



NCP1392B、NCP1606、 NCP1351Bを使用したLCD TV 電源の実装

ON Semiconductor®

www.onsemi.jp

APPLICATION NOTE

概要

次の参考文献では、LCD TV電源用に製作およびテストしたGreenPoint®ソリューションについて説明します。リファレンス・デザインの回路は、171×200 mm、高さわずか30 mmの片面プリント基板1枚で形成されています。小型サイズにより、このデザインはLCD TVのフレーム内に収容できます。回路全体の概要を、Figure 1に示します。性能を

最適化すると同時に、トータル・コスト・ソリューションを最小限に抑えるために注意深く考慮しました。

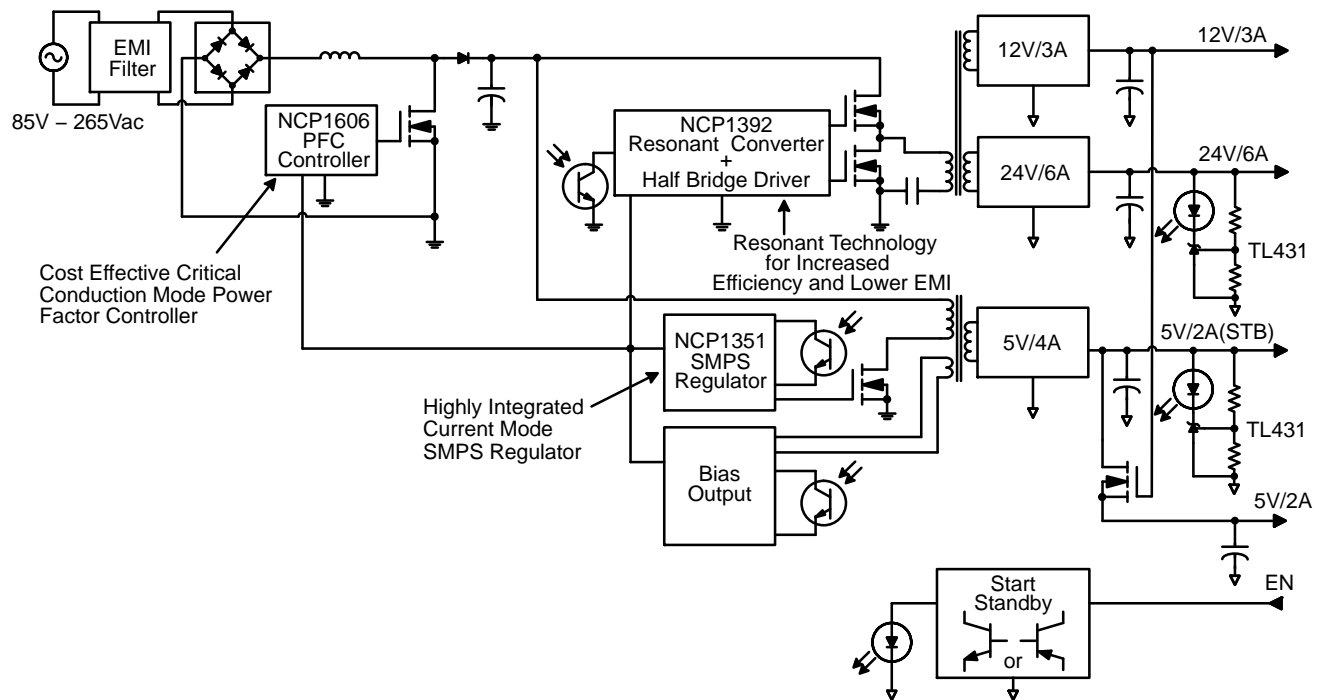


Figure 1. LCD TV Demo Board

LCD電源の要件

大型のフラット・パネル・ディスプレイ(FPD)(32インチ超)では、一般的に電源は内蔵型であり、TVのサイズと機能セットにもよりますが、120~500 Wの範囲内の出力が要求されます。バックライト、オーディオ・アンプ、チューナ、画像信号処理など、さまざまなブロックに電力を供給するために、複数の電圧レールが必要です。入力電力は75 Wを上回っているので、アプリケーションは、全高調波歪み(THD)に関する規制を制定しているIEC1000-3-2 class D規格に準拠する必要があります。この規制要件に適合するために、NCP1606のアクティブ力率補正(PFC)フロント・エンドが使用されています。このPFCは、汎用のライン電圧(85~265 Vac、47~63 Hz)

に対応し、単一電源をあらゆる地域で使用できるように設計されています。また、スタンバイ・モードでもバイアスを印加しておく必要があるマイクロコントローラに5 Vを供給するために、NCP1351ベースの補助電源も必要です。

スタンバイ・モードでの低消費電力は、現在のLCD TVにとって重要な要件です。最近の研究では、EU域内の平均的な家庭では、合計年間消費電力のうち5%~10%は家庭電化製品や他の機器のスタンバイ・モードに起因することが示唆されています。TVセットは間違いなく、この待機消費電力への寄与が非常に大きい機器の1つです。その結果、国や地域による違いはありますが、自主的および強制的な各種のエネルギー規制規格が制定されています。

米国エネルギー省(DOE)エネルギー情報局(EIA)によると、2015年までに電子製品は家庭における電力総需要の18%を占める可能性があるとして予測されています。これは住宅の総エネルギー消費量に占める割合で、照明や家電製品を上回る率です。この予測の一部は、TVは電源オンになっている1日あたりの時間が長い機器であるという事実に関係しています。ニールセン・メディア・リサーチ(NMR)によると、2004年9月から2005年9月の調査期間中、米国の平均的な家庭は1日あたり8時間11分TVを視聴していました。また、この数値は、ゲーム・コンソールやコンピュータなどの周辺機器とともにTVが使用される追加の時間が存在する可能性がある、という事情を考慮に入れていません。その結果、2008年11月30日を発効日として、TVを対象とする新バージョンのENERGYSTAR[®]規格が有効になり、スタンバイ電力を1 W未満にするという要件が課され、画面のサイズと表示形式(HDまたはフルHD)に基づくアクティブ・モードの消費電力規制も追加されました。この規格は技術的には中立であり、LCD、プラズマ、リア・プロジェクションを含むすべてのTVディスプレイに適用されます。

アクティブ・モード規制が追加されたのは、消費者が購入するフラット・パネルTVは、置き換え前の小型ブラウン管TVのアクティブ・モード電力に加えて2倍以上の電力を消費する可能性があるからです。この消費電力増加の多くは単純に、販売される製品のサイズが大きくなったことに起因します。

ブラウン管TVに対するフラットTVの主要な差別化要因の1つは、筐体を大幅に薄型化できることです。残念なことに、消費電力量は多くなる可能性があり、電力密度(W/cm³)もブラウン管を大幅に上回っています。さらに、TVはリビング・ルームで使用されることが多く、可聴ノイズが問題になる可能性があるため、ファンの使用も制限されます。最後に、高密度実装を採用し、同じ筐体の中にあるオーディオ・アンプ、電源、シグナル・プロセッサと近接しているため、優れたEMI性能も必須です。

| Region Country | Program Name | Requirements for Televisions | Demoboard Compliance |
|----------------|-------------------------------------|------------------------------|----------------------|
| China | CSC | 3 W | Yes |
| Korea | Energy Saving | 3 W | Yes |
| European Union | EU Eco-Label | 1 W 9 W with a STB | Yes |
| European Union | EU Code of Conduct | 3 W with a STB | Yes |
| Europe | GEEA | 1 W | Yes |
| US | 1 Watt Executive Order/ ENERGY STAR | 1 W | Yes |

