

## 디자인 예제 보고서

제목	<b>12W 고역률 비절연 박-부스트, TRIAC 디머블 LED 드라이버(LYTSwitch™-4 LYT4322E 사용)</b>
사양	190VAC - 265VAC 입력, 120V <sub>TYP</sub> , 100mA 출력
애플리케이션	A19 LED 드라이버
작성자	애플리케이션 엔지니어링 부서
문서 번호	DER-412
날짜	2014년 6월 9일
개정	1.0

### 요약 및 기능

- 정전류(CC) 출력과 결합된 일체형(single-stage) PFC
- TRIAC 디머블
  - 300W에서 1200W 사이의 다양한 TRIAC 디머와 함께 사용 가능
  - 빠른 스타트업 시간(<200ms) - 인지되는 지연 시간 없음
- 집적된 보호 및 신뢰성 기능
  - 오토 리커버리 기능으로 출력 단락 회로 보호
  - 큰 히스테리시스(Hysteresis)가 있는 오토 리커버리 써멀 섯다운
  - 브라운아웃 상태에서 손상 없음
- 230VAC에서 역률 0.9 이상
- 링 웨이브 및 디퍼렌셜 라인 서지와 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)

## 목차

1	소개 .....	4
2	파워 서플라이 사양 .....	7
3	회로도 .....	8
4	회로 설명 .....	9
4.1	입력 EMI 필터링 .....	9
4.2	전력 회로 .....	9
4.3	출력 피드백 .....	9
4.4	TRIAC 위상 디밍 컨트롤 호환성 .....	10
4.5	무부하/오픈 부하 보호 .....	10
4.6	선택형 턴오프 회로 .....	11
5	PCB 레이아웃 .....	13
6	부품 목록(BOM) .....	15
6.1	턴오프 회로가 없는 BOM .....	15
6.2	턴오프 회로가 있는 BOM .....	16
7	인덕터 디자인 스프레드시트 .....	18
8	인덕터 사양 .....	21
8.1	전기적 구성도 .....	21
8.2	전기적 사양 .....	21
8.3	재료 .....	21
8.4	인덕터 제작 구성도 .....	22
8.5	인덕터 구성 .....	22
9	성능 데이터 .....	23
9.1	효율 .....	23
9.2	라인 레귤레이션 .....	24
9.3	역률 .....	25
9.4	테스트 데이터 .....	26
10	디밍 성능 데이터 .....	27
10.1	디밍 곡선 .....	27
10.2	디밍 효율 .....	28
10.3	디밍하는 동안 드라이버 전력 손실 .....	29
10.4	디머 호환성 목록 .....	30
11	써멀 성능 .....	31
11.1	230VAC, 50Hz: 연결된 디머 없음 .....	31
11.2	230VAC, 50Hz: 디머 연결, 90° 도통각 .....	32
12	비디밍(연결된 디머 없음) 파형 .....	33
12.1	입력 전압 및 입력 전류 파형 .....	33
12.2	정상 작동 시 출력 전류 및 출력 전압 .....	34
12.3	출력 전류 상승 및 하강 .....	35
12.4	정상 작동 시 드레인 전압 및 전류 .....	36



12.5	스타트업 드레인 전압 및 전류 .....	37
12.6	출력 단락 상태에서의 드레인 전류 및 드레인 전압 .....	38
12.7	오픈 부하 특성 .....	39
12.8	브라운아웃/브라운인 .....	39
13	디밍 파형 .....	40
13.1	입력 전압 및 입력 전류 파형 - 리딩 엣지 디머 .....	40
13.2	출력 전류 파형 - 리딩 엣지 디머 .....	41
13.3	입력 전압 및 입력 전류 파형 - 트레일링 엣지 디머 .....	42
13.4	출력 전류 파형 - 트레일링 엣지 디머 .....	43
13.5	드레인 전류 파형 - 리딩 엣지 디머 .....	44
14	전도성 EMI .....	45
14.1	테스트 설정 .....	45
14.2	테스트 결과 .....	46
15	라인 서지 .....	48
16	개정 내역 .....	49

**중요 사항:**이 기판은 안전 절연거리 요구 사항에 맞도록 디자인되었지만 엔지니어링 프로토타입은 아직 기관 승인을 받지 않은 상태입니다.따라서 AC 입력을 프로토타입 보드에 제공하도록 절연 트랜스포머를 사용하여 모든 테스트를 수행해야 합니다.

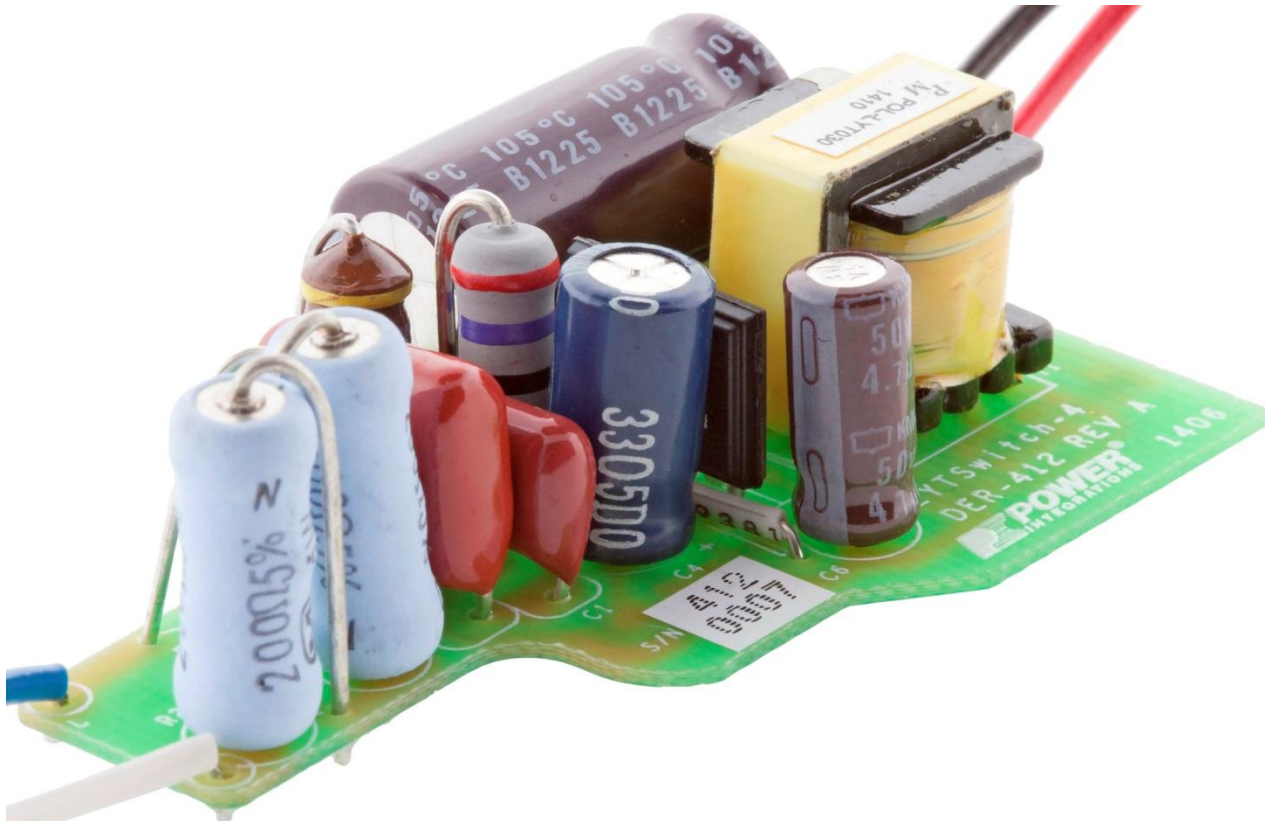


## 1 소개

이 문서에서는 190VAC~265VAC(일반적으로 50Hz)의 입력 전압 범위에서 100mA 의 120V 공칭 LED 스트링 전압을 구동하도록 설계된 비절연, 고역률(PF) TRIAC 디머블 LED 드라이버에 대해 설명합니다. 해당 LED 드라이버는 LYTSwitch-4 IC 제품군의 LYT4322E 를 사용합니다.

사용된 토폴로지는 고역률, 정전류 레귤레이션 및 관련 디밍 요구사항을 충족하는 일체형(single-stage) 비절연 벅-부스트입니다.

이 문서에는 LED 드라이버 사양, 회로도, PCB 상세 정보, 부품 목록(BOM), 트랜스포머 규격 및 일반 성능 특성이 설명되어 있습니다.



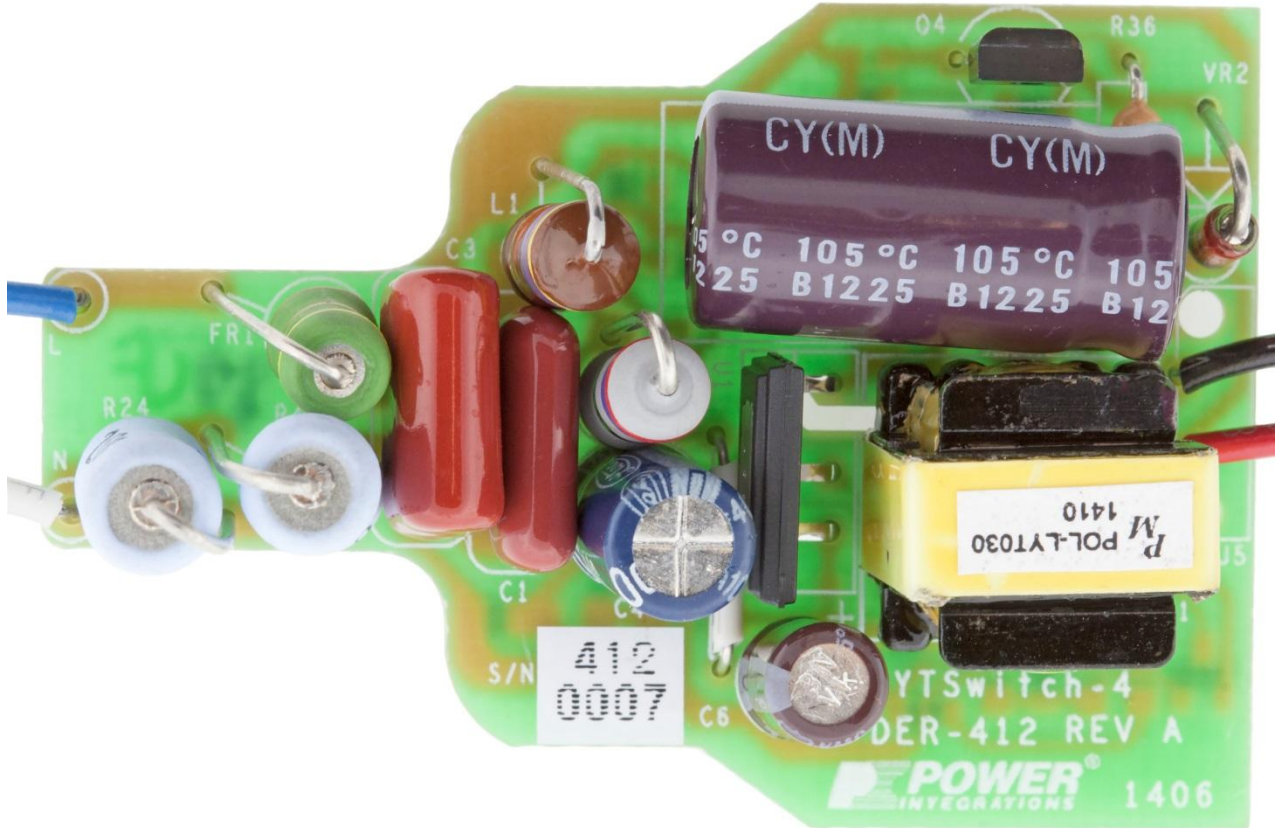


Figure 1 – Populated Circuit Board, Top View.

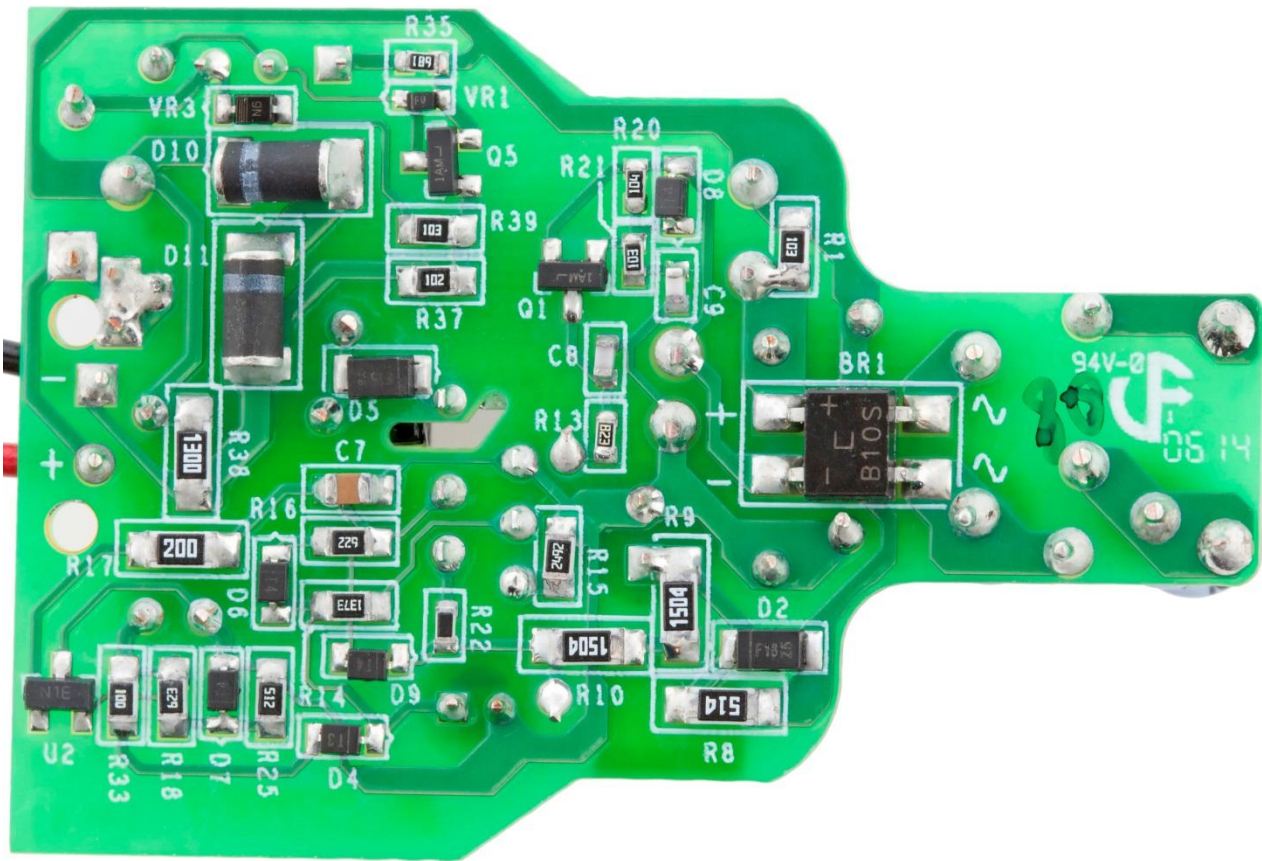


Figure 2 – Populated Circuit Board, Bottom View.



## 2 파워 서플라이 사양

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

설명	기호	최소	기준값	최대	단위	설명
입력 전압 주파수	$V_{IN}$ $f_{LINE}$	190	230 50	265	VAC Hz	2 선식 - P.E. 없음
출력 출력 전압 출력 전류 총 출력 전력 연속 출력 전력	$V_{OUT}$ $I_{OUT}$ $P_{OUT}$	93	120 100 12	107	V mA W	$V_{OUT} = 120V, V_{IN} = 230VAC, 25^{\circ}C$
효율 플루하	$\eta$	84	85		%	$P_{OUT}$ 25°C 에서 측정(디머 없음, 230VAC 입력)
환경 전도성 EMI 안정성 링 웨이브(100kHz) 디퍼렌셜 모드(L1-L2) 디퍼렌셜 서지			CISPR 15B/EN55015B 비절연 2.5 500		kV V	
역률			0.9			$V_{OUT(TYP)}, I_{OUT(TYP)}$ 및 230VAC, 50Hz 에서 측정
주변 온도	$T_{AMB}$		40		°C	자유 대류, 오픈 프레임 *최종 조립 시 작동 온도를 높이고 멤퍼 R24 및 R40 에서의 써멀 스트레스를 줄이기 위해 포팅을 고려해야 합니다





3 회로도

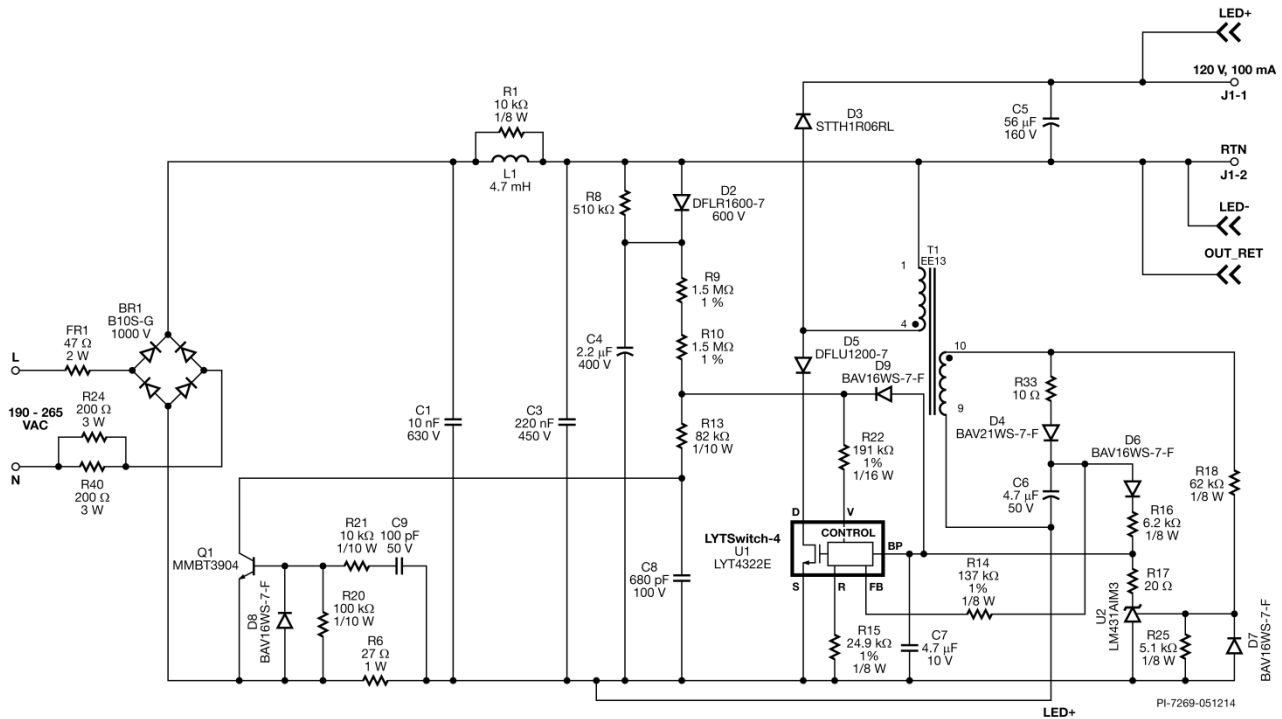


Figure 3 – Schematic.

