

설계 예제 보고서

제목	12W TRIAC 디머블 고효율(>88%) 역률 보정 박-부스트 LED 드라이버(LYTSwitch™ LYT4313E 사용)
사양	90VAC – 132VAC 입력, 72V V _{TYPICAL} , 170mA 출력
애플리케이션	BR40 램프 교체용
작성자	애플리케이션 엔지니어링 부서
문서 번호	DER-357
날짜	09.04.13
개정	1.0

요약 및 기능

- 일체형(single-stage) PFC 및 정확한 정전류(CC) 출력
- 저가형, 적은 부품 수 및 소형 PCB 풋프린트 솔루션
- 높은 에너지 효율, 120VAC 입력일 때 >88%
- 빠른 스타트업 시간(<250ms) - 인지되는 지연 시간 없음
- 집적된 보호 및 신뢰성 기능
 - 무부하 보호/하드 단락 보호
 - 큰 히스테리시스(Hysteresis)를 갖고 있는 자동 복구 써멀 셧다운 기능으로 부품과 PCB 모두 보호
 - 라인 브라운아웃/브라운인 상태에서 손상 없음
- 120VAC일 때 PF >0.9
- 120VAC에서 %A THD <25%
- 작동 온도를 확장하기 위한 선택형 써멀 출력 전류 폴드백
- IEC 2.5kV 링 웨이브, 500V 디퍼렌셜 라인 서지 및 EN55015 전도성 EMI 충족

특허 정보

여기에 설명한 제품 및 애플리케이션(제품의 외장 트랜스포머 구성 및 회로 포함)은 하나 이상의 미국 및 해외 특허의 대상이 되거나 파워 인테그레이션스(Power Integrations)에서 출원 중인 미국 및 해외 특허 신청의 대상이 될 수 있습니다. 파워 인테그레이션스(Power Integrations)의 전체 특허 목록은 www.powerint.com에서 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

Table of Contents

1	소개	4
2	파워 서플라이 사양	5
3	회로도	6
4	회로 설명	7
4.1	입력단	7
4.2	댐퍼 스테이지	7
4.3	LYTSwitch 디바이스를 사용한 벅-부스트 토폴로지	8
4.4	출력 피드백	8
4.5	부하 차단 보호 기능	8
4.6	쿼지-위상 감지 액티브 더미 부하	8
4.7	써멀 출력 전류 폴드백	9
5	PCB 레이아웃 및 외형	10
6	소자가 장착된 PCB	11
7	BOM	12
8	인덕터 사양	14
8.1	전기적 구성도	14
8.2	전기적 사양	14
8.3	재료	14
8.4	인덕터 제작 구성도	15
8.5	인덕터 구성	15
9	인덕터 설계 스프레드시트	16
10	성능 데이터	19
10.1	액티브 모드 효율	20
10.2	라인 레귤레이션	21
10.3	역률	22
10.4	THD(%)	23
10.5	고조파 성분	24
10.6	고조파 측정	25
10.7	디밍 특성	26
10.8	디머 호환성	30
11	온도 성능	32
11.1	사용 장비	32
11.2	써멀 결과	33
11.3	써멀 스캔	35
12	파형	38
12.1	드레인 전압 및 전류, 정상 작동	38
12.2	드레인 전압 및 전류 스타트업 프로파일	38
12.3	출력 전압 스타트업 프로파일	39
12.4	입력 및 출력 전압과 전류 프로파일	39



12.5	드레인 전압 및 전류 프로파일: 정상 작동 후 출력 단락	40
12.6	드레인 전압 및 전류 프로파일: 스타트업 시 출력단락	41
12.7	무부하 작동	41
12.8	AC 사이클링	42
12.9	디밍 샘플 파형	43
12.9.1	라인 서지 파형	44
12.9.2	디퍼렌셜 라인 서지	44
12.9.3	디퍼렌셜 링 서지	44
13	라인 서지	45
14	전도성 EMI	46
14.1	디바이스	46
14.2	EMI 테스트 설정	46
14.3	EMI 테스트 결과	47
15	설계 예제 보고서	49

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 디바이스 제품군의 LYT4313E 를 사용하는 비절연 벡-부스트 구성 LED 드라이버(파워 서플라이)에 대해 설명하는 엔지니어링 보고서입니다.

DER-357 은 단일 12W TRIAC 디머블 정전류 출력을 제공합니다.

크기를 줄이고 효율을 극대화하는 것이 설계의 주요 목표였습니다. 결과적으로 드라이버가 BR40 크기의 램프 기준에 부합할 뿐 아니라 제품 설계와 최대한 비슷하게 구성할 수 있게 되었습니다.

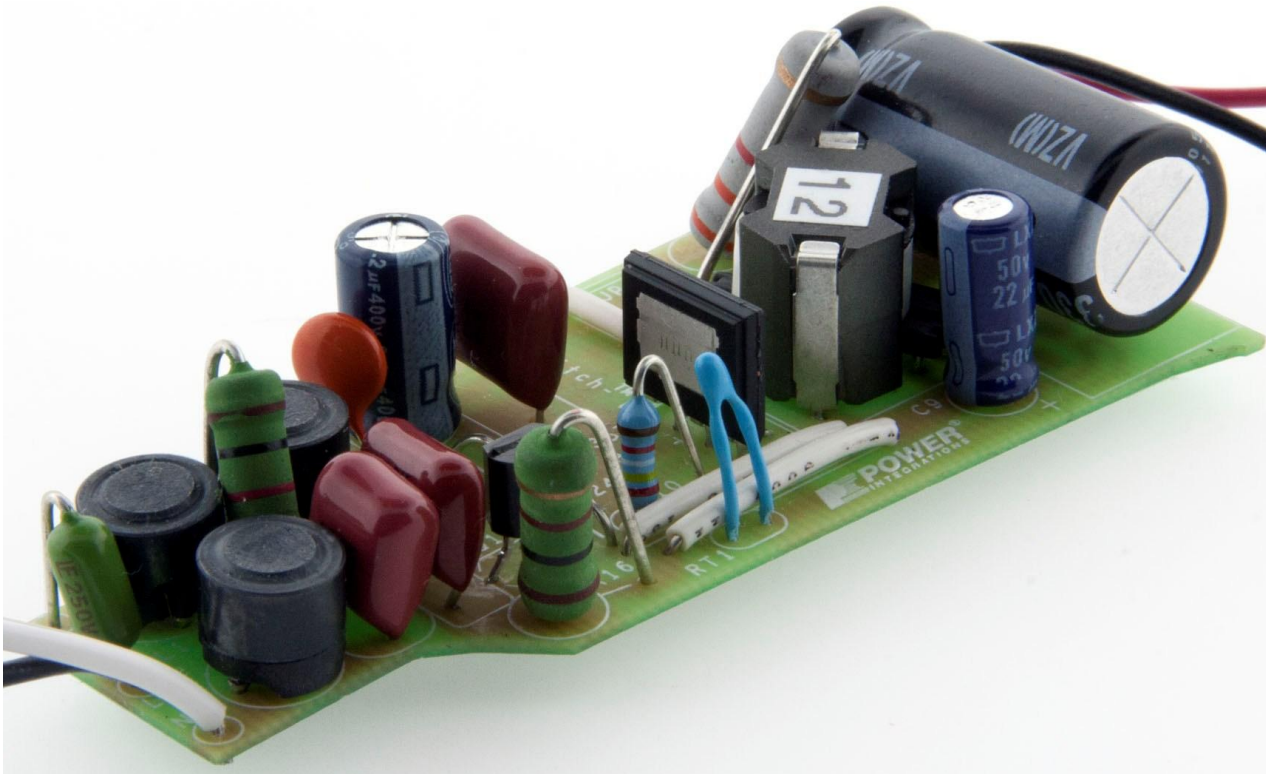


Figure 1 – PCB Assembly.

보드는 로우 라인 AC 입력 전압 범위(90VAC~132VAC, 47Hz~63Hz)에서 작동하도록 최적화되었습니다. LYTSwitch IC 기반 설계는 현재 국제 기준을 충족하는 높은 역률(>0.95)을 제공합니다.

보드 폼 팩터는 표준 BR40 LED 교체 램프 기준에 부합하는 것으로 선택했습니다. 출력단은 비절연 상태이기 때문에 서플라이 출력단 및 LED 부하를 절연시키기 위한 인클로저 기구 설계가 필요합니다.

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



2 파워 서플라이 사양

아래 표는 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}	90 47 0.9	120 50/60	132 63	VAC Hz	2 선 식 - P.E. 없음 230VAC
출력 출력 전압 출력 전류 총 출력 전력 연속 출력 전력	V_{OUT} I_{OUT} P_{OUT}	69 161.5	72 170	75 178.5	V mA W	230VAC
효율 정격	η		88		%	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 μ 서지, IEC 1000-4-5, 직렬 임피던스: 디퍼렌셜 모드: 2 Ω 2 Ω 단락 회로 직렬 임피던스



3 회로도

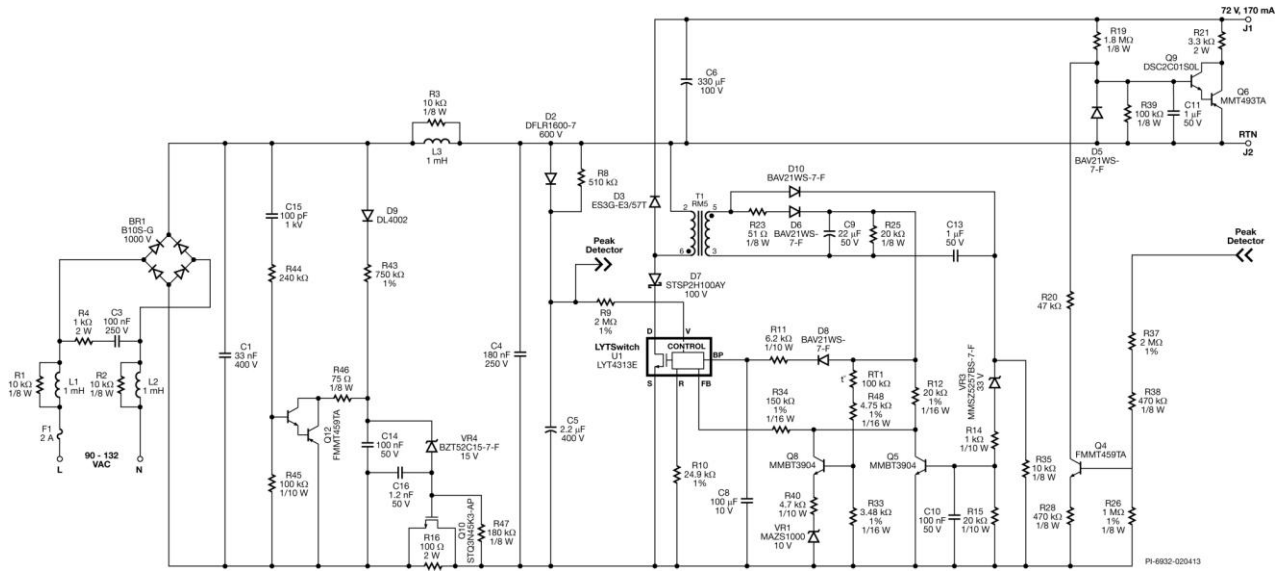


Figure 2 – Schematic for 72 V, 170 mA Replacement Lamp.

참고: 써멀 폴드백을 활성화하려면 R33 을 11k Ω 로 변경하십시오. 온도 반응 정보는 결과 섹션을 참조하십시오. 저항 R33 을 조정하여 원하는 폴드백 특성을 조정할 수 있습니다.



4 회로 설명

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

4.1 입력단

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

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

디퍼렌셜 초크 L1 및 L2 는 브리지 정류기 스위칭을 포함한 노이즈를 억제하는 프런트 엔드 EMI 필터입니다. RC 블리더 R4 및 C3 을 브리지 앞에 배치하여 TRIAC 이 정상적으로 작동하도록 지원합니다. 커패시터 C3 및 R4 를 L1 및 L2 앞에 배치하여 디밍 호환성을 더욱 강화할 수 있습니다. 또한 자기 변형으로 인해 EMI 인덕터에서 생성되는 노이즈를 줄여 줍니다. 저항 R1 및 R2 는 필요 시 EMI 필터의 공진점을 댐핑합니다. 방사 EMI 스펙트럼의 시스템 레벨 애플리케이션에 상당한 마진이 있을 경우 R1 및 R2 를 제거하십시오.

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

4.2 댐퍼 스테이지

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

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



디밍 동안 Q10 은 입력 벌크 커패시턴스 및 EMI 필터에 의해 발생하는 돌입 전류를 댐핑하기 위해 입력 전류의 초기 스파이크에서 OFF 상태가 됩니다. 그런 다음 Q10 은 디밍 작동 시 선형적으로 작동하도록 R47 그리고 커패시턴스가 동일한 C14 및 C16 에 의해 시간이 설정됩니다.

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

4.3 LYTSwitch 디바이스를 사용한 벅-부스트 토폴로지

벅-부스트 파워트레인은 U1(파워 스위치 + 컨트롤), D3(프리휠링 다이오드), C6(출력 커패시터) 및 T1(인덕터)로 구성되어 있습니다. 다이오드 D7 은 U1 드레인-소스 사이에서 나타나는 마이너스 전압, 특히, 입력 전압의 제로 크로싱 근처에서 나타나는 마이너스 전압을 방지하여 SOURCE 핀에서 전류가 거꾸로 흐르는 것을 방지하는 데 사용되었습니다. 바이패스 커패시터 C8 은 U1 에 내부 전압을 공급하고, 스타트업 시 MOSFET 오프-타임 동안 드레인을 통해 충전되어 효율을 높입니다. 디밍 동작의 경우 방전 작업 동안 D6 가 정류하고 C9 가 필터링하여 인덕터의 예비 보조 권선을 통해 전력이 공급됩니다. 내부 전류 제한 및 오토-리스타트 기능은 출력 과부하 및 단락으로부터 IC 를 보호합니다.

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 메인 권선 간의 턴비에 의해 설정됨). 저항 R12 및 R34는 바이어스 전압을 U1의 FEEDBACK(FB) 핀에 공급되는 전류로 변환합니다. U1의 내장 엔진에서는 FB 핀 전류, VOLTAGE MONITOR(V) 전류, 내장 드레인 전류 정보를 결합하여 높은 입력 역률을 유지하면서 일정한 출력 전류를 제공합니다. 저항 R23은 정류 시 전압 링잉을 제한하여 라인 및 부하 레귤레이션에 도움을 줍니다.

4.5 부하 차단 보호 기능

출력 단자에 부하를 연결하지 않고 보드에 전력을 공급할 경우 출력 커패시터가 과전압으로부터 보호됩니다. 이 상태는 생산 테스트 라인에서 흔히 발생합니다. 무부하 상태로 인한 과전압이 발생하면 바이어스 권선 전압이 상승하며 VR3은 FB 핀 전류가 $I_{FB(AR)}$ 기준값 아래로 떨어지는 즉시 Q5를 트리거합니다. 해당 장치는 오토-리스타트 모드에 들어가서 출력 전압이 출력 커패시터 정격 전압보다 높아지지 않게 제한하여 과전압으로 인한 벤팅을 방지합니다.

4.6 쿼지-위상 감지 액티브 더미 부하

쿼지-위상 감지 액티브 더미 부하를 사용하여 디밍 특성을 매핑하면 디밍 성능과 디밍 비율을 높일 수 있습니다. PI 고유의 쿼지-위상 감지 액티브 더미 부하 회로(R21, R19, R39, R20, R28, R37, R38, D5, Q9, Q6, Q4)는 높은 효율을 유지하기 위해 비디밍 작동 시 액티브 상태가 되지 않습니다(비손실성). 피크 감지 회로에서 디밍하는 동안 도통각 70°



아래에서 선형적으로 활성화되어 스위치 모드 컨버터를 효율적으로 작동합니다. 트랜지스터 Q9 및 Q6 은 선형적으로 바이어스되어 R21 을 통해 출력 전류 보정 수준까지 전력 손실을 공유합니다. Q9 및 Q6 이 완전히 바이어스되고 저항 R21 에 의해 전류가 제한될 때가 최대 보정입니다.

4.7 써멀 출력 전류 폴드백

이 참조 설계에는 써멀 출력 전류 폴드백을 활성화하는 선택형 회로가 있습니다. 이 회로는 써멀 보호 기준값에 도달하지 않도록 작동 주변 온도를 확장하는 역할을 합니다. 이 회로는 써미스터 RT1, R48, R33, R40, Q8 및 VR1 로 구성되어 있습니다. Q8 콜렉터는 U1 의 FB 핀에서 나오는 일부 전류를 싱크하여 LED 드라이버의 출력 전류를 줄입니다. 싱킹 전류는 LED 드라이버의 내부 주변 온도에 비례합니다. 내부 온도가 상승하면 싱킹 전류가 증가하고 그에 따라 출력 전류가 감소합니다. R33 이 11k Ω 일 경우 U1 의 110 $^{\circ}$ C 주변에서 이러한 전류 공유가 시작됩니다. 최종 시스템 설계에 원하는 기준값 수준에 따라 이 값을 조정하십시오.



