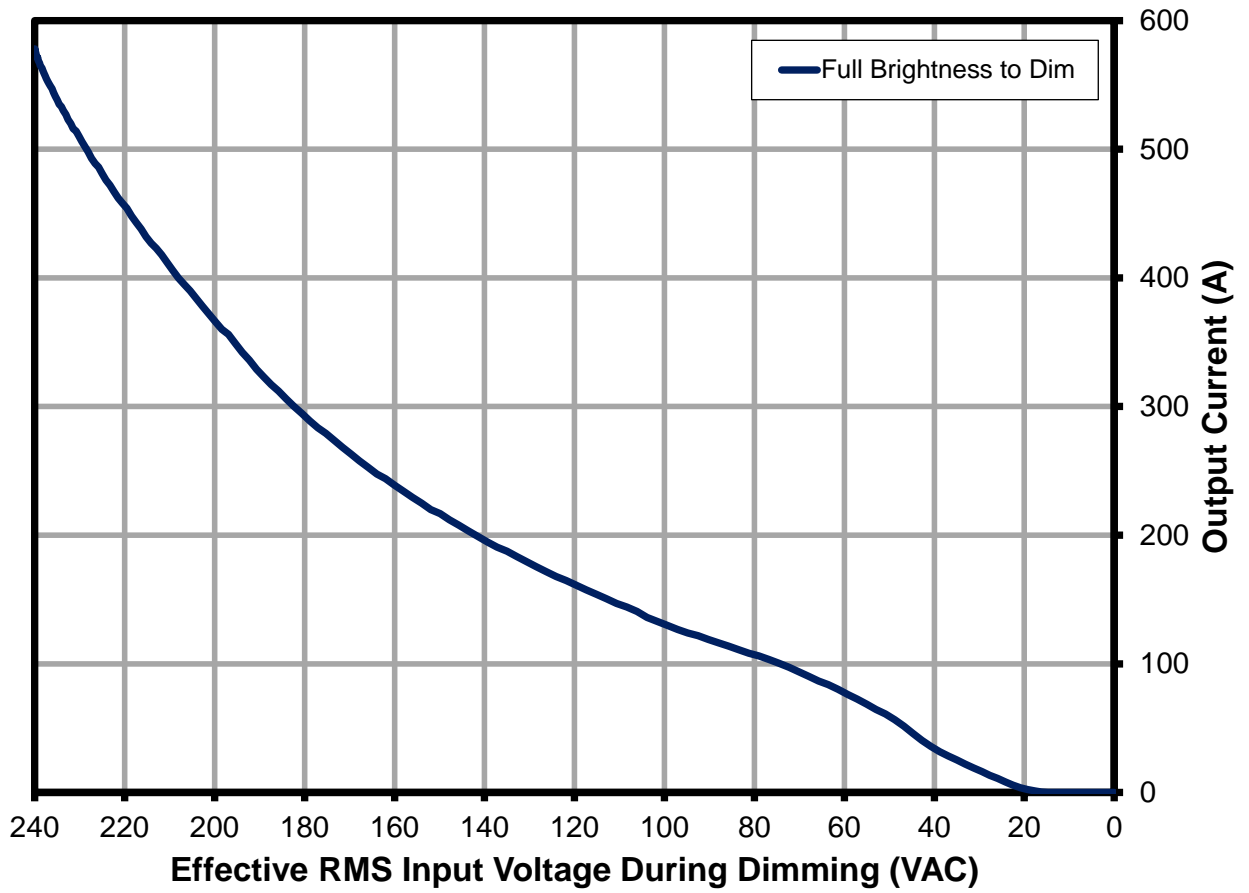


Figure 21 – Dimming Characteristic with Respect to RMS Input Voltage During Dimming.



### 11.8 디머 호환성

These are the list of dimmers verified for this reference design. Users are not limited on the following list. Make sure to test the dimmers according to its recommended operating line input frequency to avoid flicker.

Dimmer Origin	Part Number	I <sub>MIN</sub> (mA)	I <sub>MAX</sub> (mA)	Dim Ratio
China	TCL 630 W	147.4	556.0	4
China	Sen Bo Lang	189.4	555.0	3
China	Eba Huang	35.9	556.0	15
China	SB elect 600 W	1.3	545.5	420
China	Myongbo	191.4	558.0	3
China	KBE 650 W	0.6	555.5	926
China	Clipmei	147.2	556.0	4
China	Mank 200 W	202.8	557.0	3
Korea	Anam 500 W	191.0	551.0	3
Korea	Shin Sung	177.6	552.0	3
Korea	Fantasia 500 W	185.0	549.4	3
Korea	Shin Sung 2	158.2	552.0	3
Germany	Rev 300 W	0.1	537.6	5376
Germany	Busch 2250 600 W	107.1	542.4	5
Germany	PEHA 400 W	1.5	505.2	337
Germany	Merten 572499 400 W	77.5	550.0	7
Germany	Busch 6513 420 W	109.7	546.5	5
Germany	Berker 2875 600 W	123.5	532.9	4
Germany	Ove	113.4	503.9	4
Germany	Busch 691 U-101	106.4	529.2	5
Germany	Busch 6513 U-102	107.8	546.0	5
Germany	Peha 433AB	174.1	534.5	3





## 12 씨말 성능

The scan is conducted at ambient temperature of 25 °C open frame, 185 VAC / 50 Hz input.



Figure 22 – Open Frame Thermal Scan

Legend:

- Sp1 – Output Capacitor C14
- Sp2 – Output Capacitor C15
- Sp3 – Common Mode Inductor L2
- Sp4 – Damper MOSFET Q3
- Sp5 – Transformer T1.
- Sp6 – Output Diode D8
- Sp7 – Differential Inductor L1

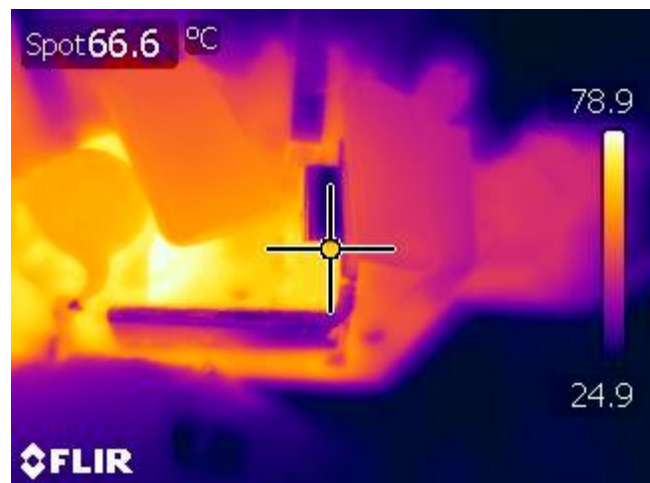


Figure 23 – U1 LNK4314E Device Temperature.

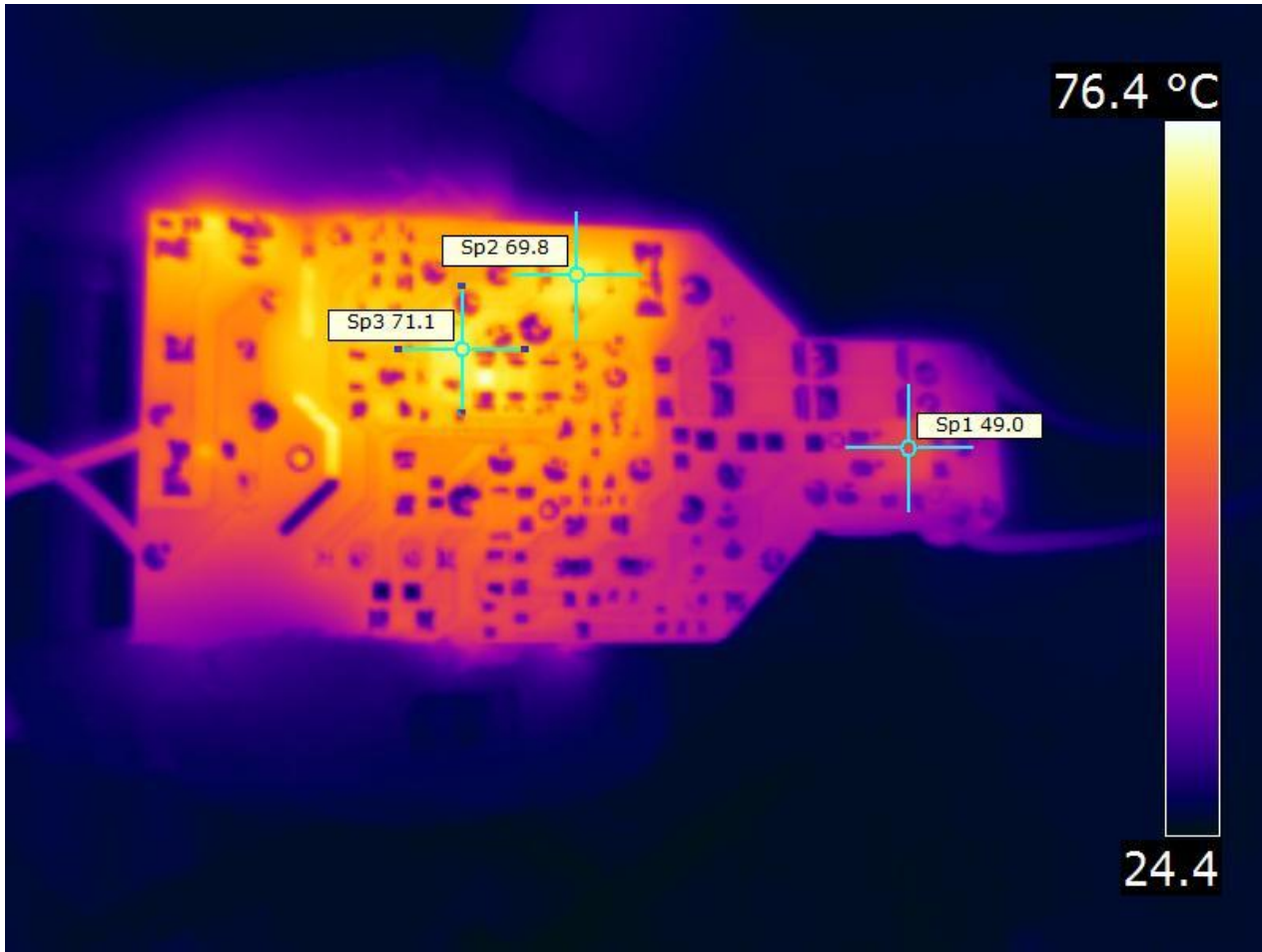


Figure 24 – Bottom Side Board Temperature at Open Frame.

Legend:

- Sp1 – Bridge Rectifier BR1
- Sp2 – Blocking Diode D4
- Sp3 – Snubber Diode D3



### 13 파형

#### 13.1 드레인 전압 및 전류, 정상 작동

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

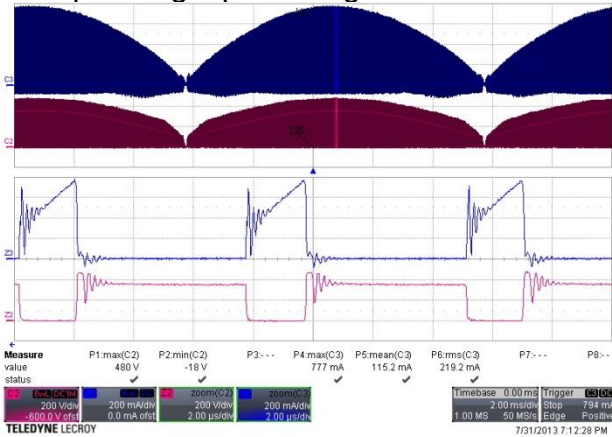


Figure 25 – 185 VAC / 50 Hz, 36 V LED String.

