12.3 출력 브라운아웃 36
12.4 출력 다이오드 피크 역 전압 37
12.5 단락 회로 38
12.6 출력 리플 측정 39
12.6.1 리플 측정 기술 39
12.6.2 출력 리플 측정 결과 40
12.7 출력 부하 단계 응답 42
13 써멀 측정 43
13.1 조건: 380VDC, 풀 부하, 1 시간 동안 가동 43
14 게인 위상 측정 46
15 개정 내역 47

중요 사항:
이 기판은 안전 절연거리 요구 사항에 맞도록 설계되었지만 엔지니어링 프로토타입은 아직 기관 승인을 받지 않은 상태입니다.

Power Integrations
전화: +1 408 414 9200 팩스: +1 408 414 9201
www.powerint.com

1 소개

이 문서는 LCS701HG 통합 LLC 파워단 IC 를 활용하는 12V 및 24V, 125W LLC DC-DC 컨버터에 대해 설명하는 엔지니어링 보고서입니다. 이 파워 서플라이는 LED 백라이트가 있는 LCD TV 에 사용하도록 제작되었습니다. 보드에는 12VDC 및 380VDC 입력이 필요합니다.

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

1.1 중요 사항

제대로 동작하려면 단자에 직접 연결된 +380V 입력과 입력 복귀 사이의 벌크 커패시터가 10μF 이상인 경우에 RD-270 을 사용해야 합니다.

참고: 이 파워 서플라이에는 단락 보호 기능은 있으나 과전압 보호 기능은 없습니다. TL431(U3) 또는 옵토커플러(U2)를 비활성화하여 과전압 테스트를 수행하면 출력 전압이 크게 상승하여 출력 쇼트키 정류기(D2-D4)가 동작 중단되고 파열됩니다.

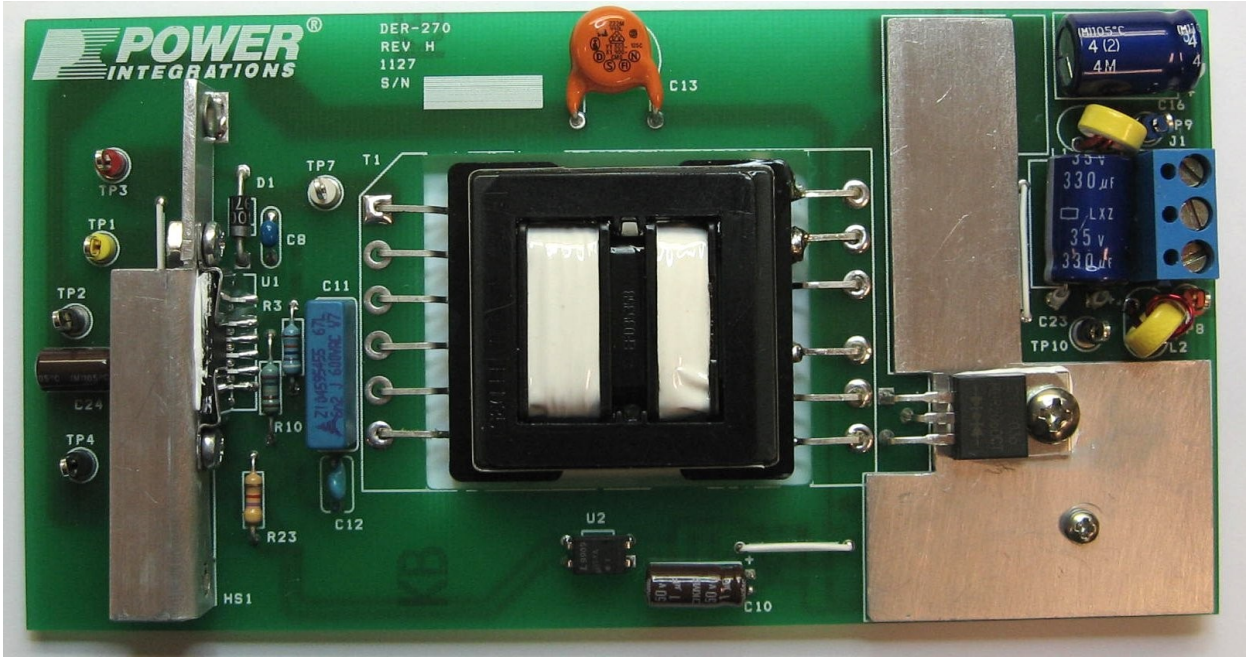


그림 1 – 소자가 장착된 회로 기판 사진(Top 면) 2.97" x 5.8"(75.44mm x 147.32mm).

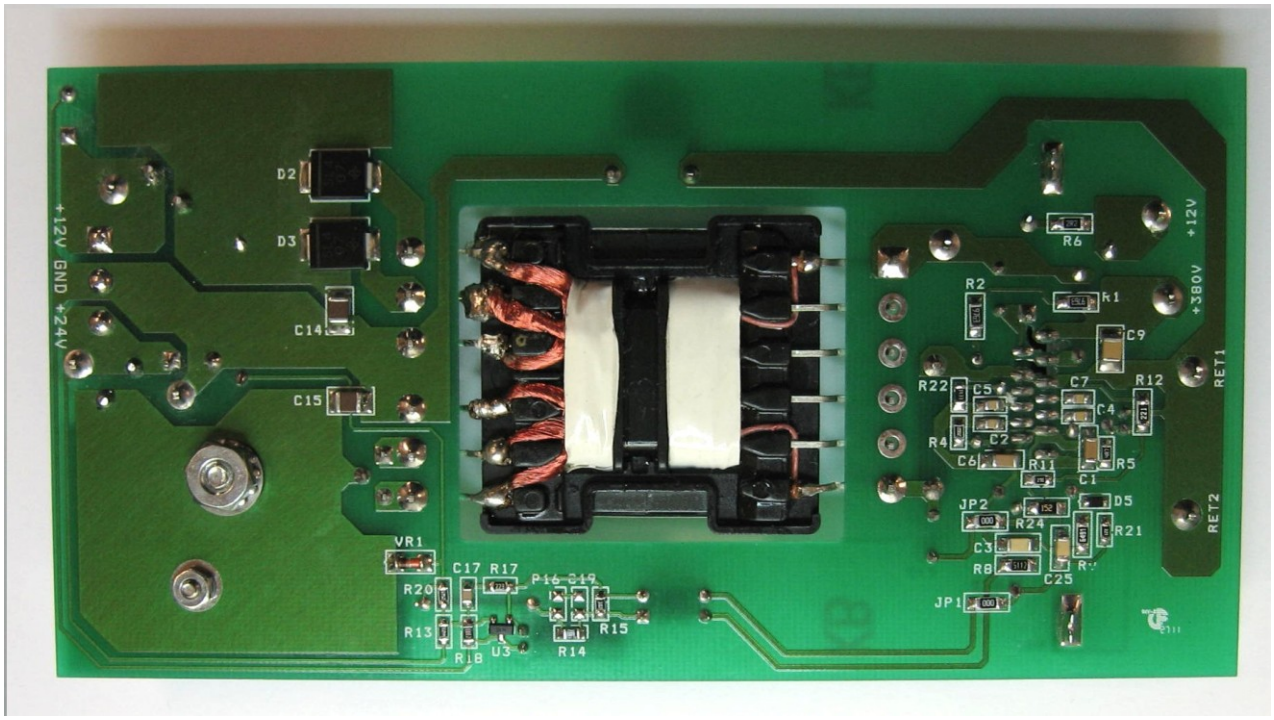


그림 2 – 소자가 장착된 회로 기판 사진(Bottom 면).

Power Integrations
전화: +1 408 414 9200 팩스: +1 408 414 9201
www.powerint.com

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	V_{IN}	300	380	420	VDC	DC 입력만
주파수	f_{LINE}				Hz	해당 없음
무부하 시의 입력 전력(230VAC)			해당 없음		W	
출력						
출력 전압 1	V_{OUT1}	11.4	12	12.6	V	± 5%
출력 P-P 리플 전압 1	$V_{RIPPLE1}$			120	mV	20MHz 대역폭
출력 전류 1	I_{OUT1}	0.02	2.4	2.4	A	두 출력의 총 부하 ≤ 125W
출력 전압 2	V_{OUT2}	22.8	24	25.2	V	± 5%
출력 P-P 리플 전압 2	$V_{RIPPLE2}$			240	mV	20MHz 대역폭
출력 전류 2	I_{OUT2}	0.00	4	4	A	두 출력의 총 부하 ≤ 100W
총 출력 전력						
연속 출력 전력	P_{OUT}			125	W	
피크 출력 전력	P_{OUT_PEAK}			125	W	
효율						
20% 부하	η	87.5	88		%	DC-DC 컨버터 목표 효율, 25°C, 380VDC 입력에서 측정
50% 부하	η	93.5	94.0		%	DC-DC 컨버터 목표 효율, 25°C, 380VDC 입력에서 측정
100% 부하	η	94.0	94.2		%	DC-DC 컨버터 목표 효율, 25°C, 380VDC 입력에서 측정
무부하 시의 입력 전력			0.350			지정된 버스트 모드 동작은 무부하 출력 상태에서 출력 레귤레이션을 유지합니다.

3 회로도

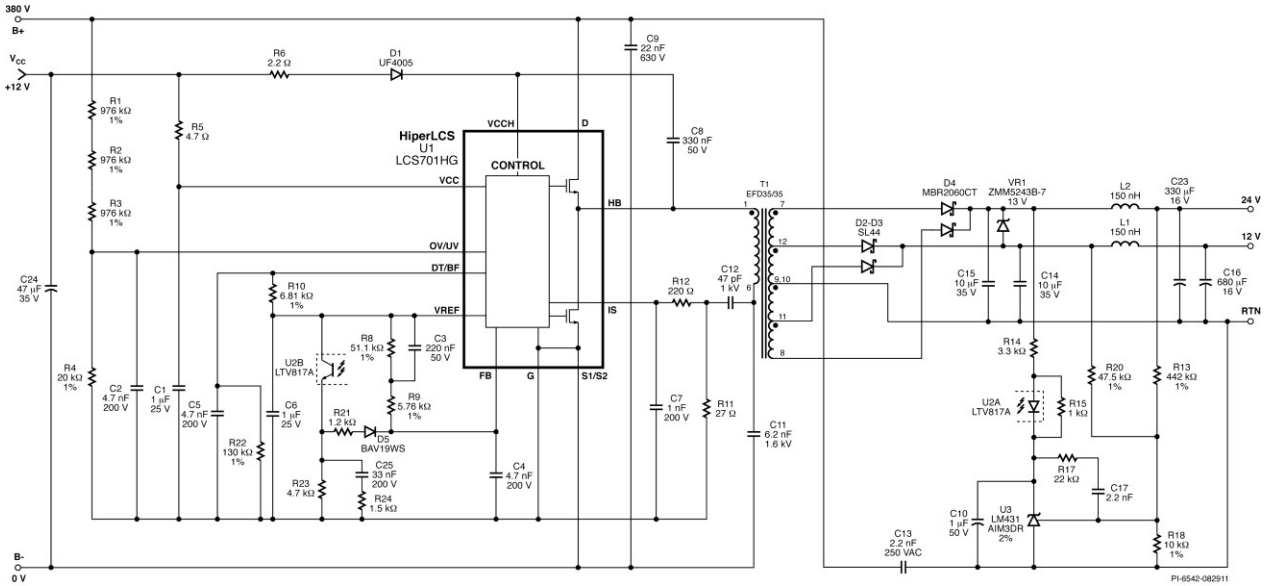


그림 3 – 회로도

Power Integrations
전화: +1 408 414 9200 팩스: +1 408 414 9201
www.powerint.com

4 회로 설명

그림 3 의 회로도는 LCD TV 애플리케이션용 LCS701HG 를 사용하여 구현된 12V 및 24V, 125W LLC DC-DC 컨버터를 보여 줍니다. 이 회로가 동작하려면 +12V 및 +380V 서플라이가 필요합니다.

본 보드가 제대로 동작하려면 단자에 직접 연결된 +380V 입력(B+)과 그라운드(0V) 사이에 최소 10μF 이상의 벌크 커패시터를 함께 사용해야 합니다.

4.1 1 차측

집적 회로 U1 은 LLC 공진형 하프 브리지 컨버터에 필요한 컨트롤 회로, 드라이버 및 출력 장치를 포함하고 있습니다. U1 의 HB 출력은 블로킹/공진형 커패시터(C11)를 통해 출력 트랜스포머 T1 으로 연결됩니다. 이 커패시터의 정격은 동작 리플 전류를 만족해야 하며, 고장 조건 중의 전압을 견딜 수 있는 정격 전압을 선택해야 합니다.

트랜스포머 T1 은 100μH 의 누설 인덕턴스용으로 설계되었습니다. 다음 식에 따라 공진형 커패시터 C11 를 포함하고 1 차측 직렬 공진 주파수(약 202kHz)를 설정합니다.

$$f_R = \frac{1}{6.28\sqrt{L_L \times C_R}}$$

여기서 f_R 은 직렬 공진 주파수(Hertz)이고, L_L 은 트랜스포머 누설 인덕턴스(Henries)이며, C_R 은 공진형 커패시터(C11) 값(Farads)입니다.

1 차측 턴 수를 조정하여 트랜스포머 권선비를 설정했으므로 정격 입력 전압 및 풀 부하에서 동작 주파수는 앞서 설명된 공진 주파수(약 190kHz)에 근접하나 약간 작습니다. 2 차측 턴 수를 코어 및 구리 손실을 절충하여 선택했습니다. 1 차측에는 AWG #42 리츠선을, 2 차측에는 AWG #40 리츠선을 사용했습니다. 이러한 전선 게이지의 조합은 200kHz 에서 우수한 효율을 제공합니다. 각 가닥 수를 보빈 활용도(사용가능한 공간) 및 구리 손실의 균형을 맞추어 선택했습니다. 200kHz 동작 주파수가 트랜스포머 크기, 출력 필터 커패시턴스 및 효율간의 균형을 고려하여 설정된 값입니다.

U1 하이 사이드 드라이버를 구동하는 부트스트랩 회로는 D1, R6, C8 로 구성되어 있습니다. R5, C1 및 C24 는 +12V 입력을 필터링하고 바이패스합니다. 전압 분배기 R1-R4 는 U1 의 고전압 턴 온과 과전압 기준값을 설정합니다. 전압 분배기 값은 360VDC 에서 LLC 턴온 기준값을, 285VDC 에서 턴오프 기준값을, 473VDC 에서 입력 과전압 기준값을 설정하기 위해 선택되어 있습니다.

커패시터 C9 는 +380V 입력을 위한 고주파 바이패스 커패시터입니다.

커패시터 C12 는 C11 과 함께 전류 분배기를 형성하며 1 차측 전류 부분을 샘플링하는 데 사용됩니다. 저항 R11 이 이 전류를 감지하고 결과 신호는 R12 및 C7 에 의해 필터링됩니다. 커패시터 C12 는 고장 조건 중의 피크 전압에 맞춰 다시 지정되어야 하며, 필름, SL 세라믹 또는 NPO/COG 세라믹과 같은 안정적인 저손실 유전체를 사용해야 합니다. 이 설계에 사용되는 커패시터는 "SL" 온도 특성을 갖는 세라믹 디스크로, 일반적으로 CCFL 튜브용 드라이버에 사용됩니다. 선택한 값은 다음 식에 따라 4.1A 에서 1 사이클(빠름) 전류 제한과 2.3A 에서 8 사이클(느림) 전류 제한을 설정합니다.

$$I_{CL} = \frac{0.5V}{\left(\frac{C12}{C11+C12}\right)(R11)}$$

I_{CL} 은 8 사이클 전류 제한(암페어)이고, R11 은 전류 제한 저항(Ohm)이며, C11 및 C12 는 각각 공진형 및 전류 샘플링 커패시터(나노패럿)입니다. 1 사이클 전류 제한의 경우 위 식에서 0.5V 를 0.9V 로 바꿉니다.

저항 R12 및 커패시터 C7 은 1 차측 전류 신호를 IS 핀으로 필터링합니다. 저항 R12 의 최대값은 220Ohm 입니다. C7 값은 노이즈로 인한 불필요한 고장을 방지하기 위해 1nF 로 설정되나 위에 계산된 대로 전류 제한 설정 값에 실제로 영향을 줄만큼 높지는 않습니다. 이러한 부품은 효율성을 최대화하기 위해 IS 핀 가까이 배치해야 합니다. IS 핀은 마이너스 전류를 견딜 수 있으므로 전류 센싱 회로에 복잡한 정류 구성이 필요하지 않습니다.

저항 R10 은 데드 타임을 320nS 으로 설정하고, U1 에 대한 최대 동작 주파수를 847kHz 로 설정합니다. U1 의 F_{MAX} 입력은 C5 에 의해 필터링됩니다. U1 은 C5 에 의해 필터링됩니다. R10 및 R22 의 조합에서도 U1 용으로 버스트 모드 "1"을 선택합니다. 그러면 하위 및 상위 버스트 기준 주파수가 각각 382kHz 및 437kHz 로 설정됩니다.

FEEDBACK 핀은 FEEDBACK 핀으로의 μA 당 2.6kHz 의 근사치 특성을 갖습니다. FEEDBACK 핀으로 공급되는 전류는 U1 의 동작 주파수를 높이고 출력 전압을 낮춥니다. R8 및 R9 의 직렬 조합은 U1 의 최소 동작 주파수를약 124kHz 로 설정합니다. 일반적으로 이 값은 풀 부하 및 최소 벌크 커패시터 전압에서 레귤레이션에 필요한 주파수보다 낮게 설정됩니다. 저항 R8 은 C3 에 의해 바이패스되며 피드백 루프 오픈 시, 초기에 FEEDBACK 핀으로 보다 높은 전류가 흐르도록 하여 스타트업 시 출력 소프트 스타트를 실행합니다. 그러면 시작되는 스위칭 주파수가 높아진 후 출력 전압이 레귤레이션될 때까지 감소됩니다. 일반적으로 R9 는 R10 과 같은 값으로 설정되므로 소프트 스타트 시 초기 주파수는 R10 에 의해 설정된 최대 스위칭 주파수와 같습니다. R9 값이 이보다 작은 경우 스위칭 시작까지 지연이 발생합니다.

Power Integrations
전화: +1 408 414 9200 팩스: +1 408 414 9201
www.powerint.com

옵토커플러 U2 는 R21 을 통해 U1 의 피드백을 동작시키는데 R21 은 FEEDBACK 핀으로 흐르는 최대 옵토커플러 전류를 제한하는 역할을 합니다. 커패시터 C4 는 FEEDBACK 핀을 필터링합니다. 저항 R23 은 옵토커플러의 부하로 동작하여 비교적 높은 대기 전류에서 강제 실행하므로 게인이 증가합니다. 저항 R21 및 R23 역시 큰 신호 단계 응답 및 버스트 모드 출력 리플을 개선합니다. 다이오드 D5 는 F_{MAX}/소프트 스타트 네트워크에서 R23 을 절연합니다.

