

## 디자인 예제 보고서

제목	<b>190W 연속, 280W 피크 DC-DC 파워드 컨버터(스탠바이, 132kHz, HiperTFS™-2 TFS7703H 사용)</b>
사양	380VDC 입력, 12V, 15A 메인 및 12V, 0.83A 스탠바이 출력
애플리케이션	AIO(All-In-One) PC 파워 서플라이
작성자	애플리케이션 엔지니어링 부서
문서 번호	DER-368
날짜	12.11.13
개정	7.1

### 요약 및 기능

- 고효율 고집적 메인 및 스탠바이 컨버터
- 고집적 하이 사이드 드라이버
- 내장된 메인 및 스탠바이 저전압 록아웃
- Volt-sec 제한을 통한 메인 트랜스포머 보호
- 입력 전압에 따른 스탠바이 전력 균일화
- 132kHz 작동 주파수를 사용하여 소형 메인 트랜스포머 사용 가능(EF25)
- 91%보다 높은 고효율 메인 컨버터

### 특허 정보

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

### Power Integrations

5245 Hellyer Avenue, San Jose, CA 95138 USA.

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

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

**목차**

1 소개 .....4

2 파워 서플라이 사양 .....6

3 회로도 .....7

4 회로 설명 .....8

5 PCB 레이아웃 ..... 11

6 BOM ..... 13

7 설계 스프레드시트 ..... 15

8 메인 트랜스포머(T1) 사양 ..... 24

    8.1 전기적 구성도 ..... 24

    8.2 전기적 사양 ..... 24

    8.3 재료 ..... 24

    8.4 빌드 다이어그램 ..... 25

    8.5 빌드 지침 ..... 27

9 출력 인덕터(L1) 사양 ..... 28

    9.1 전기적 구성도 ..... 28

    9.2 전기적 사양 ..... 28

    9.3 재료 ..... 28

10 스탠바이 서플라이 트랜스포머(T2) 사양 ..... 29

    10.1 전기적 구성도 ..... 29

    10.2 전기적 사양 ..... 29

    10.3 재료 ..... 29

    10.4 빌드 다이어그램 ..... 30

    10.5 빌드 지침 ..... 30

11 히트싱크 어셈블리 ..... 31

    11.1 1 차축 히트싱크 판금 ..... 31

    11.2 완료된 1 차축 히트싱크 ..... 32

    11.3 1 차축 히트싱크 어셈블리 ..... 33

    11.4 2 차축 히트싱크 판금 ..... 34

    11.5 완료된 2 차축 히트싱크 ..... 35

    11.6 2 차축 히트싱크 어셈블리 ..... 36

12 성능 측정값 ..... 37

    12.1 효율 ..... 37

    12.2 무부하 시의 스탠바이 입력 전력 ..... 41

    12.3 레귤레이션 ..... 42

    12.4 파형 ..... 44

    12.5 메인 출력 다이오드 피크 역 전압 ..... 45

    12.6 스타트업 및 홀드업 ..... 47

    12.7 리플 ..... 49

        12.7.1 리플 측정 기술 ..... 49



---

12.7.2	리플 측정 결과 .....	50
12.8	과도 응답 .....	51
13	써멀 테스트 .....	53
13.1	써멀 사진 .....	54
13.2	메인 출력 정류기의 열전대 측정값 .....	56
14	게인-위상 .....	57
15	개정 내역 .....	58

**중요 사항:**

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



## 1 소개

이 문서는 132kHz 로 작동하는 TFS7703H IC 를 활용하는 두 개의 스위치 포워드 메인 컨버터와 플라이백 스탠바이 컨버터로 구성된 190W 연속, 280W 피크 파워 서플라이의 예비 테스트에 대해 설명하는 엔지니어링 보고서입니다. 메인 출력 서플라이에는 EF25 트랜스포머가 사용되었고 스탠바이 서플라이에는 EE16 이 사용되었습니다. 이 테스트는 PC 파워 서플라이에 대한 12V(전용) 출력 “AIO(All-In-One)” 솔루션을 위해 제작된 평가 보드에 대해 팬 냉각을 사용하여 달성 가능한 최대 출력 전력을 확인하기 위한 목적으로 수행되었습니다.

메인 컨버터는 300VDC~420VDC 의 입력 전압 범위에서 작동합니다. 스탠바이 컨버터는 120VDC~420VDC 의 범위에서 작동합니다. 일반 시스템의 고전압 DC 입력은 PFC 단에서 공급됩니다.

이 문서에는 파워 서플라이 사양, 회로도, 부품 목록(BOM), 트랜스포머 규격서, 테스트 설정 설명 및 성능 데이터가 포함되어 있습니다.

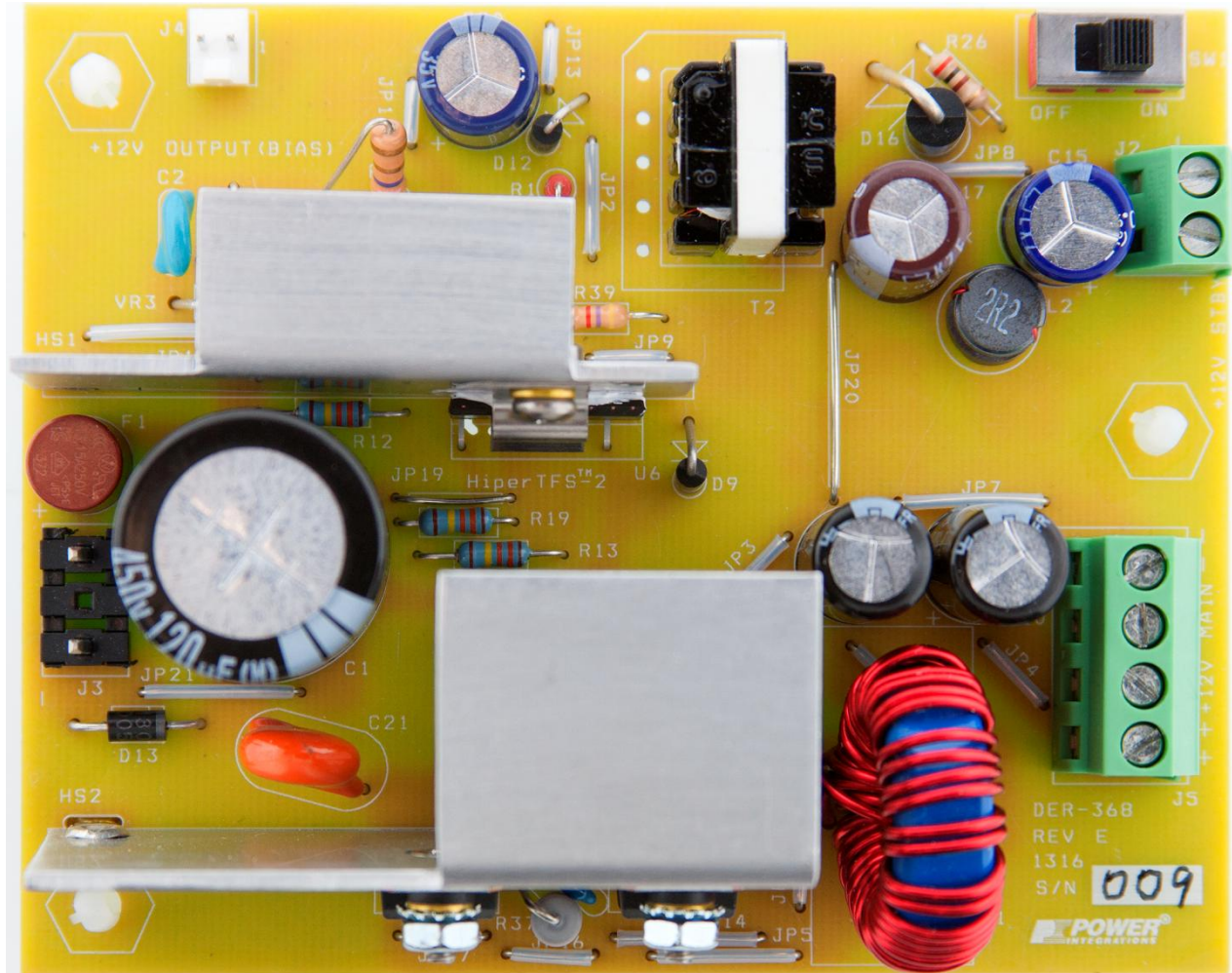


Figure 1 – DER-368 Populated Circuit Board Photograph, Top View.



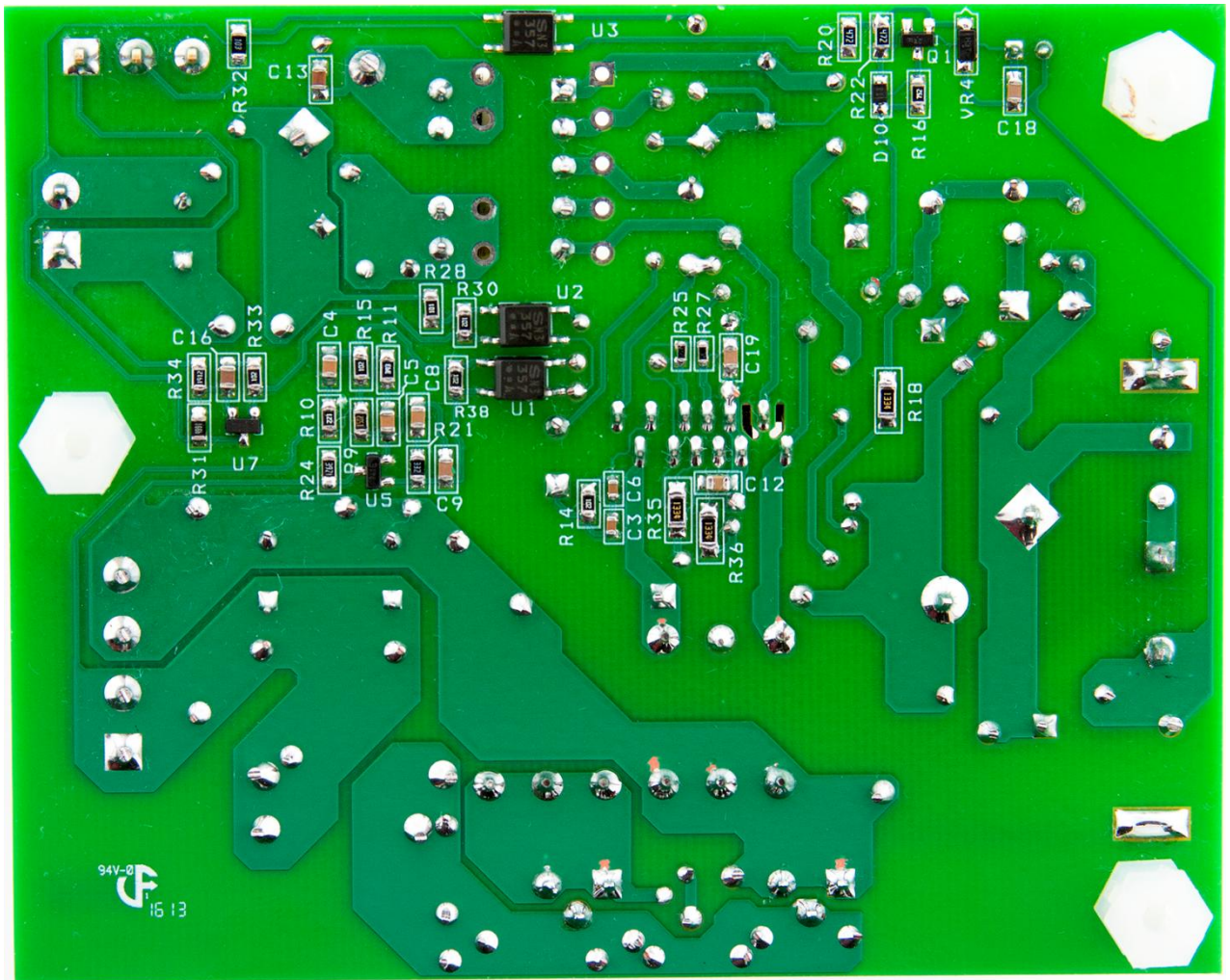


Figure 2 – DER-368 Populated Circuit Board Photograph, Bottom View.





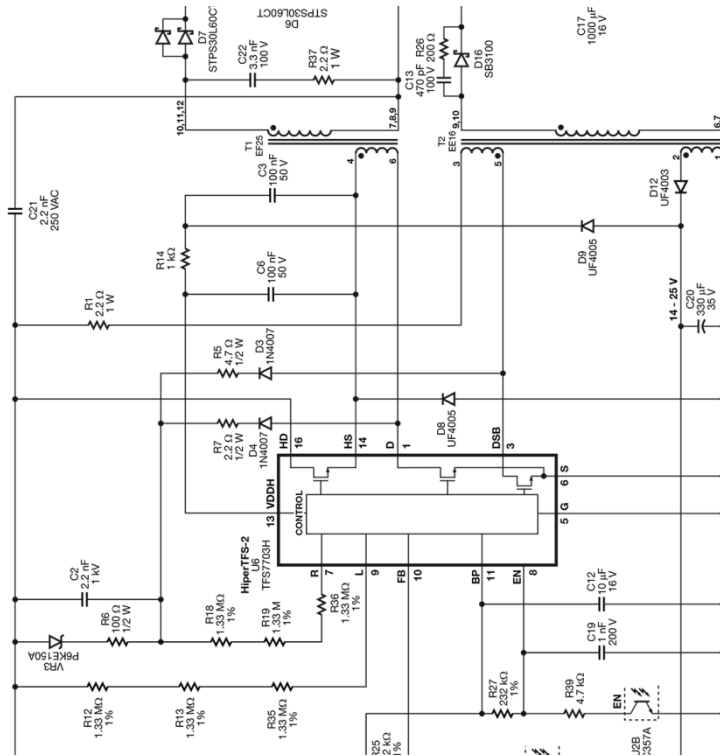
## 2 파워 서플라이 사양

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

설명	기호	최소	일반	최대	단위	설명
<b>입력</b> DC 버스 전압 무부하 시의 입력 전력(380VDC) 스타트업 전압 셧다운 전압	$V_{IN}$ $V_{START}$ $V_{STOP}$	300	380 0.3 340 285	420	VDC W VDC VDC	DC 입력만.
<b>출력</b> 출력 1 전압 출력 1 P-P 리플 전압 출력 1 전류 출력 2 전압 출력 2 P-P 리플 전압 출력 2 전류 총 출력 전력 연속 출력 전력 피크 출력 전력	$V_{OUT1}$ $V_{RIPPLE1}$ $I_{OUT1}$ $V_{OUT2}$ $V_{RIPPLE2}$ $I_{OUT2}$ $P_{OUT}$ $P_{OUT\_PEAK}$	11.4	12  0 0.83	12.6 120 15 12.6 120 280	V mV A V mV A W W	±5% 20MHz 대역폭 22.5A 피크 ±5% 20MHz 대역폭  (메인 12V 출력에서 22.5A의 피크 부하)
<b>효율</b> 20% 부하 50% 부하 100% 부하	$\eta$ $\eta$ $\eta$		86 90 90		% % %	25°C, 380VDC 입력에서 측정
치수		109 x 84 x 33			mm	길이 x 폭 x 높이
주변 온도	$t_{AMB}$	0		40	°C	강제 송풍



3 회로도



3Figure



## SEQ Figure \\* ARABIC

## 4 회로 설명

그림 3 의 회로도 는 TFS7703H 를 사용하여 구현된 12V, 15A 포워드 DC-DC 컨버터와 12V, 0.83A 플라이백 스탠바이/1 차측 바이어스 서플라이를 보여 줍니다.

HiperTFS-2 TFS7703H는 로우 사이드 725V 메인 MOSFET, 하이 사이드 530V 메인 MOSFET 및 725V 스탠바이 MOSFET, 메인 및 스탠바이 컨트롤러, 하이 사이드 드라이버 및 써멀 섯다운과 기타 고장 보호 및 컨트롤 회로를 단일 패키지에 경제적으로 통합한 제품입니다. 이 디바이스는 PC 파워 서플라이와 같이 메인 컨버터와 스탠바이 컨버터를 모두 포함한 고전력 애플리케이션에 매우 적합합니다. 스탠바이 컨버터는 넓은 입력 전압 범위에서 작동합니다. 메인 컨버터는 PFC단에서 상승된 입력 전압을 허용하도록 설계되었으며 일반적으로 300VDC~385VDC의 범위에서 작동합니다.

### 4.1 전력 입력 및 필터

이 회로는 메인 출력 전력이 최대 180W 인 PC 파워 서플라이용으로 제작되었습니다. 다이오드 D13 은 역 입력 전압 연결 시 퓨즈 F1 이 오픈되어 치명적인 문제를 방지하도록 합니다. 커패시터 C1 은 벌크 에너지 저장 요소입니다.

### 4.2 1 차측

C2, R6 및 VR3 는 메인 포워드 컨버터의 로우 사이드 MOSFET 의 드레인과 스탠바이 컨버터 드레인 모두를 위해 U6 의 드레인 전압을 제한하는 턴오프 클램핑 회로를 구성합니다. 제너 VR3 은 제한된 클램프 전압을 제공하며 클램프 커패시터 C2 에서 최대 전압(150V)을 유지합니다. 블로킹 다이오드 D3 및 D4 의 느린 리커버리로 인해 누설 및 자기 에너지의 대부분이 컨버터로 되돌아갑니다. 메인 컨버터와 스탠바이 컨버터의 리셋/누설 스파이크 클램프 회로가 공용으로 사용되어 부품 수를 줄여 줍니다. 스탠바이 컨버터는 다이오드 D3 와 저항 R5 를 통해 클램프에 연결되며 메인 섯션은 R7 과 함께 D8 및 D4 를 통해 연결됩니다. 리셋 시간 동안 메인 섯션은  $V_{IN}$  보다 상당히 높은 리셋 전압에 연결되므로 메인 컨버터의 작동 듀티 사이클이 50% 넘게 확장하여 홀드업 타임 연장 없이 RMS 스위치 전류를 낮출 수 있습니다.

BYPASS(BP) 핀과 커패시터 C12 는 HiperTFS-2 컨트롤러용으로 디커플링된 작동 전압을 제공합니다. 또한 C12 의 값(10 $\mu$ F)을 통해 132kHz 로 메인 컨버터의 작동 주파수를 섯택할 수 있습니다. 스탠바이 시 바이패스 커패시터는 전류 소스 내부에서 IC U6 으로 충전됩니다. BP 핀 전압이 5.8V 에 도달할 때 스탠바이 컨버터가 스위칭을 시작할 수 있으며 +12V 스탠바이 출력과 1 차측 바이어스 전압이 상승하기 시작합니다. 바이어스/보조 서플라이 권선의 출력은 다이오드 D12 에 의해 정류되고 커패시터 C20 에 의해 필터링됩니다. 바이어스 권선의 출력은 스탠바이 전용 작동 중 저항 R16 을 통해 HiperTFS-2 BP 핀으로 전력을 공급하는 데 사용됩니다. 원격-ON 스위치 SW1 이 U3A 및 U3B 와 명령 Q1 을 ON 상태로 활성화할 때 1 차측 바이어스 서플라이에서부터 Q1 및 D10 를 통해 추가 전류가 제공됩니다. PC 파워 서플라이 애플리케이션에서 이 전압은 J4





커패시터를 통해 바이어스를 PFC 컨트롤러에 공급하는 데 사용됩니다. BP 핀에 필요한 최소  $700\mu\text{A}$  를 유지하여 내부 HiperTFS-2 고전압 전류 소스를 억제하고 결과적으로 무부하 전력 소비를 줄일 수 있도록 R16 의 값이 선택됩니다. U6 의 BP 핀에 연결된 커패시터 C12 는 내부적으로 레귤레이션된 5.85V 서플라이에 대한 디커플링을 제공합니다. 제너 다이오드 VR4 는 BP 핀으로의 안정적인 6mA 보장을 위해 Q1 이 이미터 전압을 12.4V 로 레귤레이션하도록 레퍼런스 전압을 제공할 뿐 아니라 PFC 단이 사용되는 경우 이에 대한 레귤레이션된 전압을 제공합니다.

ENABLE(EN) 핀은 스탠바이 컨트롤러 섹션에 대한 피드백 핀입니다. 스타트업 전에 EN 에서 BP 로 연결된 저항 R27 이 스탠바이 섹션에 대한 여러 내부 전류 제한 중 하나를 선택하도록 감지됩니다. FEEDBACK(FB) 핀 저항 R25 는 스타트업 시 EN 핀과 동일한 방식으로 3 개의 메인 전류 제한 중 하나를 선택하는 데 사용됩니다. R27 에 4 개의 각기 다른 저항 값을 사용하여 스탠바이 섹션의 4 개의 내부 전류 제한 구성 중 하나를 선택할 수 있으며 R25 에 3 개의 각기 다른 값을 사용하여 메인 섹션의 3 개의 전류 제한 구성 중 하나를 선택할 수 있습니다. 여기에서 설명된 회로는 650mA 의 스탠바이  $I_{\text{LIM}}$  용으로 R27(232k $\Omega$ )을 사용하고, 3.1A 의 메인  $I_{\text{LIM}}$  용으로 R25(232k $\Omega$ )를 사용합니다.

FB 핀은 메인 컨버터에 대한 피드백을 제공합니다. FB 핀에서 그라운드로의 전류 싱크 증가는 작동 듀티 사이클 감소로 이어집니다.

다이오드 D9 는 스타트업 동안 부트스트랩 충전 C3 및 C6 에 대한 초기 전력을 제공하는 데 사용됩니다. 이 시간 동안 하이 사이드 MOSFET HS 핀은 12ms 동안 짧게 소스로 폴다운됩니다. 정상 작동 시간 동안 C6 의 전압은 약 12V 로 션트 레귤레이션됩니다. 커패시터 C3 에서는 항상 최소 13V 의 전압을 유지해야 합니다.

저항 R18, R19 및 R36 은 사용 가능한 최대 OFF 타임 리셋 전압을 R 핀에 대한 전류로 변환하고 L 핀 전류와 비교하여 포화 상태를 방지하기 위해 허용 가능한 최대 듀티 사이클을 계산하는 것은 물론 피크 온-타임 플럭스의 함수로 허용 가능한 최대 듀티 팩터를 확인하는 데 사용됩니다.