Note: JP1 is 0 Ω 1206 smd resistor in R38 location if optional turn-off circuit is not used.



## 4 회로 설명

LYTSwitch-4 LYT4322E 디바이스는 725V 파워 MOSFET가 통합된 컨트롤러로, LED 드라이버 애플리케이션에 사용됩니다. LYTSwitch-4 LYT4322E는 일체형(single-stage) 벡-부스트 토폴로지에서 사용하도록 구성되어 있으며 AC 입력에서 고역률을 유지하면서 레귤레이션된 정전류 출력을 제공합니다.

### 4.1 입력 EMI 필터링

퓨저블 저항 FR1은 비정상적인 상태에서 부품 불량 발생 시 보호 기능을 제공합니다. 브리지 다이오드 BR1은 1차측 스위칭 전류에 낮은 임피던스 경로(디커플링)를 제공하는 커패시터 C3와 함께 AC 입력 전압을 정류합니다. 0.9보다 큰 역률을 유지하기 위해서는 입력 커패시턴스 값(C1와 C3의 합계)이 낮아야 합니다. 인덕터 L1과 커패시터 C1 및 C3에서 EMI를 필터링합니다.

### 4.2 전력 회로

이 설계에서 선택한 토폴로지는 190VAC~265VAC 의 입력 전압 범위에서 고역률 및 정전류 출력을 제공하도록 구성된 로우 사이드 스위치 벡-부스트입니다.

U1 이 OFF 상태일 때마다 출력 다이오드 D3 이 전도되어 부하에 에너지를 전달합니다. C3 의 전압(정류된 입력 AC)이 출력 전압 이하로 떨어질 때 역방향 전류가 U1 을 통해 흐르는 것을 방지하기 위해 다이오드 D5 가 필요합니다.

피크 입력 전압 정보를 U1 에 제공하기 위해 들어오는 정류된 AC 피크는 D2 를 통해 C4 를 충전합니다. 그런 다음 R9 및 R10 을 통해 U1 의 VOLTAGE MONITOR(V) 핀에 전류로 공급됩니다. 저항 R9 및 R10 은 230VAC 입력에서 ~100 $\mu$ A 의  $I_V$  값을 제공할 수 있도록 선택합니다(PIXI 스프레드시트를 사용하여 계산).

입력 과전압 섯다운 기능(V 핀 전류를 통해 센싱)은 정류된 입력 전압 내성(서지 및 입력 팽창 시)을 내부 파워 MOSFET 의 725V<sub>DSS</sub> 정격으로 확장합니다.

커패시터 C7은 내부 컨트롤러용 서플라이 핀에 해당하는 U1의 BP 핀에 로컬 디커플링을 제공합니다. 스타트업 동안에 C7은 U1의 D 핀에 연결된 내부 고전압 전류 소스를 통해 최대 6V까지 충전됩니다.

U1의 REFERENCE 핀은 24.9k $\Omega$  값의 저항 R15를 통해 그라운드(SOURCE)에 연결됩니다.

### 4.3 출력 피드백

피드백은 정류된 바이어스 권선에서 발생하고, 다이오드 D4 및 커패시터 C6 으로 구성된 네트워크로 필터링됩니다. 커패시터 C6 의 출력 전압 정보가 저항 R14 를 통해 피드백 전류로 변환됩니다. LYT4322E 가 이 전류를 사용하여 컨버터의 출력 전류를 조정합니다.



#### 4.4 TRIAC 위상 디밍 컨트롤 호환성

TRIAC 을 기반으로 하는 낮은 가격의 리딩 엣지 및 트레일링 엣지 위상 디머를 사용하여 출력 디밍을 제공해야 하는 요구 사항에 따라 다양한 절충 방안이 설계에 적용되었습니다.

LED 기반 조명은 훨씬 낮은 전력을 소비하므로 전체 램프가 끌려온 전류는 디머 내에 있는 TRIAC 의 홀딩 전류보다 적습니다. 이로 인해 디밍 범위가 제한되거나/또는 깜박임과 같은 바람직하지 않은 동작이 발생할 수 있습니다. LED 램프가 라인 및 디머에 제공하는 비교적 큰 임피던스 때문에 LED 드라이버가 드라이버 내 및 디머 내에서 LC 네트워크의 응답을 일반적으로 EMI 에 필요한 수준으로 댐핑할 수 없어 링잉이 크게 발생할 수 있습니다. 이 경우 링잉으로 인해 TRIAC 전류가 0 으로 내려가고 OFF 상태가 되는 것과 같은 원치 않는 동작이 일어날 수 있습니다.

이러한 문제를 해결하기 위해 패시브 댐퍼와 무손실 액티브 블리더가 사용되었습니다.

TRIAC 디밍 중 입력 네트워크를 댐핑하기 위해 저항 R24 및 R40 이 사용됩니다.

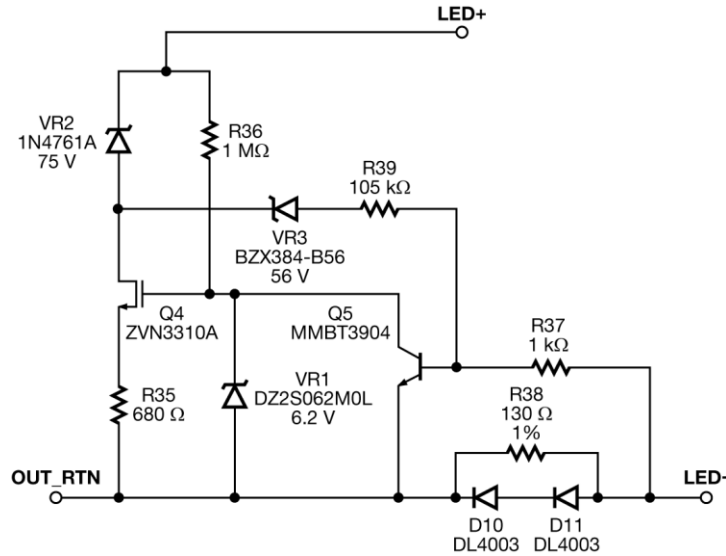
AC 입력의 리딩 엣지 부분 동안 처리되는 전력이 증가함에 따라 추가적인 댐핑이 실행됩니다. 이 방식은 패시브 RC 블리더의 동작을 에뮬레이트하지만 이와 관련된 손실 및 기타 디밍에서의 단점은 없습니다.

#### 4.5 무부하/오픈 부하 보호

출력 전압은 바이어스 권선에서 메인 권선과 바이어스 권선의 권선비에 따라 감지됩니다. 전압 레귤레이터 U2 가 오토-리스타트 상태에서 BP 핀을 작동시켜 출력 전압을 레귤레이션합니다. 분배 저항 R25 및 R18 이 감지 기준값을 설정합니다. 다이오드 D7 은 턴온 동안 바이어스 권선에 역방향 전압이 발생하는 경우 역방향 전류로부터 U2 를 보호합니다. R17 은 U2 로 흐르는 최대 전류를 제한하는 데 사용됩니다.



4.6 선택형 턴오프 회로



PI-7270-020614

Figure 4 – Turn-off Circuit.

딤 디밍 동안 LED 전류를 끄는 액티브 더미 부하도 이 설계에 사용되었습니다. 이 턴오프 회로는 도통각이 30° 이하인 디머와 함께 드라이버를 사용할 때 출력 조명 쉬머(shimmer)를 방지하는 데 사용됩니다. 30° 이하의 도통각에서는 드라이버에서 처리되는 전력이 너무 낮아 디머 유지 전류를 충족할 수 없을 뿐 아니라 라인 노이즈 때문에 디머 도통각이 편차에 더 민감해집니다. 이로 인해 낮은 도통각에서는 조명 출력에서 쉬머 현상이 발생할 수 있습니다. 이 동작을 방지하지 위해 출력 전류가 5mA 까지 떨어지면 LED 로의 출력 전류가 중단됩니다. 이 출력 전류 기준값은 저항 R38 로 설정됩니다. R38 의 전압 강하가 0.65V(Q5<sub>V<sub>be</sub></sub>) 미만으로 떨어지면 Q5 가 꺼지고 Q4 가 켜집니다. Q4 가 켜지면 출력이 VR2 + Q4<sub>V<sub>DS</sub></sub> + ~4V 로 선평됩니다. 이 레벨에서는 LED 는 꺼지고 모든 출력 전류가 Q4 측으로 전환됩니다. Q4 측이 4V/R35 의 전류를 끌어올 수 있도록 저항 R35 가 선택되었습니다. 이 전류는 Q4 측과 출력 사이의 진동을 방지하기 위해 5mA 기준값보다 약간 높습니다. R35 전압은 Q4<sub>V<sub>GT</sub></sub> - VR1 로 제한됩니다. 이 구성은 Q4 측에서의 최대 전력 소모도 제한합니다.

출력 단락 상태에서 R38 의 보호와 효율을 향상하기 위해 다이오드 D10 및 D11 을 사용하였으며 R38 의 전압 강하를 두 다이오드의 전압 강하로 제한했습니다. VR3 및 R39 는 오픈 부하 상태에서 더미 부하를 섀다운하는 데 사용되었습니다. VR2 + VR3 이 최대 LED 전압보다 크도록 제너 다이오드 VR3 을 선택했습니다. Q5 가 꺼지면 저항 R36 이 Q4 를 바이어스합니다.

그러나 출력 전류 범위가 1mA 미만일 수 있습니다. 이는 디머가 최소 디머 위치에서 시작될 경우 발생합니다. 또한 더미 부하가 활성화되고 4V/R35 의 전류를 끌어올 때



발생합니다. 쉬머를 방지하려면  $4V/R35$  보다 큰  $I_{OUT}$  에서 쉬머 현상이 일어나지 않도록 댐퍼를 설계해야 합니다.

230VAC, 50Hz 라인에서 최소 도통각이  $45^\circ$  이상인 디머와 함께 드라이버를 사용하는 경우 턴오프 회로를 생략하고 R38 을 점퍼 저항으로 대체할 수 있습니다.



### 5 PCB 레이아웃

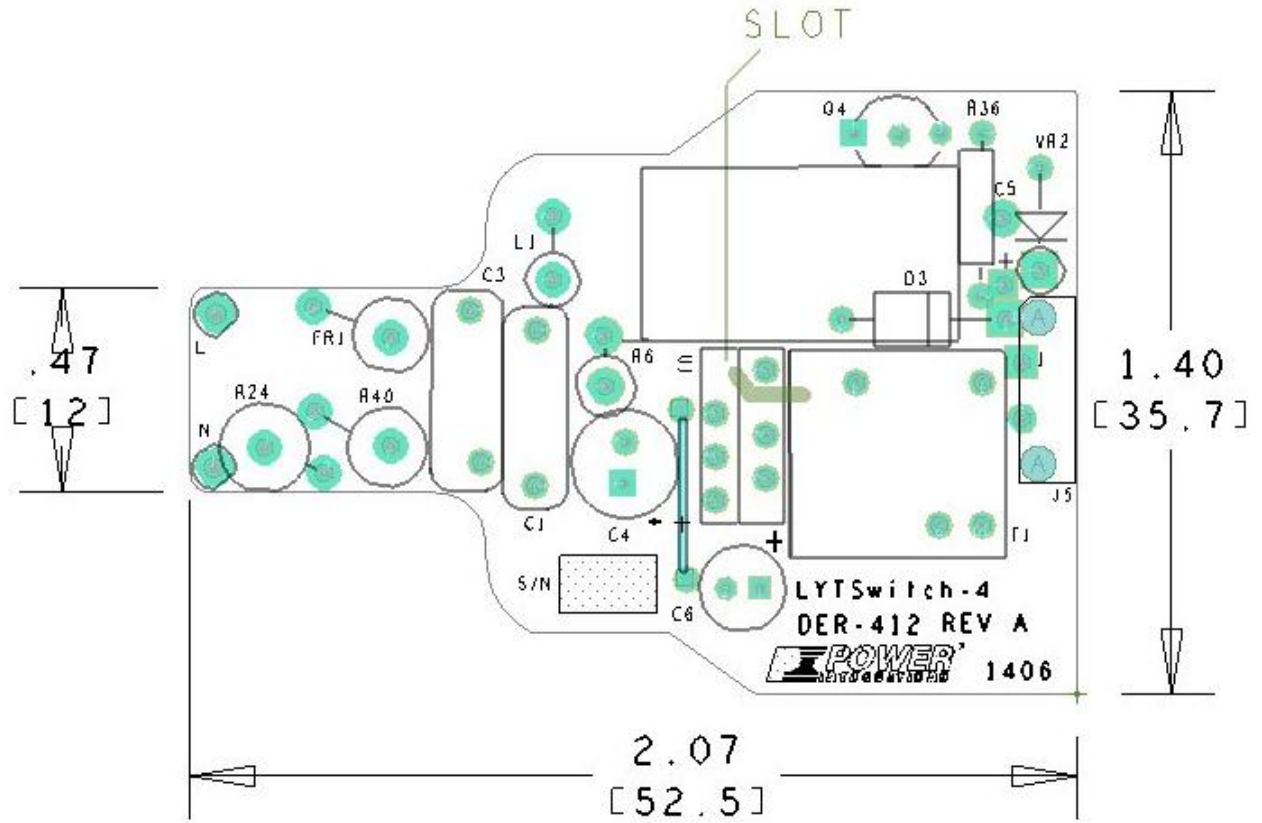


Figure 5 – Top Side.



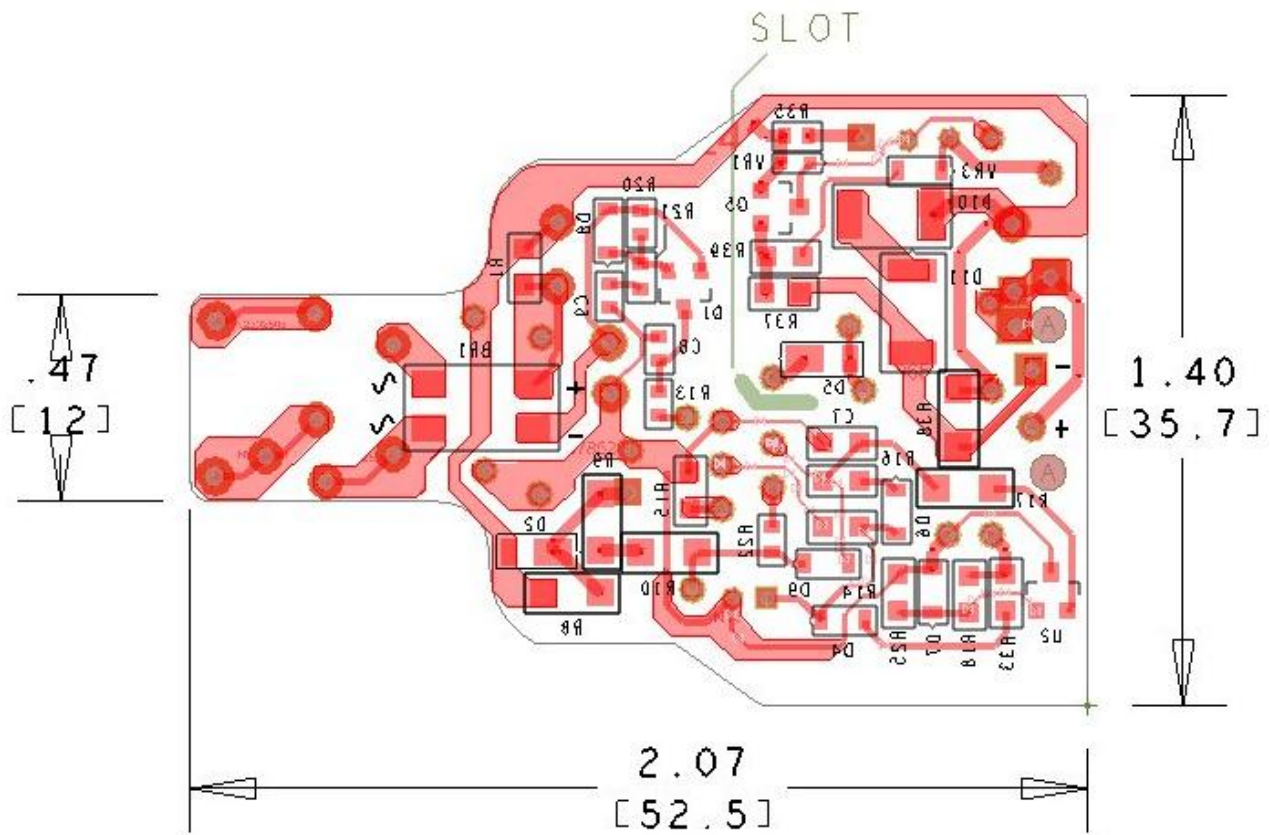


Figure 6 – Bottom Side.