4.2 출력 정류

트랜스포머 T1 의 출력이 D2-4 및 C14, C15 에 의해 정류되고 필터링됩니다. 이러한 커패시터들은 출력 리플 정격 전류에 맞게 신중하게 선택된 X5R 유전체입니다. 표준 Z5U 커패시터는 이 애플리케이션에서 효과가 *없습니다*. 출력 정류기 D4 는 고효율을 위해 선택된 60V 쇼트키 정류기입니다. 트랜스포머 2 차측 권선을 서로 꼬아서 사용하면(트랜스포머 구성 섹션 참조) 2 차측 하프 간의 누설 인덕턴스가 감소되고 24V 출력 정류기에 대한 최악의 PIV 가 57V 로 감소되므로 고효율의 60V 쇼트키 다이오드를 사용할 수 있게 됩니다. L1-2, C16 및 C23 에서 추가적으로 필터링됩니다. 커패시터 C16 및 C23 역시 LLC "가상" 출력 직렬 R-L 과 세라믹 출력 커패시터 C14 및 C15 에 의한 LLC 출력 임피던스 피크를 댐핑합니다. 또한 빠르고 높은 진폭 부하 단계에 대한 응답도 향상시킵니다. 저항 R13, R18 및 R20 은 U3 레퍼런스 전압과 함께 서플라이의 출력 전압을 설정합니다. 해당 부하가 상대적으로 일정해야 하므로 12V 출력이 우선하도록 출력 전압 분배기에 가중치를 둡니다. 에러 앰프 U3 은 R14 를 통해 피드백 옵토커플러 U2 를 구동합니다. 부품 C17, C25, R14, R17 및 R23 은 서플라이의 게인-위상 특성을 결정합니다. 정격 및 과도한 부하/입력 전압 조합에서 안정적인 동작을 제공하기 위해 이러한 값을 선택했습니다. 저항 R15 를 사용하면 옵토커플러 U2 의 LED 에 전류 흐름이 발생하지 않는 경우 U3 에서 최소 필요 동작 전류가 흐르도록 할 수 있습니다. 커패시터 C10 은 "소프트 피니쉬"를 제공하여 턴온에서 출력 오버슈트를 제거합니다. 해당 ESR 은 TL431(U3)의 출력 임피던스가 게인-위상 응답보다 우선할 만큼 충분히 높습니다.

추가 정보
스마트폰과 www.neoreader.com 에서 제공되는 무료 소프트웨어(또는 스마트폰의 앱 스토어에서 제공되는 다른 모든 무료 QR 코드 리더기)를 사용하면 당사 웹 사이트의 관련 콘텐츠에 연결할 수 있습니다.

5 PCB 레이아웃

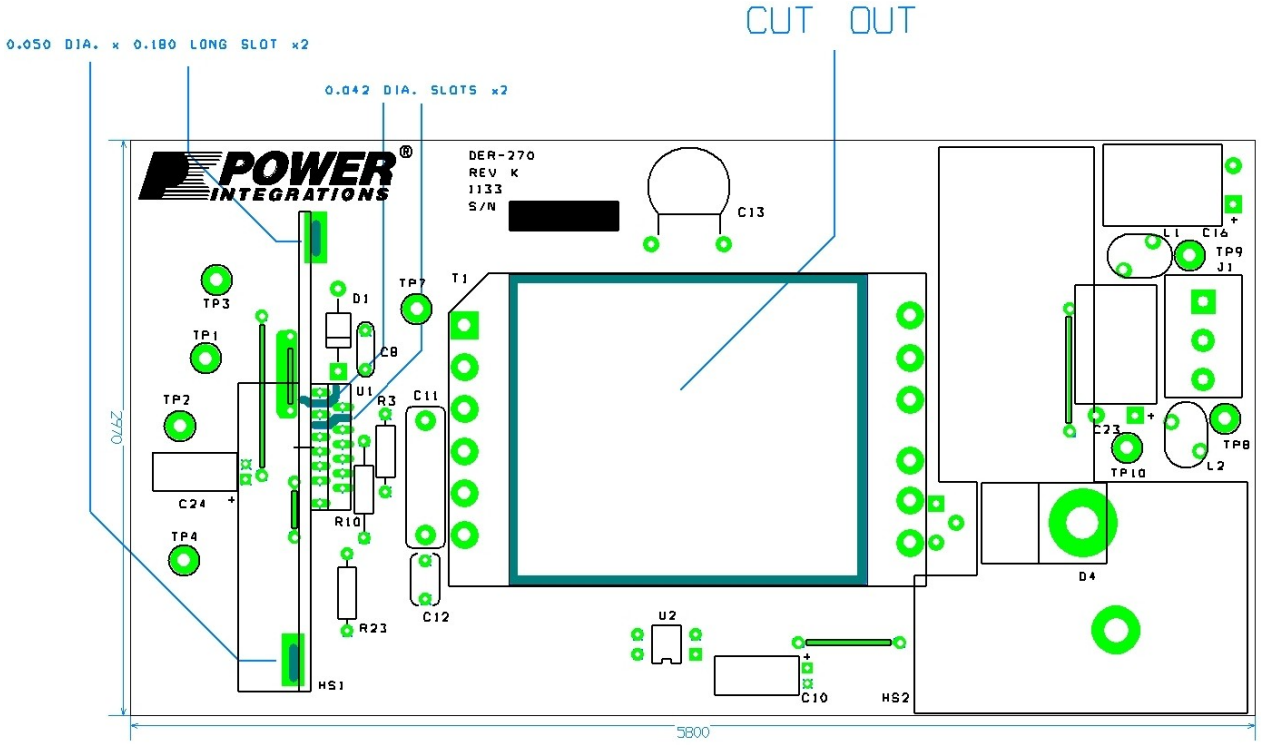


그림 4 – 인쇄 회로 레이아웃(Top 면)

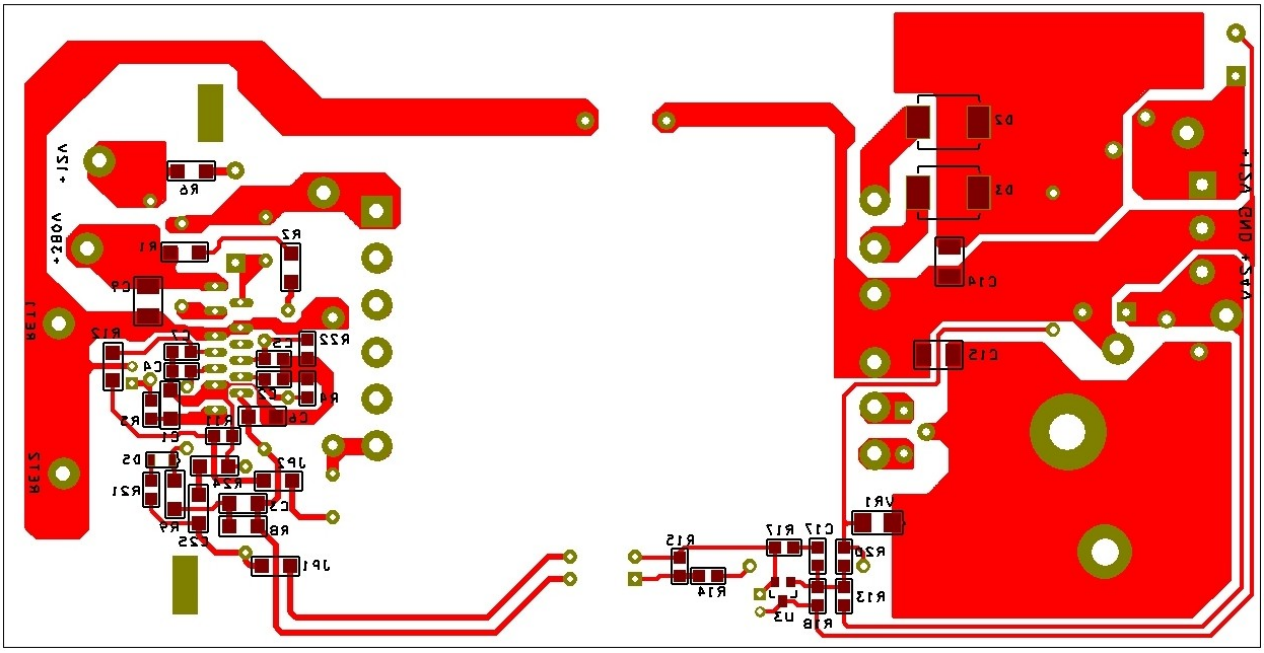


그림 5 – 인쇄 회로 레이아웃(Bottom 면)

Power Integrations
전화: +1 408 414 9200 팩스: +1 408 414 9201
www.powerint.com

6 부품 목록

항목	수량	레퍼런스 설계	설명	부품 제조 번호	제조업체
1	2	C1 C6	1μF, 25V, 세라믹, X7R, 1206	C3216X7R1E105K	TDK
2	3	C2 C4 C5	4.7nF, 200V, 세라믹, X7R, 0805	08052C472KAT2A	AVX
3	1	C3	220nF, 50V, 세라믹, X7R, 1206	ECJ-3YB1H224K	Panasonic
4	1	C7	1nF, 200V, 세라믹, X7R, 0805	08052C102KAT2A	AVX
5	1	C8	330nF, 50V, 세라믹, X7R	FK24X7R1H334K	TDK
6	1	C9	22nF, 630V, 세라믹, X7R, 1210	GRM32QR72J223KW01L	Murata
7	1	C10	1μF, 50V, 전해, 범용, (5 x 11)	EKMG500ELL1R0ME11D	Nippon Chemi-Con
8	1	C11	6.2nF, 1,600V, 필름	B32672L1622J000	Epcos
9	1	C12	47pF, 1kV, 디스크 세라믹	DEA1X3A470JC1B	Murata
10	1	C13	2.2nF, 세라믹, Y1	440LD22-R	Vishay
11	2	C14 C15	10μF, 35V, 세라믹, X5R, 1210	GMK325BJ106KN-T	Taiyo Yuden
12	1	C16	680μF, 16V, 전해, 낮은 ESR, 68mΩ, (10 x 16)	ELXZ160ELL681MJ16S	Nippon Chemi-Con
13	1	C17	2.2nF, 200V, 세라믹, X7R, 0805	08052C222KAT2A	AVX
14	1	C23	330μF, 35V, 전해, 낮은 ESR, 68mΩ, (10 x 16)	ELXZ350ELL331MJ16S	Nippon Chemi-Con
15	1	C24	47μF, 35V, 전해, 범용, (5 x 11)	EKMG350ELL470ME11D	Nippon Chemi-Con
16	1	C25	33nF, 200V, 세라믹, X7R, 1206	12062C333KAT2A	AVX
17	1	D1	600V, 1A, 초고속 복구, 75ns, DO-41	UF4005-E3	Vishay
18	2	D2 D3	40V, 4A, 쇼트키, SMD, DO-214AB	SL44-E3/57T	Vishay
19	1	D4	60V, 20A, 듀얼 쇼트키, TO-220AB	MBR2060CT	Vishay
20	1	D5	100V, 0.2A, 빠른 스위칭, 50ns, SOD-323	BAV19WS-7-F	Diodes, Inc.
22	1	HS1	히트싱크, 커스텀, Al, 3003, 0.62Thk		커스텀
23	1	HS2	히트싱크, DER-270-Diode, Alum 3003, 1.720" W x 2.920" H x 0.062" Thk		커스텀
24	1	J1	CONN TERM BLOCK 5.08MM 3POS	ED120/3DS	On Shore Tech
25	2	JP1 JP2	0Ω, 5%, 1/4W, 두꺼운 필름, 1206	ERJ-8GEY0R00V	Panasonic
26	2	L1 L2	커스텀, 150nH, ±15%, Micrometals T30-26 트로이드 코어에서 구성		Power Integrations
27	2	NUT1 NUT2	Nut, Hex, Kep 4-40, S ZN Cr3 도금 RoHS	4CKNTZR	RoHS를 준수하는 모든 제조업체
28	1	NUT3	Nut, Hex, Kep 6-32, 아연 판	6CKNTZR	RoHS를 준수하는 모든 제조업체
29	1	NUT4	Nut, Hex 2-56, SS	2CHNTS	Olander
30	2	R1 R2	976kΩ, 1%, 1/4W, 두꺼운 필름, 1206	ERJ-8ENF9763V	Panasonic
31	1	R3	976kΩ, 1%, 1/4W, 금속 필름	MFR-25FBF-976K	Yageo
32	1	R4	20kΩ, 1%, 1/8W, 두꺼운 필름, 0805	ERJ-6ENF2002V	Panasonic
33	1	R5	4.7Ω, 5%, 1/8W, 두꺼운 필름, 0805	ERJ-6GEYJ4R7V	Panasonic
34	1	R6	2.2Ω, 5%, 1/4W, 두꺼운 필름, 1206	ERJ-8GEYJ2R2V	Panasonic
35	1	R8	51.1kΩ, 1%, 1/4W, 두꺼운 필름, 1206	ERJ-8ENF5112V	Panasonic
36	1	R9	5.76kΩ, 1%, 1/4W, 두꺼운 필름, 1206	ERJ-8ENF5761V	Panasonic
37	1	R10	6.81kΩ, 1%, 1/4W, 금속 필름	MFR-25FBF-6K81	Yageo
38	1	R11	27Ω, 5%, 1/4W, 두꺼운 필름, 0805	ERJ-6GEYJ270V	Panasonic
39	1	R12	220Ω, 5%, 1/4W, 두꺼운 필름, 1206	ERJ-8GEYJ221V	Panasonic
40	1	R13	442kΩ, 1%, 1/8W, 두꺼운 필름, 0805	ERJ-6ENF4423V	Panasonic
41	1	R14	3.3kΩ, 5%, 1/8W, 두꺼운 필름, 0805	ERJ-6GEYJ332V	Panasonic
42	1	R15	1kΩ, 5%, 1/8W, 두꺼운 필름, 0805	ERJ-6GEYJ102V	Panasonic
43	1	R17	22kΩ, 5%, 1/8W, 두꺼운 필름, 0805	ERJ-6GEYJ223V	Panasonic
44	1	R18	10kΩ, 1%, 1/8W, 두꺼운 필름, 0805	ERJ-6ENF1002V	Panasonic

45	1	R20	47.5kΩ, 1%, 1/8W, 두꺼운 필름, 0805	ERJ-6ENF4752V	Panasonic
46	1	R21	1.2kΩ, 5%, 1/8W, 두꺼운 필름, 0805	ERJ-6GEYJ122V	Panasonic
47	1	R22	130kΩ, 1%, 1/8W, 두꺼운 필름, 0805	ERJ-6ENF1303V	Panasonic
48	1	R23	4.7kΩ, 5%, 1/4W, 탄소 필름	CFR-25JB-4K7	Yageo
49	1	R24	1.5kΩ, 5%, 1/4W, 두꺼운 필름, 1206	ERJ-8GEYJ152V	Panasonic
50	2	SCREW1 SCREW2	나사 절삭기 4-40 X 1/4 SS	PMSSS 440 0025 PH	Building Fasteners
51	1	SCREW3	나사 절삭기 Phil 6-32 X 5/16 SS	PMSSS 632 0031 PH	Building Fasteners
52	1	SCREW4	나사 절삭기 Phil 2-56 X 0.250" SS	2C25PPMS	Olander
53	1	T1	트랜스포머, EFD35/35, 가로형, 12핀 보빈 보빈 덮개 코어	SNX R1608 TB21061SNX TC2106SNX ACEFD35/35BJPP95SNX	Santronics
54	1	TP1	테스트 지점, YEL, 스루홀 장착	5014	Keystone
55	3	TP2 TP4 TP10	테스트 지점, BLK, 스루홀 장착	5011	Keystone
56	1	TP3	테스트 지점, RED, 스루홀 장착	5010	Keystone
57	1	TP7	테스트 지점, WHT, 스루홀 장착	5012	Keystone
58	1	TP8	테스트 지점, ORG, 스루홀 장착	5013	Keystone
59	1	TP9	테스트 지점, BLU, 스루홀 장착	5127	Keystone
60	1	U1	HiperLCS, ESIP16/13	LCS701HG	Power Integrations
61	1	U2	옵토커플러, 35V, CTR 80-160%, 4-DIP	LTV-817A	Liteon
62	1	U3	IC, REG ZENER SHUNT ADJ SOT-23	LM431AIM3/NOPB	National Semi
63	1	VR1	13V, 5%, 500mW, DO-213AA(MELF)	ZMM5243B-7	Diodes, Inc.
64	1	WASHER1	평와셔 #6, SS, 아연 판, 0.267 OD x 0.143 ID x 0.032 Thk	620-6Z	Olander
65	2	WASHER2 WASHER3	평와셔 #4 SS	FWSS 004	Building Fasteners
66	2	WASHER4 WASHER5	평와셔 #2, SS, 0.149 OD x 0.089 ID x 0.016 Thk	620C2	Olander

Power Integrations
전화: +1 408 414 9200 팩스: +1 408 414 9201
www.powerint.com

7 트랜스포머 사양

7.1 전기적 구성도

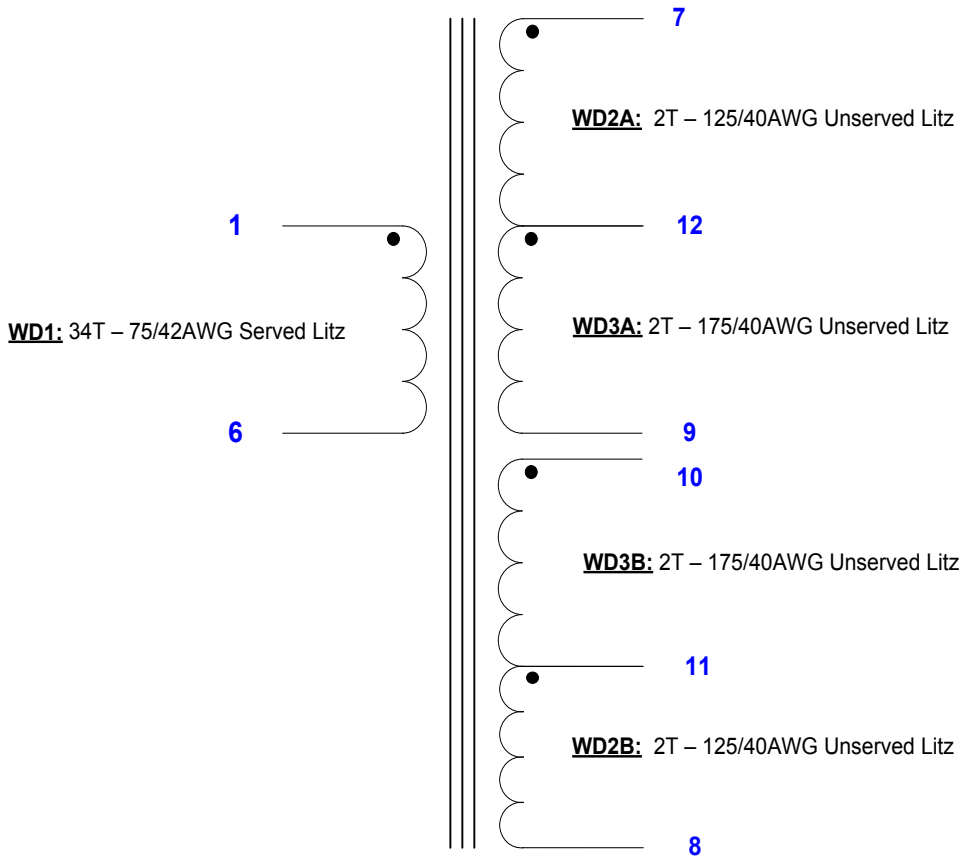


그림 6 – 트랜스포머 전기적 구성도

7.2 전기적 사양

전기적 강도	1 초, 60Hz, 핀 1-6 에서 핀 7-12 까지	3000VAC
1 차측 인덕턴스	핀 1-6, 다른 모든 권선이 오픈된 상태, 100kHz, $0.4V_{RMS}$ 에서 측정	580μH ±10%
공진 주파수	1-6 핀, 다른 모든 권선이 오픈된 상태	1,400kHz(최소값)
1 차측 누설 인덕턴스	핀 1-6, 핀 7-12 가 단락된 상태, 100kHz, $0.4V_{RMS}$ 에서 측정	100μH ±5%
1 차측 **DCR**	핀 1-6	140MΩ max
2 차측 **DCR #1**	핀 7-12	5.1MΩ max
2 차측 **DCR #2**	핀 8-11	4.2MΩ max
2 차측 **DCR #3**	핀 7-9	8.1MΩ max
2 차측 **DCR #4**	핀 8-10	7.2MΩ max