結果として、高効率と低EMIシグニチャを妥当なコストで達成する必要があります。これらのニーズを満たすには、次のように従来型のトポロジは最適ではありません。

- フライバック：トランスの使用方法が最適から程遠い状態
- フォワード：EMIシグニチャが最小値まで減少しない

アーキテクチャの概要

まず、フロント・エンドでアクティブな力率補正を使用すると、PFC出力電圧が適切に安定化されるので、システムを最適化できます。アクティブPFCフロント・エンドは、NCP1606コントローラを使用して実装します。SMPS、つまりスイッチ・モード電源のステージではハーフ・ブリッジ共振LLCトポロジを使用します。この方法では従来のトポロジに比べて効率が改善され、EMIシグニチャが減少し、電磁気の使用率が向上するからです。NCP1392コントローラを使用して、ハーフ・ブリッジ共振LLCコンバータを実装します。スタンバイ出力回路として、NCP1351が駆動するフライバック・トポロジを選択しました。要約すると、このリファレンス・デザインで選択したアーキテクチャにより、部品コストの大幅な上昇や回路の大幅な複雑化なしで、望ましい性能を達成するように設計を最適化できます。

デモボードの仕様

LCD TVでは、TVのさまざまなパーツに電力を供給するために、さまざまな電圧が必要とされます。最大の電力(24 V、6 A)の用途はバックライトです。12 Vレールはオーディオ・アンプと信号処理ボードに電力を供給するために使用します。これら2つのレールはLLC電源から供給します。LCD TV内の大半のドライバとプロセッサは、独自のDC/DCコンバータを用意して、メインのSMPSから供給された電圧を適切な電圧に変換します。これらのDC/DCコンバータとリニア・レギュレータは、5 Vおよび12 Vのレールから電力を供給されます。このアプリケーションには2系統の5 Vレールがあります。1系統はスタンバイ電力供給用で、もう1系統の5 VレールはメインLLCがオンの場合のみアクティブになります。

このスイッチ・モード電源(SMPS)に必要なパラメータは、次のとおりです。

| Requirement | Min | Max | Unit |
|---|-----|-----|------|
| Input Voltage (ac) | 85 | 265 | V |
| Output Voltage 1 (dc) | - | 24 | V |
| Output Current 1 | 0 | 6 | A |
| Output Voltage 2 (dc) | - | 12 | V |
| Output Current 2 | 0 | 3 | A |
| Output Voltage 3 (dc) | - | 5 | V |
| Output Current 3 | 0 | 2 | A |
| Output Voltage STBY (dc) | - | 5 | V |
| Output Current STBY | 0 | 2 | A |
| Total Output Power | 0 | 200 | W |
| Consumption for a 500 mW Output Load in STBY Mode | - | 1 | W |
| Consumption for a 100 mW Output Load in STBY Mode | - | 400 | mW |

NCP1392にはこのアプリケーションに最適な以下の機能が搭載されています。

ブラウンアウト(BO)保護入力

このピンには2つの機能があります。まず、BOは永続的にバルク電圧を監視し、SMPSが適切な V_{bulk} 範囲内で確実に動作するようにします。2番目の機能は、このピンを2Vにプルアップしたときに有効になり、すべての出力スイッチングが停止します。この機能は、無負荷の条件下でスキップ・サイクルに入るため、または出力側で短絡が生じた場合や2次側の整流器が破損した場合に1次側のMOSFETを停止する目的でパルスを停止するのに使用します。

100 msのPFC遅延

このタイマにより、力率補正(PFC)ステージが完全に安定するまで、メインのLLC SMPSは起動しません。この機能が主に役立つのは、SMPSが110 Vacのライン電圧に接続されている場合です。この遅延がない場合は、LLCが最大負荷の条件下で起動し、短時間のソフト・スタートが発生したときに、PFCフロント・エンドに必要な電流を供給できない可能性があります。

固定デッド・タイム(DT)

NCP1392シリーズは、複数の出力の間に固定デッド・タイムを設けており、300 ns、600 ns、1,100 nsの各バージョンが用意されています。この機能により、設計者はクロス導通に対してスイッチを保護するために最適なデッド・タイムのバージョンを選択する柔軟性を確保できます。DTの長さは、アプリケーションで使用しているMOSFETの合計容量に基づいて決定します。DTが適切な値より短い場合は、この静電容量を再充電するための十分な時間を確保できず、ソース・ドレイン間電圧が0に達する前に反対側のMOSFETがターンオンしてしまいます。その結果、効率が低下し、EMI性能が悪化します。一方、長すぎるDTを選択することも望ましくありません。デッド・タイム期間中に、共振タンクから電流が供給されますが、デッド・タイム期間に使用するために蓄積されている電荷の量は有限です。デッド・タイムが長すぎる場合は、電流を供給するのに必要とされる、蓄積していたエネルギーがすべて消費されます。この挙動が生じた場合は、デッド・タイムが終了する前に電流は逆方向に流れます。その結果、「ハード・スイッチング」が発生しますが、これは非常に危険であり、MOSFETが破損するおそれがあります。さらに、長いDTは周波数範囲が低くなることを意味します。これらの事実に基づき、このアプリケーションでは、600 nsのデッド・タイムを意味するバージョンBを選択しました。

内蔵発振器(RTピン)

NCP1392にはRTピンから流入する電流によって駆動される内蔵発振器が搭載されています。 F_{min} は $\pm 3\%$ の精度で設定されており、 F_{max} の精度は $\pm 15\%$ です。この発振器は電流駆動なので、追加の安定化ループをRTピンに並列で簡単に接続することができます。RTピンには、3.5 Vのリファレンス電圧が接続されています。したがって、シャント・レギュレータ(例えば、TLV431)をRTピンに直接接続して、もう1つの安定化ループを作成することができます。

ハイサイド・ドライバ

NCP1392には内蔵ハイサイド・ドライバ(HSD)が搭載されているので、ハイサイドMOSFETに直接接続できます。この「フローティング」ドライバは最大600 Vを受け入れ、十分な dV/dt 余裕度を備えています。HSDは V_{cc} からブートストラップ・ダイオード経由で電力が供給され、低電圧検出機能を備え、十分な電圧が存在している場合のみハイサイドMOSFETがターンオンするようにしています。この結果、MOSFETのターンオンは正常に実施されます。このドライバが存在するので、上側MOSFETをドライブするための特殊なトランスやオプトカプラが不要になります。

NCP1392Bの詳細については、データシートをご覧ください。

デモボードの詳細な説明

デモボードの回路図をFigure 47に示します。すでに説明したように、SMPSは3つのブロックで形成されています。PFCフロント・ステージは85 Vac/60 Hzから265 Vac/50 Hzまでの入力電圧を受け入れ、公称385 Vdcに変換します。メインのLLC SMPSはバルク電圧を385 Vから、12 V/3 Aおよび24 V/6 Aという2系統のDC電圧に変換します。24 V出力電圧が最も重要なので、安定化ループはこの電圧のみから取得されます。両方の出力電圧が確実に安定化されるように、もう1つの抵抗分割器を追加する必要があります。その結果、両方の出力電圧に関してパーセント単位の重み付けを行ってループ全体を安定化することになります。3番目のブロックはスタンバイSMPSであり、メインのSMPSがオフの間に5 V/2 A出力を供給してTVの制御ユニットに電力を供給する役割を持っています。LLCがアクティブなときは、追加の5 V/2 A出力が利用できます。

