

65 W オフライン・アダプタ

Prepared by: Petr Papica
ON Semiconductor



ON Semiconductor®

<http://onsemi.com>

デザイン・ノート

Device	Application	Input Voltage	Output Voltage	Output Current	Topology
NCP1236	Notebook Adapter	85 - 265 Vac	19 V	3.42 A	Flyback

Table 1. 65 W AC-DC ADAPTER BOARD SPECIFICATIONS

Output power	65	W
Output voltage	19	V
Output current	3.42	A
Minimum input voltage	85	V
Maximum input voltage	265	V
Average efficiency (as per ENERGY STAR 2.0 guidelines)	> 87	%
No-load input power	< 100	mW
Maximum output voltage ripple	< 200	mV

概要

アダプタ設計時における効率および無負荷時電力要件に対する重要な決定的規制は、ENERGY STAR®仕様です。EPS 2.0規格の発表により、無負荷または最小負荷(ラップトップがスリープ・モードの時)接続状態でかなりの時間を費やす、ラップトップPC電源アダプタの実際の使用状況をより正確に反映した軽負荷時の入力消費電力と待機時消費電力がより重要になってきました。

アダプタ・デザインでの軽負荷時の効率に注目する場合、主な損失が何かを特定する必要があります。軽負荷時の効率を決定する上で、スイッチング損失が大きな役割を果たしており、制御方法に直接関係しています。これらの損失は、MOSFETのドライブに関係するゲート電荷損失と併せて、ドレイン・ノードの全容量(MOSFETの出力容量、トランスの浮遊容量、およびPCB上の他の寄生容量)に保存されたエネルギーによって生じます。これらの損失はスイッチング周波数に比例するため、スイッチング周波数を低くすると、損失が減少し、効率が向上します。トランスのデザインと軽負荷時効率の間で最適なバランスを図る最良の方法の1つは、負荷に応じてスイッチング周波数を変化させることです。これはNCP1234/36 PWMコントローラ・ファミリに、周波数フォールドバック機能として実装されており、軽負荷時に周波数を低下させます。

主な特長

- 電流モード制御
- ダイナミック・セルフサプライ
- 周波数フォールドバック
- 高電圧検知
- ブラウンアウト保護
- タイマ・ベース過負荷保護
- 過電力保護
- ビルトイン内部スロープ補償
- ラッチ保護モード
- 軽負荷用スキップ・モード
- EMI軽減のための周波数変調

回路説明

このソリューションはフライバック・トポロジを利用して実装されており、高密度電力デザインの利点が活かされます。このデザインは、CCM (連続導通モード) およびDCM (不連続導通モード) の両方で動作し、幅広い入力電圧範囲に対応します。

CCM動作は、効率が高く一次電流のリップルが低いいため、目的とする全負荷性能を提供します。DCM動作では、スイッチング損失を低減することによって、軽負荷状態での効率を向上させることができます。デバイスはスイッチング損失と磁石サイズ間で良好なトレードオフを実現した65 kHzでスイッチングします。

デザイン要件を満たすために、NCP1236固定周波数コントローラを選択しました。このデバイスは、SOIC 7リード・パッケージに収容され、入力acライン検知を含む複数の機能を備えています。このノートブックPC電源アダプタのデザインは、最大の効率と最小の無負荷時入力電力を実現することを目的としたものです。

このアダプタはいくつかの主要セクションで構成されています。最初のセクションは、アダプタの入力でacラインへの伝導EMIを低減する入力EMIフィルタです。EMIフィルタは、L2とL4の2個のコモン・モード・インダクタとコンデンサCX1、CX2、CY2、CY3で形成されます。バリスタR7を使用して、アダプタをライン過電圧ピークから保護しています。抵抗RD100、RD101、RD102は、アダプタが電源ラインから取り外されているときに、X2コンデンサを放電するのに使用されます。

次のブロックは、バルク・コンデンサが接続された整流器です。コントローラのHVピンが整流器のac側に接続され、高電圧検知回路での平均消費電力が減少する点に注意してください。

フライバック・コンバータのメイン電力ステージでは、低 R_{DSon} のMOSFET SPP11N60C3をCoilcraft社製カスタム・デザインTR1 KA5038-BLと共に使用しています。オン・セミコンダクターの低ドロップ・ショットキー・ダイオードNTST30100SGによって、二次整流が行われます。第2整流器に接続されるシンプルなRCスナバが高周波リングを減衰させ、トランス二次側にクランプされない漏洩インダクタンスが発生します。

プログラマブル・リファレンスTL431が、出力電圧レギュレーションを提供します。TL431の出力はオプトカプラを介して、コントローラNCP1236B 65 kHzバージョンに結合されます。アダプタの最終ステージは、一次フィルタ・コンデンサCOUT1、COUT2と、L3、COUT3、高周波コモンチャークL1で形成される二次フィルタで構成される出力フィルタです。

このアダプタの詳細なステップごとの設計手順は、以下のオン・セミコンダクター・ウェブサイトにあるアプリケーション・ノートAND8461/Dに記載されています。<http://onsemi.com>

DN06074/D

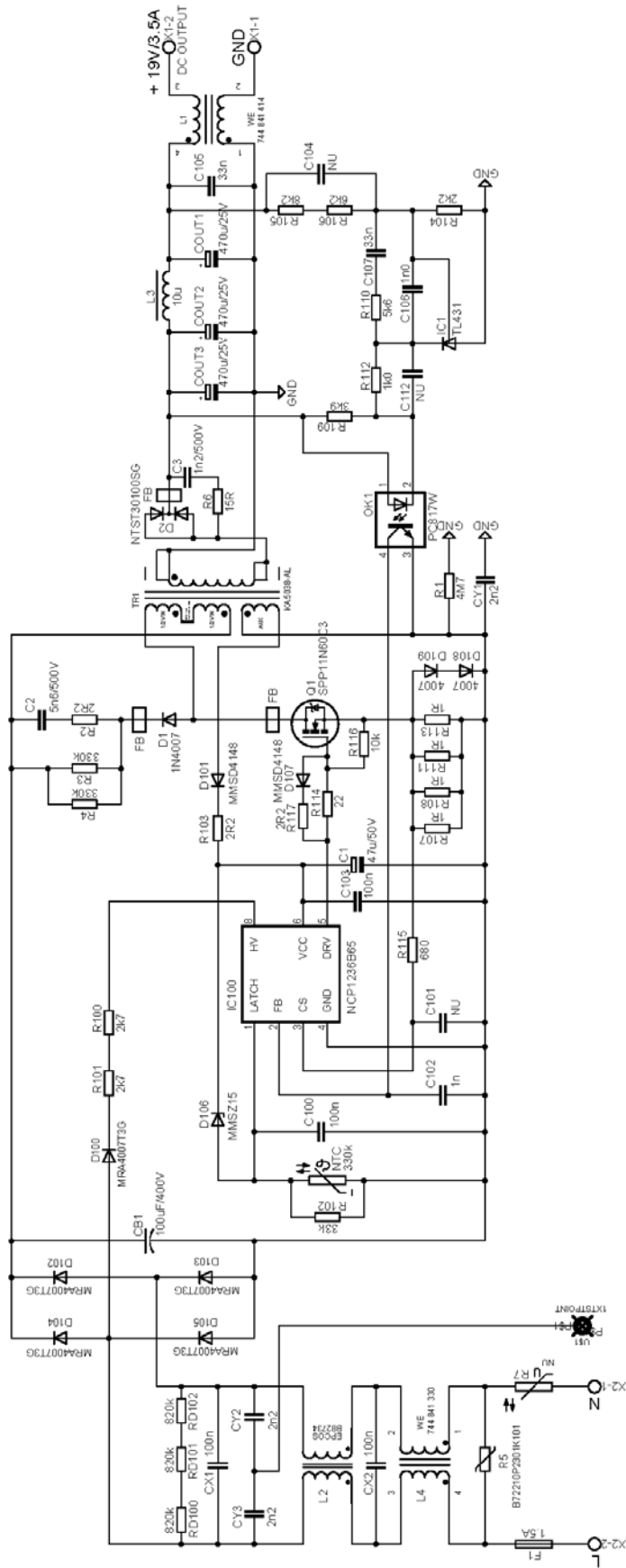


Figure 1. Notebook Adapter Schematic

性能評価の結果

効率および無負荷時入力消費電力は、横河電機製WT210電力計で測定したものです。平均効率は、定格出力電力の25%、50%、75%、および100%における効率測定値から計算しました。ただし、入力EMCフィルタ(acライン電圧に応じて、5-8 VAR)の高入力リアクティブ電力のために、無負荷時入力電力の測定中に大きな誤差が発生します。この影響によって、無負荷時入力電力の読取値で50%~100%の誤差が生じました。

この問題に対処するために、無負荷時消費電力はdc手法により、ac整流器とバルク・コンデンサ間の

dc電流として測定しました。バルク・コンデンサの分極電流の影響を除去するために、測定は電源を投入した5分後に行いました。Xコンデンサ放電抵抗RD100、RD101、RD102での消費が測定値に数値を加算しました。dc測定の場合、ライン電圧115 Vに対応するピーク値として162.6 V、ライン電圧230 Vのピーク値として325.3 Vを設定しています。

接続された電流計とアプリケーション全体をフローティングさせて、余分なグラウンド電流が流れないようにする必要があります。バッテリー式電流計または従来型の電気機械式dc電流計システムの使用を推奨します。

Table 2. EFFICIENCY VERSUS OUTPUT POWER AND INPUT LINE VOLTAGE

Vin = 115 Vac/60 Hz			
Pout/Poutmax [%]	Pout [W]	Pin [W]	Efficiency [%]
100.2	65.10	72.95	89.24
75.4	49.02	54.64	89.71
50.8	33.05	36.63	90.22
25.1	16.34	18.11	90.22
10.4	6.76	7.58	89.19
5.3	3.46	3.94	87.81
1.6	1.02	1.24	82.12
0.8	0.51	0.68	75.61
Vin = 230 Vac/50 Hz			
Pout/Poutmax [%]	Pout [W]	Pin [W]	Efficiency [%]
100.1	65.05	71.85	90.55
75.4	49.01	54.24	90.36
49.9	32.44	35.90	90.36
25.1	16.34	18.16	89.97
10.4	6.76	7.75	87.24
5.3	3.46	4.09	84.61
1.6	1.01	1.33	76.60
0.8	0.51	0.73	70.27

Table 3. AVERAGE EFFICIENCY AND NO LOAD INPUT POWER

Input Line	115 Vac/60 Hz	230 Vac/50 Hz
Average Efficiency [%]	89.8	90.3
No Load Input Power [mW]	64.6	87.9