7.3 재료

항목	설명
[1]	코어 한 쌍: 갭이 없는 EFD35B. 아코어 페라이트 ACEFD35/35BJPP95SNX 또는 등가
[2]	보빈: EFD35 가로 12 핀, 2 실, PI P/N: 25-00958-00. Santronics p/n: TB21061SNX
[3]	보빈 커버, EFD35, PI P/N: 25-00958-01. Santronics p/n: TC2106SNX
[4]	테이프: 폴리에스터 필름, 3M 1350F-1 또는 등가, 폭 9.0mm
[5]	테이프: 폴리에스터 필름, 3M 1350F-1 또는 등가, 폭 6.0 mm
[6]	리츠선: 75/#42 단일 도포, 피복
[7]	리츠선: 125/#40 단일 도포, 피복되지 않음
[8]	리츠선: 175/#40 단일 도포, 피복되지 않음
[9]	트랜스포머 함침: Dolph BC-359 또는 등가

Power Integrations
전화: +1 408 414 9200 팩스: +1 408 414 9201
www.powerint.com

7.4 트랜스포머 제작 구성도

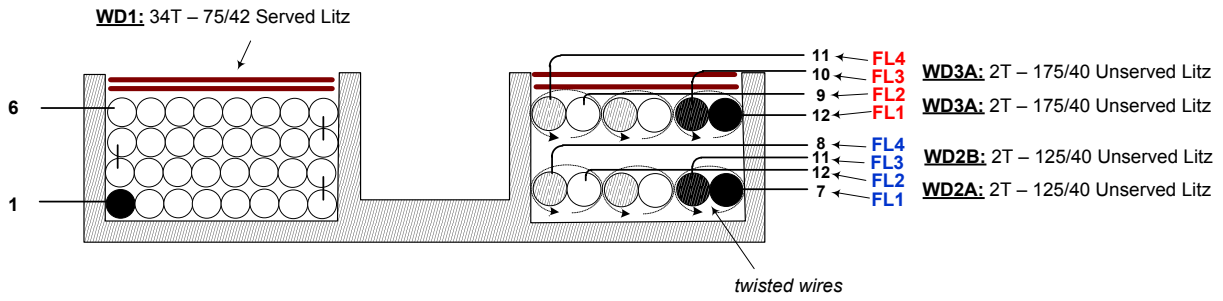
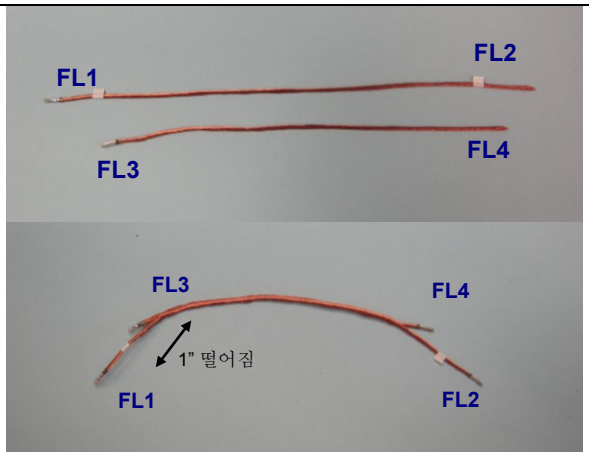
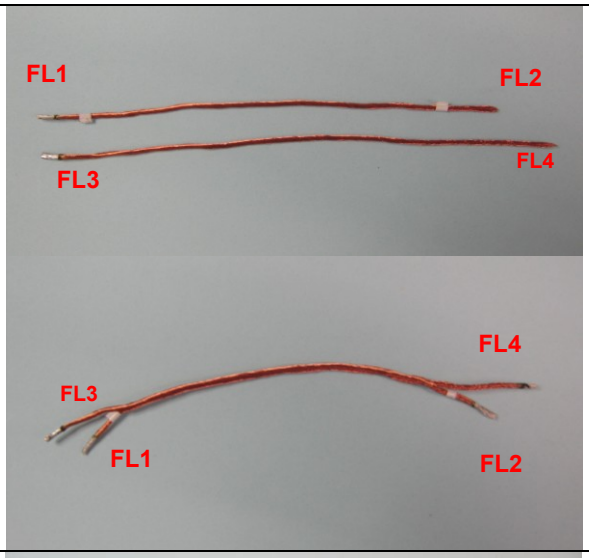
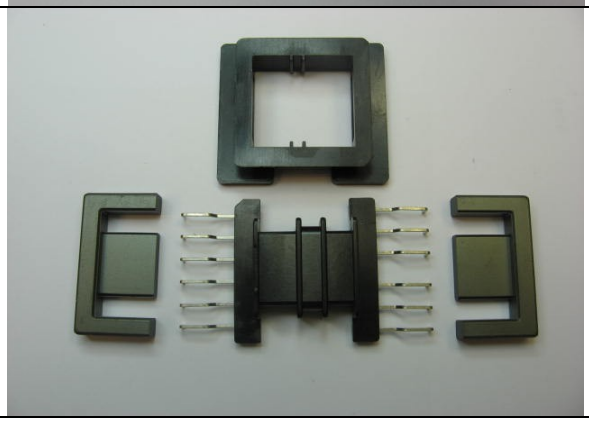


그림 7 – 트랜스포머 제작 구성도

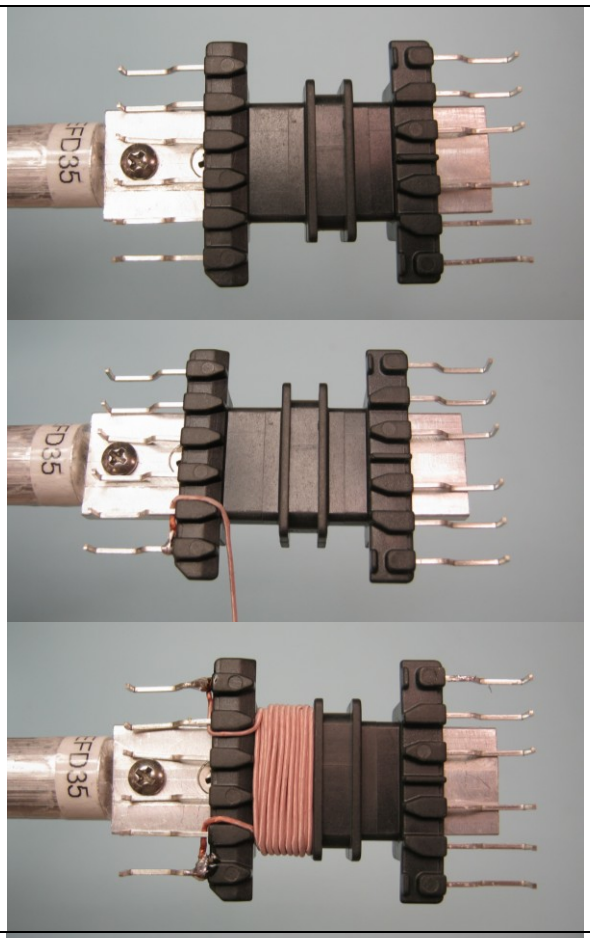
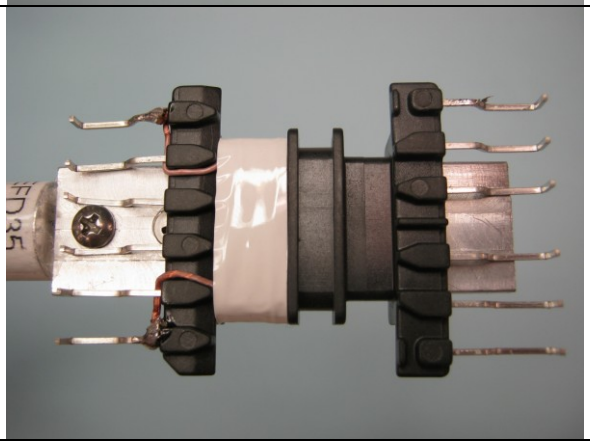
7.5 트랜스포머 구성

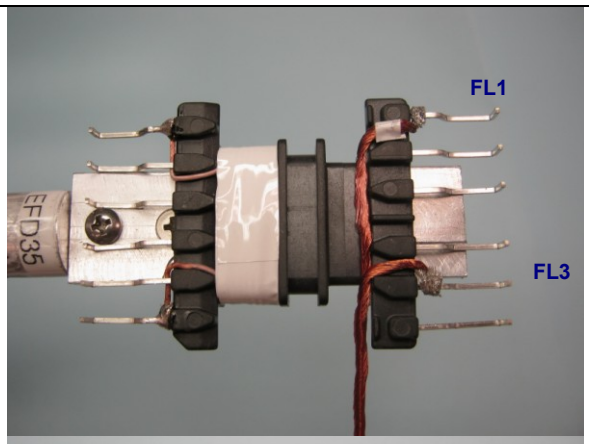
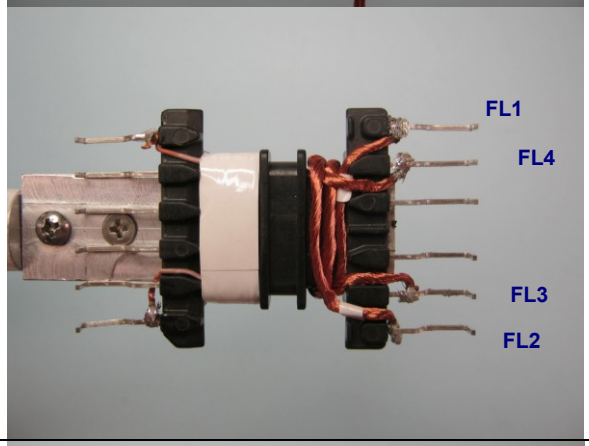
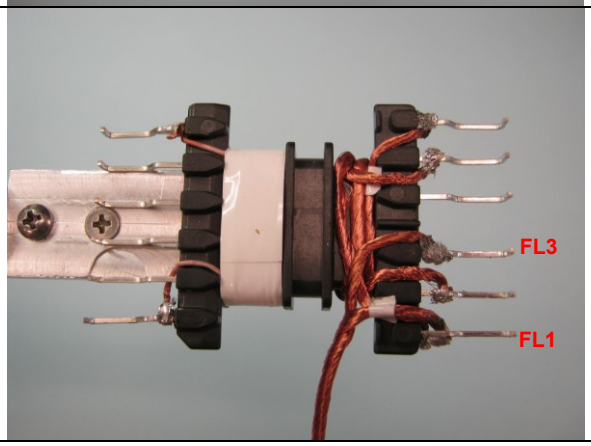
1 단계: **24V 2 차측 전선 준비**	길이 6.5"의 전선 항목 [7] 가닥 1 개를 준비하여 한쪽에는 주석 도금을 하고 양끝에 FL1, FL2 로 라벨을 부착합니다. 동일한 5" 전선 항목 [7]의 다른 가닥을 준비하고 한쪽에는 주석 도금을 하고 FL3, FL4 로 지정합니다. 이 두 개의 가닥을 나란히 배치한 후 약 ¾"의 오프셋을 두고 길이를 따라 25 회 정도 일정하게 꼬아 줍니다. 양쪽 가닥의 다른 끝은 주석 도금합니다. 아래 그림을 참조하십시오.
2 단계: **12V 2 차측 전선 준비**	길이 6"의 전선 항목 [8] 가닥 1 개를 준비하여 한쪽에는 주석 도금을 하고 양끝에 FL1, FL2 로 라벨을 부착합니다. 동일한 6.5" 전선 항목 [8]의 다른 가닥을 준비하고 한쪽에는 주석 도금을 하고 FL3, FL4 로 지정합니다. 이 두 개의 가닥을 나란히 배치한 후 약 ½"의 오프셋을 두고 길이를 따라 25 회 정도 일정하게 꼬아 줍니다. 양쪽 가닥의 다른 끝은 주석 도금합니다. 아래 그림을 참조하십시오.
WD1(1 차측)	보빈 항목 [2]를 1 차측이 왼쪽으로 오도록 배치합니다. 왼쪽 보빈실에서 핀 1 부터 피복된 리츠선 [6]을 34 회, 4 겹으로 감고 핀 6 에서 마무리합니다. 테이프 [4]를 2 회 감아 권선을 고정합니다.
WD2A 및 WD2B **(24V 2 차측)**	1 단계에서 준비한 24V 피복되지 않은 리츠 어셈블리를 사용하여 보빈 [2]의 핀 7 에 있는 FL1 과 핀 11 에 있는 FL3 에서 시작합니다(그림 참조). 오른쪽 보빈실에서 권선을 2 회 타이트하게 감습니다. 보빈의 핀 12 에 있는 FL2 와 핀 8 에 있는 FL4 로 마무리합니다.
WD3A 및 WD3B **(12V 2 차측)**	2 단계에서 준비한 12V 의 피복되지 않은 리츠 어셈블리를 사용하여 보빈 [2]의 핀 12 에 있는 FL1 과 핀 10 에 있는 FL3 에서 시작합니다(그림 참조). 오른쪽 보빈실에서 권선을 2 회 타이트하게 감습니다. 보빈의 핀 9 에 있는 FL2 와 핀 11 에 있는 FL4 로 마무리합니다.
보빈 커버	그림과 같이 보빈 커버 [3]을 권선된 보빈 위에 올려놓습니다. 커버가 제대로 장착되었는지 확인합니다.
마침	580μH ±10%의 임피던스를 확보하도록 코어 반쪽 [1]을 연마합니다. 코어 반쪽을 조립하고 고정합니다. [9]를 함침합니다.

7.6 구성 그림

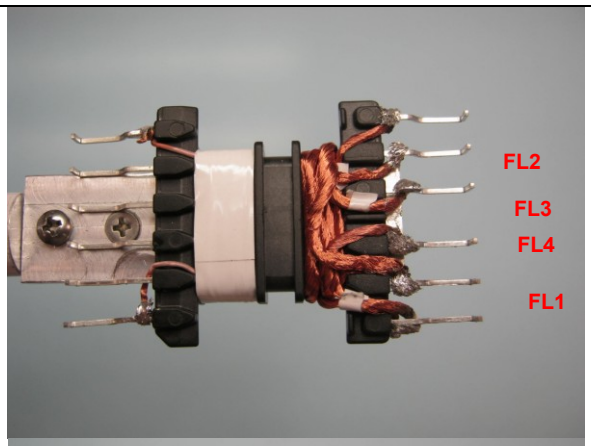
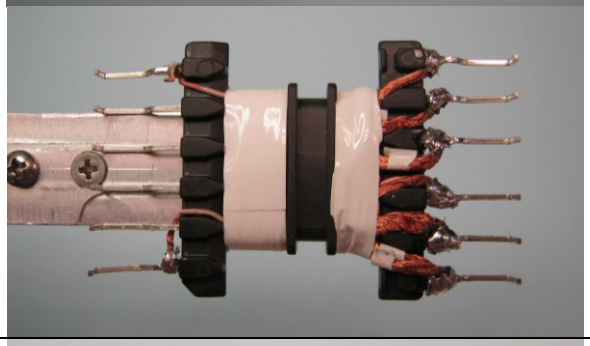
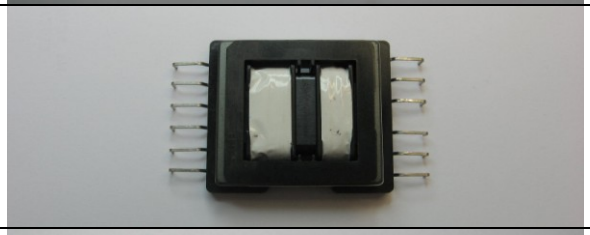
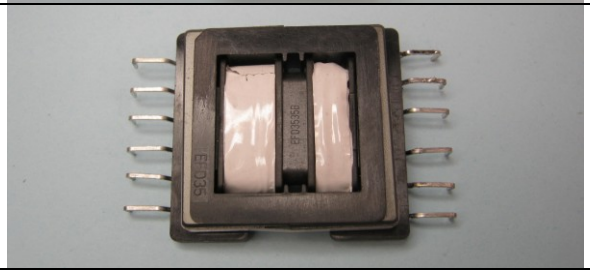
1 단계: **24V 2 차측 전선 준비**		길이 6.5"의 전선 항목 [7] 가닥 1 개를 준비하여 한쪽에는 주석 도금을 하고 양끝에 FL1, FL2 로 라벨을 부착합니다. 동일한 5" 전선 항목 [7]의 다른 가닥을 준비하고 한쪽에는 주석 도금을 하고 FL3, FL4 로 지정합니다. 이 두 개의 가닥을 나란히 배치한 후 약 ¾"의 오프셋을 두고 길이를 따라 25 회 정도 일정하게 꼬아 줍니다. 양쪽 가닥의 다른 끝은 주석 도금합니다. 아래 그림을 참조하십시오.
2 단계: **12V 2 차측 전선 준비**		길이 6"의 전선 항목 [8] 가닥 1 개를 준비하여 한쪽에는 주석 도금을 하고 양끝에 FL1, FL2 로 라벨을 부착합니다. 동일한 6.5" 전선 항목 [8]의 다른 가닥을 준비하고 한쪽에는 주석 도금을 하고 FL3, FL4 로 지정합니다. 이 두 개의 가닥을 나란히 배치한 후 약 ½"의 오프셋을 두고 길이를 따라 25 회 정도 일정하게 꼬아 줍니다. 양쪽 가닥의 다른 끝은 주석 도금합니다. 아래 그림을 참조하십시오.
보빈 준비		

Power Integrations
전화: +1 408 414 9200 팩스: +1 408 414 9201
www.powerint.com

WD1 **(1 차측)**		보빈 항목 [2]를 1 차측이 왼쪽으로 오도록 배치합니다. 왼쪽 보빈실에서 핀 1 부터 시작하여 피복된 리츠선 [6]을 34 회, 4 겹으로 감고 핀 6 에서 마무리합니다.
WD1 **(1 차측)** **(계속)**		테이프 [4]를 2 회 감아 권선을 고정합니다.