LINE-SENSE(L) 핀은 입력 벌크 전압 입력 센싱 기능을 제공합니다. 이 정보는 메인 섹션과 스탠바이 섹션용 저전압 및 과전압 감지 회로에 사용됩니다. 또한 이 핀은 스탠바이 서플라이와 메인 서플라이의 원격-ON/OFF 를 동시에 구현하기 위해 소스로 폴다운됩니다. 저항 R12, R13 및 R35 는 입력 전압을 L 핀용 전류로 변환하는 데 사용됩니다.

### 4.3 출력 정류

스탠바이 섹션의 경우 출력 정류는 다이오드 D16 이 제공합니다. 낮은 ESR 커패시터인 C17 은 낮은 리플을 통해 필터링합니다. 인덕터 L2 와 커패시터 C15 는 출력에서 스위칭 리플 및 노이즈를 더욱 줄이기 위해 포스트 필터를 구성합니다.



메인 컨버터 섹션의 경우, 다이오드 **D7** 은 메인 온-타임 동안 정류하고, 다이오드 **D6** 은 캐치 다이오드로서 메인 오프-타임 동안 출력 인덕터인 **L1** 에 대한 전류 방전 경로를 제공합니다. 인덕터 **L1** 과 함께 커패시터 **C10** 및 **C24** 는 메인 컨버터를 위한 출력 필터를 구성하며 스위칭 출력 리플 및 노이즈를 필터링합니다.

#### 4.4 출력 피드백

스탠바이 섹션의 경우 저항 **R34** 및 **R31** 은 피드백 분배 네트워크를 구성합니다. 파워 서플라이의 출력 전압은 분배되며 에러 증폭기 **U7** 의 입력 단자로 유입됩니다. **U2A** 의 캐소드 단자 전압은 분배 전압을  $2.5V \pm 2\%$ 로 유지하기 위해 **U7** 내부의 증폭기를 통해 컨트롤됩니다. 캐소드 단자 전압이 변경되면 내부 **U2A** 의 옴토크플러 다이오드를 통해 전류가 변경되고 이에 따라 내부 **U2B** 의 트랜지스터를 통해 전류가 변경됩니다. 커패시터 **C19** 는 **EN** 핀의 노이즈를 제거합니다. **EN** 핀의 전류 싱크가 **EN** 핀 임계 전류를 초과할 경우 다음 스위칭 사이클이 억제되고 출력 전압이 피드백 기준값 이하로 떨어질 경우 도통 사이클이 발생합니다. 활성화된 사이클의 수를 조절하여 출력 레귤레이션을 유지합니다. 부하가 감소하게 되면 활성화된 사이클의 수가 감소하여 유효 스위칭 주파수를 감소시켜 스위칭 손실이 부하에 따라 변경됩니다. 이를 통해 매우 작은 부하에서도 거의 일정한 효율을 낼 수 있으므로 에너지 효율 요구 사항을 만족하기에 이상적입니다.

메인 섹션의 경우 저항 **R9** 및 **R24** 는 **U5** 에러 증폭기를 위한 **DC** 레퍼런스를 제공하는 데 사용됩니다. **U5** 는 유사한 방식으로 **FB** 핀의 전류 싱크를 통해 작동 듀티 사이클을 조절하는 데 사용되는 옴토크플러 **U1** 을 컨트롤합니다. 주된 차이점은 스탠바이 컨버터의 전체 사이클 **ON/OFF** 컨트롤과 달리 **FB** 핀 전류가 메인 컨버터의 듀티 사이클을 선형 방식으로 컨트롤한다는 것입니다. **C4**, **C8-9**, **R10** 및 **R21** 은 메인 **12V** 컨트롤 루프를 보상합니다. **C5** 및 **R11** 은 스탠바이 시 출력 오버슈트를 방지하기 위해 “소프트 피니시” 네트워크를 구성하고 있습니다.

저항 **R15** 는 컨트롤 루프에 대한 게인을 설정하고 저항 **R10**, **R21** 및 커패시터 **C4**, **C8**, **C9** 는 루프 게인 크로스오버 주파수 및 위상 마진을 달성하기 위한 컨트롤 루프의 응답을 형성합니다. 저항 **R38** 및 **R30** 은 각각 IC **U5** 및 **U7** 에서 요구하는 바이어스 전류를 제공합니다.



### 5 PCB 레이아웃

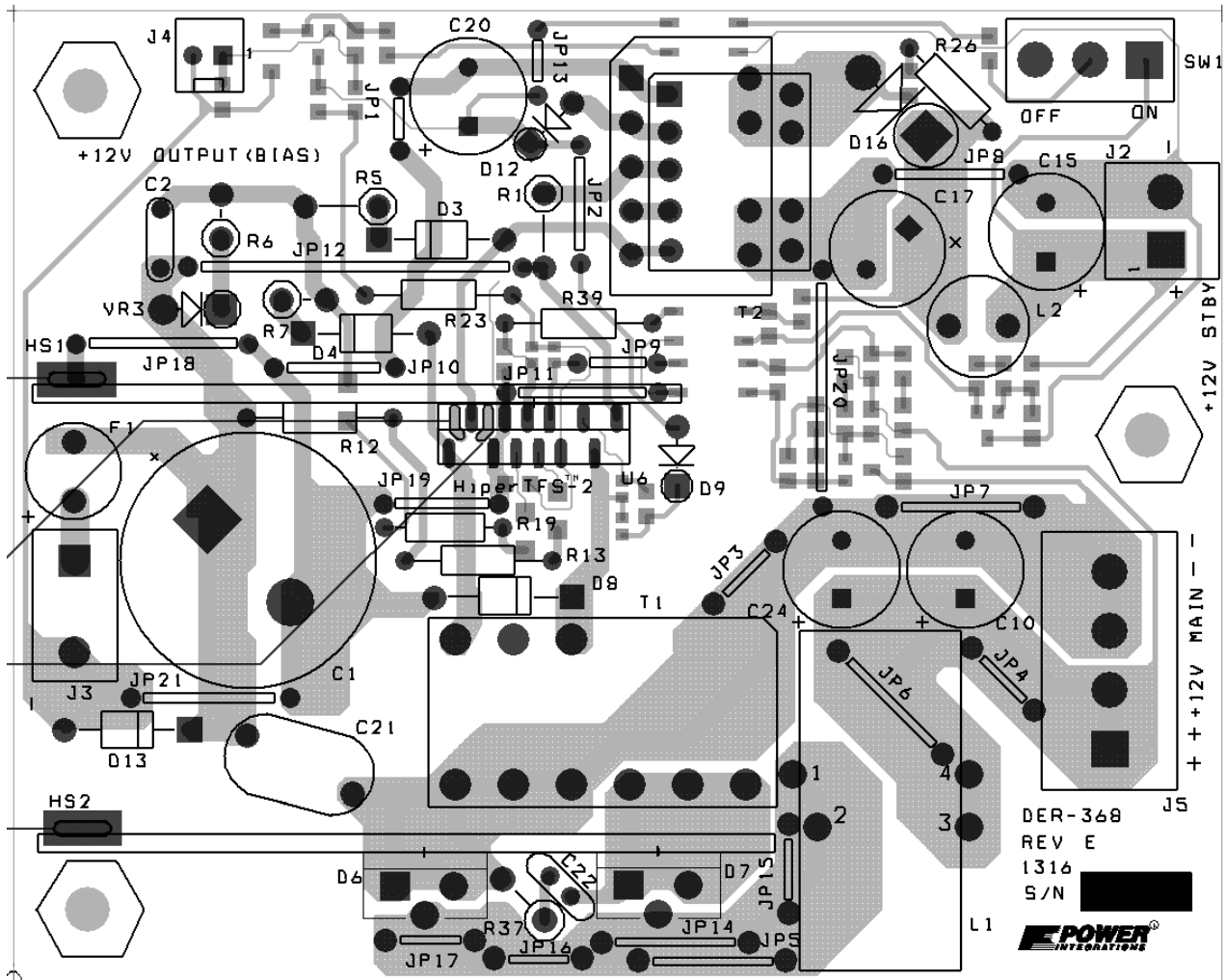


Figure 4 – DER-368 PCB Layout, Top View.



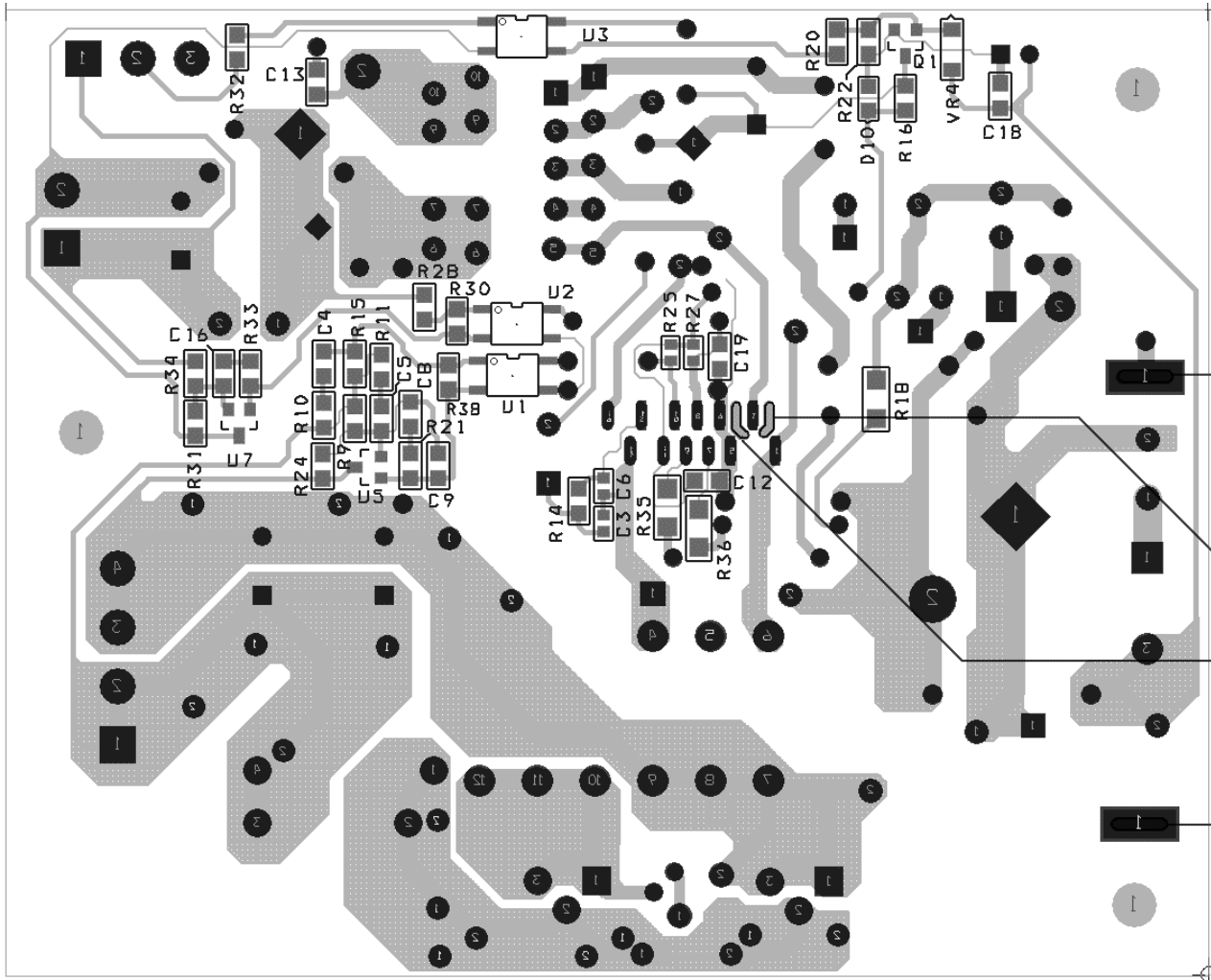


Figure 5 – DER-368 PCB Layout, Bottom View.



## 6 BOM

Item	Qty	Ref Des	Description	Mfg Part Number	Mfg
1	1	C1	120 $\mu$ F, 450 V, Electrolytic, (22 x 30)	ESMQ451VSN121MP30S	United Chemi-con
2	1	C2	2.2 nF, 1 KV, Ceramic, SL, 0.2" L.S.	DEBB33A222KA2B	Murata
3	2	C3 C6	100 nF 50 V, Ceramic, X7R, 0603	C1608X7R1H104K	TDK
4	3	C4 C5 C8	47 nF, 50 V, Ceramic, X7R, 0805	GRM21BR71H473KA01L	Murata
5	3	C9 C18 C19	1 nF, 200 V, Ceramic, X7R, 0805	08052C102KAT2A	AVX
6	2	C10 C24	1500 $\mu$ F, 16 V, Electrolytic, Low ESR, 10 x 20)	EEU-FR1C152	Panasonic
7	1	C12	10 $\mu$ F, 16 V, Ceramic, X5R, 0805	GRM21BR61C106KE15L	Murata
8	1	C13	470 pF, 100 V, Ceramic, X7R, 0805	08051C471KAT2A	AVX
9	1	C15	330 $\mu$ F, 25 V, Electrolytic, Low ESR, 90 m $\Omega$ , (10 x 12.5)	ELXZ250ELL331MJC5S	Nippon Chemi-Con
10	1	C16	330 nF, 50 V, Ceramic, X7R, 0805	GRM219R71H334KA88D	Murata
11	1	C17	1000 $\mu$ F, 16 V, Electrolytic, Very Low ESR, 23 m $\Omega$ , (10 x 20)	EKZE160ELL102MJ20S	Nippon Chemi-Con
12	1	C20	330 $\mu$ F, 35 V, Electrolytic, Low ESR, 68 m $\Omega$ , (10 x 16)	ELXZ350ELL331MJ16S	Nippon Chemi-Con
13	1	C21	2.2 nF, Ceramic, Y1	440LD22-R	Vishay
14	1	C22	3.3 nF, 100 V, Ceramic, X7R, Radial	FK18X7R2A332K	TDK
15	2	D3 D4	1000 V, 1 A, Rectifier, DO-41	1N4007-E3/54	Vishay
16	2	D6 D7	60 V, 30 A, Dual Schottky, TO-220AB	STPS30L60CT	ST
17	2	D8 D9	600 V, 1 A, Ultrafast Recovery, 75 ns, DO-41	UF4005-E3	Vishay
18	1	D10	100 V, 0.2 A, Fast Switching, 50 ns, SOD-323	BAV19WS-7-F	Diodes, Inc.
19	1	D12	200 V, 1 A, Ultrafast Recovery, 50 ns, DO-41	UF4003-E3	Vishay
20	1	D13	600 V, 1 A, Rectifier, DO-41	1N4005-T	Diodes, Inc.
21	1	D16	100 V, 3 A, Schottky, DO-201AD	SB3100-T	Diodes, Inc.
22	1	ESIP CLIP1	Heat sink Hardware, Edge Clip 20.76 mm L x 8 mm W	NP975864	Aavid Thermalloy
23	1	F1	3.15 A, 250V, Slow, TR5	37213150411	Wickman
24	2	HS PAD1 HS PAD2	HEAT SINK PAD, TO-220, Sil-Pad 1000	1009-58	Bergquist
25	1	HS1	HEAT SINK, DER-368, Primary-		Custom
26	1	HS2	HEAT SINK, DER-368, Secondary		Custom
27	1	J2	2 Position (1 x 2) header, 5 mm (0.196) pitch, Vertical	1715022	Phoenix Contact
28	1	J3	CONN HEADER 3POS (1x3).156 VERT TIN (PULL PIN 2)	26-48-1031	Molex
29	1	J4	2 Position (1 x 2) header, 0.1 pitch, Vertical	22-23-2021	Molex
30	1	J5	CONN TERM BLOCK 5MM 4POS	1711042	Phoenix Contact
31	2	JP1 JP13	Wire Jumper, Non-Insulated, #22 AWG, 0.2 in	298	Alpha
32	6	JP2 JP3 JP4 JP15 JP16 JP17	Wire Jumper, Non-Insulated, #22 AWG, 0.3 in	298	Alpha
33	5	JP5 JP6 JP7 JP8 JP9 JP14	Wire Jumper, Non Insulated, #22 AWG, 0.5 in	298	Alpha
34	1	JP6	Wire Jumper, Insulated, TFE, #22 AWG, 0.5 in	C2004-12-02	Alpha
35	2	JP10	Wire Jumper, insulated, TFE, #22 AWG, 0.4 in	C2004-12-02	Alpha
36	1	JP11	Wire Jumper, insulated, TFE, #22 AWG, 0.3 in	C2004-12-02	Alpha
37	1	JP12	Wire Jumper, Non-insulated, #22 AWG, 1.0 in	298	Alpha
38	3	JP18 JP19 JP21	Wire Jumper, Non-insulated, #22 AWG, 0.3 in	298	Alpha
39	1	JP20	Wire Jumper, Non-insulated, #22 AWG, 0.7 in	298	Alpha
40	1	JP22	Wire Jumper, Non-insulated, #22 AWG, 0.4 in	298	Alpha
41	1	L1	41 $\mu$ H, Inductor Toroidal, Sendust		
42	1	L2	2.2 $\mu$ H, 6.0 A	RFB0807-2R2L	Coilcraft
43	2	NUT1 NUT2	Nut, Hex, Kep 4-40, S ZN Cr3 plating RoHS	4CKNTZR	Any RoHS



					Compliant Mfg.
44	3	POST-CRKT_BRD_6-32_HEX1 POST-CRKT_BRD_6-32_HEX2 POST-CRKT_BRD_6-32_HEX3	Post, Circuit Board, Female, Hex, 6-32, snap, 0.375L, Nylon	561-0375A	Eagle Hardware
45	1	Q1	NPN, Small Signal BJT, GP SS, 40 V, 0.6 A, SOT-23	MMBT4401LT1G	Diodes, Inc.
46	1	R1	2.2 $\Omega$ , 5%, 1 W, Metal Film, Fusible	NFR0100002208JR500	Vishay
47	1	R5	4.7 $\Omega$ , 5%, 1/2 W, Carbon Film	CFR-50JB-4R7	Yageo
48	1	R6	100 $\Omega$ , 5%, 1/2 W, Carbon Film	CFR-50JB-100R	Yageo
49	1	R7	2.2 $\Omega$ , 5%, 1/2 W, Carbon Film	CFR-50JB-2R2	Yageo
50	1	R9	15 k $\Omega$ , 1%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6ENF1502V	Panasonic
51	1	R10	220 $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ221V	Panasonic
52	1	R11	39 k $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ393V	Panasonic
53	3	R12 R13 R19	1.33 M $\Omega$ , 1%, 1/4 W, Metal Film	MF1/4DCT52R1334F	KOA Speer
54	3	R18 R35 R36	1.33 M $\Omega$ , 1%, 1/4 W, Thick Film, 1206	RC1206FR-071M33L	Yageo
55	5	R14 R15 R30 R33 R38	1 k $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ102V	Panasonic
56	1	R16	7.5 k $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ752V	Panasonic
57	2	R20,R22	4.7 k $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ472V	Panasonic
58	1	R21	3.3 k $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ332V	Panasonic
59	1	R22	4.7 k $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ472V	Panasonic
60	1	R23	619 $\Omega$ , 1%, 1/4 W, Metal Film	MFR-25FBF-619R	Yageo
61	2	R25,R27	232 k $\Omega$ , 1%, 1/16 W, Thick Film, 0603	ERJ-3EKF2323V	Panasonic
62	1	R26	200 $\Omega$ , 5%, 1/4 W, Carbon Film	CFR-25JB-200R	Yageo
63	1	R28	100 $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6EGYJ101V	Panasonic
64	1	R31	4.99 k $\Omega$ , 1%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6ENF4991V	Panasonic
65	1	R32	10 k $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ103V	Panasonic
66	1	R34	19.1 k $\Omega$ , 1%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6ENF1912V	Panasonic
67	1	R37	Resistor, Metal Oxide, 2.2 $\Omega$ , 1 W, 5%	RSF-100JB-2R2	Yageo
68	1	R39	4.7 k $\Omega$ , 5%, 1/4 W, Carbon Film	CFR-25JB-4K7	Yageo
69	1	RTV1	Thermally conductive Silicone Grease	120-SA	Wakefield
70	2	SCREW1 SCREW2	SCREW PHIL Flat head, undercut 4-40 X .3750 (3/8) SST		Any RoHS Compliant Mfg.
71	1	SCREW3	SCREW MACHINE PHIL 4-40 X 5/16 SS	PMSSS 440 0031 PH	Building Fasteners
72	1	SW1	SLIDE MINI SPDT PC MNT AU	1101M2S3CBE2	C&K Components
73	1	T1	Transformer, DER-368 Main, EF25, Vertical		
74	1	T2	Transformer, DER-368 Standby, EE16, Vertical	Custom	
75	3	U1 U2 U3	Optocoupler, 80 V, CTR 80-160%, 4-Mini Flat	PC357N1TJ00F	Sharp
76	2	U5 U7	IC, REG ZENER SHUNT ADJ SOT-23	LM431AIM3/NOPB	National Semi
77	1	U6	HiperTFS-2, ESIP16/12	TFS7703H	Power Integrations
78	1	VR3	150 V, 5 W, 5%, TVS, DO204AC (DO-15)	P6KE150A	LittleFuse
79	1	VR4	13 V, 5%, 500 mW, SOD-123	MMSZ5243BT1G	ON Semi
80	3	WASHER1 WASHER2 WASHER3	WASHER FLAT #4 Zinc, OD 0.219, ID 0.125, Thk 0.032, Yellow Chromate Finish	5205820-2	Tyco
81	2	WASHER6 WASHER7	Washer Nylon Shoulder #4	3049	Keystone