## 6 부품 목록(BOM)

### 6.1 턴오프 회로가 없는 BOM

Item	Qty	Ref Des	Description	Mfg Part Number	Mfg
1	1	BR1	1000 V, 0.8 A, Bridge Rectifier, SMD, MBS-1, 4-SOIC	B10S-G	Comchip
2	1	C1	10 nF, 630 V, Film	ECQ-E6103KF	Panasonic
3	1	C3	220 nF, 450 V, Film	MEXXF32204JJ	Duratech
4	1	C4	2.2 $\mu$ F, 400 V, Electrolytic, (6.3 x 11)	TAB2GM2R2E110	Ltec
5	1	C5	56 $\mu$ F, 160 V, Electrolytic, Gen. Purpose, (10 x 20)	UCY2C560MPD1TD	Nichicon
6	1	C6	4.7 $\mu$ F, 50 V, Electrolytic, Gen. Purpose, (5 x 11)	EKMG500ELL4R7ME11D	Nippon Chemi-Con
7	1	C7	4.7 $\mu$ F, 10 V, Ceramic, X7R, 0805	CL21A475KBQNNNE	Samsung
8	1	C8	680 pF 100 V, Ceramic, NPO, 0603	CGA3E2C0G2A681J	TDK
9	1	C9	100 pF 50 V, Ceramic, NPO, 0603	CC0603JRNPO9BN101	Yageo
10	1	D2	600 V, 1 A, Rectifier, Glass Passivated, POWERDI123	DFLR1600-7	Diodes, Inc.
11	1	D3	600 V, 1 A, Ultrafast Recovery, DO-41	STTH1R06RL	ST Micro
12	1	D4	250 V, 0.2 A, Fast Switching, 50 ns, SOD-323	BAV21WS-7-F	Diodes, Inc.
13	1	D5	DIODE, UFAST, 200 V, 1 A, POWERDI123	DFLU1200-7	Diodes, Inc.
14	1	D6	75 V, 0.15 A, Switching, SOD-323	BAV16WS-7-F	Diodes, Inc.
15	1	D7	75 V, 0.15 A, Switching, SOD-323	BAV16WS-7-F	Diodes, Inc.
16	1	D8	75 V, 0.15 A, Switching, SOD-323	BAV16WS-7-F	Diodes, Inc.
17	1	D9	75 V, 0.15 A, Switching, SOD-323	BAV16WS-7-F	Diodes, Inc.
18	1	FR1	47 $\Omega$ , 5%, 2 W, Wirewound, Fusible	FW20A47R0JA	Bourns
19	1	R38	0 $\Omega$ , 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEY0R00V	Panasonic
20	1	L1	4.7 mH, 90 mA, 20 Ohm, RF Inductor	B82144A2475J	Epcos
21	1	Q1	NPN, Small Signal BJT, 40 V, 0.2 A, SOT-23	MMBT3904LT1G	On Semi
22	1	R1	10 k $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ103V	Panasonic
23	1	R6	27 $\Omega$ , 5%, 1 W, Metal Oxide	RSF100JB-27R	Yageo
24	1	R8	510 k $\Omega$ , 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEYJ514V	Panasonic
25	1	R9	1.50 M $\Omega$ , 1%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8ENF1504V	Panasonic
26	1	R10	1.50 M $\Omega$ , 1%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8ENF1504V	Panasonic
27	1	R13	82 k $\Omega$ , 5%, 1/10 W, Thick Film, 0603	ERJ-3GEYJ823V	Panasonic
28	1	R14	137 k $\Omega$ , 1%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6ENF1373V	Panasonic
29	1	R15	24.9 k $\Omega$ , 1%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6ENF2492V	Panasonic
30	1	R16	6.2 k $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ622V	Panasonic
31	1	R17	20 R, 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEYJ200V	Panasonic
32	1	R18	62 k $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ623V	Panasonic
33	1	R20	100 k $\Omega$ , 5%, 1/10 W, Thick Film, 0603	ERJ-3GEYJ104V	Panasonic
34	1	R21	10 k $\Omega$ , 5%, 1/10 W, Thick Film, 0603	ERJ-3GEYJ103V	Panasonic
35	1	R22	191 k $\Omega$ , 1%, 1/16 W, Thick Film, 0603	ERJ-3EKF1913V	Panasonic
36	1	R24	200 $\Omega$ , 5%, 3 W, Metal Oxide	ERG-3SJ201	Panasonic
37	1	R25	5.1 k, 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ512V	Panasonic
38	1	R33	10 $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ100V	Panasonic
39	1	R40	200 $\Omega$ , 5%, 3 W, Metal Oxide	ERG-3SJ201	Panasonic
40	1	T1	Bobbin, EE13, Vertical, 10 pins Transformer Transformer	P-1302-2 SNX-R1731 POL-LYT030	Pin Shine Santronics Premier Magnetics
41	1	U1	LYTSwitch-4, eSIP-7C	LYT4322E	Power Integrations
42	1	U2	IC, REG ZENER SHUNT ADJ SOT-23	LM431AIM3/NOPB	National Semi
43	1	WIRE 24AWG	Wire, UL1007, #24 AWG, Red, PVC, 3 in	1007-24/7-2	Anixter





44	1	WIRE 24AWG	Wire, UL1007, 24AWG, Blk, PVC, 3 in	1007-24/7-0	Anixter
45	1	WIRE 24AWG	Wire, UL1007, #24 AWG, Blu, PVC, 3 in	1007-24/7-6	Anixter
46	1	WIRE 24AWG	Wire, UL1007, #24 AWG, Wht, PVC, 3in	1007-24/7-9	Anixter

## 6.2 턴오프 회로가 있는 BOM

Item	Qty	Ref Des	Description	Mfg Part Number	Mfg
1	1	BR1	1000 V, 0.8 A, Bridge Rectifier, SMD, MBS-1, 4-SOIC	B10S-G	Comchip
2	1	C1	10 nF, 630 V, Film	ECQ-E6103KF	Panasonic
3	1	C3	220 nF, 450 V, Film	MEXXF32204JJ	Duratech
4	1	C4	2.2 $\mu$ F, 400 V, Electrolytic, (6.3 x 11)	TAB2GM2R2E110	Ltec
5	1	C5	56 $\mu$ F, 160 V, Electrolytic, Gen. Purpose, (10 x 20)	UCY2C560MPD1TD	Nichicon
6	1	C6	4.7 $\mu$ F, 50 V, Electrolytic, Gen. Purpose, (5 x 11)	EKMG500ELL4R7ME11D	Nippon Chemi-Con
7	1	C7	4.7 $\mu$ F, 10 V, Ceramic, X7R, 0805	CL21A475KBQNNNE	Samsung
8	1	C8	680 pF 100 V, Ceramic, NPO, 0603	CGA3E2C0G2A681J	TDK
9	1	C9	100 pF 50 V, Ceramic, NPO, 0603	CC0603JRNPO9BN101	Yageo
10	1	D2	600 V, 1 A, Rectifier, Glass Passivated, POWERDI123	DFLR1600-7	Diodes, Inc.
11	1	D3	600 V, 1 A, Ultrafast Recovery, DO-41	STTH1R06RL	ST Micro
12	1	D4	250 V, 0.2 A, Fast Switching, 50 ns, SOD-323	BAV21WS-7-F	Diodes, Inc.
13	1	D5	DIODE, UFAST, 200 V, 1 A, POWERDI123	DFLU1200-7	Diodes, Inc.
14	4	D6 D7 D8 D9	75 V, 0.15 A, Switching, SOD-323	BAV16WS-7-F	Diodes, Inc.
15	2	D10 D11	200 V, 1 A, Rectifier, Glass Passivated, DO-213AA (MELF)	DL4003-13-F	Diodes, Inc.
16	1	FR1	47 R, 5%, 2 W, Wirewound, Fusible	FW20A47R0JA	Bourns
17	1	L1	4.7 mH, 90 mA, 20 $\Omega$ , RF Inductor	B82144A2475J	Epcos
18	2	Q1 Q5	NPN, Small Signal BJT, 40 V, 0.2 A, SOT-23	MMBT3904LT1G	On Semi
19	1	Q4	100 V, 0.2 A, 10 $\Omega$ , N-Channel, TO-92	ZVN3310A	Diodes, Inc.
20	2	R1 R39	10 k $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ103V	Panasonic
21	1	R6	27 $\Omega$ , 5%, 1 W, Metal Oxide	RSF100JB-27R	Yageo
22	1	R8	510 k $\Omega$ , 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEYJ514V	Panasonic
23	2	R9 R10	1.50 M $\Omega$ , 1%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8ENF1504V	Panasonic
24	1	R13	82 k $\Omega$ , 5%, 1/10 W, Thick Film, 0603	ERJ-3GEYJ823V	Panasonic
25	1	R14	137 k $\Omega$ , 1%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6ENF1373V	Panasonic
26	1	R15	24.9 k $\Omega$ , 1%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6ENF2492V	Panasonic
27	1	R16	6.2 k $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ622V	Panasonic
28	1	R17	20 $\Omega$ , 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEYJ200V	Panasonic
29	1	R18	62 k $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ623V	Panasonic
30	1	R20	100 k $\Omega$ , 5%, 1/10 W, Thick Film, 0603	ERJ-3GEYJ104V	Panasonic
31	1	R21	10 k $\Omega$ , 5%, 1/10 W, Thick Film, 0603	ERJ-3GEYJ103V	Panasonic
32	1	R22	191 k $\Omega$ , 1%, 1/16 W, Thick Film, 0603	ERJ-3EKF1913V	Panasonic
33	2	R24 R40	200 $\Omega$ , 5%, 3 W, Metal Oxide	ERG-3SJ201	Panasonic
34	1	R25	5.1 k $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ512V	Panasonic
35	1	R33	10 $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ100V	Panasonic
36	1	R35	680 $\Omega$ , 5%, 1/10 W, Thick Film, 0603	ERJ-3GEYJ681V	Panasonic



37	1	R36	1 M $\Omega$ , 5%, 1/4 W, Carbon Film	CFR-25JB-1M0	Yageo
38	1	R37	1 k $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ102V	Panasonic
39	1	R38	130 $\Omega$ , 1%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8ENF1300V	Panasonic
40	1	T1	Bobbin, EE13, Vertical, 10 pins Transformer Transformer	P-1302-2 SNX-R1731 POL-LYT030	Pin Shine Santronics Premier Magnetics
41	1	U1	LYTSwitch-4, eSIP-7C	LYT4322E	Power Integrations
42	1	U2	IC, REG ZENER SHUNT ADJ SOT-23	LM431AIM3/NOPB	National Semi
43	1	VR1	6.2 V, 5%, 150 mW, SSMINI-2	DZ2S062M0L	Panasonic
44	1	VR2	75 V, 5%, 1 W, DO-41	1N4761A-TR	Vishay
45	1	VR3	56 V, 2%, 300 mW, SOD323	BZX384-B56,115	NXP Semi
46	1	WIRE 24AWG	Wire, UL1007, #24 AWG, Red, PVC, 3 in	1007-24/7-2	Anixter
47	1	WIRE 24AWG	Wire, UL1007, #24 AWG, Blk, PVC, 3 in	1007-24/7-0	Anixter
48	1	WIRE 24AWG	Wire, UL1007, #24 AWG, Blu, PVC, 3 in	1007-24/7-6	Anixter
49	1	WIRE 24AWG	Wire, UL1007, #24 AWG, Wht, PVC, 3 in	1007-24/7-9	Anixter



## 7 인덕터 디자인 스프레드시트

ACDC_LYTSwitch-4_HL_012114; Rev.1.2; Copyright Power Integrations 2014	INPUT	INFO	OUTPUT	UNIT	LYTSwitch-4_HL_012114: Flyback Transformer Design Spreadsheet
<b>ENTER APPLICATION VARIABLES</b>					
Dimming required	YES		YES		Select 'YES' option if dimming is required. Otherwise select 'NO'.
VACMIN	190		190	V	Minimum AC Input Voltage
VACMAX			265	V	Maximum AC input voltage
fL			50	Hz	AC Mains Frequency
VO	120		120	V	Typical output voltage of LED string at full load
VO_MAX			132.00	V	Maximum expected LED string Voltage.
VO_MIN			108.00	V	Minimum expected LED string Voltage.
V_OVP			142.37	V	Over-voltage protection setpoint
IO	0.1		0.10	A	Typical full load LED current
PO			12.0	W	Output Power
n	0.85		0.85		Estimated efficiency of operation
VB			25	V	Bias Voltage
<b>ENTER LYTSwitch VARIABLES</b>					
LYTSwitch	LYT4322		LYT4322		Selected LYTSwitch
Current Limit Mode	FULL		FULL		Select "RED" for reduced Current Limit mode or "FULL" for Full current limit mode
ILIMITMIN			0.79	A	Minimum current limit
ILIMITMAX			0.92	A	Maximum current limit
fS			132000	Hz	Switching Frequency
fSmin			124000	Hz	Minimum Switching Frequency
fSmax			140000	Hz	Maximum Switching Frequency
IV			100.7	uA	V pin current
RV	3.2		3.2	M-ohms	Upper V pin resistor
RV2			1000000000000	M-ohms	Lower V pin resistor
IFB	177		177.0	uA	FB pin current (85 uA < IFB < 210 uA)
RFB1			124.3	k-ohms	FB pin resistor
VDS			10	V	LYTSwitch on-state Drain to Source Voltage
VD			0.50	V	Output Winding Diode Forward Voltage Drop (0.5 V for Schottky and 0.8 V for PN diode)
VDB			0.70	V	Bias Winding Diode Forward Voltage Drop
<b>Key Design Parameters</b>					
KP	1.18		1.18		Ripple to Peak Current Ratio (For PF0.9, 0.4 < KP < 0.9)/>
LP			960	uH	Primary Inductance
VOR	120.5		120.5	V	Reflected Output Voltage.
Expected IO (average)			0.10	A	Expected Average Output Current
KP_VNOM		Info	1.00		!!! Info. PF at high line may be less than 0.9. Decrease KP for higher PF
TON_MIN			1.84	us	Minimum on time at maximum AC input voltage
PCLAMP			0.09	W	Estimated dissipation in primary clamp
<b>ENTER TRANSFORMER CORE/CONSTRUCTION VARIABLES</b>					
Core Type	EE13		EE13		Select Core Size
Custom Core					Enter Custom core part number (if



					applicable)
AE			0.171	cm <sup>2</sup>	Core Effective Cross Sectional Area
LE			3.02	cm	Core Effective Path Length
AL			1130	nH/T <sup>2</sup>	Ungapped Core Effective Inductance
BW			7.4	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	150		150		Number of Secondary Turns
<b>DC INPUT VOLTAGE PARAMETERS</b>					
VMIN			269	V	Peak input voltage at VACMIN
VMAX			375	V	Peak input voltage at VACMAX
<b>CURRENT WAVEFORM SHAPE PARAMETERS</b>					
DMAX			0.28		Minimum duty cycle at peak of VACMIN
IAVG			0.07	A	Average Primary Current
IP			0.60	A	Peak Primary Current (calculated at minimum input voltage VACMIN)
IRMS			0.15	A	Primary RMS Current (calculated at minimum input voltage VACMIN)
<b>TRANSFORMER PRIMARY DESIGN PARAMETERS</b>					
LP			960	uH	Primary Inductance
LP_TOL			10		Tolerance of primary inductance
NP			150		Primary Winding Number of Turns
NB			32		Bias Winding Number of Turns
ALG			43	nH/T <sup>2</sup>	Gapped Core Effective Inductance
BM			2256	Gauss	Maximum Flux Density at PO, VMIN (BM<3100)
BP			3444	Gauss	Peak Flux Density (BP<3700)
BAC			1128	Gauss	AC Flux Density for Core Loss Curves (0.5 X Peak to Peak)
ur			1588		Relative Permeability of Ungapped Core
LG			0.48	mm	Gap Length (Lg0.1mm)/>
BWE			29.6	mm	Effective Bobbin Width
OD			0.20	mm	Maximum Primary Wire Diameter including insulation
INS			0.04	mm	Estimated Total Insulation Thickness (= 2 * film thickness)
DIA			0.16	mm	Bare conductor diameter
AWG			35	AWG	Primary Wire Gauge (Rounded to next smaller standard AWG value)
CM			32	Cmils	Bare conductor effective area in circular mils
CMA			210	Cmils/Amp	Primary Winding Current Capacity (200 < CMA < 600)
<b>TRANSFORMER SECONDARY DESIGN PARAMETERS (SINGLE OUTPUT EQUIVALENT)</b>					
<b>Lumped parameters</b>					
ISP			0.60	A	Peak Secondary Current
ISRMS			0.22	A	Secondary RMS Current
IRIPPLE			0.20	A	Output Capacitor RMS Ripple Current (based on Expected IO)
CMS			44	Cmils	Secondary Bare Conductor minimum circular mils
AWGS			33	AWG	Secondary Wire Gauge (Rounded up to next larger standard AWG value)
DIAS			0.18	mm	Secondary Minimum Bare Conductor Diameter
ODS			0.05	mm	Secondary Maximum Outside Diameter for Triple Insulated Wire



VOLTAGE STRESS PARAMETERS					
VDRAIN			620	V	Estimated Maximum Drain Voltage assuming maximum LED string voltage (Includes Effect of Leakage Inductance)
PIVS			517	V	Output Rectifier Maximum Peak Inverse Voltage (calculated at VOVP, excludes leakage inductance spike)
PIVB			110	V	Bias Rectifier Maximum Peak Inverse Voltage (calculated at VOVP, excludes leakage inductance spike)
FINE TUNING (Enter measured values from prototype)					
V pin Resistor Fine Tuning					
RV1			3.20	M-ohms	Upper V Pin Resistor Value
RV2			1000000000000	M-ohms	Lower V Pin Resistor Value
VAC1			115.0	V	Test Input Voltage Condition1
VAC2			230.0	V	Test Input Voltage Condition2
IO_VAC1			0.10	A	Measured Output Current at VAC1
IO_VAC2			0.10	A	Measured Output Current at VAC2
RV1 (new)			3.20	M-ohms	New RV1
RV2 (new)			16729.30	M-ohms	New RV2
V_OV			256.2	V	Typical AC input voltage at which OV shutdown will be triggered
V_UV			53.6	V	Typical AC input voltage beyond which power supply can startup
FB pin resistor Fine Tuning					
RFB1			124	k-ohms	Upper FB Pin Resistor Value
RFB2			1000000000000	k-ohms	Lower FB Pin Resistor Value
VB1			22.4	V	Test Bias Voltage Condition1
VB2			27.6	V	Test Bias Voltage Condition2
IO1			0.10	A	Measured Output Current at Vb1
IO2			0.10	A	Measured Output Current at Vb2
RFB1 (new)			124.3	k-ohms	New RFB1
RFB2(new)			1000000000000	k-ohms	New RFB2
Input Current Harmonic Analysis					
Harmonic			Max Current (mA)	Limit (mA)	
1st Harmonic			62.70	N/A	Fundamental (mA)
3rd Harmonic			16.03	48.00	PASS. 3rd Harmonic current content is lower than the limit
5th Harmonic			8.1	26.82	PASS. 5th Harmonic current content is lower than the limit
7th Harmonic			5.0	14.12	PASS. 7th Harmonic current content is lower than the limit
9th Harmonic			3.44	7.06	PASS. 9th Harmonic current content is lower than the limit
11th Harmonic			2.53	4.94	PASS. 11th Harmonic current content is lower than the limit
13th Harmonic			1.93	4.18	PASS. 13th Harmonic current content is lower than the limit
15th Harmonic			1.53	3.62	PASS. 15th Harmonic current content is lower than the limit
THD			29.6	%	Estimated total Harmonic Distortion (THD)



## 8 인덕터 사양

### 8.1 전기적 구성도

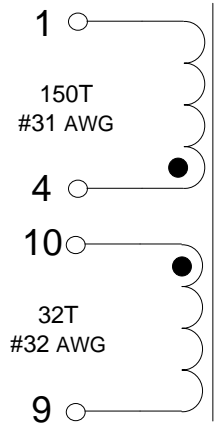


Figure 7 – Inductor Electrical Diagram.

### 8.2 전기적 사양

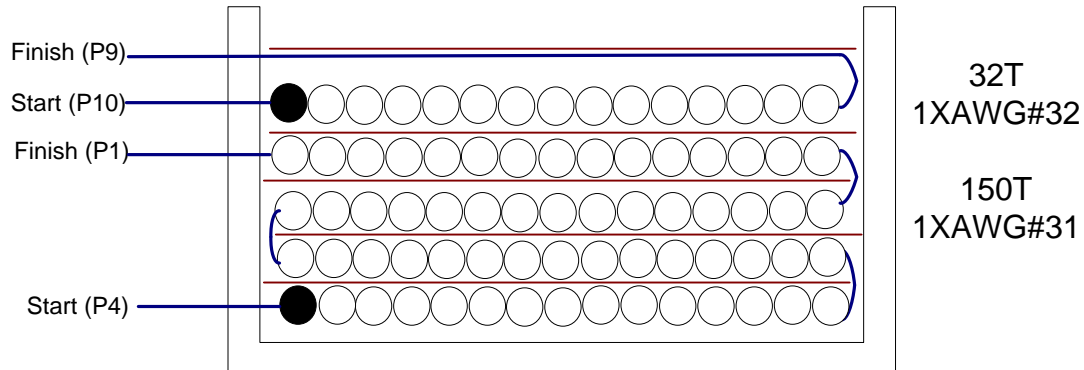
<b>Primary Inductance</b>	Pins 1-4, all other windings open, measured at 100 kHz, 0.4 V <sub>RMS</sub> AL = 42.667 nH/n <sup>2</sup>	960 μH ±5%
---------------------------	---	------------

### 8.3 재료

Item	Description
[1]	Core: EE13 NC2H or equivalent.
[2]	Bobbin: EE13; 5/5 pin vertical. PI PN: 25-01023-00
[3]	Magnet Wire: #31 AWG.
[4]	Magnet Wire: #32 AWG.
[5]	Tape, Polyester film, 3M 1350F-1 or equivalent, 7.4 mm wide.
[6]	Dolph BC-359 or equivalent.