Ch2:  $V_{DRAIN}$ , 200 V / div.  
Ch3:  $I_{DRAIN}$ , 0.2 A / div.  
Time Scale: 2 ms / div.  
Zoom Time Scale: 2  $\mu$ s / div.

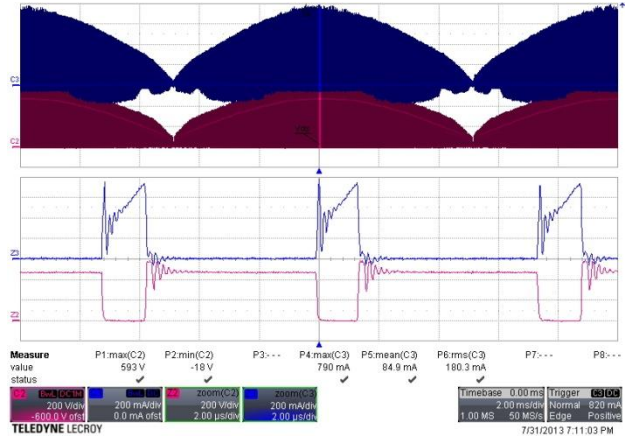


Figure 26 – 265 VAC / 50 Hz, 36 V LED String.

Ch2:  $V_{DRAIN}$ , 200 V / div.  
Ch3:  $I_{DRAIN}$ , 0.2 A / div.  
Time Scale: 2 ms / div.  
Zoom Time Scale: 2  $\mu$ s / div.

#### 13.2 드레인 전압 및 전류 스타트업 프로파일

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

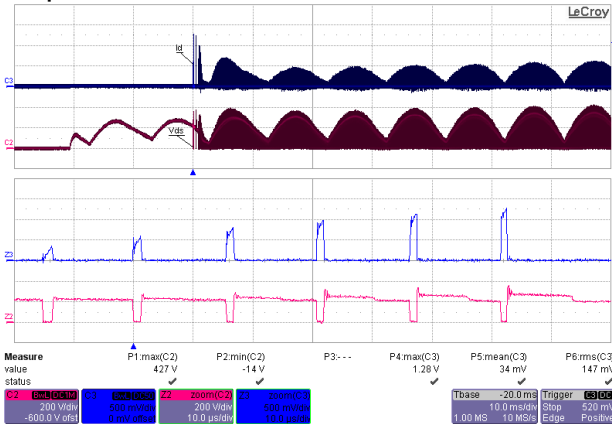


Figure 27 – 185 VAC / 50 Hz, 36 V LED String.

Ch2:  $V_{DRAIN}$ , 200 V / div.  
Ch4:  $I_{DRAIN}$ , 0.2 A / div.  
Time Scale: 10 ms / div.  
Zoom Time Scale: 10  $\mu$ s / div.

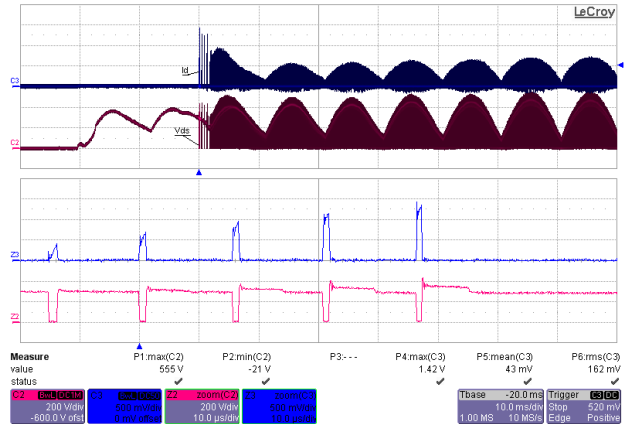


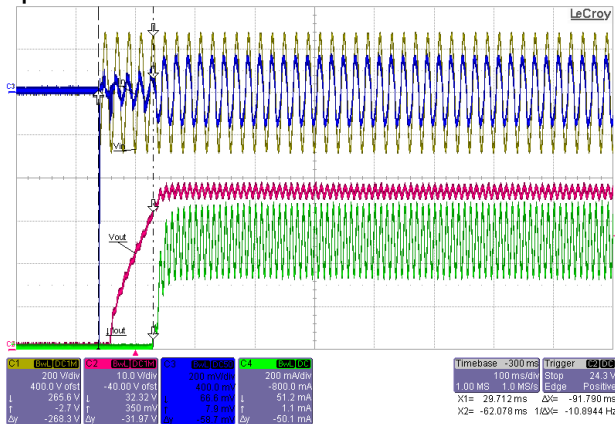
Figure 28 – 265 VAC / 50 Hz, 36 V LED String.

Ch2:  $V_{DRAIN}$ , 200 V / div.  
Ch4:  $I_{DRAIN}$ , 0.2 A / div.  
Time Scale: 10 ms / div.  
Zoom Time Scale: 10  $\mu$ s / div.

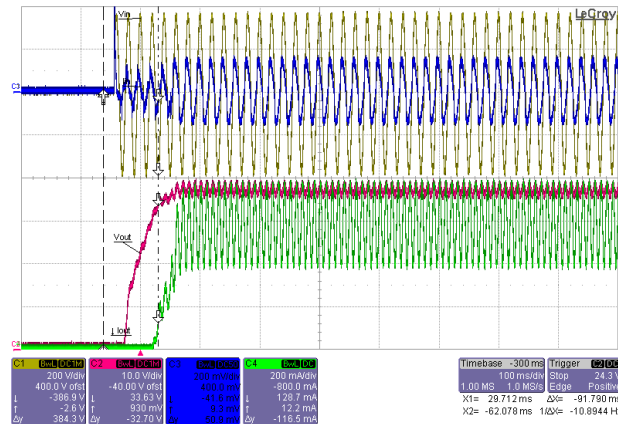


### 13.3 출력 전압 스타트업 프로파일

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



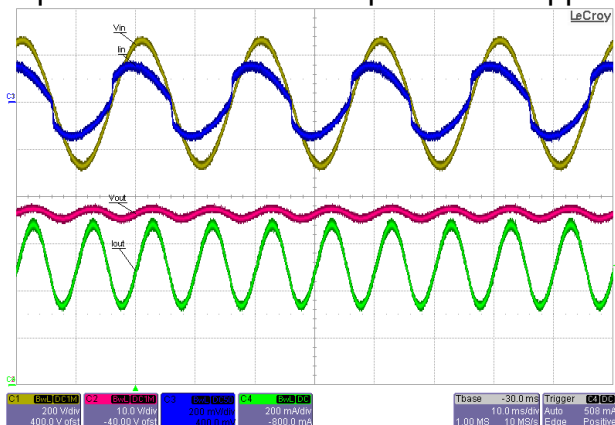
**Figure 29 – 185 VAC / 50 Hz, 36 V LED**  
 Ch1: V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch2: V<sub>OUT</sub>, 10 V / div.  
 Ch3: I<sub>IN</sub>, 200 mA / div.  
 Ch4: I<sub>OUT</sub>, 200 mA / div., 100 ms / div.



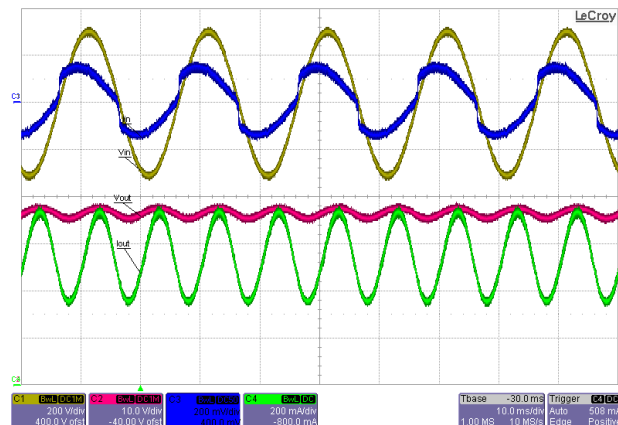
**Figure 30 – 265 VAC / 50 Hz, 36 V LED**  
 Ch1: V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch2: V<sub>OUT</sub>, 10 V / div.  
 Ch3: I<sub>IN</sub>, 200 mA / div.  
 Ch4: I<sub>OUT</sub>, 200 mA / div., 100 ms / div.

### 13.4 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 31 – 185 VAC / 50 Hz, 36 V LED String.**  
 Ch1: V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch2: V<sub>OUT</sub>, 10 V / div.  
 Ch3: I<sub>IN</sub>, 200 mA / div.  
 Ch4: I<sub>OUT</sub>, 200 mA / div., 10 ms / div.



**Figure 32 – 220 VAC / 50 Hz, 36 V LED String.**  
 Ch1: V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch2: V<sub>OUT</sub>, 10 V / div.  
 Ch3: I<sub>IN</sub>, 200 mA / div.  
 Ch4: I<sub>OUT</sub>, 200 mA / div., 10 ms / div.



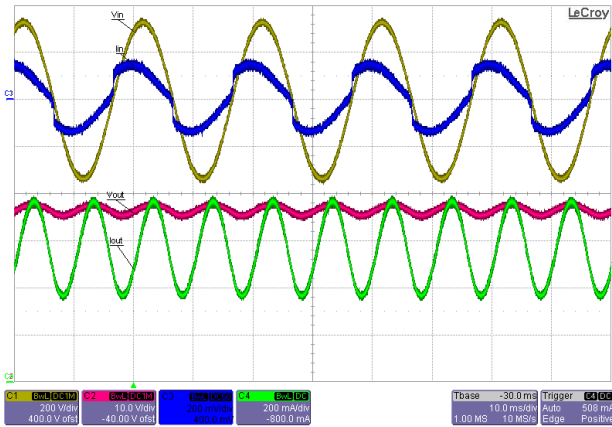


Figure 33 – 240 VAC / 50 Hz, 36 V LED String.

Ch1:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch2:  $V_{OUT}$ , 10 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 200 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 200 mA / div., 10 ms / div.

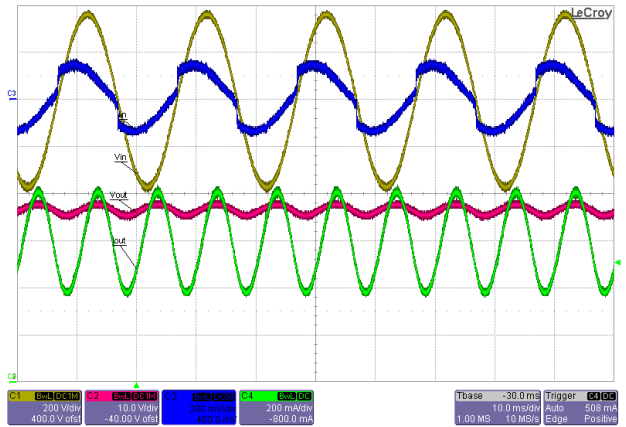


Figure 34 – 265 VAC / 50 Hz, 36 V LED String.

Ch1:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch2:  $V_{OUT}$ , 10 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 200 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 200 mA / div., 10 ms / div.

13.5 드레인 전압 및 전류 프로파일: 정상 작동 후 출력 단락

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

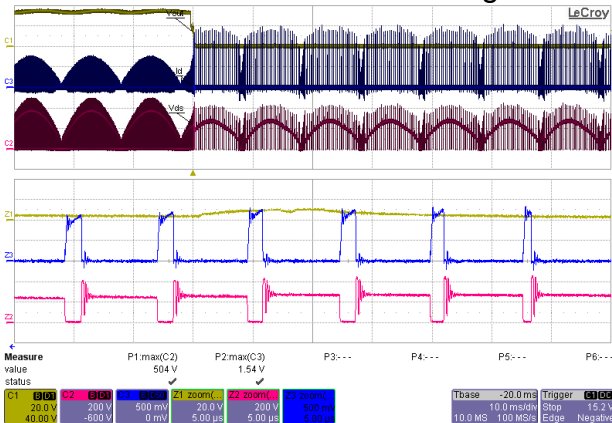


Figure 35 – 185 VAC / 50 Hz, Normal Operation then Output Short.