Notebook adapter efficiency

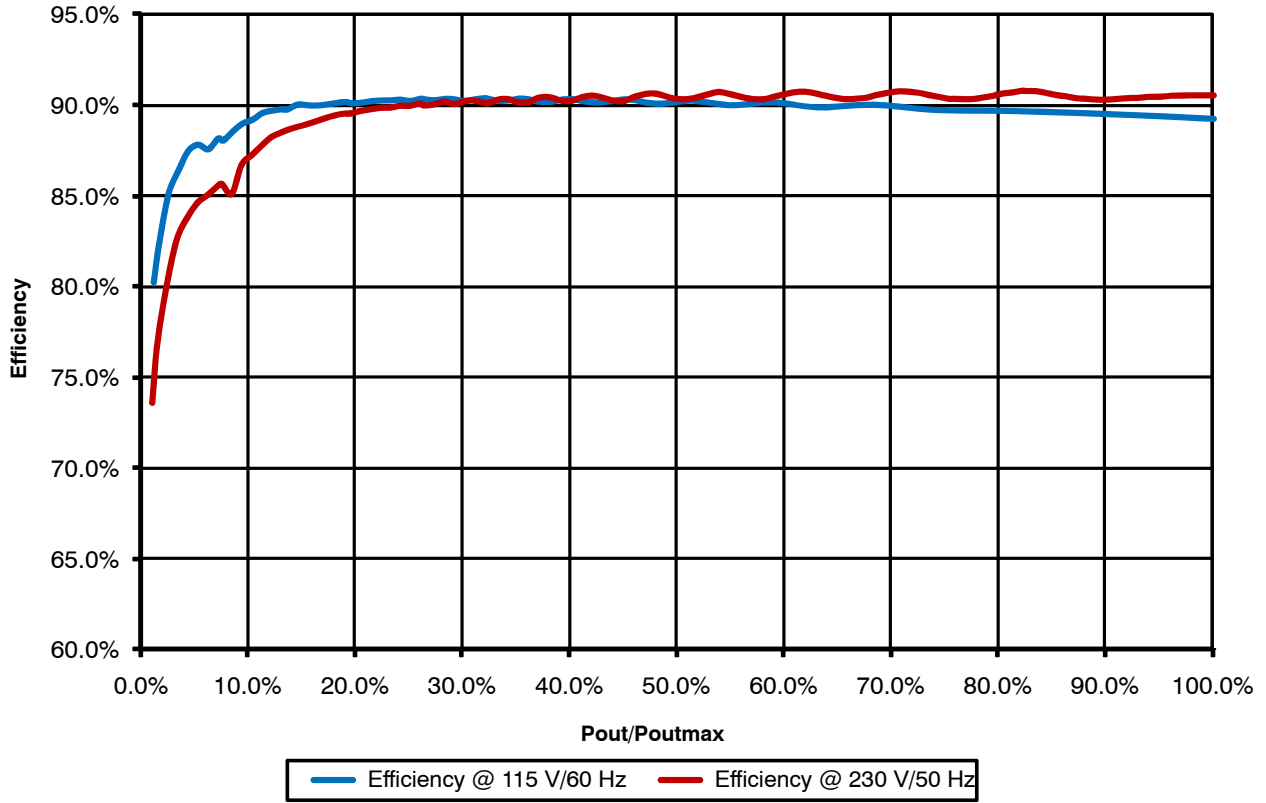


Figure 2. Efficiency versus Output Power and Input Line Voltage

Notebook adapter load regulation

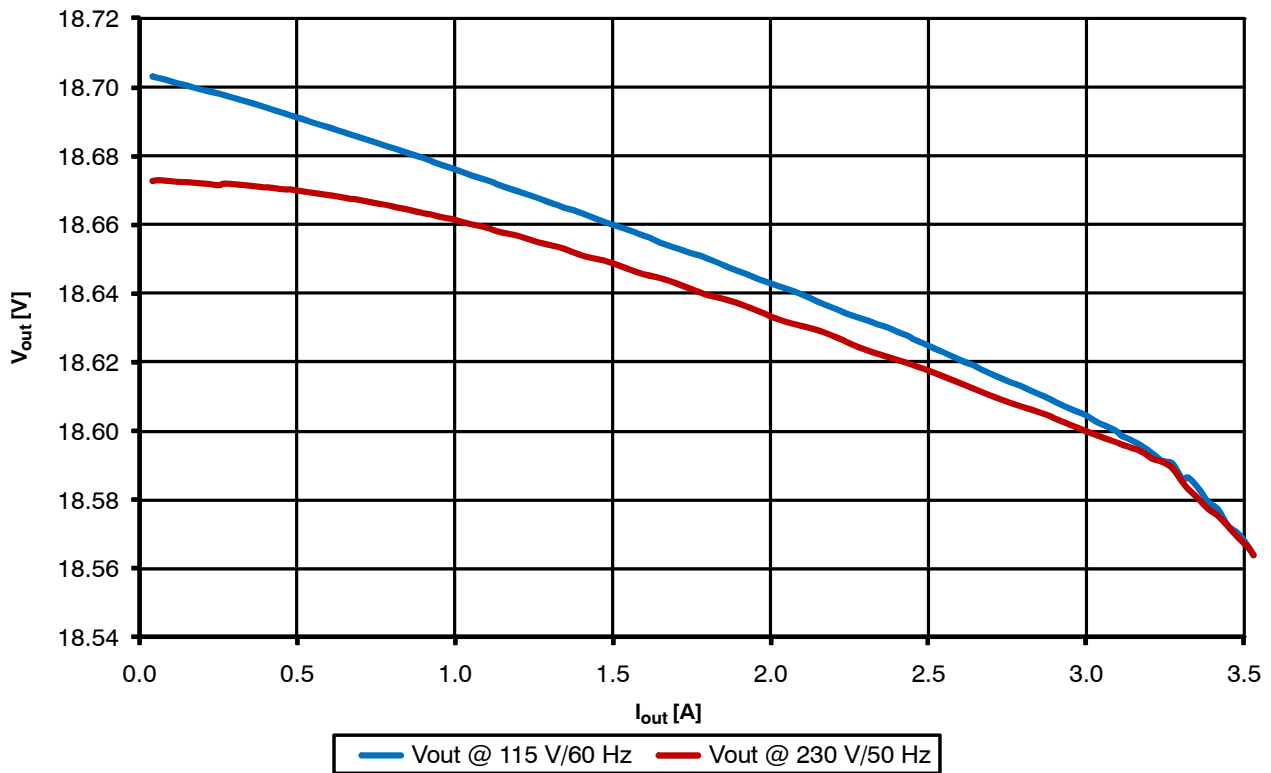


Figure 3. Load Regulation for Low and High Input Line

Notebook adapter line regulation

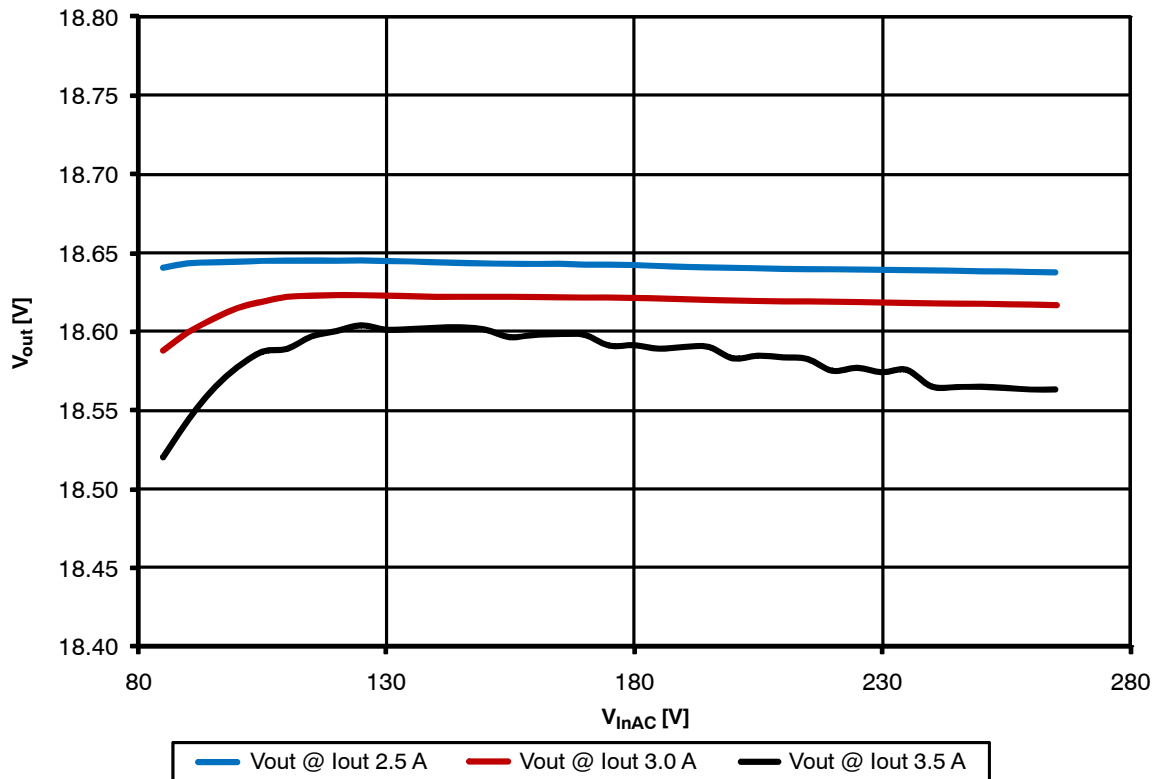


Figure 4. Line Regulation for High Output Loads

以下の図は異なる動作条件でのコンバータの動作を示しており、115 Vおよび230 Vの両方の入力条件におけるCCMからDCMへの移行、周波数フォールドバック、パルス・スキッピング、過渡負荷応答、

CCMでの安定性、周波数ジッタ、過負荷保護など、さまざまな特徴をハイライトしています。伝導EMI性能は、全負荷条件下でもLISNネットワークによって確認しています。

DN06074/D

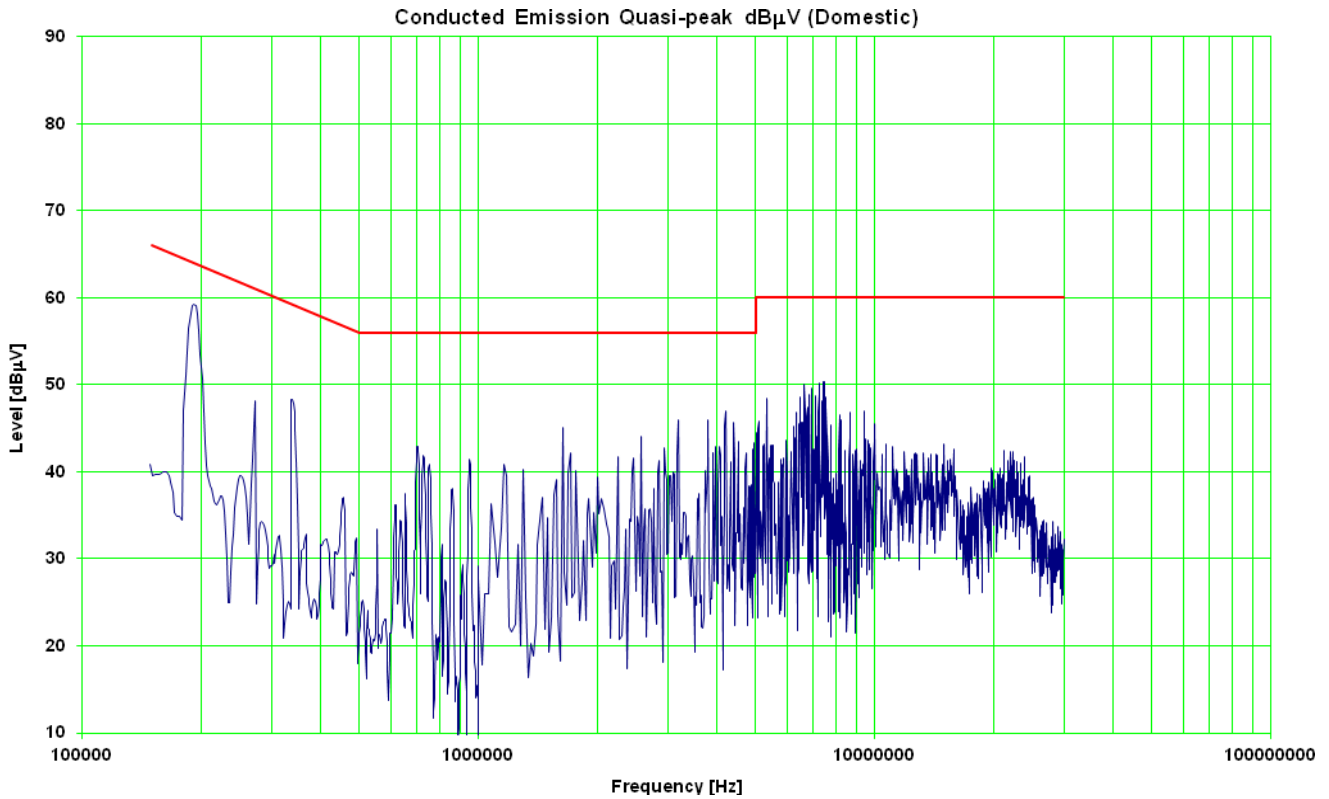


Figure 5. Harmonic Components of the Input Current at 115 V/60 Hz Input and Fully Loaded Output