**8.4 인덕터 제작 구성도**



**Figure 8 – Inductor Build Diagram.**

**8.5 인덕터 구성**

<b>Bobbin Preparation</b>	Place the bobbin item [2] on the mandrel with pin side on the left and winding direction is clockwise direction.
<b>Winding1</b>	Use wire item [3], start at pin 4 wind 150 turns in ~4 layers and at the last turn terminate the wire at pin 1. Apply 1 layer of tape item [5] between layers
<b>Winding2</b>	Use wire item [4], start at pin 10 wind 32 turns in ~1 layer, and at the last turn terminate the wire at pin 9. Apply 1 layer of tape item [5] between layers
<b>Finish</b>	Grind core to get 960 $\mu$ H inductance, secure the core with tape. Dip impregnate using varnish item[6]
<b>Pins</b>	Cut pins 2, 3, 5, 6, 7, 8.





## 9 성능 데이터

All measurements performed at room temperature using an LED load. The following data were measured using customer LED load of ~120 V output voltage. Refer to the table on Section 9.4 for the complete set of test data values.

### 9.1 효율

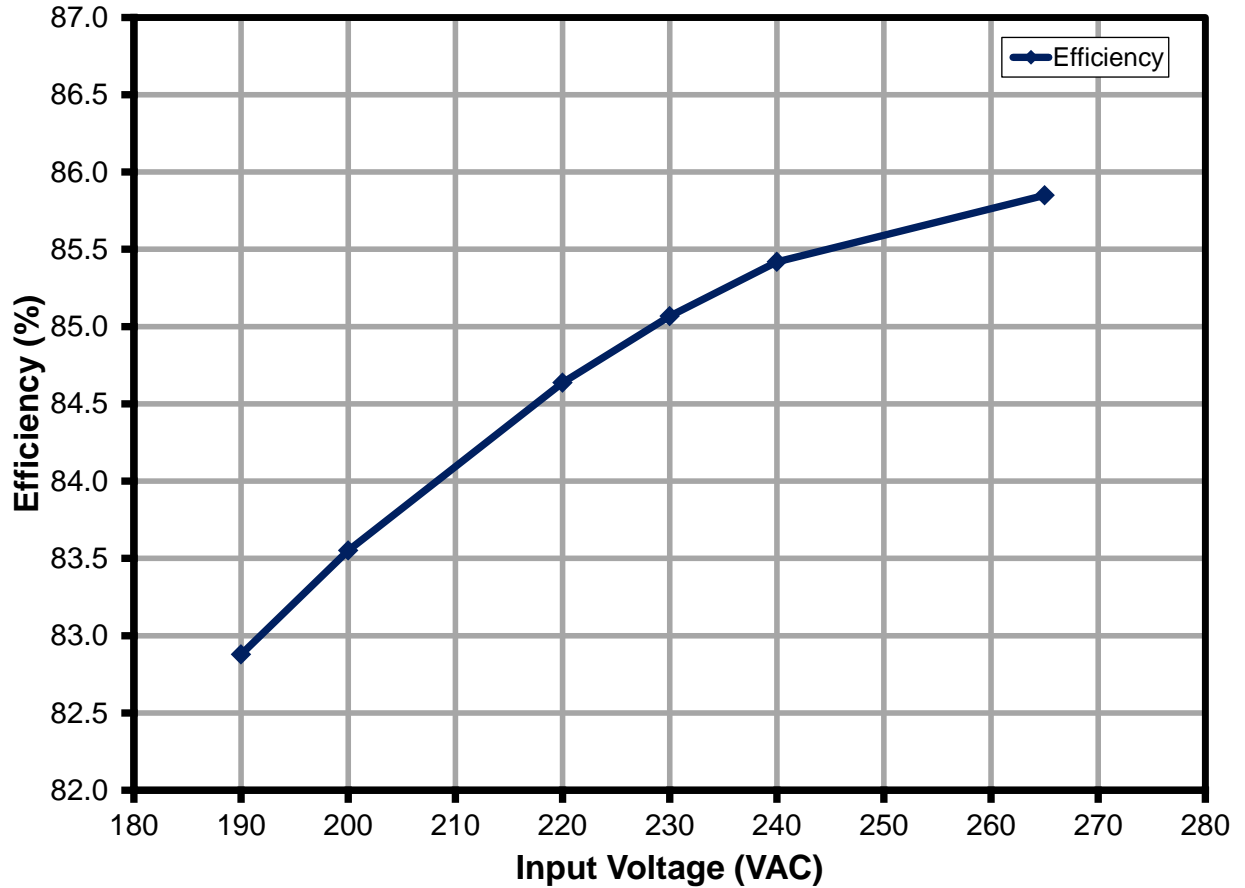


Figure 9 – Efficiency vs. Line.



9.2 라인 레귤레이션

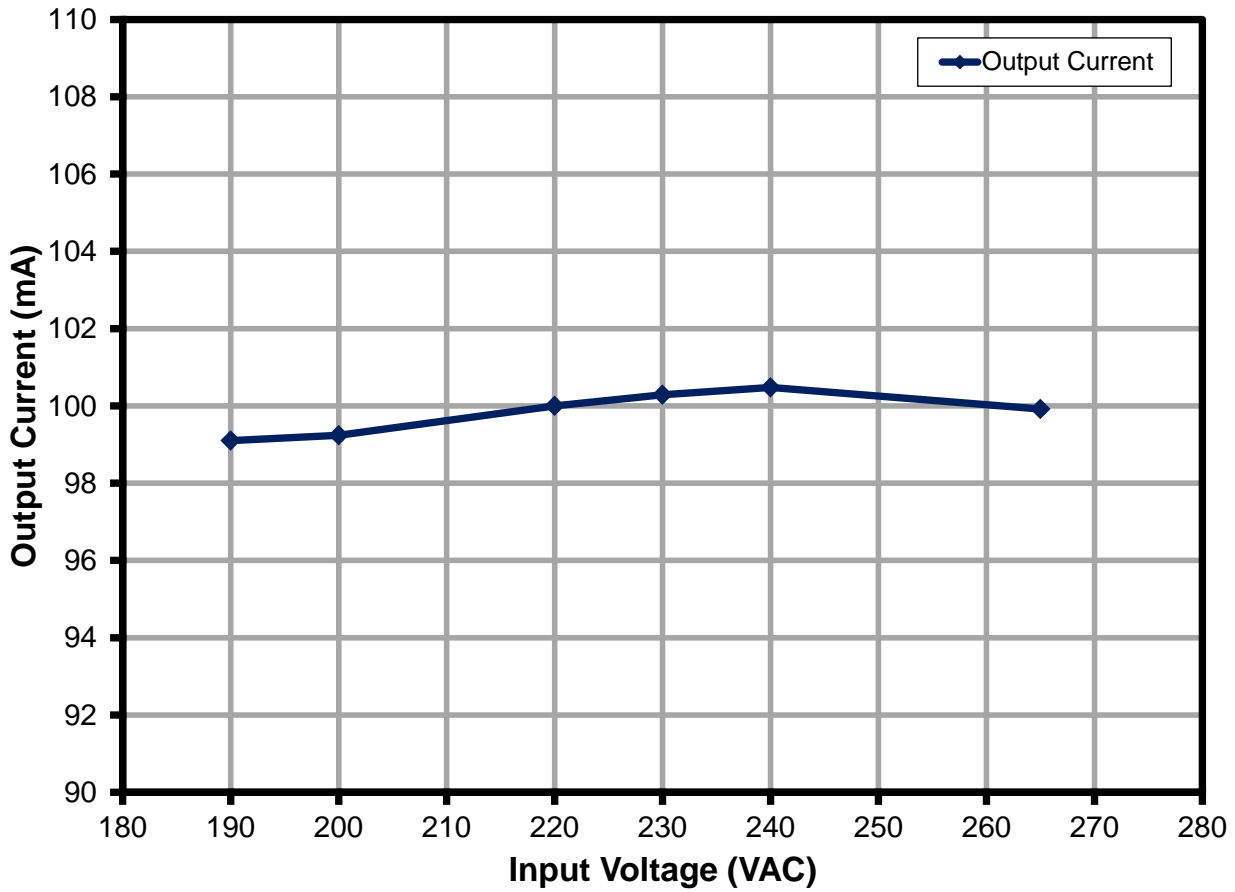


Figure 10 – Regulation vs. Line.



9.3 역률

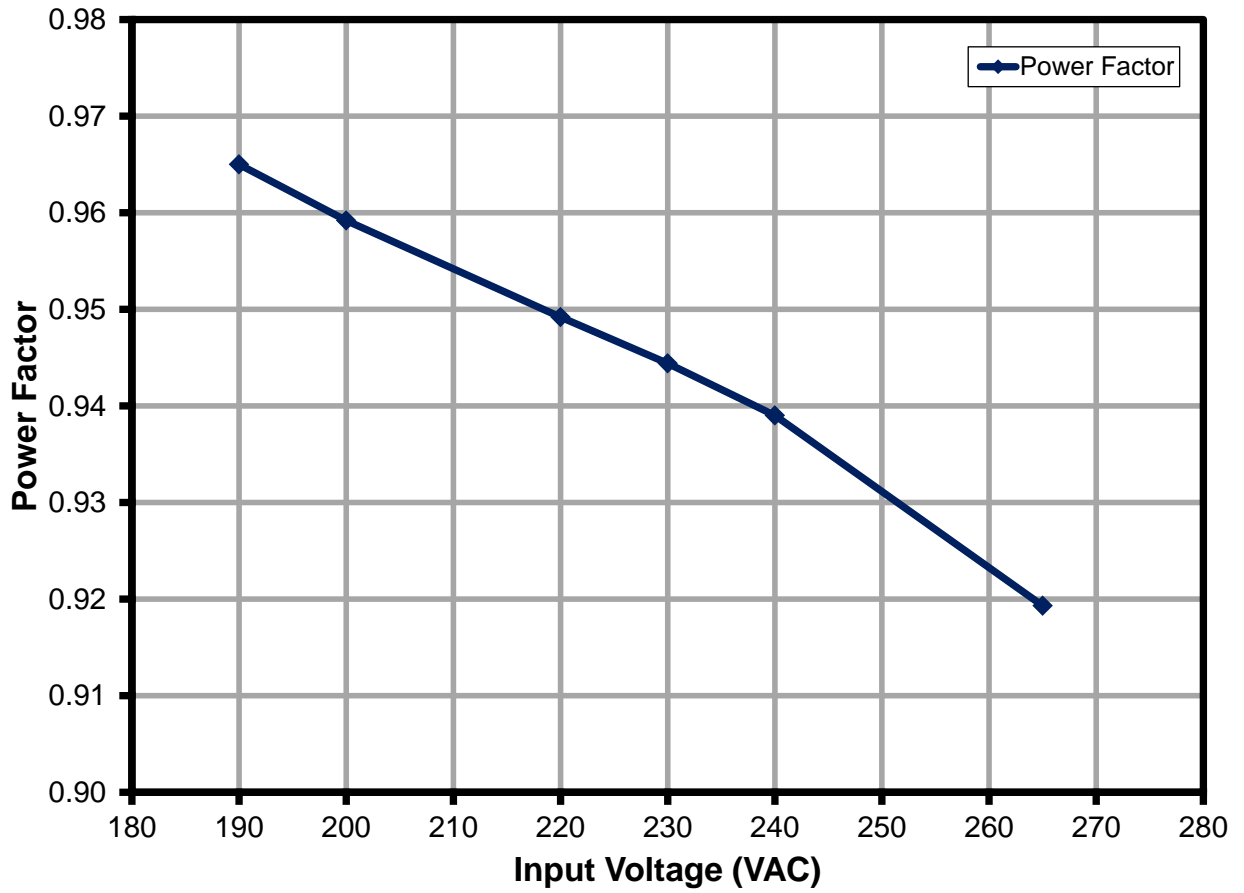


Figure 11 – Power Factor vs. Line.



**9.4 테스트 데이터**

All measurements were taken with the board at open frame, 25 °C ambient, 50 Hz line frequency, and customer supplied LED load

Input Measurement					Load Measurement			Calculation		
$V_{IN}$ ( $V_{RMS}$ )	$I_{IN}$ ( $mA_{RMS}$ )	$P_{IN}$ (W)	PF	%ATHD	$V_{OUT}$ ( $V_{DC}$ )	$I_{OUT}$ ( $mA_{DC}$ )	$P_{OUT}$ (W)	$P_{CAL}$ (W)	Efficiency (%)	Loss (W)
190.11	76.22	13.983	0.965	22.45	116.7400	99.100	11.589	11.57	82.88	2.39
200.08	72.16	13.849	0.959	23.58	116.3900	99.240	11.571	11.55	83.55	2.28
220.11	65.86	13.760	0.949	24.43	116.2500	100.000	11.646	11.63	84.64	2.11
230.16	63.10	13.715	0.944	24.31	116.1300	100.290	11.667	11.65	85.07	2.05
240.13	60.65	13.675	0.939	24.05	116.0400	100.480	11.681	11.66	85.42	1.99
265.15	55.44	13.512	0.919	24.63	115.9000	99.920	11.600	11.58	85.85	1.91



## 10 디밍 성능 데이터

TRIAC dimming results were taken with input voltage of 230 VAC, 60 Hz line frequency, room temperature, and nominal ~120 V LED load.

### 10.1 디밍 곡선

Taken using a programmable AC source providing the leading edge chopped AC input.

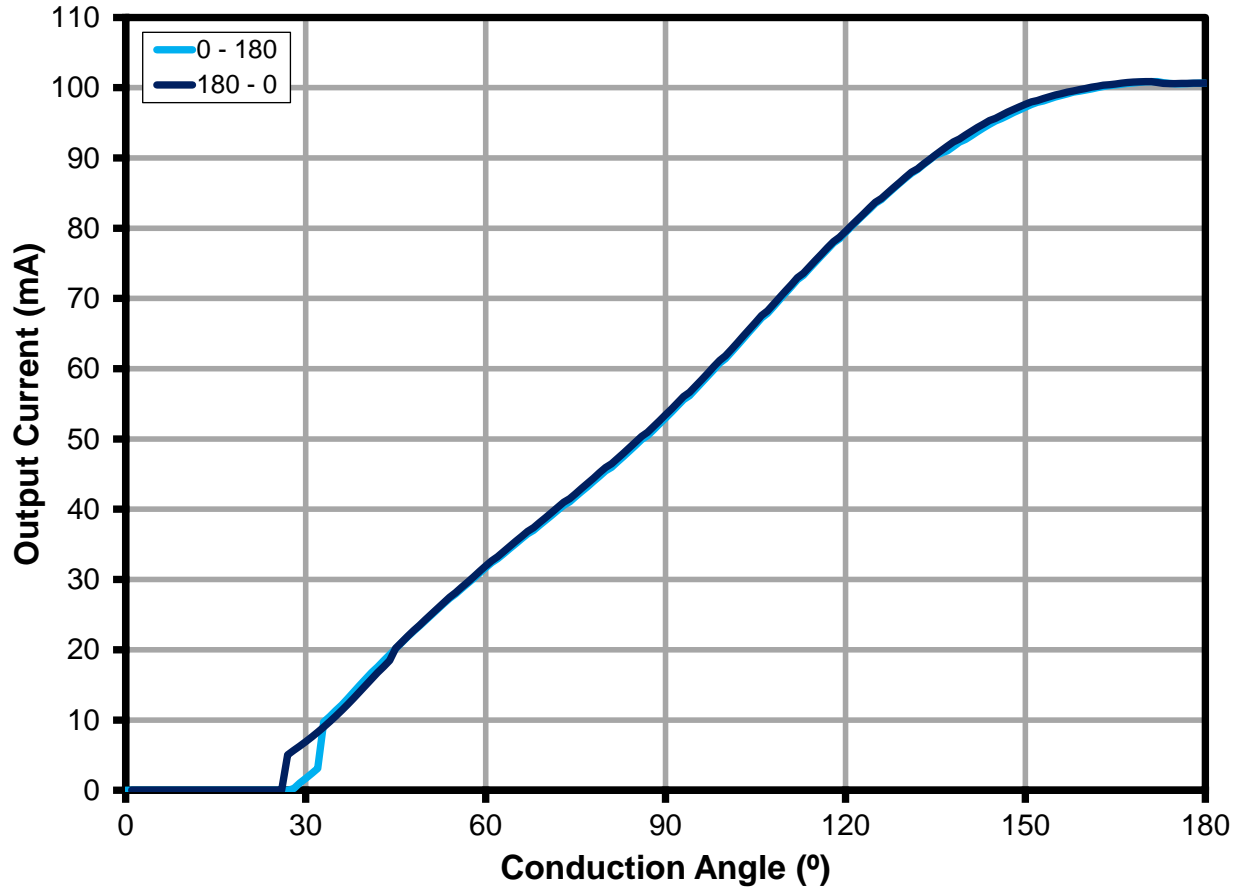


Figure 12 – Leading Edge Dimming Characteristics.

### 10.2 디밍 효율

Measured using a programmable AC source providing the leading edge chopped AC input. Note that dimming efficiency varies with the dimmer used.