## 7 설계 스프레드시트

HiperTFS2_Two-switch_Forward_041613; Rev.1.0; Copyright Power Integrations 2013	INPUT	INFO	OUTPUT	UNIT	HiperTFS2_041613_Rev1-0.xls; Two-switch Forward Transformer Design Spreadsheet
<b>Hiper-TFS MAIN OUTPUT (TWO-SWITCH FORWARD STAGE)</b>					
<b>OUTPUT VOLTAGE AND CURRENT</b>					
VMAIN	12.00			V	Main output voltage
IMAIN	15.00			A	Main output current
VOUT2				V	Output2 voltage - enter zero if none
IOUT2				A	Output2 current - enter zero if none
<b>POST REGULATED OUTPUT</b>					
Post Regulator	NONE	<i>Info</i>			!!!! Info. No Selection for post-regulator - select 'NONE' if not using post-regulator
V_SOURCE				V	Select source of input voltage for post regulator. Enter None if Post regulator not used.
VOUT3			0	V	Enter postregulator output voltage
IOUT3			0	A	Enter post regulator output current
n_PR			1		Enter postregulator efficiency (Buck only)
<b>COUPLED-INDUCTOR (LOW POWER) DERIVED OUTPUT</b>					
VOUT4				V	Coupled-Inductor derived (low power) output voltage (typically -12 V)
IOUT4				A	Coupled-Inductor derived (low power) output current
POUT(Main)			180.0	W	Total output power (Main converter)
POUT_PEAK(Main)			180.0	W	Peak Output power(Main converter). If there is no peak power requirement enter value equal to continuous power
POUT(Standby)			10.3	W	Continuous output power from Standby power supply
POUT_PEAK(Standby)			10.0	W	Peak output power from Standby section
<b>POUT(System Total)</b>			<b>190.3</b>	<b>W</b>	<b>Total system continuous output power</b>
POUT_PEAK(System Total)			190.0	W	Total system peak output power
VBIAS	17.00			V	DC bias voltage from main transformer aux winding
<b>INPUT VOLTAGE AND UV/OV</b>					
CIN	120.00		120	uF	Input Capacitance. To increase CMIN, increase T_HOLDUP
T_HOLDUP			20	ms	Holdup time
CIN	120.00		120	uF	Select Bulk Capacitor
CIN_ESR			0.55	ohms	Bulk capacitor ESR
IRMS_CIN			0.67	A	RMS current through bulk capacitor
PLOSS_CIN			0.25	W	Bulk capacitor ESR losses
VMIN			300.0	V	Minimum input voltage to guarantee output regulation
VNOM			380.0	V	Nominal input voltage
VMAX			420.0	V	Maximum DC input voltage
RR			3.92	M-ohm	
RL			3.92	M-ohm	Minimum undervoltage On-Off threshold
<b>UV / OV / UVOV</b>					Minimum undervoltage Off-On threshold (turn-on)





VUV OFF (min)			181.8	V	Minimum overvoltage Off-On threshold
VUV ON (min)			295.5	V	Minimum overvoltage On-Off threshold (turn-off)
VOV ON (min)			526.7	V	R pin resistor
VOV OFF (min)			526.7	V	Line Sense resistor value (L-pin) - goal seek (VUV OFF) for std 1% resistor series
VUV OFF (max)			225.0	V	
VUV ON (max)			326.9	V	
<b>ENTER DEVICE VARIABLES</b>					
<b>Device</b>	<b>TFS7703</b>		TFS7703		Selected HiperTFS device
Select Frequency mode	<b>f</b>		f		Select Frequency mode. "H" indicates 66 kHz selection, "F" indicates 132 kHz selection
ILIMIT_MIN			3.01	A	Device current limit (Minimum)
ILIMIT_TYP			3.24	A	Device current limit (Typical)
ILIMIT_MAX			3.47	A	Device current limit (Maximum)
fSMIN			124000	Hz	Device switching frequency (Minimum)
fS			132000	Hz	Device switching frequency (Typical)
fSMAX			140000	Hz	Device switching frequency (Maximum)
KI	1.0		1.0		Select Current limit factor (KI=1.0 for default ILIMIT, or select KI=0.9 or KI=0.7)
R(FB)			232.0	k-ohms	Feedback Pin Resistor value
ILIMIT SELECT			3.01	A	Selected current limit
RDS(ON)			5.00	ohms	Rds(on) at 100°C
DVNOM_GOAL			0.45		Target duty cycle at nominal input voltage (VNOM)
VDS			5.07	V	HiperTFS average on-state Drain to Source Voltage
<b>Main MOSFET losses</b>					
RDSON_LOWER			3.60	ohm	RDSON for low side MOSFET
RDSON_UPPER			1.40	ohm	RDSON for high side MOSFET
PCOND_LOWER			2.6	W	Conduction losses in lower MOSFET
PCOND_UPPER			1.0	W	Conduction losses in upper MOSFET
COSS_LOWER			35	pF	COSS for low side MOSFET
COSS_UPPER			110	pF	COSS for high side MOSFET
V_Coss upper FET			150	V	Voltage across upper MOSFET during turn off
P_Coss lower FET			0.12	W	Switching loss in upper MOSFET
P_Coss upper FET			0.16	W	Switching loss in lower MOSFET
lower FET crossover loss			0.72	W	Crossover loss in lower MOSFET
TOTAL_MOSFET_LOSS			6.92		Total loss in MOSFET (upper + lower)
<b>Clamp Section</b>					
<b>Clamp Selection</b>	<b>CLAMP TO RAIL</b>				Select either "CLAMP TO RAIL" (default) or "CLAMP TO GND"
VCLAMP			150.00	V	Asymmetric Clamp Voltage
VDSOP			570.00	V	Maximum Hiper-TFS Drain voltage (at VOVOFF_MAX)
<b>DIODE Vf SELECTION</b>					
VDMAIN	0.40		0.4	V	Main output diodes forward voltage drop
VDOUT2			0.5	V	Secondary output diodes forward voltage drop
VDOUT3			0.5	V	3rd output diodes forward voltage drop



VDB			0.7	V	Bias diode forward voltage drop
<b>TRANSFORMER CORE SELECTION</b>					
<b>Core Type</b>	<b>Auto</b>		<b>EF25</b>		Selected core type
AE			0.518	cm <sup>2</sup>	Core Effective Cross Sectional Area
LE			5.78	cm	Core Effective Path Length
AL			2000	nH/T <sup>2</sup>	Ungapped Core Effective Inductance
BW			15.6	mm	Bobbin Physical Winding Width
B_HT			4.60	mm	Height of bobbin (to calculate fit)
B_WA			0.72	cm <sup>2</sup>	Bobbin Winding area
M			4.5	mm	Bobbin safety margin tape width (2 * M = Total Margin)
LG_MAX			0.002	mm	Maximum zero gap tolerance, default 2um
LMAG_MAX			20	mH	Maximum magnetizing inductance of transformer. Do not exceed this value
LMAG	9.4		9	mH	Actual magnetizing inductance (measured) of transformer
FRES_TRF			173.04	kHz	Measured Primary winding self resonant frequency
C_TRF			90	pF	Estimated primary winding capacitance
L			3.00		Transformer primary layers (split primary recommended)
NMAIN	5.0		5.0		Main rounded turns
NS2			0.0		2nd output number of turns
NBIAS	0		0		VBIAS rounded turns (forward bias winding)
VOUT2 ACTUAL			0.0	V	Approximate Output2 voltage of with NS2 = 0 turns (AC stacked secondary)
VBIAS_ACTUAL			-0.7	V	Approximate Forward Bias Winding Voltage at VMIN with NB = 0 turns
<b>TRANSFORMER DESIGN PARAMETERS</b>					
NP			64		Primary rounded turns
BM_MAX			2548	Gauss	Max positive operating flux density at minimum switching frequency
BM PK-PK			3861	Gauss	Max peak-peak operating flux density at minimum switching frequency
BP_MAX			3229	Gauss	Max positive flux density at Vmax (limited by DVMAX clamp)
BP PK-PK			4892	Gauss	Max peak-peak flux density at Vmax (limited by DVMAX clamp)
IMAG			0.136	A	Peak magnetizing current at minimum input voltage
OD_P			0.31	mm	Primary wire outer diameter
AWG_P			29	AWG	Primary Wire Gauge (rounded to maximum AWG value)
<b>TRANSFORMER LOSSES AND FIT ESTIMATE</b>					
<b>Core loss</b>			<b>12.4</b>		
Core material	Auto		PC95		Select core material
BAC_pp			3627	gauss	Peak to peak flux density
core_loss_multiplier			2.04E-03		Core Loss constant
f_coeff			1.80		Frequency co-efficient
BAC_coeff			2.56		AC flux density co-efficient
specific core loss			995.50	mW/cc	Core loss per unit volume
core volume			3.02	cm <sup>3</sup>	Volume of core
core loss			3.01	W	Core loss
<b>PRI WINDING FIT AND LOSSES</b>					



OD_PRI			0.45	mm	Primary winding diameter
FILAR_PRI			1.00	strands	Number of parallel strands of wire (primary)
MLT_PRI			5.28	cm	Mean length per turn
DCR_PRI			465.19	milli-ohm	DC resistance of primary winding
PCOND_PRI			0.34	W	Conduction loss in primary winding
FILL_PRI			14	%	Fill factor (primary only)
<b>SEC WINDING 1 (lower winding when AC stacked)</b>					
VOUT			12	V	
NS1			5.0	turns	Number of turns
IRMS_SEC1			11.62	A	RMS current through winding
Foil/Wire	FOIL		FOIL	foil/wire	Select FOIL or WIRE for winding
OD/Thickness			0.125	mm	Wire diameter or Foil thickness
FILAR_SEC1			N/A	strands	Number of parallel strands (wire selection only)
SEC1_WIDTH			18	mm	Foil Width (Applicable if FOIL winding used)
SEC1_MLT			5.28	cm	Mean length per turn
DCR_SEC1			2.59	milli-ohms	DC resistance of secondary winding
PCOND_SEC1			0.35	W	Conduction loss in secondary winding
FILL_SEC1			16	%	Fill factor (secondary 1 only)
<b>SEC WINDING 2 (upper winding AC stacked)</b>					
VOUT			0	V	
NS2			0.0	turns	Number of turns
IRMS_SEC2			0.00	A	RMS current through winding
Foil/Wire	FOIL		FOIL	foil/wire	Select FOIL or WIRE for winding
OD/Thickness			0.125	mm	Wire diameter or Foil thickness
FILAR_SEC2			N/A	strands	Number of parallel strands (wire selection only)
SEC2_WIDTH			18	mm	Foil Width (Applicable if FOIL winding used)
SEC2_MLT			5.28	cm	Mean length per turn
DCR_SEC2			0.00	milli-ohms	DC resistance of secondary winding
PCOND_SEC2			0.00	W	Conduction loss in secondary winding
FILL_SEC2			0	%	Fill factor (secondary 1 only)
<b>Total main transformer</b>					
FILL_TOTAL			30	%	Total transformer fill factor
TOTAL_CU_LOSS			0.7	W	Total copper losses in transformer
TOTAL_CORE_LOSS			3.0	W	Total core losses in transformer
TOTAL_TRF_LOSS			3.7	W	Total losses in transformer
<b>DUTY CYCLE VALUES (REGULATION)</b>					
DVMIN			0.57		Duty cycle at minimum DC input voltage
DVNOM			0.45		Duty cycle at nominal DC input voltage
DVMAX			0.41		Duty cycle at maximum DC input voltage
DOVOFF MIN			0.32		Duty cycle at overvoltage DC input voltage(DOVOFF_MIN)
<b>MAXIMUM DUTY CYCLE VALUES</b>					
DMAX_UVOFF_MIN			0.65		Max duty cycle clamp at VUVOFF_MIN
DMAX_VMIN			0.60		Max duty clamp cycle at VMIN
DMAX_VNOM			0.56		Max duty clamp cycle at VNOM
DMAX_VMAX			0.51		Max duty clamp cycle at VMAX
DMAX_OVOFFMIN			0.41		Max duty clamp cycle at VOVOFF_MAX



CURRENT WAVESHAPES PARAMETERS					
IP			1.49	A	Maximum peak primary current at maximum DC input voltage
IP_PEAK			1.49	A	Peak primary current at Peak Output Power and max DC input voltage
IPRMS(NOM)			0.85	A	Nominal primary RMS current at nominal DC input voltage
OUTPUT INDUCTOR OUTPUT PARAMETERS					
KDI_ACTUAL			0.31		Current ripple factor of combined Main and Output2 outputs
Core Type	Kool Mu 125u		Kool Mu 125u		Select core type
Core	77350(O.D)=24.3		77350(O.D)=24.3		Coupled Inductor - Core size
AE			38.80	mm^2	Core Effective Cross Sectional Area
LE			58.80	mm	Core Effective Path Length
AL			105.00	nH/T^2	Ungapped Core Effective Inductance
BW			43.26	mm	Bobbin Physical Winding Width
VE			2280.00	mm^3	Volume of core
Powder cores (Sendust and Powdered Iron) Cores					
MUR			125.00		Relative permeability of material
H			55.49	AT/cm	Magnetic field strength
MUR_RATIO			0.29		Percent of permeability as compared to permeability at H = 0 AT/cm
LMAIN_ACTUAL			12.1	uH	Estimated inductance of main output at full load
LMAIN_Obias			42.00	uH	Estimated inductance of main output with 0 DC bias
LOUT2			0.00	uH	Estimated inductance of auxiliary output at full load
BM_IND			2534.69	Gauss	DC component of flux density
BAC_IND			388.82	Gauss	AC component of flux density
Turns					
INDUCTOR TURNS MULTIPLIER			3.00		Multiplier factor between main number of turns in transformer and inductor (default value = 3)
NMAIN_INDUCTOR	20		20.00		Main output inductor number of turns
NOUT2_INDUCTOR			0.00		Output 2 inductor number of turns
NOUT4_INDUCTOR			N/A		Bias output inductor number of turns (for bias or control circuit VDD supply)
Ferrite Cores					
LMAIN_ACTUAL			N/A	uH	Estimated inductance of main output
LOUT2			N/A	uH	Estimated inductance of aux output
LG			N/A	mm	Gap length of inductor cores
Target BM			N/A	Gauss	Target maximum flux density
BM_IND			N/A	Gauss	Estimated maximum operating flux density
BAC_IND			N/A	Gauss	AC flux density
Turns					
NMAIN_INDUCTOR			N/A		Main output inductor number of turns
NAUX_INDUCTOR			N/A		Aux output inductor number of turns
N_BIAS			N/A		Aux output inductor number of turns
Wire Parameters					
Total number of layers			1.03		Total number of layers for chosen toroid
IRMS_MAIN			15.02	A	RMS current through main inductor windings
IRMS_AUX			0.00	A	RMS current through aux winding
AWG_MAIN	18		18.00	AWG	Main inductor winding wire gauge
OD_MAIN			1.09	mm	Main winding wire gauge outer



					diameter
FILAR_MAIN			2.00		Number of parallel strands for main output
RDC_MAIN			6.74	mohm	Resistance of wire for main inductor winding
AC Resistance Ratio (Main)			3.78		Ratio of total resistance (AC + DC) to the DC resistance (using Dowell curves)
CMA_MAIN			216.57	CMA	Cir mils per amp for main inductor winding
J_MAIN			15.96	A/mm <sup>2</sup>	Current density in main inductor winding
AWG_AUX			0.00	AWG	Aux winding wire gauge
OD_MAIN			N/A	mm	Auxiliary winding wire gauge outer diameter
FILAR_AUX			2.00		Number of parallel strands for aux output
RDC_AUX			0.00	mohm	Resistance of wire for aux inductor winding
AC Resistance Ratio (Aux)			0.00		Ratio of total resistance (AC + DC) to the DC resistance (using Dowell curves)
CMA_AUX		<i>Info</i>	0.00	CMA	!!! Info. Low CMA may cause overheating. Verify acceptable temperature rise
J_AUX			0.00	A/mm <sup>2</sup>	Current density in auxiliary winding
<b>Estimated Power Loss</b>					
PCOPPER_MAIN			1.52	W	Copper loss in main inductor winding
PCOPPER_AUX			0.00	W	Copper loss in aux inductor windings
PCORE			0.43	W	Total core loss
PTOTAL_IND			1.95	W	Total losses in output choke
<b>SECONDARY OUTPUT PARAMETERS</b>					
ISFWRMS			11.62	A	Max. fwd sec. RMS current (at DVNOM)
ISFWD2RMS			0.00	A	Max. fwd sec. RMS current (at DVNOM)
ISCATCHRMS			12.83	A	Max. catch sec. RMS current (at DVNOM)
ISCATCH2RMS			0.00	A	Max. catch sec. RMS current (at DVNOM)
IDAVMAINF			8.59	A	Maximum average current, Main rectifier (single device rating)
IDAVMAINC			8.90	A	Maximum average current, Main rectifier (single device rating)
IDAVOUT2F			0.00	A	Maximum average current, Main rectifier (single device rating)
IDAVOUT2C			0.00	A	Maximum average current, Main rectifier (single device rating)
IRMSMAIN			1.33	A	Maximum RMS current, Main output capacitor
IRMSOUT2			0.00	A	Maximum RMS current, Out2 output capacitor
PD_LOSS_MAIN			6	W	main diode loss
PD_LOSS_OUT2			0	W	output 2 diode loss
	% Derating				
VPIVMAINF	100%		44.5	V	Main Forward Diode peak-inverse voltage (at VDSOP)
VPIVMAINC	100%		32.8	V	Main Catch Diode peak-inverse voltage (at VOVOFF_MAX)



VPIVOUT2F	100%		0.0	V	Output2 Forward Diode peak-inverse voltage (at VDSOP)
VPIVOUT2C	100%		0.0	V	Output2 Catch Diode peak-inverse voltage (at VOVOFF_MAX)
VPIVB	100%		0.0	V	Bias output rectifier peak-inverse voltage (at VDSOP)
<b>Hiper-TFS STANDBY SECTION (FLYBACK STAGE)</b>					
<b>ENTER APPLICATION VARIABLES</b>					
VACMIN	85			V	Minimum AC Input Voltage
VACMAX	265			V	Maximum AC Input Voltage
fL	50			Hz	AC Mains Frequency
VO_SB	12.00			V	Output Voltage (at continuous power)
IO_SB	0.83			A	Power Supply Output Current (corresponding to peak power)
IO_SB_PK	0.83				Peak output current
POUT_SB			9.96	W	연속 출력 전력
POUT_SB_TOTAL			10.28	W	Total Standby power (Includes Bias winding power)
POUT_SB_PK			9.96	W	Peak Standby Output Power
n	0.80				Efficiency Estimate at output terminals. Under 0.7 if no better data available
Z	0.50				Z Factor. Ratio of secondary side losses to the total losses in the power supply. Use 0.5 if no better data available
tC	3.00			ms	Bridge Rectifier Conduction Time Estimate
<b>ENTER Hiper-TFS STANDBY VARIABLES</b>					
Select Current Limit	<b>STD</b>		Standard Current Limit		Enter "LOW" for low current limit, "RED" for reduced current limit (sealed adapters), "STD" for standard current limit or "INC" for increased current limit (peak or higher power applications)
ILIM_MIN			0.605	A	Minimum Current Limit
ILIM_TYP			0.650	A	Typical Current Limit
ILIM_MAX			0.696	A	Maximum Current Limit
R(EN)			232.0	k-ohms	Enable pin resistor
fSmin			124000	Hz	Minimum Device Switching Frequency
I <sup>2</sup> fmin			50.19	A <sup>2</sup> kHz	I <sup>2</sup> f (product of current limit squared and frequency is trimmed for tighter tolerance)
VOR	100.00		100	V	Reflected Output Voltage (VOR < 135 V Recommended)
VDS			10	V	Hiper-TFS Standby On State Drain to Source Voltage
VD_SB			0.7	V	Output Winding Diode Forward Voltage Drop
KP			1.55		Ripple to Peak Current Ratio (KP < 6)
KP_TRANSIENT			1.27		Transient Ripple to Peak Current Ratio. Ensure KP_TRANSIENT > 0.25
<b>ENTER BIAS WINDING VARIABLES</b>					
VB			16.00	V	Bias Winding Voltage
IB			20.00	mA	Bias winding Load current
PB			0.32	W	Bias winding power
VDB			0.70	V	Bias Winding Diode Forward Voltage Drop



NB			15.00		Bias Winding Number of Turns
VZOV			22.00	V	Overvoltage Protection zener diode voltage.
<b>UVLO VARIABLES</b>					
RLS			3.92	M-Ohms	Line sense resistor (from Main converter section)
V_UV_ACTUAL			100	V	Typical DC start-up voltage
<b>ENTER TRANSFORMER CORE/CONSTRUCTION VARIABLES</b>					
Core Type	EE16		EE16		Enter Transformer Core
AE			0.192	cm <sup>2</sup>	Core Effective Cross Sectional Area
LE			3.5	cm	Core Effective Path Length
AL			1140	nH/T <sup>2</sup>	Ungapped Core Effective Inductance
BW			8.6	mm	Bobbin Physical Winding Width
M			0	mm	Safety Margin Width (Half the Primary to Secondary Creepage Distance)
L	3.00		3		Number of Primary Layers
NS_SB	11		11		Number of Secondary Turns
<b>DC INPUT VOLTAGE PARAMETERS</b>					
VMIN_SB			114.01	V	Minimum DC Input Voltage
VMAX_SB			374.77	V	Maximum DC Input Voltage
<b>CURRENT WAVEFORM SHAPE PARAMETERS</b>					
DMAX_SB			0.36		Duty Ratio at full load, minimum primary inductance and minimum input voltage
I AVG			0.12	A	Average Primary Current
IP_SB			0.6045	A	Minimum Peak Primary Current
IR_SB			0.6045	A	Primary Ripple Current
IRMS_SB			0.24	A	Primary RMS Current
<b>TRANSFORMER PRIMARY DESIGN PARAMETERS</b>					
LP_SB			491.12	uH	Typical Primary Inductance. +/- 10% to ensure a minimum primary inductance of 446 uH
LP_TOLERANCE			10	%	Primary inductance tolerance
NP_SB			87		Primary Winding Number of Turns
ALG			65	nH/T <sup>2</sup>	Gapped Core Effective Inductance
BM			2054	Gauss	Maximum Operating Flux Density, BM<3000 is recommended
BAC			1027	Gauss	AC Flux Density for Core Loss Curves (0.5 X Peak to Peak)
ur			1654		Relative Permeability of Ungapped Core
LG			0.35	mm	Gap Length (Lg > 0.1 mm)
BWE			25.8	mm	Effective Bobbin Width
OD			0.298	mm	Maximum Primary Wire Diameter including insulation
INS			0.05	mm	Estimated Total Insulation Thickness (= 2 * film thickness)
DIA			0.246	mm	Bare conductor diameter
AWG			31	AWG	Primary Wire Gauge (Rounded to next smaller standard AWG value)
CM			81	Cmils	Bare conductor effective area in circular mils
CMA			334	Cmils/Amp	Primary Winding Current Capacity (200 < CMA < 500)
<b>TRANSFORMER SECONDARY DESIGN PARAMETERS</b>					
<b>Lumped parameters</b>					
ISP			4.76	A	Peak Secondary Current
ISRMS			2.03	A	Secondary RMS Current





IRIPPLE			1.85	A	Output Capacitor RMS Ripple Current
CMS			406	Cmils	Secondary Bare Conductor minimum circular mils
AWGS			24	AWG	Secondary Wire Gauge (Rounded up to next larger standard AWG value)
<b>VOLTAGE STRESS PARAMETERS</b>					
VDRAIN			605	V	Maximum Drain Voltage Estimate (Assumes 20% zener clamp tolerance and an additional 10% temperature tolerance)
PIVS			60	V	Output Rectifier Maximum Peak Inverse Voltage
<b>Other Losses</b>					
PCB trace losses			0.27	W	Estimated PCB trace losses
<b>Forward DC-DC System efficiency</b>					
TOTAL_MOSFET_LOSS			6.9	W	HiperTFS losses
TOTAL_TRF_LOSS			<b>3.69</b>	W	Main transformer losses
Output diode losses			<b>6.00</b>	W	Output diode losses
PLOSS_CIN			0.25	W	Bulk capacitor ESR losses
PTOTAL_IND			<b>1.95</b>	W	Output choke losses
Other Losses			<b>0.27</b>	W	Other losses (includes PCB traces, clamp loss, standby loss, magamp loss etc.)
효율			90.4%		Total system efficiency

**Note:** Main transformer outer limbs were gapped by using a 3M 74 tape in order to avoid the pulse skipping issue. Magnetizing inductance was brought down to 3.4 mH from 9 mH. Refer to main transformer specification section for details.