注: 安定化ループは24Vラインのみから取得されるので、24 Vラインに負荷がない場合は、12 Vラインの負荷に安定化を適用することはできません。

PFCフロント・ステージ

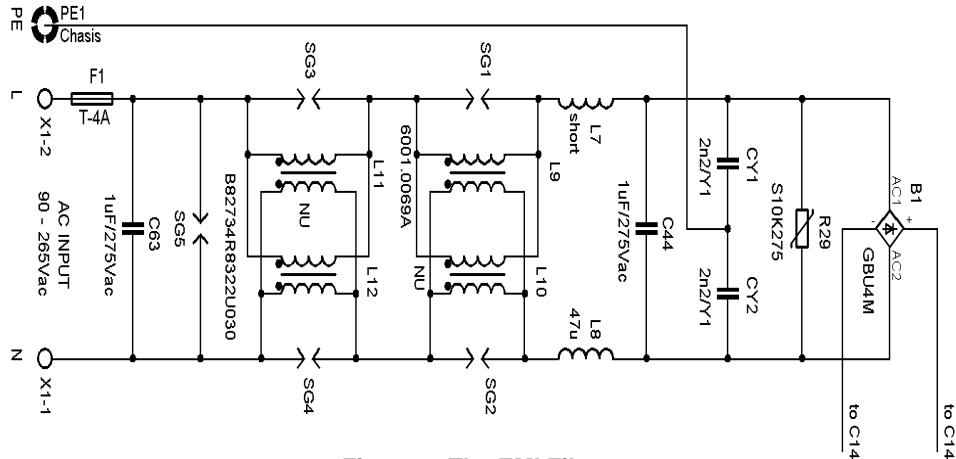


Figure 2. The EMI Filter

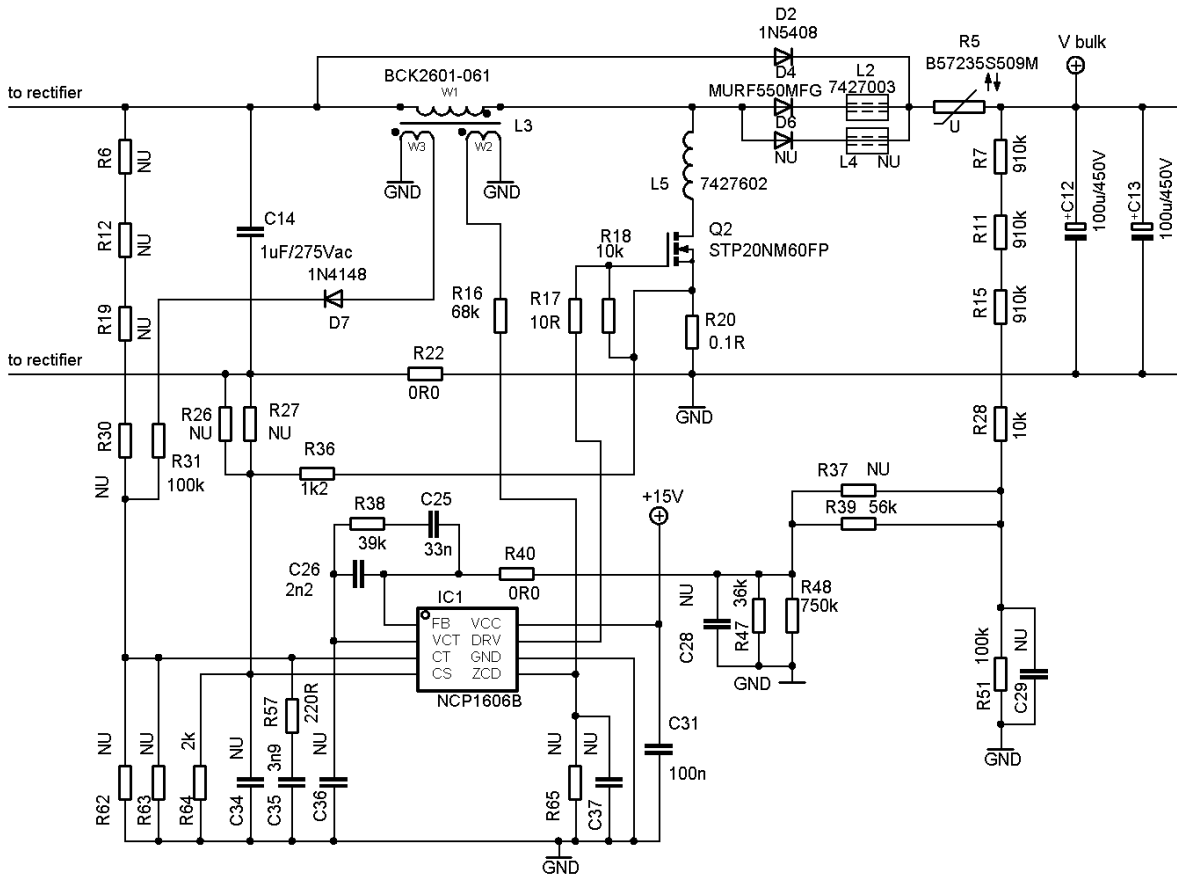


Figure 3. Schematic of the PFC Stage

このアプリケーションでは、NCP1606Bの昇圧PFCコントローラを使用します。このコントローラは臨界導通モードで動作します。プリント基板(PCB)はオン・セミコンダクターの他のいくつかのPFCコントローラ(例えば、MC33262、NCP1601、NCP1653)と互換性があります。入力電圧はEMIフィルタ(Figure 2)を通過します。このフィルタは、SMPSによ

って生成されるノイズから配電ネットワークを保護します。EMIフィルタは、コンデンサCY1、CY2、C44、C63によって形成され、チョークL9とL12によって電流が補償されます(L10とL11は別のパッケージでチョークを使用する場合のオプション)。バリスタR48はライン電圧から到達したサージからSMPSを保護します。フィルタ済みのAC電圧は4個のダイオ

ードからなる整流器によって整流され、コンデンサC14に接続されます。このコンデンサはPFCステージ内で生成された高周波ピークをフィルタします (Figure 3)。MOSFET Q2がターンオンする場合、エネルギーはコイルL2内に蓄積されます。MOSFET Q2がターンオフした時点で、コイルL2内に蓄積されたエネルギーは、C14内の整流済み電圧に追加され、バルク・コンデンサはダイオードD4経由で充電されます。この電圧は、抵抗R7、R11、R18、R28、R51、R38、R46、R47によって分割され、安定化レベルを設定するためにPFCのFBピンに接続されます。PFCのコイルL2を流れる電流はR20によって検知され、抵抗分割器R35とR64を使用して最終的にPFCのCSピンに到達します。このICはスイッチング・サイクルごとにコイルの電流を監視し、その電流が安全レベルを上回っている場合は、MOSFETを直ちにターンオフします。抵抗R37、およびコンデンサC26とC27は補償ネットワークを形成します。過渡応答は補償ネットワークによって異なります。L2コイルの補助巻線W2は、コイルの減磁に関する情報を抵抗R15経由でPFCコントローラに伝達します。この情報を監視すると、コイルの減磁が完了した後にスイッチをターンオンすることができます。この結果、 t_{rr} が大きいダイオードを使用することができ、EMIの観点からは望ましい性能を達成しやすくなります。ダイオードD7と抵抗R30をL2のW3と組み合わせると、入力電圧がピーク値に達する場合のオン時間を短縮できます。

PFCステージの動作方法と設計方法の詳細については、アプリケーション・ノート [AND8123JP/D](#) を参照してください。

スタンバイ電源

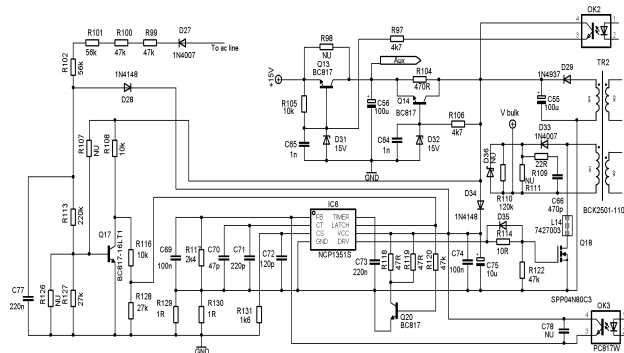


Figure 4. The SMPS Primary Side Schematic

スタンバイ電源で使用するために、NCP1351Bコントローラを選択しました。この製品は電流モードのパルス幅変調(PWM)コントローラであり、可変周波数と擬似固定ピーク電流で動作します。出力負荷が軽くなるにつれて、動作周波数とピーク電流は低下します。この結果、トランスの機械的共振は防止され、音響ノイズが抑制されます。また、低い周波数で動作すると、スイッチング損失が低減され効率が向上します。整流済みの電圧はトランスTR2に供給され、Q18によって切り替えが行われます。