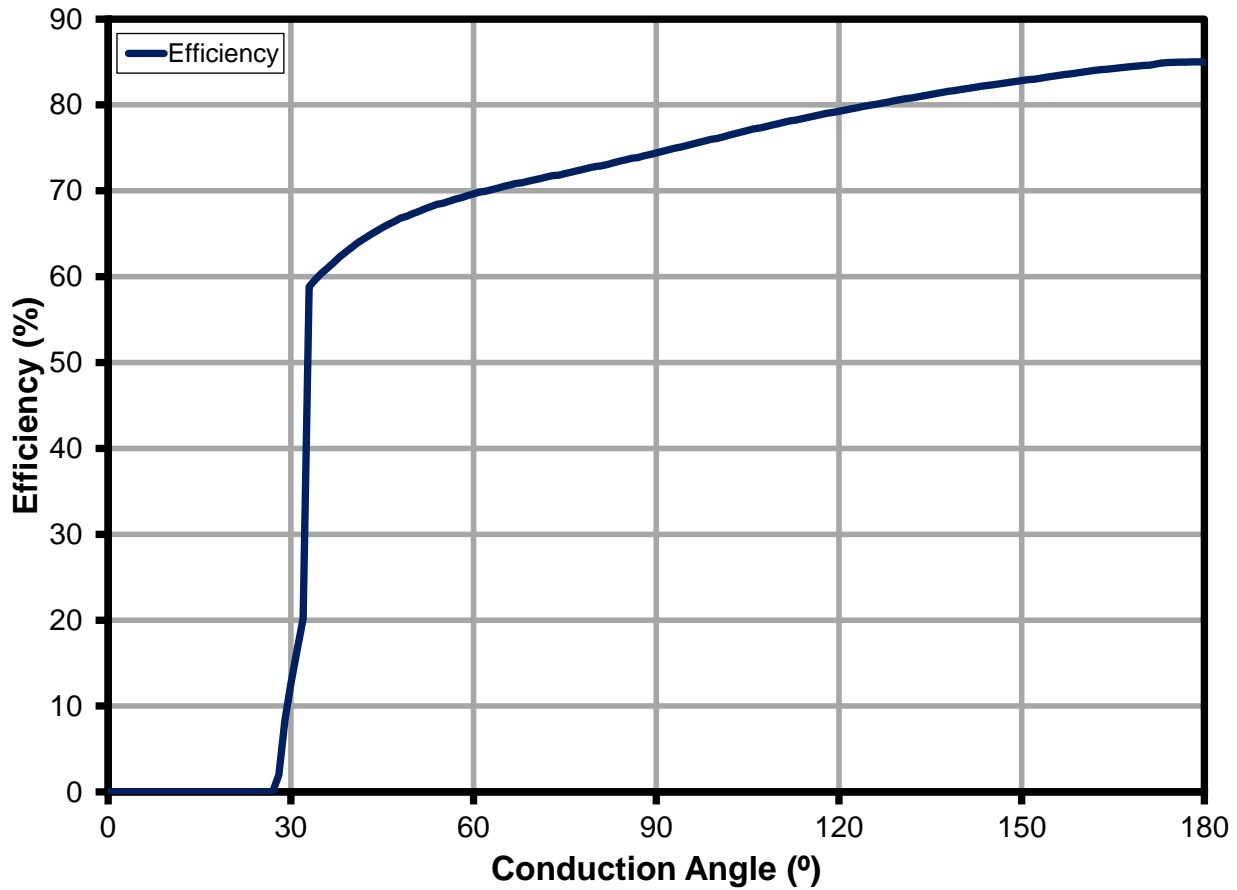
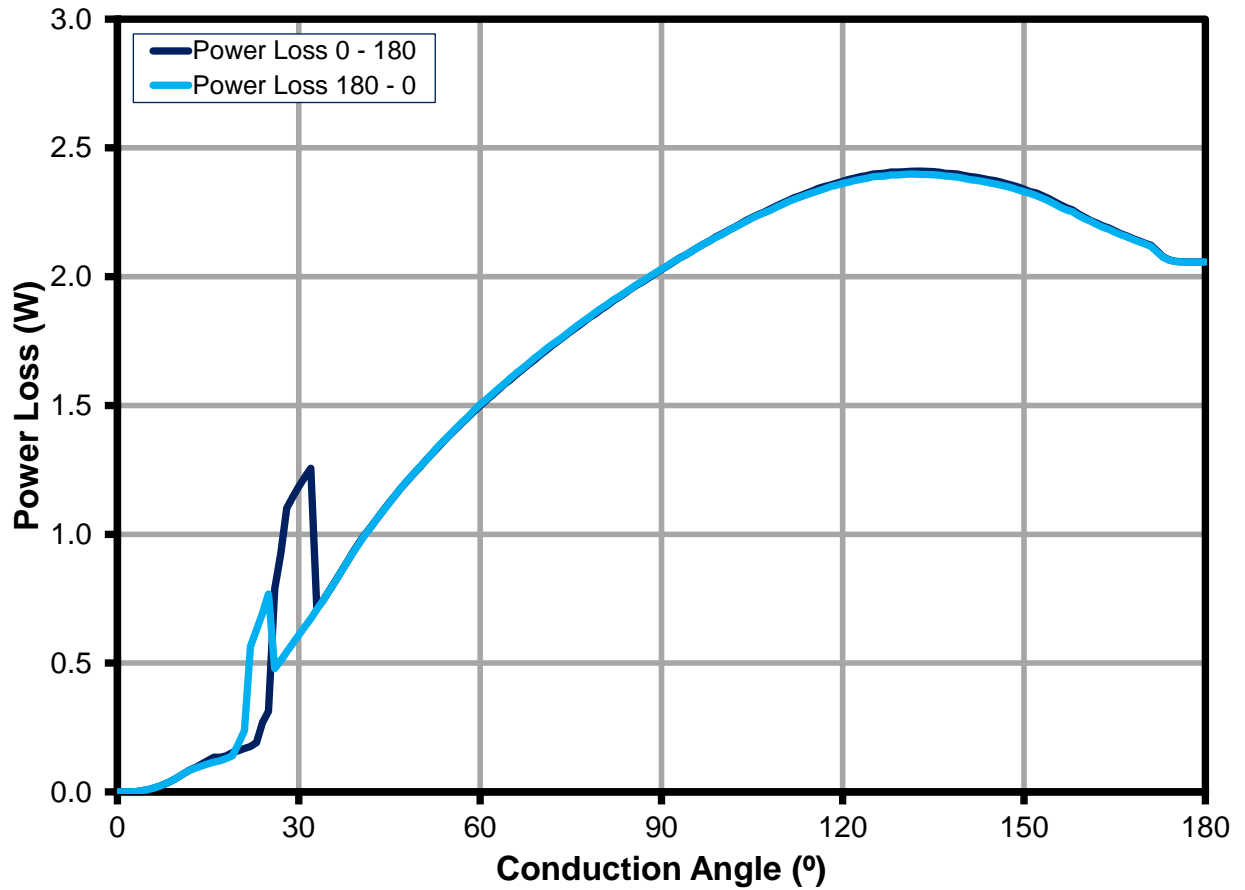


Figure 13 – Driver Efficiency as a function of Conduction Angle.



**10.3 디밍하는 동안 드라이버 전력 손실**

Measured using a programmable AC source providing the leading edge chopped AC input. Note the increase in power loss at ~30 due to turn-off circuit.



**Figure 14** – Driver Power Loss as a function of Conduction Angle.



#### 10.4 디머 호환성 목록

The unit was tested with the following high-line dimmers at 230 VAC, 50 Hz input and ~120 V LED load.

Dimmers	Type	I <sub>OUT</sub> (mA)		DR
		Max	Min	
BERKER 2830 10	LE	97	28	3.46
JUNG 225 NV DE	LE	95	19	5.00
JUNG 254 UDIE 1	TE	95	20	4.75
JUNG 266 G DE	LE	97	23	4.22
BUSCH 2200 UJ-212	LE	97	33	2.94
BUSCH 2250 U	LE	98	19	5.16
BUSCH 2247 U	LE	97	28	3.46
GIRA 2262 00 / IO1	LE	97	15	6.47
GIRA 0300 00 / IO1	LE	97	32	3.03
GIRA 0302 00 / IO1	LE	98	24	4.08
GIRA 1176 00/IO3	TE	95	26	3.65
310-013	LE	99	27.5	3.60
310-017	TE	92	29	3.17
310-014	LE	99	33	3.00
310-016	LE	99	30	3.30
KOPP 8033	LE	93	25	3.72
BUSCH 691 U-101	ELEC	92	21	4.38
BUSCH 6513 U-102	TE	97	22	4.41
PEHA 433HAB	TE	93	31	3.00
PEHA 433HAB Oa	TE	86	21	4.10
REV 300W	LE	97	1	97.00
2250	LE	98	21	4.67
400W	LE	93	6	15.50
572499	LE	99	16	6.19
6513	TE	97	23	4.22
2875	LE	97	23	4.22
TCL	LE	100	21	4.76
SEN BO LANG	LE	100	35	2.86
EBA HUANG	LE	100	1	100.00
SB ELECT	LE	99	1	99.00
MYONGBO	LE	100	34	2.94
KBE	LE	100	5	20.00
CLIPMEI	LE	100	22	4.55
MANK	LE	100	37	2.70
32E450LM	LE	94	22	4.27
32E450TM	TE	92	20	4.60
32E2CFLDM	TE	91	20	4.55
32E450UDM	TE	95	24	3.96
SED200LRS	LE	99	1	99.0
WDE200L-1	LE	99	1	99.0
SED300FHS	LE	97	6	16.2
EED100PRS	LE	99	1	99.0
E0902 DIM	LE	97	17	5.7
WDE300F-1	LE	99	1	99.0



## 11 씨멀 성능

The following reading were taken at open frame, room temperature condition

### 11.1 230VAC, 50Hz: 연결된 디머 없음

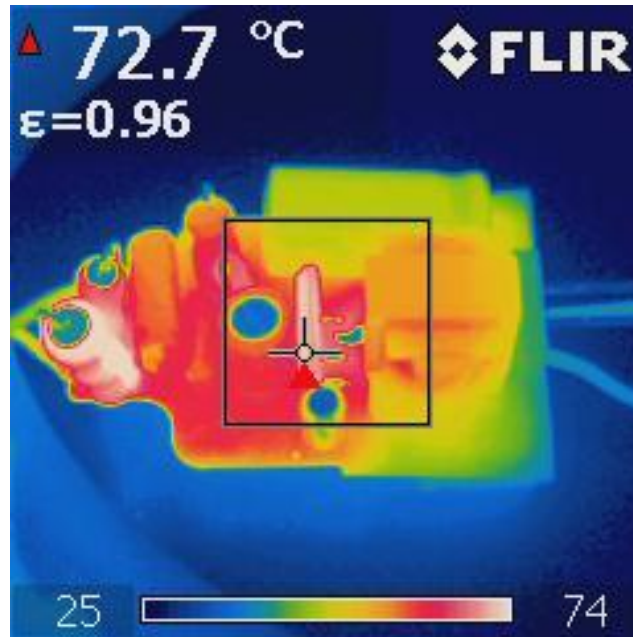


Figure 15 – U1: LYT4322E.

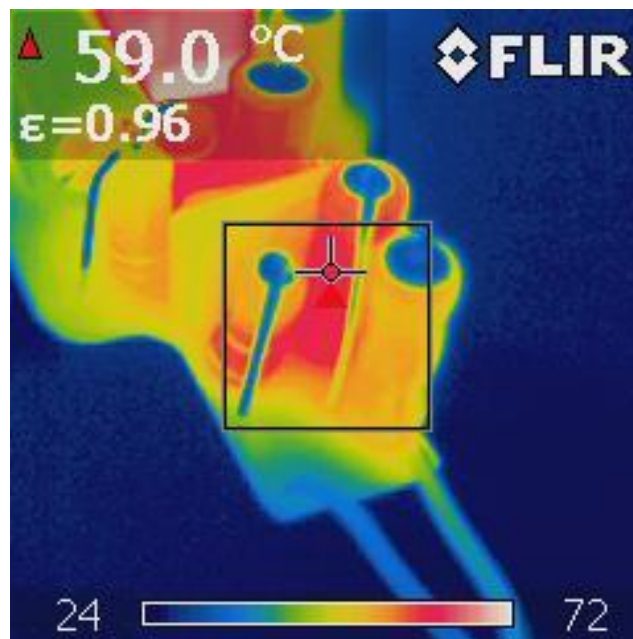


Figure 16 – R24: Damper Resistor.

11.2 230VAC, 50Hz:디머 연결, 90°도통각

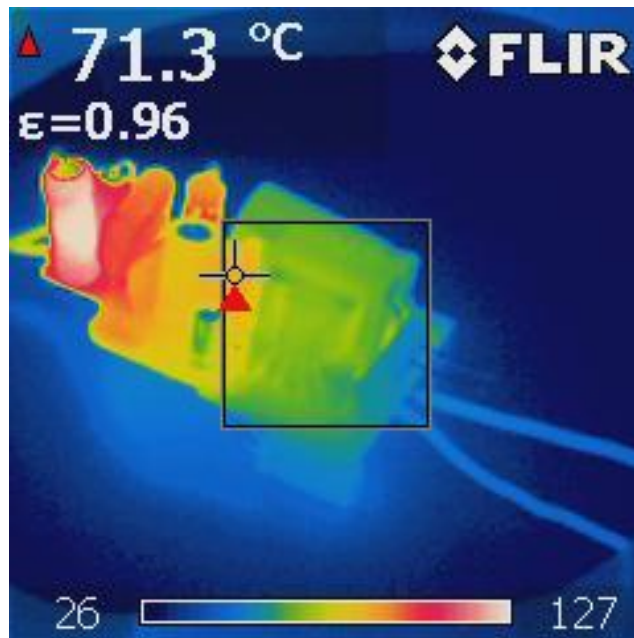


Figure 17 – U1: LYT4322E.

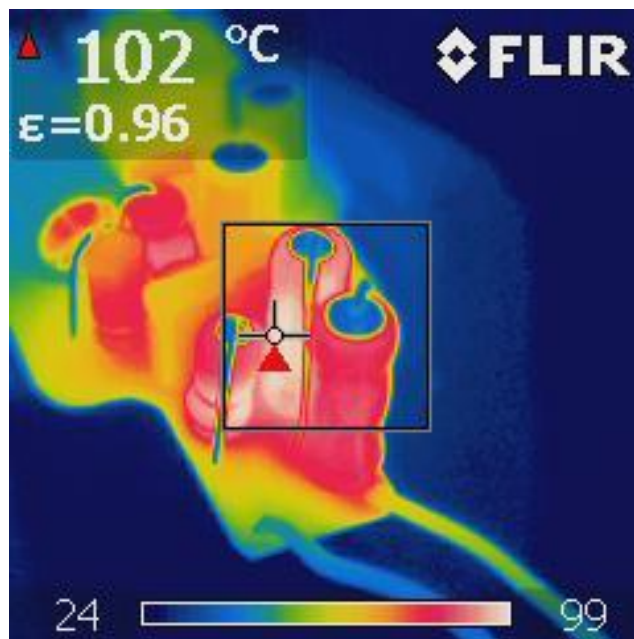
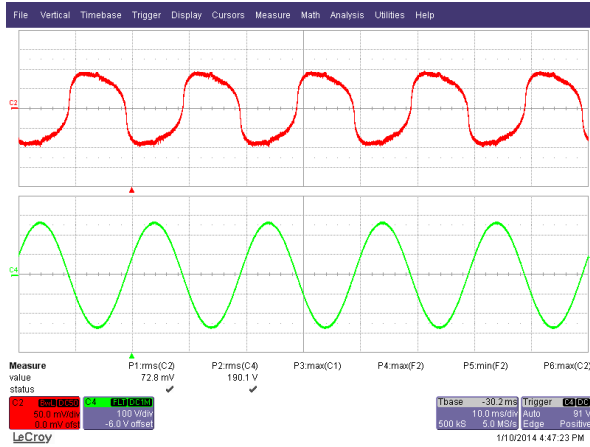


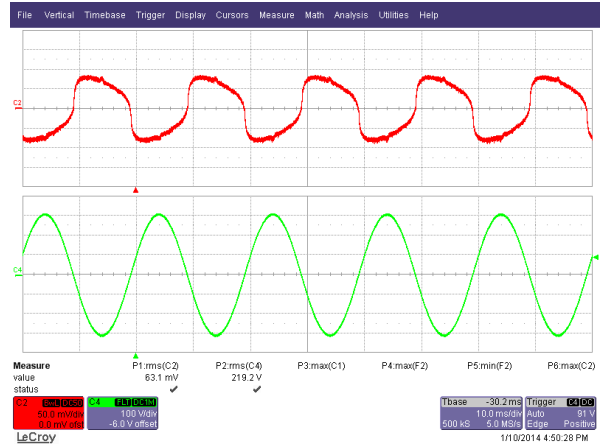
Figure 18 – R24: Damper Resistor.

## 12 비디밍(연결된 디머 없음) 파형

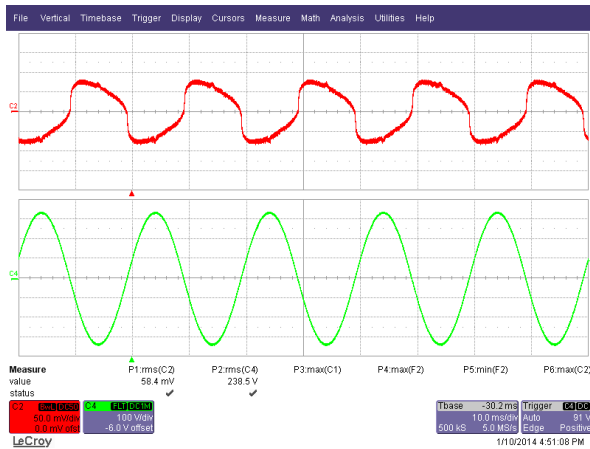
### 12.1 입력 전압 및 입력 전류 파형



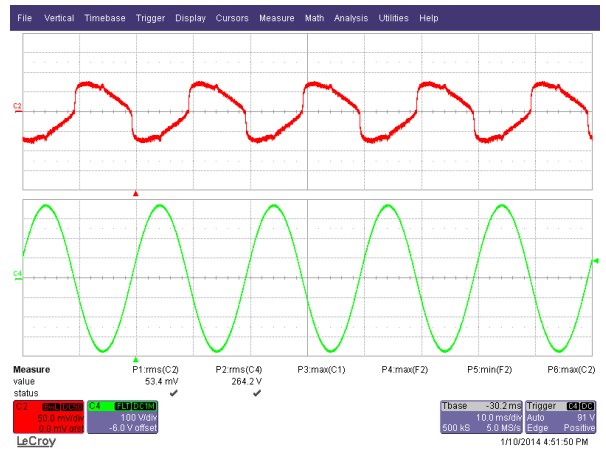
**Figure 19** – 190 VAC, Full Load.  
Upper:  $I_{IN}$ , 50 mA / div.  
Lower:  $V_{IN}$ , 100 V, 10 ms / div.



**Figure 20** – 220 VAC, Full Load.  
Upper:  $I_{IN}$ , 50 mA / div.  
Lower:  $V_{IN}$ , 100 V, 10 ms / div.



**Figure 21** – 240 VAC, Full Load.  
Upper:  $I_{IN}$ , 50 mA / div.  
Lower:  $V_{IN}$ , 100 V, 10 ms / div.



**Figure 22** – 265 VAC, Full Load.  
Upper:  $I_{IN}$ , 50 mA / div.  
Lower:  $V_{IN}$ , 100 V, 10 ms / div.



12.2 정상 작동 시 출력 전류 및 출력 전압

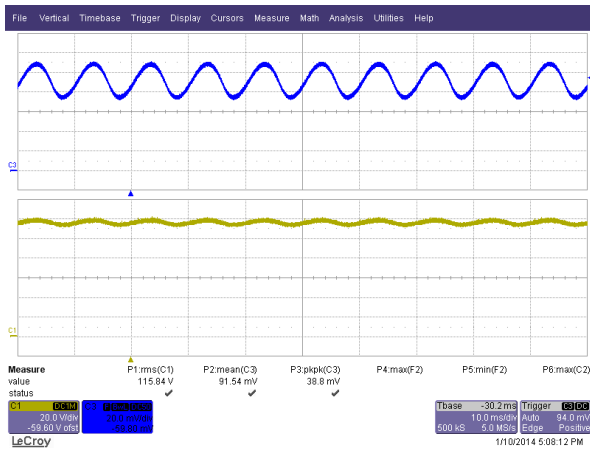


Figure 23 – 190 VAC, 50 Hz. Full Load.  
Upper: I<sub>OUT</sub>, 20 mA / div.  
Lower: V<sub>OUT</sub>, 20 V, 10 ms / div.