6 소자가 장착된 PCB

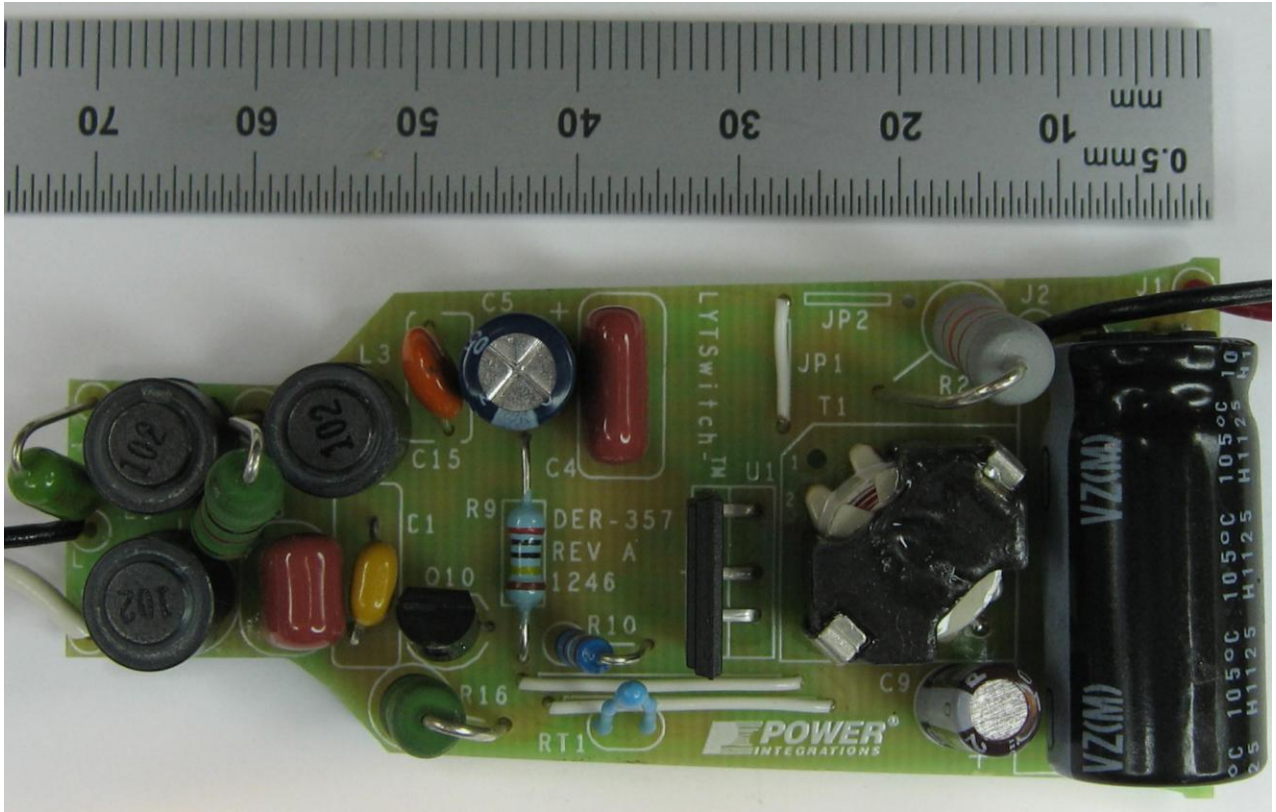


Figure 5 – Populated Circuit Board (Top Side) Board Height: 20 mm.

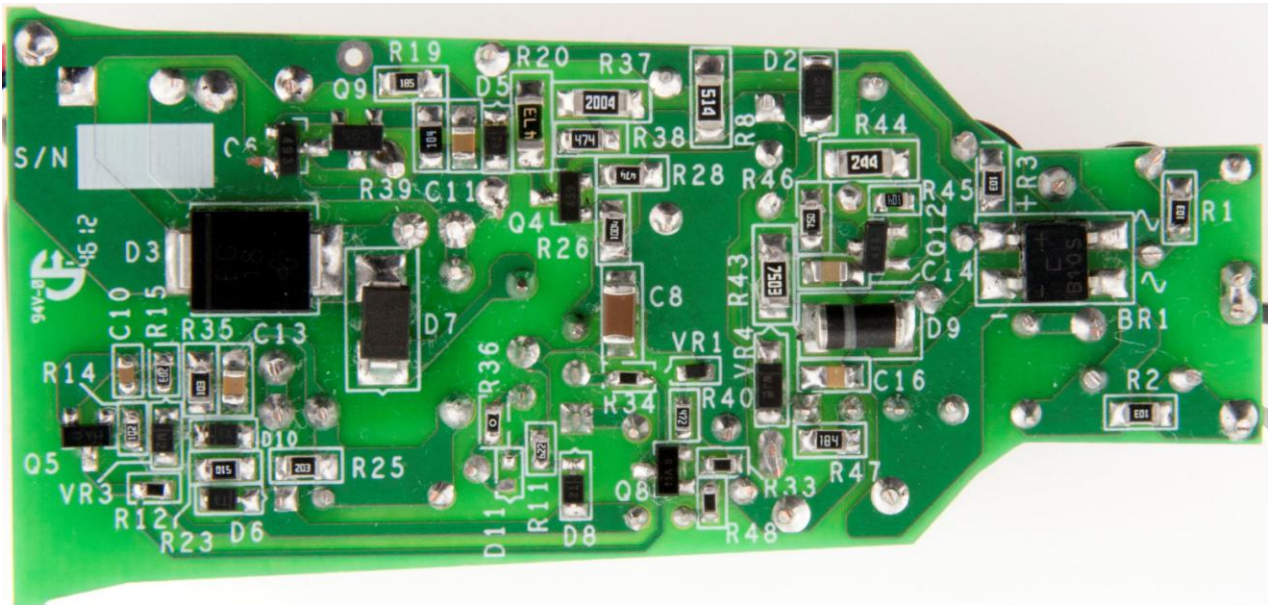


Figure 6 – Populated Circuit Board (Bottom Side).



7 BOM

The table below is the reference design BOM.

Item	Qty	Ref Des	Description	Mfg Part Number	Manufacturer
1	1	BR1	1000 V, 0.8 A, Bridge Rectifier, SMD, MBS-1, 4-SOIC	B10S-G	Comchip
2	1	C1	33 nF, 400 V, film	ECQ-E4333KF	Panasonic
3	1	C3	100 nF, 250 V, Film	ECQ-E2104KB	Panasonic
4	1	C4	180 nF, 250 V, Film	ECQ-E2184KB	Panasonic
5	1	C5	2.2 μ F, 400 V, Electrolytic, (6.3 x 11)	TAB2GM2R2E110	Ltec
6	1	C6	3300 μ F, 100 V, Electrolytic, (12.5 x 25)	UVZ2A331MHD	Nichicon
7	1	C8	100 μ F, 10 V, Ceramic, X5R, 1206	C3216X5R1A107M	TDK
8	1	C9	22 μ F, 50 V, Electrolytic, (5 x 11)	UPW1H220MDD	Nichicon
9	1	C10	100 nF 50 V, Ceramic, X7R, 0603	C1608X7R1H104K	TDK
10	2	C11 C13	1 μ F, 50 V, Ceramic, X5R, 0805	08055D105KAT2A	AVX
11	1	C14	100 nF, 50 V, Ceramic, X7R, 0805	CC0805KRX7R9BB104	Yageo
12	1	C15	100 pF, 1 kV, Disc Ceramic	562R5GAT10	Vishay
13	1	C16	1.2 nF, 50 V, Ceramic, X7R, 0805	08055C122KAT2A	AVX
14	1	D2	600 V, 1 A, Rectifier, Glass Passivated, POWERDI123	DFLR1600-7	Diodes, Inc.
15	1	D3	DIODE ULTRA FAST 400 V 3 A, DO-214AB	ES3G-E3/57T	Vishay
16	4	D5 D6 D8 D10	250 V, 0.2 A, Fast Switching, 50 ns, SOD-323	BAV21WS-7-F	Diodes, Inc.
17	1	D7	100 V, 2 A, Schottky, SMA	STPS2H100AY	ST Micro
18	1	D9	100 V, 1 A, Rectifier, Glass Passivated, DO-213AA (MELF)	DL4002-13-F	Diodes Inc
19	1	F1	Fuse, Pico, 2 A, 250V, Fast, Axial	0263002.MXL	Littlefuse Inc.
20	3	L1 L2 L3	1 mH, 0.23 A, Ferrite Core	CTSCH875DF-102K	CT Parts
21	2	Q4 Q12	NPN, Small Signal BJT, 450 V, 0.5 A, 150 MA, SOT-23	FMMT459TA	Diodes, Inc.
22	2	Q5 Q8	NPN, Small Signal BJT, 40 V, 0.2 A, SOT-23	MMBT3904LT1G	On Semi
23	1	Q6	NPN, 100 V, 1000 Ma, SOT23-3	FMMT493TA	Diodes, Inc.
24	1	Q9	NPN, 100 V, 20 Ma, SOT23-3	DSC2C01S0L	Panasonic
25	1	Q10	450 V, 0.6 A, 3.8 Ω , N-Channel, TO-92	STQ3N45K3-AP	ST Micro
26	4	R1 R2 R3 R35	10 k Ω , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ103V	Panasonic
27	1	R4	1.0 k Ω , 5%, 2 W, Metal Oxide	RSMF2JT1K00	Stackpole
28	1	R8	510 k Ω , 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEYJ514V	Panasonic
29	1	R9	2.00 M Ω , 1%, 1/4 W, Metal Film	RNF14FTD2M00	Stackpole
30	1	R10	24.9 k Ω , 1%, 1/4 W, Metal Film	MFR-25FBF-24K9	Yageo
31	1	R11	6.2 k Ω , 5%, 1/10 W, Thick Film, 0603	ERJ-3GEYJ622V	Panasonic
32	1	R12	20 k Ω , 1%, 1/16 W, Thick Film, 0603	ERJ-3EKF2002V	Panasonic
33	1	R14	1 k Ω , 5%, 1/10 W, Thick Film, 0603	ERJ-3GEYJ102V	Panasonic
34	1	R15	20 k Ω , 5%, 1/10 W, Thick Film, 0603	ERJ-3GEYJ203V	Panasonic
35	1	R16	100 Ω , 5%, 2 W, Metal Oxide	RSMF2JT100R	Stackpole
36	1	R19	1.8 M, 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ185V	Panasonic
37	1	R20	47 k Ω , 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEYJ473V	Panasonic
38	1	R21	3.3 k Ω , 5%, 2 W, Metal Oxide	RSF200JB-3K3	Yageo
39	1	R23	51 Ω , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ510V	Panasonic
40	1	R25	20 k Ω , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ203V	Panasonic
41	1	R26	1 M Ω , 1%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6ENF1004V	Panasonic
42	2	R28 R38	470 k Ω , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ474V	Panasonic
43	1	R33	3.48 k Ω , 1%, 1/16 W, Thick Film, 0603	ERJ-3EKF3481V	Panasonic



Item	Qty	Ref Des	Description	Mfg Part Number	Manufacturer
44	1	R34	150 k Ω , 1%, 1/16 W, Thick Film, 0603	ERJ-3EKF1503V	Panasonic
45	1	R37	2.00 M Ω , 1%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8ENF2004V	Panasonic
46	1	R39	100 k Ω , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ104V	Panasonic
47	1	R40	4.7 k Ω , 5%, 1/10 W, Thick Film, 0603	ERJ-3GEYJ472V	Panasonic
48	1	R43	750 k Ω , 1%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8ENF7503V	Panasonic
49	1	R44	240 k Ω , 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEYJ244V	Panasonic
50	1	R45	100 k Ω , 5%, 1/10 W, Thick Film, 0603	ERJ-3GEYJ104V	Panasonic
51	1	R46	75 Ω , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ750V	Panasonic
52	1	R47	180 k Ω , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ184V	Panasonic
53	1	R48	4.75 k Ω , 1%, 1/16 W, Thick Film, 0603	ERJ-3EKF4751V	Panasonic
54	1	RT1	NTC Thermistor, 100 k Ohms, 0.00046 A	NTSD0WF104EE1B0	Murata
55	1	T1	Bobbin, RM5, Vertical, 4 pins	Custom made	Custom
56	1	U1	LYTSwitch, eSIP-7C	LYT4313E	Power Integrations
57	1	VR1	10.0 V, 5%, 150 mW, SOD-323	DZ2S100ML	Panasonic
58	1	VR3	33 V, 5%, 200 mW, SOD-323	MMSZ5257BS-7-F	Diodes, Inc.
59	1	VR4	15 V, 5%, 500 mW, SOD-123	BZT52C15-7-F	ON Semi



8 인덕터 사양

8.1 전기적 구성도

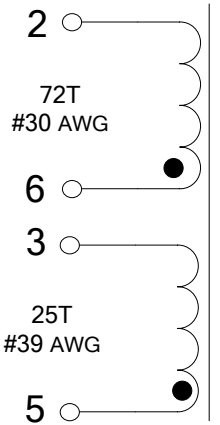


Figure 7 – Transformer Electrical Diagram.

8.2 전기적 사양

Primary Inductance	Pins 2-6, all other windings open, measured at 100 kHz, 0.4 V _{RMS}	450 μH ±7%
---------------------------	--	------------

8.3 재료

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



8.4 인덕터 제작 구성도

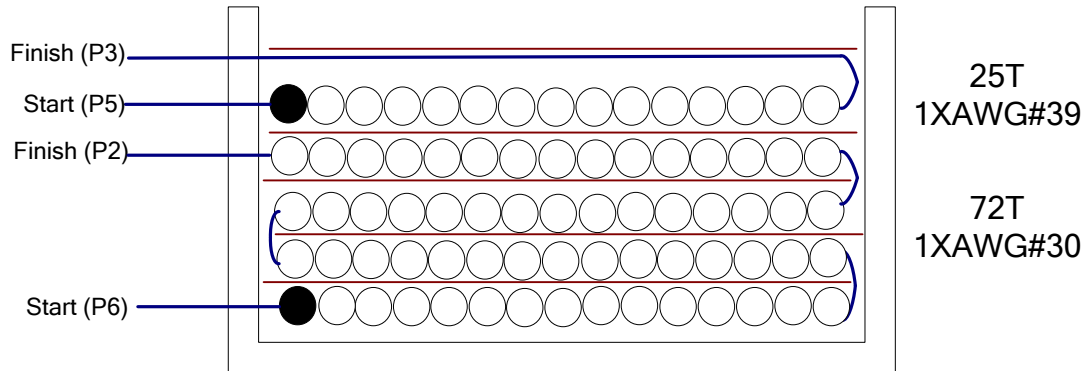


Figure 8 – Transformer Build Diagram.

8.5 인덕터 구성

Bobbin Preparation	For the purpose of these instructions, the bobbin is oriented on a winder such that pin 1 side is on the left. Winding direction is counter-clockwise. For 2/2 bobbin, follow the pin number assignment in the specification.
WDG 1	Start at pin 6. Wind 72 turns of item [3] and terminate at pin 1. Note that there is one turn of transformer tape item [5] per layer.
Insulation	Add 1 layer of tape of item [5].
WDG 2	Start at pin 5. Wind 25 turns of item [4] and terminate at pin 3.
Taping	Add 1 layer of tape to secure the winding.
Final Assembly	Grind the core to get the specified inductance. Secure the core with a clip item [6].