NCP1351Bは、抵抗R114経由でMOSFETを駆動します。抵抗R122は、ゲート駆動信号をテストおよび評価する目的でのみ配置してあります。抵抗R33、R110、R109、およびコンデンサC66は高電圧クランプを形成し、スタンバイ・トランスの漏れインダクタンスに起因するMOSFETのターンオフ時に発生する高電圧スパイクからQ18を保護します。コンデンサC70とC71の並列の組み合わせにより、最大周波数をFBに電流が流入していないときを上回る値に設定できます。R129とR130の並列の組み合わせにより、負の電流センス抵抗を形成し、R131を通じて検知を実行し、C72によってクランプが行われます。C73は、FBに対する電流ループが消失したかどうかを検出するタイミング・コンデンサとして機能します。このコンデンサは内部電流源によって充電され、コンデンサが5Vに達した時点でICの動作が停止します。D34は起動時の条件下で V_{cc} を分離し、スタンバイ電源を起動させるために必要な部分のみに電力を供給します。スタンバイが正常に機能するようになった段階で、TR2の補助巻線W4からD29経由でスタンバイに電力が供給され、スタンバイはW4からの電圧を整流し、C55を充電します。起動回路はD27、D28、R99、R100、R101、およびR102によって形成され、起動用の電圧はACライン電圧から直接供給されます。抵抗R99~R101の値として、120 Vacライン電圧を使用する場合にコンデンサC75が適切な時間で充電されるように、十分小さい値を選択します。同時に、265 Vacの入力電圧を使用する場合に消費電力が受け入れ可能な値になるように、十分大きい値を選択します。NCP1351Bをターンオンするために必要なレベルまでコンデンサC75が充電された時点で、SMPSはTR2の補助巻線W4から電力が供給されます。Q17、R108、R113、R116、R127、およびR128周辺の電流は、ライン電圧入力切断された場合(例えば、メイン・スイッチがオフに切り替えられた)場合に、スタンバイSMPSをターンオフするために使用されます。ライン電圧が高い水準で、出力側の消費が非常に小さい場合は、小さい負荷を通じてバルク・コンデンサの電荷を放電するには非常に長い時間を要し、インジケータLEDが非常に長い時間にわたってオンの状態にとどまり、LCD TVがオフかどうかを判断するのが困難になります。したがって、ライン電圧が供給されなくなった場合は、Q17のベースに印加されていた電圧も供給されなくなります。この挙動は、Q17がターンオフし、NCP1351BのLATCHピンがR108とR116を通じてプルアップされ、出力パルスが停止することを意味します。ライン電圧が迅速に回復した場合や、ごく短期間の過渡的低下にとどまった場合は、LATCHからR120経由でQ20のベースに電圧が供給されます。ラッチがプルアップされている場合は、Q20は V_{cc} ラインを導通させ、NCP1351Bの内部にある内蔵ラッチ・ロジックがリセットされます。

注: Q17とQ20の周辺で結合されている回路は、SMPSを正常に機能させる目的では、必須ではありません。この回路を図示したのは、この回路の機能が求められる場合に、その機能を示すことが目的です。

2次側 :

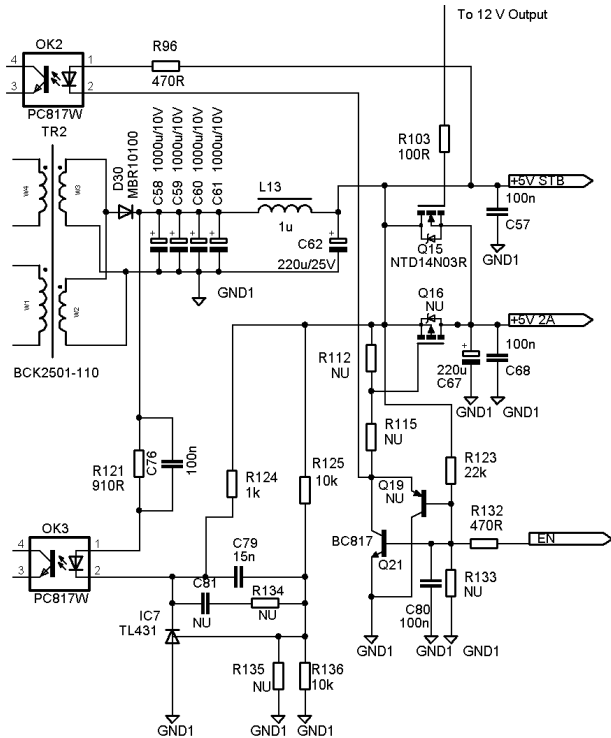


Figure 5. The SMPS Secondary Side Schematic

トランジスタから供給された電圧は、ダイオード D30によって整流され、一連のコンデンサC58、C59、C60、C61、C62、およびインダクタL13によってフィルタされます。この電圧の一部は、制御回路に電力を供給する目的で利用でき、残りはメインSMPSがアクティブで12 Vの電圧が存在しているときにQ15によって5V出力へのスイッチングが行われます。出力電圧のレベルは、抵抗分割器R125とR136で設定します。TL431Bのバイアス電流は、抵抗R124で設定します。安定性と過渡に対する応答速度は、2次側の抵抗R121とコンデンサC76およびC79で設定します。適切なデバイスを選択し、適切なループ・ゲインと位相マージンを設定する方法については、アプリケーション・ノート [AND8327/D](#)を参照してください。デバイスを使用してここで達成したゲイン・マージンをFigure 6に示します。

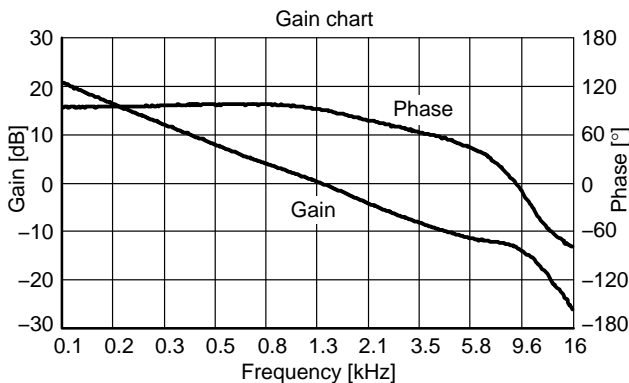


Figure 6. Frequency Response of the Open Regulation Loop of the STBY

SMPSはENピンに印加された信号により、スタンバイ・モードから最大電力に切り替わります。この信号は、負と正のどちらでもかまいません(PCBはこの仕様で設計済みです)。この構成では、PNピンをイネーブルにするとSMPSがターンオンし、PNピンをグランドに接地するとターンオフします。トランジスタQ21は、抵抗R123を通じてターンオンします。オプトカプラOK2は、R96を経由して+5 V STBYによってアクティブになります。オプトカプラがアクティブになった時点で、C56からの正電圧がダイオードD31とQ13のベースに供給されます。この正電圧はQ13をターンオンし、メインのLLCとPFCの各回路にバイアスを供給します。トランジスタQ14とダイオードD32は、SMPSの残りの部分に電圧を供給します。スタンバイが無負荷で動作している場合は、C55に印加されている整流済みの電圧はごくわずかです。R104による付加的な電圧降下が原因で、この電圧はさらに低下し、Q13のエミッタにおける電圧は大きく低下して、PFCステージが起動する13.1 V_{max}というレベルに到達しなくなります。したがって、PFCステージは決して動作しません。NCP1351Bの負の電流センスが原因で、C55から供給される電圧をコンデンサC56に直接接続することはできません。このコンデンサを充電する電流は、R129とR130を経由し、NCP1351のレジスタの制御下にあるからです。この事実に基づき、Q14とD32による安定化が有効に機能するのは、2次側が無負荷の状態です。TR1の補助巻線から供給される電圧を安定化するには、Q13とD31によって実施されるもう1つの安定化が必要です。

Figure 7に、0.5 W、0.1 Wの各負荷、および無負荷の状態でのスタンバイ・ステージのみが動作している(LLCとPFCがディセーブル)ときの消費電力を示します。0.5 W負荷の場合の消費は1 W以下、0.1 W負荷の場合の消費は0.4 W以下です。スタンバイ時の効率、エネルギー効率に関する現在の規制を満たしています。