Ch1:  $V_{OUT}$ , 20 V / div.  
 Ch2:  $V_{DS}$ , 200 V / div.  
 Ch4:  $I_{DRAIN}$ , 0.5 A / div., 10 ms / div.  
 Z3:  $I_{DRAIN}$ , 0.2 A / div., 5  $\mu$ s / div.

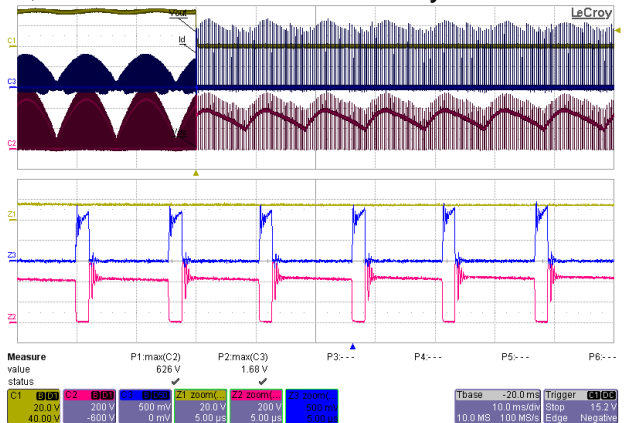


Figure 36 – 265 VAC / 50 Hz, Normal Operation then Output Short.

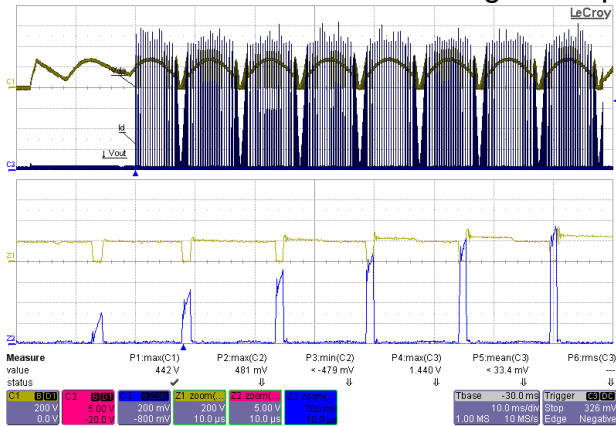
Ch1:  $V_{OUT}$ , 20 V / div.  
 Ch2:  $V_{DS}$ , 200 V / div.  
 Ch4:  $I_{DRAIN}$ , 0.5 A / div., 10 ms / div.  
 Z3:  $I_{DRAIN}$ , 0.2 A / div., 5  $\mu$ s / div.



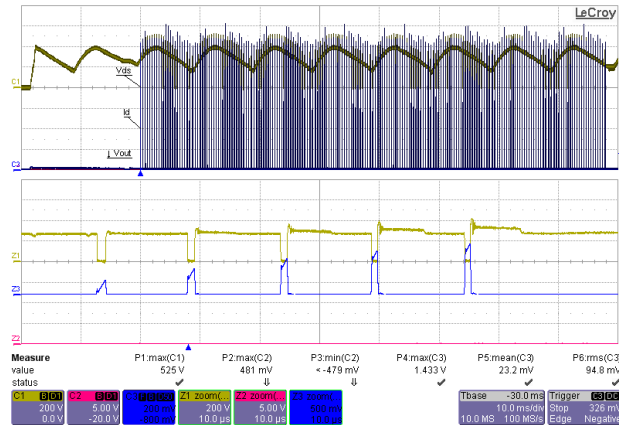


13.6 드레인 전압 및 전류 프로파일: 스타트업 시 출력단락

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



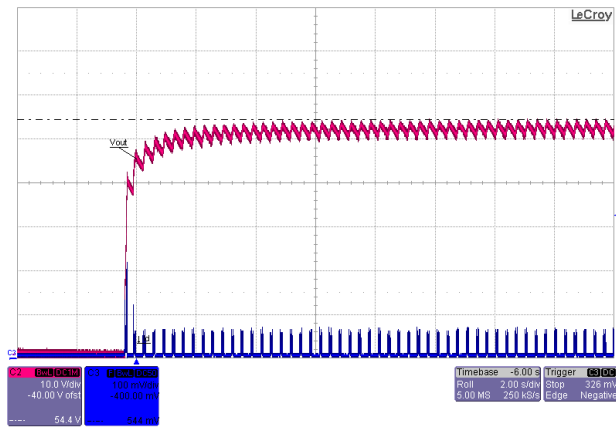
**Figure 37** – 185 VAC / 50 Hz, Output Shorted.  
 Ch1:  $V_{DS}$ , 20 V / div.  
 Ch3:  $I_{DRAIN}$ , 0.2 A / div., 10 ms / div.  
 Z3:  $I_{DRAIN}$ , 0.2 A / div., 10  $\mu$ s / div.



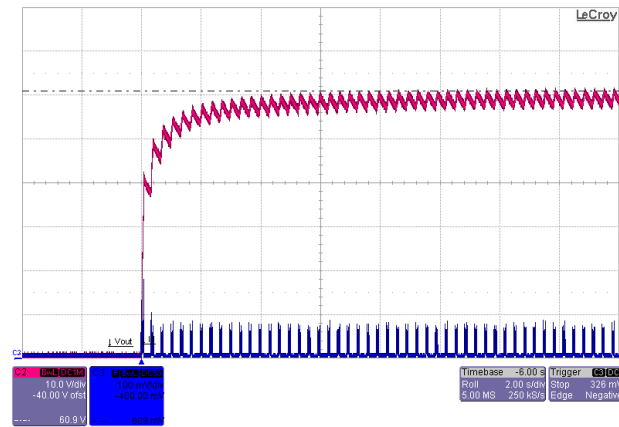
**Figure 38** – 265 VAC / 50 Hz, Output Shorted.  
 Ch1:  $V_{DS}$ , 20 V / div.  
 Ch3:  $I_{DRAIN}$ , 0.2 A / div., 10 ms / div.  
 Z3:  $I_{DRAIN}$ , 0.2 A / div., 10  $\mu$ s / div..

13.7 무부하 작동

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



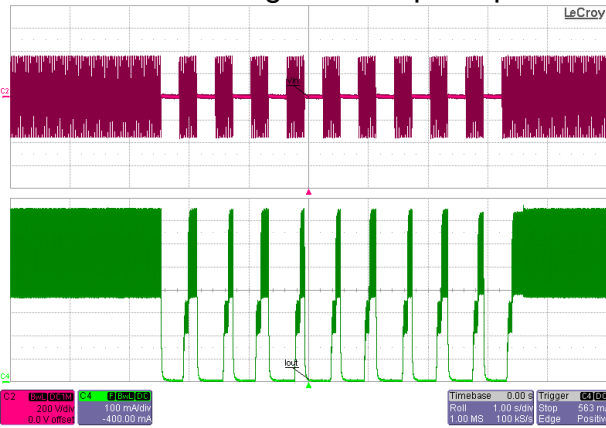
**Figure 39** – 185 VAC / 50 Hz, Start-up No-load.  
 Ch2:  $V_{OUT}$ , 10 V / div.  
 Ch3:  $I_{DS}$ , 0.1 A / div.  
 Time Scale: 2 s / div.



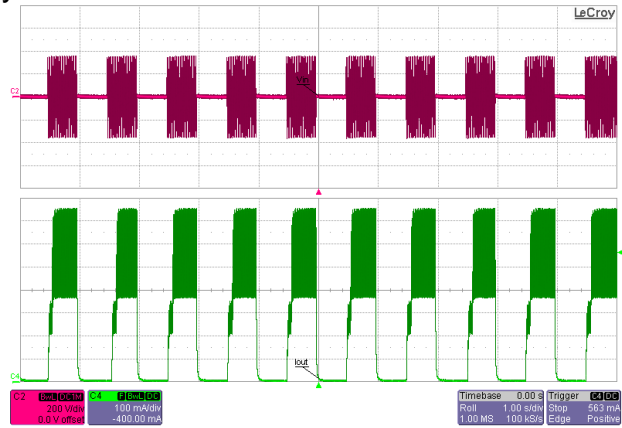
**Figure 40** – 265 VAC / 50 Hz, Start-up No-load.  
 Ch2:  $V_{OUT}$ , 10 V / div.  
 Ch3:  $I_{DS}$ , 0.1 A / div.  
 Time Scale: 2 s / div.

### 13.8 AC 사이클링

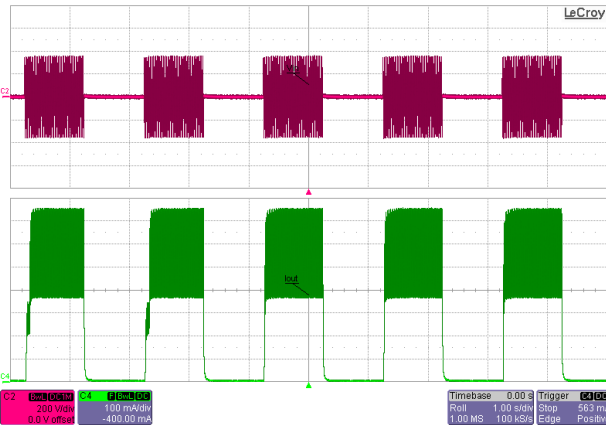
The reference design has no perceptible delay.



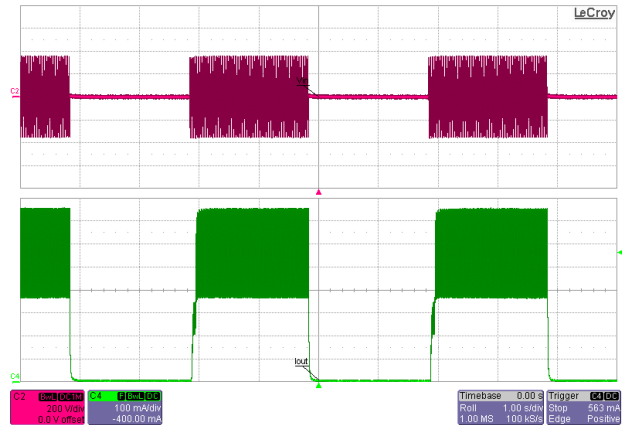
**Figure 41** – 240 VAC / 50 Hz,  
300 ms On – 300 ms Off.  
Load: 36 V LED String.  
Ch1:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
Time Scale: 1 s / div.



**Figure 42** – 240 VAC / 50 Hz,  
500 ms On – 500 ms Off.  
Load: 36 V LED String.  
Ch1:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
Time Scale: 1 s / div.



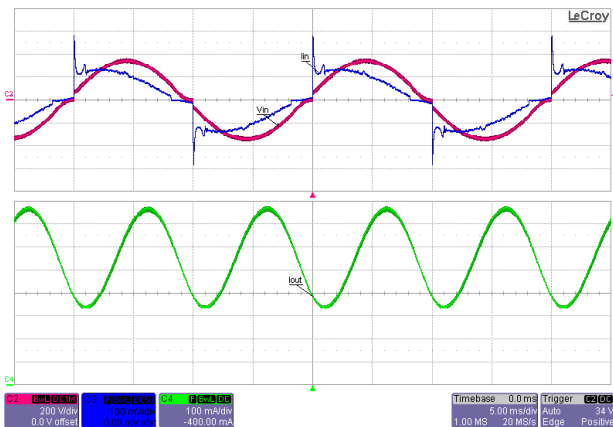
**Figure 43** – 240 VAC / 50 Hz,  
1s On – 1s Off.  
Load: 36 V LED String.  
Ch1:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
Time Scale: 1 s / div.