## 8 메인 트랜스포머(T1) 사양

### 8.1 전기적 구성도

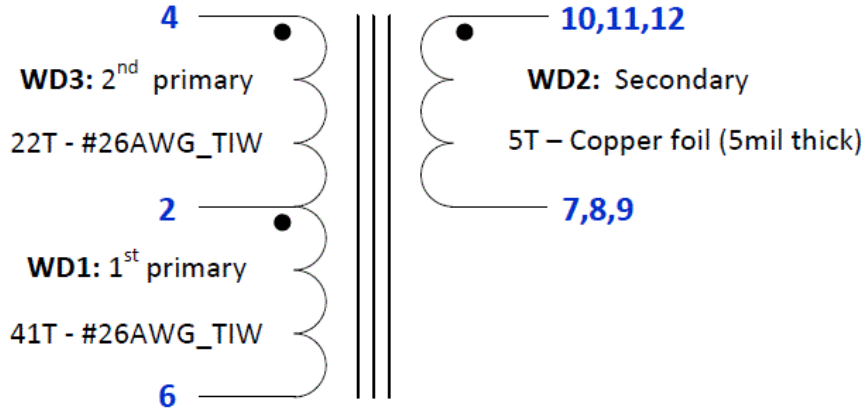


Figure 6 – Main 12 V Transformer (T1) Electrical Diagram.

### 8.2 전기적 사양

<b>Electrical Strength</b>	1 second, 60 Hz, from pins 4-6 to pins 7-12.	3000 VAC
<b>Primary Inductance</b>	Pins 4-6, all other windings open, measured at 100 kHz, 0.4 V <sub>RMS</sub> .	3.4 mH ±10%
<b>Resonant Frequency</b>	Pins 4-6, all other windings open.	450 kHz (Min.)
<b>Primary Leakage Inductance</b>	Pins 4-6, with pins 7-12 shorted, measured at 100 kHz, 0.4 V <sub>RMS</sub> .	16 µH max

### 8.3 재료

Item	Description
[1]	Core Pair: EF25, TDK PC44 material or equivalent, ungapped.
[2]	Bobbin: EF25-Vertical, 12 pins (6/6). Taiwan Shulin Enterprise TF-2554.
[3]	Tape: Polyester Film, 3M 1350F-1 or equivalent, 14.9 mm wide.
[4]	Tape: Polyester Film, 3M 1350F-1 or equivalent, 22 mm wide.
[5]	Copper Foil, 0.005" thick, 0.7" wide.
[6]	Tinned Solid Copper Bus Wire, #20 AWG.
[7]	Triple Insulated Wire, Furukawa Tex-E or equivalent, 26 #AWG.
[8]	Tape: Polyester Film, 3M 74, 0.5 mil thick, or equivalent. Cut into size: 7.0 mm x 3.5 mm.
[9]	Varnish: Dolph BC-359, or equivalent.



8.4 빌드 다이어그램

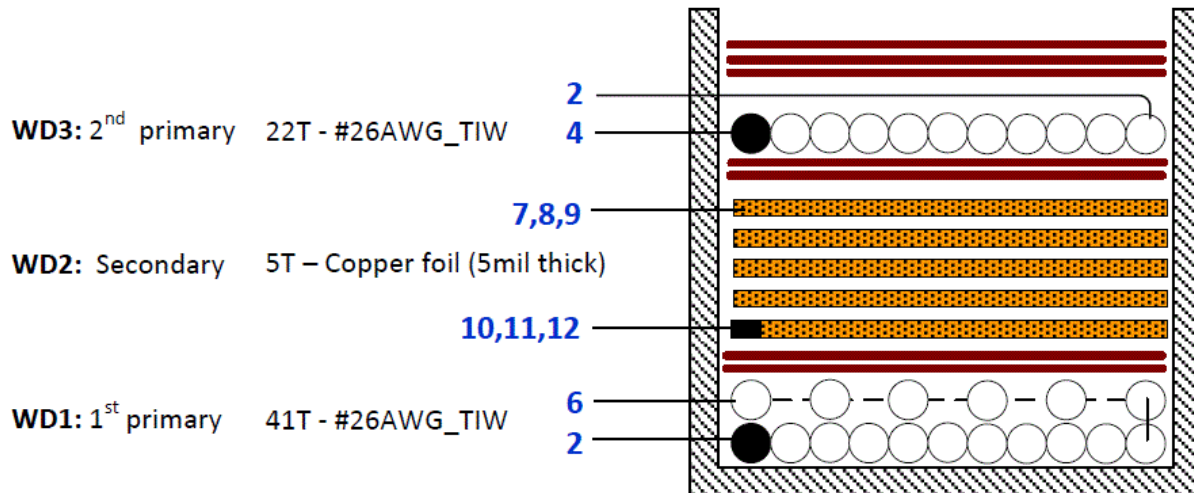


Figure 7 – Main Transformer Build Diagram.

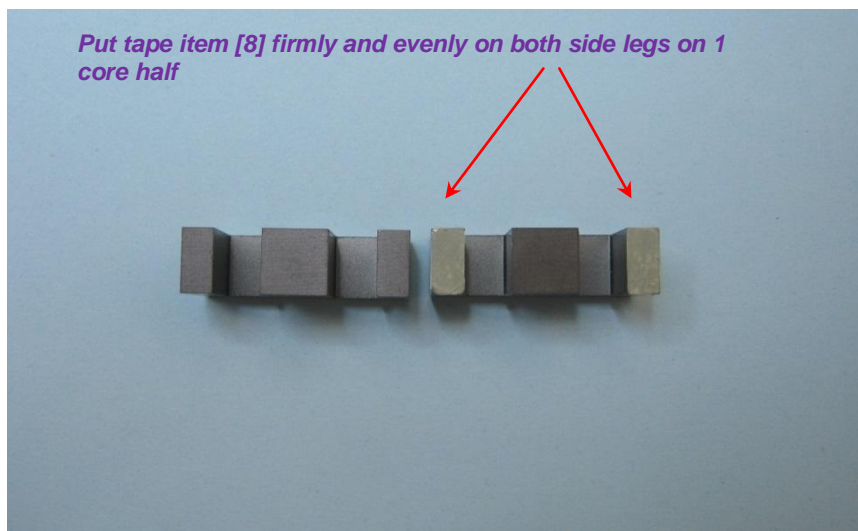


Figure 8 – Making Core Gap.

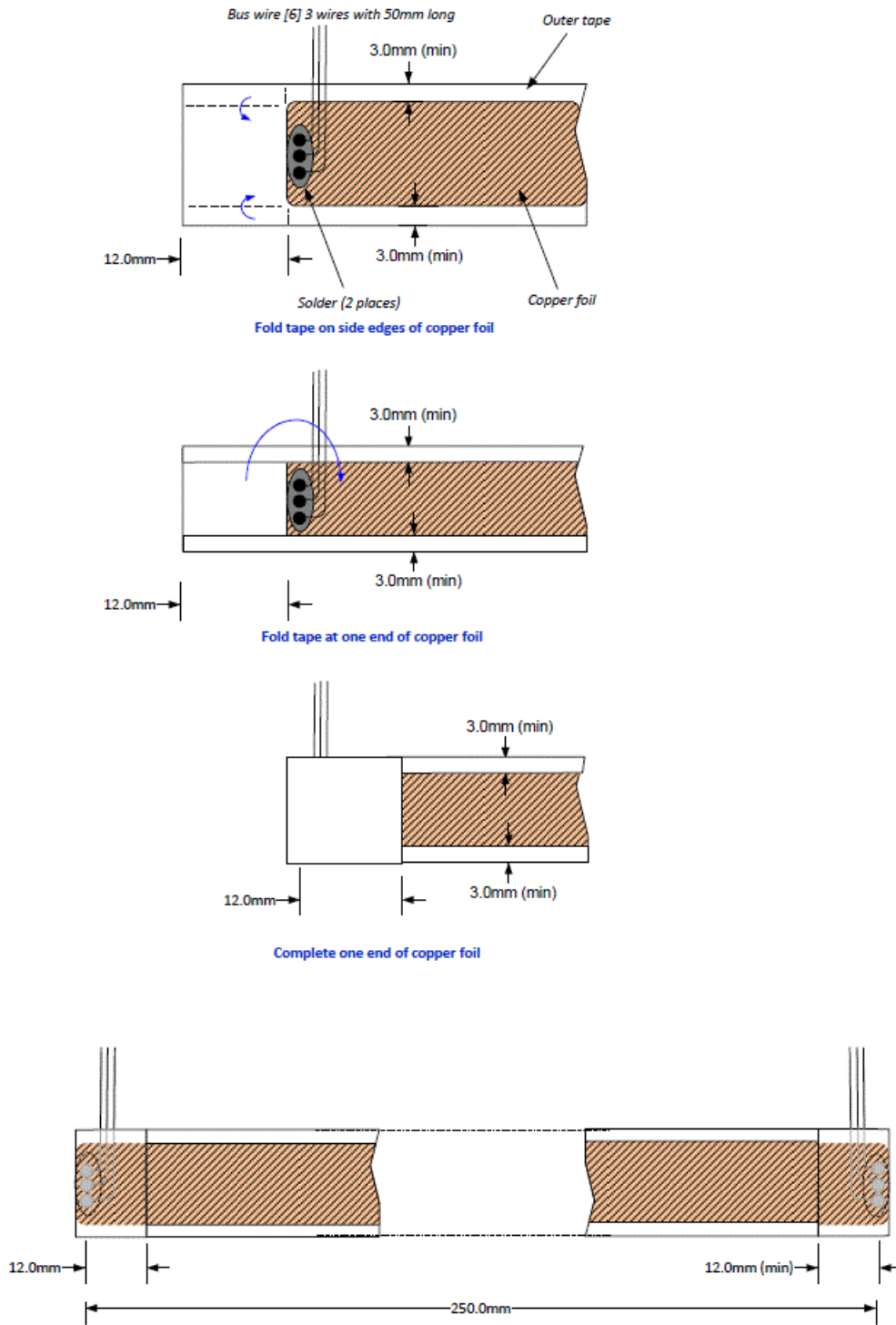


Figure 9 – Transformer Output Foil Construction Drawing.



## 8.5 빌드 지침

Assembly Step	Winding Instructions
<b>Primary (WDG1)</b>	Starting at pin 2, wind 41T of triple insulated wire (Item [7] in two layers. Finish at pin 6.
<b>Insulation</b>	Insulate using 2 layers of tape (item [3]).
<b>Secondary (WDG2)</b>	Using Items [4], [5], and [6], construct a 250 mm long cuffed foil assembly per Figure 8. Starting at pins 10, 11, and 12, wind 5 turns of foil, finishing at pins 7, 8, and 9.
<b>Insulation</b>	Apply 2 layers of tape (item [3]) for insulation.
<b>Primary (WDG3)</b>	Starting at pin 4, wind 22 turns of triple insulated wire (item [7]) in a single layer, finishing at pin 2.
<b>Insulation</b>	Apply three layers of tape (item [3]) for finish wrap.
<b>Final Assembly</b>	Use 2 pieces of tape item [8] press firmly, evenly on both side legs on 1 core half to create 0.5 mil core gap. (see Figure 8 above).

**Note:** If without transformer gapping, in this design it has been found there is a high-side driver pulse skipping issue. In this design, it happens at >400 VDC input and <3.5 A load on main 12 V channel, when there is a snubber circuit at the main transformer secondary output. Pulse skipping is avoided by gapping outer limbs of the transformer with the help of 0.5 mil thick tape.

Pulse skipping is caused due to drop in VDDH pin voltage. When there is not enough magnetizing current, high side source voltage doesn't reach ground during core reset period and bootstrap diode cannot charge high side VDDH bootstrap capacitor. With insufficient voltage on the VDDH pin, high side driver could skip pulses.

Pulse skipping is not necessarily present in all the designs. Depending on the load levels and snubber values, the conditions to have pulse skipping issue will vary as well.

Pulse skipping can be avoided by doing one of following options:

1. By providing gap on center limb of the transformer in order to reduce the magnetizing inductance (as used in this design).
2. By adding a high side bias winding.
3. Remove the secondary snubber and use high voltage diodes on the secondary.

Option 1 may result in slight efficiency degradation, especially on lighter load. Option 2 should not affect efficiency but it adds transformer cost. In option 3, if a snubber is not used, the output diode needs to have a higher voltage rating. This results in lower efficiency at full load.



## 9 출력 인덕터(L1) 사양

### 9.1 전기적 구성도

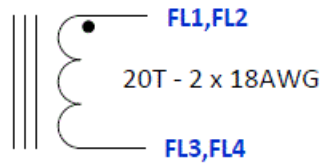


Figure 10 – Output Inductor Schematic Diagram.

### 9.2 전기적 사양

<b>Inductance</b>	Pins FL1-FL2, all other windings open, measured at 100 kHz, 0.4 V <sub>RMS</sub> .	41 μH ±15%
-------------------	--	------------

### 9.3 재료

Item	Description
[1]	Sendust Toroidal Core, 125μ: Magnetics, Inc. 77350-A7 or equivalent.
[2]	Magnet wire: #18 AWG Solderable Double Coated.



## 10 스탠바이 서플라이 트랜스포머(T2) 사양

### 10.1 전기적 구성도

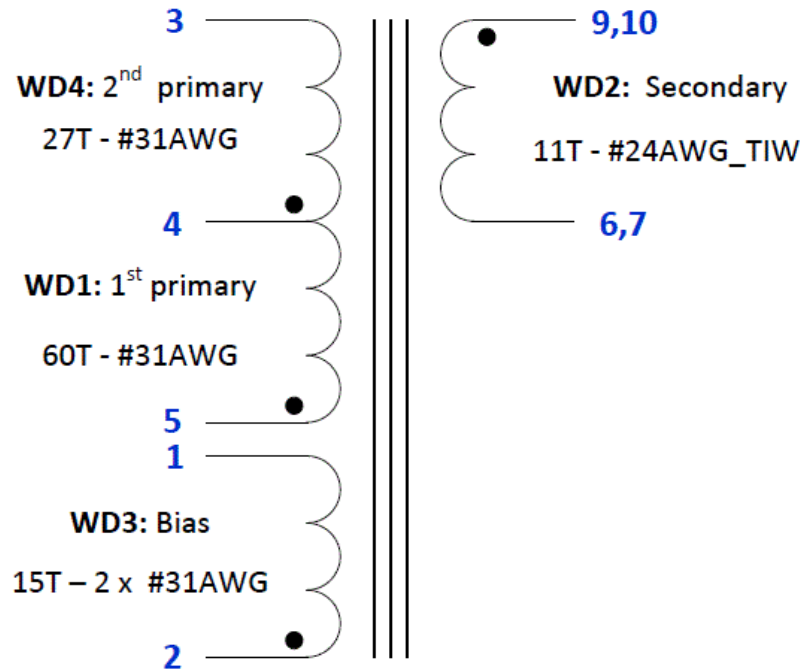


Figure 11 – Standby Transformer Electrical Diagram.

### 10.2 전기적 사양

<b>Electrical Strength</b>	1 second, 60 Hz, from pins 1-5 to pins 5-10.	3000 VAC
<b>Primary Inductance</b>	Pins 3-5, all other windings open, measured at 100 kHz, 0.4 V <sub>RMS</sub> .	491 μH ±10%
<b>Resonant Frequency</b>	Pins 3-5, all other windings open.	1 MHz (Min.)
<b>Primary Leakage Inductance</b>	Pins 3-5, with pins 6, 7, 9, 10 shorted, measured at 100 kHz, 0.4 V <sub>RMS</sub> .	13 μH (Max)

### 10.3 재료

Item	Description
[1]	Core: EE16, TDK PC44 material or equivalent, gapped for ALG 96 nH/T <sup>2</sup> .
[2]	Bobbin: EE16, Vertical, 10 pins (5/5). Yh Hwa YW-527-00B.
[3]	Tape: 3M 1350 F1 or equivalent, 10.8 mm wide.
[4]	Magnet wire: #31 AWG, double coated.
[5]	Triple Insulated Wire: Furukawa Tex-E or equivalent, #24 AWG.
[6]	Varnish: Dolph BC-359, or equivalent.



10.4 빌드 다이어그램

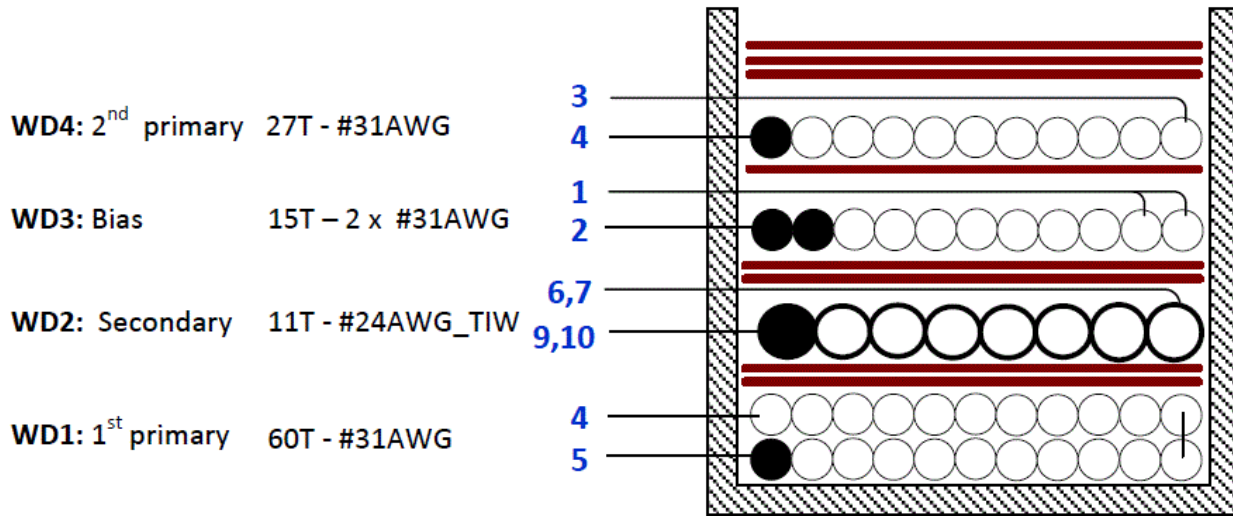


Figure 12 – Build Diagram for Standby Transformer.

10.5 빌드 지침

Assembly Step	Winding Instructions
<b>Primary (WDG1)</b>	Starting at pin 5, wind 60 T of wire (Item [4]) in two layers. Finish at pin 4.
<b>Insulation</b>	Insulate using 2 layers of tape (item [3]).
<b>Secondary (WDG2)</b>	Starting at pins 9 and 10, wind 11 turns of triple insulated wire (item [5]), finishing at pins 6 and 7.
<b>Insulation</b>	Apply 2 layers of tape (item [3]) for insulation.
<b>Primary Bias (WDG3)</b>	Starting at pin 2, wind 15 bifilar turns of wire (item [4]) in a single layer, finishing at pin 1.
<b>Insulation</b>	Apply one turn of tape (item [3]) for insulation.
<b>Primary (WDG4)</b>	Starting at pin 4, wind 27 turns of triple insulated wire (item [8]), finishing at pin 3.
<b>Insulation</b>	Apply three layers of tape (item [3]) for finish wrap.
<b>Final Assembly</b>	Grind core gap to specified inductance coefficient. Assemble bobbin and core halves, secure cores. Dip varnish (item [6]).