WD2A 및 WD2B (24V 2 차측)	 	1 단계에서 준비한 24V 피복되지 않은 리츠 어셈블리를 사용하여 보빈 [2]의 핀 7 에 있는 FL1 과 핀 11 에 있는 FL3 에서 시작합니다(그림 참조). 오른쪽 보빈실에서 권선을 2 회 타이트하게 감습니다. 보빈의 핀 12 에 있는 FL2 와 핀 8 에 있는 FL4 로 마무리합니다.
WD3A 및 WD3B (12V 2 차측)		2 단계에서 준비한 12V 의 피복되지 않은 리츠 어셈블리를 사용하여 보빈 [2]의 핀 12 에 있는 FL1 과 핀 10 에 있는 FL3 에서 시작합니다(그림 참조).

Power Integrations
전화: +1 408 414 9200 팩스: +1 408 414 9201
www.powerint.com

	 	오른쪽 보빈실에서 권선을 2 회 타이트하게 감습니다. 보빈의 핀 9 에 있는 FL2 와 핀 11 에 있는 FL4 로 마무리합니다.
보빈 커버		그림과 같이 보빈 커버 [3]을 권선된 보빈 위에 올려놓습니다. 커버가 제대로 장착되었는지 확인합니다.
마침		580μH ±10%의 임피던스를 확보하도록 코어 반쪽 [1]을 연마합니다. 코어 반쪽을 조립하고 고정합니다. [9]를 함침합니다.

8 트랜스포머 설계 스프레드시트

HiperLCS_062411; Rev.1.1; Copyright Power Integrations 2011	입력	정보	출력	단위	HiperLCS_062411_Rev1-1.xls; HiperLCS 하프 브리지, 연속 모드 LLC 공진형 컨버터 설계 스프레드시트
입력 파라미터 입력					
Vbulk_nom			380	V	정격 LLC 입력 전압
Vbrownout			280	V	브라운아웃(Brownout) 기준값 전압. 전압이 이 값 아래로 떨어지면 HiperLCS 가 셧다운됩니다. 허용되는 값은 Vbulk_nom 의 65%에서 76% 사이입니다. 최대 출력 유지 시간을 65%로 설정합니다
Vbrownin			353	V	벌크 커패시터의 스타트업 기준값
VOV_shut			465	V	벌크 전압의 OV 보호
VOV_restart			448	V	OV 보호 후 리스타트 전압
CBULK			86	uF	출력 유지 시간 기준을 충족하기 위한 벌크 커패시터의 최소값. 벌크 커패시터 값을 변경하려면 출력 유지 시간 및 Vbrownout 을 조정합니다
tHOLDUP			21.8	ms	벌크 커패시터 출력 유지 시간
LLC(2 차측) 출력 입력					**스프레드시트에서는 2 차측의 AC 적층을 가정합니다**
VO1	24.00		24.00	V	메인 출력 전압. 스프레드시트에서는 레귤레이션된 출력이라고 가정합니다
IO1	4.00		4.00	A	메인 출력 최대 전류
VD1			0.70	V	메인 출력의 다이오드 순방향 전압
PO1			96	W	1 차 LLC 출력의 출력 전력
VO2	12.00		12.00	V	2 차 출력 전압
IO2	2.40		2.40	A	2 차 출력 전류
VD2	0.50		0.50	V	2 차 출력의 다이오드 순방향 전압
PO2			28.80	W	2 차 LLC 출력의 출력 전력
P_LLC			125	W	지정된 LLC 출력 전력
LCS 디바이스 선택					
디바이스	자동		**LCS701**		LCS 디바이스
RDS-ON (MAX)			1.86	Ω	선택한 디바이스의 RDS-ON(최대)
Coss			187	pF	선택한 디바이스의 등가 Coss
Cpri			40	pF	1 차측 트랜스포머의 부유 커패시턴스
Pcond_loss			1.3	W	정격 라인 및 풀 부하의 전도성 손실
Tmax-hs			90	°C	최대 히트싱크 온도
Theta J-HS			9.5	°C/W	열 저항 정션-히트싱크(그리스 포함 및 절연체 제외)
예상 정션 온도			102	°C	예상 정션 온도
Ta max			50	°C	예상 최대 주변 온도
Theta HS-A			32	°C/W	필요한 열 저장 히트싱크-주변
LLC 공진 파라미터 및 트랜스포머 계산(빨간색 곡선 생성)					
Po			129	W	LLC 컨버터의 출력(다이오드 손실 포함)
Vo			24.70	V	트랜스포머 권선에서의 메인 출력(다이오드 전압 강하 포함)
f_target	200.00		200	kHz	PFC 및 LLC 의 필요한 풀 부하 스위칭 주파수. 66kHz-300kHz, 250kHz 권장
Lpar	5		476	uH	병렬 인덕턴스. (Lpar = Lopen - Lres(집적 트랜스포머), Lpar = Lmag(비집적 낮은 누설 트랜스포머))
Lpri	580.00		580	uH	집적 트랜스포머의 경우 1 차측 오픈 회로 인덕턴스, 낮은 누설 트랜스포머의 경우 1 차측 인덕턴스와 직렬 인덕터의 합계. 비어 있는 경우 자동 계산에서 ZVS 손실에 대해 필요한 값을 Vnom 의 80%로 표시합니다
Lres	104.00		104.0	uH	집적 트랜스포머의 직렬 인덕턴스 또는 1 차측 누설 인덕턴스, 비어 있는 경우 K=4 에 대해 자동 계산이 실행됩니다

Power Integrations
전화: +1 408 414 9200 팩스: +1 408 414 9201
www.powerint.com

Kratio			4.6		Lpar 과 Lres 의 비율. 2.1 < K < 11 이 되도록 K 값을 유지합니다. 기본 설정 Lres 는 K<7 입니다
Cres	6.20		6.2	nF	직렬 공진 커패시터. 빨간색 배경 셀에서 빨간색 그래프가 생성됩니다. Lpar, Lres, Cres 및 n_RATIO_red_graph 를 비워 두면 자동으로 계산됩니다
Lsec	8.100		8.100	uH	메인 출력 1 개 위상의 2 차측 인덕턴스. 값을 측정 및 입력하거나 f_predicted 가 측정된 것과 일치할 때까지 값을 조정합니다
m			48	%	누출 분산 요소(1 차측과 2 차측 사이). 99%는 누출이 대부분 1 차측에 있음을 나타냅니다
n_eq			7.67		LLC 등가 회로 이상적인 트랜스포머의 권선비
Npri	34.0		34.0		1 차측 권선 턴 수. 입력을 비워 두면 f_predicted = f_target 이 되도록 기본값이 자동 계산됩니다
Nsec	4.0		4.0		2 차측 턴 수(메인 출력의 각 위상). 기본값은 BAC<=200mT 를 유지할 것으로 예상됩니다
f_predicted			190	kHz	정격 입력 전압 및 풀 부하의 예상 주파수. n_Ratio 및 1 차측 턴 수의 영향을 크게 받습니다
f_res			198	kHz	직렬 공진 주파수(직렬 인덕턴스 Lres 및 C 로 정의)
f_brownout			132	kHz	스위칭 주파수(Vbrownout 및 풀 부하 시)
f_par			84	kHz	병렬 공진 주파수(Lpar+Lres 및 C 로 정의)
f_inversion			123	kHz	최소 주파수(Vbrownout 및 풀 부하 시). HiperLCS 최소 주파수를 이 값으로 설정합니다. 이 주파수 아래에서 동작하면 게인 반전 영역에서 동작하지 않게 됩니다
Vinversion			261	V	낮은 주파수 게인 반전 지점 전에 LLC 파워트레인의 최소 입력 전압. 최적 값은 동일한 Vbrownout 입니다
RMS 전류 및 전압					
IRMS_LLC_Primary			0.82	A	1 차측 권선 RMS 전류(풀 부하 및 정격 입력 전압(Vbulk) 시) 및 fnominal_actual
권선 1(낮은 2 차측 전압) RMS 전류			5.1	A	권선 1(낮은 2 차측 전압) RMS 전류
낮은 2 차측 커패시터 RMS 전류			2.0	A	낮은 2 차측 커패시터 RMS 전류
권선 2(높은 2 차측 전압) RMS 전류			1.9	A	권선 2(높은 2 차측 전압) RMS 전류
높은 2 차측 커패시터 RMS 전류			1.2	A	높은 2 차측 커패시터 RMS 전류
Cres_Vrms			111	V	공진 커패시터 AC RMS 전압(풀 부하 및 정격 입력 전압)
기준 트랜스포머 시험 - (파란색 곡선 생성)					
새로운 1 차측 턴 수			34.0		시험 트랜스포머 1 차측 턴 수. 기본값은 공진 섹션에서 가져옵니다
새로운 2 차측 턴 수			4.0		시험 트랜스포머 2 차측 턴 수. 기본값은 공진 섹션에서 가져옵니다
새 Lpri			580	uH	시험 트랜스포머 오픈 회로 인덕턴스. 기본값은 공진 섹션에서 가져옵니다
새 Cres			6.1	nF	직렬 커패시터의 시험 값(비워 두면 계산된 값이 선택되어 f_res = f_target)
새로운 예상 Lres			104.0	uH	시험 트랜스포머 예상 Lres
새로운 예상 Lpar			476	uH	시험 트랜스포머의 예산 Lpar 값
새로운 예상 Lsec			8.100	uH	2 차측 누설 인덕턴스의 예상 값
새 Kratio			4.6		시험 트랜스포머의 Lpar 과 Lres 의 비율
새로운 등가 회로 트랜스포머 권선비			7.67		예상 유효 트랜스포머 권선비
새로운 역 V 파워트레인			262	V	벌크 커패시터의 전압으로, 이 값보다 낮으면 ZVS 가 손실됨
f_res_trial			200	kHz	새로운 직렬 공진 주파수
f_predicted_trial			192	kHz	새로운 정격 동작 주파수

IRMS_LLC_Primary			0.82	A	1 차측 권선 RMS 전류(풀 부하 및 정격 입력 전압(Vbulk) 시) 및 f_predicted_trial
권선 1(낮은 2 차측 전압) RMS 전류			5.0	A	출력 1 권선을 통한 RMS 정류, 절반 사인파 파형으로 가정
낮은 2 차측 커패시터 RMS 전류			1.9	A	낮은 2 차측 커패시터 RMS 전류
권선 2(높은 2 차측 전압) RMS 전류			3.1	A	출력 2 권선을 통한 RMS 전류. 출력 1 권선은 출력 2 권선 위에 AC 적층한 것입니다
높은 2 차측 커패시터 RMS 전류			1.1	A	높은 2 차측 커패시터 RMS 전류
트랜스포머 코어 계산(공진 파라미터 섹션에서 계산)					
트랜스포머 코어			**EFD35/35B**		**트랜스포머 코어**
Ae	0.57		0.57	cm^2	트랜스포머 코어 단면적 입력
Ve	4.57		4.57	cm^3	코어 부피 입력
Aw	60.56		60.6	mm^2	체적
Bw	21.00		21.0	mm	총 보빈 폭
손실 밀도			200.0	mW/cm^3	스위칭 주파수 및 BAC 에서 단위 부피당 손실 입력(단위는 kW/m^3 와 동일)
MLT	5.10		5.1	cm	턴당 평균 길이
Nchambers			2		보빈 실 수
Wsep	7.00		7.0	mm	권선 격리판 거리(권선 영역이 손실됨)
전력 손실			0.9	W	예상 코어 손실
Bpkfmin			206	mT	최소 주파수에서 첫 번째 사분면 피크 자속 밀도
BAC			285	mT	AC 피크-피크 자속 밀도(f_predicted 에서 계산, 풀 부하의 Vbulk)
1 차측 권선					
Npri			34.0		1 차측 턴 수. LLC 공진 섹션에서 결정
1 차측 게이지	42		42	AWG	1 차측 권선에 사용된 개별 전선 가닥 게이지
등가 1 차측 미터법 전선 게이지			0.060	mm	등가 전선 지름(미터 단위)
1 차측 리츠 가닥 수	75		75		리츠선의 가닥 수. 리츠가 아닌 1 차측 권선의 경우 1 로 설정
1 차측 권선 배분 계수			50	%	1 차측 창 배분 계수 - 1 차측에 할당된 권선 공간의 백분율
AW_P			20	mm^2	1 차측의 권선 체적
필 팩터			60%	%	1 차측 권선의 % 필 팩터(일반적인 최대 필은 60%임)
Resistivity_25 C_Primary			79.06	m-ohm/m	저항률(미터당 milli-ohm)
1 차측 DCR 25C			137.08	m-ohm	25C 의 예상 저항
1 차측 DCR 100C			183.69	m-ohm	100C 에서의 예상 저항(25C 보다 약 33% 높음)
1 차측 RMS 전류			0.82	A	1 차측 권선을 통해 측정된 RMS 전류
ACR_Trf_Primary			293.91	m-ohm	측정된 AC 저항(100kHz, 실온), 100C 권선 온도에 가깝게 하기 위해 1.33 을 곱함
1 차측 구리 손실			0.20	W	85C 에서 총 1 차측 권선 구리 손실
2 차측 권선 1(낮은 2 차측 전압 또는 단일 출력)					**참조 - 전력 손실 계산은 2 차측의 각 권선 절반에 대해 수행됩니다**
출력 전압			12.00	V	출력 전압(AC 적층 권선을 가정)
2 차측 1 턴 수			2.00		2 차측 권선 턴 수(각 위상)
2 차측 1 RMS 전류(합계, AC+DC)			5.1	A	출력 1 권선을 통한 RMS 정류, 절반 사인파 파형으로 가정
권선 전류(DC 부품)			3.20	A	권선 전류의 DC 부품
권선 전류(AC RMS 부품)			3.96	A	권선 전류의 AC 부품
2 차측 1 전선 게이지			40	AWG	2 차측 권선에 사용된 개별 전선 가닥 게이지
등가 1 차측 2 미터법 전선 게이지			0.080	mm	등가 전선 지름(미터 단위)

Power Integrations
전화: +1 408 414 9200 팩스: +1 408 414 9201
www.powerint.com

2 차측 1 리츠 가닥	175		175		리츠선에 사용된 가닥 수. 리츠가 아닌 비집적 트랜스포머의 경우 1 로 설정
Resistivity_25 C_sec1			21.31	m-ohm/m	저항률(미터당 milli-ohm)
DCR_25C_Sec1			2.17	m-ohm	25C 에서 위상당 예상 저항(참조용)
DCR_100C_Sec1			2.91	m-ohm	100C 에서 위상당 예상 저항(25C 보다 약 33% 높음)
DCR_Ploss_Sec1			0.24	W	DC 저항으로 인한 예상 전력 손실(두 2 차측 위상 모두)
ACR_Sec1			4.66	m-ohm	측정된 위상당 AC 저항(100kHz, 실온), 100C 권선 온도에 가깝게 하기 위해 1.33 을 곱함. ACR 의 기본값은 100C 에서 DCR 값의 두 배입니다
ACR_Ploss_Sec1			0.15	W	예상 AC 구리 손실(두 2 차측 위상 모두)
총 권선 1 구리 손실			0.38	W	두 2 차측 위상에 대한 총(AC+DC) 권선 구리 손실
커패시터 RMS 전류			1.2	A	출력 커패시터 RMS 전류
Co1			5.4	uF	2 차측 1 출력 커패시터
커패시터 리플 전압			3.0	%	2 차측 1 출력 커패시터의 피크-피크 리플 전압
출력 정류기 RMS 전류			1.9	A	쇼트키 손실은 부하 DC 전류와 크게 관련이 있고 동기 정류기 손실은 RMS 전류와 관련이 있습니다
2 차측 권선 2(높은 2 차측 전압)					**참조 - 전력 손실 계산은 2 차측의 각 권선 절반에 대해 수행됩니다**
출력 전압			24.00	V	출력 전압(AC 적층 권선을 가정)
2 차측 2 턴 수			2.00		2 차측 권선 턴 수(각 위상) 2 차측 권선 1 위에 적층된 AC
2 차측 2 RMS 전류(합계, AC+DC)			3.2	A	출력 2 권선을 통한 RMS 전류. 출력 1 권선은 출력 2 권선 위에 AC 적층한 것입니다
권선 전류(DC 부품)			2.0	A	권선 전류의 DC 부품
권선 전류(AC RMS 부품)			2.5	A	권선 전류의 AC 부품
2 차측 2 전선 게이지			40	AWG	2 차측 권선에 사용된 개별 전선 가닥 게이지
등가 2 차측 2 미터법 전선 게이지			0.080	mm	등가 전선 지름(미터 단위)
2 차측 2 리츠 가닥	125		125		리츠선에 사용된 가닥 수. 리츠가 아닌 비집적 트랜스포머의 경우 1 로 설정
Resistivity_25 C_sec2			29.83	m-ohm/m	저항률(미터당 milli-ohm)
트랜스포머 2 차측 MLT			5.10	cm	턴당 평균 길이
DCR_25C_Sec2			3.04	m-ohm	25C 에서 위상당 예상 저항(참조용)
DCR_100C_Sec2			4.08	m-ohm	100C 에서 위상당 예상 저항(25C 보다 약 33% 높음)
DCR_Ploss_Sec1			0.05	W	DC 저항으로 인한 예상 전력 손실(두 2 차측 절반 모두)
ACR_Sec2			6.52	m-ohm	측정된 위상당 AC 저항(100kHz, 실온), 100C 권선 온도에 가깝게 하기 위해 1.33 을 곱함. ACR 의 기본값은 100C 에서 DCR 값의 두 배입니다
ACR_Ploss_Sec2			0.08	W	예상 AC 구리 손실(두 2 차측 절반 모두)
총 권선 2 구리 손실			0.13	W	두 2 차측 절반에 대한 총(AC+DC) 권선 구리 손실
커패시터 RMS 전류			2.0	A	출력 커패시터 RMS 전류
Co2			4.5	uF	2 차측 2 출력 커패시터
커패시터 리플 전압			3.0	%	2 차측 1 출력 커패시터의 피크-피크 리플 전압
출력 정류기 RMS 전류			3.2	A	쇼트키 손실은 부하 DC 전류와 크게 관련이 있고 동기 정류기 손실은 RMS 전류와 관련이 있습니다
트랜스포머 손실 계산					**갭의 프린징 자속 손실을 포함하지 않음**
1 차측 구리 손실(1 차측 섹션에서)			0.20	W	85C 에서 총 1 차측 권선 구리 손실
2 차측 구리 손실			0.51	W	2 차측 권선의 총 구리 손실
트랜스포머 총 구리 손실			0.71	W	트랜스포머의 총 구리 손실(1 차측+2 차측)
AW_S			20.19	mm^2	2 차측 권선의 체적
2 차측 필 팩터			50%	%	2 차측 권선의 % 필 팩터. 일반적으로 최대 필은 60%(피복된 리츠) 및 75%(피복되지 않은 리츠)입니다