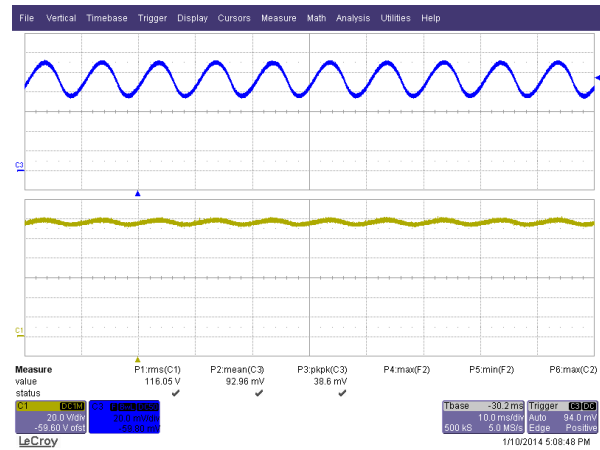


Figure 24 – 220 VAC, 50 Hz. Full Load.  
Upper: I<sub>OUT</sub>, 20 mA / div.  
Lower: V<sub>OUT</sub>, 20 V, 10 ms / div.

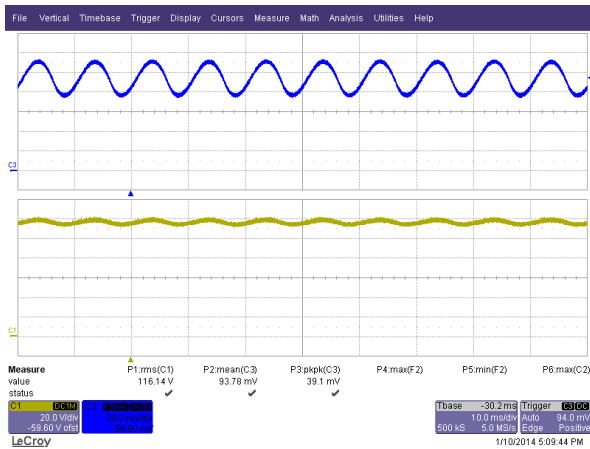


Figure 25 – 240 VAC, 50 Hz. Full Load.  
Upper: I<sub>OUT</sub>, 20 mA / div.  
Lower: V<sub>OUT</sub>, 20 V, 10 ms / div.

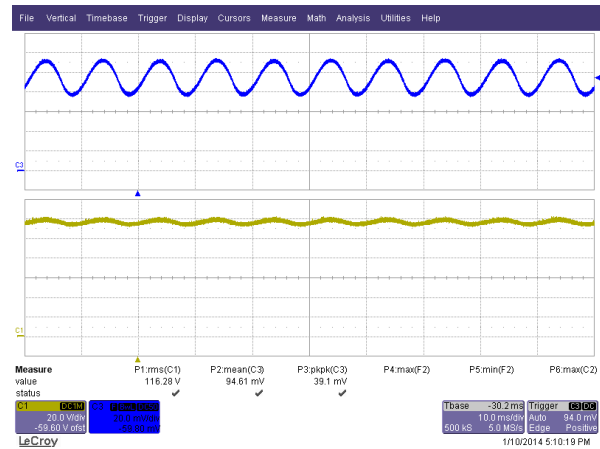
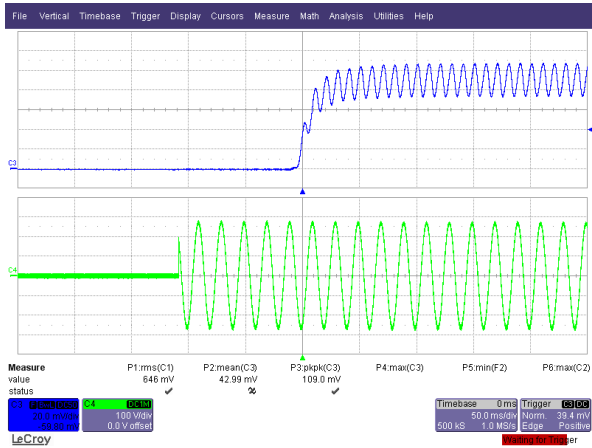
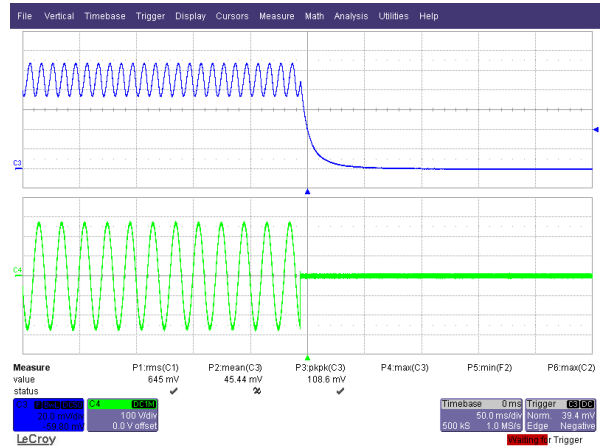


Figure 26 – 265 VAC, 50 Hz. Full Load.  
Upper: I<sub>OUT</sub>, 20 mA / div.  
Lower: V<sub>OUT</sub>, 20 V, 10 ms / div.

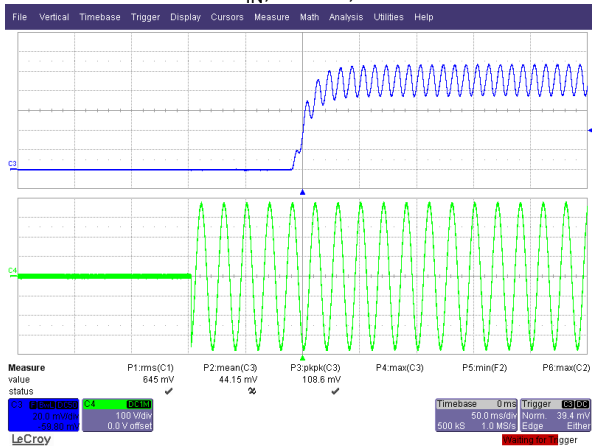
### 12.3 출력 전류 상승 및 하강



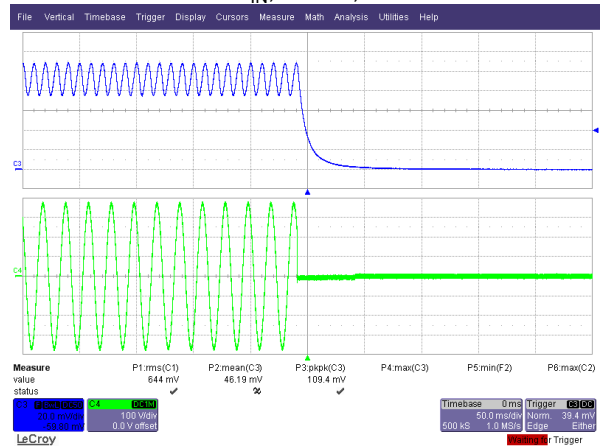
**Figure 27 – 190 VAC Output Rise.**  
 Upper:  $I_{OUT}$ , 20 mA / div.  
 Lower:  $V_{IN}$ , 100 V, 50 ms / div.



**Figure 28 – 90 VAC Output Fall.**  
 Upper:  $I_{OUT}$ , 20 mA / div.  
 Lower:  $V_{IN}$ , 200 V, 100 ms / div.



**Figure 29 – 265 VAC Output Rise.**  
 Upper:  $I_{OUT}$ , 20 mA / div.  
 Lower:  $V_{IN}$ , 100 V, 50 ms / div.



**Figure 30 – 265 VAC Output Fall.**  
 Upper:  $I_{OUT}$ , 20 mA / div.  
 Lower:  $V_{IN}$ , 100 V, 50 ms / div.

12.4 정상 작동 시 드레인 전압 및 전류

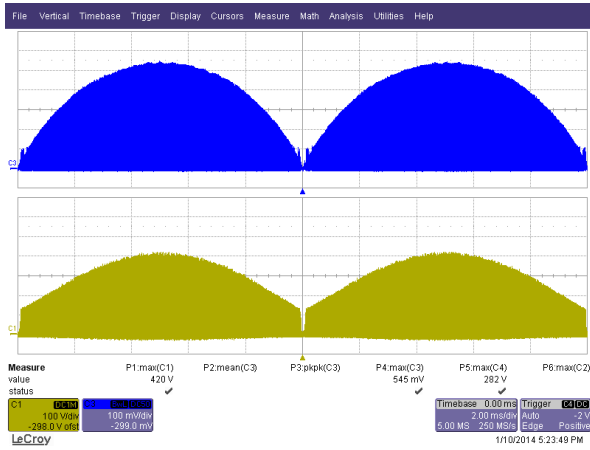


Figure 31 – 190 VAC, 50 Hz.  
 Upper:  $I_{DRAIN}$ , 0.1 A / div.  
 Lower:  $V_{DRAIN}$ , 100 V, 2 ms / div.

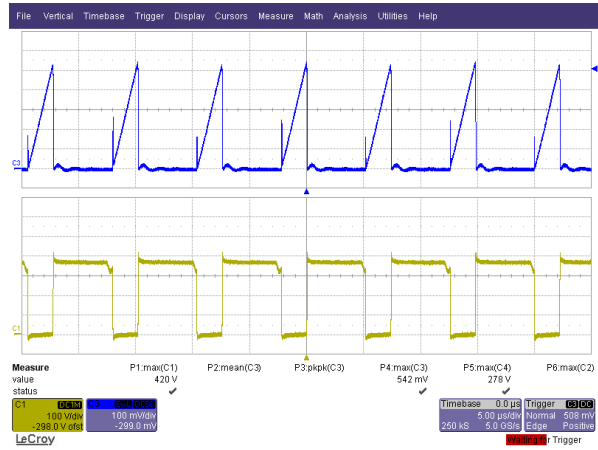


Figure 32 – 190 VAC, 50 Hz.  
 Upper:  $I_{DRAIN}$ , 0.1 A / div.  
 Lower:  $V_{DRAIN}$ , 100 V / div., 5 μs / div.

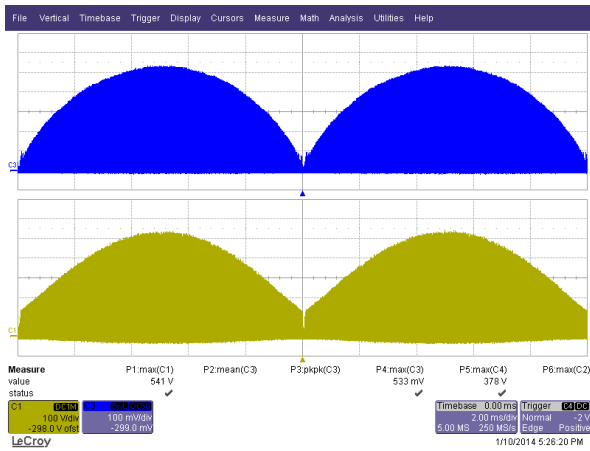


Figure 33 – 265 VAC, 50 Hz.  
 Upper:  $I_{DRAIN}$ , 0.1 A / div.  
 Lower:  $V_{DRAIN}$ , 100 V, 2 ms / div.

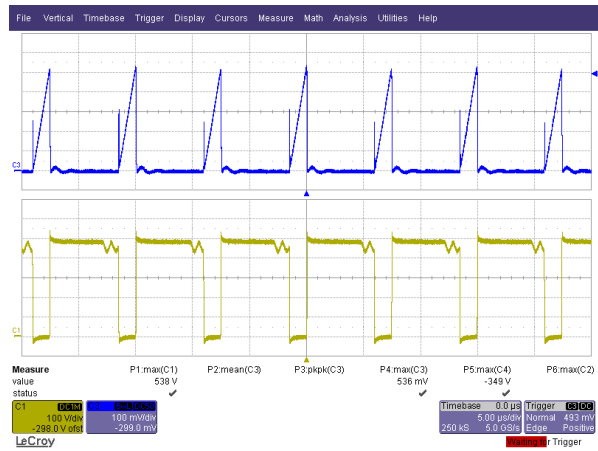


Figure 34 – 265 VAC, 50 Hz.  
 Upper:  $I_{DRAIN}$ , 0.1 A / div.  
 Lower:  $V_{DRAIN}$ , 100 V / div., 5 μs / div.



12.5 스타트업 드레인 전압 및 전류

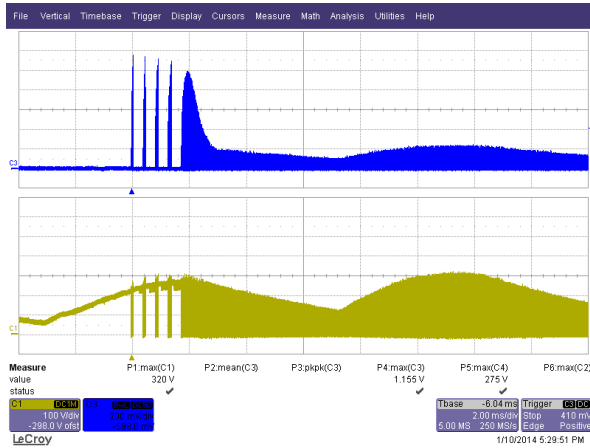


Figure 35 – 190 VAC, 50 Hz Start-up.  
Upper:  $I_{DRAIN}$ , 200 mA / div.  
Lower:  $V_{DRAIN}$ , 100 V, 2 ms / div.

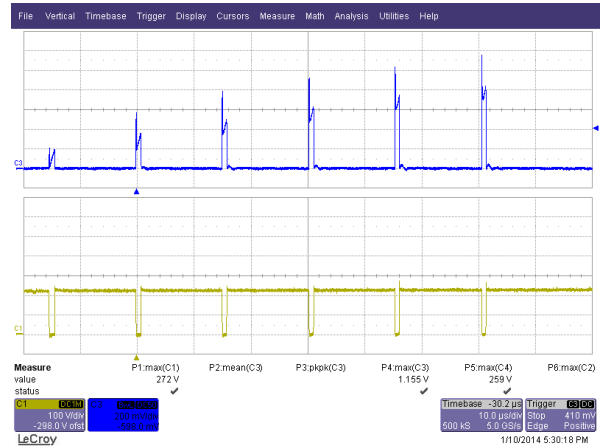


Figure 36 – 190 VAC, 50 Hz Start-up.  
Upper:  $I_{DRAIN}$ , 200 mA / div.  
Lower:  $V_{DRAIN}$ , 100 V, 10  $\mu$ s / div.

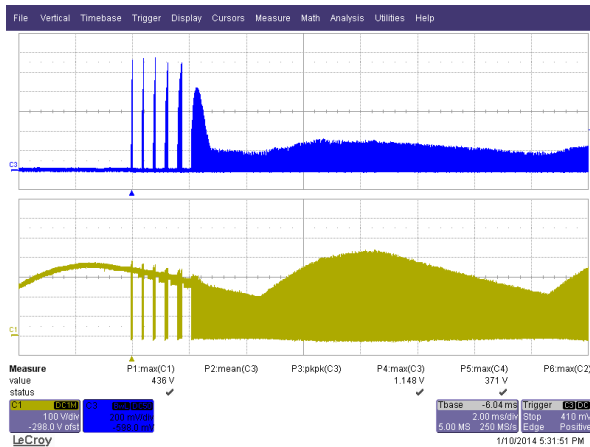


Figure 37 – 265 VAC, 50 Hz Start-up.  
Upper:  $I_{DRAIN}$ , 200 mA / div.  
Lower:  $V_{DRAIN}$ , 100 V, 2 ms / div.

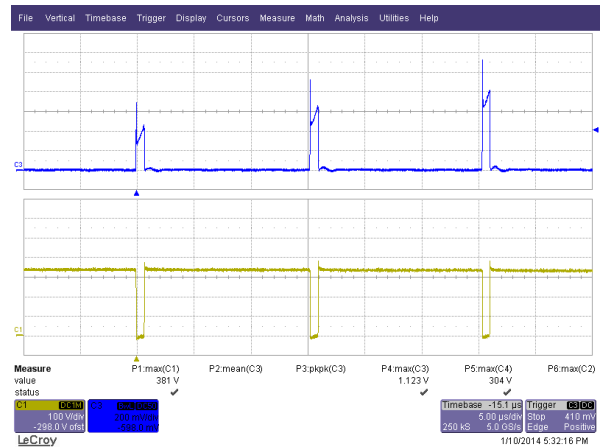


Figure 38 – 265 VAC, 50 Hz Start-up.  
Upper:  $I_{DRAIN}$ , 200 mA / div.  
Lower:  $V_{DRAIN}$ , 100 V, 5  $\mu$ s / div.





12.6 출력 단락 상태에서의 드레인 전류 및 드레인 전압

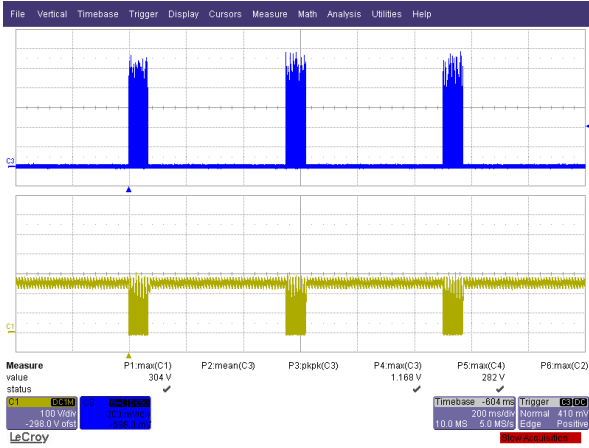


Figure 39 – 190 VAC, 50 Hz Output Short Condition.  
Upper:  $I_{DRAIN}$ , 200 mA / div.  
Lower:  $V_{DRAIN}$ , 100 V, 200ms / div.

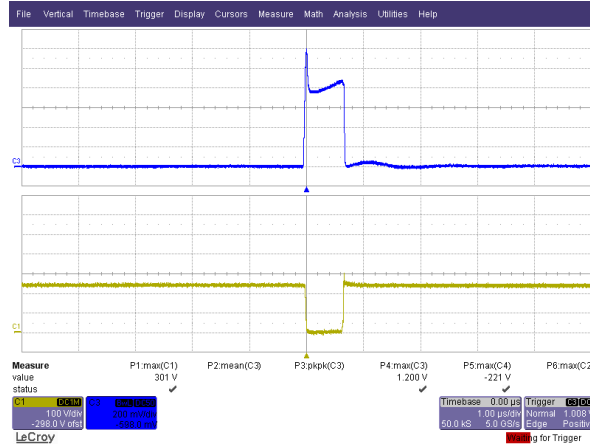


Figure 40 – 190 VAC, 50 Hz Output Short Condition.  
Upper:  $I_{DRAIN}$ , 200 mA / div.  
Lower:  $V_{DRAIN}$ , 100 V, 1  $\mu$ s / div.