# 11 히트싱크 어셈블리

## 11.1 1 차측 히트싱크 판금

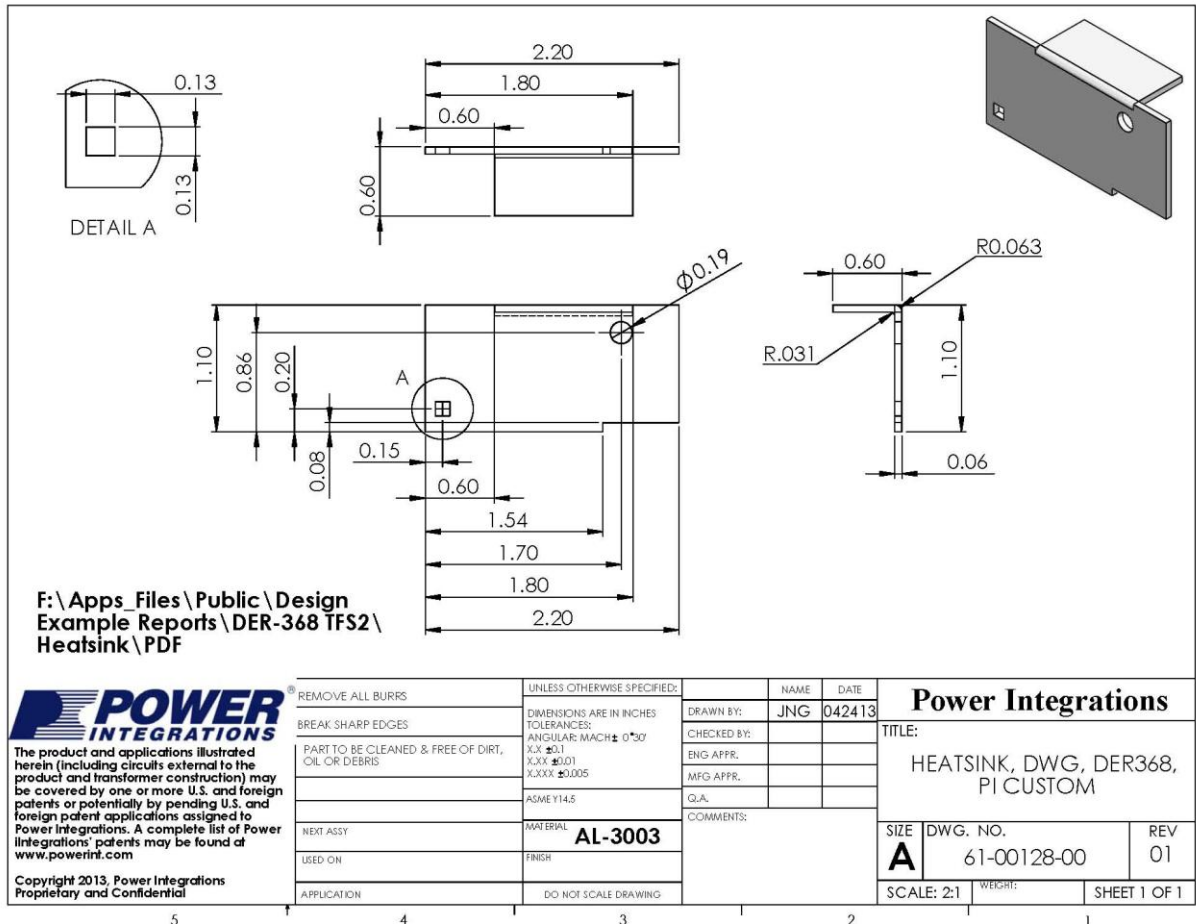


Figure 13 – Primary Heat Sink Sheet Metal Drawing.



11.2 완료된 1 차측 히트싱크

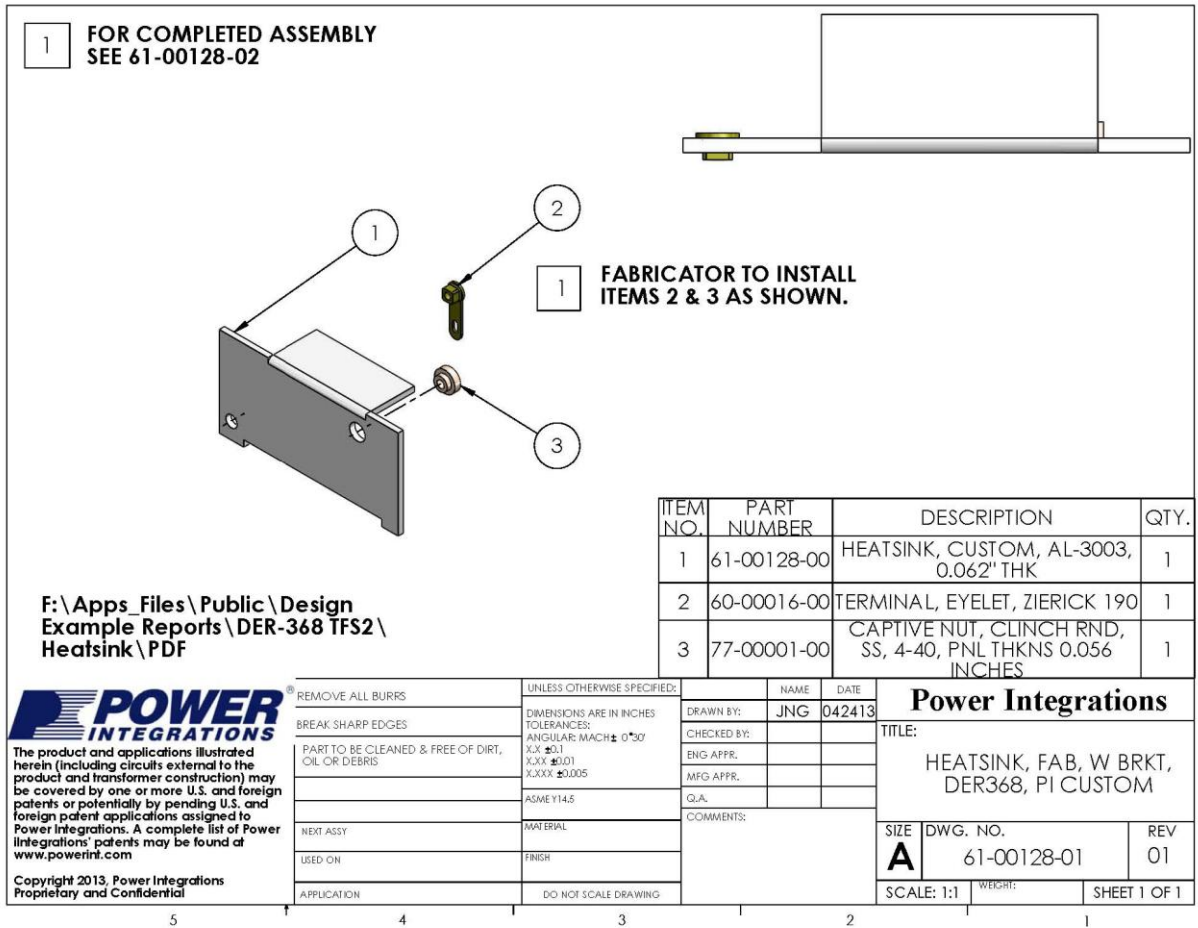


Figure 14 – Completed Primary Heat Sink.



11.3 1 차측 히트싱크 어셈블리

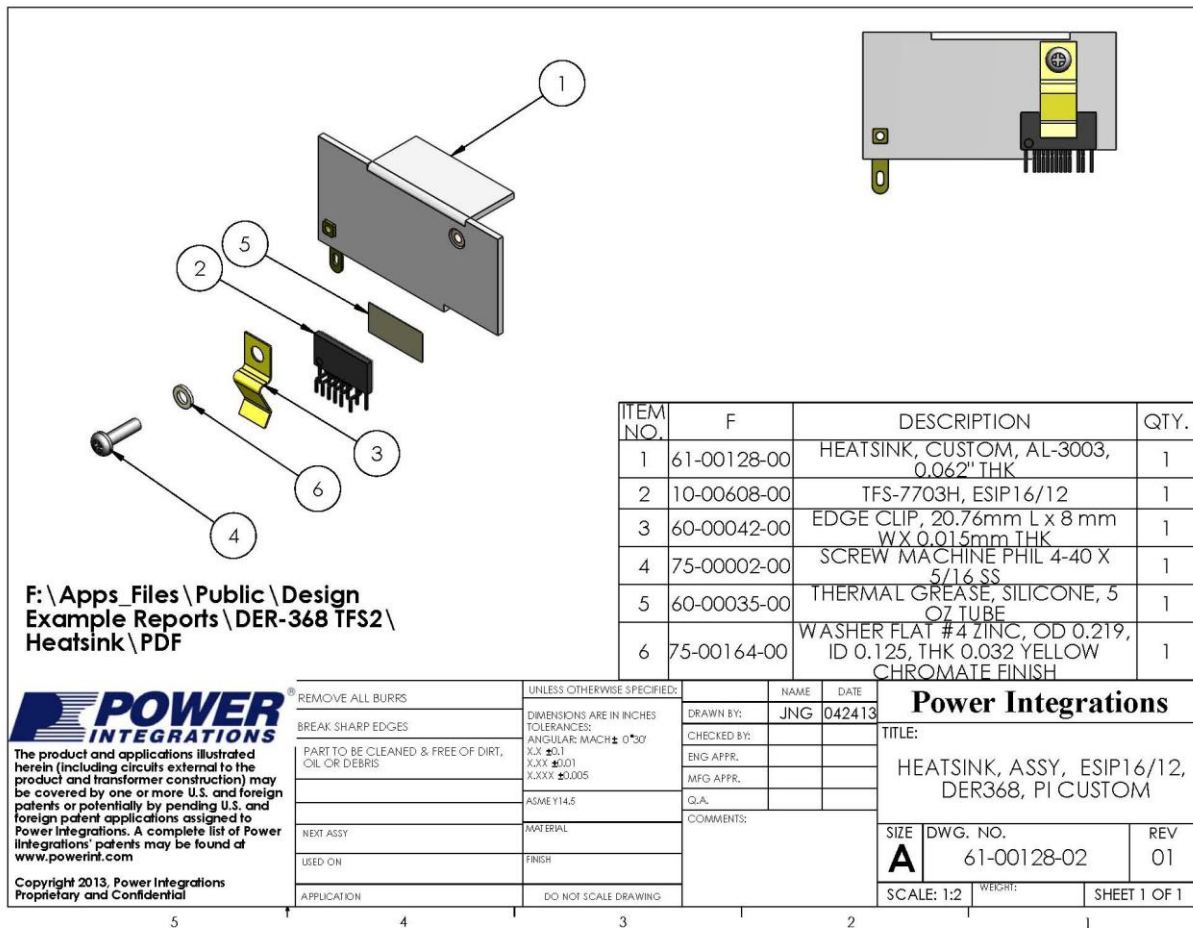


Figure 15 – Primary Heat Sink Assembly.



11.4 2 차측 히트싱크 판금

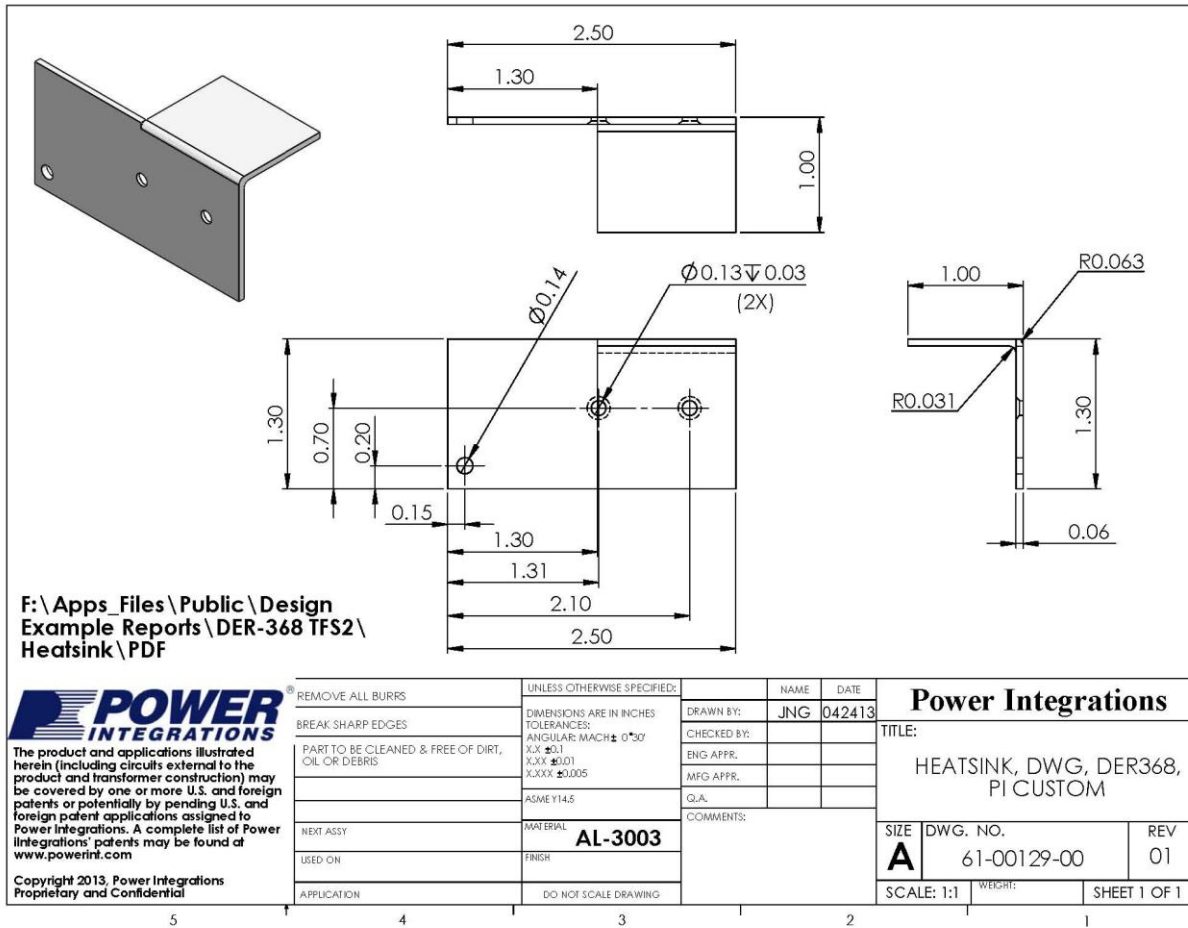


Figure 16 – Secondary Heat Sink Sheet Metal Drawing.



11.5 완료된 2 차측 히트싱크

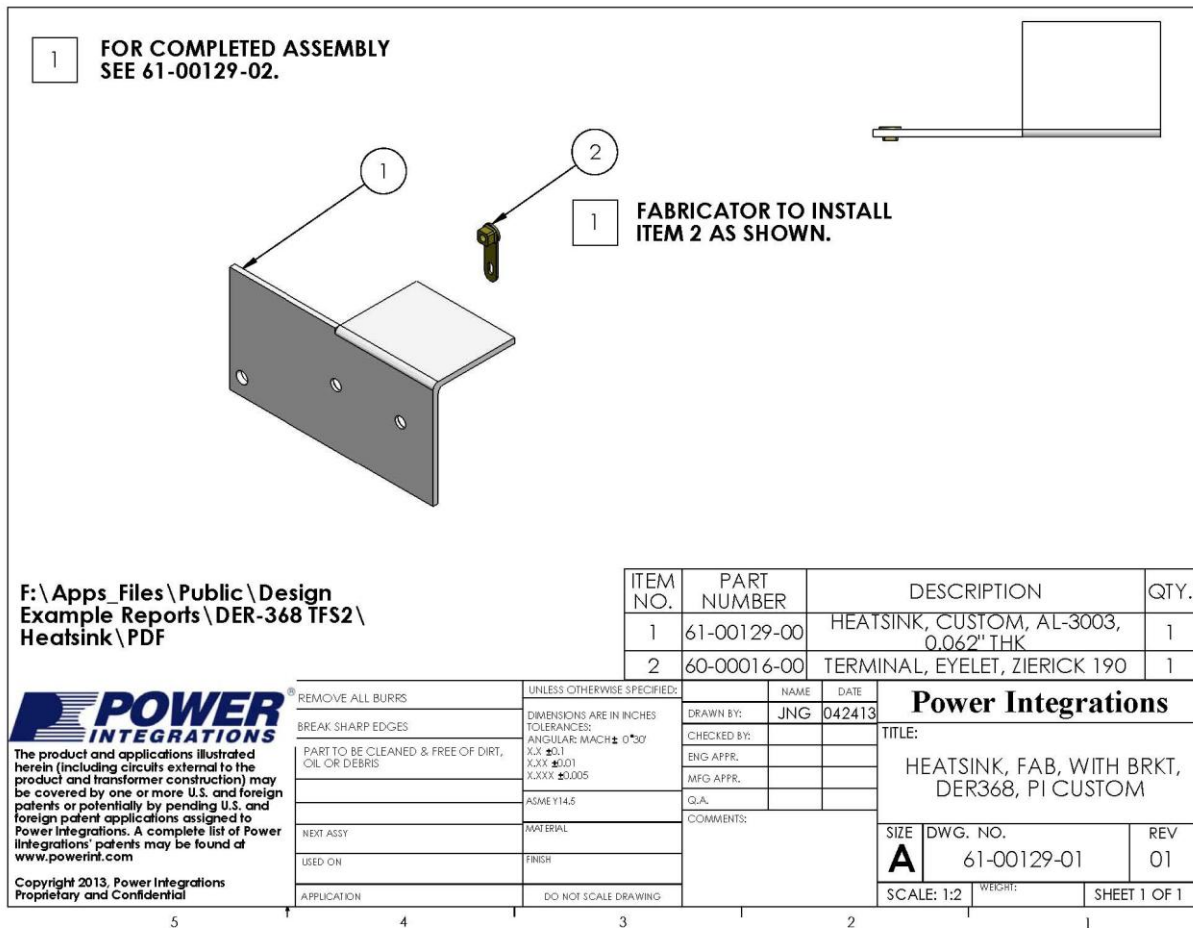


Figure 17 – Completed Secondary Heat Sink.



11.6 2 차측 히트싱크 어셈블리

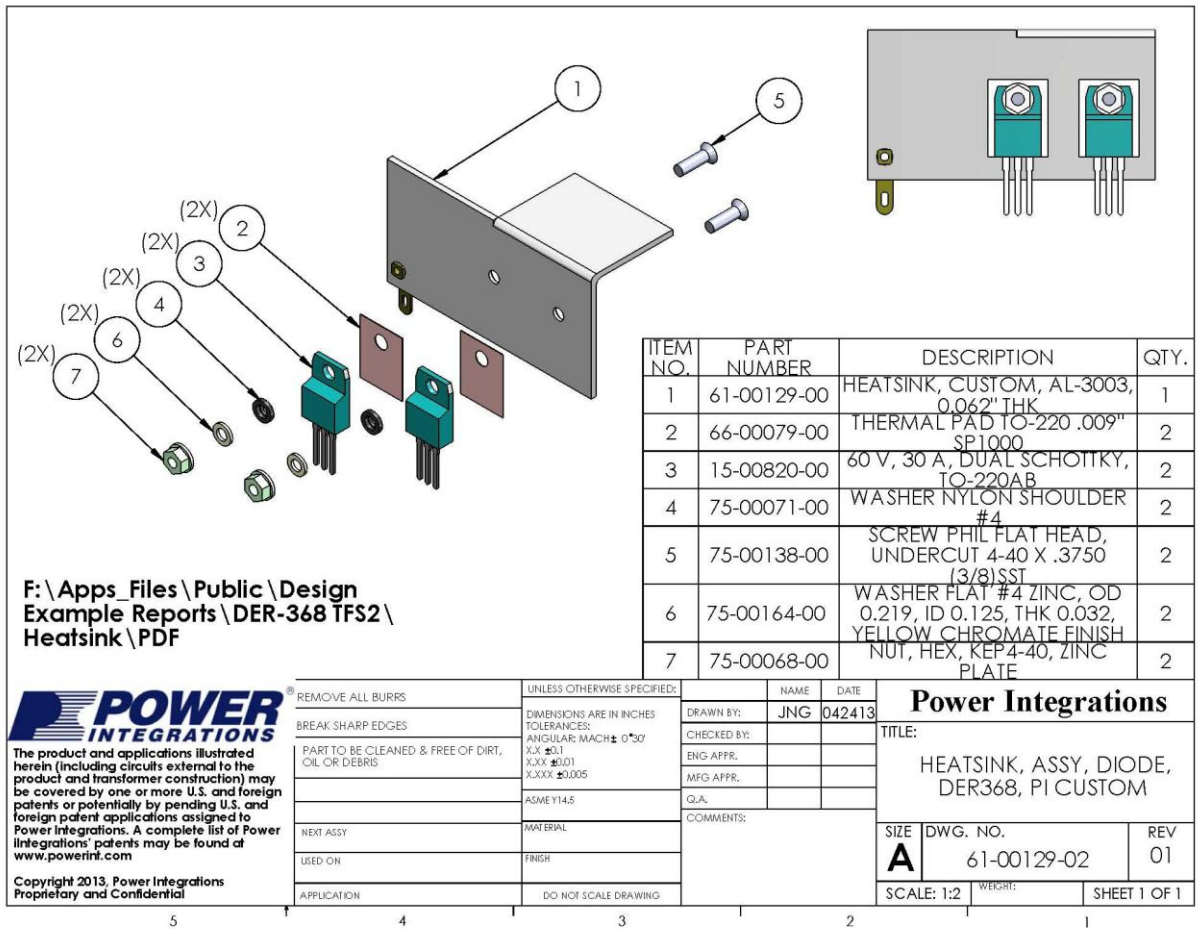


Figure 18 – Secondary Heat Sink Assembly.





## 12 성능 측정값

### 12.1 효율

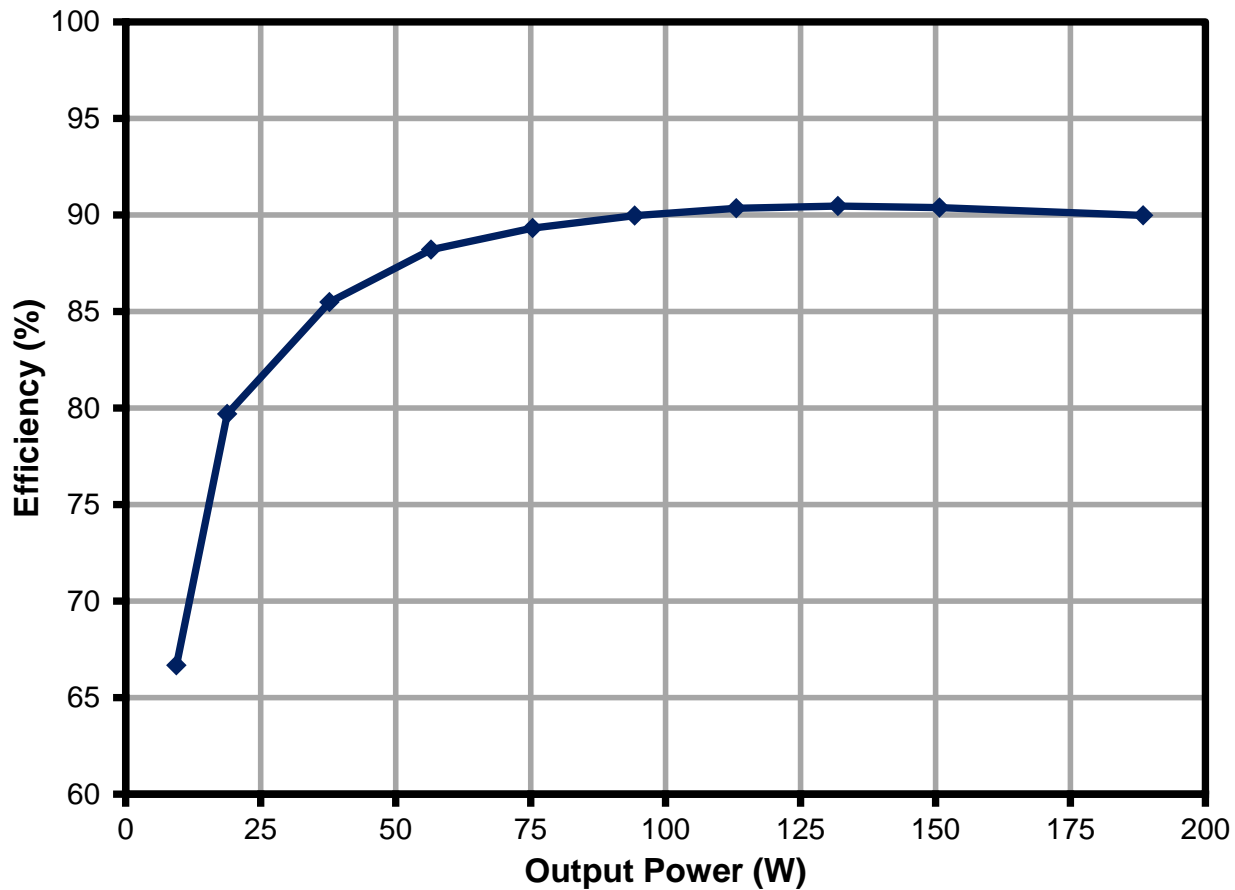


Figure 19 – Efficiency vs. Output load Percentage, Main + Standby Outputs.