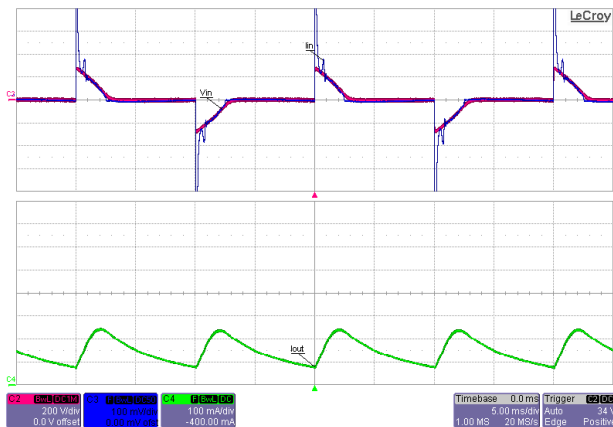
**Figure 44** – 240 VAC / 50 Hz,  
2s On – 2s Off.  
Load: 36 V LED String.  
Ch1:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
Time Scale: 1 s / div.



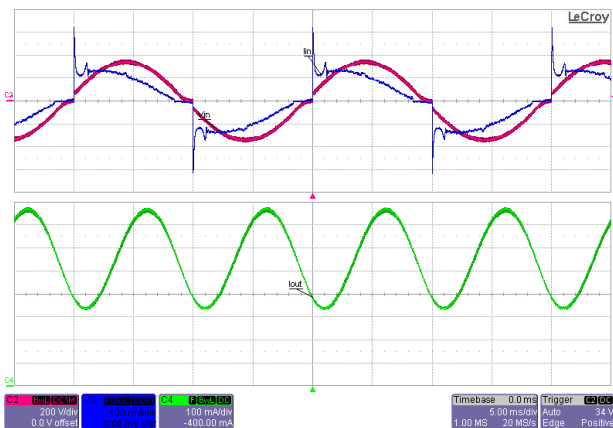
13.9 디밍 파형



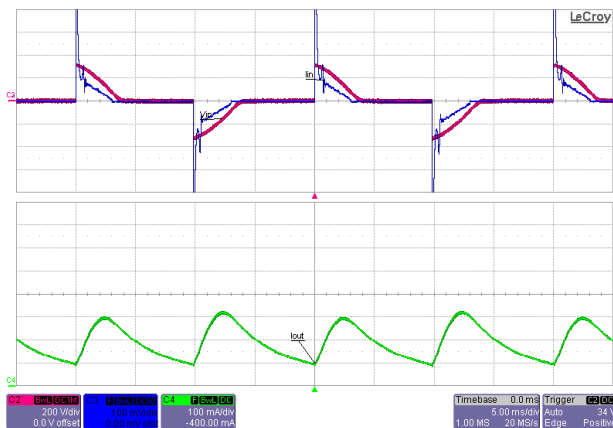
**Figure 45** – 240 VAC / 50 Hz, (China) TCL 630 W Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 100 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.



**Figure 46** – 240 VAC / 50 Hz, (China) TCL 630 W Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 100 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.

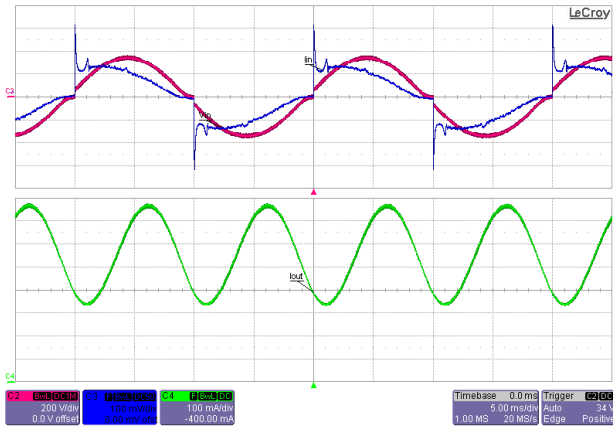


**Figure 47** – 240 VAC / 50 Hz, (China) Sen Bo Lang 300 W Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 100 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.

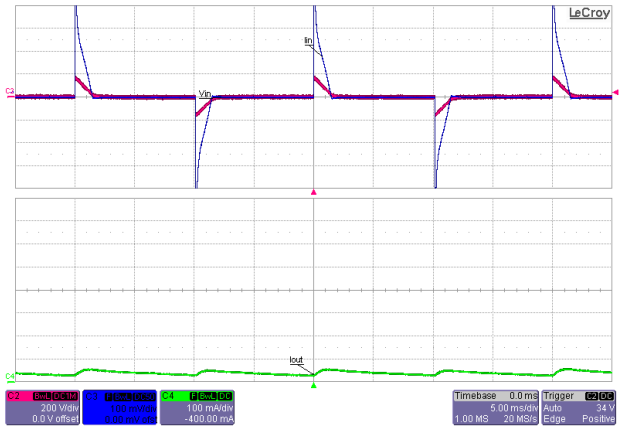


**Figure 48** – 240 VAC / 50 Hz, (China) Sen Bo Lang 300 W Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 100 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.

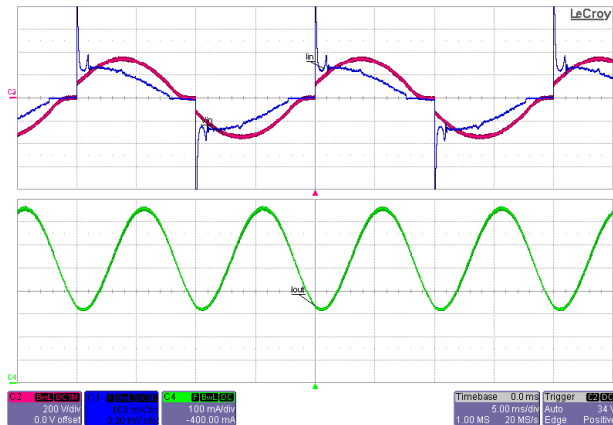




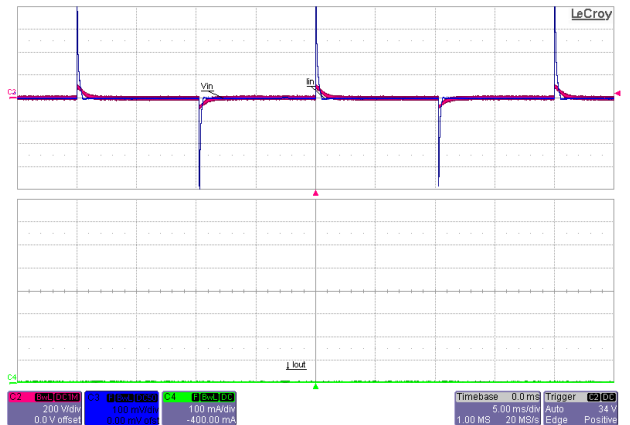
**Figure 49** – 240 VAC / 50 Hz, (China) Eba Huang Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 100 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.



**Figure 50** – 240 VAC / 50 Hz, (China) Eba Huang Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 100 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.

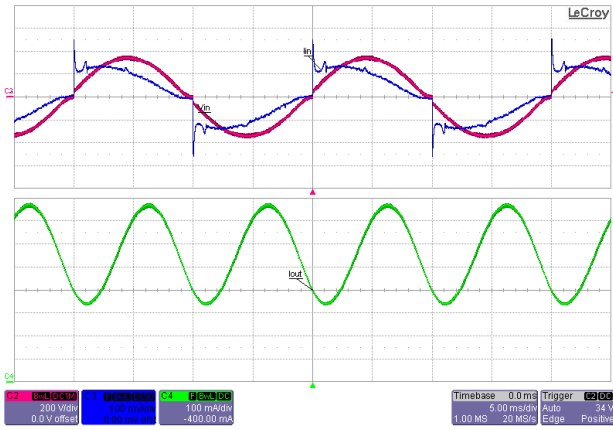


**Figure 51** – 240 VAC / 50 Hz, (China) SB elect 600 W Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 100 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.

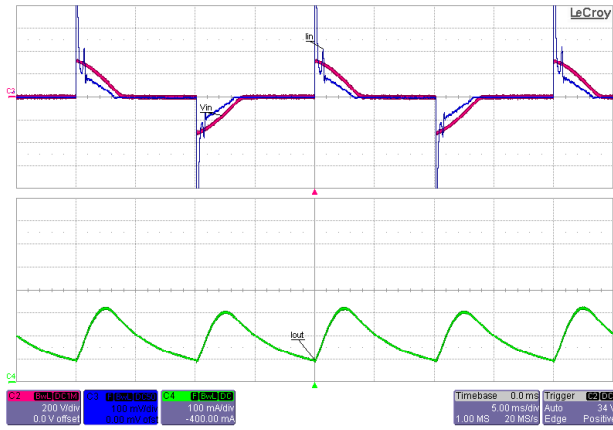


**Figure 52** – 240 VAC / 50 Hz, (China) SB elect 600 W Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 100 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.

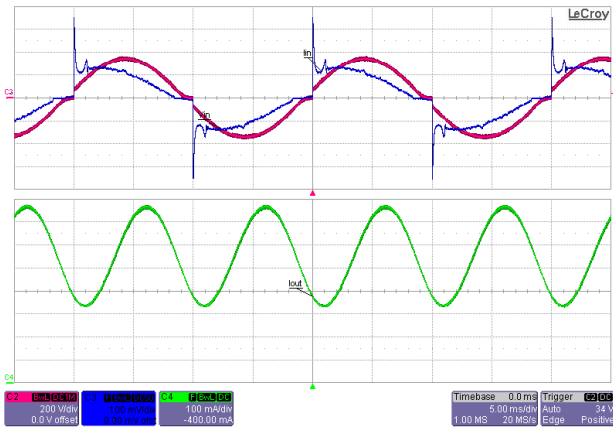




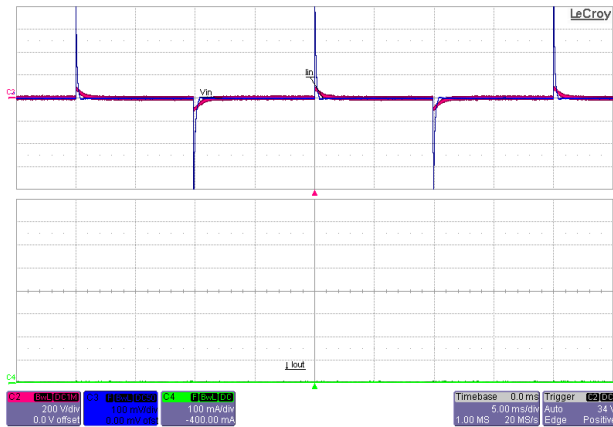
**Figure 53** – 240 VAC / 50 Hz, (China) Myongbo Dimmer at Full TRIAC conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 100 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.



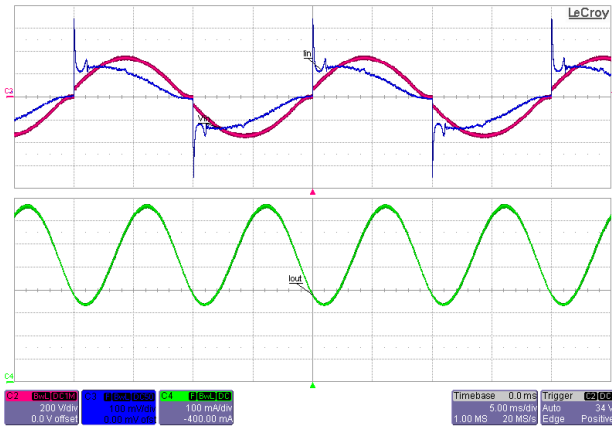
**Figure 54** – 240 VAC / 50 Hz, (China) Myongbo Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 100 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.