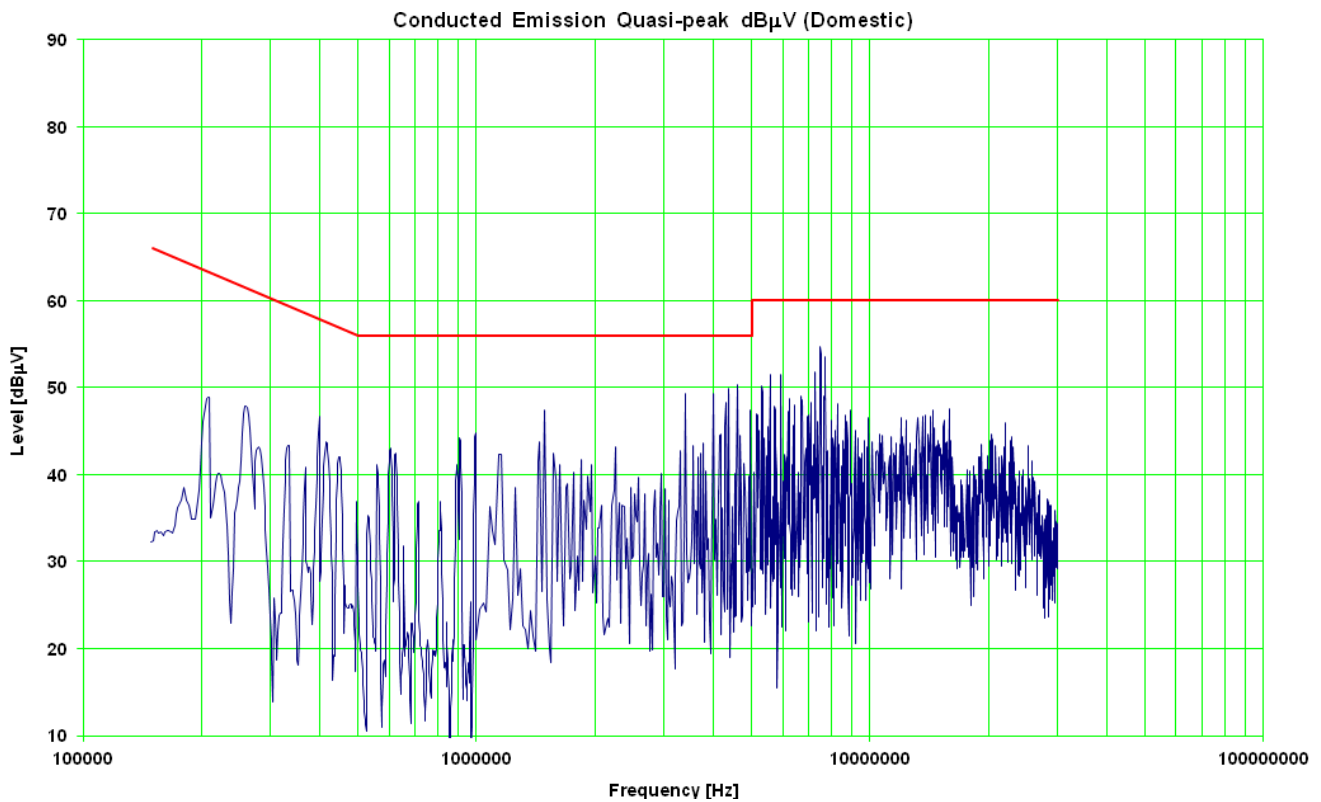


Figure 6. Harmonic Components of the Input Current at 230 V/50 Hz Input and Fully Loaded Output

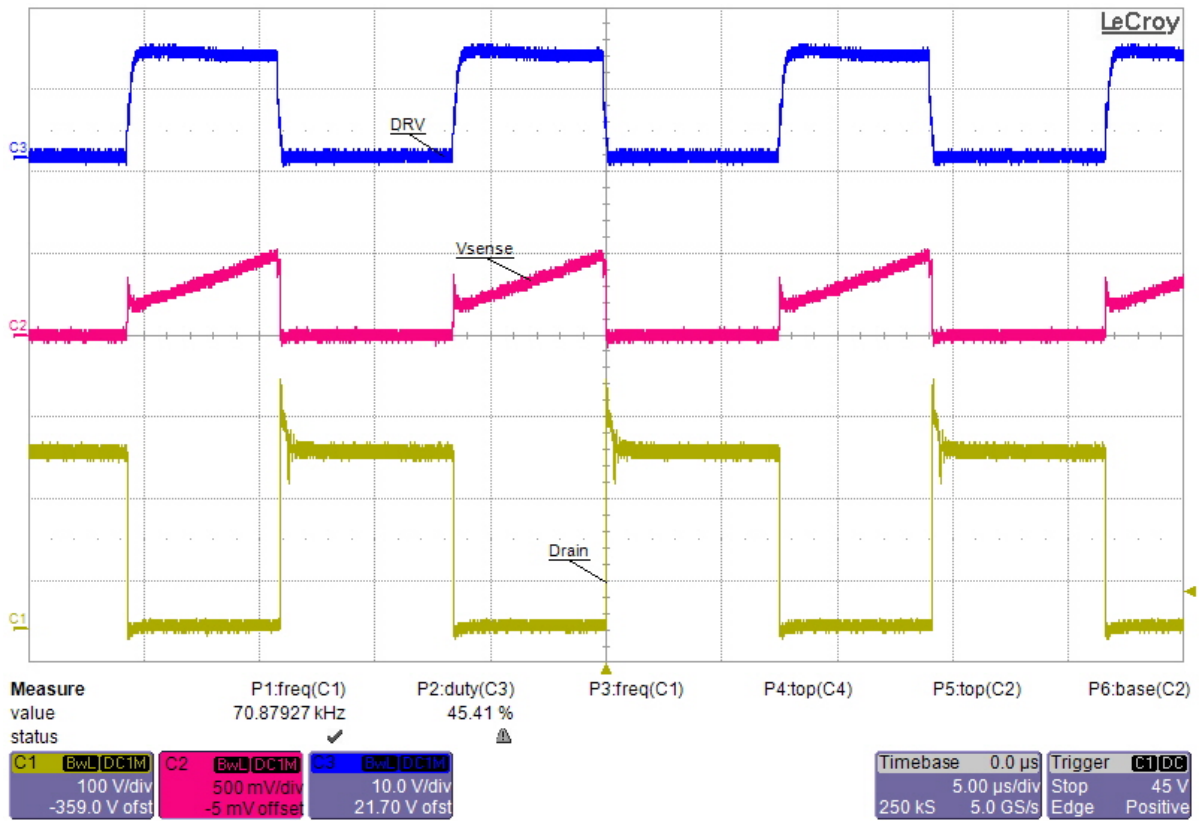


Figure 7. CCM Operation at Full Load (3.5 A) and 85 V/50 Hz Input

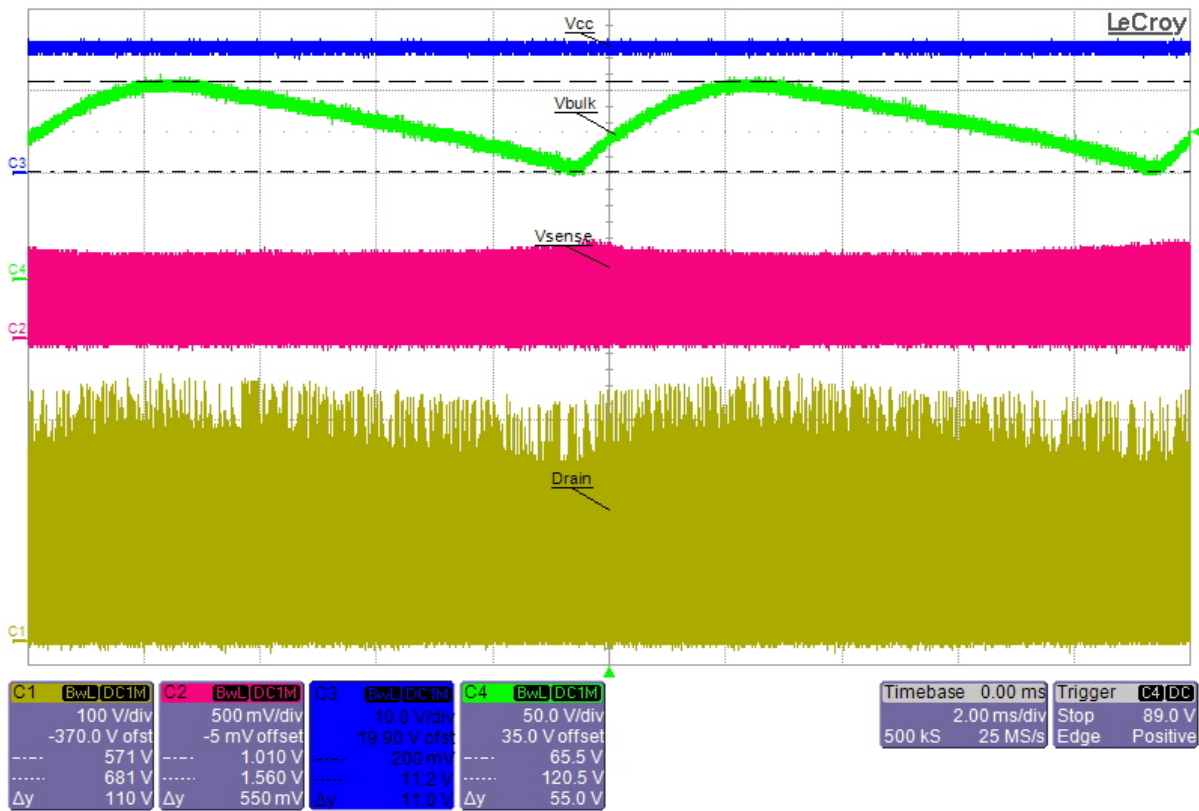


Figure 8. Ripple at the Bulk Capacitor is 55 V at Full Load (3.5 A) and 85 V/50 Hz Input

DN06074/D

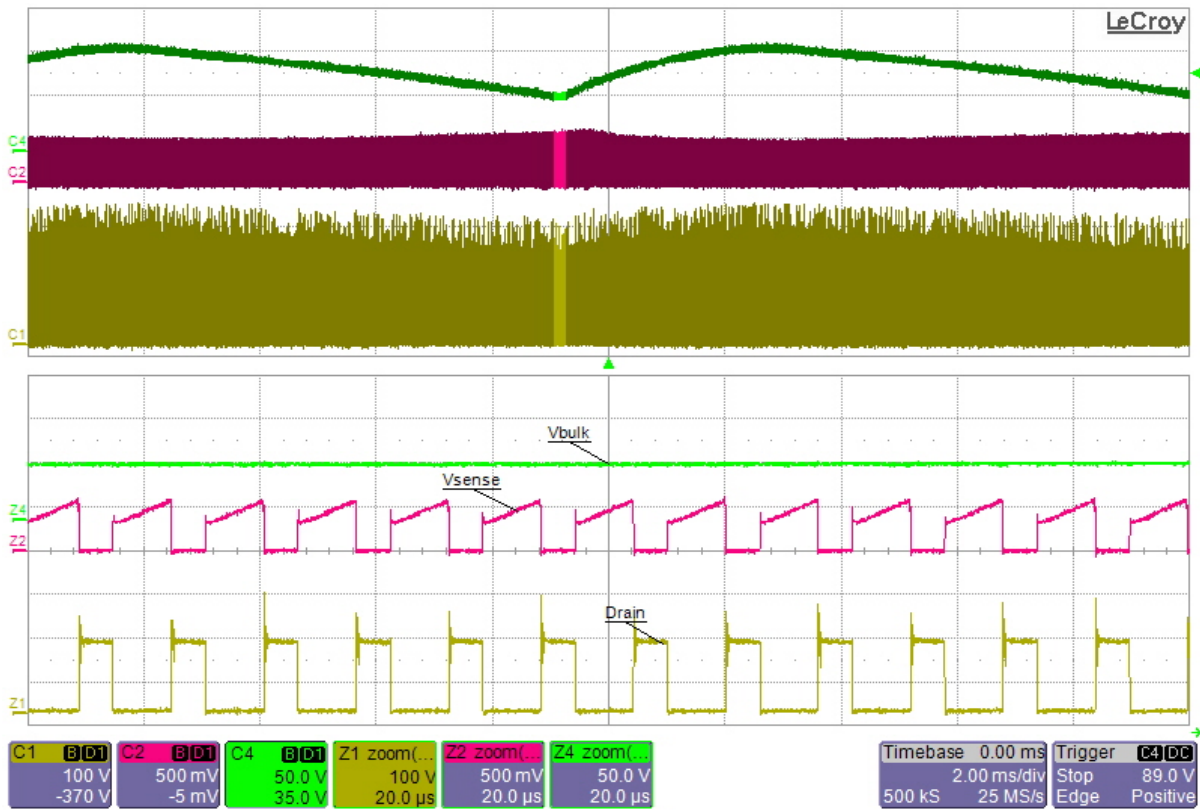


Figure 9. No Subharmonic Oscillations Appear under Full Load (3.5 A) and CCM Operation, with $D > 50\%$, 85 V/45 Hz Input