9 인덕터 설계 스프레드시트

ACDC_LYTSwitch_101712; Rev.1.0; Copyright Power Integrations 2012		INPUT	INFO	OUTPUT	UNIT	LYTSwitch_101712: Flyback Transformer Design Spreadsheet
ENTER APPLICATION VARIABLES						
Dimming required	YES	YES		Select 'YES' option if dimming is required. Otherwise select 'NO'.		
VACMIN	90	90	V	Minimum AC Input Voltage		
VACMAX	132	132	V	Maximum AC input voltage		
fL	60	60	Hz	AC Mains Frequency		
VO	72.00	72	V	Typical output voltage of LED string at full load		
VO_MAX		79.20	V	Maximum expected LED string Voltage.		
VO_MIN		64.80	V	Minimum expected LED string Voltage.		
V_OVP		87.12	V	Over-voltage protection setpoint		
IO	0.17	0.17	A	Typical full load LED current		
PO		12.2	W	Output Power		
η	0.85	0.85		Estimated efficiency of operation		
VB		25	V	Bias Voltage		
ENTER LYTSwitch VARIABLES						
LYTSwitch	LYT4313	LYT4313		Selected LYTSwitch		
Current Limit Mode	RED	RED		Select "RED" for reduced Current Limit mode or "FULL" for Full current limit mode		
ILIMITMIN		1.00	A	Minimum current limit		
ILIMITMAX		1.16	A	Maximum current limit		
fS		132000	Hz	Switching Frequency		
fSmin		124000	Hz	Minimum Switching Frequency		
fSmax		140000	Hz	Maximum Switching Frequency		
IV		79.8	μ A	V pin current		
RV	2.00	2	M-ohms	Upper V pin resistor		
RV2		1E+012	M-ohms	Lower V pin resistor		
IFB	144.00	144.0	μ A	FB pin current (85 μ A < IFB < 210 μ A)		
RFB1		152.8	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		
Key Design Parameters						
KP	0.95	0.95		Ripple to Peak Current Ratio (For PF > 0.9, 0.4 < KP < 0.9)		
LP		448	μ H	Primary Inductance		
VOR	72.00	72	V	Reflected Output Voltage.		
Expected IO (average)		0.16	A	Expected Average Output Current		
KP_VACMAX		1.04		Expected ripple current ratio at VACMAX		
TON_MIN		1.54	μ s	Minimum on time at maximum AC input voltage		
PCLAMP		0.10	W	Estimated dissipation in primary clamp		
ENTER TRANSFORMER CORE/CONSTRUCTION VARIABLES						
Core Type	RM5	RM5				
Bobbin		RM5S_BOBBIN	P/N:			
AE	0.2400	0.24	cm ²	Core Effective Cross Sectional Area		
LE	2.3200	2.32	cm	Core Effective Path Length		



AL	1700.0	1700	nH/T ²	Ungapped Core Effective Inductance
BW	4.8	4.8	mm	Bobbin Physical Winding Width
M	0.0	0	mm	Safety Margin Width (Half the Primary to Secondary Creepage Distance)
L	4.00	4		Number of Primary Layers
NS	73	73		Number of Secondary Turns
DC INPUT VOLTAGE PARAMETERS				
VMIN		127	V	Peak input voltage at VACMIN
VMAX		187	V	Peak input voltage at VACMAX
CURRENT WAVEFORM SHAPE PARAMETERS				
DMAX		0.38		Minimum duty cycle at peak of VACMIN
I AVG		0.15	A	Average Primary Current
IP		0.92	A	Peak Primary Current (calculated at minimum input voltage VACMIN)
IRMS		0.26	A	Primary RMS Current (calculated at minimum input voltage VACMIN)
TRANSFORMER PRIMARY DESIGN PARAMETERS				
LP		448	uH	Primary Inductance
LP_TOL	10	10		Tolerance of primary inductance
NP		72		Primary Winding Number of Turns
NB		26		Bias Winding Number of Turns
ALG		85	nH/T ²	Gapped Core Effective Inductance
BM		2376	Gauss	Maximum Flux Density at PO, VMIN (BM<3100)
BP		2875	Gauss	Peak Flux Density (BP<3700)
BAC		1129	Gauss	AC Flux Density for Core Loss Curves (0.5 X Peak to Peak)
ur		1308		Relative Permeability of Ungapped Core
LG		0.34	mm	Gap Length (Lg > 0.1 mm)
BWE		19.2	mm	Effective Bobbin Width
OD		0.26	mm	Maximum Primary Wire Diameter including insulation
INS		0.05	mm	Estimated Total Insulation Thickness (= 2 * film thickness)
DIA		0.22	mm	Bare conductor diameter
AWG		32	AWG	Primary Wire Gauge (Rounded to next smaller standard AWG value)
CM		64	Cmils	Bare conductor effective area in circular mils
CMA		248	Cmils/Am p	Primary Winding Current Capacity (200 < CMA < 600)
TRANSFORMER SECONDARY DESIGN PARAMETERS (SINGLE OUTPUT EQUIVALENT)				
Lumped parameters				
ISP		0.92	A	Peak Secondary Current
ISRMS		0.30	A	Secondary RMS Current
IRIPPLE		0.25	A	Output Capacitor RMS Ripple Current
CMS		60	Cmils	Secondary Bare Conductor minimum circular mils
AWGS		32	AWG	Secondary Wire Gauge (Rounded up to next larger standard AWG value)
DIAS		0.20	mm	Secondary Minimum Bare Conductor Diameter
ODS		0.07	mm	Secondary Maximum Outside Diameter for Triple Insulated Wire
VOLTAGE STRESS PARAMETERS				
VDRAIN		341	V	Estimated Maximum Drain Voltage assuming maximum LED string voltage (Includes Effect of Leakage Inductance)
PIVS		275	V	Output Rectifier Maximum Peak Inverse Voltage (calculated at VOVP, excludes leakage inductance spike)
PIVB		97	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	2.00	M-ohms	Upper V Pin Resistor Value
RV2	1E+012	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	0.17	A	Measured Output Current at VAC1
IO_VAC2	0.17	A	Measured Output Current at VAC2
RV1 (new)	2.00	M-ohms	New RV1
RV2 (new)	10455.82	M-ohms	New RV2
V_OV	161.1	V	Typical AC input voltage at which OV shutdown will be triggered
V_UV	34.5	V	Typical AC input voltage beyond which power supply can startup
FB pin resistor Fine Tuning			
RFB1	153	k-ohms	Upper FB Pin Resistor Value
RFB2	1E+012	k-ohms	Lower FB Pin Resistor Value
VB1	22.4	V	Test Bias Voltage Condition1
VB2	27.6	V	Test Bias Voltage Condition2
IO1	0.17	A	Measured Output Current at Vb1
IO2	0.17	A	Measured Output Current at Vb2
RFB1 (new)	152.8	k-ohms	New RFB1
RFB2(new)	1.00E+12	k-ohms	New RFB2
Input Current Harmonic Analysis			
Harmonic	Max Current (mA)	Limit (mA)	
1st Harmonic			
3rd Harmonic	22.25	533.12	PASS. 3rd Harmonic current content is lower than the limit
5th Harmonic	20.4	297.92	PASS. 5th Harmonic current content is lower than the limit
7th Harmonic	19.3	156.80	PASS. 7th Harmonic current content is lower than the limit
9th Harmonic	15.18	78.40	PASS. 9th Harmonic current content is lower than the limit
11th Harmonic	9.43	54.88	PASS. 11th Harmonic current content is lower than the limit
13th Harmonic	4.48	46.43	PASS. 13th Harmonic current content is lower than the limit
15th Harmonic	2.75	40.23	PASS. 15th Harmonic current content is lower than the limit
THD	38.3	%	Estimated total Harmonic Distortion (THD)

Table 1 – Sample Spreadsheet Calculation.



10 성능 데이터

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

Input		Input Measurement					LED Load Measurement			% Reg	Efficiency (%)
VAC (V _{RMS})	Freq (Hz)	V _{IN} (V _{RMS})	I _{IN} (mA _{RMS})	P _{IN} (W)	PF	%ATHD	V _{OUT} (V _{DC})	I _{OUT} (mA _{DC})	P _{OUT} (W)		
90	60	90.10	150.17	13.262	0.980	19.35	68.88	166.60	11.49	-2.00	86.60
100	60	100.13	135.81	13.268	0.976	21.17	68.90	167.96	11.58	-1.20	87.30
110	60	110.15	124.88	13.330	0.969	23.64	68.94	169.93	11.73	-0.04	87.96
120	60	120.15	115.31	13.371	0.965	24.61	68.97	171.39	11.83	0.82	88.48
132	60	132.17	105.68	13.425	0.961	25.07	69.00	172.58	11.92	1.52	88.77
90	60	90.10	157.34	13.899	0.980	19.28	72.00	166.04	11.97	-2.33	86.09
100	60	100.12	142.06	13.893	0.977	20.77	72.04	167.73	12.09	-1.34	87.04
110	60	110.15	130.66	13.957	0.970	23.49	72.08	169.86	12.25	-0.08	87.79
120	60	120.16	120.71	14.008	0.966	24.56	72.11	171.17	12.35	0.69	88.19
132	60	132.18	110.65	14.075	0.962	24.87	72.15	173.14	12.50	1.85	88.82
90	60	90.10	164.53	14.540	0.981	19.15	75.00	165.93	12.46	-2.39	85.66
100	60	100.12	148.26	14.509	0.977	20.5	75.03	167.29	12.56	-1.59	86.57
110	60	110.15	136.27	14.568	0.971	23.34	75.08	169.47	12.73	-0.31	87.40
120	60	120.16	125.99	14.630	0.966	24.51	75.13	171.56	12.90	0.92	88.16
132	60	132.18	115.53	14.711	0.963	24.73	75.17	173.37	13.04	1.98	88.65

Table 2 – Test Result Summary for this Design.



10.1 액티브 모드 효율

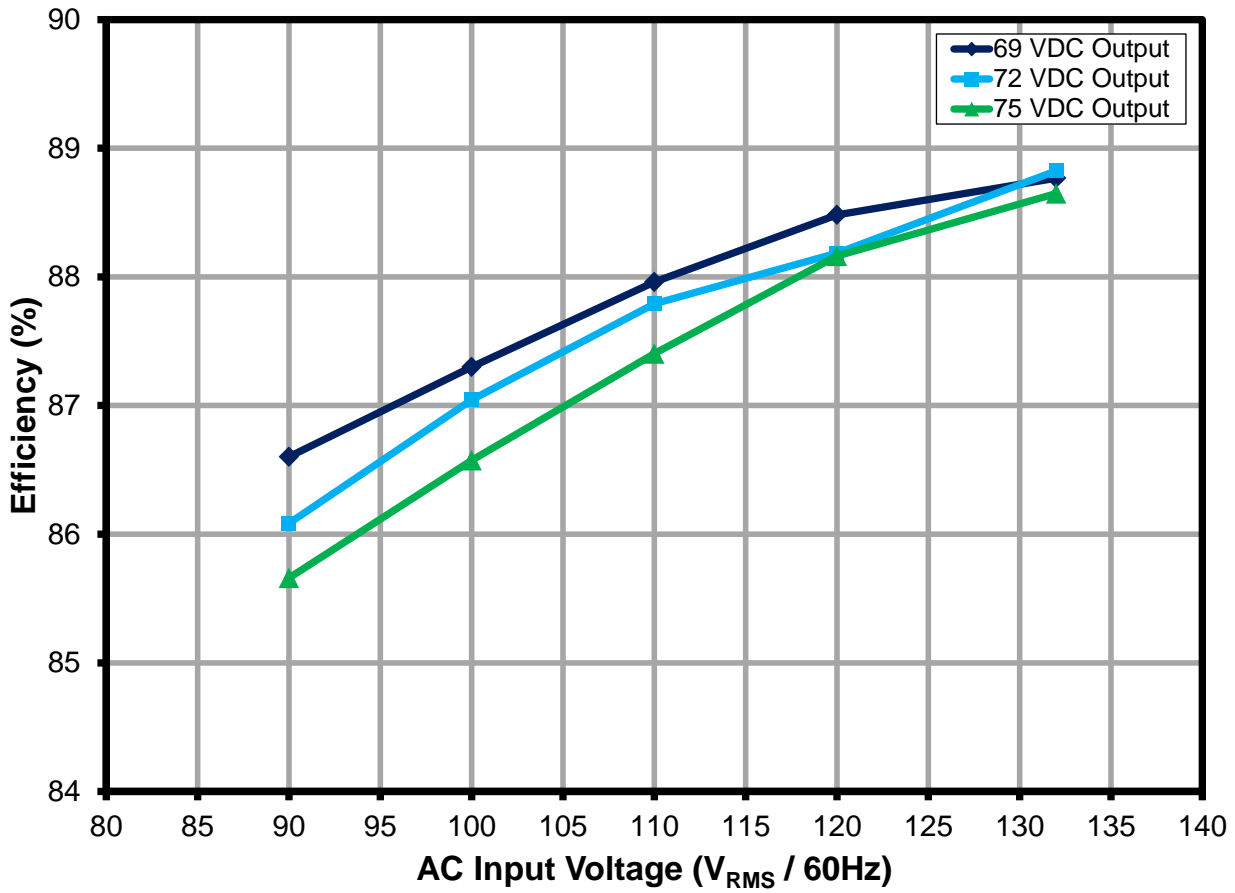


Figure 9 – Efficiency with Respect to AC Input Voltage.



10.2 라인 레귤레이션

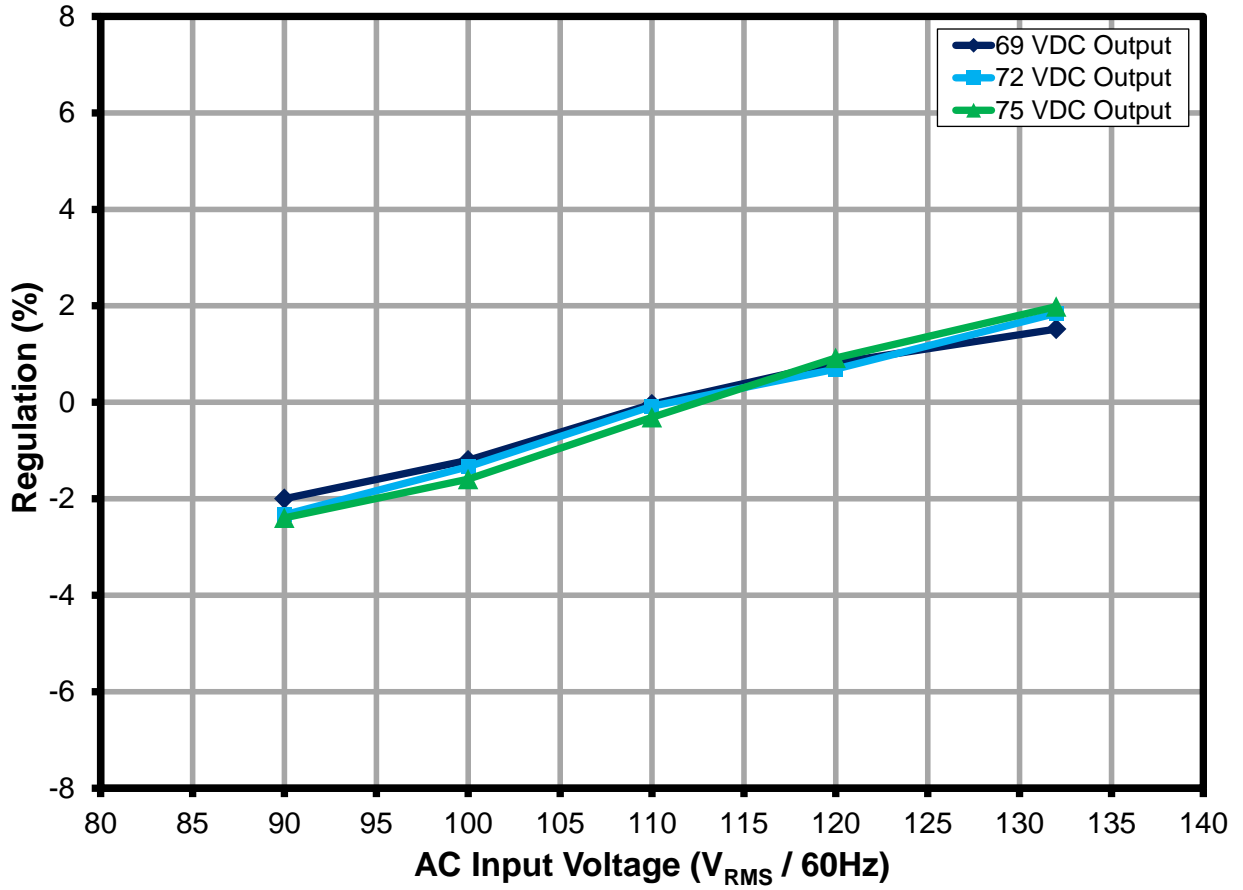


Figure 10 – Line Regulation, Room Temperature.



10.3 역률

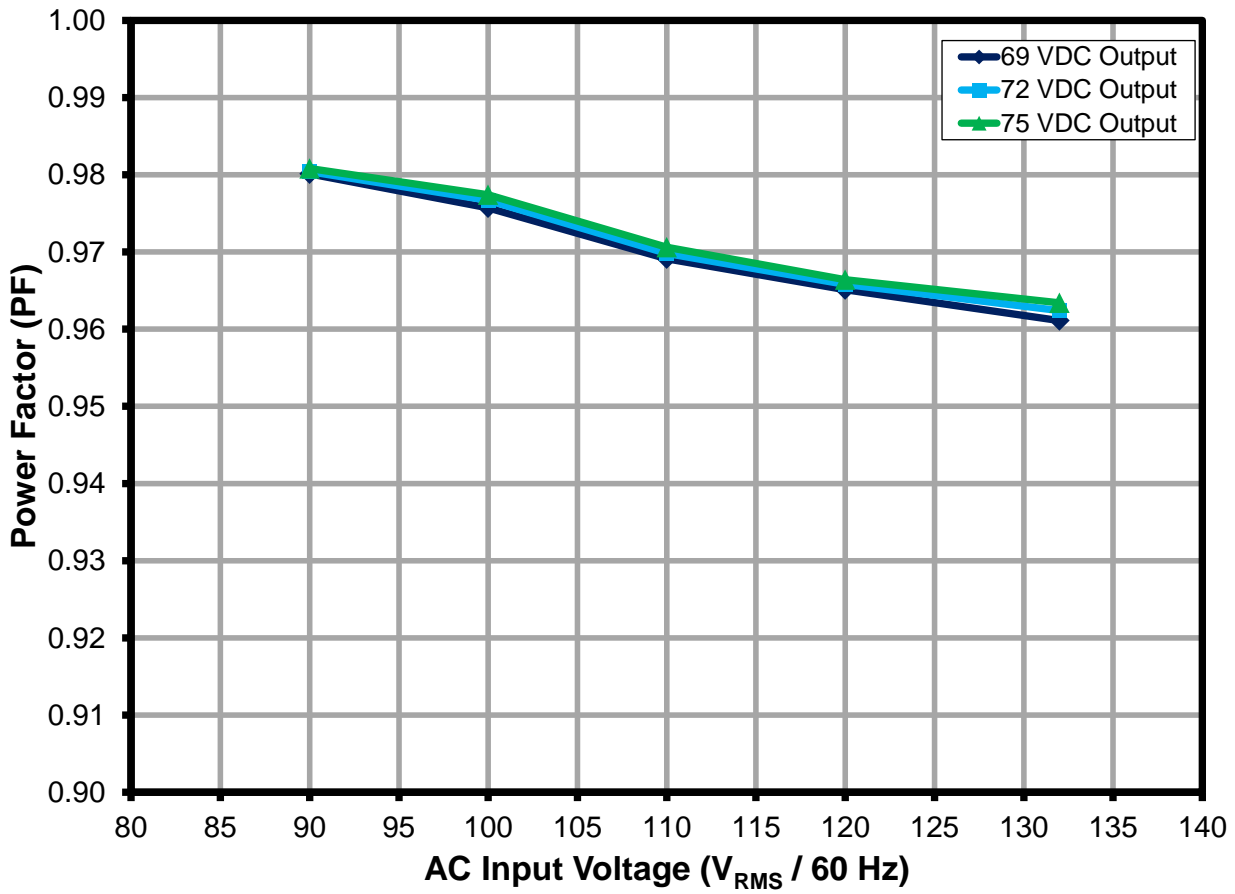


Figure 11 – High Power Factor within the Operating Range.