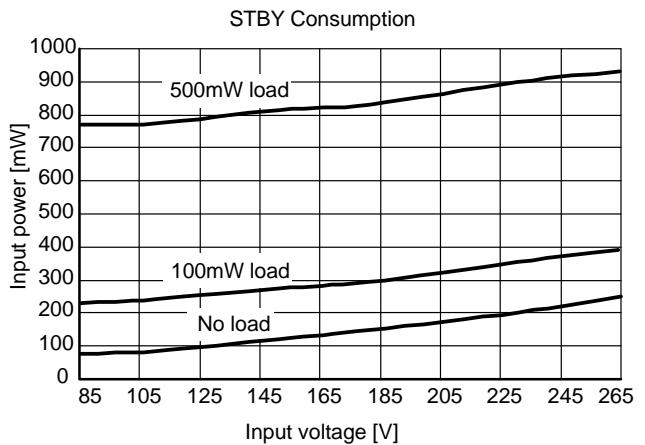


Figure 7. Standby Consumption vs. Line Voltage

ラインのLLC電源

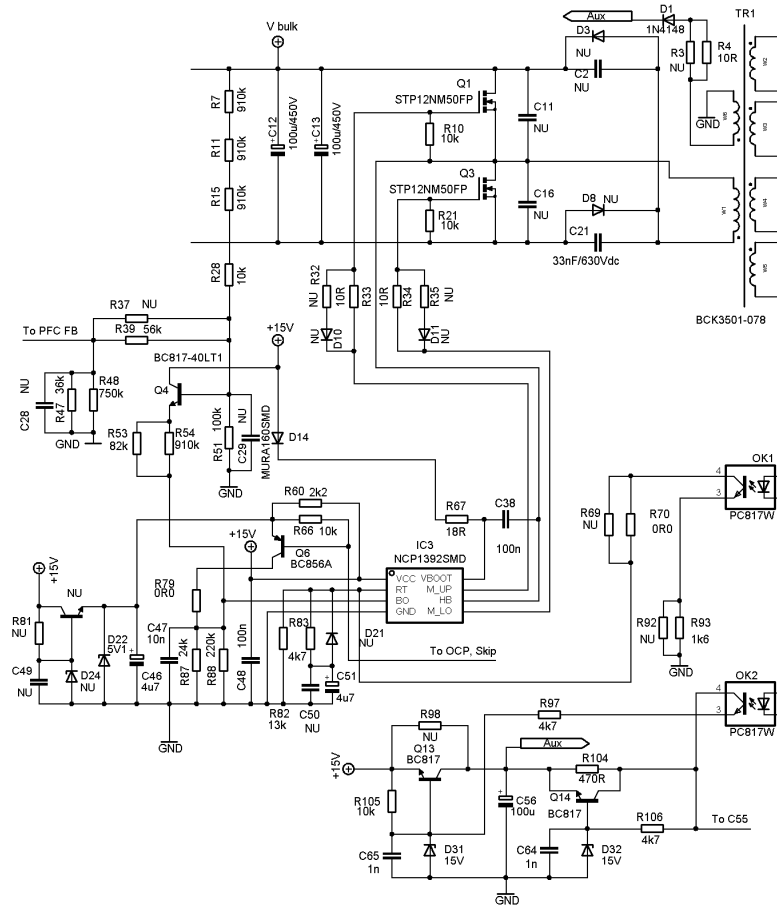


Figure 8. The LLC Primary Side Schematic

注: メインのLLC SMPSには、各種保護機能を実現する複数のサブ回路が内蔵されています。特定の機能が必要ない場合は、これらの回路を取り除くことができます。

メインのLLCで使用する電圧は、PFCステージによって充電されるバルク・コンデンサC12とC13から供給されます。LLCの電力ループはQ1とQ3を、メイン・トランスTR1、共振コンデンサC21(およびC2)経由で閉回路を形成します。MOSFETのゲートは、R10とR21によって保護されます。NCP1392は600 Vのハイサイド・ドライブを内蔵しており、その結果、両方のトランジスタをコントローラに直接接続できます。抵抗R33とR34はゲート電荷を放電させ、ゲートのオーバシュートを抑制し、EMIノイズを制御する役割を果たします。ハイサイドMOSFETを制御するために必要なエネルギーは、ブートストラップ・コンデンサC38から供給され、これらのコンデンサの電圧はブリッジ電圧にフロートします。Q3がターンオンしている場合は、HBピンはグラウンドに接地され、ブートストラップ・コンデンサC38は抵抗R67と高電圧ダイオードD14を経由して充電されます。NCP1392は、このICが再起動されるたびに必ずM_Iowerを最初にターンオンし、このブートストラップ・コンデンサを充電します。スタンバイに対する

負荷が存在せず、メインのLLCが最大負荷で動作する必要がある状況では、LLCでの自己電力供給が重要です。自己電力供給は、トランスTR1の巻線W6によって保証されます。W6からの電流は、抵抗R4によって制限され、ダイオードD1によって整流され、C56に接続されます。

ブラウンアウト分割器の設計:

NCP1392はBO(ブラウンアウト)ピンを実装しており、バルク電圧を継続的に監視して、通常の動作をするためにバルク・コンデンサに対して十分な電圧が供給されることを保証します。BO電圧をセンスするには、V_{bulk}に接続した抵抗分割器を使用する必要があります。V_{bulk}の範囲を295~375 Vにする必要がある場合は、BO分割器で推奨される合計抵抗は約4.4 MΩです。SMPSが265 Vから電力を供給される場合は、この分割器で消費される電力は約32 μΩです。この電力損失は、スタンバイ・モードでの損失の増加に寄与します。SMPSステージにはフィードバック分割器があるので、Q4に基づくエミッタ・フォロワを使用してこの32 μΩを節約することは可能です。

V_{bulk} が設定レベルより低い場合は、LLCコントローラはBOピンから18.2 μA を減らすので、BOピンを直接PFCフィードバック分割器に接続することはできません。仮に直接接続した場合は、その直後に分割器から減らされる電流が原因で分割器の電圧が低下するので、正しい電圧レベルで回路を安定化することはできません。このソリューションでは、Q4のベースに供給される電圧を設定します。トランジスタの V_{BE} には熱依存性があるので、この電圧のレベルは高めに維持するのが最良です。このアプリケーションでは、 V_{bulk} の公称電圧として6.5 Vを選択します。Q4のベース-エミッタ接合部に過度に高い負電圧が印加されることを防止するために、エミッタ電圧をD22の電圧より高い値に維持することも重要です。

$$V_{\text{B}} = V_{\text{bulk}} \frac{R_{\text{lower}}}{R_{\text{lower}} + R_{\text{upper}}} - \frac{I_{\text{E}}}{h_{\text{FE}}} \cdot \left(\frac{R_{\text{lower}} \cdot R_{\text{upper}}}{R_{\text{lower}} + R_{\text{upper}}} \right) \quad (\text{eq. 1})$$

ここで、

$V_{\text{B}} = \text{Q4のベース電圧}$

$h_{\text{FE}} = \text{Q4のDC電流ゲイン}$

$V_{\text{bulk}} = \text{公称バルク電圧}$

$R_{\text{lower}} = \text{R39、R47、R48、R51の直列 - 並列の組み合わせで、次の式で計算：}$

$$R_{\text{lower}} = \frac{1}{\frac{1}{\frac{R47 \cdot R48}{R47 + R48} + R39} + \frac{1}{R51}} \quad (\text{eq. 2})$$

$R_{\text{upper}} = \text{抵抗R7、R11、R15、R28の直列の組み合わせで、次の式で計算：}$

$$R_{\text{upper}} = R7 + R11 + R15 + R28 \quad (\text{eq. 3})$$

$I_{\text{E}} = \text{Q4のエミッタから供給される電流で、次の式で計算：}$

$$I_{\text{E}} = \frac{V_{\text{BO}} \cdot (R87 + R88)}{R87 \cdot R88} + \frac{(V_{\text{E}} - V_{\text{BO}}) \cdot (R53 + R54)}{R53 \cdot R54} \quad (\text{eq. 4})$$