신호 핀 저항 값					
데드 타임	350		350	ns	데드 타임
버스트 모드	**1**		**1**		버스트 모드 선택: 1, 2 및 3 은 히스테리시스를 가지며 주파수 기준값이 서로 다릅니다
f_max			774	kHz	최대 내부 클럭 주파수(데드 타임 설정에 따라 다름). 스타트업 주파수이기도 합니다
f_burst_start			347.1	kHz	버스트 모드의 하위 기준 주파수, 히스테리시스 제공. 버스트 오프 기간 후 리스타트 시의 스위칭 주파수입니다
f_burst_stop			396.6	kHz	버스트 모드의 상위 기준 주파수. 버스트 오프 기간이 중지되는 스위칭 주파수입니다
DT/BF 핀 상단 분배기 저항			7.62	k-ohms	DT/BF 핀과 VREF 핀 사이의 저항
DT/BF 핀 하단 분배기 저장			144.9	k-ohms	DT/BF 핀과 G 핀 사이의 저항
스타트 저항			6.50	k-ohms	스타트업 저항 - 소프트 스타트 커패시터와의 직렬 저항. 스타트업 시 FB 에서 VREF 핀 사이의 저항에 해당. 추가 스타트업 지연을 원하지 않는 경우 기본값을 사용합니다
스타트업 지연			0.0	ms	스타트업 지연. 스위칭이 시작되기 전의 지연. 지연을 늘리려면 R_START 를 줄입니다
Rfmin			50.9	k-ohms	VREF 핀과 FB 핀 사이의 저항, 최소 동작 주파수로 설정. 이 저항과 Rstart 를 더하여 f_MIN 결정
C_softstart			0.33	uF	소프트 스타트 커패시터. 권장하는 값은 0.1uF 와 0.47uF 사이입니다
Ropto			1.3	k-ohms	옵토 이미터와의 직렬 저항
OV/UV 핀 하단 저항			22.0	k-ohm	OV/UV 핀 분배기의 하단 저항
OV/UV 핀 상단 저항			3.21	M-ohm	OV/UV 핀 분배기의 총 상단 저항
LLC 용량성 분배기 전류 센싱 회로					
느린 전류 제한			2.30	A	8 사이클 전류 제한 - 브라운아웃 및 스타트업 동안 양의 하프 사이클 확인
빠른 전류 제한			4.14	A	1 사이클 전류 제한 - 스타트업 동안 양의 하프 사이클 확인
LLC 센싱 커패시터			47	pF	HV 센싱 커패시터, 메인 공진 커패시터와의 전류 분배기 형성
RLLC 센싱 저항			28.9	Ω	LLC 전류 센싱 저항, 센싱 커패시터의 전류 감지
IS 핀 전류 제한 저항			220	Ω	센싱 R 의 전압이 -0.5V 보다 작을 때 센싱 저항에서 IS 핀 사이의 전류 제한
IS 핀 노이즈 필터 커패시터			1.0	nF	IS 핀 바이패스 커패시터. IS 핀 전류 제한 커패시터와의 극점 형성
IS 핀 노이즈 필터 극점 주파수			724	kHz	이 극점은 IS 핀 신호를 감쇠시킵니다
손실 예산					
LCS 디바이스 전도성 손실			1.3	W	정격 라인 및 풀 부하의 전도성 손실
출력 다이오드 손실			2.8	W	예상 다이오드 손실
트랜스포머 예상 총 구리 손실			0.71	W	트랜스포머의 총 구리 손실(1 차측+2 차측)
트랜스포머 예상 총 코어 손실			0.9	W	예상 코어 손실
총 트랜스포머 손실			1.6	W	총 트랜스포머 손실
총 예상 손실			5.7	W	LLC 스테이지의 총 손실
예상 효율			96%	%	예상 효율
핀			130	W	LLC 입력 전력

Power Integrations
전화: +1 408 414 9200 팩스: +1 408 414 9201
www.powerint.com

2 차측 턴 수 및 전압 위치 조정 계산기					2 차측 턴 수를 선택하는 데 유용 - 출력은 스프레드시트의 다른 부분과 연결되지 않음
V1			24.00	V	대상 레귤레이션된 출력 전압 Vo1. 슬레이브 출력에 미치는 영향을 확인하려면 변경
V1d1			0.70	V	Vo1 에 대한 다이오드 강하 전압
N1			4.00		Vo1 에 대한 총 턴 수
V1_Actaul			24.00	V	예상 출력
V2			12.00	V	목표 출력 전압 Vo2
V2d2			0.50	V	Vo2 에 대한 다이오드 강하 전압
N2			2.00		Vo2 에 대한 총 턴 수
V2_Actual			11.85	V	예상 출력 전압
별개의 직렬 인덕터(비집적 트랜스포머에만 해당)					집적 마그네틱을 사용할 경우 적용되지 않음 - 스프레드시트의 다른 부분과 연결되지 않음
Lsep			104.00	uH	원하는 개별 인덕터의 인덕턴스
Ae_Ind			0.53	cm^2	인덕터 코어 단면적
인덕터 턴 수			16		1 차측 턴 수
BP_fnom			153	mT	코어 손실 계산을 위한 AC 자속(f_predicted 및 풀 부하에서)
예상 피크 1 차측 전류			2.3	A	예상 피크 1 차측 전류
BP_fmin			285	mT	피크 자속 밀도, 최소 주파수 fmin 에서 계산
인덕터 리츠 게이지			43	AWG	1 차측 권선에 사용된 개별 전선 가닥 게이지
등가 인덕터 미터법 전선 게이지			0.055	mm	등가 전선 지름(미터 단위)
인덕터 리츠 가닥			125		리츠선에 사용된 가닥 수
인덕터 병렬 전선			1		리츠선을 구성하는 병렬 개별 전선 수
Resistivity_25 C_Sep_Ind			59.8	m-ohm/m	저항률(미터당 milli-ohm)
인덕터 MLT			7.00	cm	턴당 평균 길이
인덕터 DCR 25C			67.0	m-ohm	25C 에서의 예상 저항(참조용)
인덕터 DCR 100C			89.8	m-ohm	100C 에서의 예상 저항(25C 보다 약 33% 높음)
ACR_Sep_Inductor			143.6	m-ohm	측정된 AC 저항(100kHz, 실온), 100C 권선 온도에 가깝게 하기 위해 1.33 을 곱함
인덕터 구리 손실			0.10	W	85C 에서 총 1 차측 권선 구리 손실

9 출력 인덕터 사양

9.1 전기적 구성도

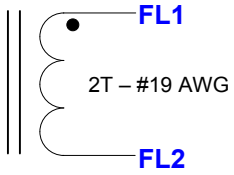


그림 8 – 인덕터 전기적 구성도

9.2 전기적 사양

인덕턴스	핀 FL1-FL2, 다른 모든 권선이 오픈된 상태, 100kHz, $0.4V_{RMS}$ 에서 측정	150nH ±15%

9.3 재료 목록

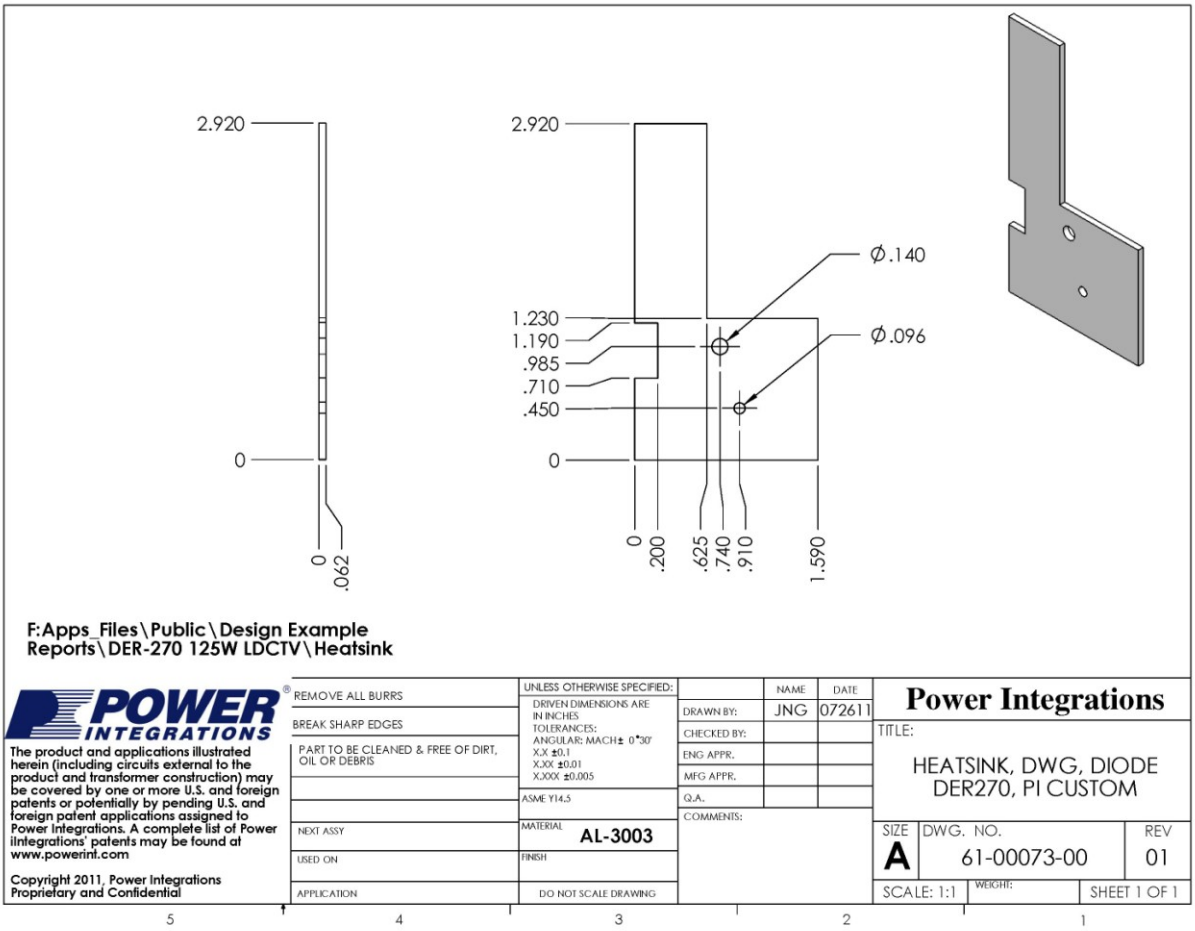
항목	설명
[1]	분말 철 트로이드 코어: Micrometals T30-26
[2]	마그넷 와이어: 19AWG, 납땜 가능한 이중 도포

Power Integrations
전화: +1 408 414 9200 팩스: +1 408 414 9201
www.powerint.com

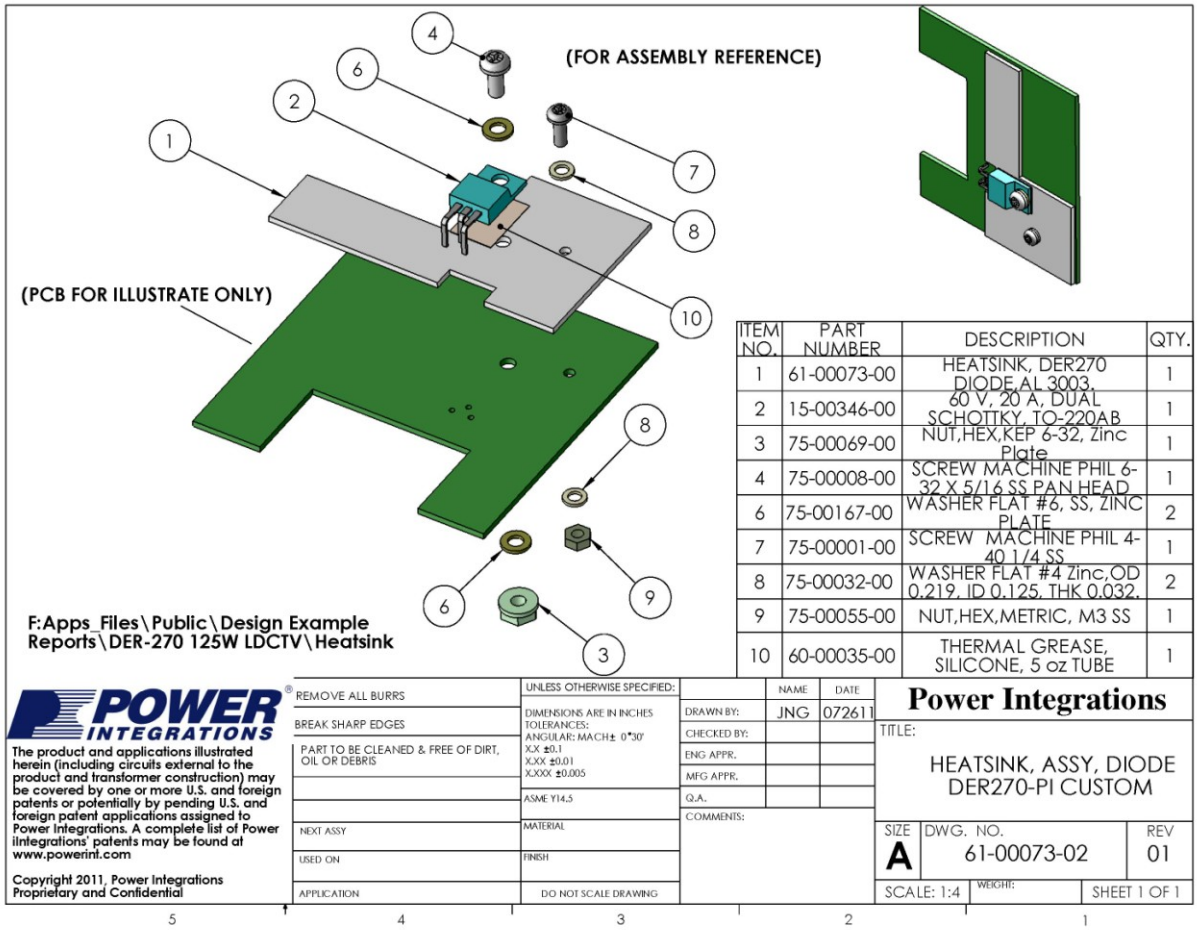
10 히트싱크 어셈블리

10.1 다이오드 히트싱크

10.1.1 다이오드 히트싱크 도면



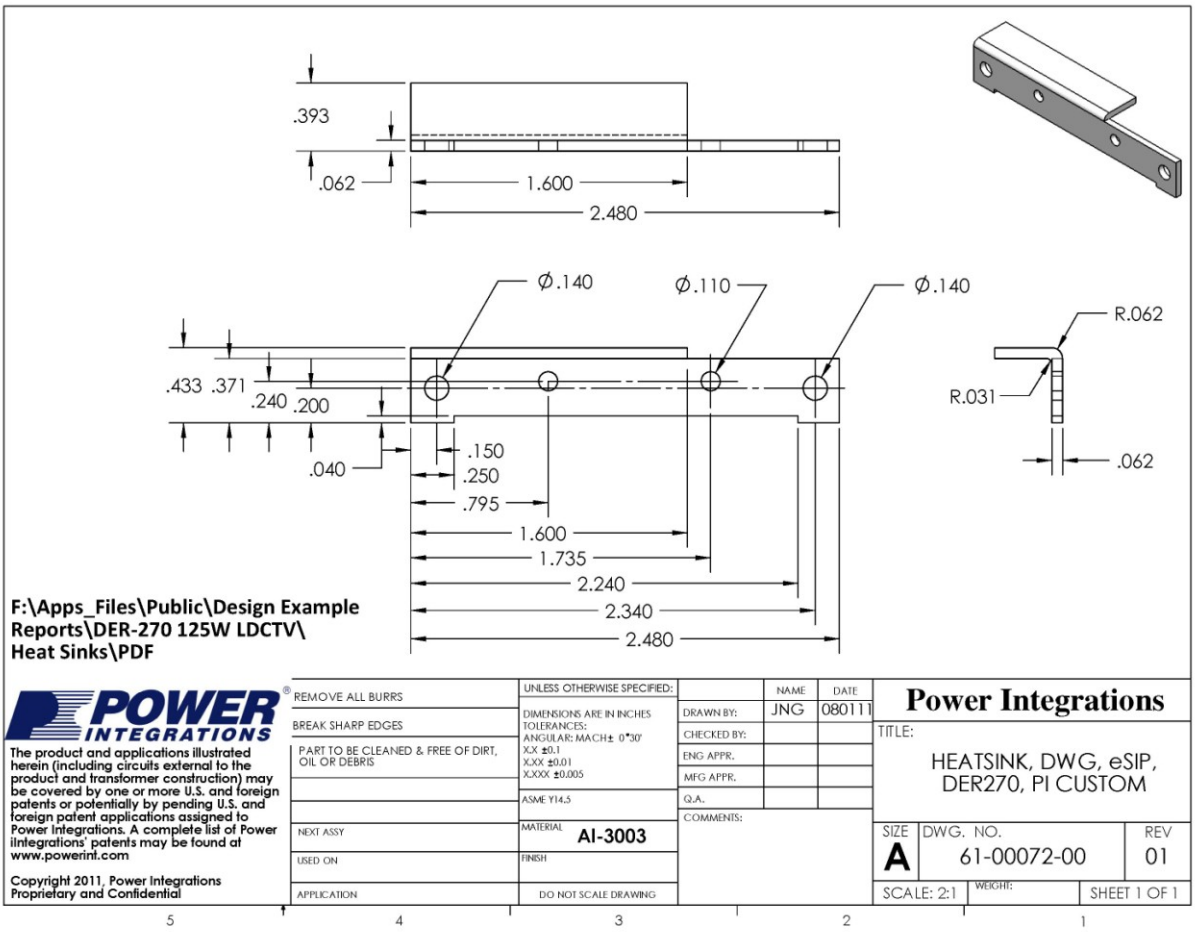
10.1.2 다이오드 히트싱크 어셈블리 도면



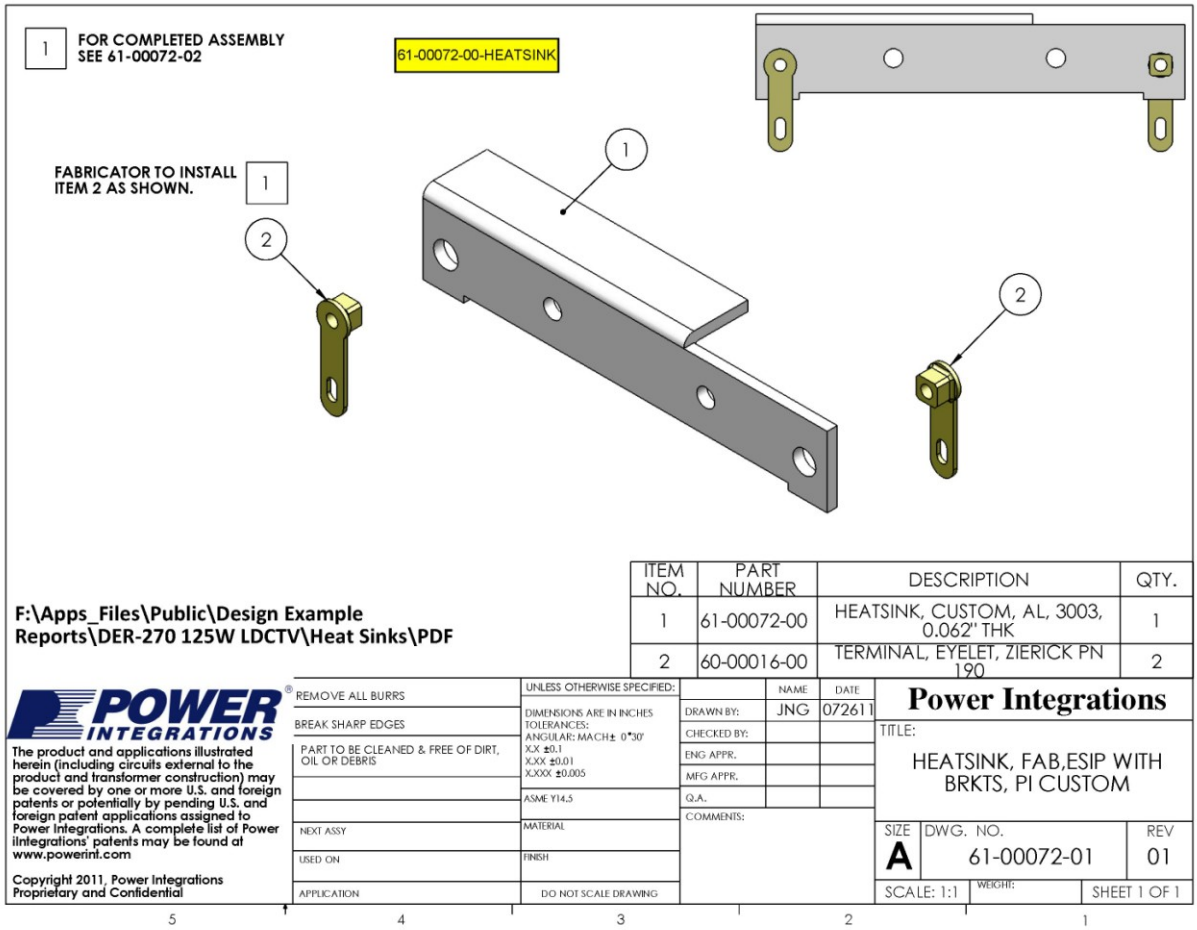
Power Integrations
전화: +1 408 414 9200 팩스: +1 408 414 9201
www.powerint.com