10.4 THD(%)

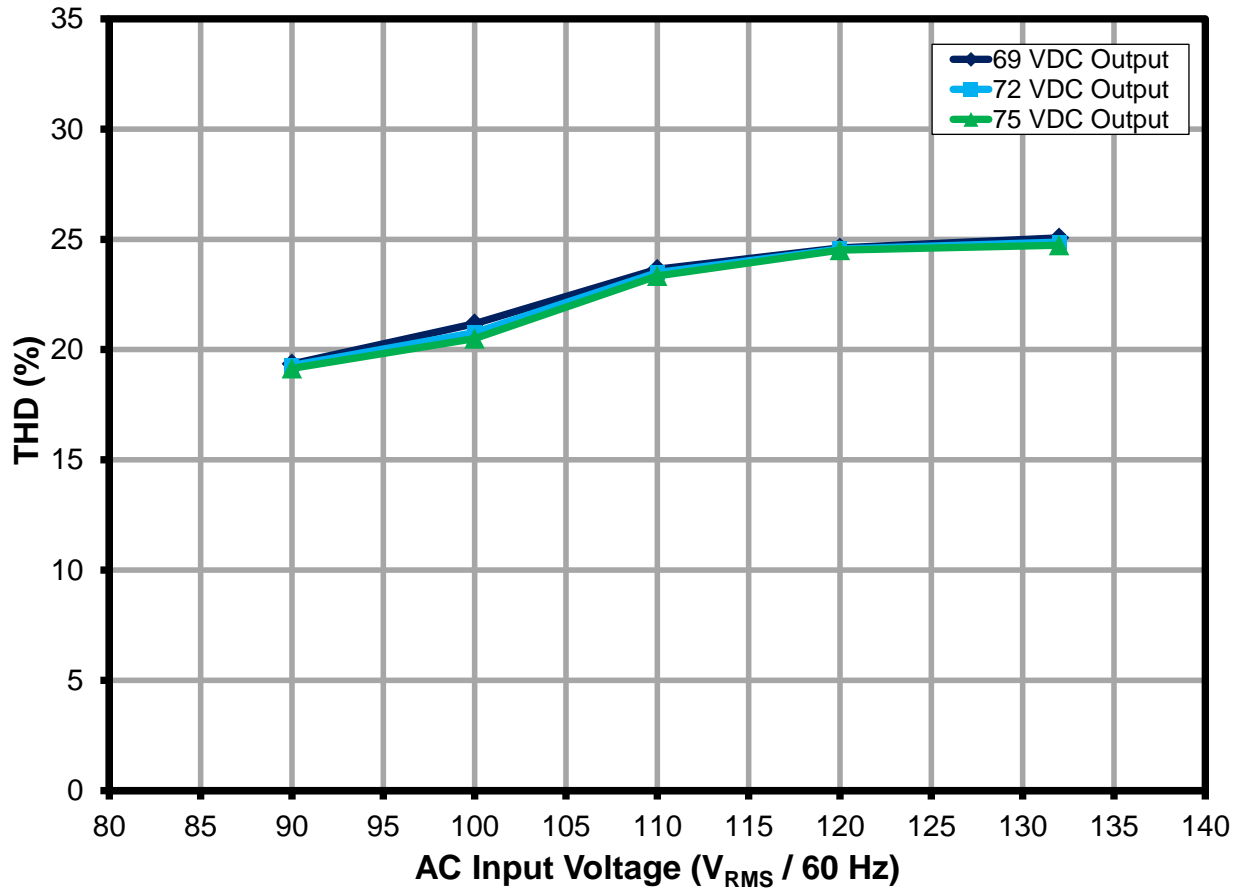


Figure 12 – Very Low %THD at 120 VAC.



10.5 고조파 성분

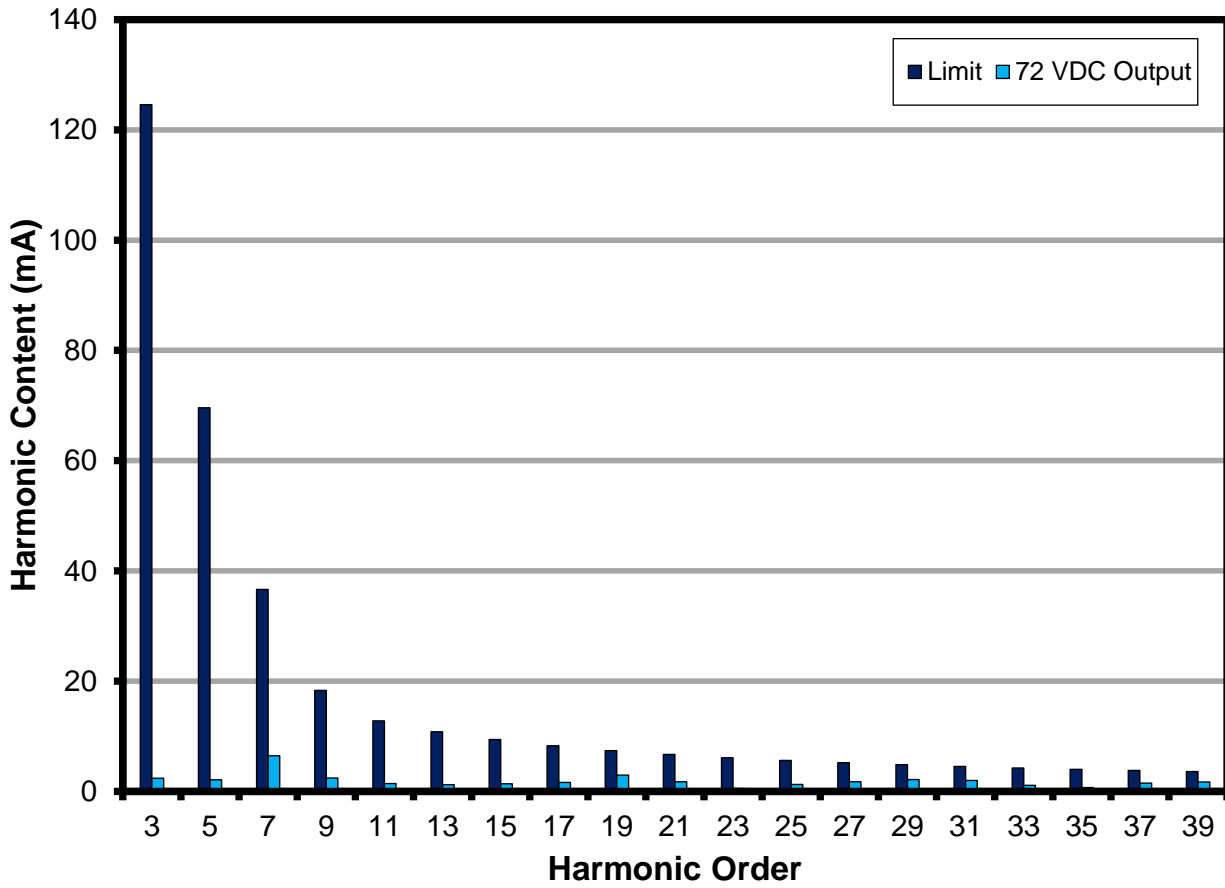


Figure 13 – Meets EN61000-3-2 Harmonics Contents Standards for <25 W Rating for 72 V LED Output.



10.6 고조파 측정

VAC (V _{RMS})	Freq (Hz)	I (mA)	P	PF
120	60.00	45.91	9.6660	0.9139
nth Order	mA Content	% Content	Limit (mA) <25 W	Remarks
1	151.10			
2	0.19	0.13%		
3	2.42	1.60%	124.5692	Pass
5	2.14	1.42%	69.6122	Pass
7	6.49	4.30%	36.6380	Pass
9	2.46	1.63%	18.3190	Pass
11	1.43	0.95%	12.8233	Pass
13	1.24	0.82%	10.8505	Pass
15	1.40	0.93%	9.4038	Pass
17	1.65	1.09%	8.2974	Pass
19	2.99	1.98%	7.4240	Pass
21	1.75	1.16%	6.7170	Pass
23	0.57	0.38%	6.1329	Pass
25	1.28	0.85%	5.6423	Pass
27	1.77	1.17%	5.2243	Pass
29	2.17	1.44%	4.8640	Pass
31	2.01	1.33%	4.5502	Pass
33	1.13	0.75%	4.2744	Pass
35	0.71	0.47%	4.0302	Pass
37	1.51	1.00%	3.8123	Pass
39	1.74	1.15%	3.6168	Pass
41	1.61	1.07%		
43	1.15	0.76%		
45	1.07	0.71%		
47	1.43	0.95%		
49	1.24	0.82%		

Table 3 – 120 VAC Input Current Harmonic Measurement for 72 V LED.



10.7 디밍 특성

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

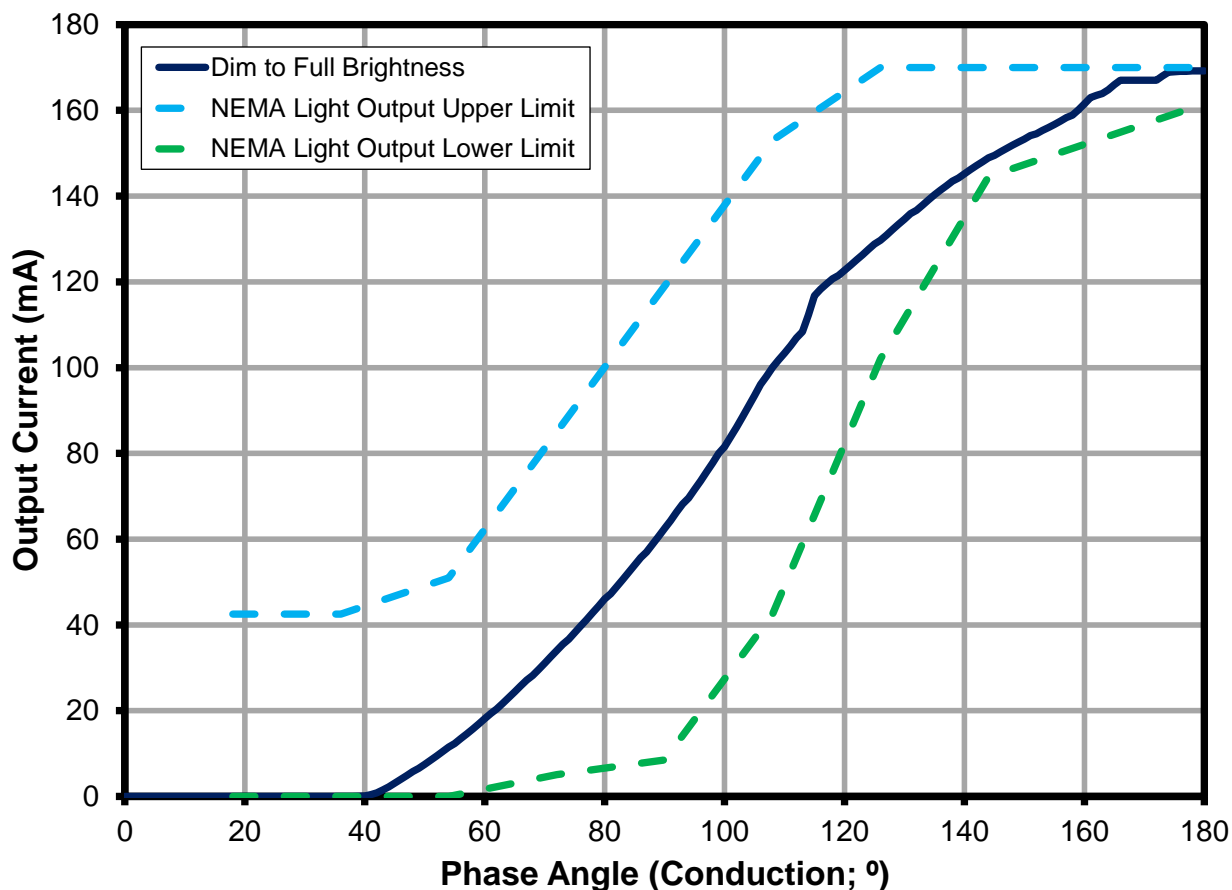


Figure 14 – Dimming Curve Characteristic from Full Dimming to Full Brightness. Meets NEMA SSL 6-2010.



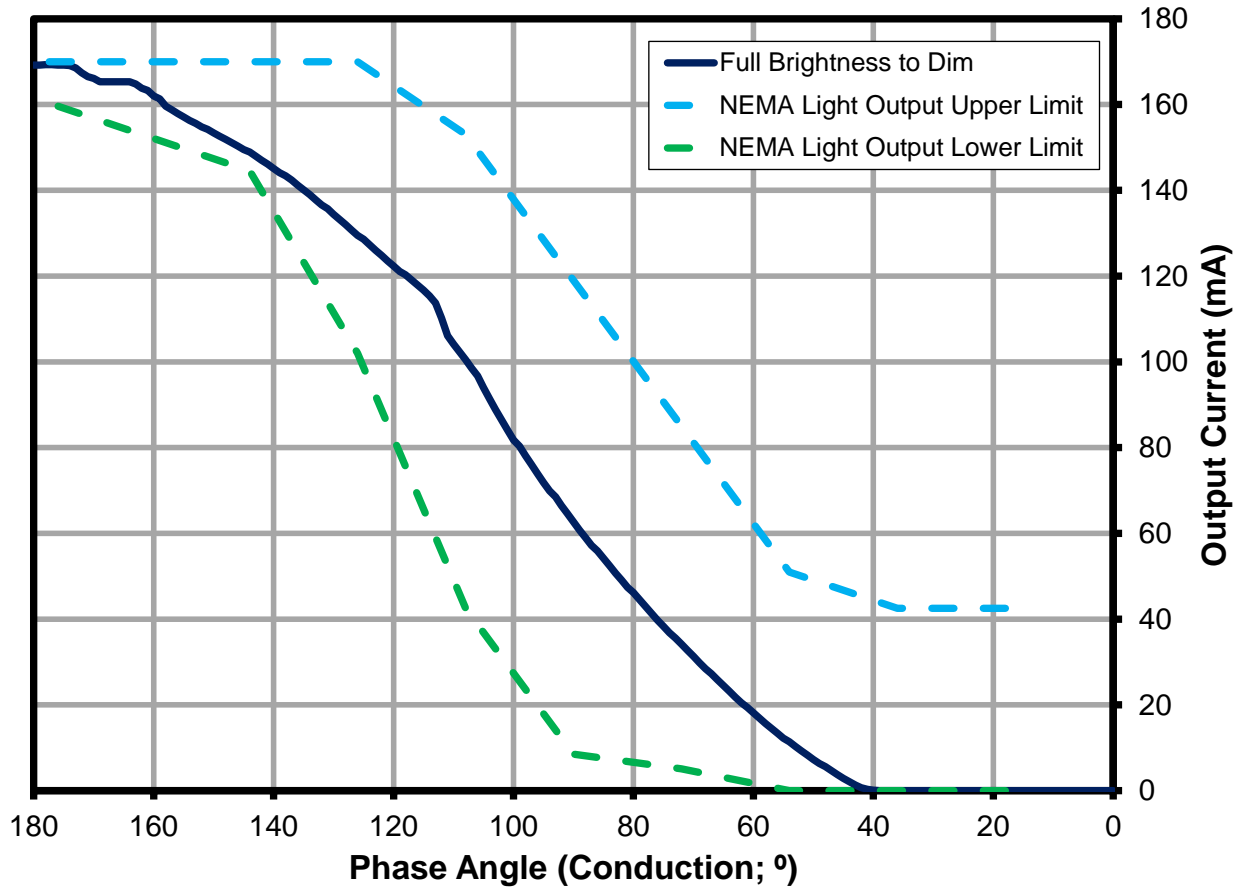


Figure 15 – Dimming Characteristic from Full Brightness to Full Dimming. Meets NEMA SSL 6-2010.