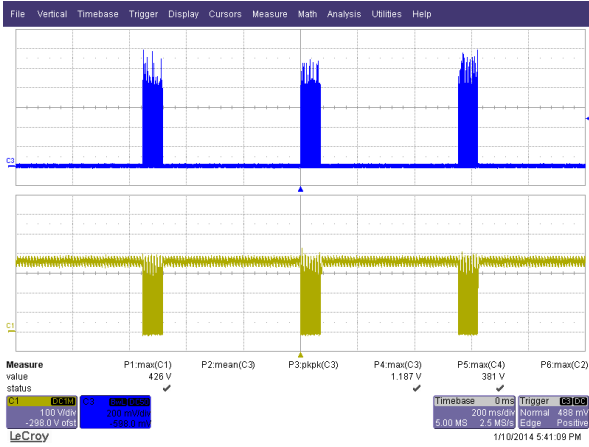


Figure 41 – 265 VAC, 50 Hz Output Short Condition.  
Upper:  $I_{DRAIN}$ , 200 mA / div.  
Lower:  $V_{DRAIN}$ , 100 V, 5ms / div.

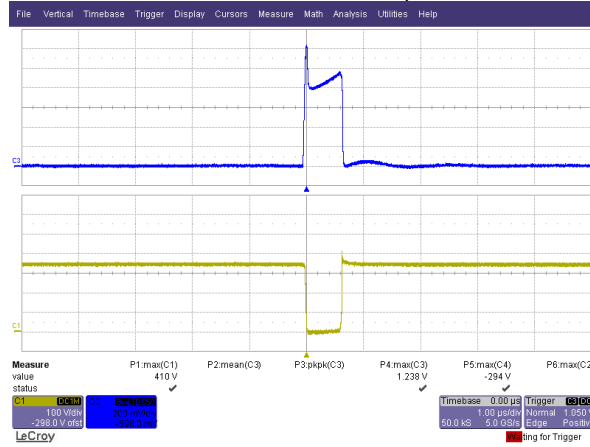
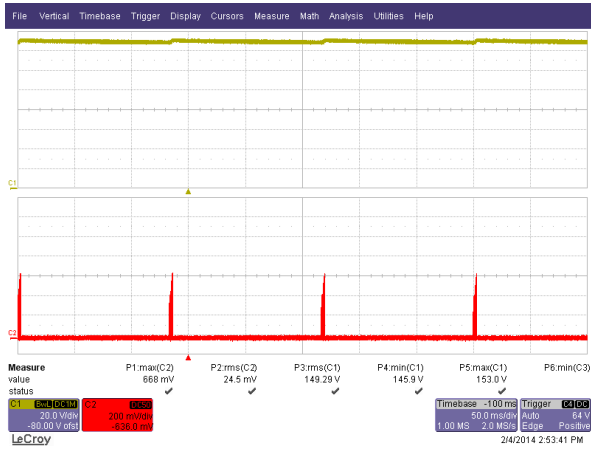


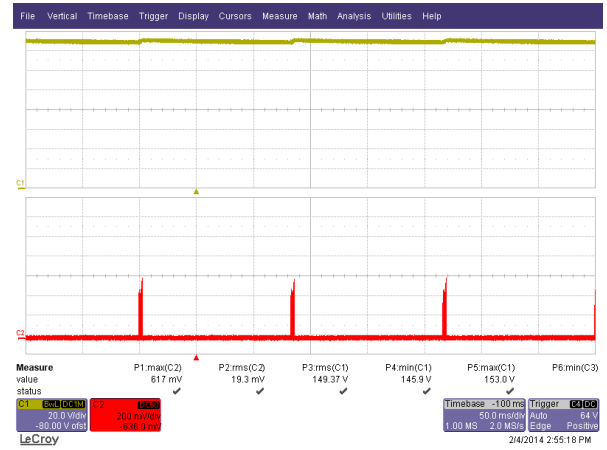
Figure 42 – 265 VAC, 50 Hz Output Short Condition.  
Upper:  $I_{DRAIN}$ , 200 mA / div.  
Lower:  $V_{DRAIN}$ , 100 V, 1  $\mu$ s / div.



### 12.7 오픈 부하 특성



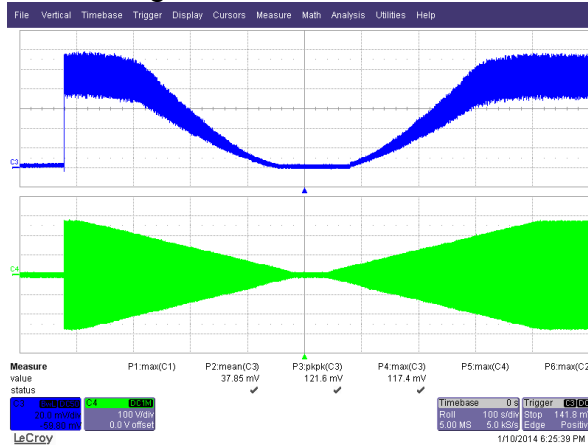
**Figure 43** – 190 VAC, 50 Hz Open Load Condition.  
Upper:  $V_{OUT}$ , 50 V / div.  
Lower:  $I_{DRAIN}$ , 200 mA, 100ms / div.



**Figure 44** – 265 VAC, 50 Hz Output Short Condition.  
Upper:  $V_{OUT}$ , 50 V / div.  
Lower:  $I_{DRAIN}$ , 200 mA, 200ms / div.

### 12.8 브라운아웃/브라운인

No failure of any component during brownout test of 0.5 V / sec AC cut-in and cut-off.



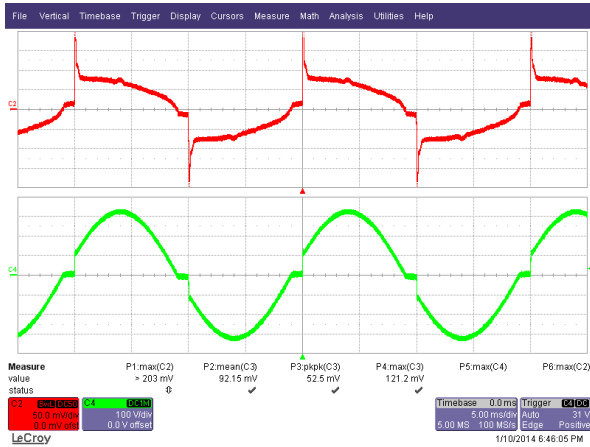
**Figure 45** – Brown-out Test at 0.5 V / s. The Unit is Able to Operate Normally Without Any Failure and Without Flicker.  
Ch4:  $V_{IN}$ ; 100 V / div.  
Ch2:  $I_{OUT}$ ; 20 mA / div.  
Time Scale: 100 s / div.



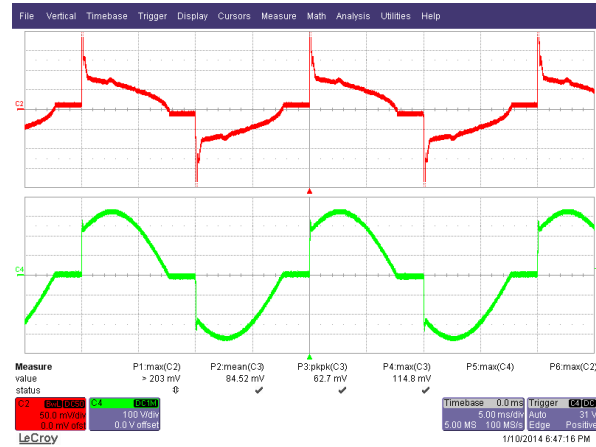
### 13 디밍 파형

#### 13.1 입력 전압 및 입력 전류 파형 - 리딩 엷지 디머

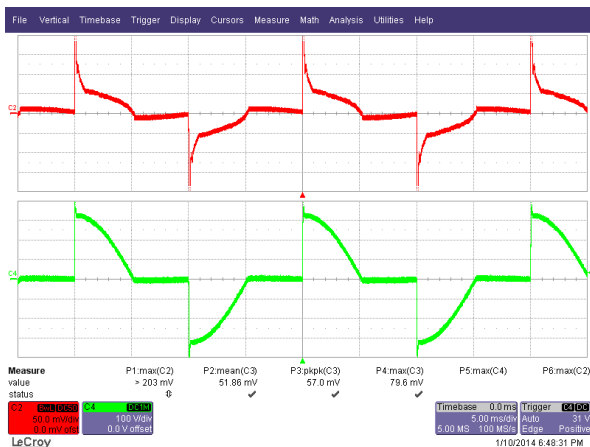
Input: 230 VAC, 50 Hz  
 Output: 120 V LED Load  
 Dimmer: WDE300F-1



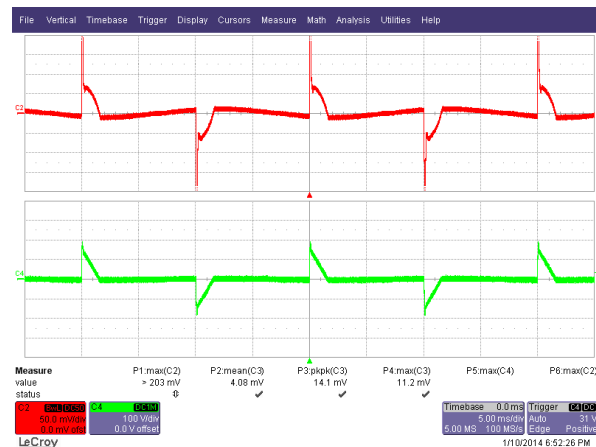
**Figure 46 – 162° Conduction Angle.**  
 Upper:  $I_{IN}$ , 50 mA / div.  
 Lower:  $V_{IN}$ , 100 V, 5 ms / div.



**Figure 47 – 135° Conduction Angle.**  
 Upper:  $I_{IN}$ , 50 mA / div.  
 Lower:  $V_{IN}$ , 100 V, 5 ms / div.



**Figure 48 – 90° Conduction Angle.**  
 Upper:  $I_{IN}$ , 50 mA / div.  
 Lower:  $V_{IN}$ , 100 V, 5 ms / div.



**Figure 49 – 30° Conduction Angle.**  
 Upper:  $I_{IN}$ , 50 mA / div.  
 Lower:  $V_{IN}$ , 100 V, 5 ms / div.

13.2 출력 전류 파형 - 리딩 엣지 디머

Input: 230 VAC, 50 Hz  
 Output: 120 V LED Load  
 Dimmer: WDE300F-1

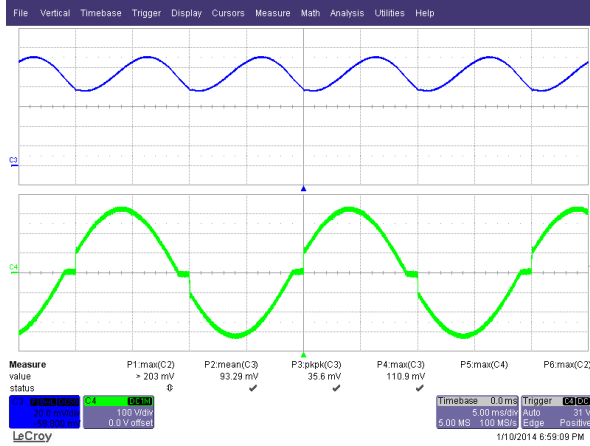


Figure 50 – 162° Conduction Angle.  
 Upper:  $I_{OUT}$ , 20 mA / div.  
 Lower:  $V_{IN}$ , 100 V, 5 ms / div.

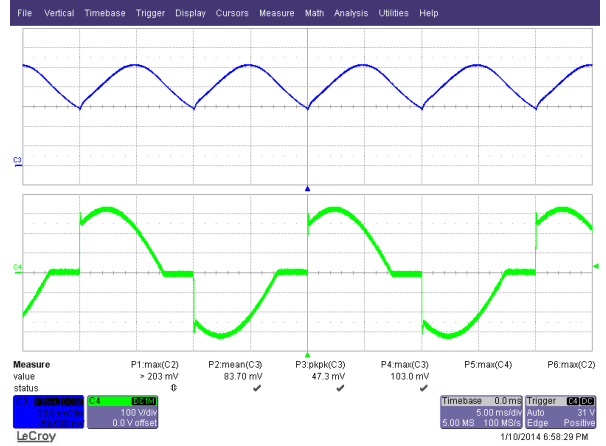


Figure 51 – 135° Conduction Angle.  
 Upper:  $I_{OUT}$ , 20 mA / div.  
 Lower:  $V_{IN}$ , 100 V, 5 ms / div.

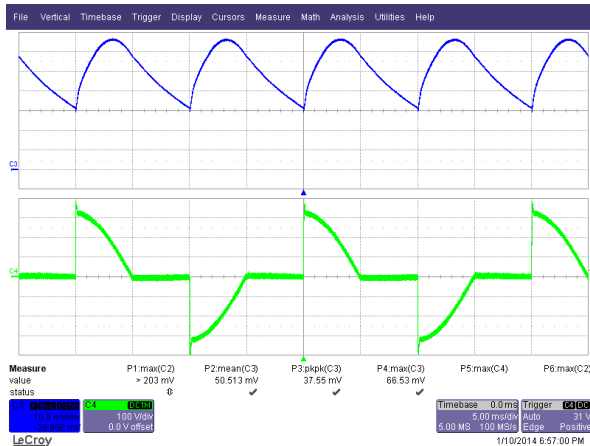


Figure 52 – 90° Conduction Angle.  
 Upper:  $I_{OUT}$ , 10 mA / div.  
 Lower:  $V_{IN}$ , 100 V, 5 ms / div.

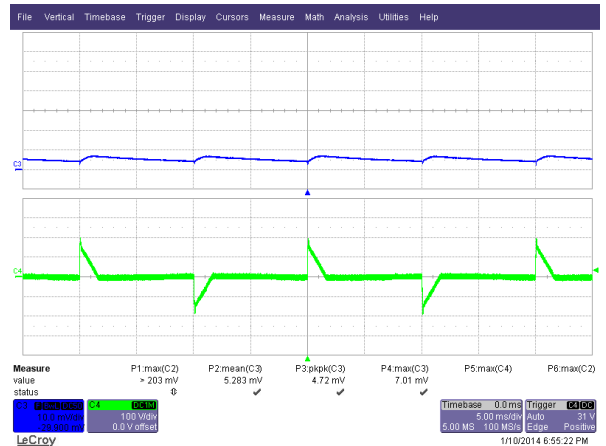


Figure 53 – 30° Conduction Angle.  
 Upper:  $I_{OUT}$ , 10 mA / div.  
 Lower:  $V_{IN}$ , 100 V, 5 ms / div.

13.3 입력 전압 및 입력 전류 파형 - 트레일링 엣지 디머

Input: 230 VAC, 50 Hz  
 Output: 120 V LED Load  
 Dimmer: PEHA 433HAB

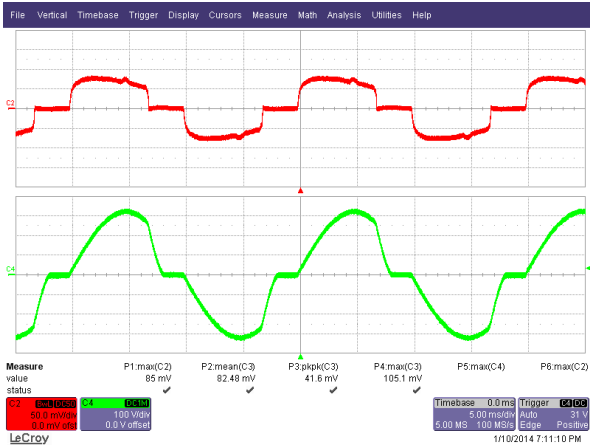


Figure 54 – 124° Conduction Angle.  
 Upper:  $I_{IN}$ , 50 mA / div.  
 Lower:  $V_{IN}$ , 100 V, 5 ms / div.

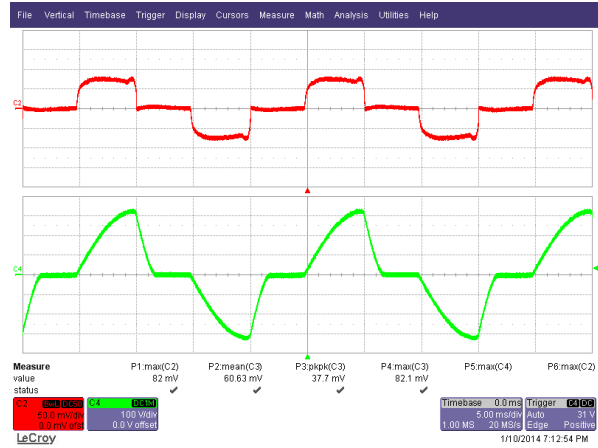


Figure 55 – 120° Conduction Angle.  
 Upper:  $I_{IN}$ , 50 mA / div.  
 Lower:  $V_{IN}$ , 100 V, 5 ms / div.

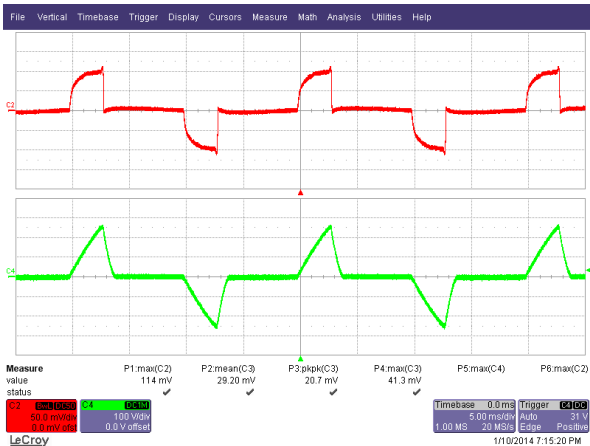


Figure 56 – 54° Conduction Angle.  
 Upper:  $I_{IN}$ , 50 mA / div.  
 Lower:  $V_{IN}$ , 100 V, 5 ms / div.

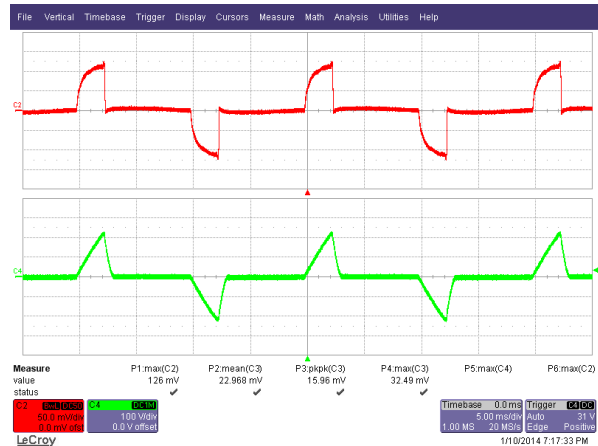


Figure 57 – 43° Conduction Angle.  
 Upper:  $I_{IN}$ , 50 mA / div.  
 Lower:  $V_{IN}$ , 100 V, 5 ms / div.