10.2 HiperLCS 히트싱크

10.2.1 HiperLCS 히트싱크 도면

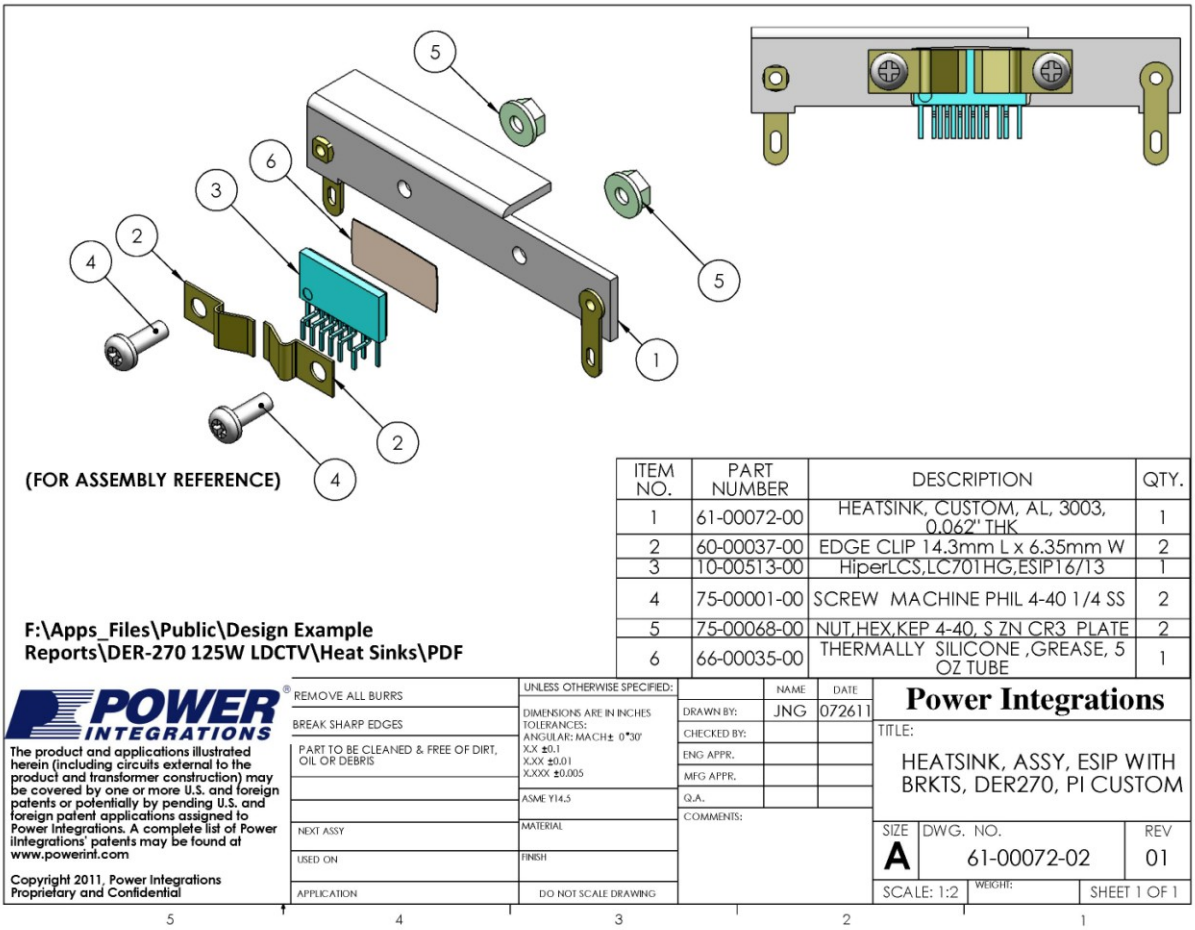


10.2.2 HiperLCS 히트싱크 제작 어셈블리 도면



Power Integrations
전화: +1 408 414 9200 팩스: +1 408 414 9201
www.powerint.com

10.2.3 HiperLCS 및 히트싱크 어셈블리 도면



11 성능 데이터

11.1 효율성 – 100%, 50%, 20%, 10% 부하

11.1.1 효율성 데이터

P_{IN}	V_{OUT1}	I_{OUT1}	V_{OUT2}	I_{OUT2}	P_{OUT}	효율성(%)
133	24.12	4	12.02	2.4	125.328	94.23
66.8	24.17	2	12.02	1.2	62.764	93.96
28.59	24.19	0.8	12.02	0.48	25.1216	87.87
15.46	24.19	0.4	12.02	0.24	12.5608	81.25
8.86	24.19	0.2	12.01	0.12	6.2792	70.87
5.01	24.21	0.08	12.02	0.05	2.5378	50.65
3.52	24.17	0.04	12.02	0.02	1.2072	34.30
0.326	24.86	0	11.98	0	0	

11.2 출력 크로스 레귤레이션

아래 표시된 데이터를 얻기 위해 한쪽 출력은 풀 부하로 조정하고, 다른 쪽 출력은 최대 총 출력 전력을 125W 로 유지하면서 무부하와 풀 부하 사이에서 다양하게 변경했습니다.

11.2.1 크로스 레귤레이션 데이터

크로스 레귤레이션 1				크로스 레귤레이션 2			
V_{OUT1}	I_{OUT1}	V_{OUT2}	I_{OUT2}	V_{OUT1}	I_{OUT1}	V_{OUT2}	I_{OUT2}
24.14	4	12.01	2.4	24.14	4	12.01	2.4
24.25	2	12	2.4	24.09	4	12.03	1.5
24.31	1	11.99	2.4	24.05	4	12.04	1
24.37	0.5	11.99	2.4	24	4	12.04	0.5
24.41	0.25	11.98	2.4	23.94	4	12.05	0.2
24.46	0.1	11.98	2.4	23.9	4	12.06	0.1
24.49	0.05	11.97	2.4	23.85	4	12.06	0.05
24.55	0.02	11.97	2.4	23.8	4	12.07	0.02
24.57	0.01	11.96	2.4	23.78	4	12.07	0.01
24.8	0	11.94	2.4	20.32	4	12.45	0

11.3 벌크 전압 스타트 및 셧다운

11.3.1 벌크 전압 스타트 및 셧다운 데이터(풀 부하)

VCC 입력에 +12VDC 를 적용한 경우 스타트업 전압은 356VDC 이고, 출력 셧다운은 283VDC 에서 발생했습니다.

Power Integrations
전화: +1 408 414 9200 팩스: +1 408 414 9201
www.powerint.com

12 파형

12.1 하프 브리지 전압 및 전류, 정상 동작

380VDC 입력에서 측정했습니다.

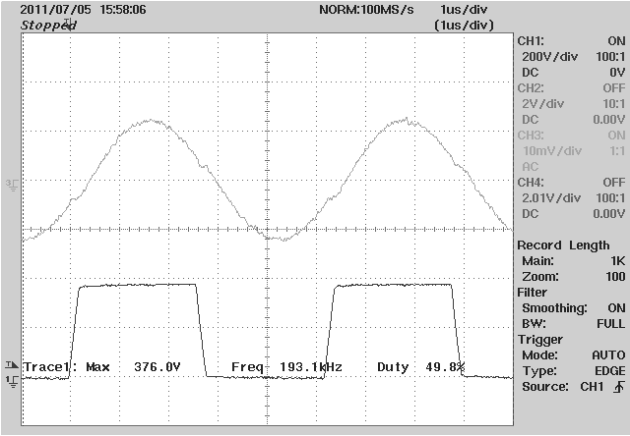


그림 9 – 1 차측 V_{IN}, 풀 부하.
위: 1 차측 전류, 1A/div
아래: 1 차측 전압, 100V, 2μs/div

12.2 출력 전압 스타트업 프로파일

그림 10-14 는 패시브 저항 부하를 사용하여 작성했습니다.

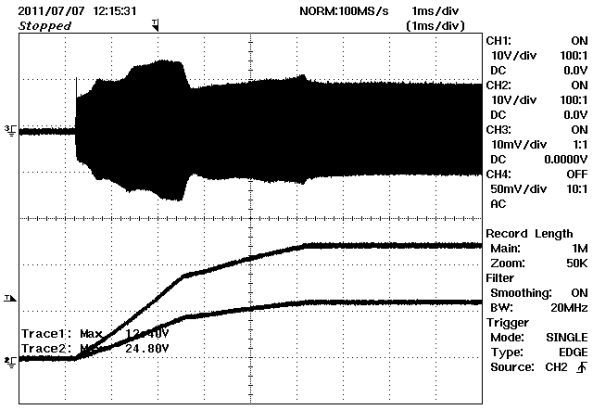


그림 10 – 풀 부하 스타트업, 저항 부하.
위: 1 차측 전류, 1A/div
아래: 출력 전압 10V, 2ms/div

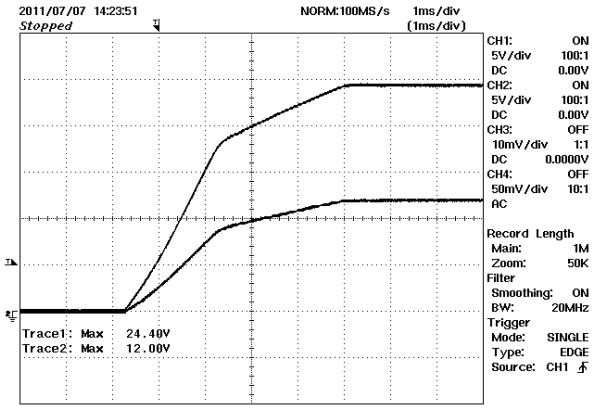


그림 11 – 스타트업 시 무부하 출력 전압, 5V, 1ms/div

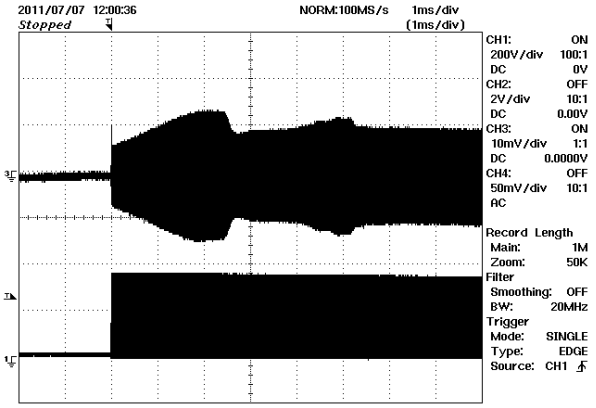


그림 12 – 풀 부하 스타트업, 저항 부하.
위: 1 차측 전류, 1A/div
아래: 1 차측 전압, 200V, 1ms/div

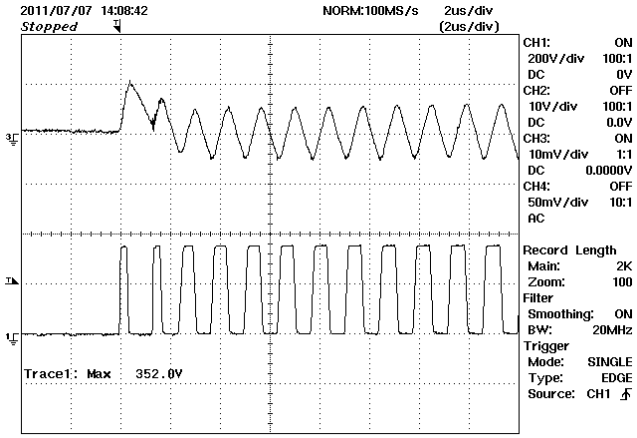


그림 13 – 초기 전류 스파이크를 보여 주는 풀 부하 스타트업, 저항 부하.
위: 1 차측 전류, 1A/div
아래: 1 차측 전압, 200 V, 2μs/div

Power Integrations
전화: +1 408 414 9200 팩스: +1 408 414 9201
www.powerint.com

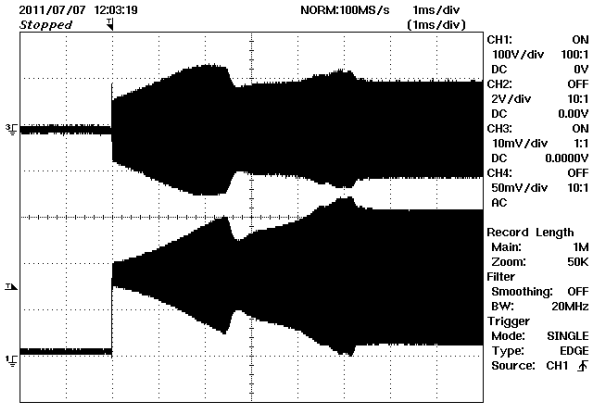


그림 14 – 풀 부하 스타트업, 저항 부하
위: 1 차측 전류, 1A/div
아래: 공진형 커패시터 전압, 100V, 1ms/div

12.3 출력 브라운아웃

그림 15-17 은 입력 전압 서플라이를 끄고 1 차측 전류 상승 시 오실로스코프를 트리거하여 작성했습니다.

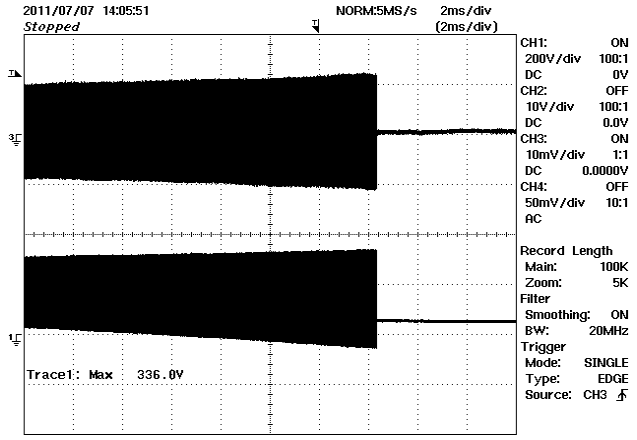


그림 15 – 출력 브라운아웃.
위: 1 차측 전류, 2A/div
아래: 1 차측 전압, 200V, 2ms/div

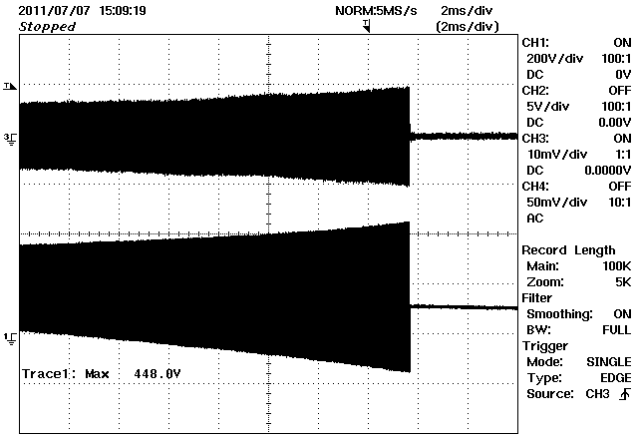


그림 16 – 출력 브라운아웃.
위: 1 차측 전류, 2A/div
아래: 공진형 커패시터 전압, 200V, 2ms/div

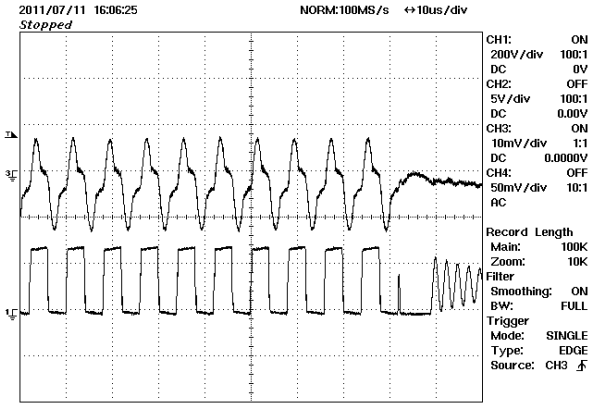


그림 17 – 출력 브라운아웃.
위: 1 차측 전류, 2A/div
아래: 1 차측 전압, 200V, 10μs/div
셧다운 전 최소 주파수 약 125kHz

12.4 출력 다이오드 피크 역 전압

다음 파형은 풀 부하 및 380/420VDC 입력에서 측정했습니다.