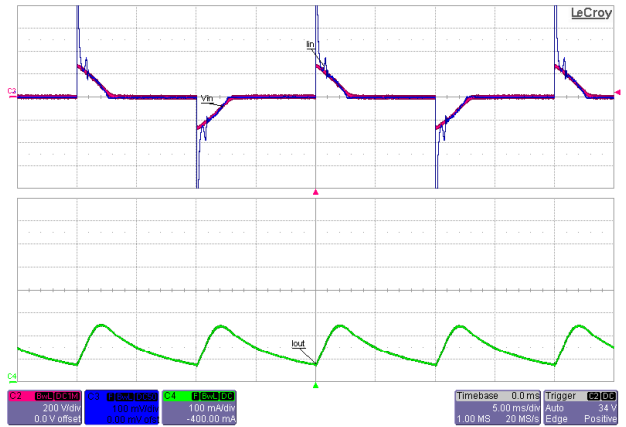
**Figure 55** – 240 VAC / 50 Hz, (China) KBE, 650 W Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 100 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.



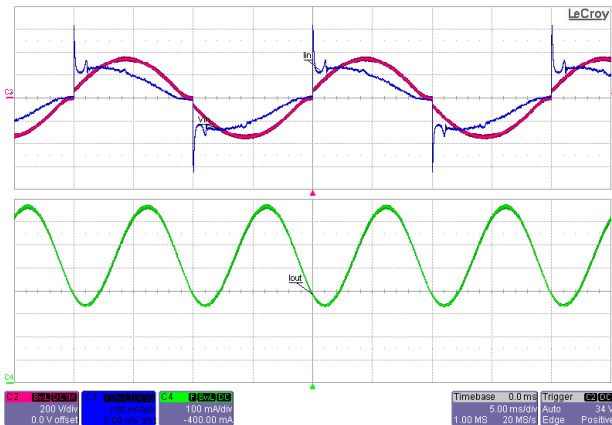
**Figure 56** – 240 VAC / 50 Hz, (China) KBE, 650 W Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 100 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.



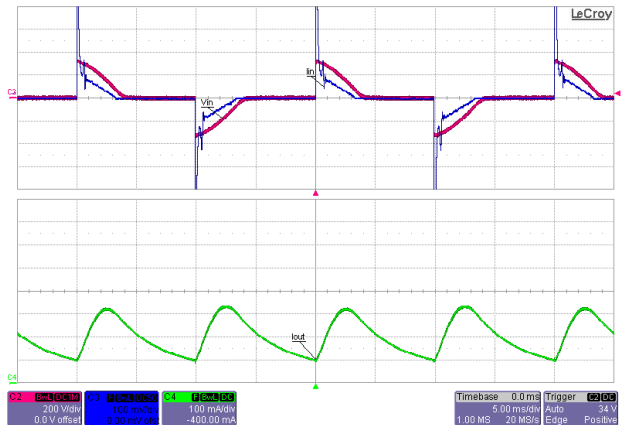
**Figure 57** – 240 VAC / 50 Hz, (China) Clipmei Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2: V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3: I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4: I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.



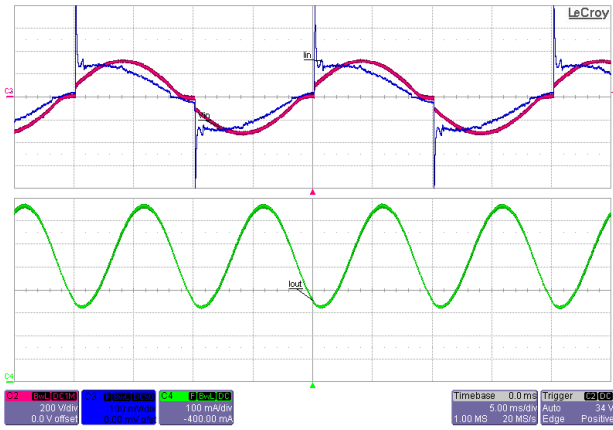
**Figure 58** – 240 VAC / 50 Hz, (China) Clipmei Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2: V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3: I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4: I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.



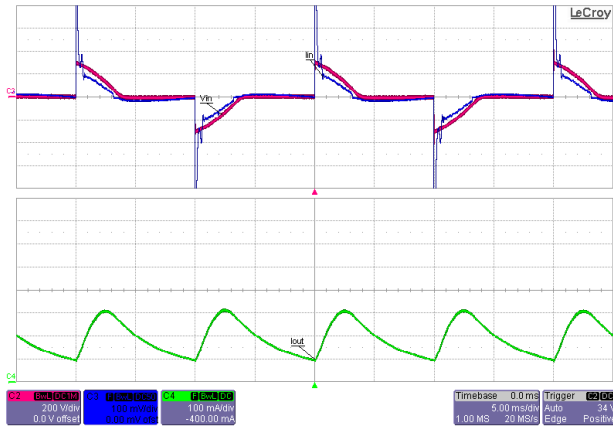
**Figure 59** – 240 VAC / 50 Hz, (China) Mank 200 W Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2: V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3: I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4: I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.



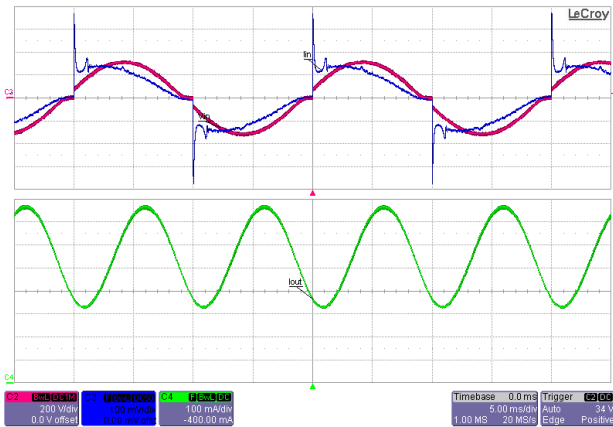
**Figure 60** – 240 VAC / 50 Hz, (China) Mank 200 W Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2: V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3: I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4: I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.



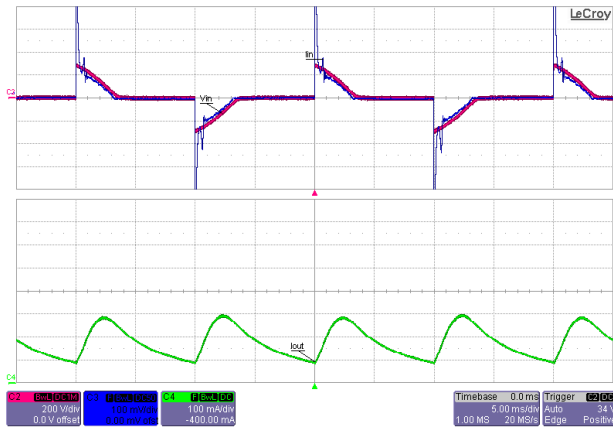
**Figure 61** – 240 VAC / 50 Hz, (Korea) Anam, 500 W Dimmer at full TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2: V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3: I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4: I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.



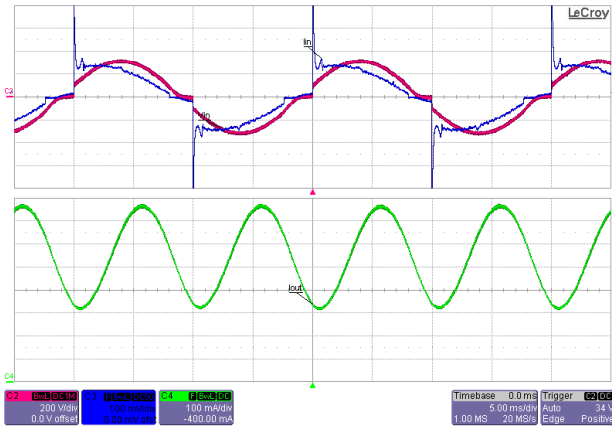
**Figure 62** – 240 VAC / 50 Hz, (Korea) Anam, 500 W Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2: V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3: I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4: I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.



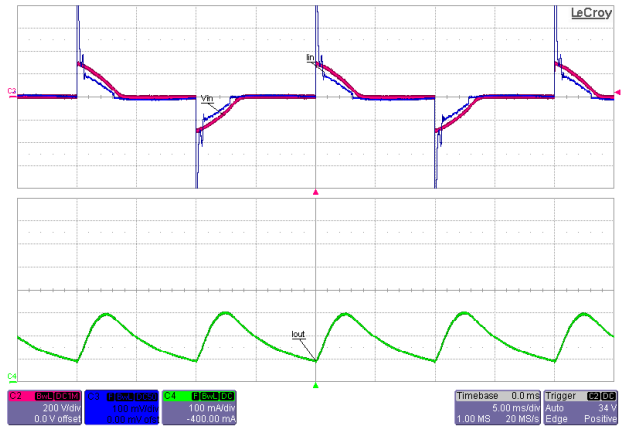
**Figure 63** – 240 VAC / 50 Hz, (Korea) Shin Sung Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2: V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3: I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4: I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.



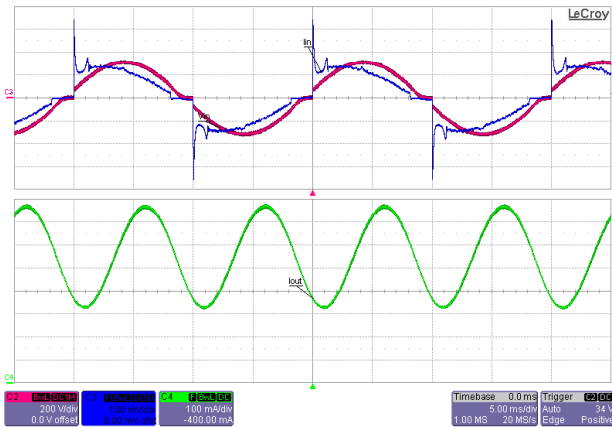
**Figure 64** – 240 VAC / 50 Hz, (Korea) Shin Sung Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2: V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3: I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4: I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.



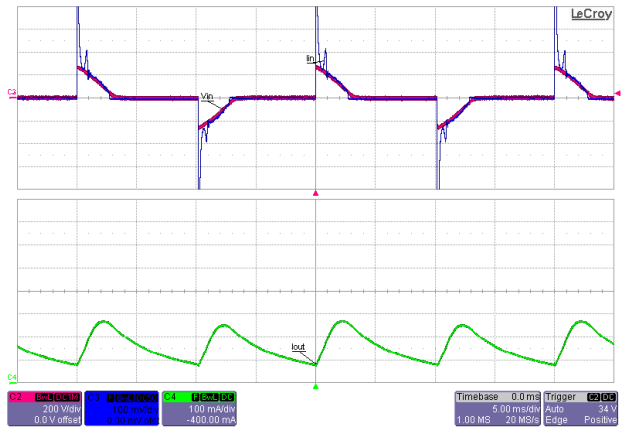
**Figure 65** – 240 VAC / 50 Hz, (Korea) Fantasia 500 W Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 100 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.



**Figure 66** – 240 VAC / 50 Hz, (Korea) Fantasia 500 W Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 100 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.

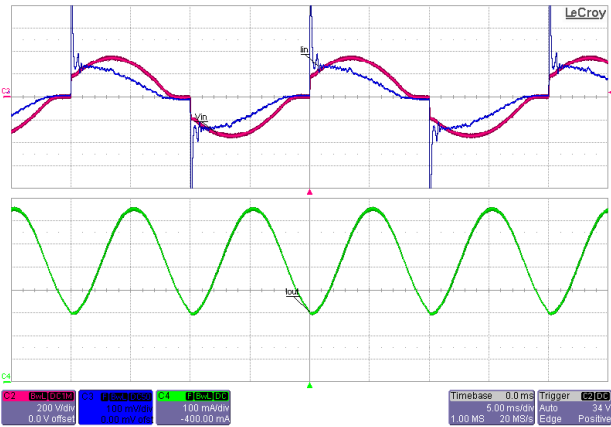


**Figure 67** – 240 VAC / 50 Hz, (Korea) Shin Sung 2 Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 100 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.