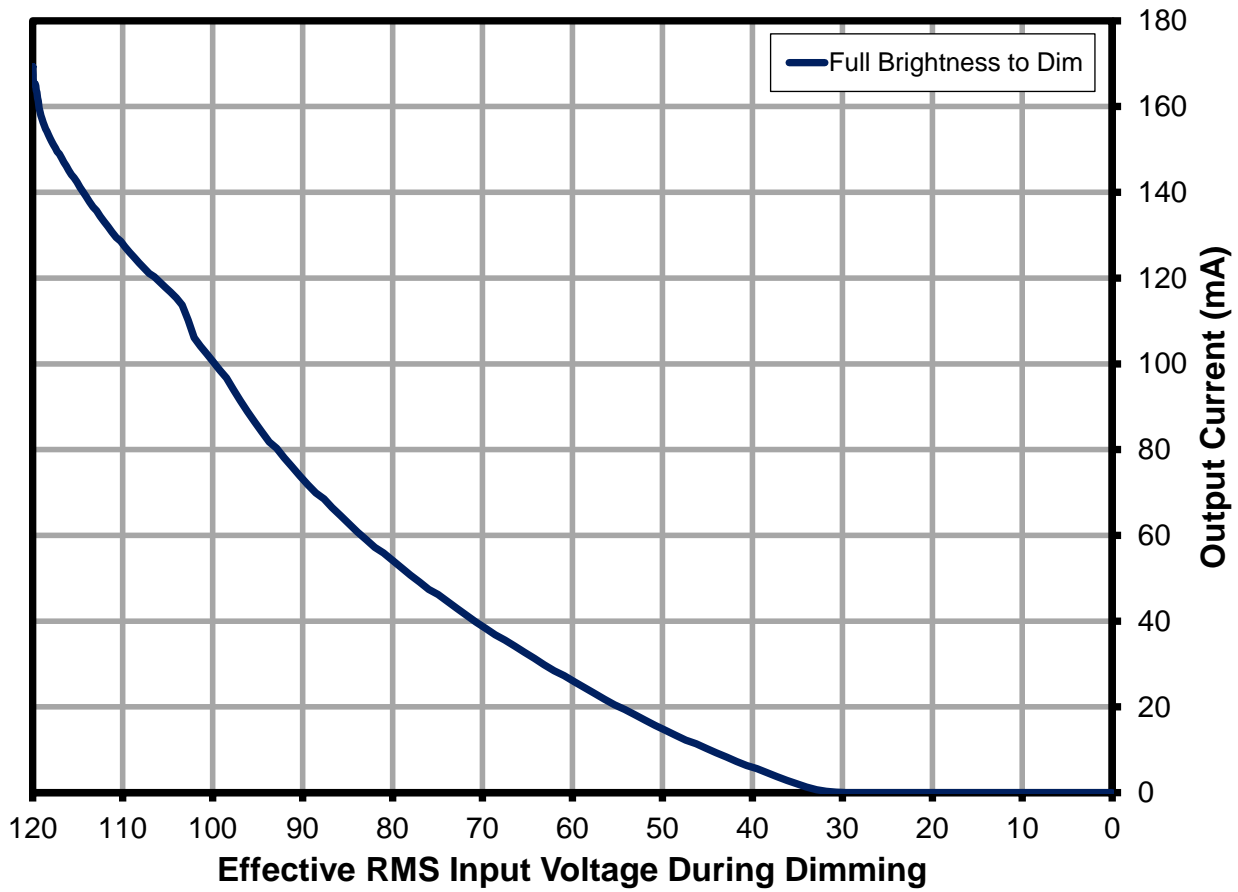


Figure 16 – Dimming Characteristic with Respect to RMS Input Voltage During Dimming.



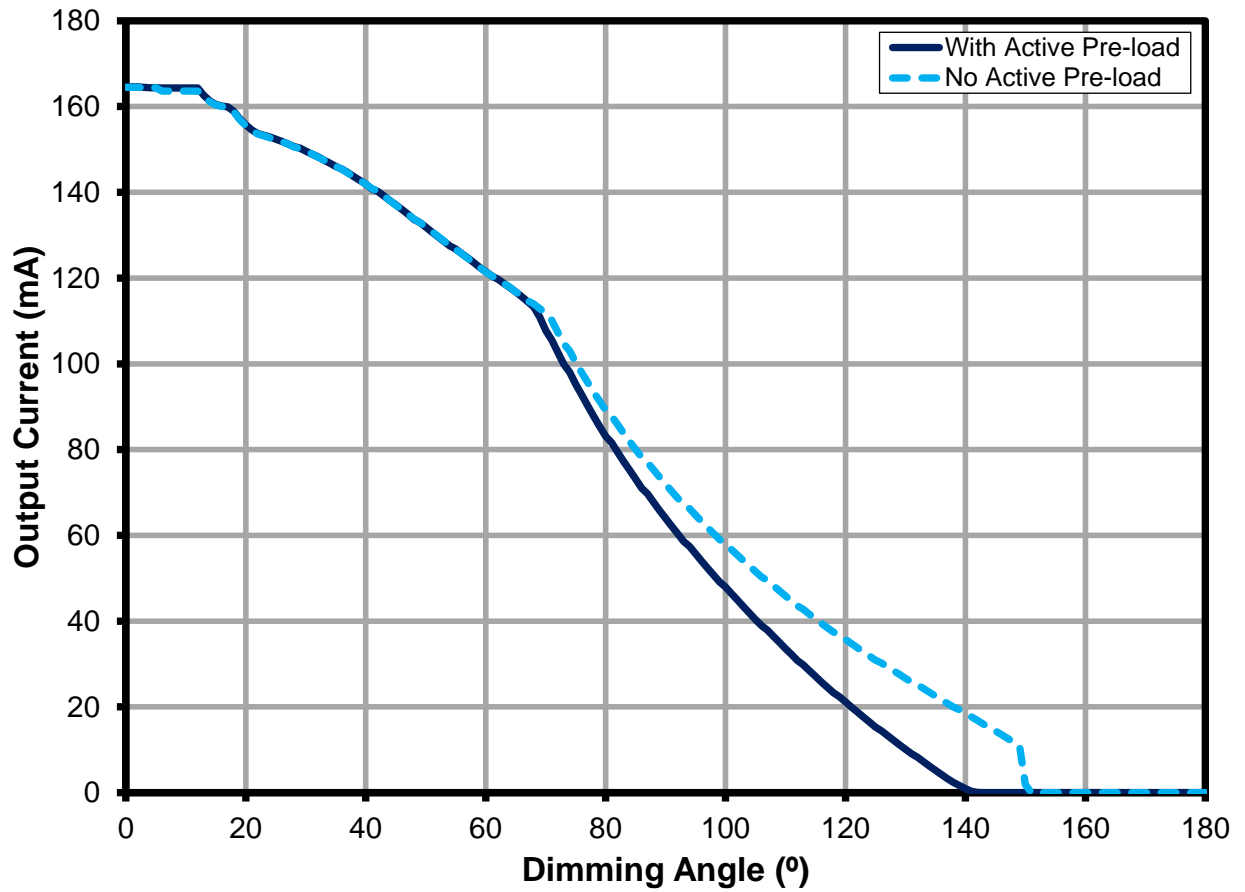


Figure 17 – Dimming Curve Comparison with and without Preload with Respect to Dimming Angle.

10.8 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	Dimmer Brand	Power	Part Number	I _{MIN} (mA)	I _{MAX} (mA)	Dim Ratio
1	LUTRON	600W	LG-600PH-WH	0	145	1450
2	LUTRON	600W	S-603P-WH	0	146	1460
3	LUTRON	600W	SLV600P-WH	0	148	1480
4	LUTRON	600W	S-600-WH	0	157	1570
5	LUTRON	600W	S-600PH-WH	0	146	1460
6	LUTRON	600W	DVWCL-153-PLH-WH	2	141	71
7	LUTRON	600W	DV-603P-WH	0	145	1450
8	LUTRON	600W	DV-600P-WH	0	145	1450
9	LUTRON	600W	TG-600PH-WH	2	150	75
10	LUTRON	600W	Q-600P-WH aka FA-600	0	147	1470
11	LUTRON	600W	AY-600P-WH	3	148	49
12	LUTRON	600W	GL-600P-WH	0	146	1460
13	LEVITON	600W	R62-06633-1LW	0	167	1670
14	LEVITON	600W	R62-06631-1LW	0	152	1520
15	LEVITON	600W	R60-IPI06-1LM	5	163	33
16	LEVITON	500W	R52-06161-00W	0	147	1470
17	LEVITON	600W	R52-RPI06-1LW	0	168	1680
18	LEVITON	600W	R60-06681-0IW	0	150	1500
19	LEVITON	1KVA	TGM10-1LW	0	143	1430
20	LEVITON	600W	R60-06684-1IW	0	167	1670
21	LEVITON	600W	6683	0	168	1680
22	LEVITON	450W	R02-06613-PLW	0	167	1670
23	COOPER		SLC03P-W-K-L	0	150	1500
24	LUTRON	600W	GL-600-WH	0	157	1570
25	LUTRON	200W	DVPDC-203P-WH	32	154	5
26	LUTRON	500W	LX-600PL-wh	0	153	1530
27	LUTRON	600W	D-600P-WH	0	141	1410
28	LUTRON	600W	CTCL-153PDH	0	142	1420
29	LUTRON	600W	S-600P	0	146	1460
30	LUTRON		TGLV-600P	0	151	1510
31	LUTRON	450W	TGLV-600PR	0	148	1480
32	LUTRON	300W	TT-300NLH-WH	0	160	1600
33	LUTRON	300W	TT-300H-WH	0	160	1600
34	LUTRON	800W	NLV-1000-WH	0	150	1500
35	LUTRON		MAELV -600	2	164	82
36	LUTRON		S-600P	0	154	1540
37	LUTRON		S-600P	0	166	1660
38	COOPER		S106P	0	164	1640
39	LUTRON	1000	S-103P-WH	4	156	39
40	LUTRON	1000	S-10P-WH	0	153	1530



Dimmer	Dimmer Brand	Power	Part Number	I _{MIN} (mA)	I _{MAX} (mA)	Dim Ratio
41	LUTRON	600	S-600PNLH-WH	0	157	1570
42	LUTRON	600	S-603PNL-WH	0	157	1570
43	LUTRON	600	SLV-603P-WH	0	156	1560
44	LUTRON	600	S-603PGH-WH	0	130	1300
45	LUTRON	600	AYLV-600P-WH	0	157	1570
46	LUTRON	600	AYLV-603P-WH	0	154	1540
47	LUTRON	1000	AY-103PNL-WH	2	162	81
48	LUTRON	1000	AY-103P-WH	1	163	163
49	LUTRON	1000	AY-10PNL-WH	0	174	1740
50	LUTRON	1000	AY-10P-WH	0	163	1630
51	LUTRON	600	AY-603PNL-WH	0	149	1490
52	LUTRON	600	AY-603PG-WH	1	123	123
53	LUTRON	600	AY-603P-WH	4	153	38
54	LUTRON	600	AY-600PNL-WH	0	156	1560
55	LUTRON	300	DVELV-300P-WH	0	153	1530
56	LUTRON	1000	DVLV-10P-WH	0	144	1440
57	LUTRON	1000	DVLV-103P-WH	0	145	1450
58	LUTRON	600	DVLV-603P-WH	0	146	1460
59	LUTRON	1000	S-1000-WH	0	156	1560
60	LUTRON	300	SELV-300P-WH	0	149	1490
61	LUTRON	600	S-600P-WH	0	145	1450
62	LUTRON	1000	S-103PNL-WH	2	144	72
63	LUTRON		SPSELV-600-WH	1	153	153
64	LUTRON	600	GLV-600-WH	0	156	1560
65	LUTRON		LG-603PGH-WH	0	130	1300
66	LUTRON		DVW-603PGH-WH	0	129	1290
67	LEVITON		VPI06	0	158	1580
68	LUTRON		TG-10PR-WH	8	163	20
69	LUTRON		NT-600	0	166	1660
70	LUTRON		NT-1000	0	167	1670
71	LUTRON		LGCL-153PLH-WH	14	150	11
72	LUTRON		CTCL-153PDH-WH	4	151	38
73	LUTRON		TGCL-153PH-WH	5	148	30
74	LUTRON		DVWCL-153PH-LA	6	152	25
75	LEVITON		81000-W	0	167	1670
76	LUTRON		TTCL-100LH-WH	5	150	30
			Average	1	153	1161



11 온도 성능

11.1 사용 장비

Chamber: Tenney Environmental Chamber
Model No: TJR-17 942
AC Source: Chroma Programmable AC Source
Model No: 6415
Wattmeter: Yokogawa Power Meter
Model No: WT2000
Data Logger: Yokogawa
MV2000



Figure 18 – Thermal Chamber Set-up Showing Box Used to Prevent Airflow Over UUT.



11.2 써멀 결과

The unit was verified inside an enclosure box to avoid the effect of the circulating air in the chamber (LED load was outside the chamber).

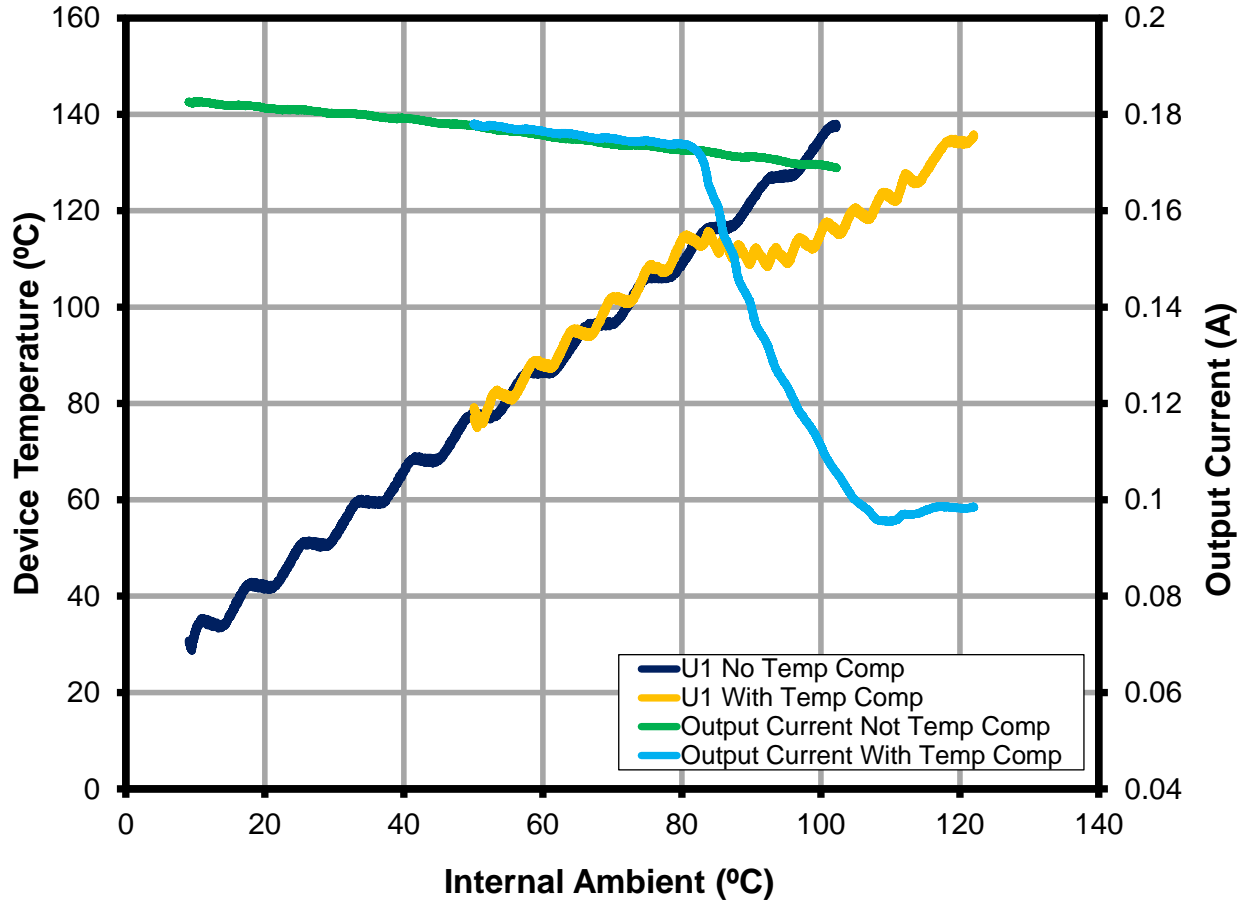


Figure 19 – Temperature Characteristic with and without Temperature Compensation at 90 V / 60 Hz Line Input. LED Driver is Potted.