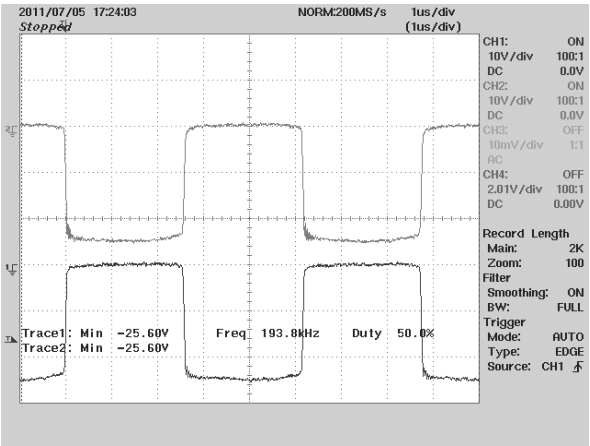


그림 18 – 12V 출력 다이오드 피크 역 전압, 380VDC 입력, 10V, 1μs/div

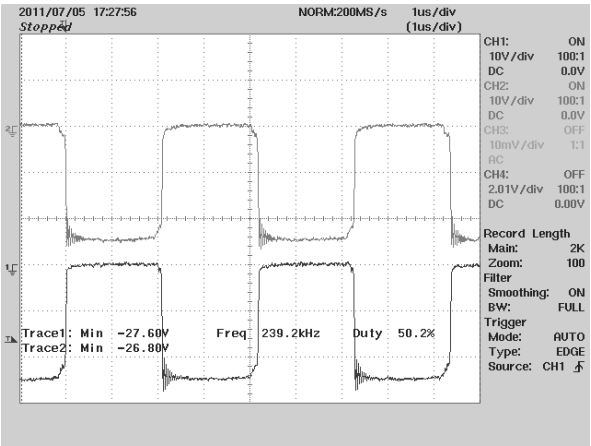


그림 19 – 12V 출력 다이오드 피크 역 전압, 420VDC 입력, 10V, 1μs/div

Power Integrations
전화: +1 408 414 9200 팩스: +1 408 414 9201
www.powerint.com

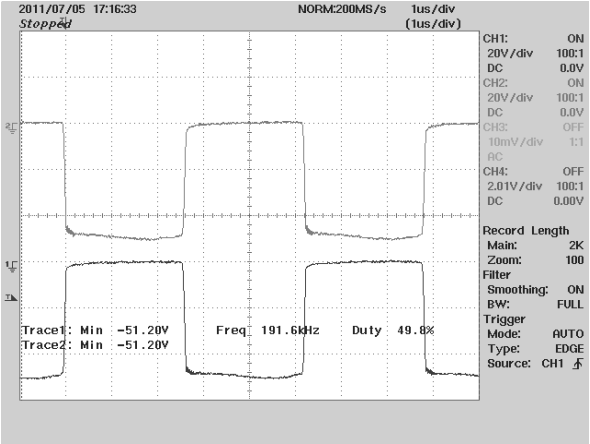


그림 20 – 24 V 출력 다이오드 피크 역 전압, 380VDC 입력, 20 V, 1μs/div

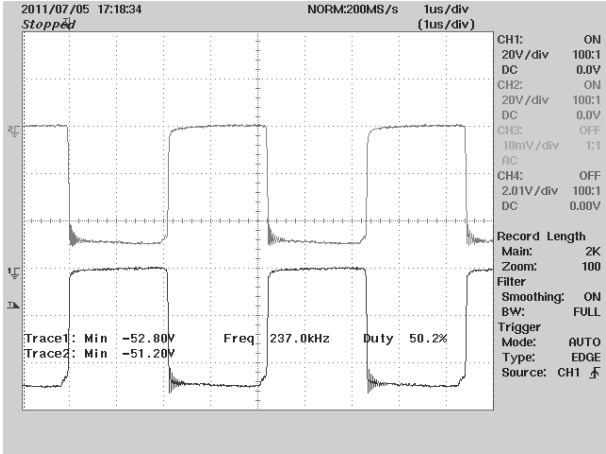


그림 21 – 출력 다이오드 피크 역 전압, 420VDC 입력, 20V, 1μs/div

12.5 단락 회로

아래 표시된 테스트의 경우 125W 부하, 380VDC 입력에서 서플라이 출력이 수은 변위 릴레이로 단락되었습니다. 전류 상승 시 오실로스코프가 트리거되도록 설정되었습니다.

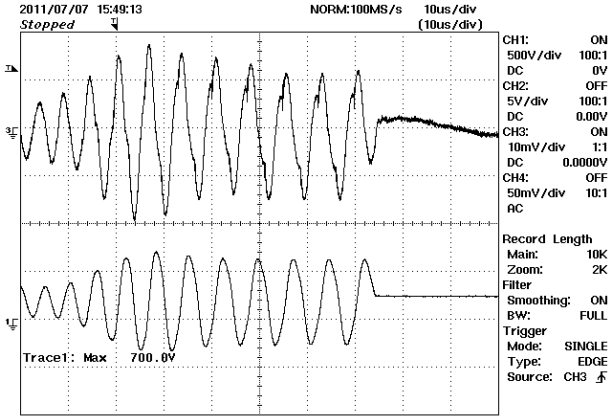


그림 22 – 12V 출력 단락 중 1 차측 파형.
위: 1 차측 전류, 2A/div
아래: 공진형 커패시터 전압,
500V, 10μs/div

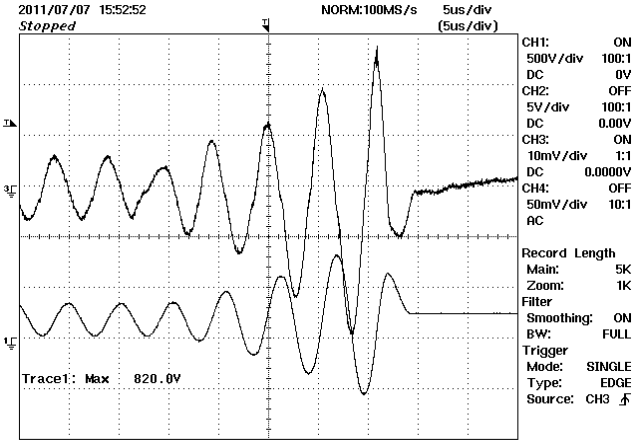


그림 23 – 24V 출력 단락 중 1 차측 파형.
위: 1 차측 전류, 2A/div
아래: 공진형 커패시터 전압,
500V, 5μs/div

12.6 출력 리플 측정

12.6.1 리플 측정 기술

DC 출력 리플 측정의 경우 픽업으로 인한 가짜 신호를 줄이기 위해 개조된 오실로스코프 테스트 프로브를 활용해야 합니다. 프로브 개조에 대한 자세한 내용은 아래 그림에 나와 있습니다.

4987BA 프로브 어댑터는 프로브 끝에 병렬로 연결된 두 커패시터에 연결됩니다. 커패시터는 0.1µF/50V 세라믹 유형 1 개와 1.0µF/50V 알루미늄 전해 유형 1 개 입니다. 알루미늄 전해 유형 커패시터는 극성이 있으므로 DC 출력 간에 적절한 극성을 유지해야 합니다(아래 참조).

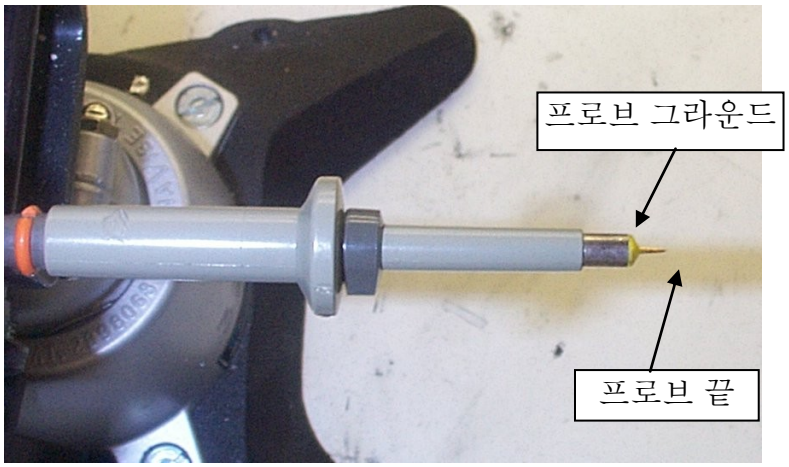


그림 24 – 리플 측정을 위해 오실로스코프 프로브 준비(끝 캡과 그라운드 리드 제거)

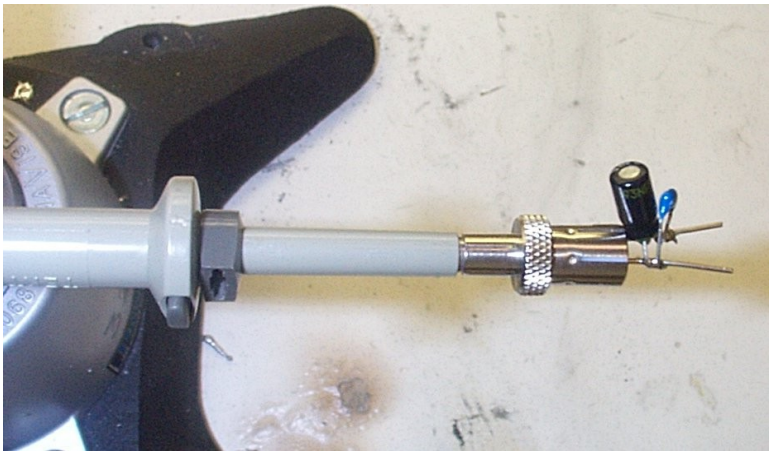


그림 25 – 프로브 마스터(www.probemaster.com) 4987A BNC 어댑터가 있는 오실로스코프 프로브(리플 측정을 위해 전선으로 개조, 두 개의 병렬 디커플링 커패시터 추가)

Power Integrations
전화: +1 408 414 9200 팩스: +1 408 414 9201
www.powerint.com

12.6.2 출력 리플 측정 결과

아래 그림은 애플리케이션에서 일반적으로 발생하지 않는 조건으로, 무부하 상태의 두 출력에서의 출력 동작을 보여 줍니다. 두 출력이 모두 부하가 없는 경우 서플라이는 버스트 모드로 실행되어 레귤레이션을 유지합니다. LCS 디바이스의 버스트 모드는 이러한 용도로 최적화되어 있으므로 효율을 위해 최적화된 경우 서플라이가 무부하 및 정격 입력 전압에서 버스트 모드로 전환될 수 없어 낮은 무부하 소비 전력에는 적용될 수 없습니다.

각 버스트 기간 시작 시 초기 스파이크는 버스트 사이클 간의 비활동 시간에 1 차측 공진형 커패시터 방전으로 발생합니다. 이 스파이크는 버스트 모드에서 동작 중인 모든 LLC 컨버터에서 발생합니다. 필요한 경우 낮은 ESR 을 포함하는 필터 커패시터(C16)를 사용하여 그림 28 의 12V 전압 스파이크를 줄일 수 있습니다.

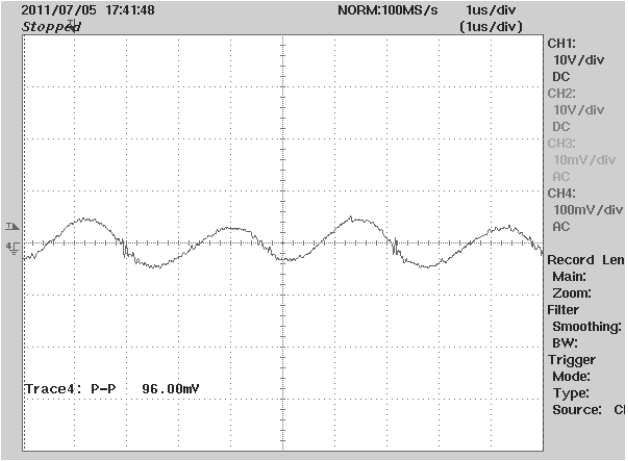


그림 26 – 12V 리플, 380VDC 입력, 100% 부하.
출력 리플 전압, 100mV/div 1μs/div

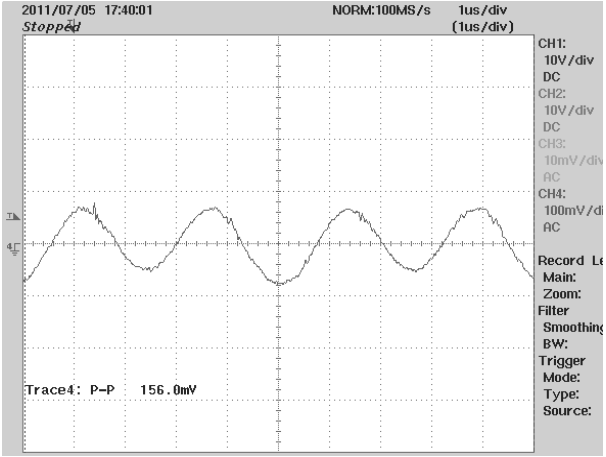


그림 27 – 24 V 리플, 380VDC 입력, 100% 부하.
출력 리플 전압, 100mV/div 1μs/div

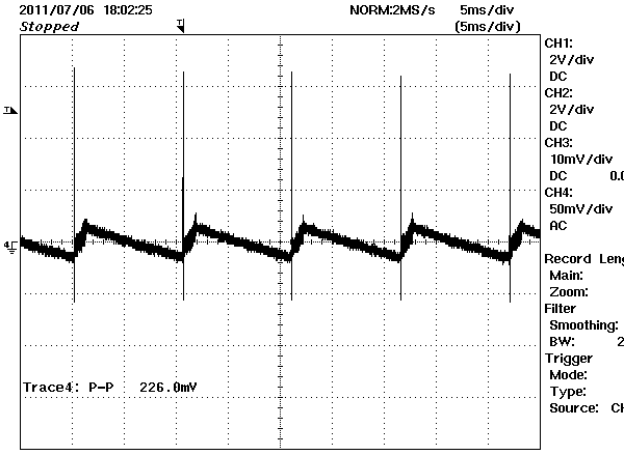


그림 28 – 12V 출력 리플 전압, 무부하 시 두 출력, 50mV/div, 5ms/div 파워 서플라이가 버스트 모드임

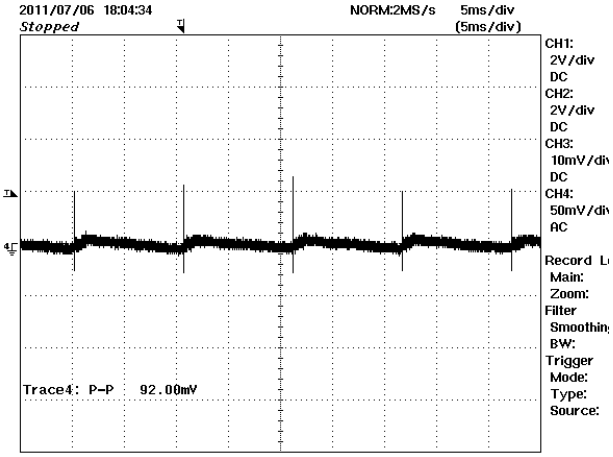


그림 29 – 24V 출력 리플 전압, 무부하 시 두 출력, 50mV/div, 5ms/div 파워 서플라이가 버스트 모드임

Power Integrations
전화: +1 408 414 9200 팩스: +1 408 414 9201
www.powerint.com

12.7 출력 부하 단계 응답

아래 그림의 경우 측정 오실로스코프가 평균 모드로 설정되어 출력 전류 단계의 상승 엣지에서 트리거됩니다. 평균 모드는 출력 리플의 평균을 냅니다. 그렇지 않으면 과도 응답이 표시되지 않을 수 있습니다.

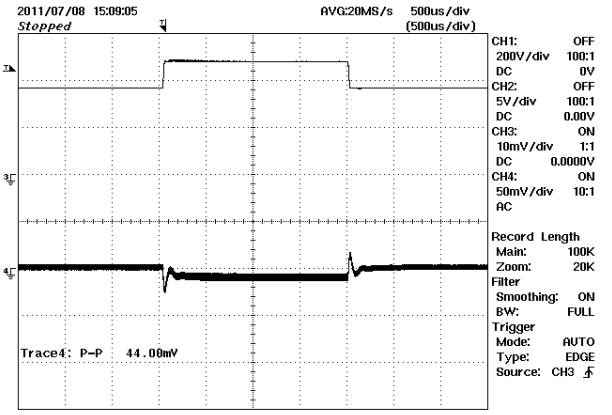


그림 30 – 12V 출력 부하 단계 응답.
12V 출력에서 75%-100%-75% 부하 단계.
위: 12V 부하 전류, 2A/div
아래: 12V 출력 응답, 50mV, 500μs/div

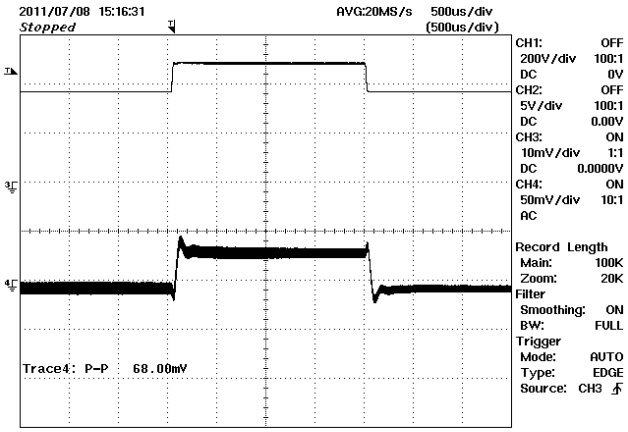


그림 31 – 24 V 출력 부하 단계 응답.
12V 출력에서 75%-100%-75% 부하 단계.
위: 12V 부하 전류, 2A/div
아래: 24 V 출력 응답, 500 mV, 500μs/div

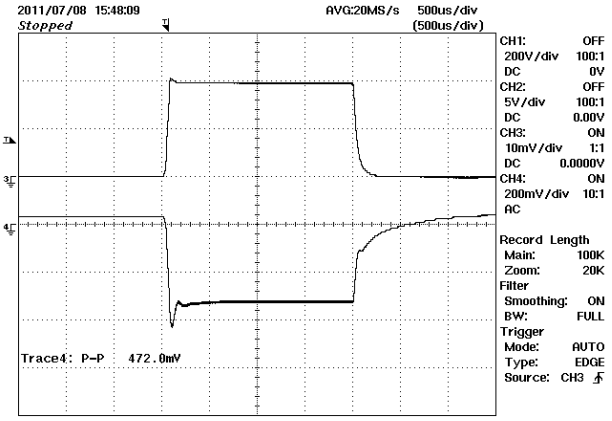


그림 32 – 24 V 출력 부하 단계 응답.
24V 출력에서 1%-100%-1% 부하 단계.
위: 24V 부하 전류, 2A/div
아래: 24V 출력 응답, 200mV, 500μs/div

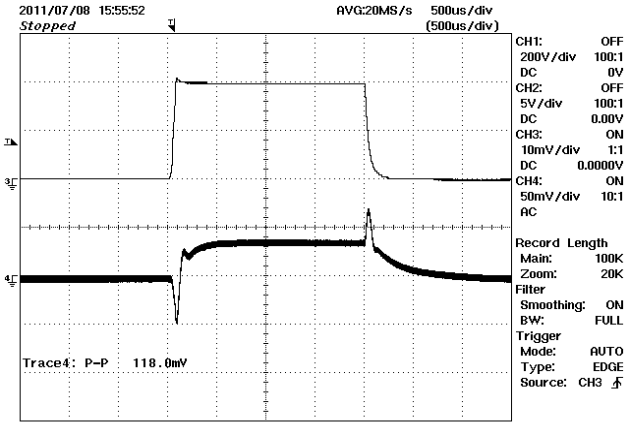


그림 33 – 12V 출력 부하 단계 응답.
24V 출력에서 1%-100%-1% 부하 단계.
위: 24 V 부하 전류, 2A/div
아래: 12V 출력 응답, 50mV, 500μs/div

13 써멀 측정

13.1 조건: 380VDC, 풀 부하, 1 시간 동안 가동

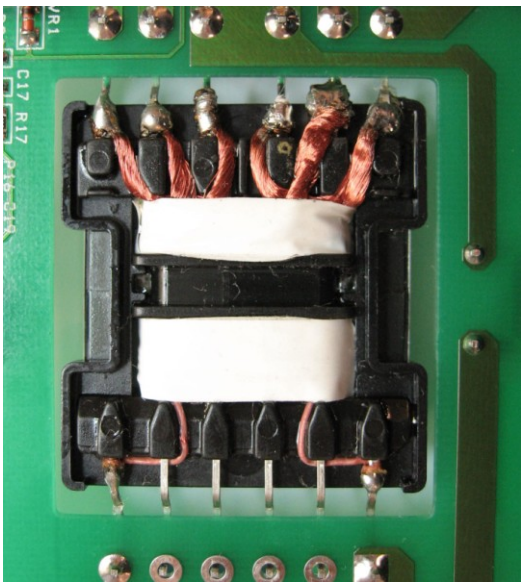


그림 34 – 트랜스포머(T1).
실제 사진 Bottom 면.