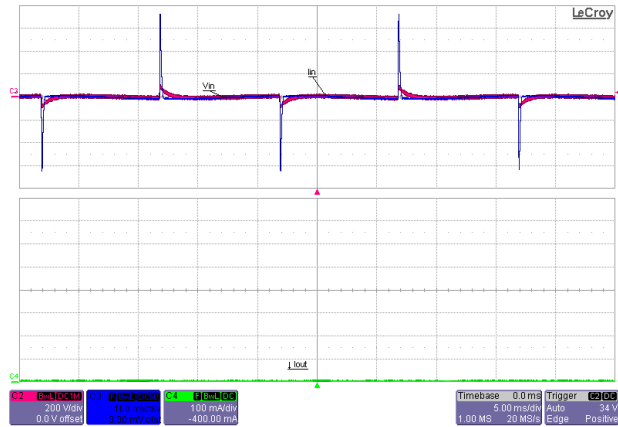


**Figure 68** – 240 VAC / 50 Hz, (Korea) Shin Sung 2 Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 100 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.

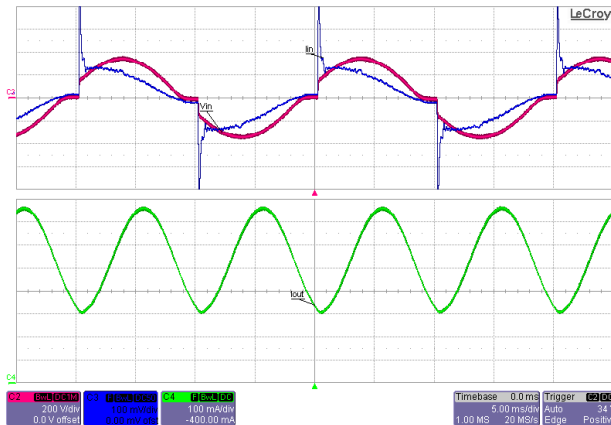




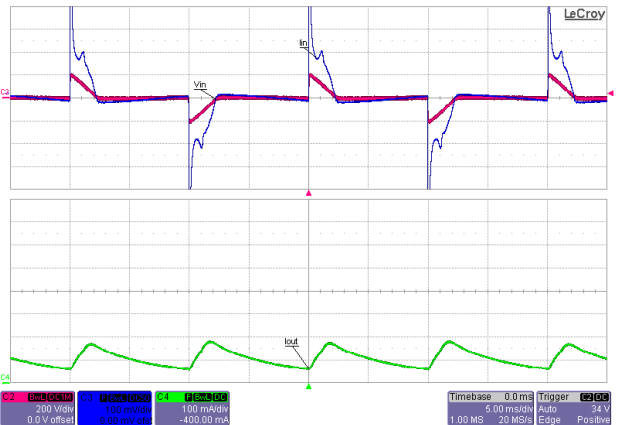
**Figure 69** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) Rev 300 W Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 100 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.



**Figure 70** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) Rev 300 W Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 100 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.

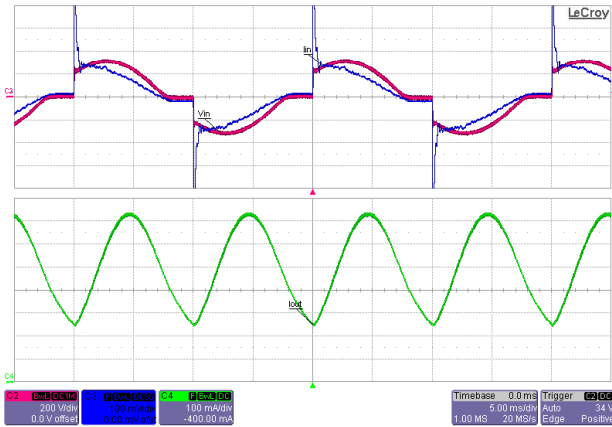


**Figure 71** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) Busch 2250 600 W Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 100 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.

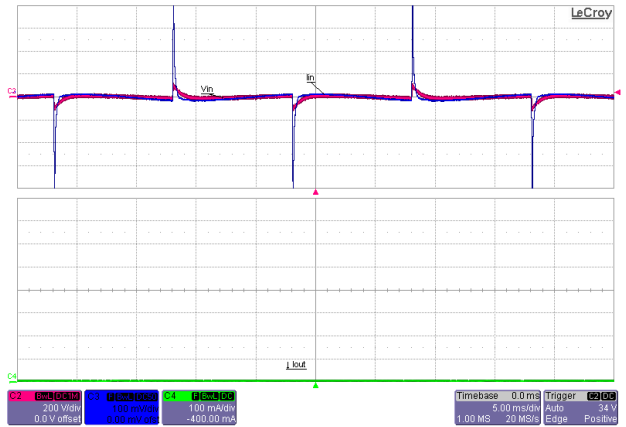


**Figure 72** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) Busch 2250 600 W Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 100 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.

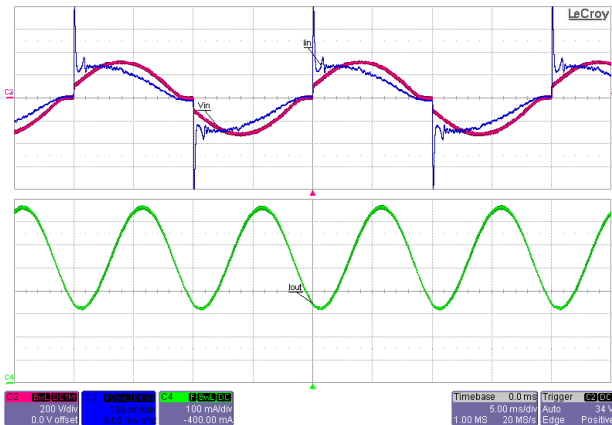




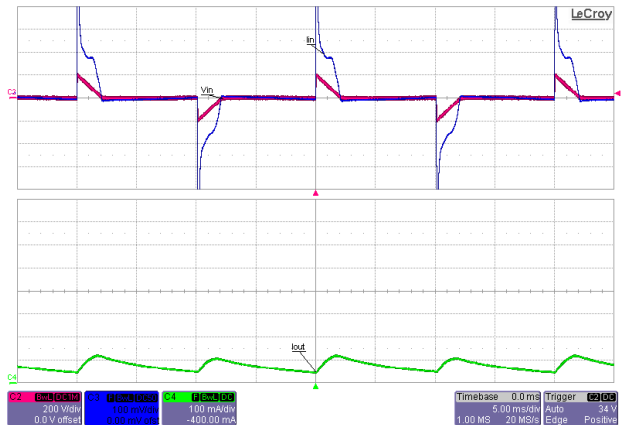
**Figure 73** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) PEHA 400 W Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 100 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.



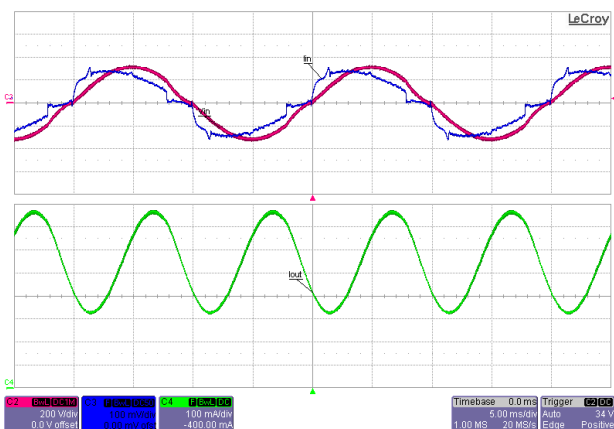
**Figure 74** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) PEHA 400 W Dimmer at Minimum TRIAC conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 100 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.



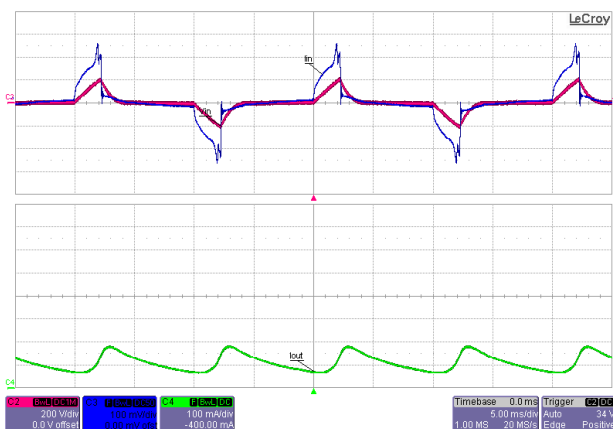
**Figure 75** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) Merten 572499, 400 W Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 100 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.



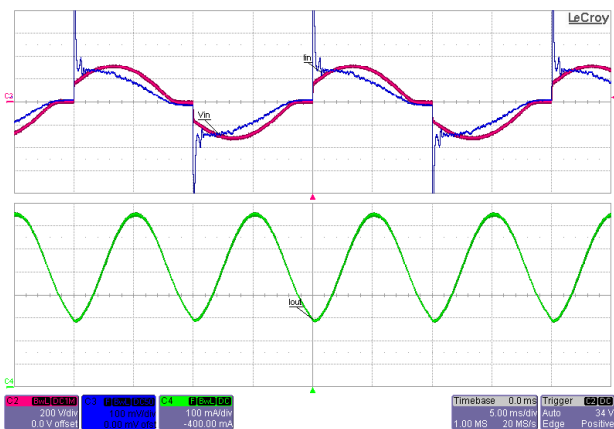
**Figure 76** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) Merten 572499, 400 W Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 100 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.



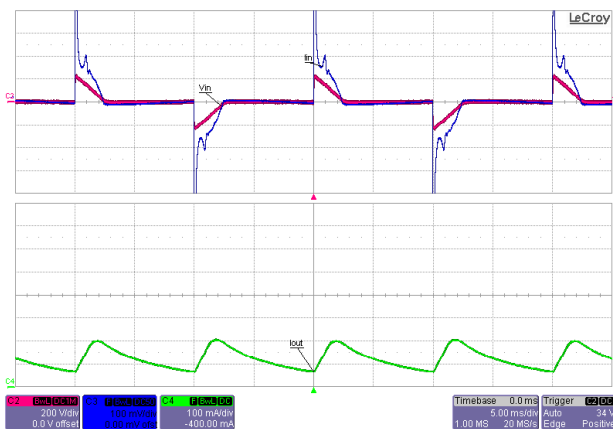
**Figure 77** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) Busch 6513, 420 W Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 100 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.



**Figure 78** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) Busch 6513, 420 W Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 100 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.

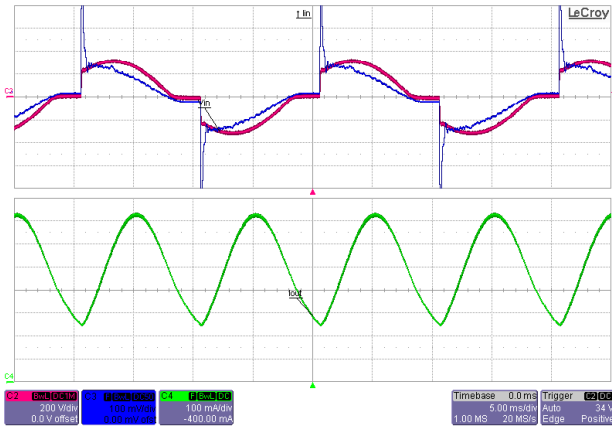


**Figure 79** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) Berker 2875, 600 W Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 100 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.