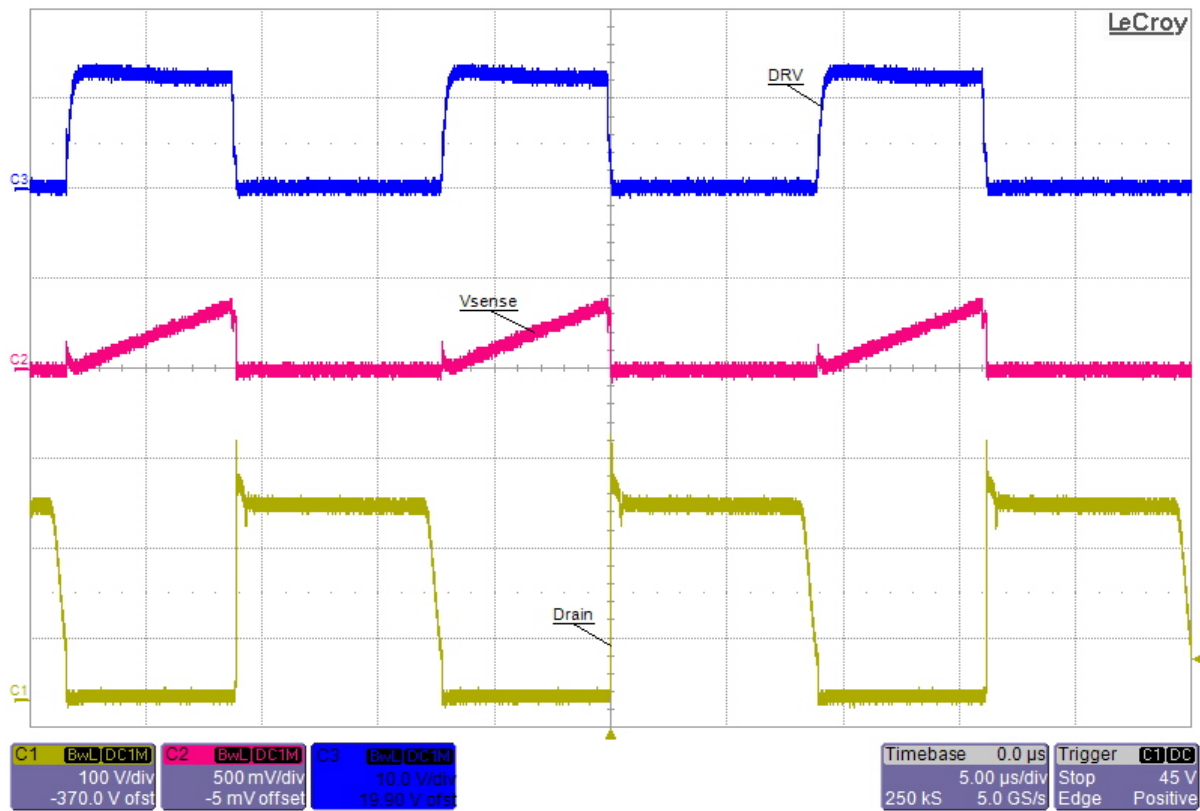


Figure 10. The DCM Mode Starts at 1.85 A of Load Current at 85 V/50 Hz Input

DN06074/D

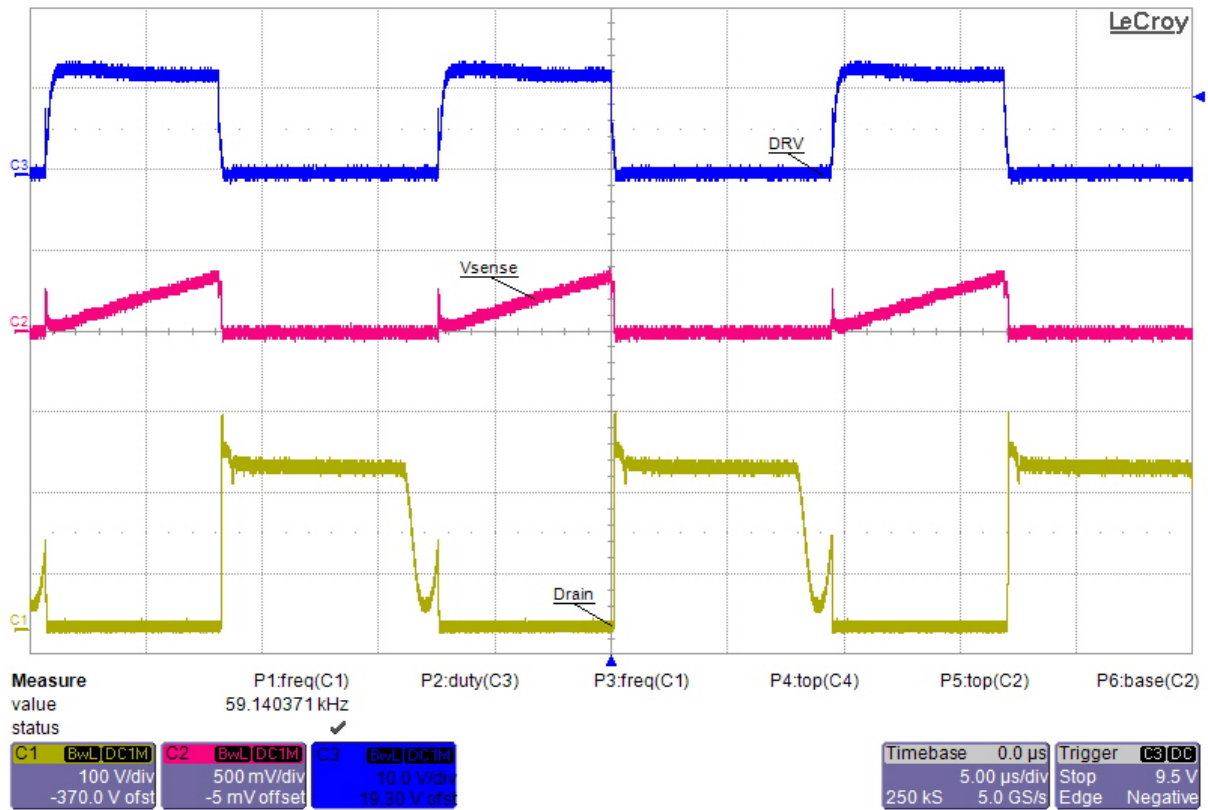


Figure 11. The Frequency Foldback Mode Starts at 1.58 A of Load Current at 85 V/50 Hz Input

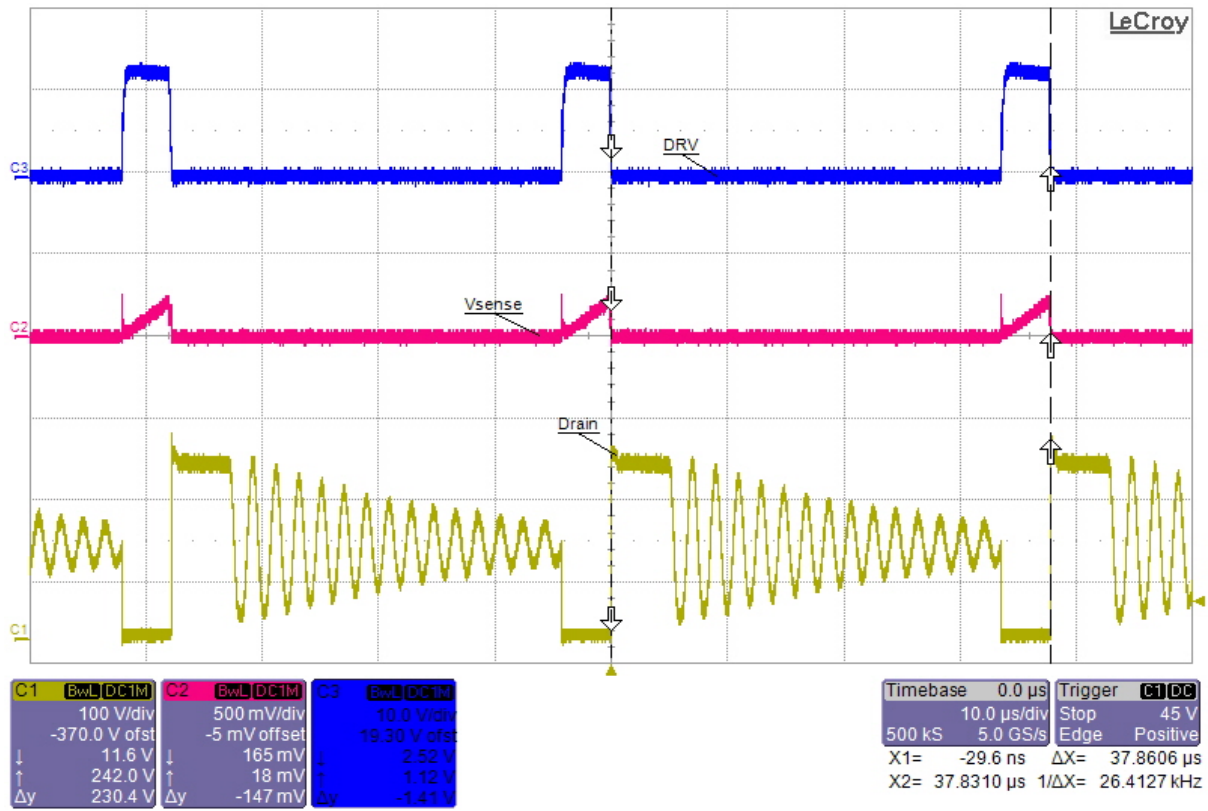


Figure 12. The Frequency Foldback is Finished at 0.27 A of Load Current at 85 V/50 Hz Input