13.4 출력 전류 파형 - 트레일링 엣지 디머

Input: 230 VAC, 50 Hz  
 Output: 120 V LED Load  
 Dimmer: PEHA 433HAB

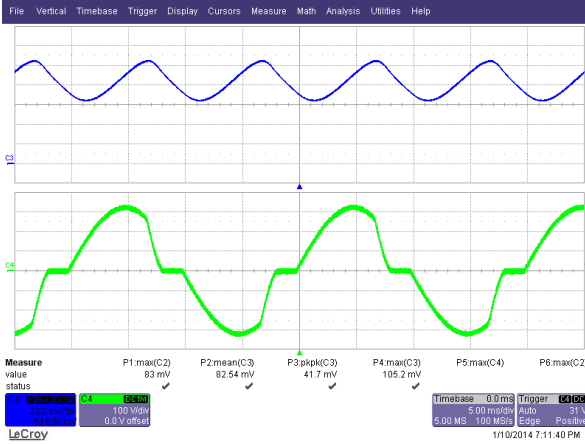


Figure 58 – 124° Conduction Angle.  
 Upper:  $I_{OUT}$ , 20 mA / div.  
 Lower:  $V_{IN}$ , 100 V, 5 ms / div.

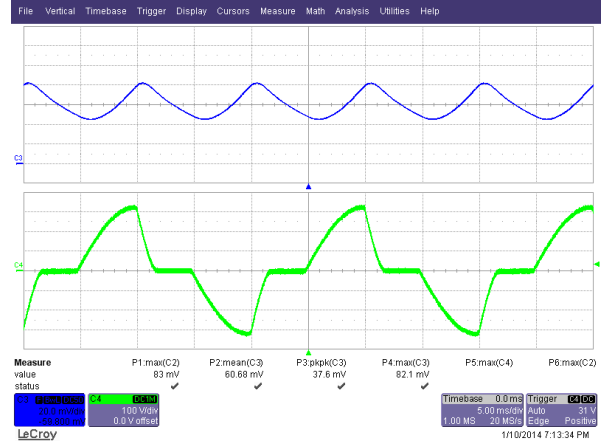


Figure 59 – 90° Conduction Angle.  
 Upper:  $I_{OUT}$ , 20 mA / div.  
 Lower:  $V_{IN}$ , 100 V, 5 ms / div.

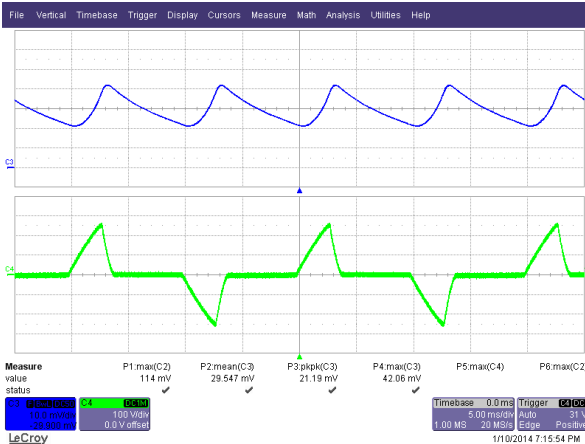


Figure 60 – 54° Conduction Angle.  
 Upper:  $I_{OUT}$ , 10 mA / div.  
 Lower:  $V_{IN}$ , 100 V, 5 ms / div.

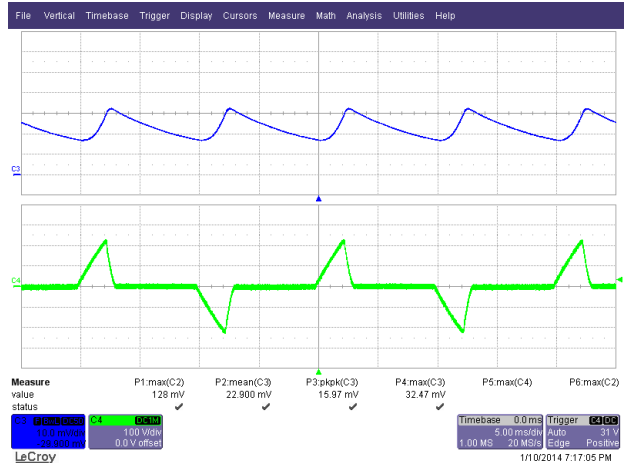


Figure 61 – 43° Conduction Angle.  
 Upper:  $I_{OUT}$ , 10 mA / div.  
 Lower:  $V_{IN}$ , 100 V, 5 ms / div.

13.5 드레인 전류 파형 - 리딩 엡지 디머

Input: 230 VAC, 50 Hz  
 Output: 120 V LED Load  
 Dimmer: WDE300F-1

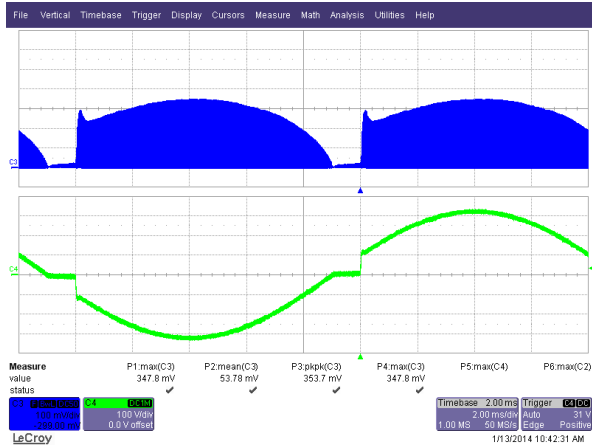


Figure 62 – 162° Conduction Angle.  
 Upper: U1  $I_{DS}$ , 100 mA / div.  
 Lower:  $V_{IN}$ , 100 V, 2 ms / div.

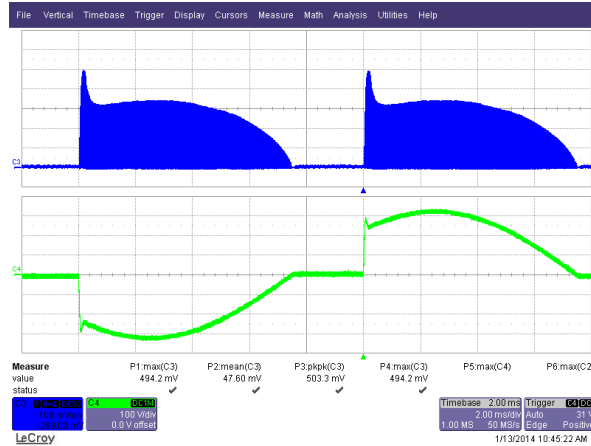


Figure 63 – 135° Conduction Angle.  
 Upper: U1  $I_{DS}$ , 100 mA / div.  
 Lower:  $V_{IN}$ , 100 V, 2 ms / div.

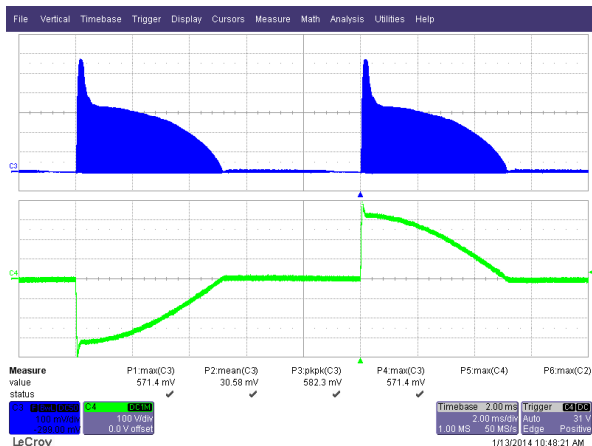


Figure 64 – 90° Conduction Angle.  
 Upper: U1  $I_{DS}$ , 100 mA / div.  
 Lower:  $V_{IN}$ , 100 V, 2 ms / div.

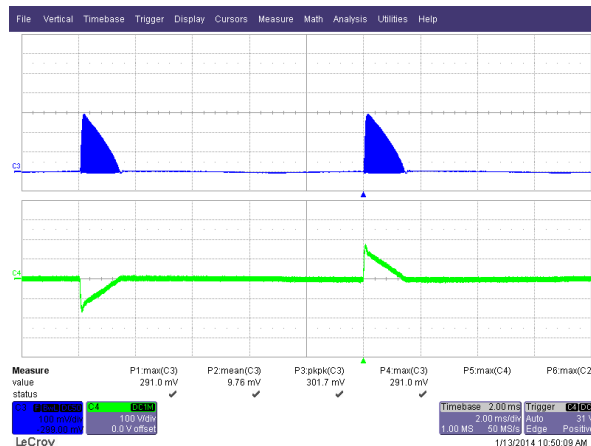


Figure 65 – 30° Conduction Angle.  
 Upper: U1  $I_{DS}$ , 100 mA / div.  
 Lower:  $V_{IN}$ , 100 V, 2 ms / div.



## 14 전도성 EMI

### 14.1 테스트 설정

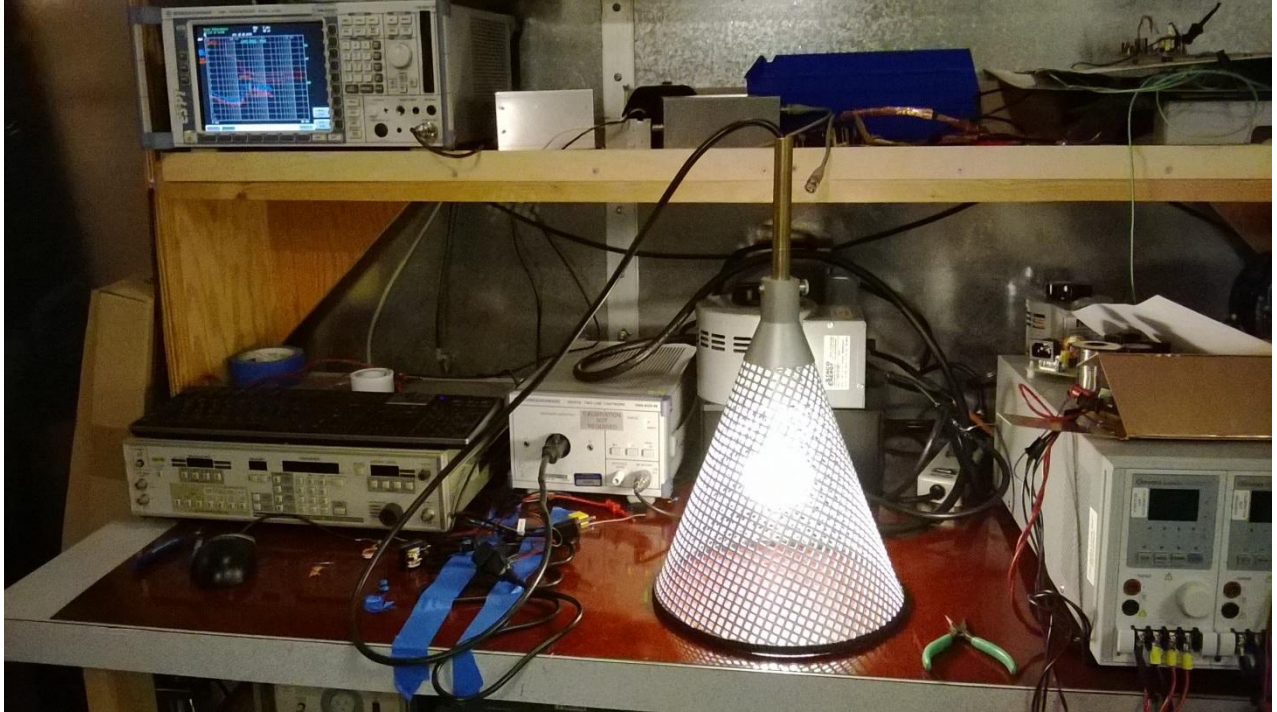


Figure 66 – Conducted EMI Test Set-up.





### 14.2 테스트 결과



Power Integrations  
04.Feb 14 18:25

RBW 9 kHz  
MT 500 ms

Att 10 dB AUTO

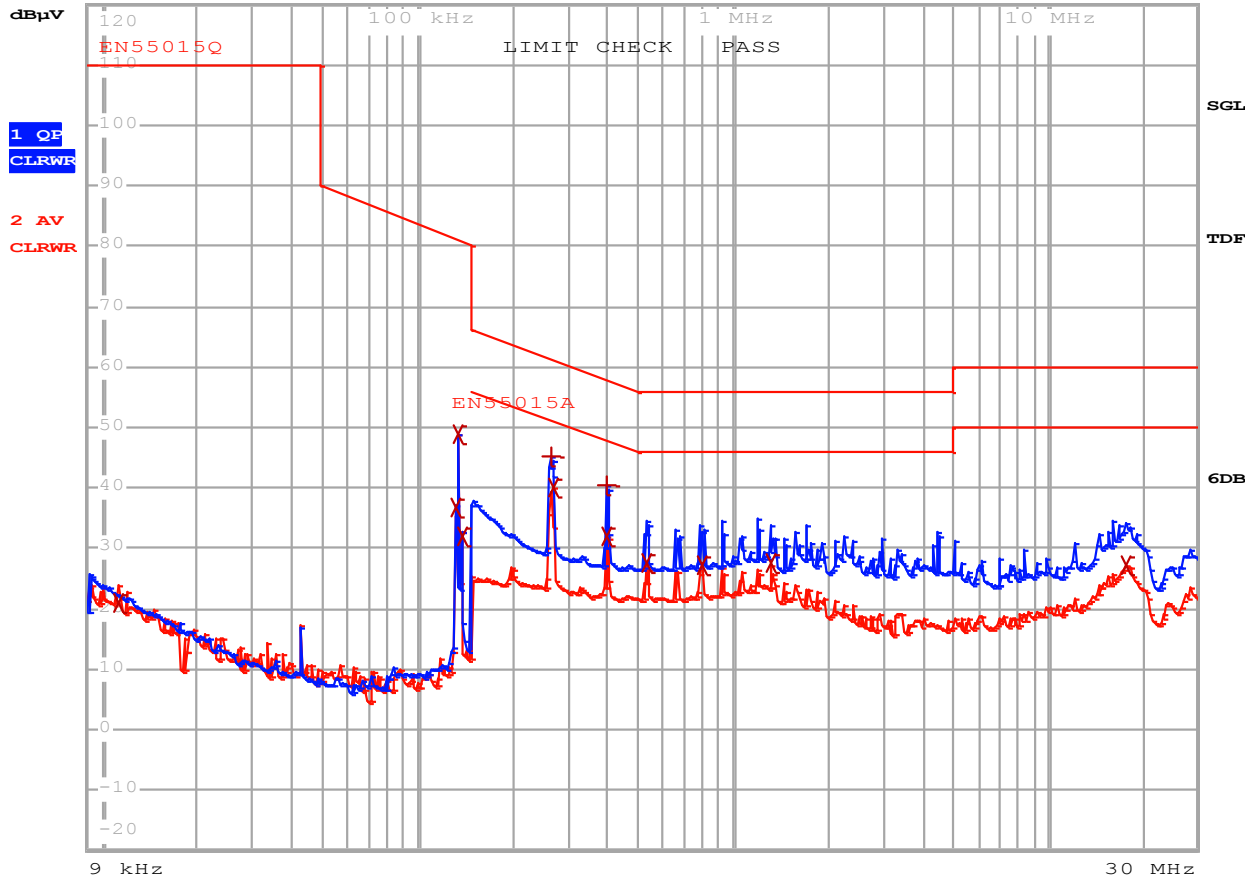


Figure 67 – Conducted EMI, ~120 V LED Load, 230 VAC, 60 Hz, and EN55015 B Limits.



EDIT PEAK LIST (Final Measurement Results)				
TRACE	FREQUENCY	LEVEL dB $\mu$ V	DELTA LIMIT dB	
Trace1:	EN55015Q			
Trace2:	EN55015A			
Trace3:	---			
2 Average	11.2024427378 kHz	21.11 N gnd		
2 Average	130.825395691 kHz	36.71 L1 gnd		
2 Average	133.454986145 kHz	48.99 N gnd		
2 Average	137.49880568 kHz	31.99 L1 gnd		
1 Quasi Peak	264.49018761 kHz	45.08 L1 gnd	-16.20	
2 Average	267.135089486 kHz	40.14 L1 gnd	-11.06	
1 Quasi Peak	397.727746704 kHz	40.55 L1 gnd	-17.34	
2 Average	397.727746704 kHz	32.14 L1 gnd	-15.76	
2 Average	530.769219795 kHz	27.42 L1 gnd	-18.57	
2 Average	798.145472681 kHz	27.29 L1 gnd	-18.70	
2 Average	1.32578199726 MHz	27.47 L1 gnd	-18.52	
2 Average	17.7971587654 MHz	27.14 L1 gnd	-22.85	

**Figure 68 – Conducted EMI, Final Measurement Results.**



### 15 라인 서지

Differential input line 500 V surge testing was completed on a single test unit to IEC61000-4-5. Input voltage was set at 230 VAC / 60 Hz.

Surge Level (V)	Input Voltage (VAC)	Injection Location	Injection Phase (°)	Test Result (Pass/Fail)
+500	230	L to N	90	Pass
-500	230	L to N	90	Pass
+500	230	L to N	0	Pass
-500	230	L to N	0	Pass

Differential ring input line surge testing was completed on a single test unit to IEC61000-4-5. Input voltage was set at 230 VAC / 60 Hz. Output was loaded at full load and operation was verified following each surge event.

Surge Level (V)	Input Voltage (VAC)	Injection Location	Injection Phase (°)	Test Result (Pass/Fail)
+2500	230	L to N	90	Pass
-2500	230	L to N	90	Pass
+2500	230	L to N	0	Pass
-2500	230	L to N	0	Pass

Unit passed under all test conditions.

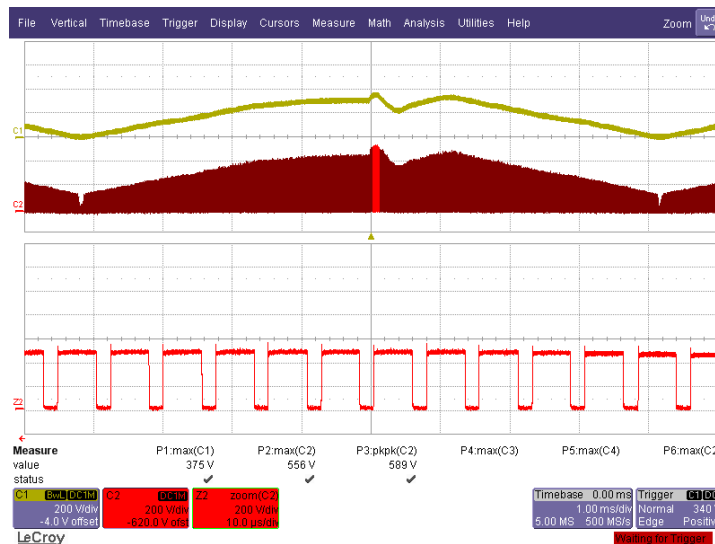


Figure 69 – 500 V Differential Surge. 589 V maximum VDS.



**16 개정 내역**

<b>Date</b>	<b>Author</b>	<b>Revision</b>	<b>Description and Changes</b>	<b>Reviewed</b>
9-Jun-14	CA	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:  
[eurosales@powerint.com](mailto:eurosales@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 2410, Charity Plaza, No. 88,  
North Caoxi Road,  
Shanghai, PRC 200030  
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:  
[eurosales@powerint.com](mailto:eurosales@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:  
[eurosales@powerint.com](mailto:eurosales@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