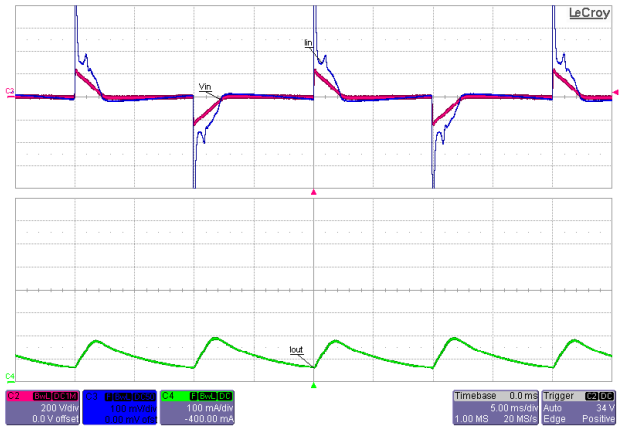


**Figure 80** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) Berker 2875, 600 W Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 100 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.

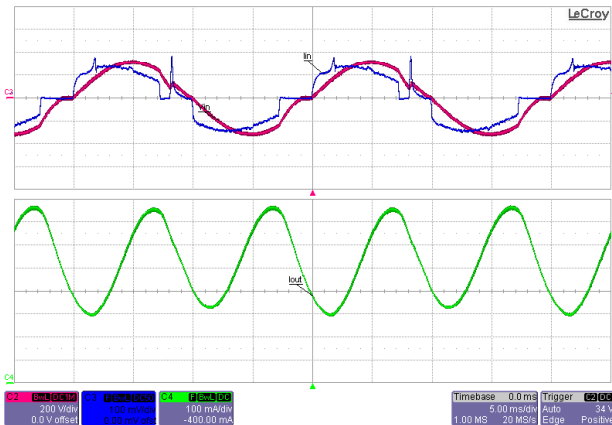




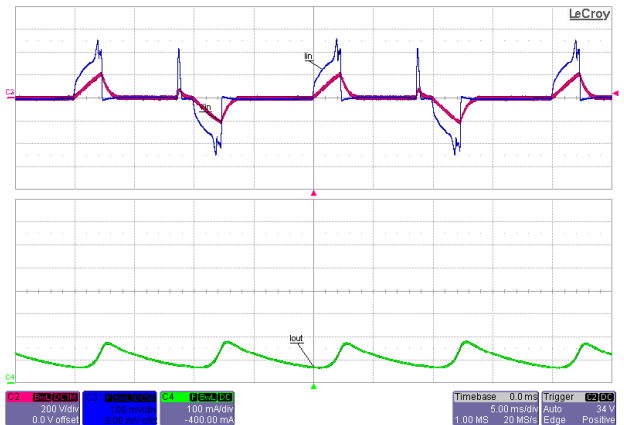
**Figure 81** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) Ove Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 100 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.



**Figure 82** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) Ove Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 100 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.

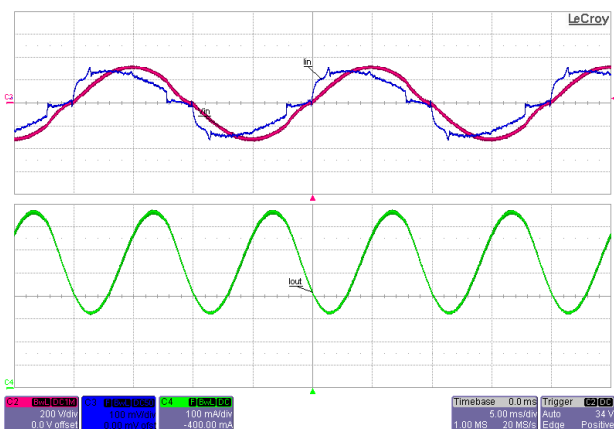


**Figure 83** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) Busch 691 U-101 Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 100 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.



**Figure 84** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) Busch 691 U-101 Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 100 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.

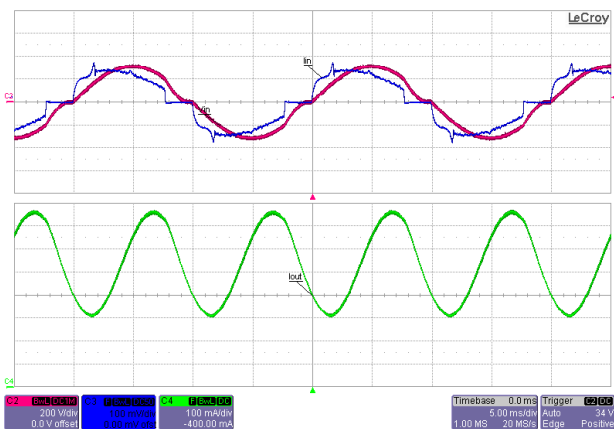




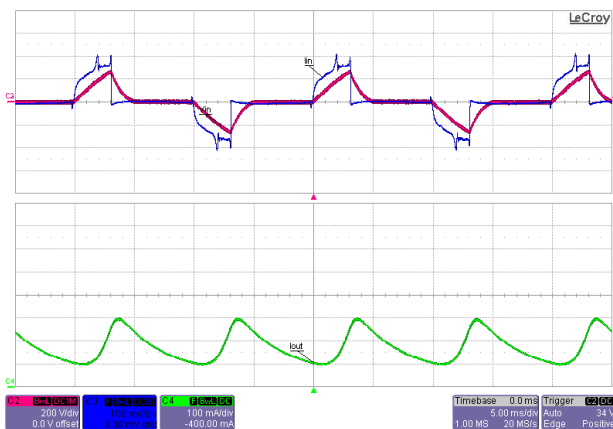
**Figure 85** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) Busch 6513 U102 Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 100 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.



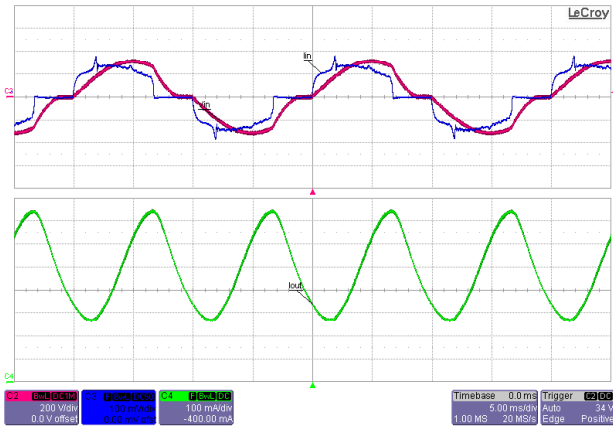
**Figure 86** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) Busch 6513 U102 Dimmer at minimum TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 100 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.



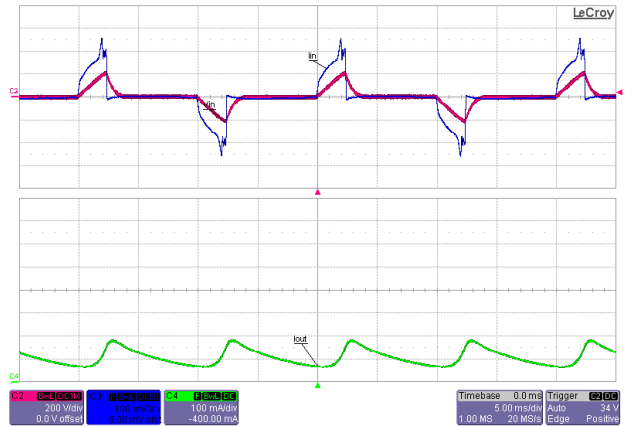
**Figure 87** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) PEHA 433AB Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 100 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.



**Figure 88** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) PEHA 433AB Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 100 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.



**Figure 89** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) PEHA 433AB oA Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 100 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.

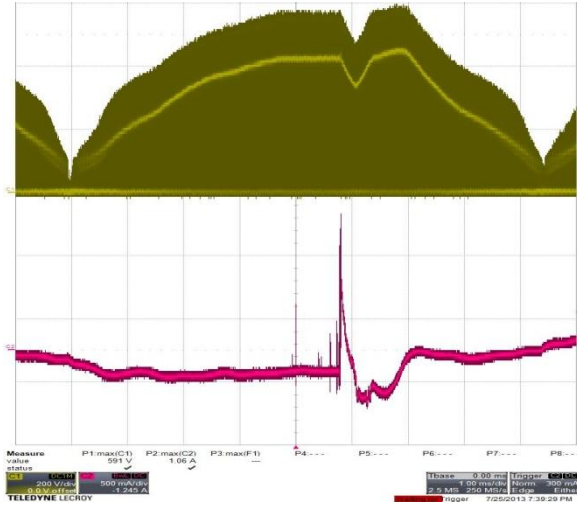


**Figure 90** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) PEHA 433AB oA Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load: 36 V LED String.  
 Ch2:  $V_{IN}$ , 200 V / div.  
 Ch3:  $I_{IN}$ , 100 mA / div.  
 Ch4:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Time Scale: 5 ms / div.

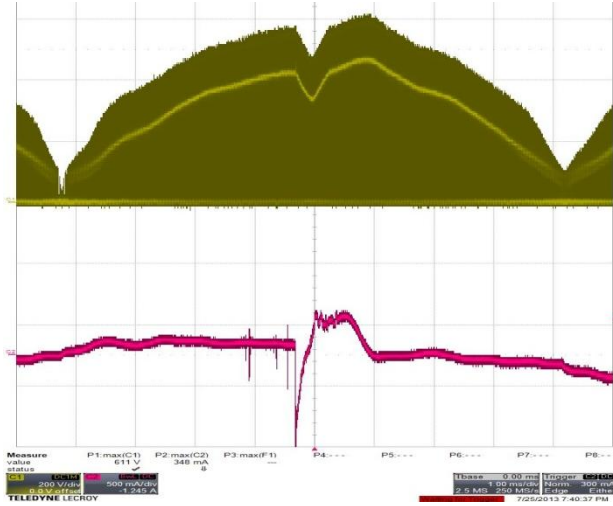


13.10 라인 서지 파형

13.10.1 디퍼렌셜 라인 서지

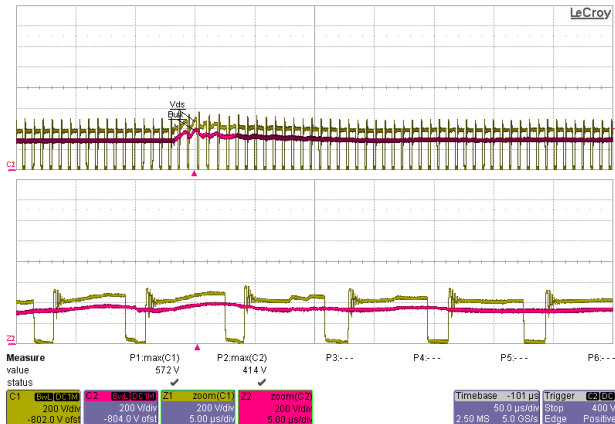


**Figure 91** –265 VAC / 60 Hz, 36 V Load,  
 $V_{DS} = 591 V_{PK}$   
 (+) 500 V Diff. Line Surge at 90°.  
 Ch1:  $V_{DS}$ , 200 V / div.  
 Ch2:  $I_{IN}$ , 500 mA / div.  
 Time Scale: 1  $\mu s$  / div.