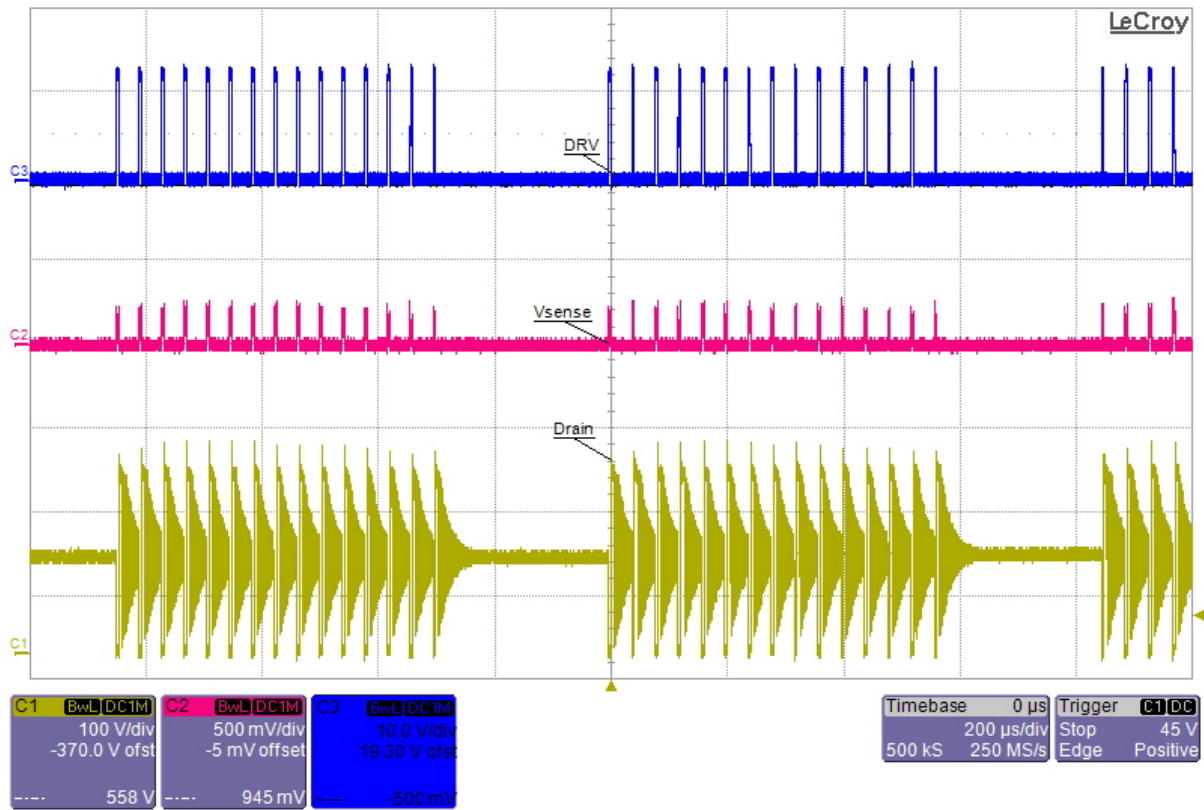


Figure 13. The Skip Mode Starts at 0.19 A of Load Current at 85 V/50 Hz Input

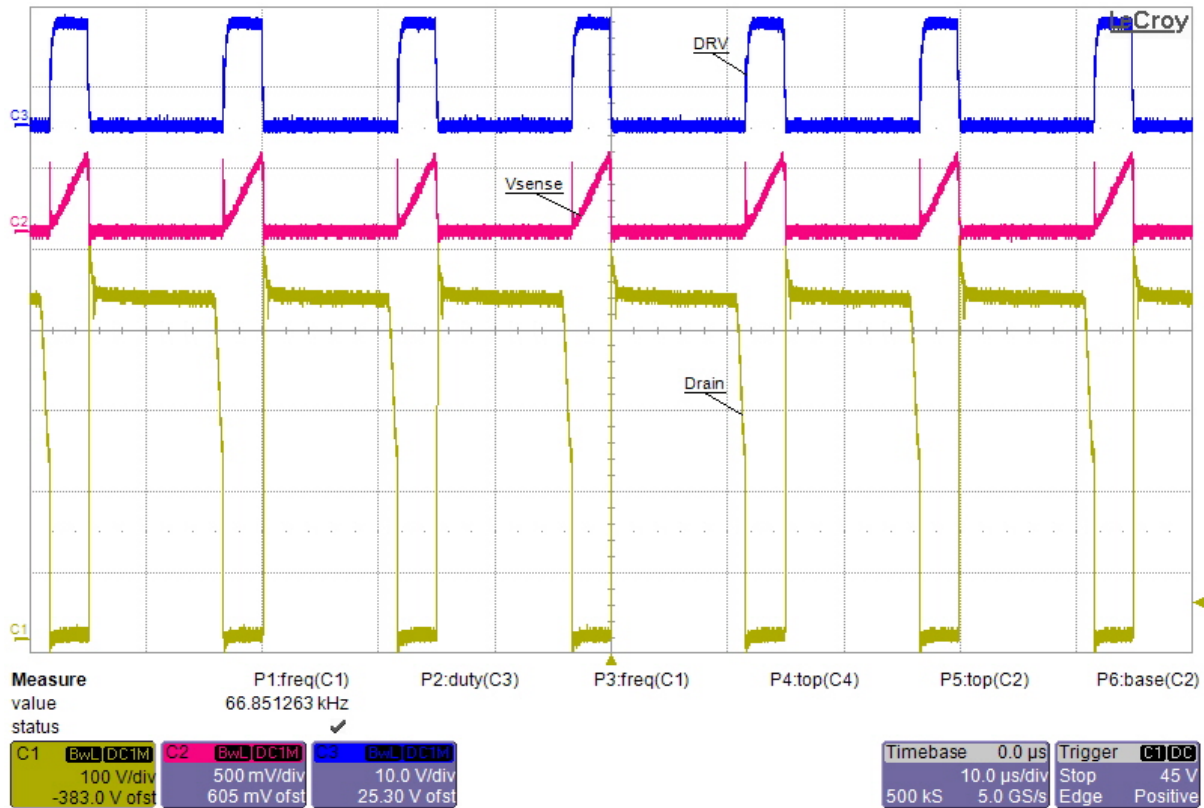


Figure 14. The DCM Mode Starts at Full Load (3.5 A) at 230 V/50 Hz Input

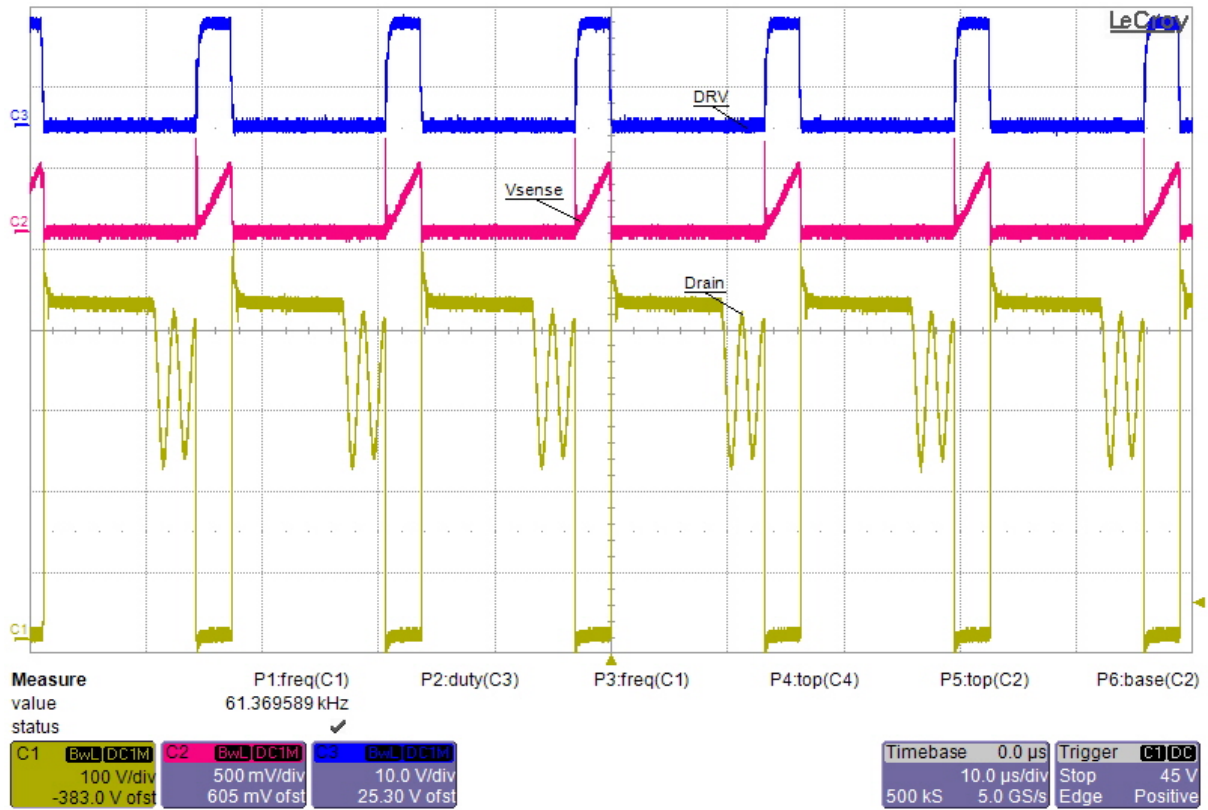


Figure 15. The Frequency Foldback Mode Starts at 2.5 A of Load Current at 230 V/50 Hz Input

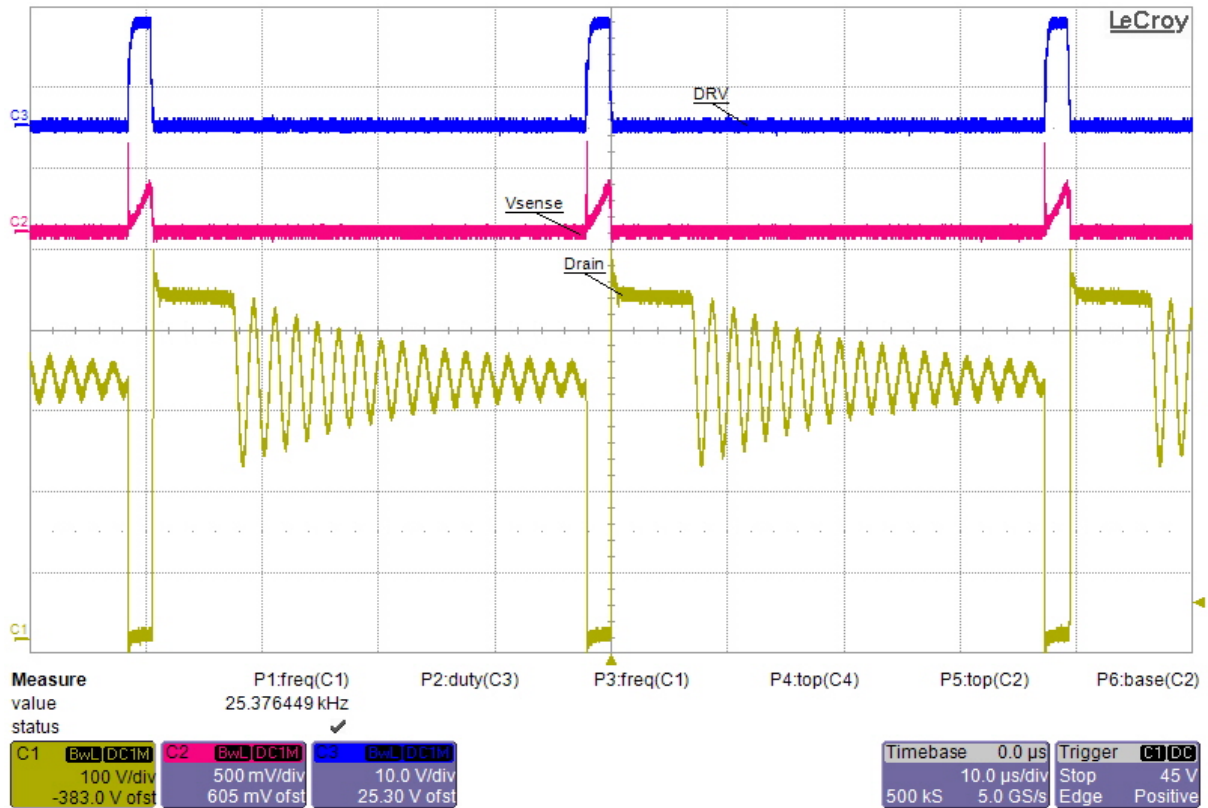


Figure 16. The Frequency Foldback is Finished at 0.53 A of Load Current at 230 V/50 Hz Input