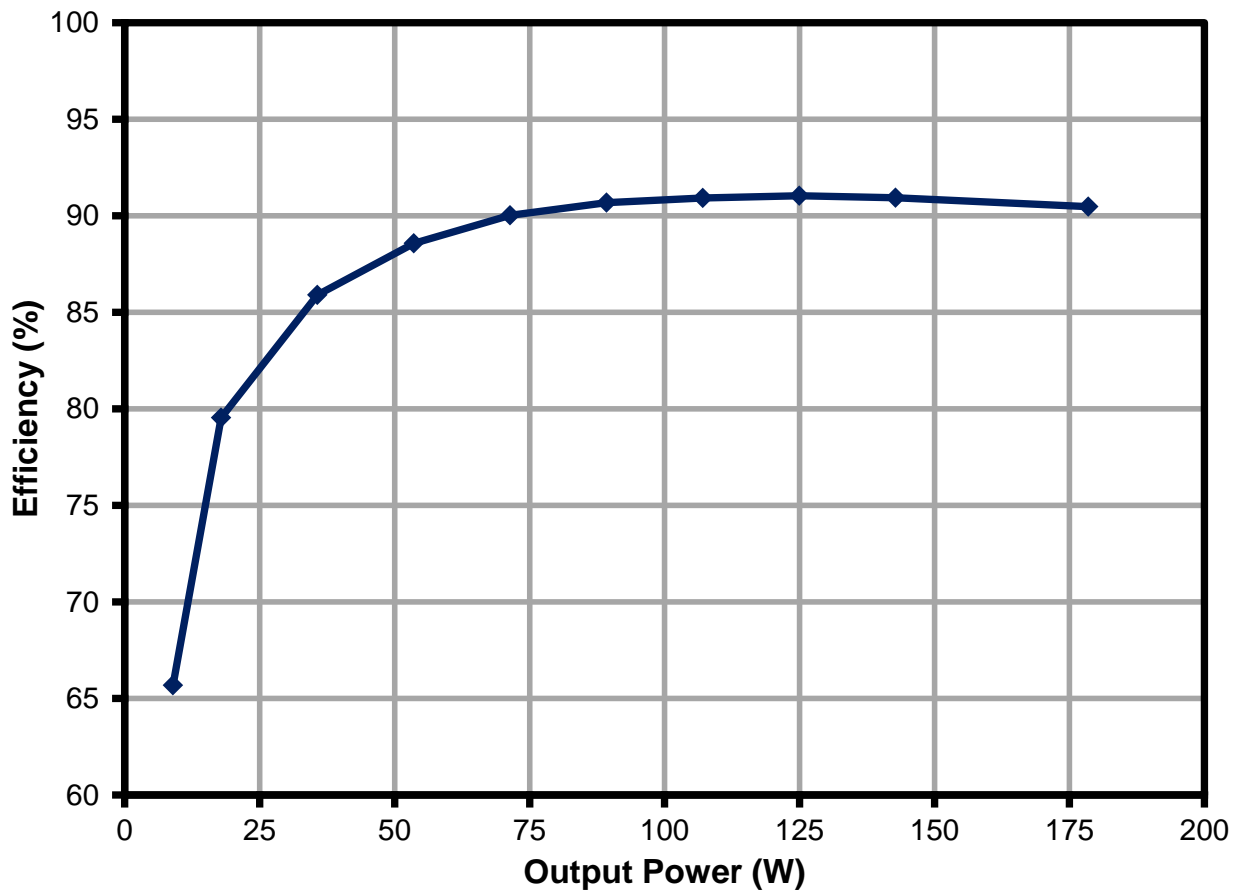


Figure 20 – Main 12 V Output Efficiency vs. Output Power, 380 VDC Input, Standby Output Unloaded.



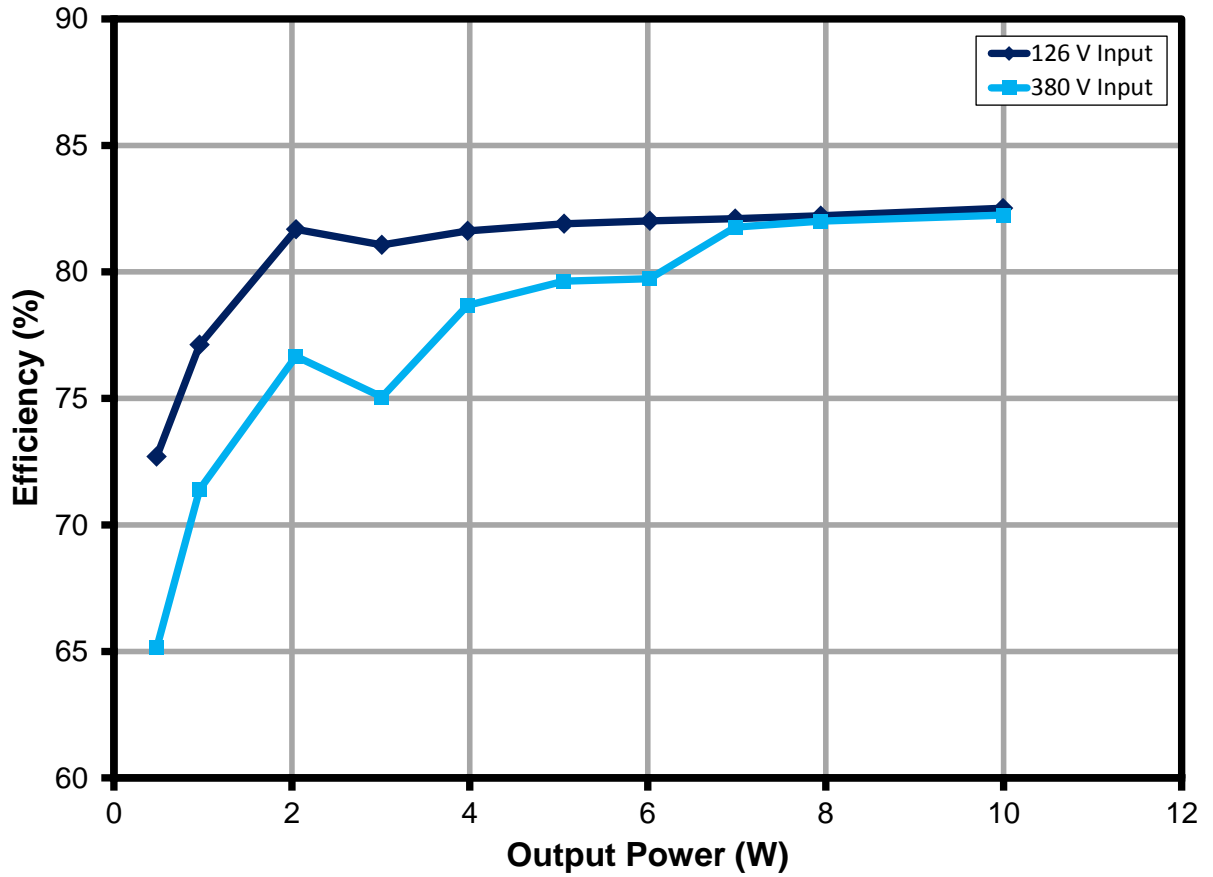


Figure 21 – Standby Efficiency vs. Load.



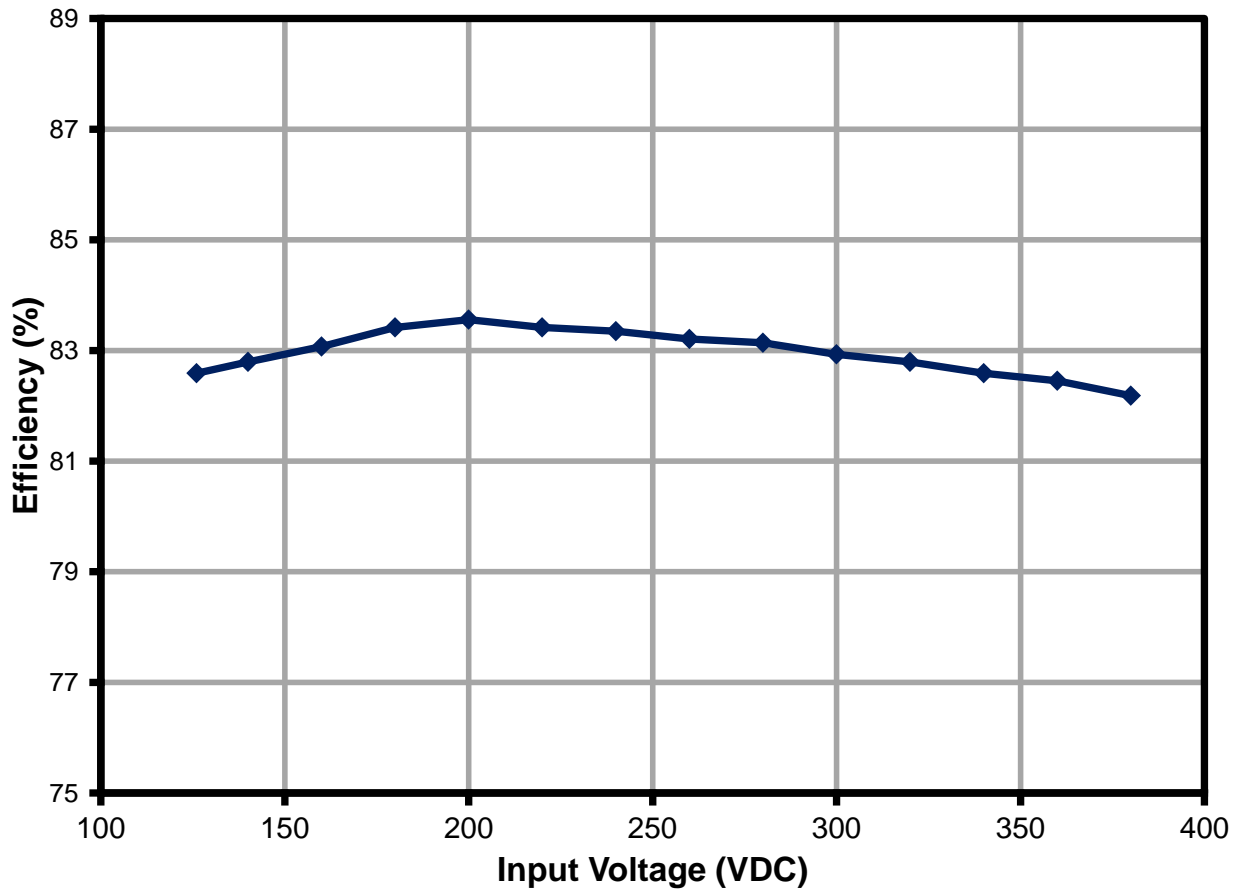


Figure 22 – Standby Efficiency vs. Input Voltage, 100% Load.



12.2 무부하 시의 스탠바이 입력 전력

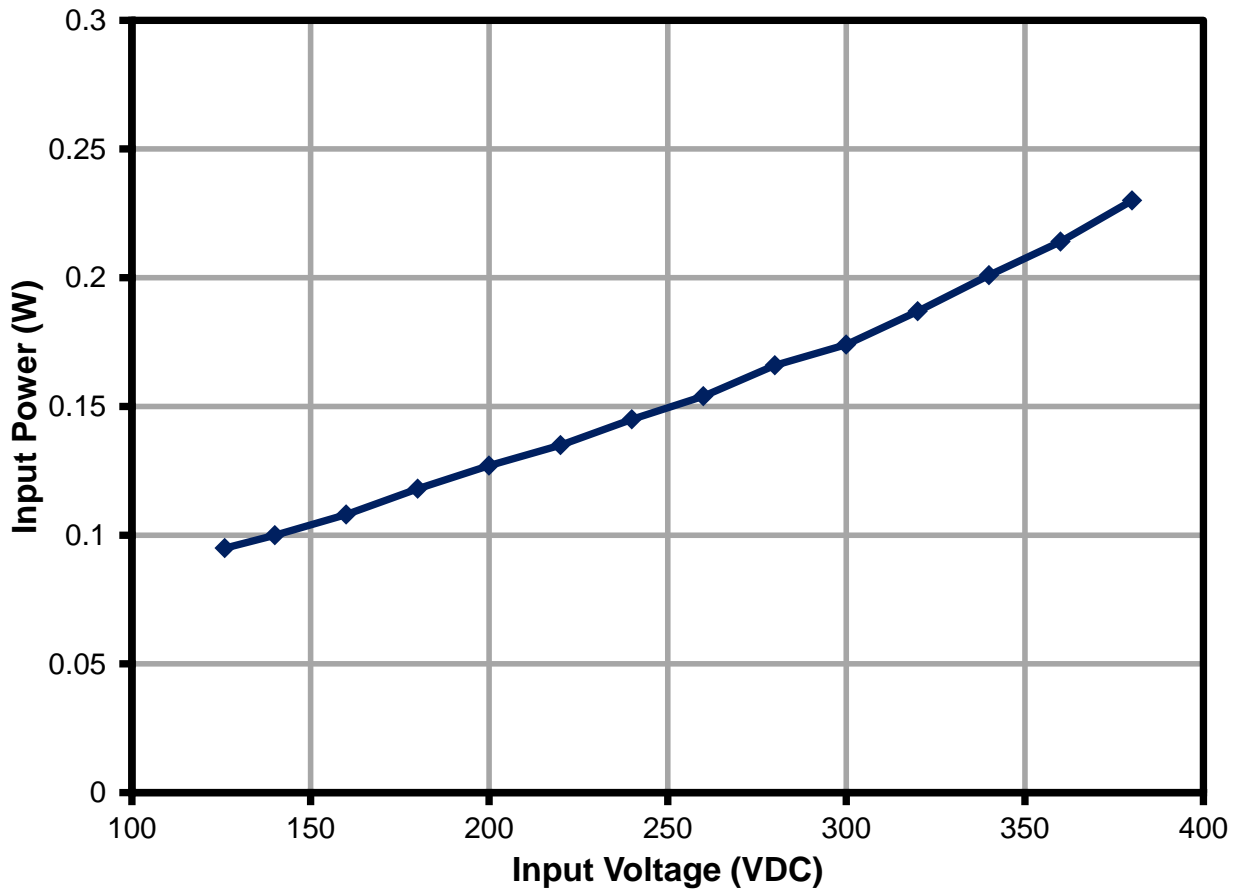


Figure 23 – Standby No-Load Input Power vs. Input Voltage.



### 12.3 레귤레이션

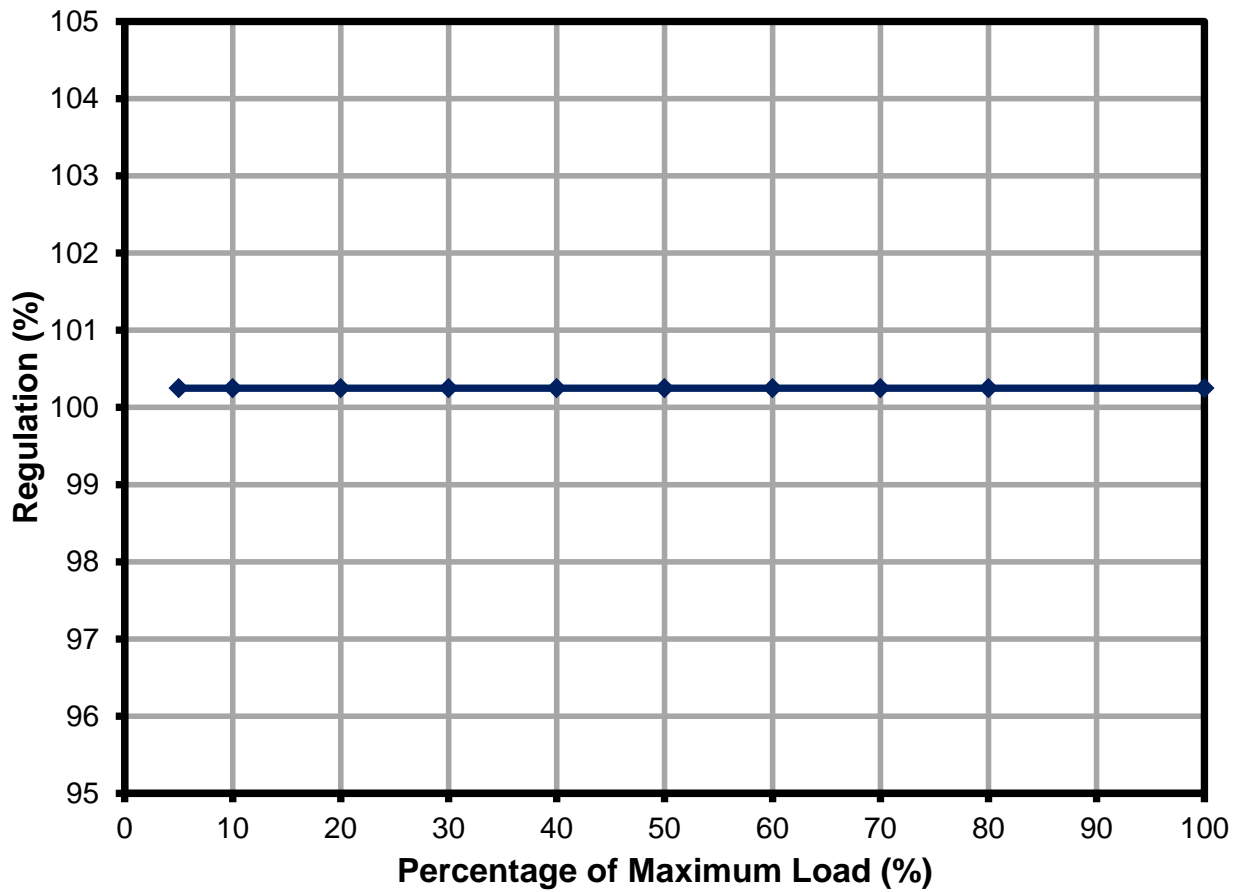


Figure 24 – Standby Supply Load Regulation, 380 VDC Input.



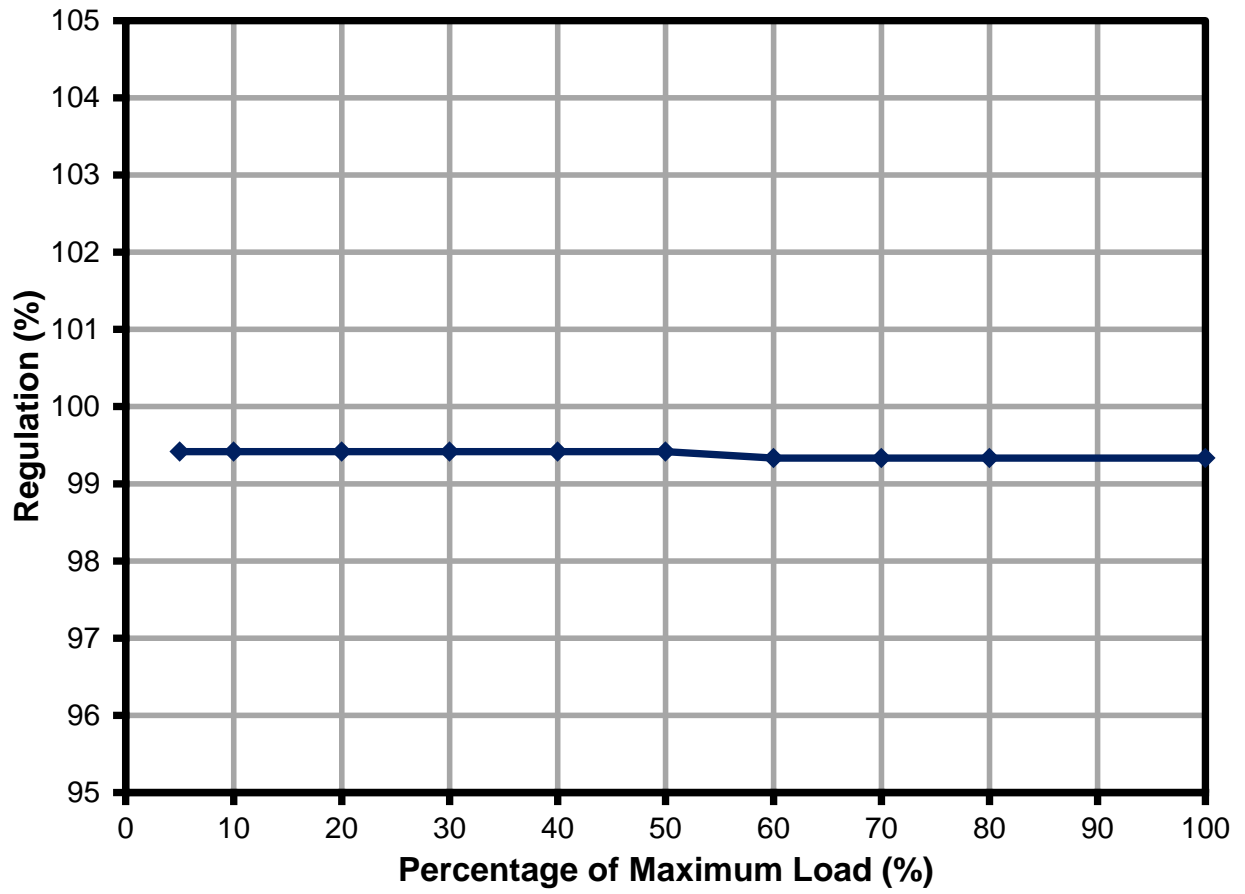
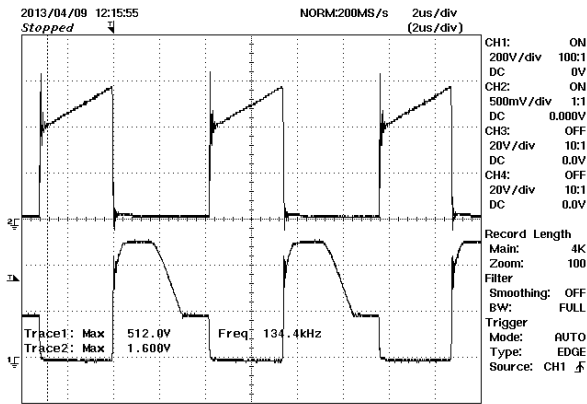


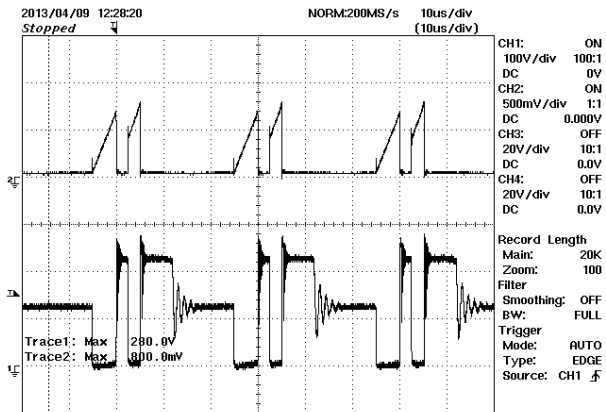
Figure 25 – Main Output Load Regulation, 380 VDC Input.