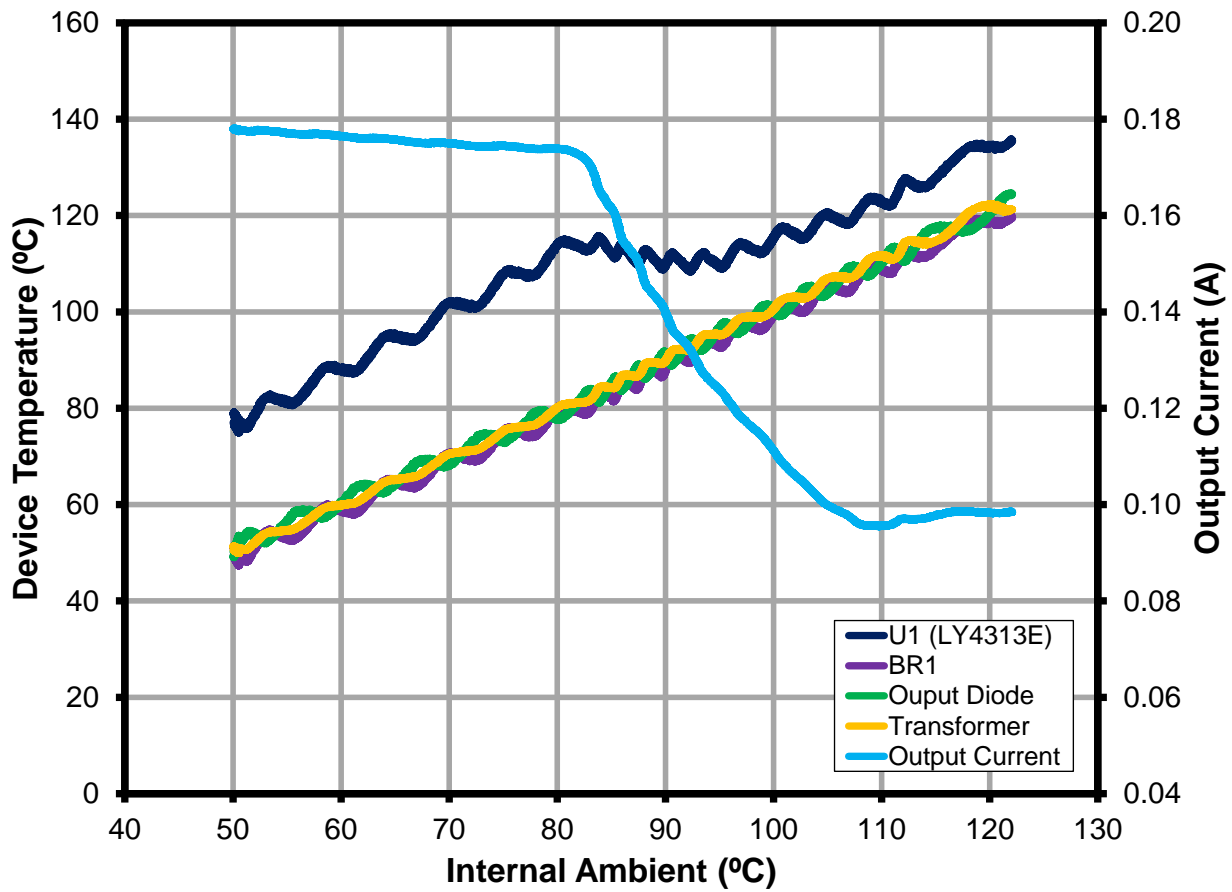


Figure 20 – Temperature characteristic of the LED Driver When Potted and with Thermal Compensation. Unit Can Be Designed to the Desired Characteristic for the Actual System.



11.3 씨얼 스캔

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

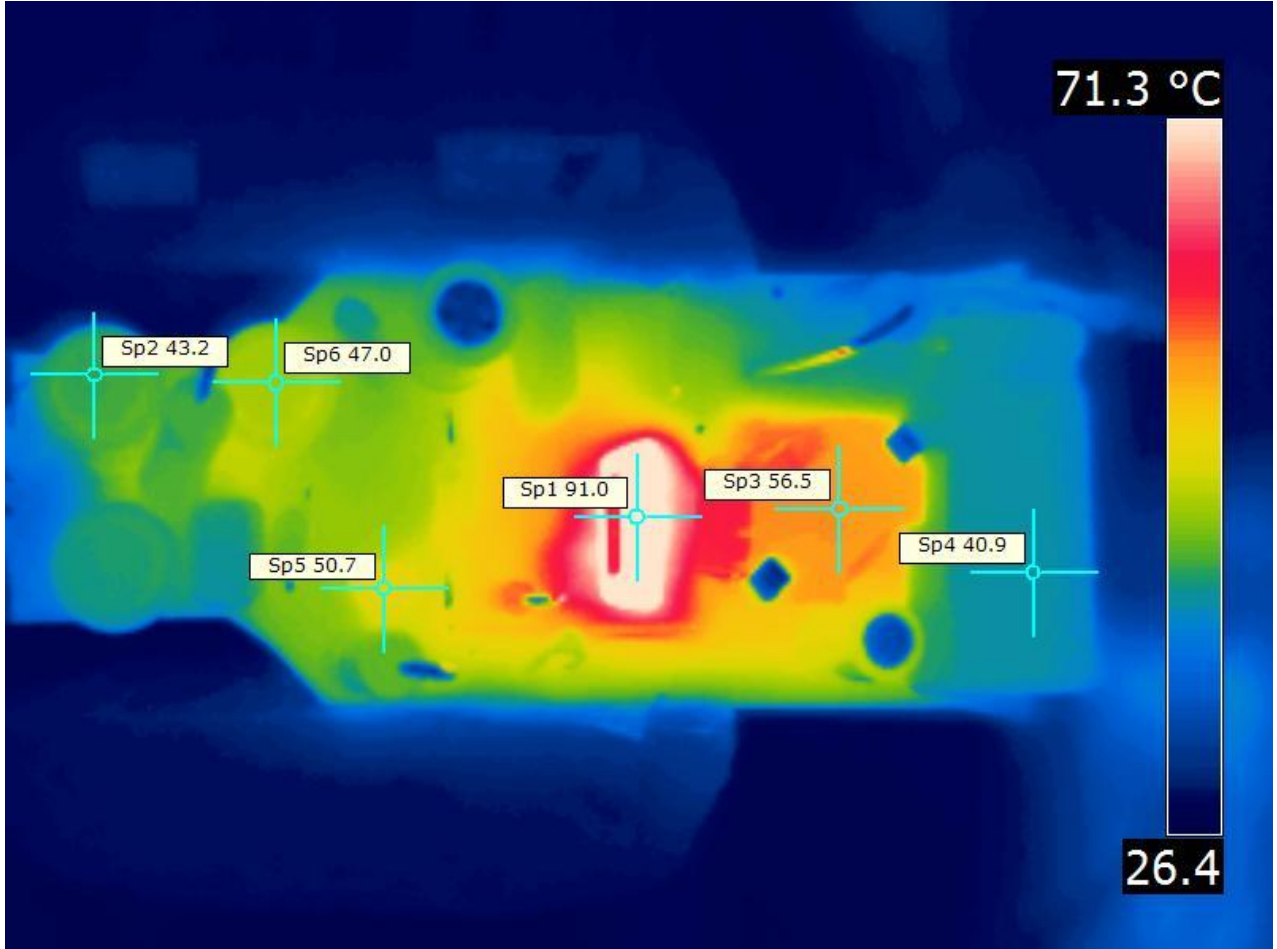


Figure 21 – Open Frame Thermal Scan. U1 without Heat Sink.

Legend:

- Sp1 – LTY4313E U1
- Sp2 – EMI Choke L1
- Sp3 – Power Transformer T1
- Sp4 – Output Capacitor C6
- Sp5 – Damper MOSFET Q10
- Sp6 – EMI Choke L3

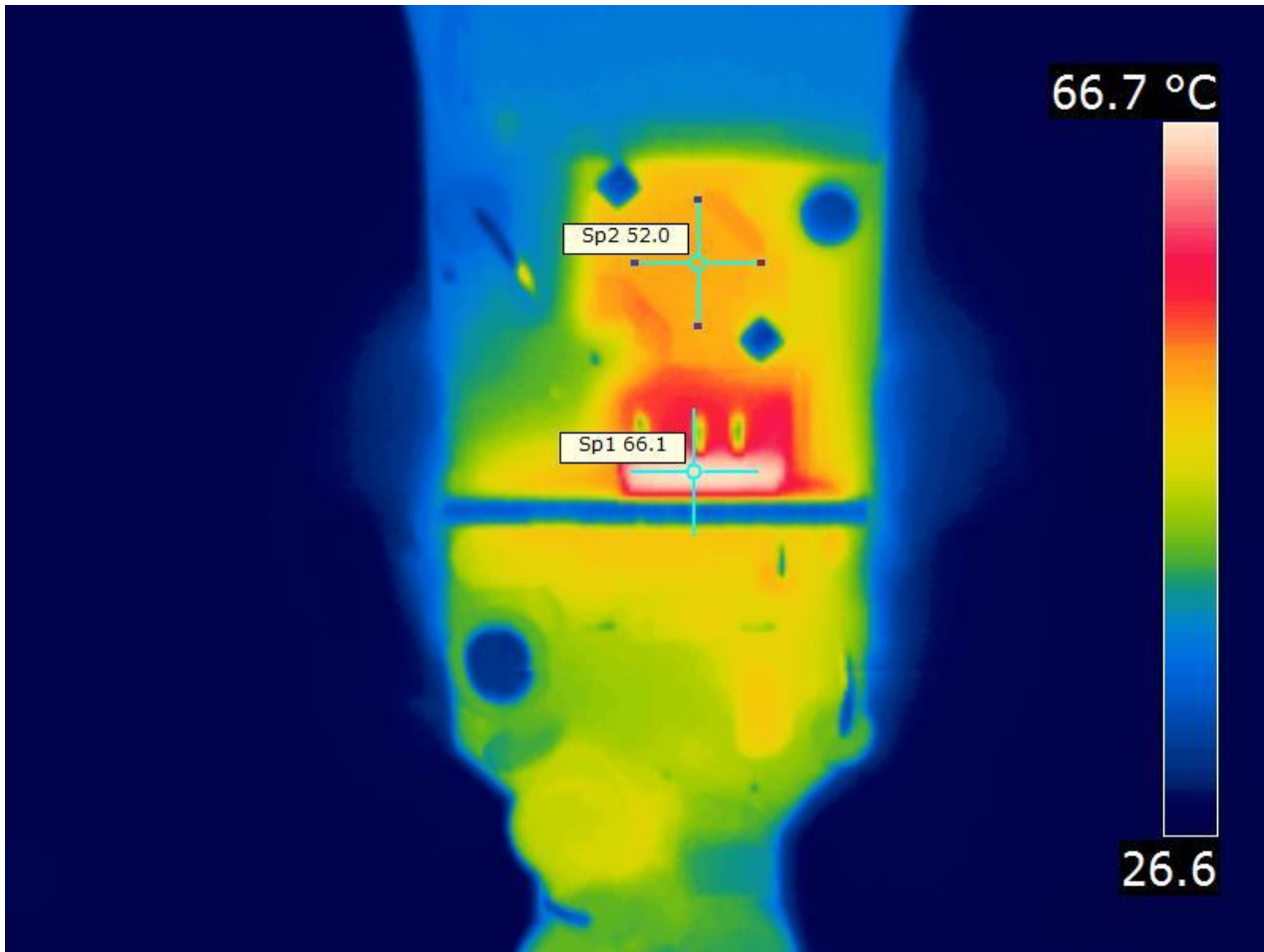


Figure 22 – Device (U1) Temperature Drops to 66 °C Once Attached with 15 mm x 25 mm Aluminum Heat Sink.

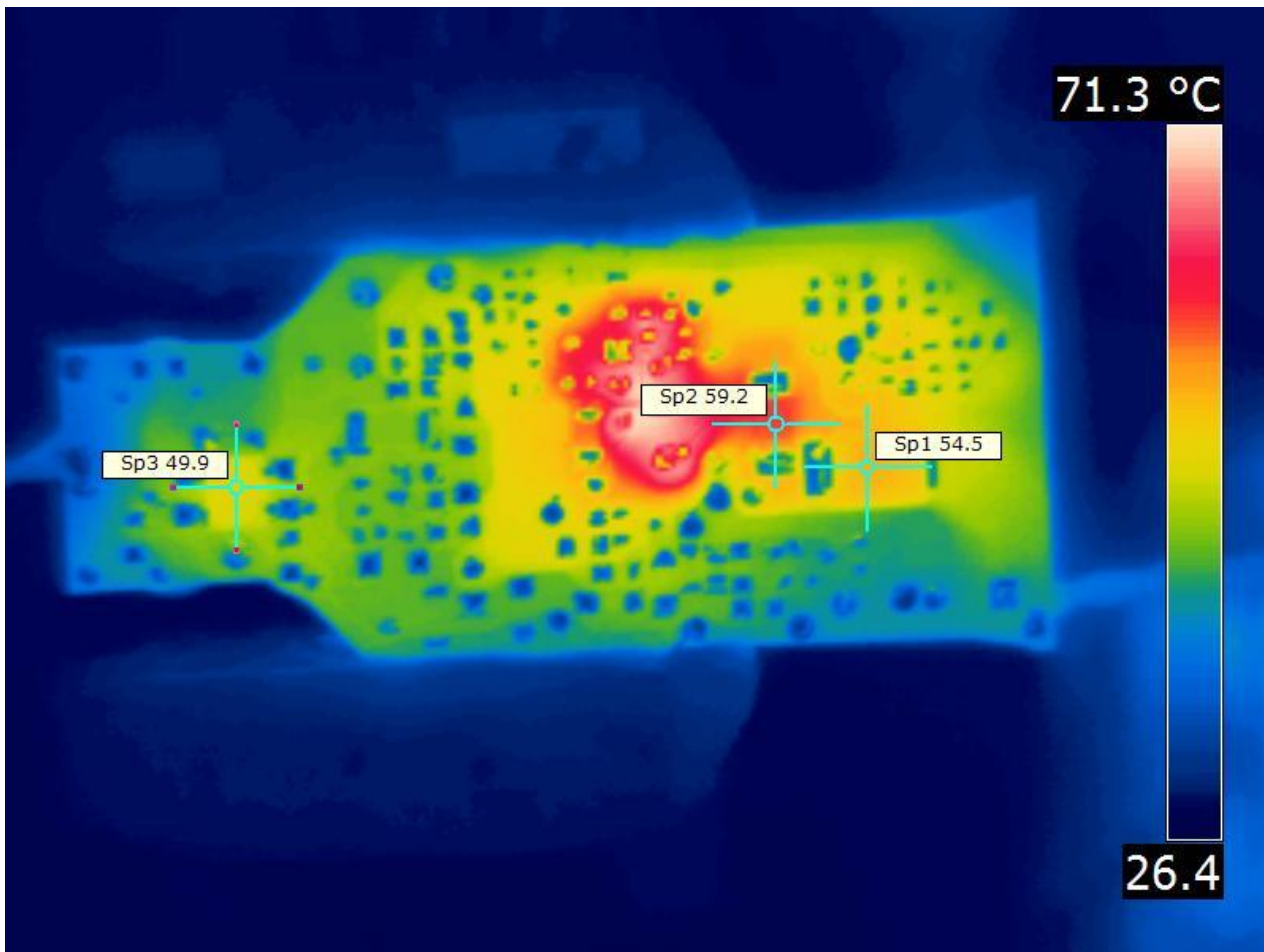


Figure 23 – Bottom Side Board Temperature at Open Frame.

Legend:

- Sp1 – Output Diode D3
- Sp2 – Blocking Diode D7
- Sp3 – Bridge Rectifier BR1



12 파형

12.1 드레인 전압 및 전류, 정상 작동

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

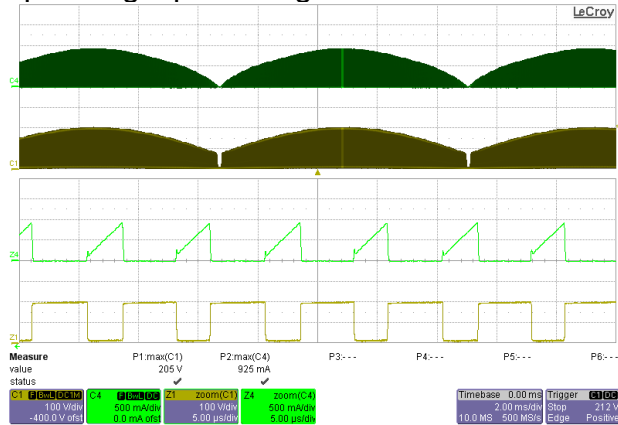


Figure 24 – 90 VAC / 60 Hz, 72 V LED String.

Ch1: V_{DRAIN} , 100 V / div.
 Ch4: I_{DRAIN} , 0.5 A / div.
 Time Scale: 2 ms / div.
 Zoom Time Scale: 5 μ s / div.

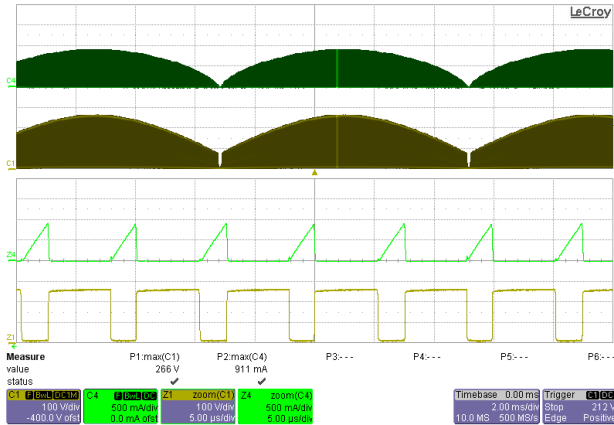


Figure 25 – 132 VAC / 60 Hz, 72 V LED String.

Ch1: V_{DRAIN} , 100 V / div.
 Ch4: I_{DRAIN} , 0.5 A / div.
 Time Scale: 2 ms / div.
 Zoom Time Scale: 5 μ s / div.