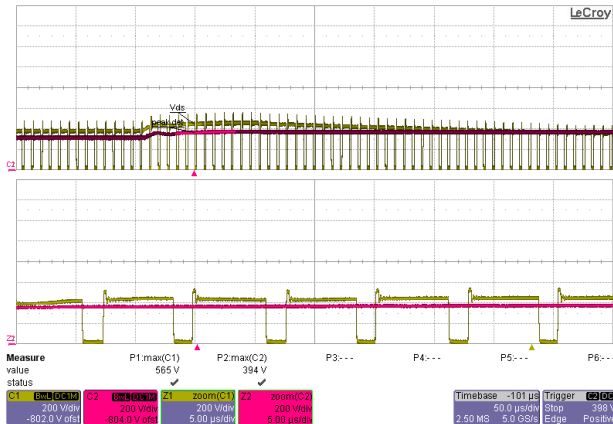


**Figure 92** – 265 VAC / 50 Hz, 36 V Load,  
 $V_{DS} = 611 V_{PK}$   
 (+) 500 V Diff. Line Surge at 270°.  
 Ch1:  $V_{BULK}$ , 100 V / div.  
 Ch2:  $V_{DS}$ , 200 V / div.  
 Time Scale: 200  $\mu s$  / div.  
 Zoom Time Scale: 20  $\mu s$  / div.

13.10.2 디퍼렌셜 링 서지



**Figure 93** –230 VAC / 60 Hz, 36 V Load,  
 $V_{DS} = 572 V_{PK}$   
 (+) 500 V Differential Ring Surge at 90°.  
 Ch1:  $V_{DS}$ , 200 V / div.  
 Ch2:  $V_{BULK}$ , 200 V / div.  
 Zoom Time Scale: 5  $\mu s$  / div.



**Figure 94** – 230 VAC / 60 Hz, 36 V Load,  
 $V_{DS} = 565 V_{PK}$   
 (+) 500 V Differential Ring Surge at 0°.  
 Ch1:  $V_{DS}$ , 200 V / div.  
 Ch2:  $V_{BULK}$ , 200 V / div.  
 Zoom Time Scale: 5  $\mu s$  / div.



## 14 라인 서지

Input voltage was set at 230 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 1.2 / 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.



## 15 전도성 EMI

### 15.1 장비

Receiver:

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

LISN:

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

### 15.2 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.

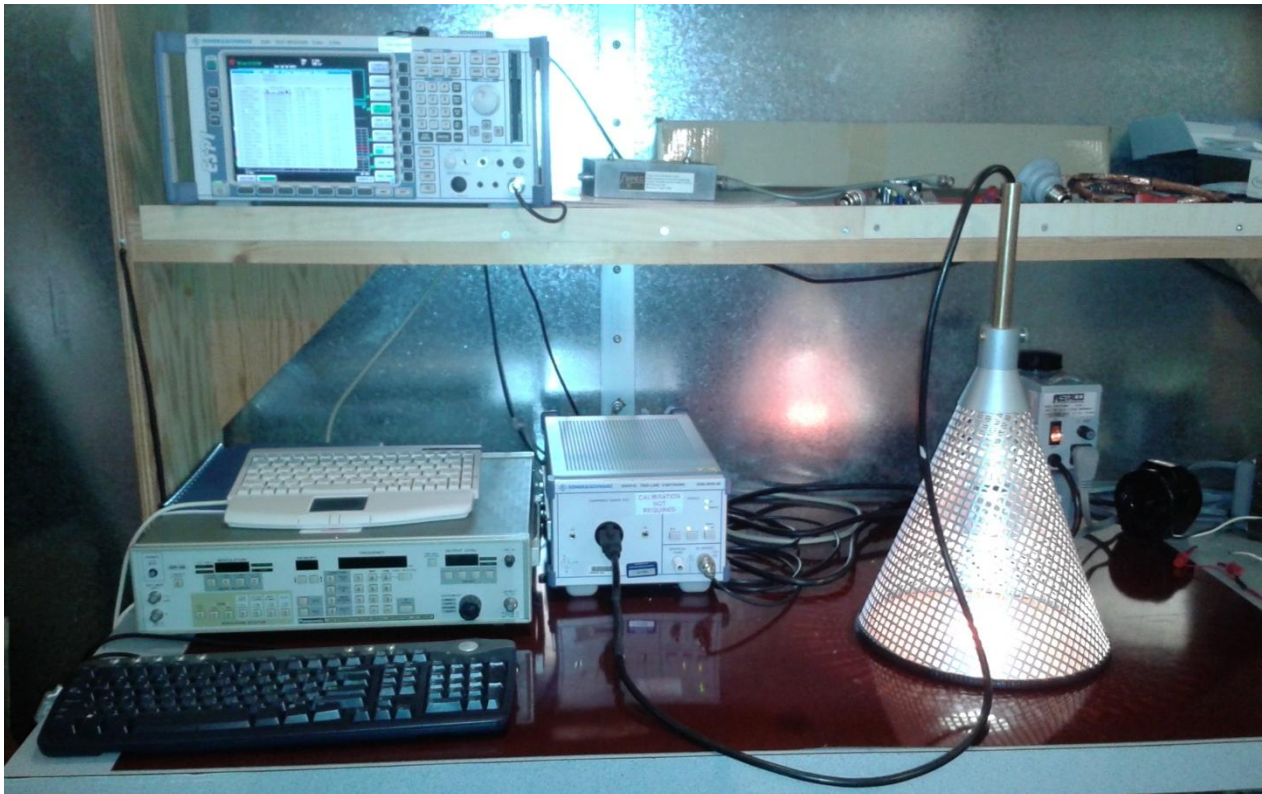


Figure 95 – Conducted Emissions Measurement Set-up.



### 15.3 EMI 테스트 결과

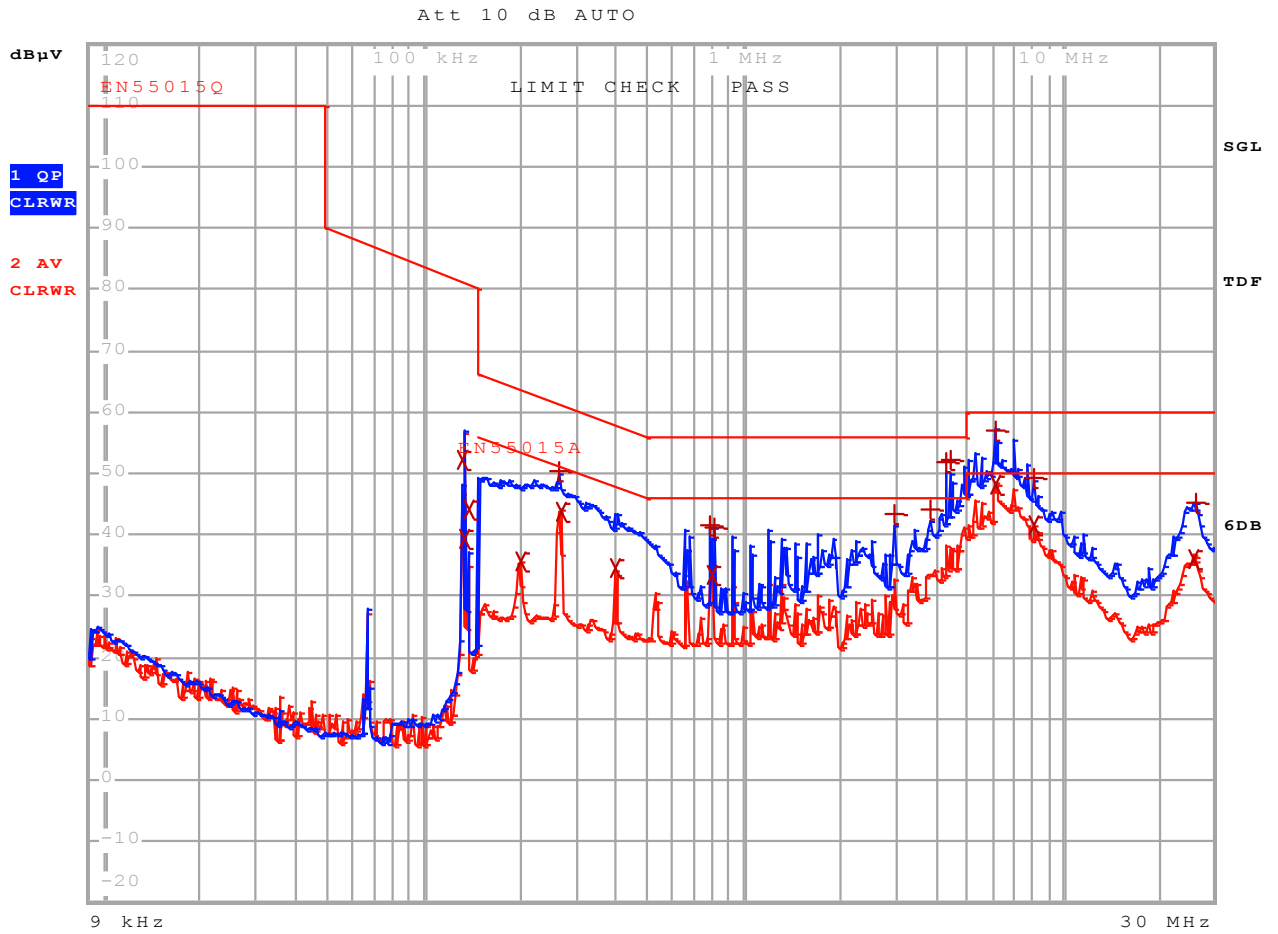


Figure 96 – Conducted EMI, 36 V output / 550 mA Steady-State Load, 230 VAC, 60 Hz, and EN55015 Limits.



EDIT PEAK LIST (Final Measurement Results)						
Trace1:	EN55015Q					
Trace2:	EN55015A					
Trace3:	---					
TRACE		FREQUENCY	LEVEL	dB $\mu$ V		DELTA LIMIT
						dB
2	Average	130.825395691 kHz	38.20	L1	gnd	
1	Quasi Peak	133.454986145 kHz	64.55	L1	gnd	-16.50
2	Average	133.454986145 kHz	64.29	N	gnd	
2	Average	136.137431366 kHz	24.88	L1	gnd	
1	Quasi Peak	174.145343305 kHz	52.73	L1	gnd	-12.02
2	Average	200.175581485 kHz	35.00	N	gnd	-18.60
1	Quasi Peak	208.303512797 kHz	50.42	L1	gnd	-12.85
1	Quasi Peak	227.818484195 kHz	50.65	N	gnd	-11.87
1	Quasi Peak	246.694773277 kHz	50.50	L1	gnd	-11.36
1	Quasi Peak	254.169871602 kHz	51.18	N	gnd	-10.43
2	Average	267.135089486 kHz	44.12	N	gnd	-7.07
2	Average	401.705024172 kHz	36.36	N	gnd	-11.45
1	Quasi Peak	434.988979109 kHz	45.29	L1	gnd	-11.86
2	Average	667.263434405 kHz	34.06	N	gnd	-11.93
2	Average	798.145472681 kHz	35.73	N	gnd	-10.26
1	Quasi Peak	3.76891518811 MHz	42.16	L1	gnd	-13.83
2	Average	3.76891518811 MHz	33.46	L1	gnd	-12.53
1	Quasi Peak	4.16322710559 MHz	45.25	L1	gnd	-10.74
2	Average	5.28619370567 MHz	41.89	N	gnd	-8.10
1	Quasi Peak	5.55584271143 MHz	46.93	N	gnd	-13.06

Figure 97 – Conducted EMI, 36 V / 550 mA Steady-State Load Steady-State Load, 230 VAC, 60 Hz, and EN55015 Limits / Line and Neutral Scan Design Margin Measurement.





**16 개정 내역**

<b>Date</b>	<b>Author</b>	<b>Revision</b>	<b>Description and Changes</b>	<b>Reviewed</b>
25-Sep-13	ME	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(선젠)

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: [singaporeales@powerint.com](mailto:singaporeales@powerint.com)

### 애플리케이션 문의 전화

전 세계 통합 번호 +1-408-414-9660

### 애플리케이션 문의 팩스

전 세계 통합 번호 +1-408-414-9760