ここで、

$V_{\text{BO}} = \text{NCP1392BのBO電圧で、つまり1.0 V}$

$V_{\text{E}} = \text{Q4のエミッタ電圧で、次のとおり：}$

$$V_{\text{E}} = V_{\text{B}} - V_{\text{BE}} \quad (\text{eq. 5})$$

式1の右辺が到達できるのは非常に小さい値であり、 h_{FE} はトランジスタQ4に依存する(データシート

によると250~600の範囲)ので、385 V_{bulk} の場合はこの値を約0.4 μA に設定でき、ベース電圧が0に達するまで直線的に減少します。このアプリケーションで、この値を測定してみました。 V_{B} の値が既知になった時点で、 $V_{\text{bulk_ON}}$ と $V_{\text{bulk_OFF}}$ を設定するために必要な抵抗を決定することができます。

データシートによると、BOピンの R_{lower} を決定する式は、次のとおりです。

$$R_{\text{BO_lower}} = V_{\text{ref_BO}} \cdot \frac{V_{\text{BO_bulk1}} - V_{\text{BO_bulk2}}}{I_{\text{BO}} \cdot (V_{\text{BO_bulk2}} - V_{\text{ref_BO}})} \quad (\text{eq. 6})$$

また、 R_{upper} の場合は、次のとおりです。

$$R_{\text{BO_upper}} = R_{\text{BO_lower}} \cdot \frac{V_{\text{BO_bulk2}} - V_{\text{ref_BO}}}{V_{\text{ref_BO}}} \quad (\text{eq. 7})$$

ここで、

$V_{\text{ref_BO}} = 1.0 \text{ V}$ (データシートを参照)

$I_{\text{BO}} = 18.2 \mu\text{A}$ (データシートを参照)

$$V_{\text{BO_bulk}} = \frac{R_{\text{lower}}}{R_{\text{upper}} + R_{\text{lower}}} \cdot V_{\text{bulk}} - V_{\text{BE}} \quad (\text{eq. 8})$$

V_{bulk} はLLCを起動できる電圧です。このLLCは375 Vで起動することができます。

この値を式8に代入すると、次のようになります。

$$V_{\text{BO_bulk1}} = \frac{47.465 \cdot 10^3}{2.74 \cdot 10^6 + 47.465 \cdot 10^3} \cdot 375 - 0.55 \quad (\text{eq. 9})$$

$$V_{\text{BO_bulk1}} \cong 5.84 \text{ V}$$

LLCがパルス動作を停止する電圧を295 Vに設定します。式8でこの値を使用すると、次のようになります。

$$V_{\text{BO_bulk2}} = \frac{47.465 \cdot 10^3}{2.74 \cdot 10^6 + 47.465 \cdot 10^3} \cdot 295 - 0.55 \quad (\text{eq. 10})$$

$$V_{\text{BO_bulk2}} \cong 4.47 \text{ V}$$

式6を使うと下側抵抗の値を求めることができます。

$$R_{\text{BO_lower}} = 1 \cdot \frac{5.84 - 4.47}{18.2 \cdot 10^{-6} (4.47 - 1)} \quad (\text{eq. 11})$$

$$R_{\text{BO_lower}} \cong 21.69 \text{ k}\Omega$$

式7を使うと上側抵抗の値を求めることができます。

$$R_{\text{BO_upper}} = 21.69 \cdot 10^3 \cdot \frac{5.84 - 1}{1} \quad (\text{eq. 12})$$

$$R_{\text{BO_upper}} \cong 75.27 \text{ k}\Omega$$

R_{BO_lower} では、抵抗24 k Ω と220 k Ω の並列の組み合わせを使用し、それらの合成値は21.69 k Ω になります。 R_{BO_upper} では、抵抗82 k Ω と910 k Ω の並列の組み合わせを使用し、それらの合成抵抗は75.27 k Ω になります。

すでに説明したように、BOピンには次の2つの機能があります。最初の機能は V_{bulk} の監視です。このピンの電圧が1 V以下に低下した場合は、20 μ s後にNCP1392はパルス動作を停止します。もう1つの機能はイネーブル化であり、このピンの電圧が2 Vを上回った場合は、0.5 μ s後にICがスイッチングを停止し、電圧が再度1.9 Vを下回った場合は遅延なしで再開します(このピンの機能の詳細については、NCP1392データシートを参照)。この機能を使ってスキップおよび短時間動作モードを実現できます。コンデンサC46の電圧を接続し、抵抗R60経由でツェナー・ダイオードD22を使用して安定化します。BOピンは V_{cc} 電圧を受け入れないので、この回路を使用します。スキップおよび断続動作モードの機能は、以下で説明します。

R_t ピンは、このICの動作周波数を設定するための唯一のピンです。このLLCのソフト・スタートはR83によって設定され、この抵抗はソフト・スタート開始時の周波数を決定します。コンデンサC51は、ソフト・スタートの持続時間を決定します。抵抗R82を使用して、FB信号が利用できる場合の最小動作周波数を設定します。LLCが出力電圧を公称レベルに維持できないときに、この周波数が設定されます。この抵抗をLLCがゼロ電流スイッチング(ZCS)動作領域まで落ち込むのを回避できる値に設定することが重要です。R93とOK1の抵抗を使用して、最大動作周波数を設定します。

スキップ・モード:

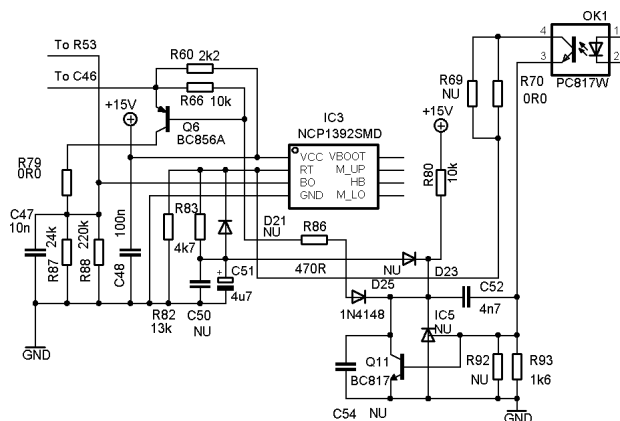


Figure 9. The Skip Mode Schematic

スキップ・モードでは、スイッチング損失を最小化するために、軽負荷の場合にスイッチング・サイクルをスキップする方法で効率を改善します。スキップ・モードはBOピンを使用して実装します。出力電力が減少した場合は、オプトカプラOK1に流入する電流が大きくなります。電流が大きくなると、R93で電圧降下が発生します。この電圧がQ11の V_{BE} に達すると、Q11はターンオンします。ダイオードD25とR86を経由してQ6がターンオンし、BOピンの電圧は2Vを上回り、NCP1392は直ちにパルス動作を停止します。出力電圧が低下すると、R93での電圧降下は小さくなり、Q11とQ6はターンオフし、BOピンの電圧は1.9 V以下に低下して、NCP1392は出力パルスを再開します。スキップ期間における出力電圧の低下と一次側電流の挙動をFigure 32とFigure 33に示します。

注: スキップ・サイクルはオプション機能です。LLCの最小負荷が定義されている場合は、この機能を実装する必要はありません。

出力短絡保護 :