12.2 드레인 전압 및 전류 스타트업 프로파일

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

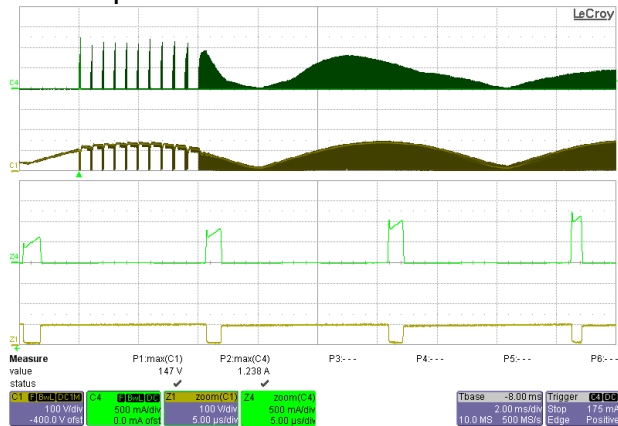


Figure 26 – 90 VAC / 60 Hz, 72 V LED String.

Ch1: V_{DRAIN} , 100 V / div.
 Ch4: I_{DRAIN} , 0.5 A / div.
 Time Scale: 2 ms / div.
 Zoom Time Scale: 5 μ s / div.

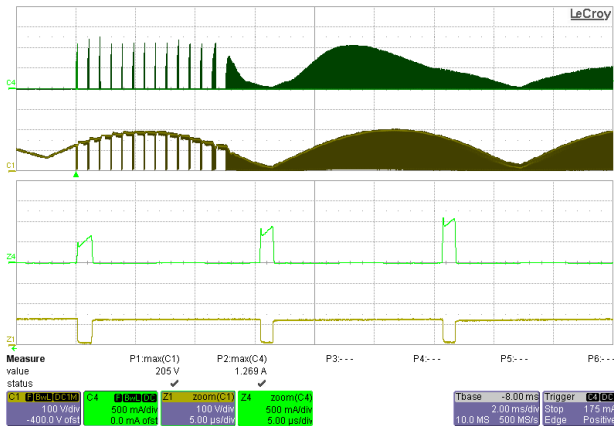


Figure 27 – 132 VAC / 60 Hz, 72 V LED String.

Ch1: V_{DRAIN} , 100 V / div.
 Ch4: I_{DRAIN} , 0.5 A / div.
 Time Scale: 2 ms / div.
 Zoom Time Scale: 5 μ s / div.



12.3 출력 전압 스타트업 프로파일

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

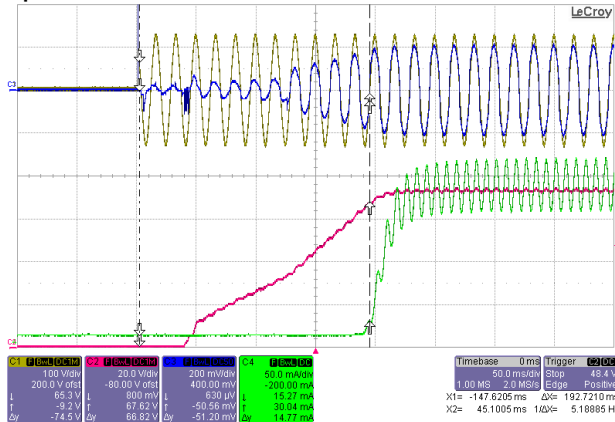


Figure 28 – 90 VAC / 60 Hz, 72 V LED.

Ch1: V_{IN} , 100 V / div.
 Ch2: V_{IN} , 20 V / div.
 Ch3: I_{IN} , 200 mA / div.
 Ch4: I_{OUT} , 50 mA / div., 50 ms / div.

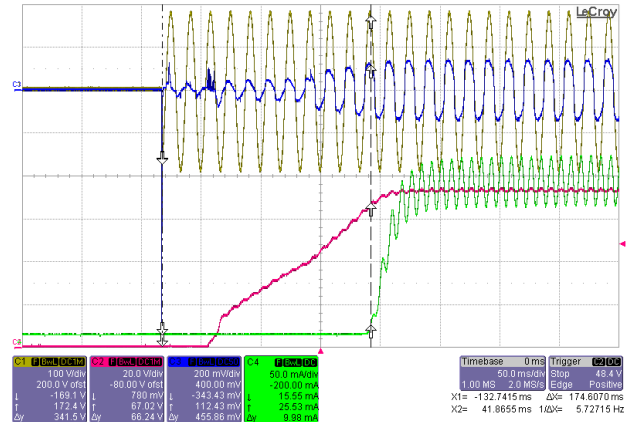


Figure 29 – 132 VAC / 60 Hz, 72 V LED.

Ch1: V_{IN} , 100 V / div.
 Ch2: V_{IN} , 20 V / div.
 Ch3: I_{IN} , 200 mA / div.
 Ch4: I_{OUT} , 50 mA / div., 50 ms / div.

12.4 입력 및 출력 전압과 전류 프로파일

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

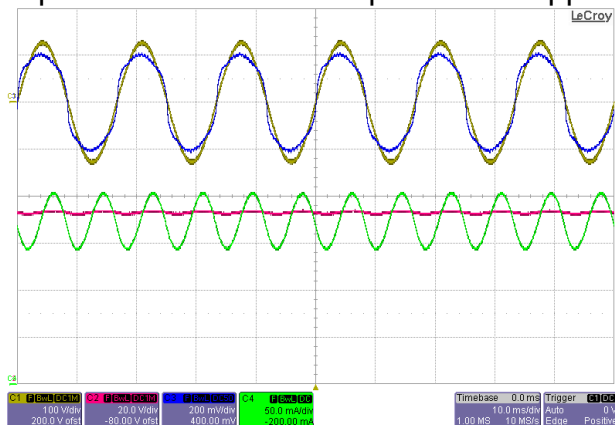


Figure 30 – 90 VAC / 60 Hz, 72 V LED String.

$C_{OUT} = 330 \mu\text{F}$.
 Ch1: V_{IN} , 100 V / div.
 Ch2: V_{OUT} , 20 V / div.
 Ch3: I_{IN} , 200 mA / div.
 Ch4: I_{OUT} , 50 mA / div., 10 ms / div.

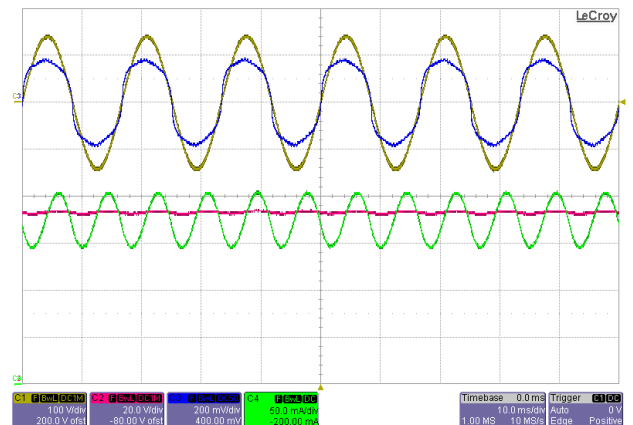


Figure 31 – 100 VAC / 60 Hz, 72 V LED String.

$C_{OUT} = 330 \mu\text{F}$.
 Ch1: V_{IN} , 100 V / div.
 Ch2: V_{OUT} , 20 V / div.
 Ch3: I_{IN} , 200 mA / div.
 Ch4: I_{OUT} , 50 mA / div., 10 ms / div.



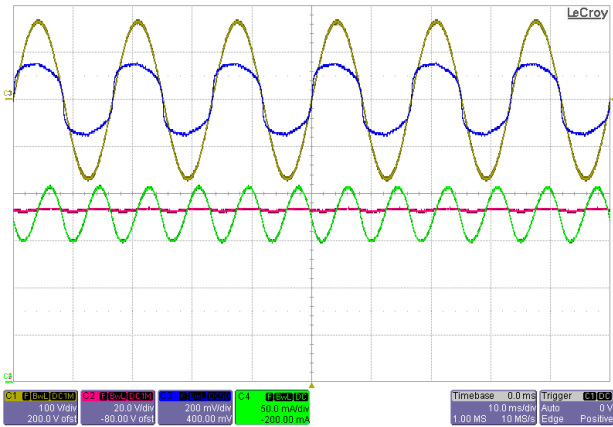


Figure 32 – 115 VAC / 60 Hz, 72 V LED String.

$C_{OUT} = 330 \mu\text{F}$.
 Ch1: V_{IN} , 100 V / div.
 Ch2: V_{OUT} , 20 V / div.
 Ch3: I_{IN} , 200 mA / div.
 Ch4: I_{OUT} , 50 mA / div., 10 ms / div.

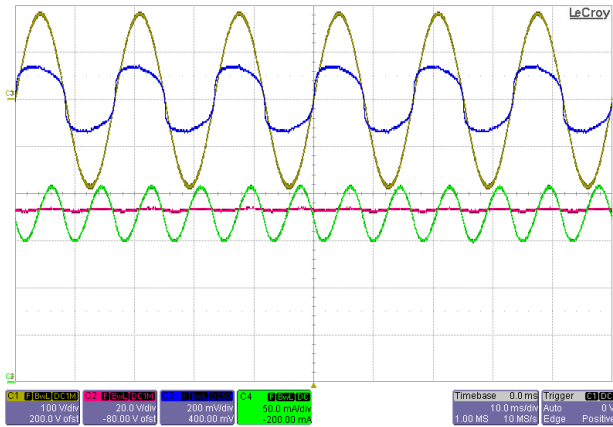


Figure 33 – 132 VAC / 60 Hz, 72 V LED String.

$C_{OUT} = 330 \mu\text{F}$.
 Ch1: V_{IN} , 100 V / div.
 Ch2: V_{OUT} , 20 V / div.
 Ch3: I_{IN} , 200 mA / div.
 Ch4: I_{OUT} , 50 mA / div., 10 ms / div..

12.5 드레인 전압 및 전류 프로파일: 정상 작동 후 출력 단락

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

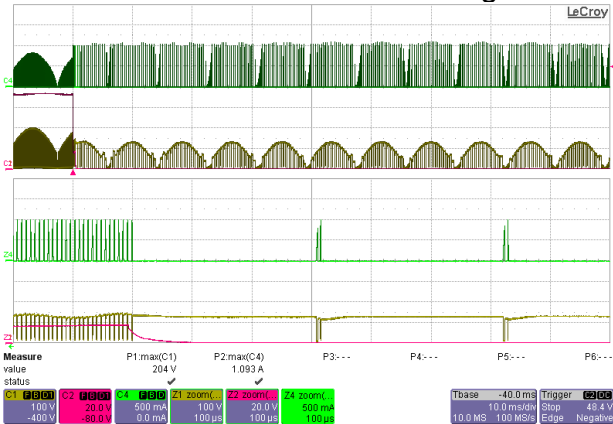


Figure 34 – 90 VAC / 60 Hz, Normal Operation then Output Short.

Ch1: V_{DRAIN} , 100 V / div.
 Ch2: V_{OUT} , 20 V / div.
 Ch4: I_{DRAIN} , 0.5 A / div., 10 ms / div.
 Z4: I_{DRAIN} , 0.5A / div., 100 μs / div.

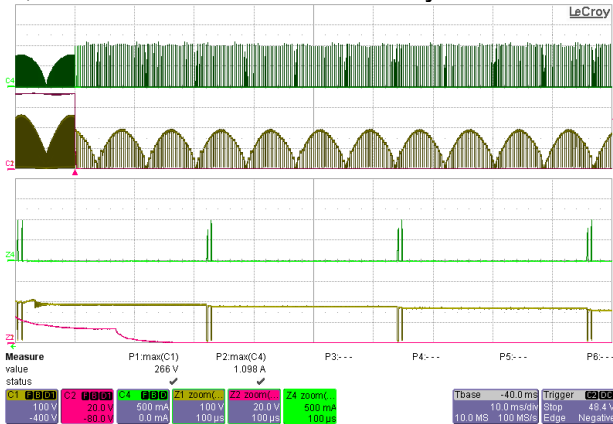


Figure 35 – 132 VAC / 60 Hz, Normal Operation then Output Short.

Ch1: V_{DRAIN} , 100 V / div.
 Ch2: V_{OUT} , 20 V / div.
 Ch4: I_{DRAIN} , 0.5 A / div., 10 ms / div.
 Z4: I_{DRAIN} , 0.5A / div., 100 μs / div.

12.6 드레인 전압 및 전류 프로파일: 스타트업 시 출력단락

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

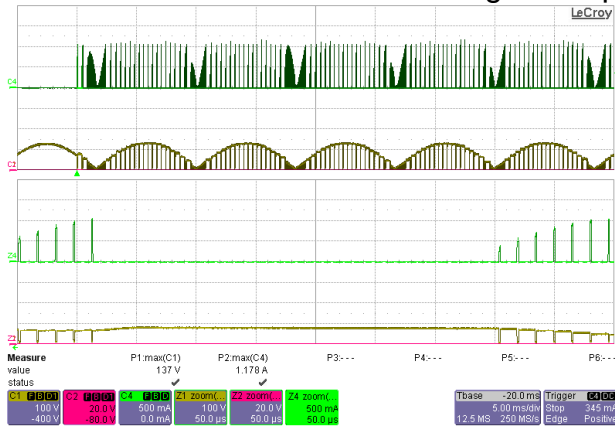


Figure 36 – 90 VAC / 50 Hz, Output Shorted.
 Ch1: V_{DRAIN} , 100 V / div.
 Ch2: V_{OUT} , 20 V / div.
 Ch4: I_{DRAIN} , 0.5 A / div., 5 ms / div.
 Z4: I_{DRAIN} , 0.5A / div., 50 μ s / div.

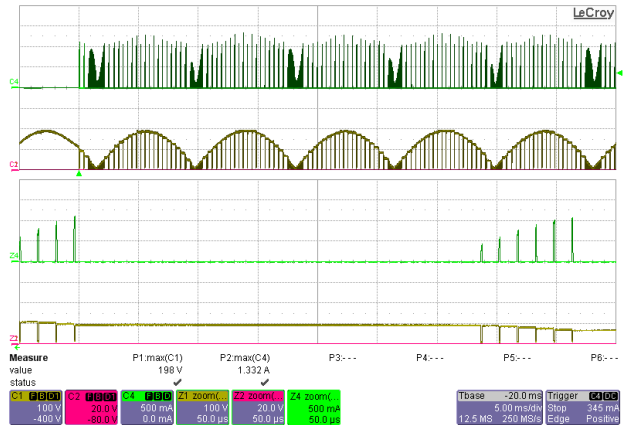


Figure 37 – 132 VAC / 50 Hz, Output Shorted.
 Ch1: V_{DRAIN} , 100 V / div.
 Ch2: V_{OUT} , 20 V / div.
 Ch4: I_{DRAIN} , 0.5 A / div., 5 ms / div.
 Z4: I_{DRAIN} , 0.5A / div., 50 μ s / div.

12.7 무부하 작동

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

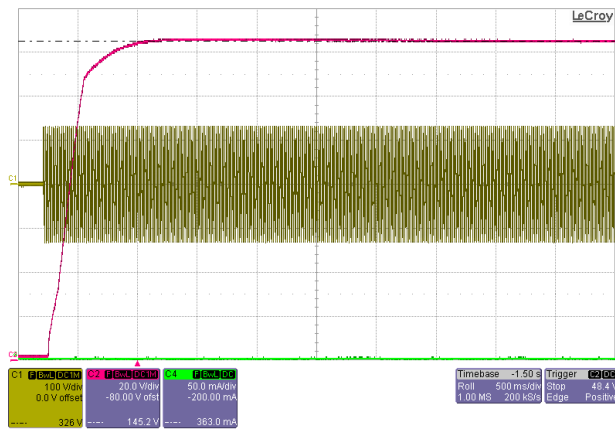


Figure 38 – 90 VAC / 60 Hz, Start-up No-load.
 Ch2: V_{OUT} , 100 V / div.
 Ch1: V_{IN} , 20 V / div.
 Time Scale: 500 ms / div.

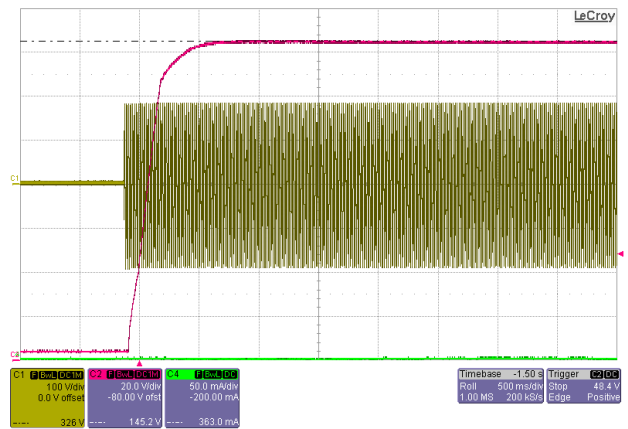


Figure 39 – 132 VAC / 60 Hz, Start-up No-load.
 Ch2: V_{OUT} , 100 V / div.
 Ch1: V_{IN} , 20 V / div.
 Time Scale: 500 ms / div.



12.8 AC 사이클링

The reference design has no perceptible delay.