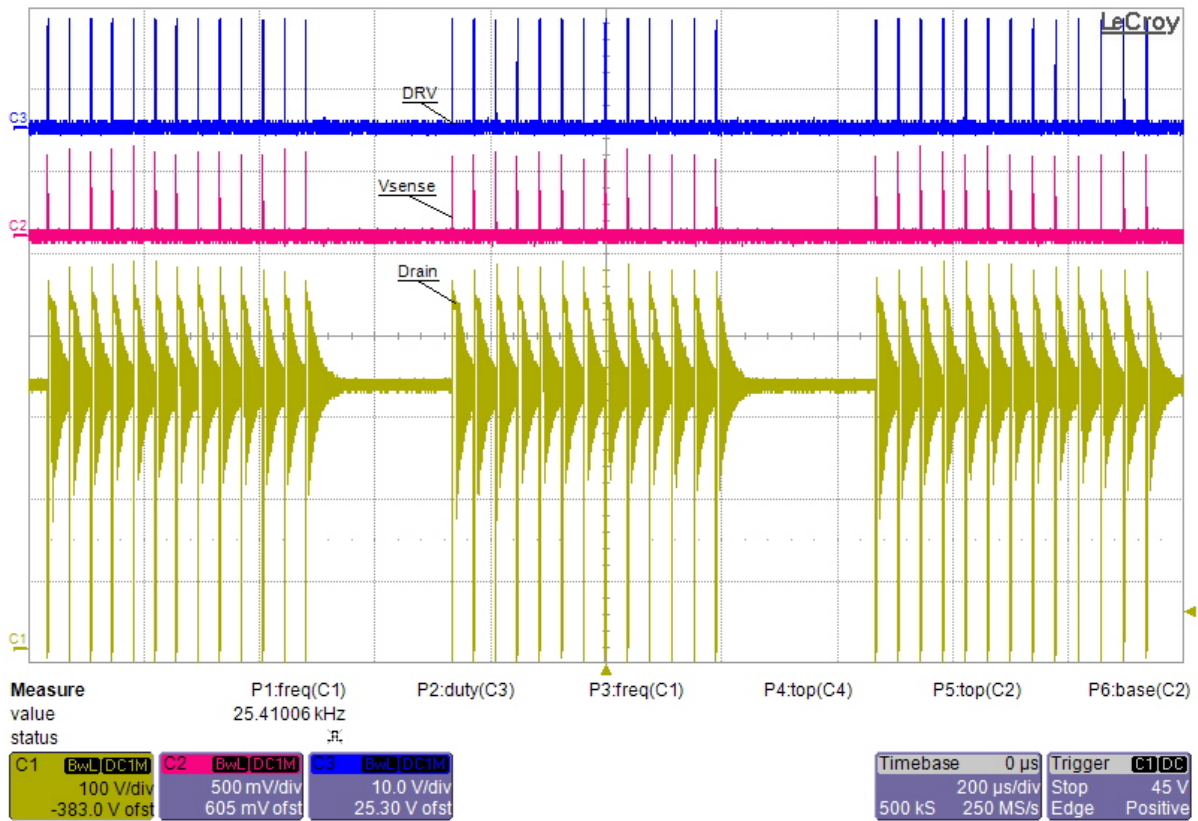


Figure 17. The Skip Mode Starts at 0.25 A of Load Current at 230 V/50 Hz Input

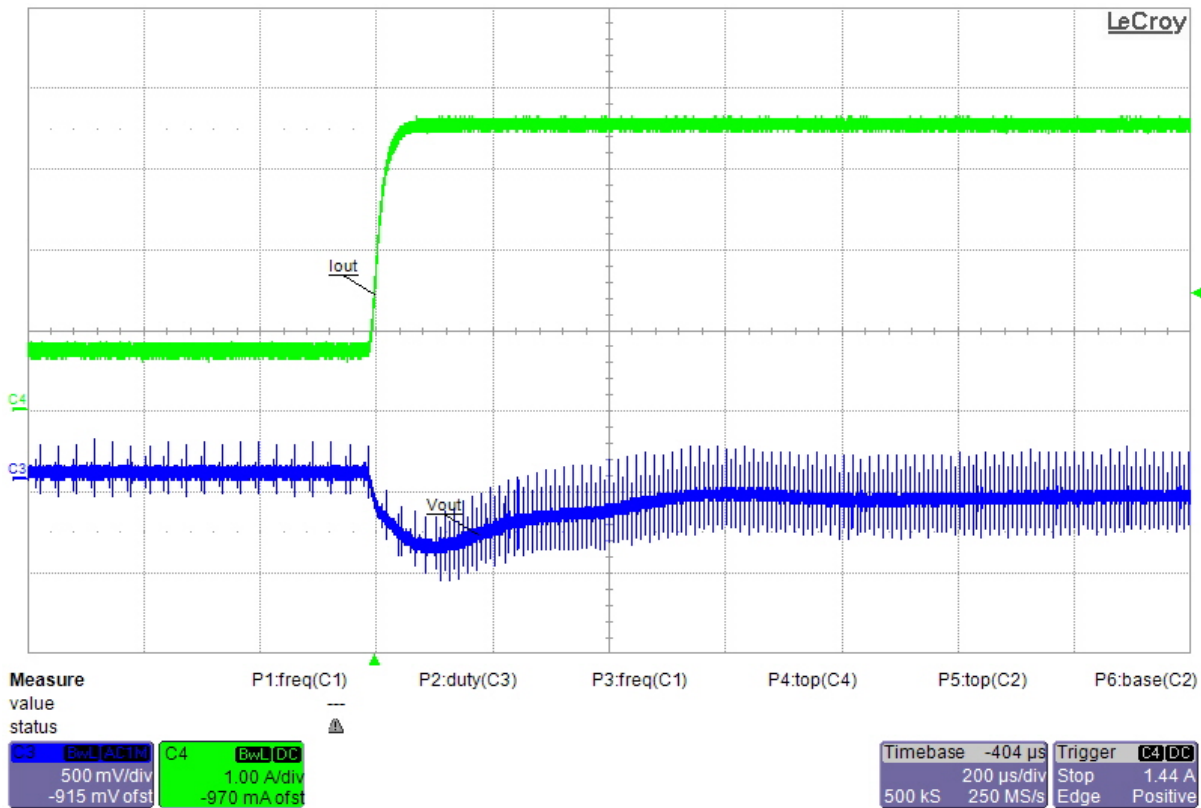


Figure 18. The Load Transient Step from 20% of Load to 100% of Load at 85 V/50 Hz Input

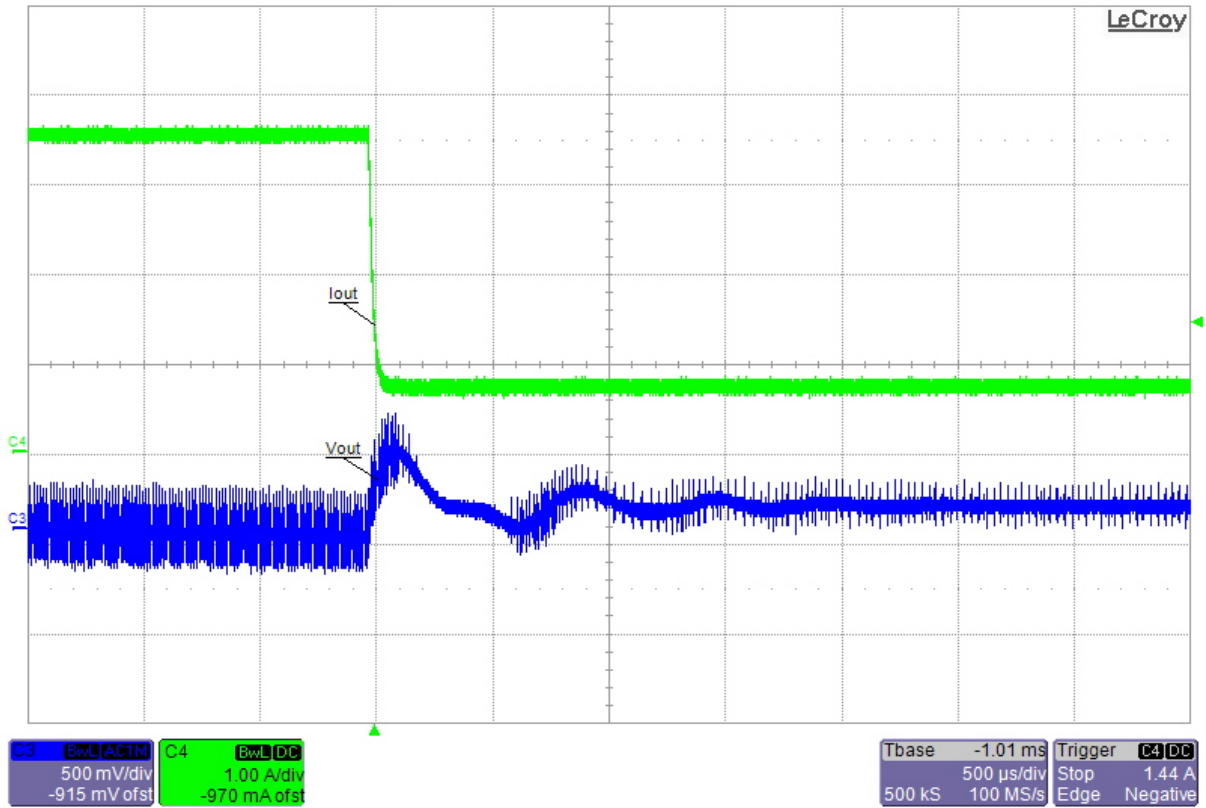


Figure 19. The Load Transient Step from 100% of Load to 20% of Load at 85 V/50 Hz Input

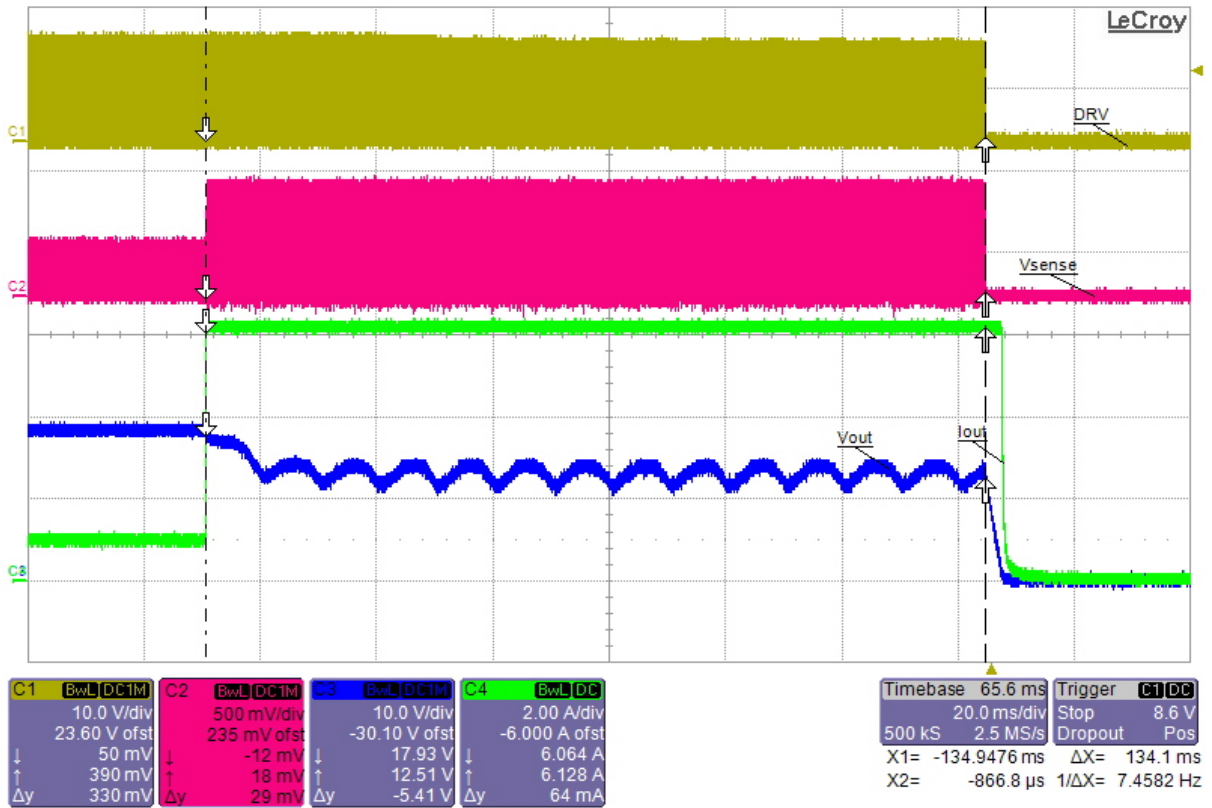


Figure 20. The Overcurrent Protection Timer Duration is 134 ms when the Adapter is Overloaded to 6 A at 85 V/50 Hz input