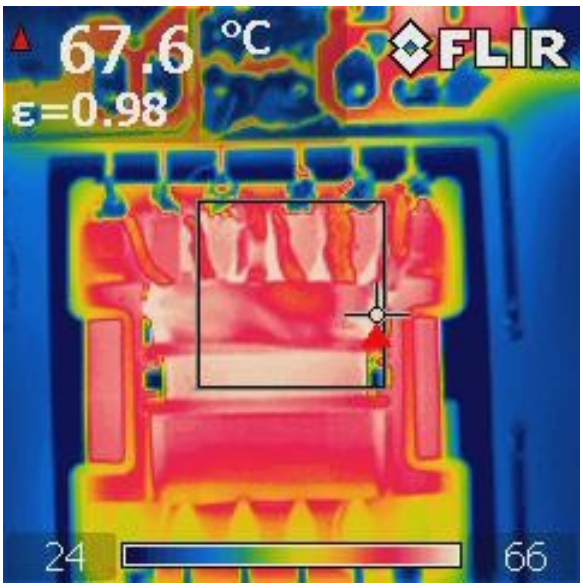


그림 34 – 트랜스포머(T1).
써멀 Bottom 면, 풀 부하, 실온.

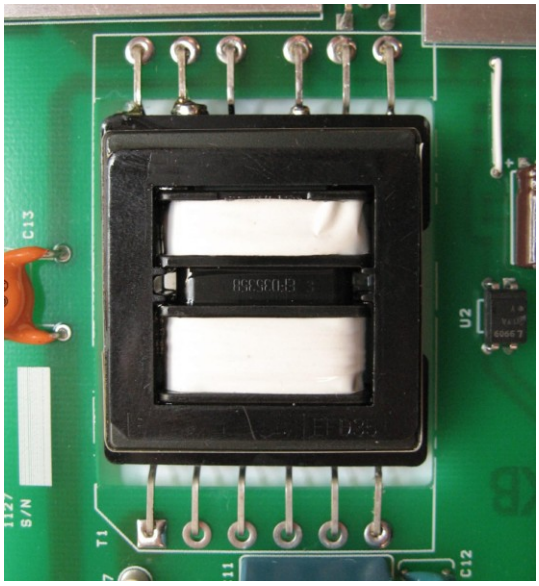


그림 36 – 트랜스포머(T1).
실제 사진 Top 면.

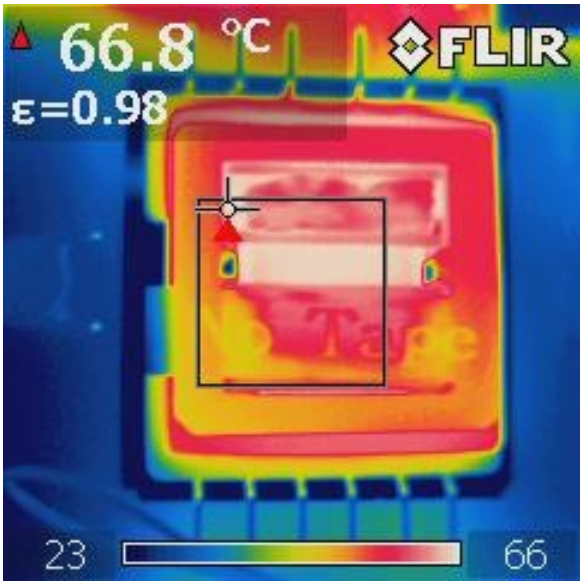


그림 37 – 트랜스포머(T1).
써멀 Top 면, 풀 부하, 실온.

Power Integrations
전화: +1 408 414 9200 팩스: +1 408 414 9201
www.powerint.com

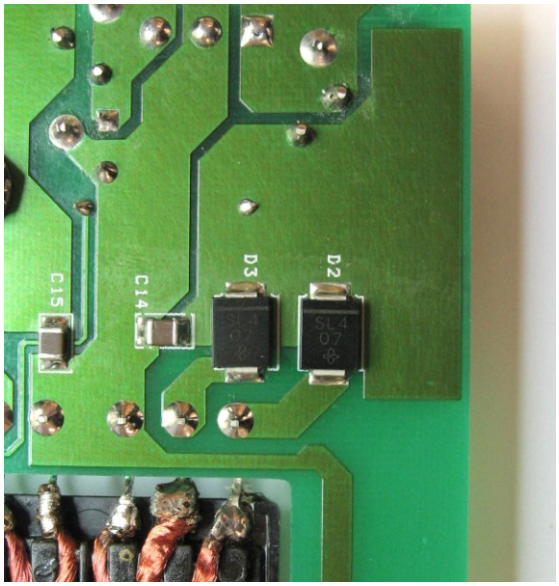


그림 38 – 12V 출력 정류기(D2-D3). 실제 사진.

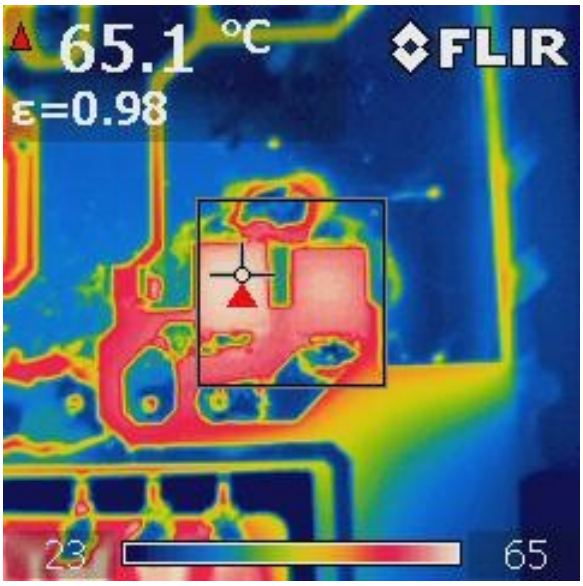


그림 39 – 12V 출력 정류기(D2-D3).
풀 부하, 써멀, 실온.

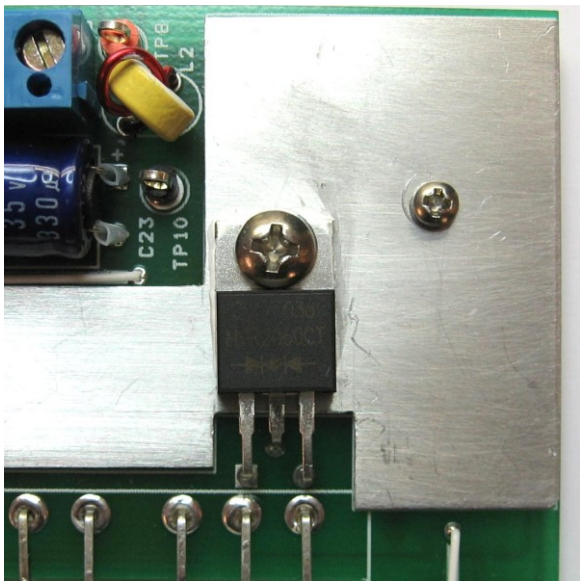


그림 40 – 24V 출력 정류기(D4). 실제 사진.

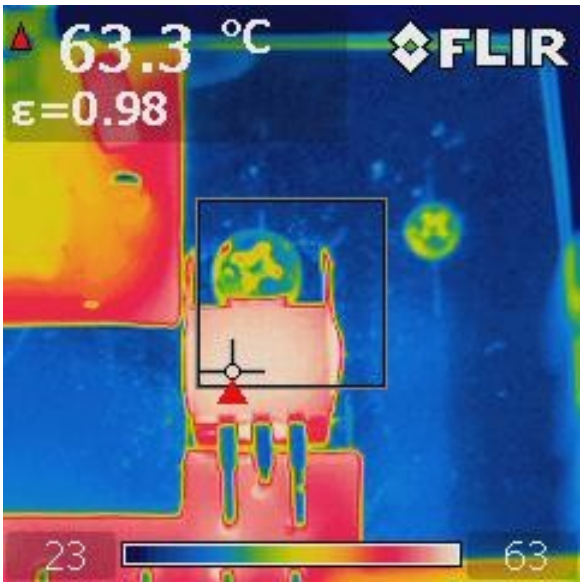


그림 41 – 24V 출력 정류기(D4). 풀 부하, 써멀, 실온.

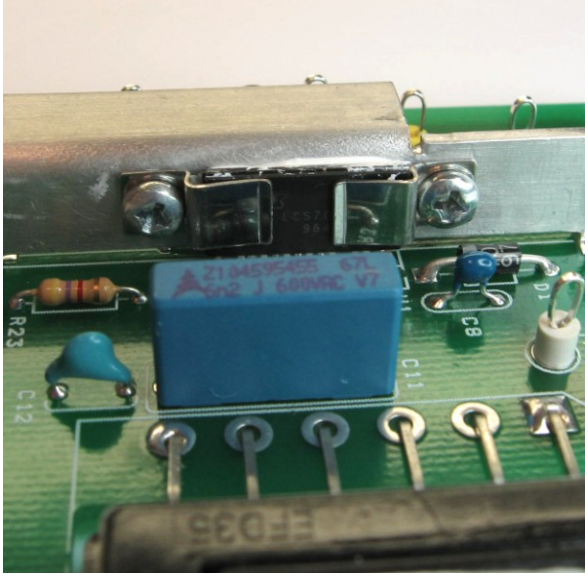


그림 42 – HiperLCS(U1). 실제 사진.

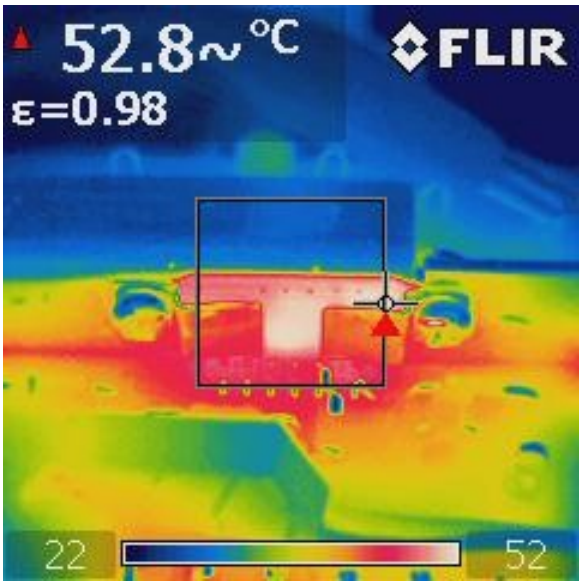


그림 43 – 풀 부하 HiperLCS(U1). 써멀, 실온.

Power Integrations
전화: +1 408 414 9200 팩스: +1 408 414 9201
www.powerint.com

14 게인 위상 측정

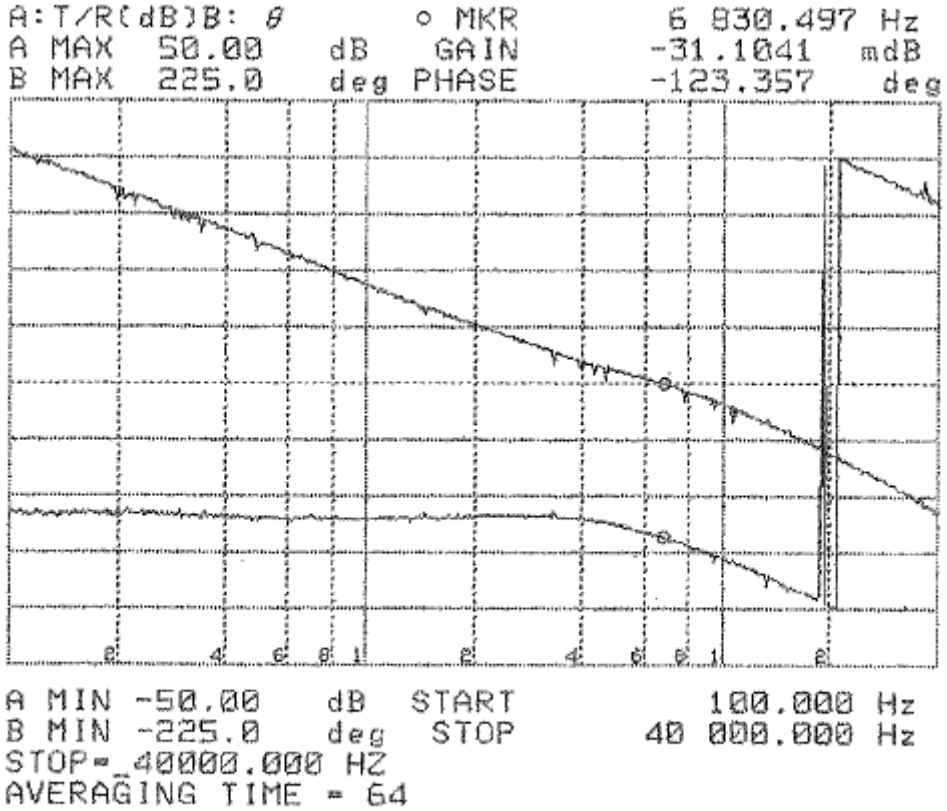


그림 44 – 게인-위상 응답, 풀 부하, 380VDC 입력. 게인 크로스오버 주파수는 6.8kHz 이고 위상 마진은 57 도입니다.

15 개정 내역

일자	작성자	개정	설명 및 변경 내용	검토 대상
2011-09-13	RH	1.0	최초 출시	Apps & Mktg

Power Integrations
전화: +1 408 414 9200 팩스: +1 408 414 9201
www.powerint.com

For the latest updates, visit our website: www.powerint.com

Power Integrations reserves the right to make changes to its products at any time to improve reliability or manufacturability. Power Integrations does not assume any liability arising from the use of any device or circuit described herein. POWER INTEGRATIONS MAKES NO WARRANTY HEREIN AND SPECIFICALLY DISCLAIMS ALL WARRANTIES INCLUDING, WITHOUT LIMITATION, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, AND NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY RIGHTS.

PATENT INFORMATION
The products and applications illustrated herein (including transformer construction and circuits' external to the products) may be covered by one or more U.S. and foreign patents, or potentially by pending U.S. and foreign patent applications assigned to Power Integrations. A complete list of Power Integrations' patents may be found at www.powerint.com. Power Integrations grants its customers a license under certain patent rights as set forth at http://www.powerint.com/ip.htm.

The PI Logo, TOPSwitch, TinySwitch, LinkSwitch, DPA-Switch, PeakSwitch, CAPZero, SENZero, LinkZero, HiperPFS, HiperTFS, HiperLCS, Qspeed, EcoSmart, Clampless, E-Shield, Filterfuse, StackFET, PI Expert and PI FACTS are trademarks of Power Integrations, Inc. Other trademarks are property of their respective companies. © Copyright 2011 Power Integrations, Inc.

Power Integrations Worldwide Sales Support Locations

WORLD HEADQUARTERS
5245 Hellyer Avenue
San Jose, CA 95138, USA.
Main: +1-408-414-9200
Customer Service:
Phone: +1-408-414-9665
Fax: +1-408-414-9765
e-mail:
usasales@powerint.com

GERMANY
Rueckertstrasse 3
D-80336, Munich
Germany
Phone: +49-89-5527-3911
Fax: +49-89-5527-3920
e-mail:
eurosales@powerint.com

JAPAN
Kosei Dai-3 Building
2-12-11, Shin-Yokohama,
Kohoku-ku, Yokohama-shi,
Kanagawa 222-0033
Japan
Phone: +81-45-471-1021
Fax: +81-45-471-3717
e-mail: japansales@powerint.com

TAIWAN
5F, No. 318, Nei Hu Rd., Sec. 1
Nei Hu District
Taipei 114, Taiwan R.O.C.
Phone: +886-2-2659-4570
Fax: +886-2-2659-4550
e-mail:
taiwansales@powerint.com

CHINA (SHANGHAI)
Rm 1601/1610, Tower 1
Kerry Everbright City
No. 218 Tianmu Road West
Shanghai, P.R.C. 200070
Phone: +86-021-6354-6323
Fax: +86-021-6354-6325
e-mail:
chinasales@powerint.com

INDIA
#1, 14th Main Road
Vasanthanagar
Bangalore-560052
India
Phone: +91-80-4113-8020
Fax: +91-80-4113-8023
e-mail:
indiasales@powerint.com

KOREA
RM 602, 6FL
Korea City Air Terminal B/D, 159-6
Samsung-Dong, Kangnam-Gu,
Seoul, 135-728
Korea
Phone: +82-2-2016-6610
Fax: +82-2-2016-6630
e-mail: koreasales@powerint.com

EUROPE HQ
1st Floor, St. James's House
East Street, Farnham
Surrey GU9 7TJ
United Kingdom
Phone: +44 (0) 1252-730-141
Fax: +44 (0) 1252-727-689
e-mail:
eurosales@powerint.com

CHINA (SHENZHEN)
Rm A, B & C 4th Floor, Block C,
Electronics Science and
Technology Building
2070 Shennan Zhong Road
Shenzhen, Guangdong,
P.R.C. 518031
Phone: +86-755-8379-3243
Fax: +86-755-8379-5828
e-mail:
chinasales@powerint.com

ITALY
Via De Amicis 2
20091 Bresso MI
Italy
Phone: +39-028-928-6000
Fax: +39-028-928-6009
e-mail:
eurosales@powerint.com

SINGAPORE
51 Newton Road,
#19-01/05 Goldhill Plaza
Singapore, 308900
Phone: +65-6358-2160
Fax: +65-6358-2015
e-mail:
singaporesales@powerint.com

APPLICATIONS HOTLINE
World Wide +1-408-414-9660

APPLICATIONS FAX
World Wide +1-408-414-9760