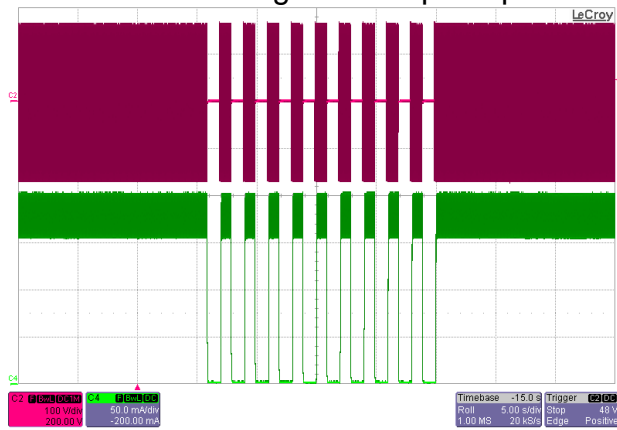


Figure 40 – 120 VAC / 60 Hz,
 1 s On – 1 s Off.
 Load: 72 V LED String.
 Ch1: V_{IN} , 100 V / div.
 Ch4: I_{OUT} , 50 mA / div.
 Time Scale: 5 s / div.

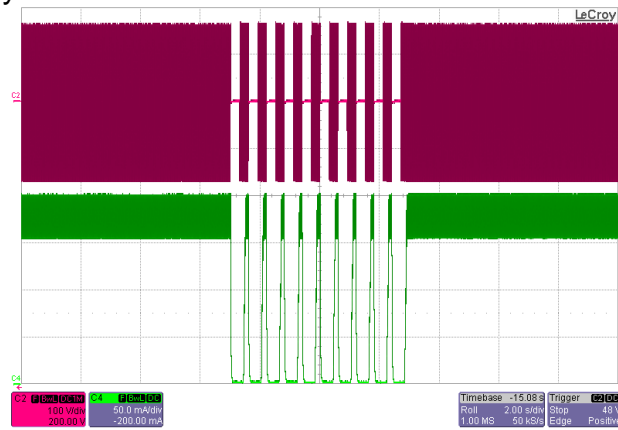


Figure 41 – 120 VAC / 60 Hz,
 300 ms On – 300 ms Off.
 Load: 72 V LED String.
 Ch1: V_{IN} , 100 V / div.
 Ch4: I_{OUT} , 50 mA / div.
 Time Scale: 5 s / div.



12.9 디밍 샘플 파형

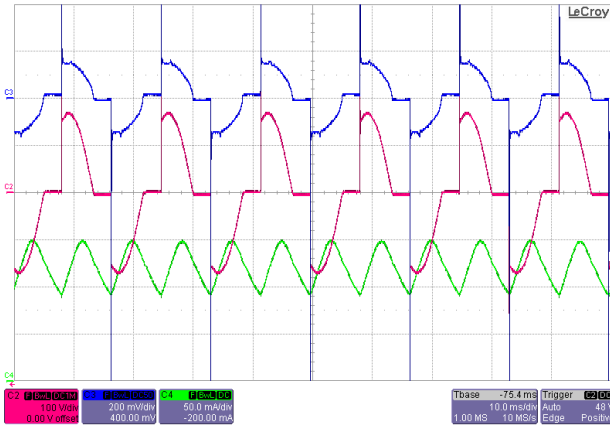


Figure 42 – 120 VAC / 60 Hz, LG-603PGH-Dimmer at Full TRIAC Conduction.
 Load: 72 V LED String.
 Ch2: V_{OUT} , 100 V / div.
 Ch3: I_{IN} , 200 mA / div.
 Ch4: I_{OUT} , 50 mA / div.
 Time Scale: 10 ms / div.

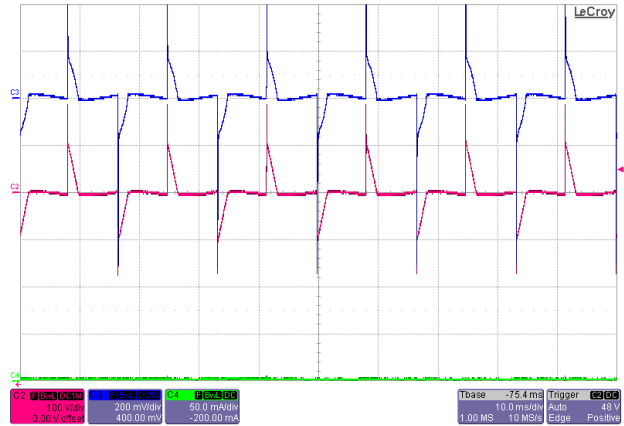


Figure 43 – 120 VAC / 60 Hz, LG-603PGH-Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.
 Load: 72 V LED String.
 Ch2: V_{OUT} , 100 V / div.
 Ch3: I_{IN} , 200 mA / div.
 Ch4: I_{OUT} , 50 mA / div.
 Time Scale: 10 ms / div.

Refer to the unit to dimmer compatibility section for the dimmers evaluated for this LED driver.

12.9.1 라인 서지 파형

12.9.2 디퍼렌셜 라인 서지

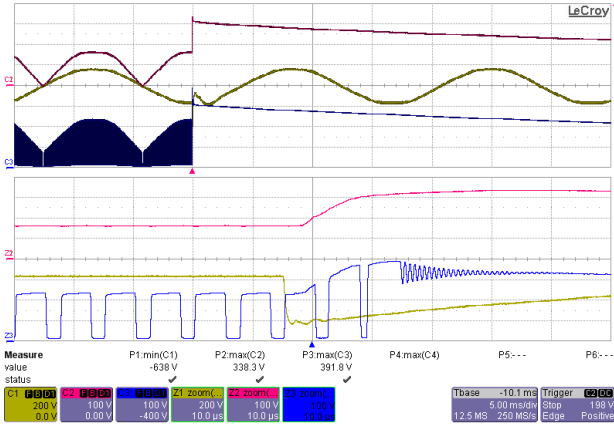


Figure 44 – 120 VAC / 60 Hz, 72 V Load,
 $V_{DS} = 391.8 V_{PK}$.
 (+) 500 V Differential Line Surge at 90°.
 Ch1: V_{IN} , 200 V / div.
 Ch2: V_{BULK} , 100 V / div.
 Ch4: V_{DS} , 100 V / div., 5 ms / div.
 Zoom Time Scale: 10 □s / div.

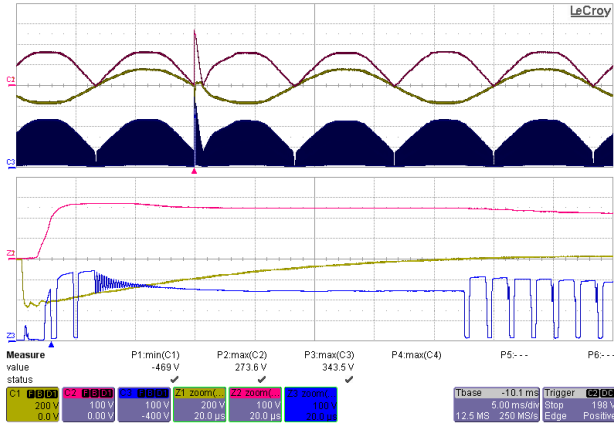


Figure 45 – 120 VAC / 60 Hz, 72 V Load,
 $V_{DS} = 343.5 V_{PK}$.
 (+) 500 V Differential Line Surge at 0°.
 Ch1: V_{IN} , 200 V / div.
 Ch2: V_{BULK} , 100 V / div.
 Ch4: V_{DS} , 100 V / div., 5 ms / div.
 Zoom Time Scale: 20 □s / div.

12.9.3 디퍼렌셜 링 서지

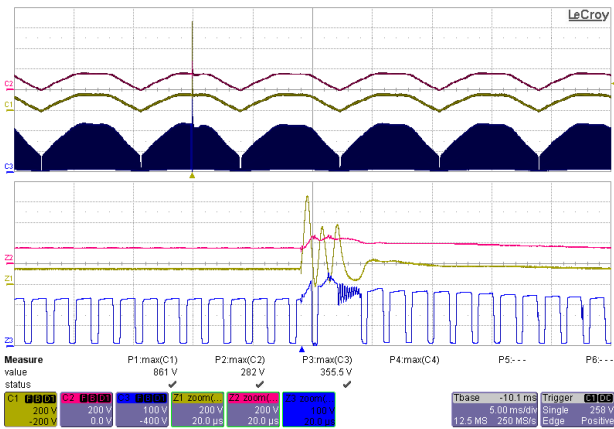


Figure 46 – 120 VAC / 60 Hz, 72 V Load,
 $V_{DS} = 391.8 V_{PK}$.
 (+) 500 V Differential Ring Surge at 90°.
 Ch1: V_{BRIDGE} , 200 V / div.
 Ch2: V_{BULK} , 200 V / div.
 Ch4: V_{DS} , 100 V / div., 5 ms / div.
 Zoom Time Scale: 20 □s / div.

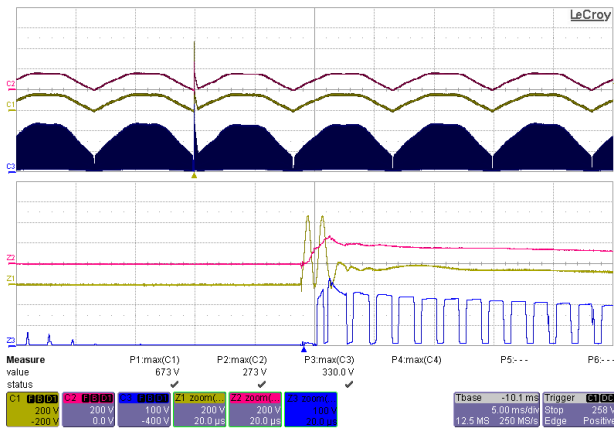


Figure 47 – 120 VAC / 60 Hz, 72 V Load,
 $V_{DS} = 343.5 V_{PK}$.
 (+) 500 V Differential Ring Surge at 0°.
 Ch1: V_{BRIDGE} , 200 V / div.
 Ch2: V_{BULK} , 200 V / div.
 Ch4: V_{DS} , 100 V / div., 5 ms / div.
 Zoom Time Scale: 20 □s / div.

13 라인 서지

Input voltage was set at 120 VAC / 60 Hz. Output was loaded with a 72 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 μ 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

The unit passes under all test conditions.



14 전도성 EMI

14.1 디바이스

Receiver:

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

LISN:

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

14.2 EMI 테스트 설정

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



Figure 48 – Conducted Emissions Measurement Set-up.



14.3 EMI 테스트 결과

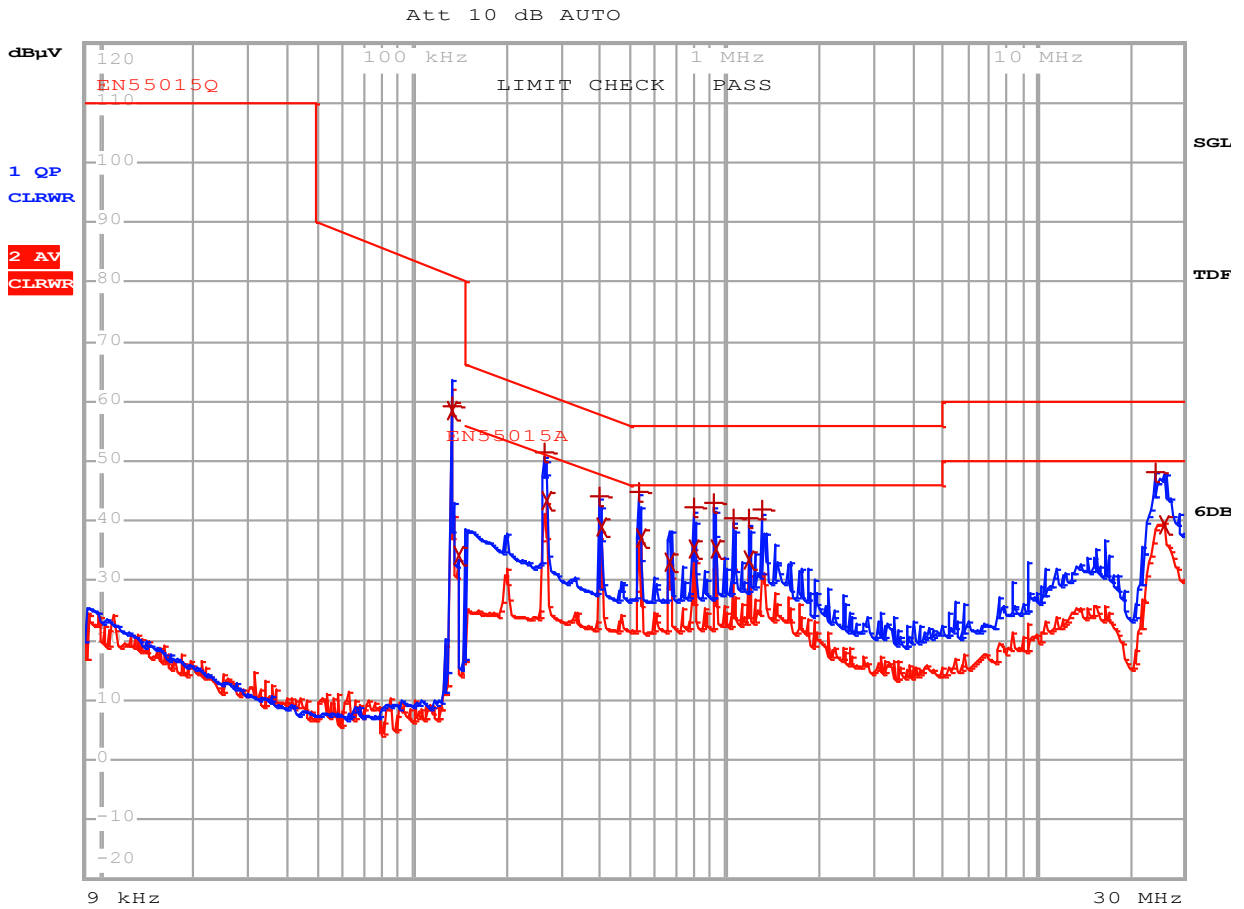


Figure 49 – Conducted EMI, 72 V Output / 170 mA Steady-State Load, 120 VAC, 60 Hz, and EN55015 Limits.



EDIT PEAK LIST (Final Measurement Results)						
Trace1:		EN55015Q				
Trace2:		EN55015A				
Trace3:		---				
	TRACE	FREQUENCY	LEVEL	dB μ V		DELTA LIMIT dB
1	Quasi Peak	133.454986145 kHz	59.23	N	gnd	-21.83
2	Average	133.454986145 kHz	58.28	L1	gnd	
2	Average	140.262531674 kHz	34.24	L1	gnd	
1	Quasi Peak	264.49018761 kHz	51.33	N	gnd	-9.95
2	Average	267.135089486 kHz	43.45	N	gnd	-7.75
1	Quasi Peak	397.727746704 kHz	44.12	N	gnd	-13.77
2	Average	401.705024172 kHz	39.02	N	gnd	-8.79
1	Quasi Peak	530.769219795 kHz	44.94	N	gnd	-11.05
2	Average	536.076911993 kHz	37.24	N	gnd	-8.75
2	Average	667.263434405 kHz	33.13	N	gnd	-12.86
1	Quasi Peak	798.145472681 kHz	42.15	N	gnd	-13.84
2	Average	798.145472681 kHz	35.34	N	gnd	-10.65
1	Quasi Peak	926.622115652 kHz	43.07	N	gnd	-12.92
2	Average	935.888336808 kHz	35.13	N	gnd	-10.86
1	Quasi Peak	1.06512822736 MHz	40.39	N	gnd	-15.60
1	Quasi Peak	1.20021314689 MHz	40.43	N	gnd	-15.56
2	Average	1.20021314689 MHz	33.33	N	gnd	-12.66
1	Quasi Peak	1.32578199726 MHz	41.85	N	gnd	-14.14
1	Quasi Peak	23.9878811379 MHz	48.01	L1	gnd	-11.98
2	Average	25.4636191981 MHz	39.24	L1	gnd	-10.75

Figure 50 – Conducted EMI, 72 V / 170 mA Steady-State Load Steady-State Load, 120 VAC, 60 Hz, and EN55015 Limits. Line and Neutral Scan Design Margin Measurement.



15 설계 예제 보고서

Date	Author	Revision	Description and Changes	Reviewed
09-Apr-13	JDC	1.0	Initial Release	Apps & Mktg



최신 업데이트에 대한 자세한 내용은 당사 웹사이트(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.com에서 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

독일

Lindwurmstrasse 114
80337, Munich
Germany
전화: +49-895-527-39110
팩스: +49-895-527-39200
전자 메일: 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

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

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

인도

#1, 14th Main Road
Vasanthanagar
Bangalore-560052
India
전화: +91-80-4113-8020
팩스: +91-80-4113-8023
전자 메일: 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

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

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

이탈리아

Via Milanese 20, 3rd. Fl.
20099 Sesto San Giovanni
(MI) Italy
전화: +39-024-550-8701
팩스: +39-028-928-6009
전자 메일: 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

애플리케이션 문의 전화
전 세계 통합 번호 +1-408-414-9660

애플리케이션 문의 팩스
전 세계 통합 번호 +1-408-414-9760