DN06074/D

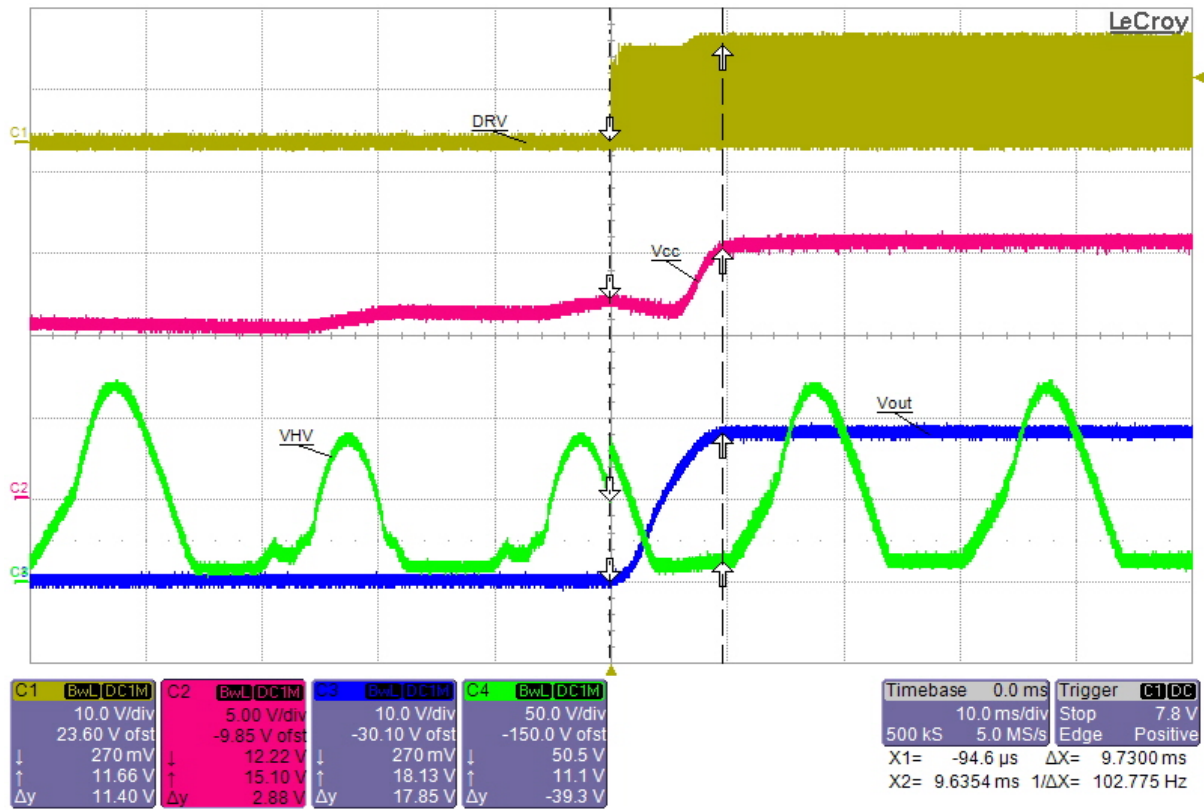


Figure 21. Adapter Start up at 85 V/50 Hz Input and 3.5 A Output Current Load

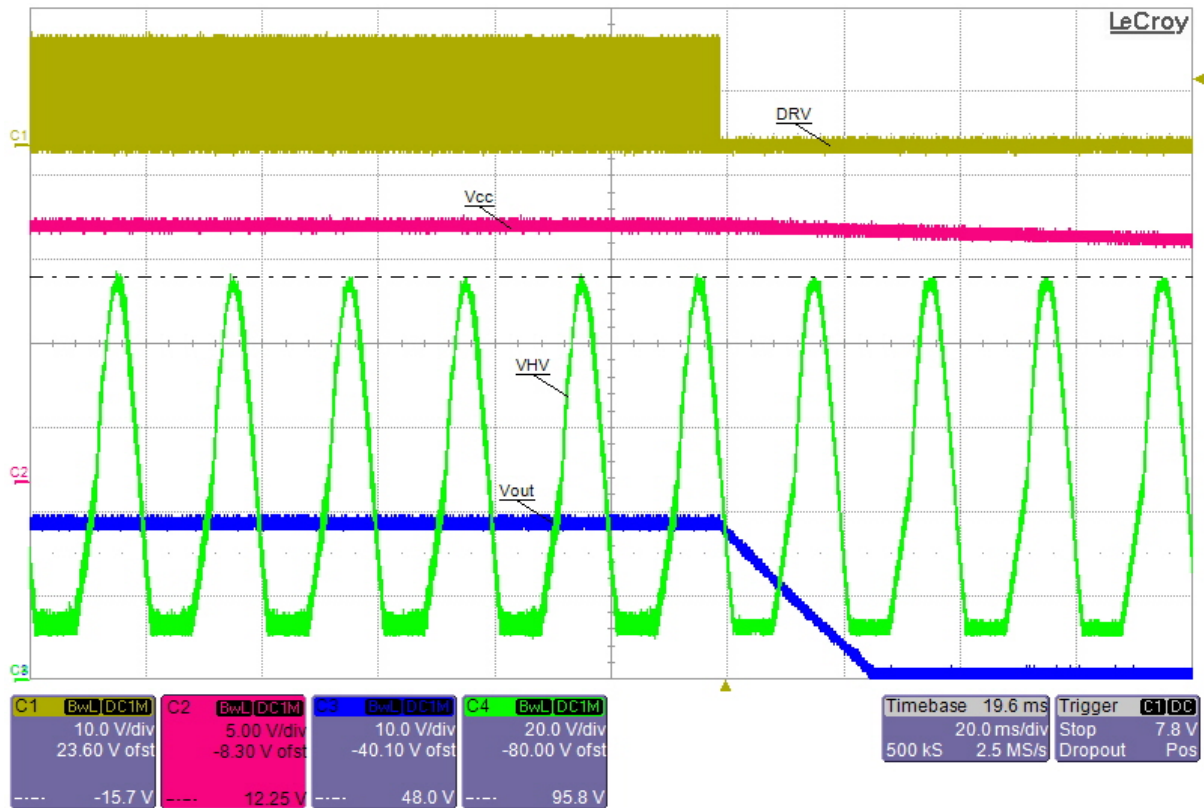


Figure 22. Brown Out Protection Reaction when the RMS AC Input Voltage Steps Down from 85 V to 66 V under 1 A Output Current Loading

DN06074/D

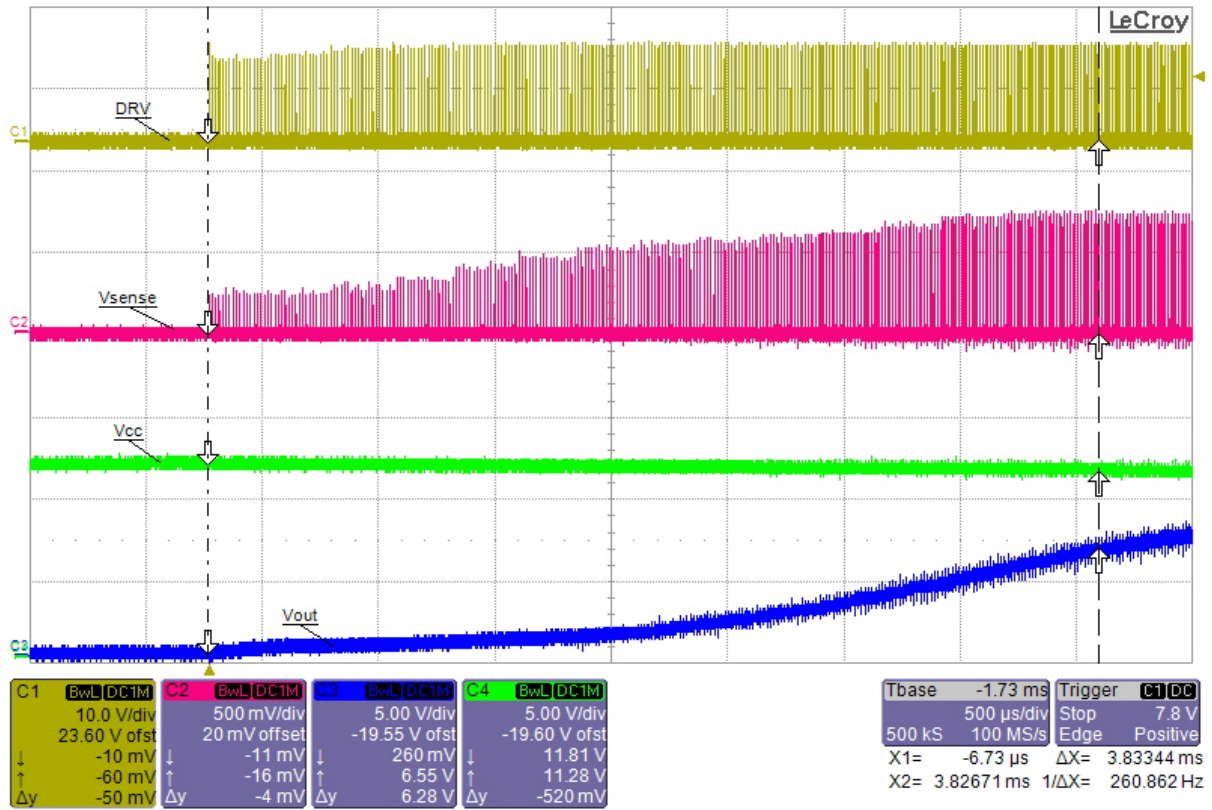


Figure 23. The Soft Start at 85 V/50 Hz Input with 5.5 A Output Current Loading

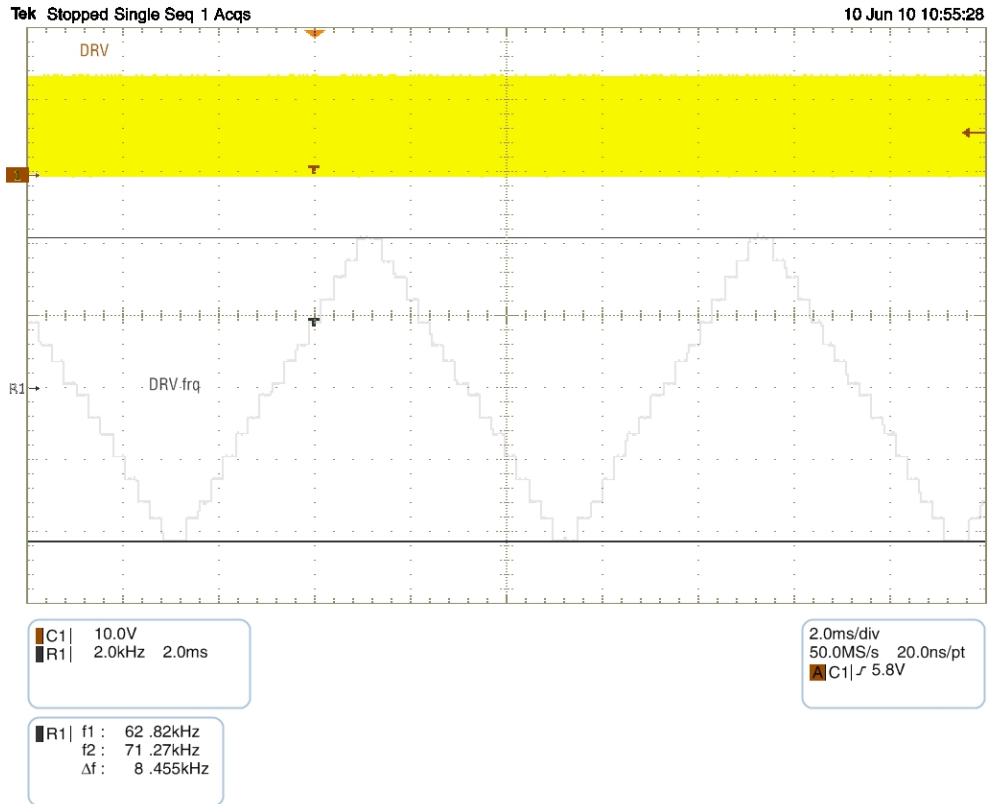


Figure 24. Frequency Deviation of the Frequency Jittering

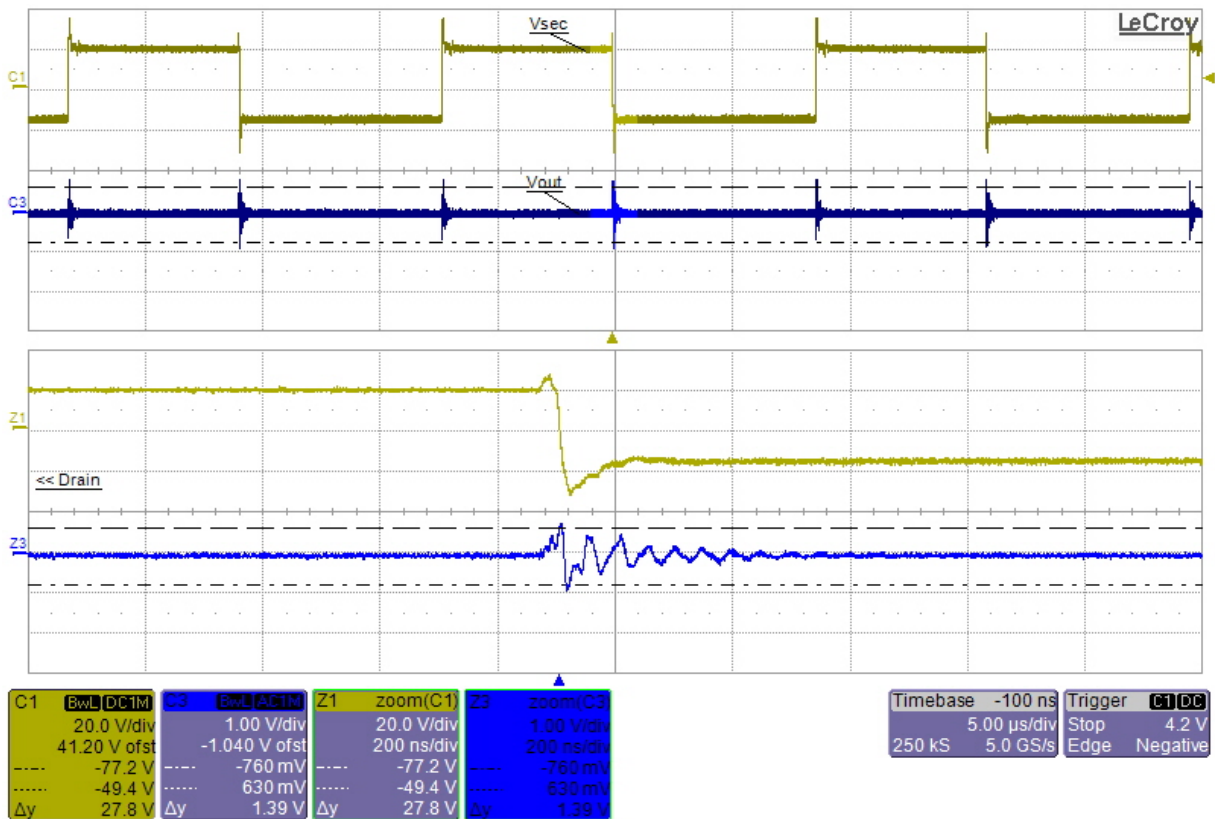


Figure 25. Detail of the Output Voltage Ripple and Voltage Across Secondary Winding of Transformer at 85 V/50 Hz Input with 3.5 A Output Current Loading (the ringing is caused by the secondary diode reverse recovery)

結果の概要

NCP1234/36コントローラ・ファミリを使用すると、費用効果が高く、設計が容易で、無負荷時の入力消費電力が少ない電源の構築が可能になります。設計した広い入力範囲に対応するアダプタは、広範な入力電圧範囲にわたって、無負荷時入力消費電力を100 mW以下に抑える要件を満足します。完全なアダプタのデザインでは、無負荷時入力消費電力を低く抑える必要があり、このコントローラは周波数フォールドバック機能によって容易にこの結果を実現します。

このアダプタ・デザインで得られる平均効率は低い電圧ライン(115 V/60 Hz)の場合は89.8%、高い電圧ライン(230 V/50 Hz)の場合は90.3%です。オン・セミコンダクターの低順方向電圧降下ダイオード NSTS30100SG、専用トランスKA5038-BL、このアプリケーション専用のデザインおよび低損失EMIフィルタのおかげで、優れた性能が得られます。

低EMI指向設計、堅牢な入力、そしてPCBでの低EMI指向レイアウトの使用によって、非常に良好な伝導EMIが得られます。

謝辞

サンプルの提供、このボードで使用したフライバック・トランスのカスタム・デザインとサポートに対して、COILCRAFT社に感謝いたします。

入力EMIフィルタおよびバリスタのサンプルを提供いただいたEPCOS社に感謝いたします。また、高周波入力および出力EMIフィルタのサンプルを提供いただいたWURTH社にお礼を申し上げます。