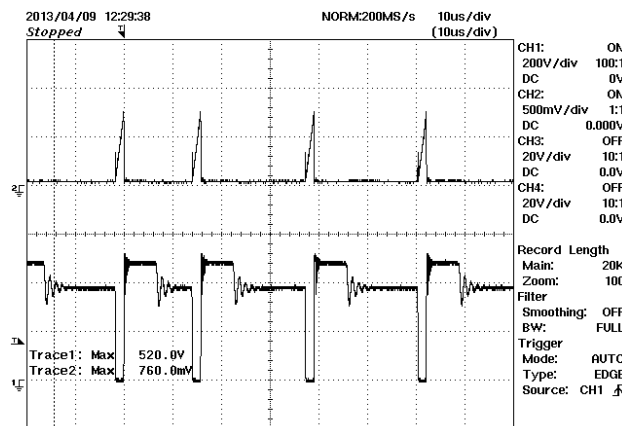
12.4 파형



**Figure 26** – Main Output Drain Voltage and Current, Full Load, 380 VDC Input.  
Upper:  $I_{DRAIN}$ , 0.5 A / div.  
Lower:  $V_{DRAIN}$ , 200 V, 2  $\mu$ s / div.



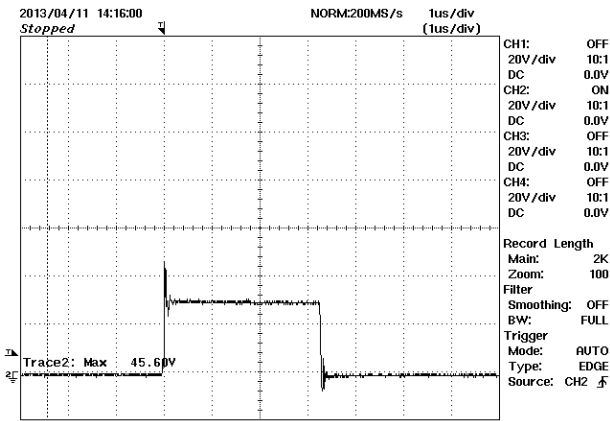
**Figure 27** – Standby Output Drain Voltage and Current, Full Load, 126 VDC (90 VAC equiv.) Input.  
Upper:  $I_{DRAIN}$ , 0.5 A / div.  
Lower:  $V_{DRAIN}$ , 100 V, 10  $\mu$ s / div.



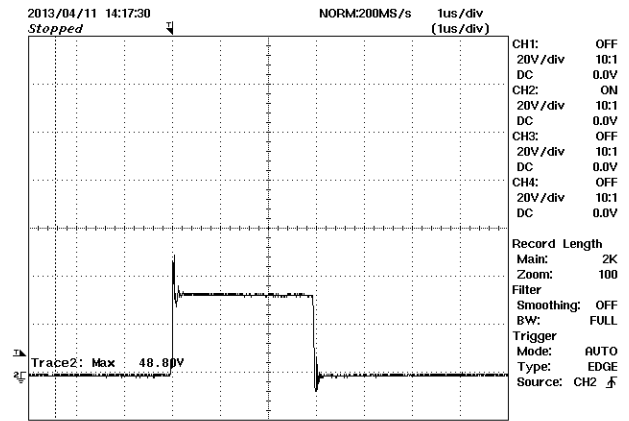
**Figure 28** – Standby Output Drain Voltage and Current, Full load, 380 VDC Input.  
Upper:  $I_{DRAIN}$ , 0.5 A / div.  
Lower:  $V_{DRAIN}$ , 200 V, 10  $\mu$ s / div.



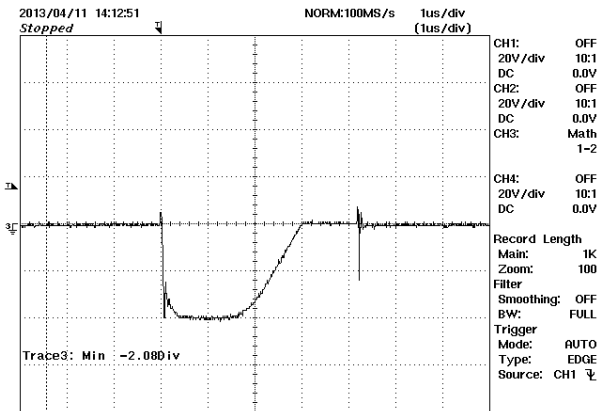
### 12.5 메인 출력 다이오드 피크 역 전압



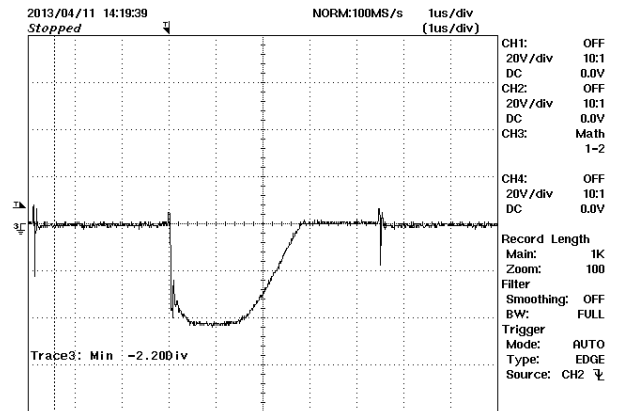
**Figure 29** – Main Output Catch Diode (D6) Reverse Voltage, 380 VDC Input, Full Load, 20 V, 1  $\mu$ s / div.



**Figure 30** – Main Output Catch Diode (D6) Reverse Voltage, 420 VDC Input, Full Load, 20 V, 1  $\mu$ s / div.



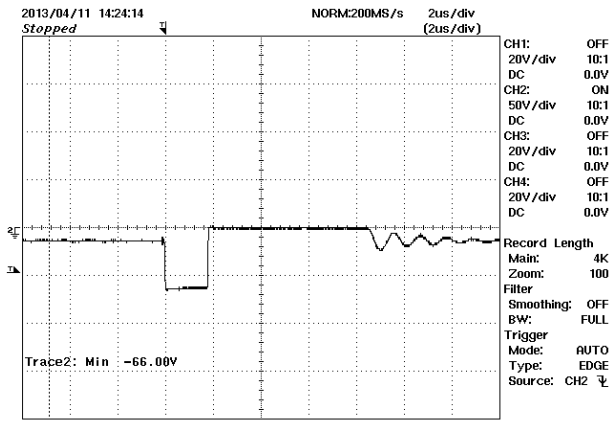
**Figure 31** – Main Output Forward Diode (D7) Reverse Voltage, 380 VDC Input, Full Load, 20 V, 1  $\mu$ s / div. PRV = 2.08 div. X 20 V / div. = 41.6 V



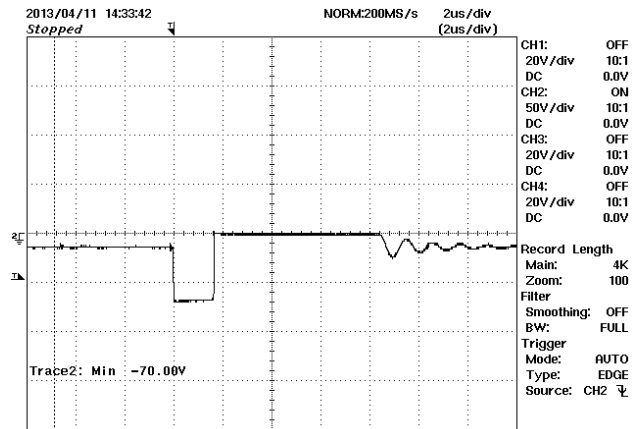
**Figure 32** – Main Output Forward Diode (D7) Reverse Voltage, 420 VDC Input, Full Load, 20 V, 1  $\mu$ s / div. PRV = 2.2 div. X 20 V / div. = 44 V







**Figure 33** – Standby Output Rectifier Diode (D16) Reverse Voltage, 380 VDC Input, Full Load, 50 V, 2  $\mu$ s / div.



**Figure 34** – Standby Output Rectifier Diode (D16) Reverse Voltage, 420 VDC Input, Full Load, 50 V, 2  $\mu$ s / div.



12.6 스타트업 및 홀드업

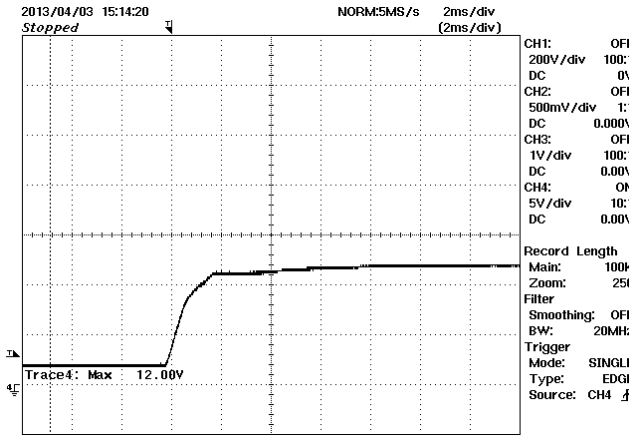


Figure 35 – 12 V Main Output Start-up, Full Load, 380 VDC Input, Resistive Load, 5 V, 2 ms / div.

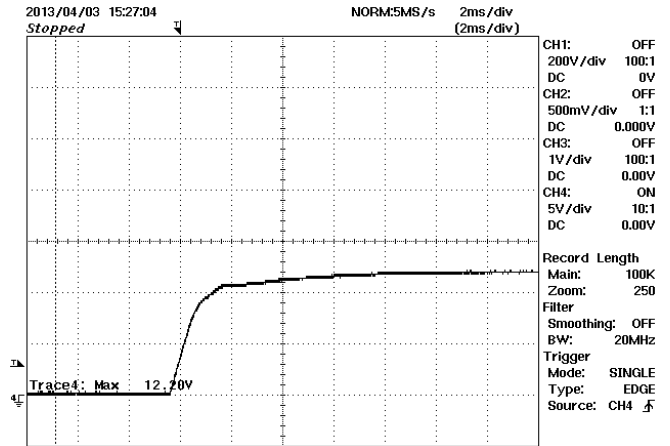


Figure 36 – 12 V Main Output Start-up, 3% Load, 380 VDC Input, Resistive Load, 5 V, 2 ms / div.

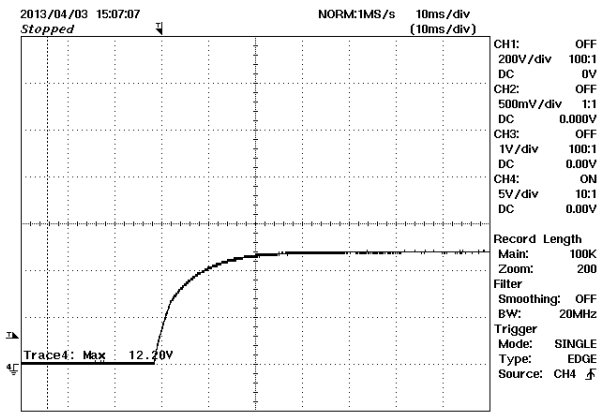


Figure 37 – 12 V Aux Output Start-up, 126 VDC Input, Zero Load, 5 V, 10 ms / div.

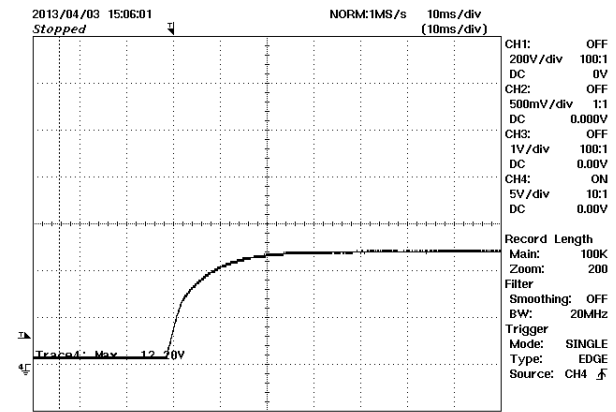
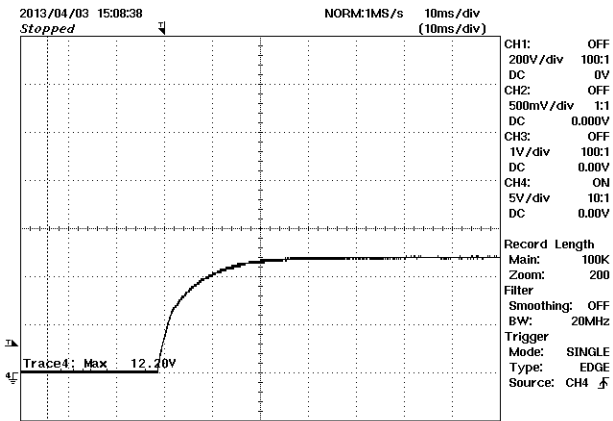
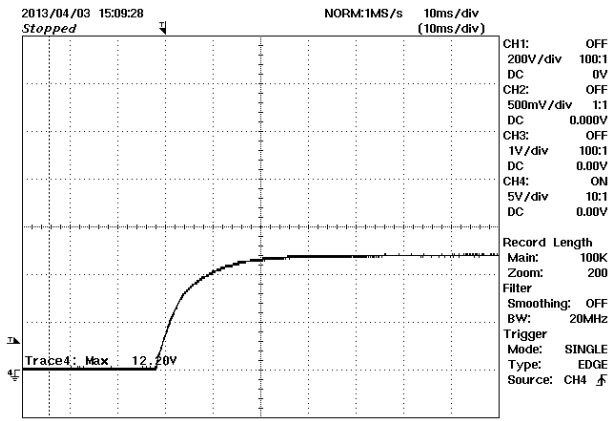


Figure 38 – 12 V Aux Output Start-up, 126 VDC Input, Full Load, 5 V, 10 ms / div.

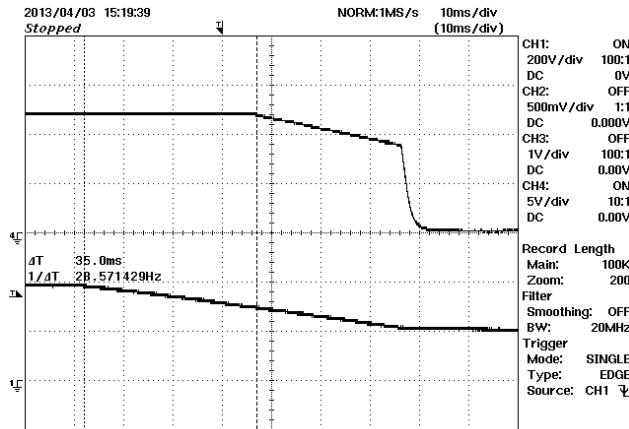




**Figure 39** – 12 V Aux Output Start-up, 380 VDC Input, Zero Load, 5 V, 10 ms / div.



**Figure 40** – 12 V Aux Output Start-up, 380 VDC Input, Full Load, 5 V, 10 ms / div.



**Figure 41** – Main Output Hold-up Time, Full Load.  
Upper:  $V_{OUT}$ , 5 V / div.  
Lower: B+ Voltage, 200 V, 10 ms / div.

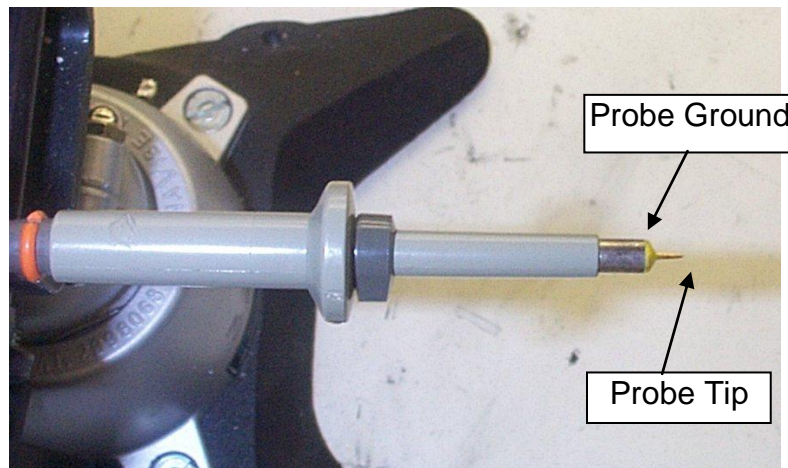


## 12.7 리플

### 12.7.1 리플 측정 기술

For DC output ripple measurements, a modified oscilloscope test probe must be utilized in order to reduce spurious signals due to noise pickup. Details of the probe modification are provided in the figures below.

The 4987BA probe adapter is affixed with two capacitors tied in parallel across the probe tip. The capacitors include one (1) 0.1  $\mu\text{F}$  / 50 V ceramic type and one (1) 1.0  $\mu\text{F}$  / 50 V aluminum electrolytic. The aluminum electrolytic type capacitor is polarized, so proper polarity across DC outputs must be maintained (see below).



**Figure 42** – Oscilloscope Probe Prepared for Ripple Measurement. (End Cap and Ground Lead Removed)



**Figure 43** – Oscilloscope Probe with Probe Master ([www.probemaster.com](http://www.probemaster.com)) 4987A BNC Adapter. (Modified with Wires for Ripple Measurement, and Two Parallel Decoupling Capacitors added)

12.7.2 리플 측정 결과

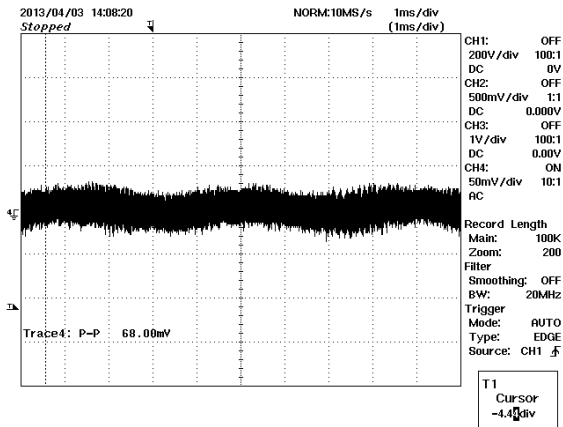


Figure 44 – Ripple, 12 V Main Output, Full Load, 380 VDC Input. 50 mV, 1 ms / div.

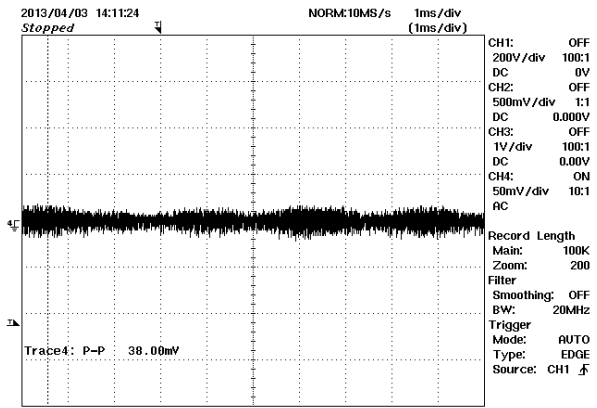


Figure 45 – Ripple, 12 V Standby Output, Full Load, 126 VDC Input 50 mV, 1 ms / div.

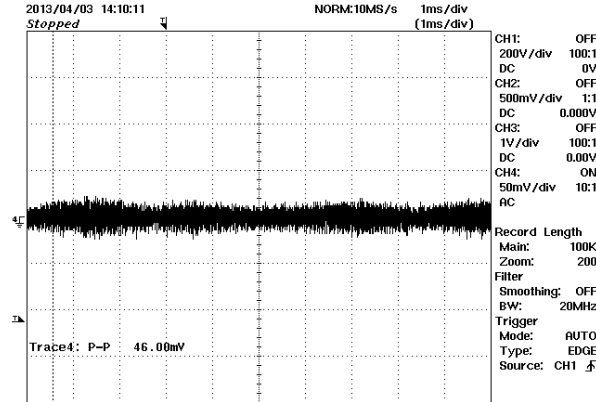
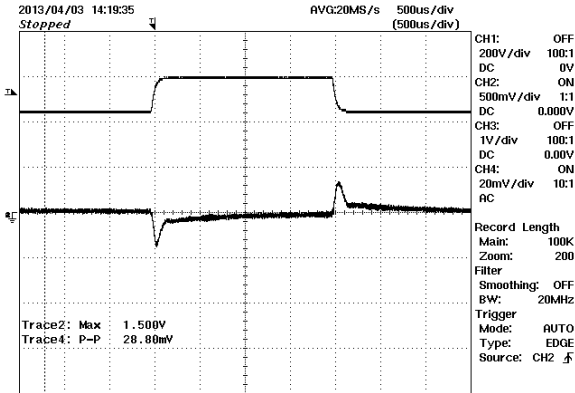


Figure 46 – Ripple, 12 V Standby Output, Full Load, 380 VDC Input 50 mV, 1 ms / div.