DN06074/D



Figure 26. Photograph of the Designed Prototype (Real Dimensions are 146.6 x 50.8 mm)

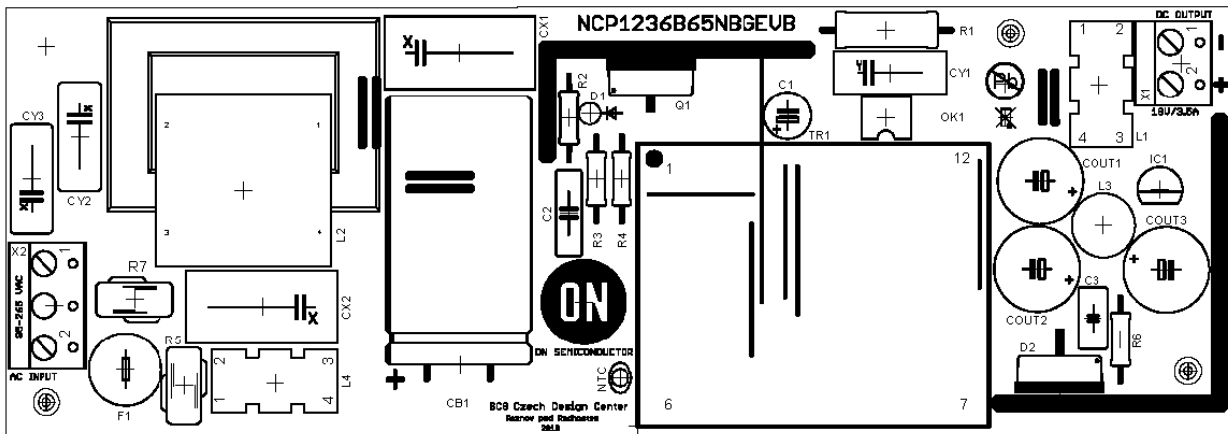


Figure 27. Component Placement on the Top Side (Top View)

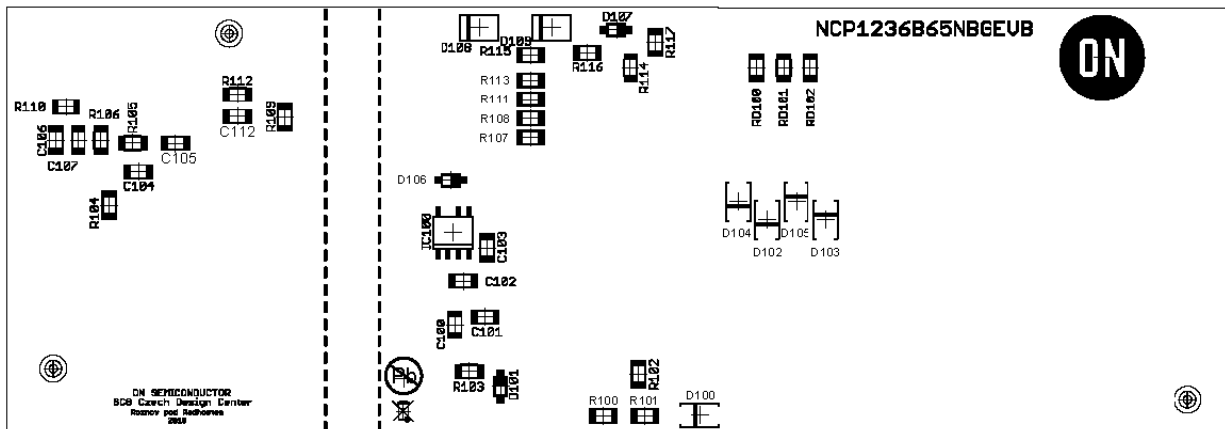


Figure 28. Component Placement on the Bottom Side (Bottom View)

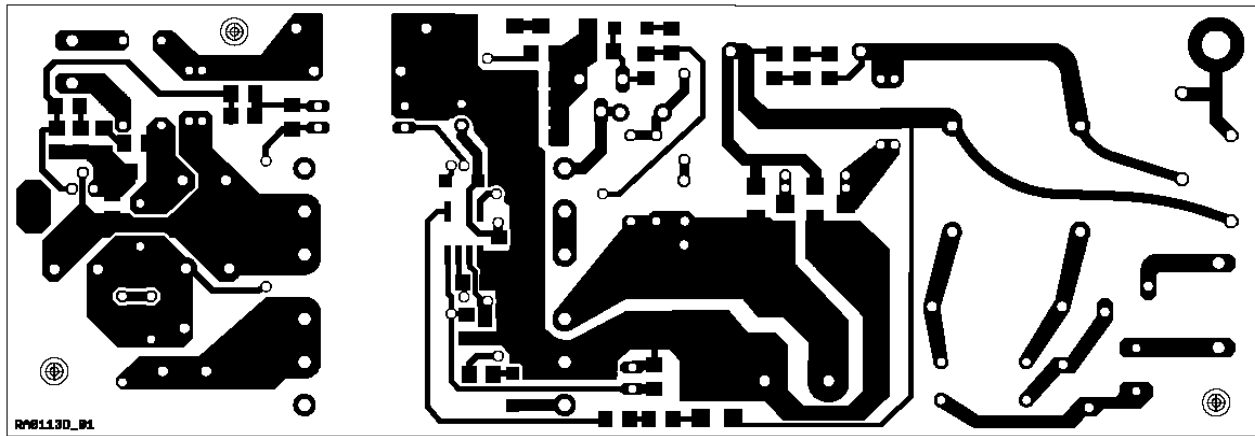


Figure 29. Bottom Side (Bottom View)


Table 4. BILL OF MATERIALS

Designator	Qty	Description	Value	Tolerance	Footprint	Manufacturer	Manufacturer Part Number
C1	1	Electrolytic Capacitor	47 μ F/0 V	20%	Radial	Koshin	KLH-050V470ME110
C100, C103	2	Ceramic Capacitor	100 nF	10%	1206	Kemet	C1206C104K5RAC
C101, C104	2	Ceramic Capacitor	NU	-	1206	-	-
C102, C106	2	Ceramic Capacitor	1.0 nF	10%	1206	Kemet	C1206C102K5RAC
C105, C107	2	Ceramic Capacitor	33 nF	10%	1206	Kemet	C1206C333K5RAC
C2	1	Ceramic Capacitor	5.6 nF/630 V	5%	Radial	TDK Corporation	FK20C0G2J562J
C3	1	Ceramic Capacitor	1.2 nF/630 V	5%	Radial	TDK Corporation	FK26C0G2J122J
CB1	1	Bulk Capacitor	100 μ F/400 V	20%	Through Hole	United Chemi-Con	EKXG401ELL101MMN3S
COU1, COU2, COU3	3	Electrolytic Capacitor	470 μ F/25 V	20%	Radial	Panasonic - ECG	ECA-1EHG471
CX1, CX2	2	Suppression Film Capacitors	100 nF	10%	Through Hole	Epcos	B32922C3104K
CY1, CY2, CY3	3	Ceramic Capacitor	2.2 nF/X1/Y1	20%	Disc - Radial	Murata	DE1E3KX222MA5B
D1	1	Standard Recovery Rectifier	1N4007	-	DO41-10B	ON Semiconductor	1N4007G
D100, D102, D103, D104, D105, D108, D109	7	Standard Recovery Rectifier	MRA4007T3G	-	SMA	ON Semiconductor	MRA4007T3G
D101, D107	2	Diode	MMSD4148	-	SOD123	ON Semiconductor	MMSD4148T3G
D106	1	Zener diode	MMSZ15	5%	SOD123	ON Semiconductor	MMSZ15T3G
D2	1	Diode Schottky 150 V 15 A	NTST30100SG	-	TO220	ON Semiconductor	NTST30100SG
F1	1	Fuse (MST ser.)	1.6 A	-	Through Hole	Schurter Inc	0034.6617

Table 4. BILL OF MATERIALS

Designator	Qty	Description	Value	Tolerance	Footprint	Manufacturer	Manufacturer Part Number
IC1	1	Programmable Precision Reference	TL431	-	TO-92	ON Semiconductor	TL431BCLPG
IC100	1	SMPS Controller	NCP1236B65	-	SOIC-08	ON Semiconductor	NCP1236BD65R2G
L1	1	Inductor	744 841 414	-	744 841 414	Würth Elektronik	744 841 414
L2	1	Inductor	2 x 20 mH/2 A		B82734W	Epcos	B82734W2202B030
L3	1	Inductor	10 μ H	10%	DR0810	Coilcraft	DR0810-103L
L4	1	Inductor	744 841 330	-	744 841 330	Würth Elektronik	744 841 330
NTC	1	Sensing NTC Thermistor	330 k Ω	5%	Disc - Radial	Vishay	NTCLE100E3334JB0
OK1	1	Optocoupler	PC817	-	4-DIP	Sharp	PC817X2J000F
Q1	1	N MOSFET Transistor	SPP11N60C3	-	TO220	Infineon	SPP11N60C3
R1	1	Resistor Through Hole, High Voltage	4.7 M Ω	5%	Axial Lead	Welwyn	VRW37-4M7JI
R100, R101	2	Resistor SMD	2.7 k Ω	1%	1206	Rohm	MCR18EZHF2701
R102	1	Resistor SMD	33 k Ω	1%	1206	Rohm	MCR18EZHF3302
R103, R117	2	Resistor SMD	2.2 Ω	1%	1206	Rohm	MCR18EZHF2R20
R104	1	Resistor SMD	2.2 k Ω	1%	1206	Rohm	MCR18EZHF2201
R105	1	Resistor SMD	8.2 k Ω	1%	1206	Rohm	MCR18EZHF8201
R106	1	Resistor SMD	6.2 k Ω	1%	1206	Rohm	MCR18EZHF6201
R107, R108, R111, R113	4	Resistor SMD	1.0 Ω	1%	1206	Rohm	MCR18EZHF1R00
R109	1	Resistor SMD	3.9 k Ω	1%	1206	Rohm	MCR18EZHF3901
R110	2	Resistor SMD	5.6 k Ω	1%	1206	Rohm	MCR18EZHF1001
R112	2	Resistor SMD	1.0 k Ω	1%	1206	Rohm	MCR18EZHF1001
R114	1	Resistor SMD	22 Ω	1%	1206	Rohm	MCR18EZHF22R0
R115	1	Resistor SMD	680 Ω	1%	1206	Rohm	MCR18EZPF6800
R116	1	Resistor SMD	10 k Ω	1%	1206	Vishay	MCR18EZHF1002
R2	1	Resistor	2.2 Ω	1%	0207	Vishay	MBB02070C2208FRP00
R3, R4	2	Resistor	330 k Ω	1%	0207	Vishay	HVR2500003303FR500
R5	1	Surge protecting varistor	B72210P2301 K101	20%	Disc - Radial	Epcos	B72210P2301K101
R6	1	Resistor	15 Ω	1%	0207	Vishay	MRS25000C1509FRP00
R7	1	NTC Thermistor	NU	-	Disc - Radial	-	-
RD100, RD101, RD102	3	Resistor SMD	820 k Ω	1%	1206	Rohm	MCR18EZHF8203
TR1	1	Transformer	KA5038-BL	-	KA5038-BL	CoilCraft	KA5037-BL
X1	1	Terminal Block, 2 Way	CTB5000/2	-	W237-102	Cadem El.	CTB5000/2
X2	1	Terminal Block, 3 Way	CTB5000/3	-	W237-113	Cadem El.	CTB5000/3

ENERGY STAR and the ENERGY STAR mark are registered U.S. marks.

ON Semiconductor and  are registered trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC (SCILLC). SCILLC reserves the right to make changes without further notice to any products herein. SCILLC makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does SCILLC assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in SCILLC data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. SCILLC does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. SCILLC products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the SCILLC product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use SCILLC products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold SCILLC and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that SCILLC was negligent regarding the design or manufacture of the part. SCILLC is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer. This literature is subject to all applicable copyright laws and is not for resale in any manner.

PUBLICATION ORDERING INFORMATION

LITERATURE FULFILLMENT:

Literature Distribution Center for ON Semiconductor
P.O. Box 5163, Denver, Colorado 80217 USA
Phone: 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada
Fax: 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada
Email: orderlit@onsemi.com

N. American Technical Support: 800-282-9855 Toll Free
USA/Canada
Europe, Middle East and Africa Technical Support:
Phone: 421 33 790 2910
Japan Customer Focus Center
Phone: 81-3-5817-1050

ON Semiconductor Website: www.onsemi.com
Order Literature: <http://www.onsemi.com/orderlit>
For additional information, please contact your local
Sales Representative