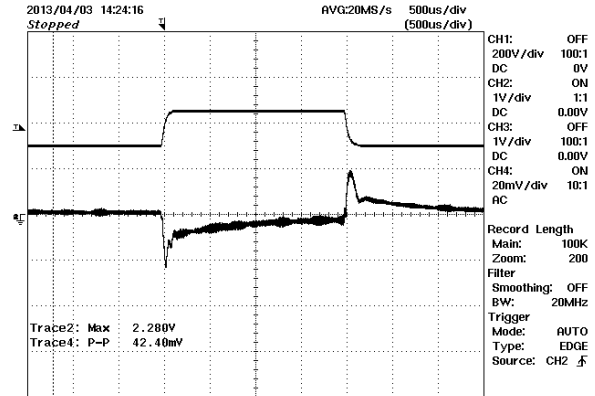


### 12.8 과도 응답

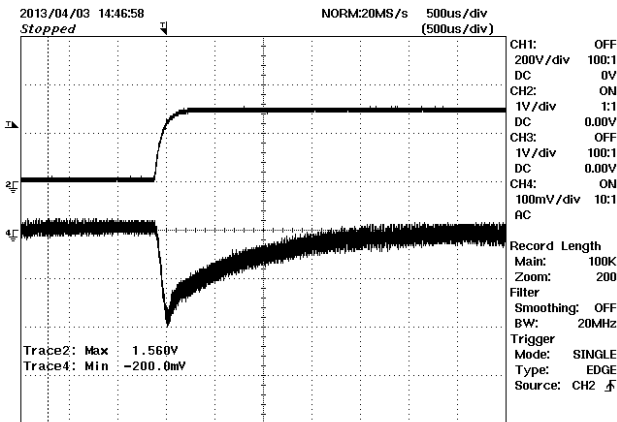
In Figures 47-48, and 51-52, data was collected with the oscilloscope set to averaging mode, so that events non-synchronous with the load step (such as high frequency output ripple, are average out, leaving a clear view of the response to the step load change.



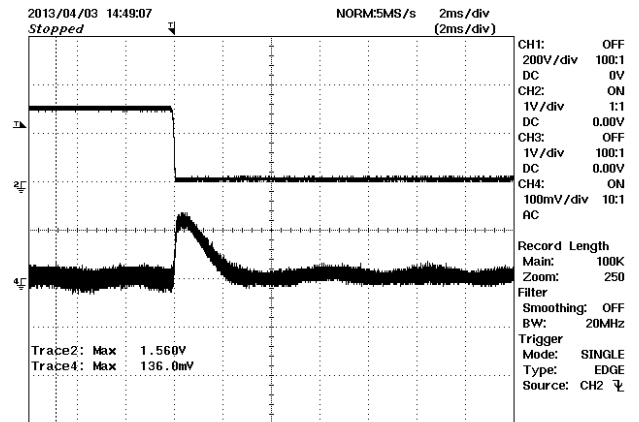
**Figure 47** – 12 V Main Output Load Transient Response, 75% - 100% - 75% Load Step, 380 VDC Input.  
Upper:  $I_{OUT}$ , 5 A / div.  
Lower:  $V_{OUT}$ , 20 mV, 500  $\mu$ s / div.



**Figure 48** – 12 V Main Output Load Transient Response, 100% – 180% – 100% Load Step, 380 VDC Input.  
Upper:  $I_{OUT}$ , 10 A / div.  
Lower:  $V_{OUT}$ , 20 mV, 500  $\mu$ s / div.

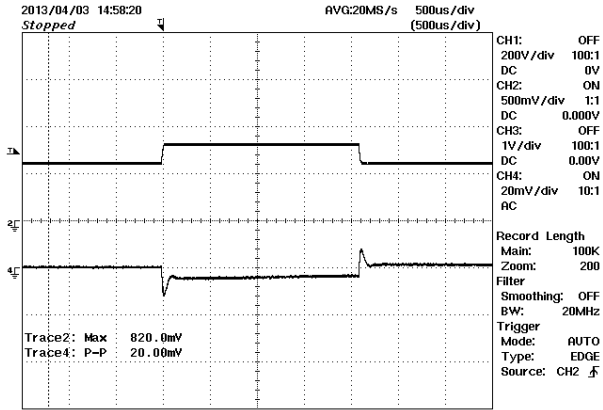


**Figure 49** – 12 V Main Output Load Transient Response, 3% - 100% - Load Step, 380 VDC Input.  
Upper:  $I_{OUT}$ , 5 A / div.  
Lower:  $V_{OUT}$ , 100 mV, 500  $\mu$ s / div.

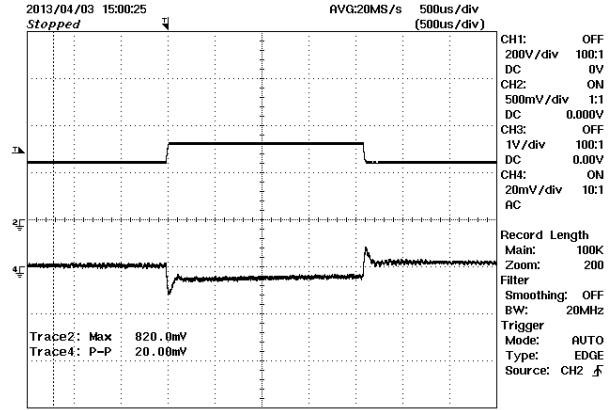


**Figure 50** – 12 V Main Output Load Transient Response, 100% - 3% Load Step, 380 VDC Input.  
Upper:  $I_{OUT}$ , 5 A / div.  
Lower:  $V_{OUT}$ , 100 mV, 2 ms / div.





**Figure 51** – 12 V Standby Output Load Transient Response, 75% - 100% - 75% Load Step, 126 VDC Input.  
Upper:  $I_{OUT}$ , 0.5 A / div.  
Lower:  $V_{OUT}$ , 20 mV, 500  $\mu$ s / div.



**Figure 52** – 12 V Standby Output Load Transient Response, 75% - 100% - 75% Load Step, 380 VDC Input.  
Upper:  $I_{OUT}$ , 0.5 A / div.  
Lower:  $V_{OUT}$ , 20 mV, 500  $\mu$ s / div.



### 13 씨얼 테스트

The test setup for evaluating component temperature with forced air cooling is shown below. A cardboard shroud was constructed to approximate the size of a typical power supply, and fitted with a 12 V, 50 mm, 0.27 A fan (Yate Loon D50SH-12C), driven by an external DC supply. The fan was oriented to exhaust from the box. Fan voltage was set to 8 VDC for the measurements shown below. The back side of the box was left open to facilitate measurements with a thermal camera. The main output diodes (D6 and D7) and the output diode snubber resistor (R37) were not accessible to the thermal camera, so these were fitted with #30 AWG type T thermocouples soldered to the device mounting tabs for thermal measurements, or in the case of the resistor, attached to the resistor body using thermal epoxy. Results are shown in Section 13.2.



Figure 53 – Test Set-up Showing Fan.



13.1 써멀 사진



Figure 54 – Standby Transformer T2, Visible Light View.

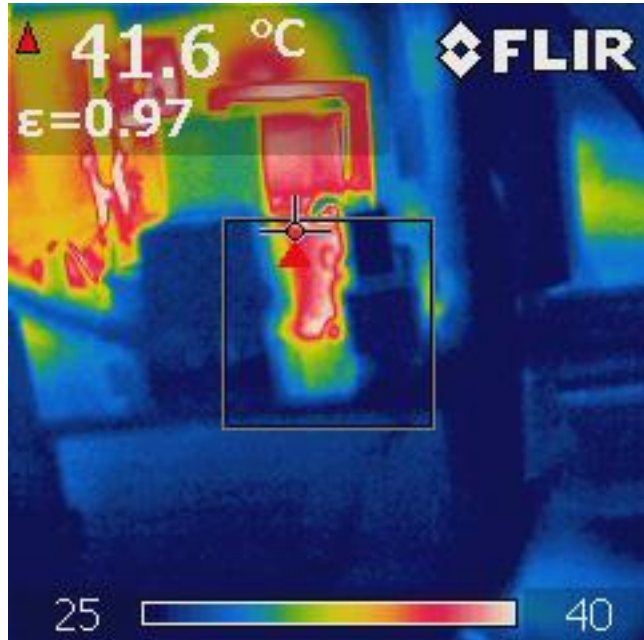


Figure 55 – Standby Transformer T2 Thermal Image, Full Load, Room Temperature.

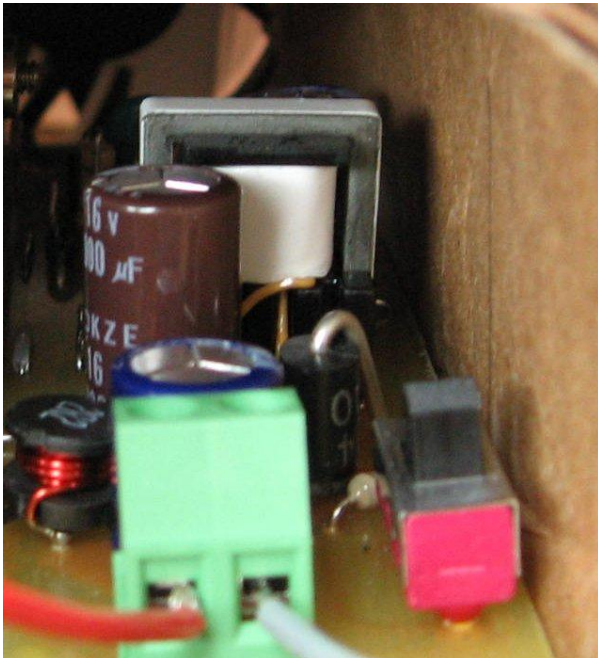


Figure 56 – Standby Output Rectifier D16, Visible Light View.

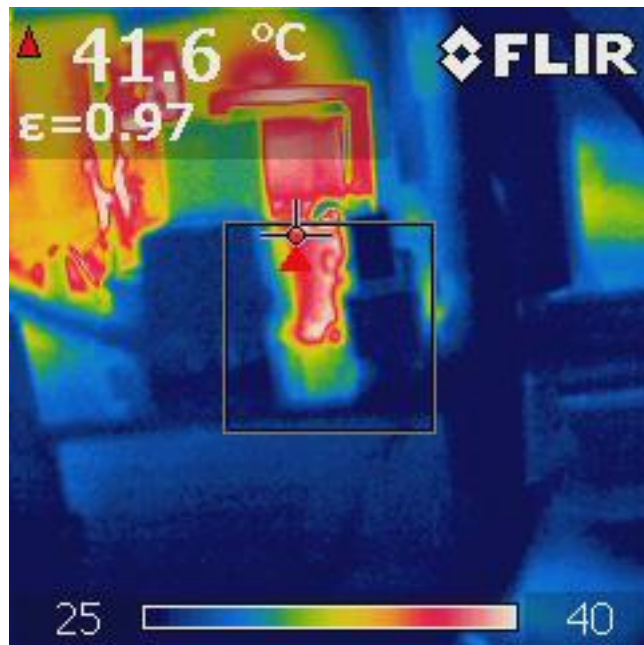
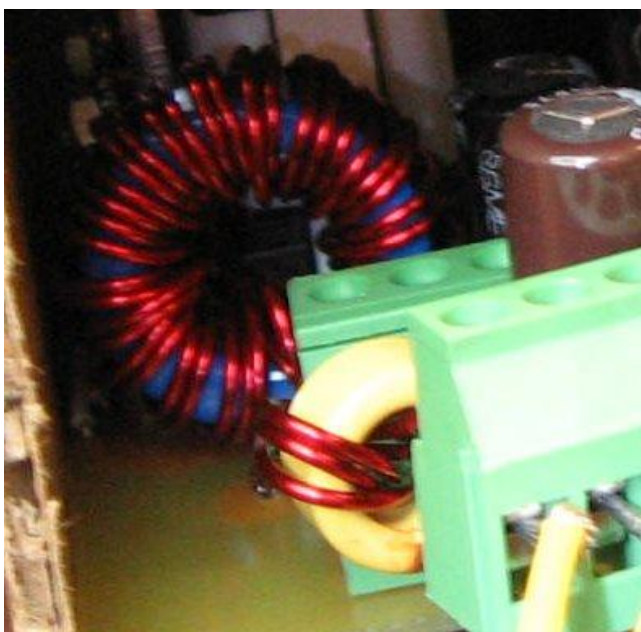
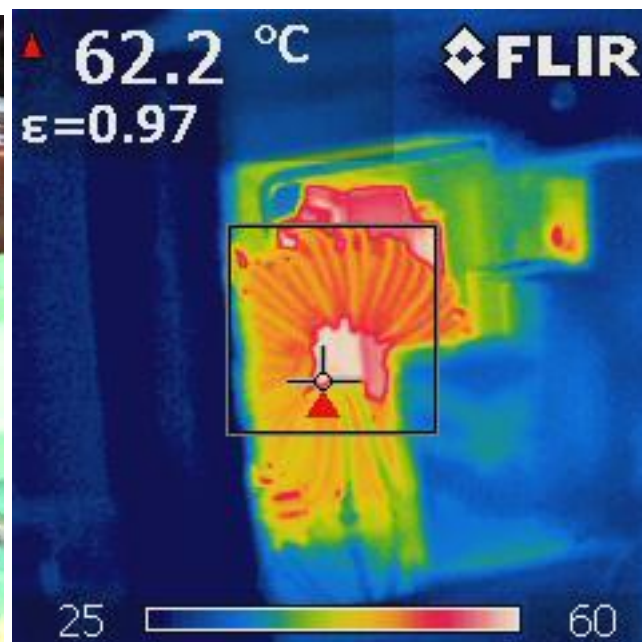


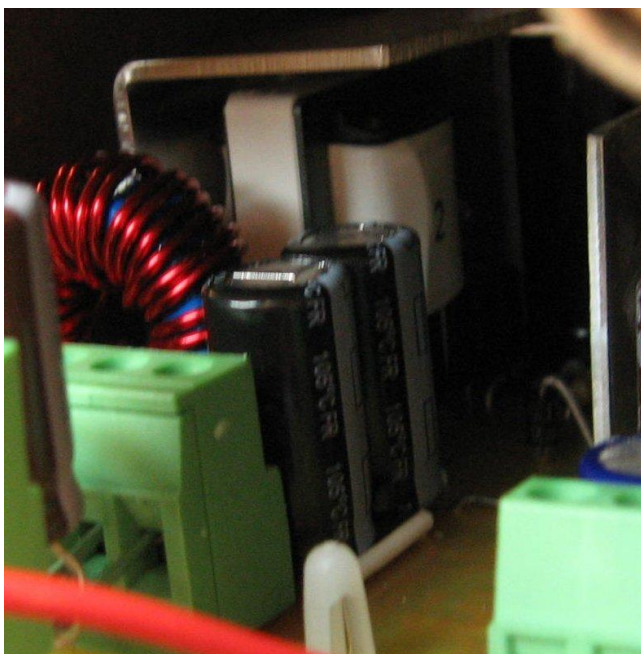
Figure 57 – Standby Output Rectifier D16 Thermal Image, Full Load, Room Temperature.



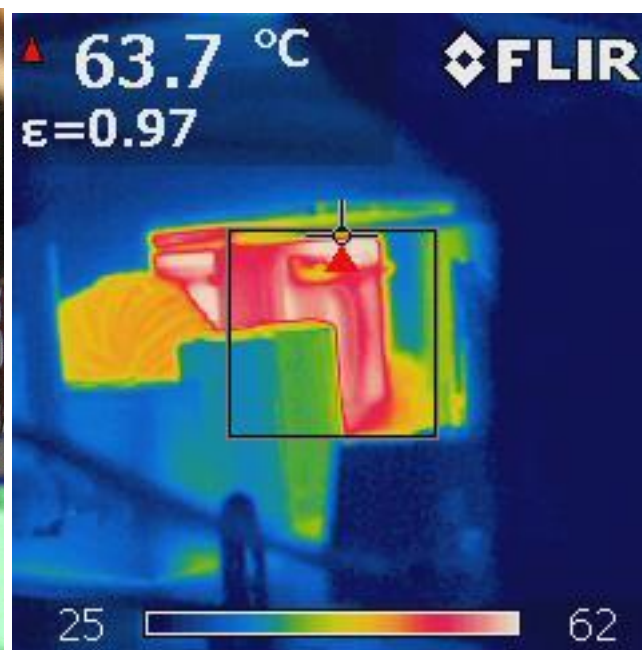
**Figure 58** – Main Output Choke L1, Visible Light View.



**Figure 59** – Main Output Choke L1 Thermal Image, Full Load, Room Temperature.



**Figure 60** – Main Output Transformer T1, Visible Light View.



**Figure 61** – Main Output Transformer T1 Thermal Image, Full Load, Room Temperature.







Figure 62 – HiperTFS-2 IC U6 , Visible Light View.

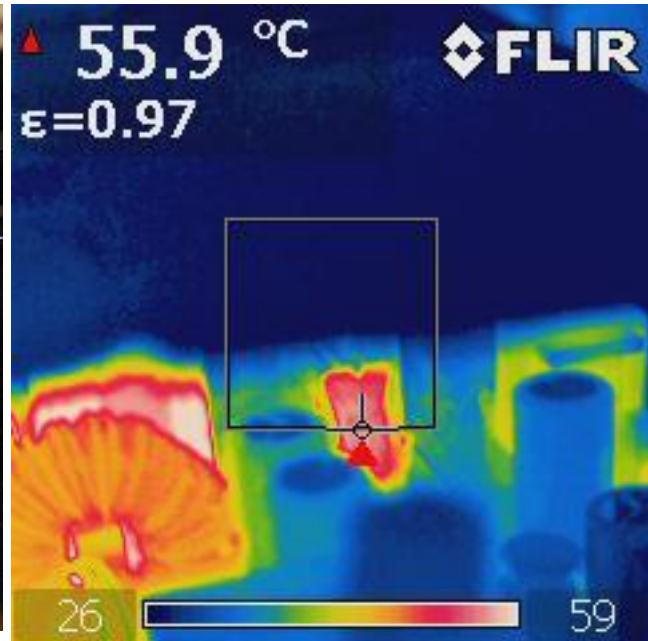


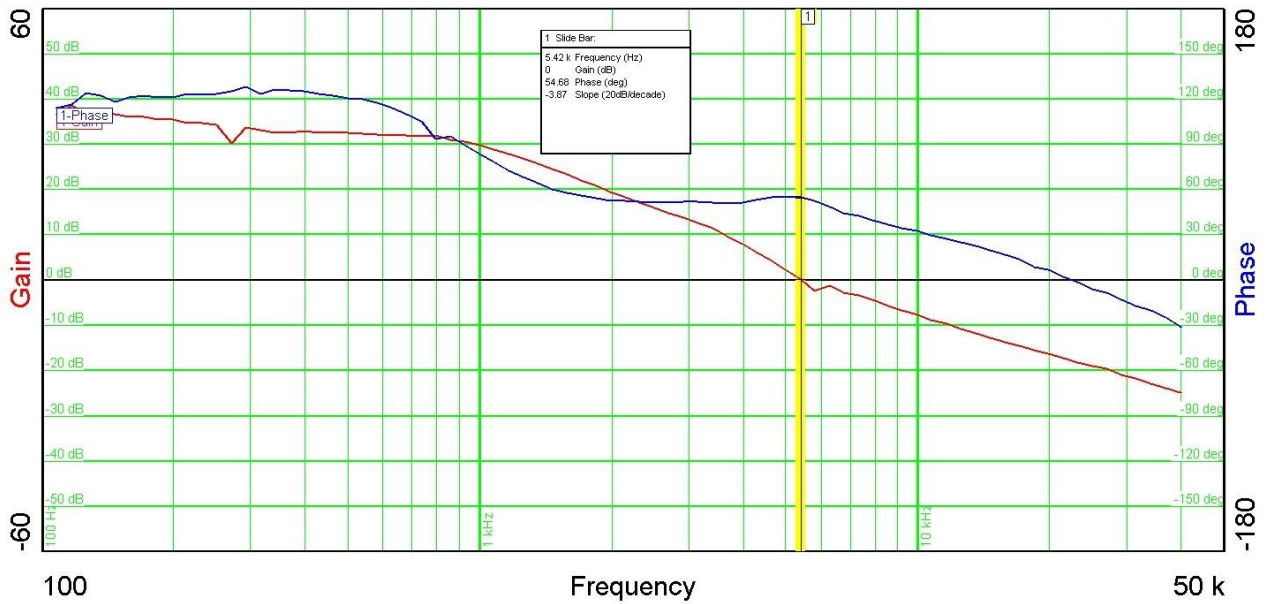
Figure 63 – HiperTFS-2 IC U6 Thermal Image, Full Load, Room Temperature.

13.2 메인 출력 정류기의 열전대 측정값

Position	THM1 (D7)	THM2 (D6)	THM3 (R37)	THM4 (AMB)
Temperature	63 °C	64 °C	62 °C	25 °C



### 14 게인-위상



64Figure



SEQ Figure \\* ARABIC 64

15 개정 내역

Date	Author	Revision	Description and Changes	Reviewed
12-Nov-13	SS	7.1	Initial Release	Apps & Mktg



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

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

### 특허 정보

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

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

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

### 세계 본사

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

### 독일

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

### 일본

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

### 대만

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

### 중국(상하이)

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

### 인도

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

### 한국

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

### 유럽 본사

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

### 중국(셴젠)

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

### 이탈리아

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

### 싱가포르

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

### 애플리케이션 문의 전화

전 세계 통합 번호 +1-408-414-9660

### 애플리케이션 문의 팩스

전 세계 통합 번호 +1-408-414-9760