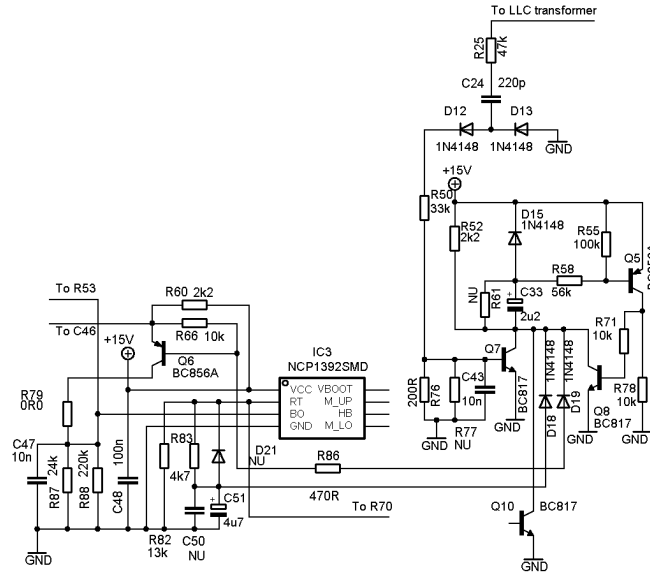


Figure 10. The Output Short Protection Schematic

この機能は、出力側での短絡、出力ダイオードの短絡、2次側の巻線の障害からの保護を実現します。このイベントは、D12、D13、C24、R25によって形成されるチャージ・ポンプを通じて1次側で検出されます。このポンプから供給される電圧は、R50とR77によってさらに分割され、C43でフィルタされます。C43の電圧がQ7の V_{BE} に達した時点で、Q7はターンオンし、 V_{CC} からQ5のエミッターベース(EB)接合部とR58への流入が開始され、またC33の充電も開始されます。Q5のEB接合部に電流が流入するため、Q5がターンオンし、R71を経由してQ8のベースに正電圧が供給されます。Q8がターンオンすると、Q7のベースがすでに低くても、Q7のコレクタが接地されません。Q7のコレクタが接地されている場合は、ソフト・スタート・コンデンサC51はD18経由で放電され、ダイオードD19とR86経由でトランジスタQ6がターンオンします。トランジスタQ6はBOピンを2Vを上

回る電圧までプルアップし、NCP1392Bは直ちに出力パルスを停止します。C33が充電され、Q5のEB接合部に流入する電流が停止した時点で、Q5とQ8はターンオフします。Q8のコレクタは解放され、R52によってプルアップされます。その後、D15とR52を経由してコンデンサC33が放電されます。Q7のコレクタは接地されていないので、ダイオードD18とD19は逆極性になります。したがって、ソフト・スタート・コンデンサC51は接地されず、Q6もターンオフします。この挙動は、BOピンの電圧が1.9V以下に低下し、通常のソフト・スタートによってコントローラが動作を開始することを意味します。Figure 41を参照してください。

注: 出力短絡保護はオプション機能です。短絡抵抗はD3とD8のダイオード・ペアを使用して実現します。このケースでは、一次側電流のみが制限され、二次側電流は短絡電流が除去されるまでは高い値にとどまります。

過電流保護:

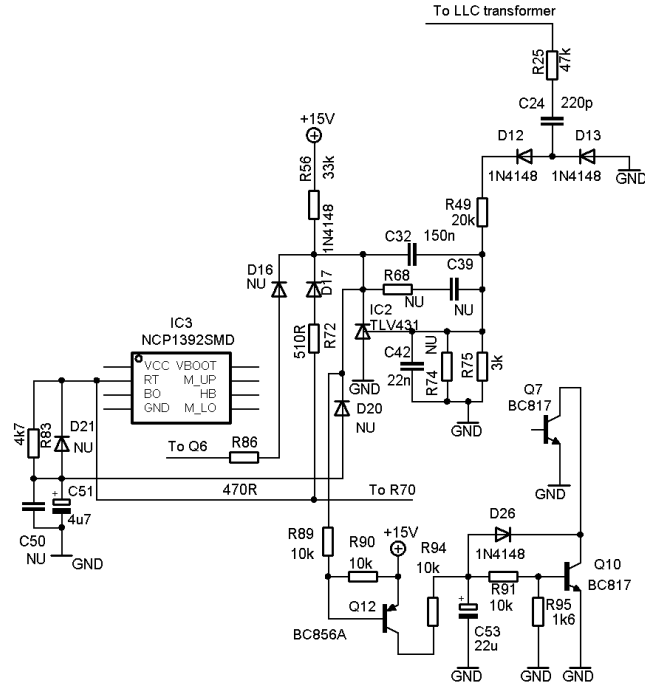


Figure 11. The Over-Current Protection Schematic

出力側の電力超過を検出するのは、出力短絡の検出に使用するのが同じチャージ・ポンプ、およびR29とR75によって形成されている分割器であり、C42によってフィルタが実行されます。TLV431 (IC2)の電圧が1.25 Vのリファレンス・レベルに達した時点で、TLV431はカソードからグラウンドへの導通を開始し、D17とR72を経由してNCP1392BのRTピンから供給される電流を増加させます。電流の増加は周波数の上昇を意味し、その結果、出力電力の減少につながります。電流ループの応答速度は、コンデンサC32の値に依存します。LLCで出力の短絡が開始された場合は、電流ループが安定化を制御し、非常に大きい電流が2次側の巻線とダイオードに流れて、これらが破損する可能性があります。この状況を回避するために、Q10とQ12の周辺に回路を用意してあります。電流ループが安定化を開始した場合は、TLV431のカソード電圧はV_{CC}を下回ります。この状況で、Q12のEB接合部と抵抗R89への電流流入が開始され、トランジスタがターンオンします。Q12と

R94を経由してコンデンサC53が充電されます。分割後のC53の電圧が、トランジスタQ10をターンオンするのに必要なレベルに達した後、Q10のコレクタは接地され、Q10経由でC53が放電されます。その後、すでに説明したのと同じ挙動が発生します(つまり、短絡と同じ状況[Figure 40を参照])。Q10をターンオンするために必要なレベルまでC53を充電する前に、出力側で発生していた過電流の状況が解消された場合は、LLCは通常の動作を続行し、C53はR91とR95を経由して放電されます。この挙動は、例えば、出力側の過渡現象の間に発生することがあります(Figure 38を参照)。過電流(過渡現象の間であっても)が長時間にわたって持続する場合は、C53が放電するための十分な時間を確保できず、その電圧は重大なレベルに達するので、出力電圧は停止されます(Figure 39を参照)。

注: 過電流保護(OCP)はオプション機能です。電流が使用されない場合、2次側の過負荷は監視されません。

2次側:

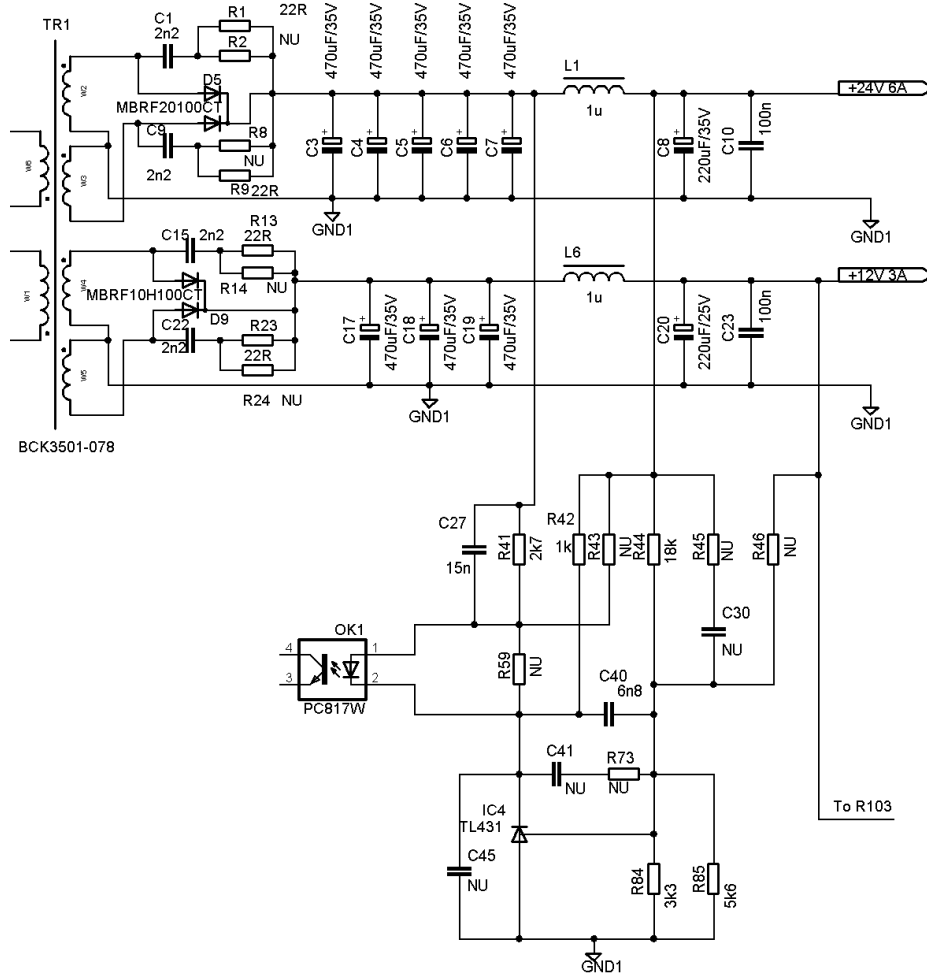


Figure 12. The LLC Secondary Side Schematic

メインのLLCには、24 V/6 Aおよび12 V/3 Aという2系統の出力があります。安定化ループは24 Vラインからのみ取得されますが、必要に応じて両方の電圧に対するパーセント単位の重み付けが行えるようにプリント基板は設計されています。デフォルトの構成では、12 Vラインの精度は2次側の巻線の巻線比のみで設定されます。TR1の2次側の巻線W2とW3から供給される交流電流は、ダブル・ダイオードD5によって整流され、一連のコンデンサC4、C5、C6、C7、C8、C10、およびL1でフィルタされた後、出力端子に接続されます。ダイオードD5の電圧はRCセグメントのR1、R9、C1、C9によって鈍化され、ダイオードでのオーバシュートが抑制されます。出力電圧は、R44、およびR84とR85の並列の組み合わせによって分割されます。IC4は抵抗R42によってバイアスされます。抵抗R41、およびコンデンサC27とC40は補償ネットワークを形成します。これらのデバイスを選択し、この回路を形成する方法については、アプリケーション・ノート [AND8327/D](#) を参照してください。この構成のボード線図をFigure 13に示します。

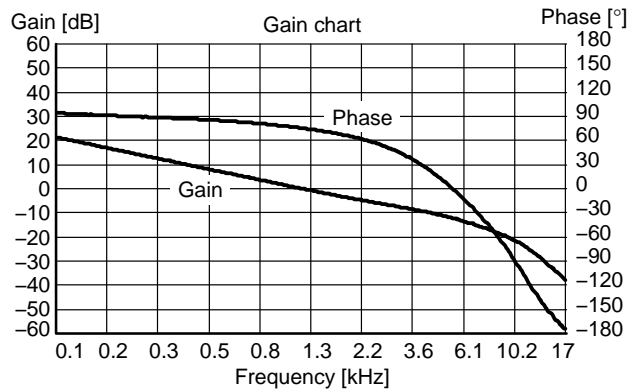


Figure 13. Frequency Response of the Open Regulation Loop of the LLC

12 Vラインは、TR1の巻線W4とW5から供給される交流電流をダブル・ダイオードD9で整流する方法で確立します。このダイオードからの出力は、R13、C15、R23、C22によって鈍化されます。整流済みの電圧はC17、C18、C19、C20、C21、L6に

よってフィルタされ、12V端子の出力に接続されます。

トランスとLLCタンク：

LLCのトランスと共振タンクを設計する方法の詳細については、アプリケーション・ノート [AND8311/D](#)、[AND8257/D](#)、[AND8255/D](#)を参照してください。このアプリケーション・ノートで使用しているトランスは、Jepuls製のモデル番号BCK3501-078です。このトランスの各種パラメータは次のとおりです。

- 1次側巻線：34巻線
- 2次側巻線24V：2×4巻線
- 2次側巻線12V：2×2巻線
- 補助巻線：3巻線
- 1次側インダクタンス： $L_{mag} = 670 \mu\text{H}$
- 漏れインダクタンス： $L_{leak} = 105 \mu\text{H}$

1次側インダクタンスと漏れインダクタンスの精度：5%

このトランスを確認してみましょう。このアプリケーションに必要なゲインは次のとおりです。

$$G_{min} = \frac{2 \cdot (V_{out} + V_f)}{V_{in_max}} = \frac{2 \cdot (24 + 0.6)}{425} \cong 0.116 \quad (\text{eq. 13})$$

$$G_{nom} = \frac{2 \cdot (V_{out} + V_f)}{V_{in_nom}} = \frac{2 \cdot (24 + 0.6)}{385} \cong 0.128 \quad (\text{eq. 14})$$

$$G_{max} = \frac{2 \cdot (V_{out} + V_f)}{V_{in_min}} = \frac{2 \cdot (24 + 0.6)}{295} \cong 0.167 \quad (\text{eq. 15})$$

このLLCの動作を最善の状態に保つ共振周波数は、次のように計算できます。

$$f_{res} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L_{leak} \cdot C_{res}}} = \quad (\text{eq. 16})$$

$$= \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{105 \cdot 10^{-6} \cdot 33 \cdot 10^{-9}}} \cong 85.5 \text{ kHz}$$

最小の共振周波数は、次のように計算できます。

$$f_{min} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{(L_{leak} + L_{mag}) \cdot C_{res}}} = \quad (\text{eq. 17})$$

$$= \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{(105 \cdot 10^{-6} + 670 \cdot 10^{-6}) \cdot 33 \cdot 10^{-9}}} \cong$$

$$\cong 31.5 \text{ kHz}$$

動作周波数をピーク・ゲインより常に高い値に保つことが非常に重要です。このピークはFigure 14とFigure 15に示すように、出力負荷に依存します。仮にLLCの動作周波数がこのピークを下回った場合は、反対側のトランジスタのボディ・ダイオードが導通したときに、Q1またはQ3がターンオンする結果になります。持続時間は短いものの非常に大きい電流が流れ、トランジスタが破損するおそれがあります。このトランスとの組み合わせで共振タンクがどのように動作するかを示すために、シミュレーション・ツールを使用しました。結果をFigure 14に示します。

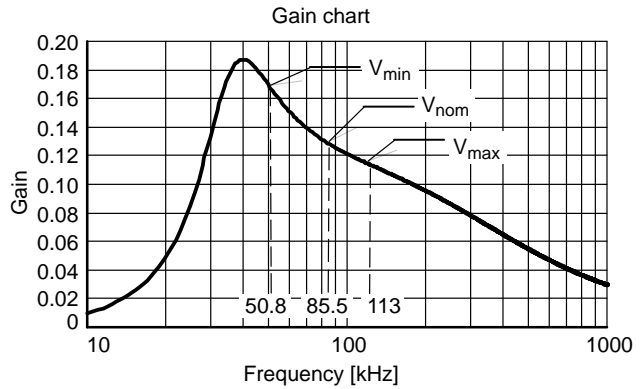


Figure 14. Behavior of the Resonant Tank for Full Load

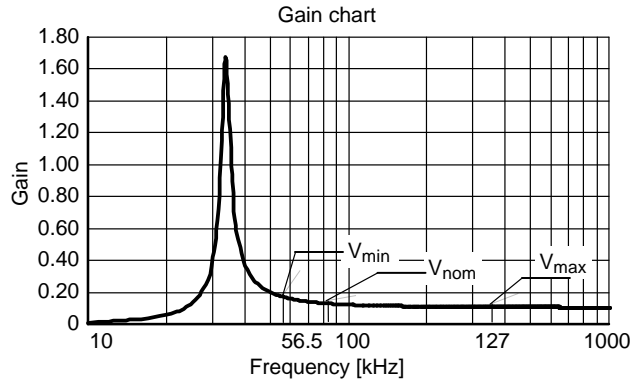


Figure 15. Behavior of the Resonant Tank for 10% Load

公称負荷のわずか10%の場合については、Figure 15を参照してください。

図からわかるように、 V_{bulk} は295 V (BO分割器で設定した電圧)に低下しますが、使用しているデバイスの許容差に必要なゲインまで依然としてある程度のマージンが確保できており、LLCがZCSまで低下することはありません。Figure 30とFigure 31からわかるように、オシロスコープで測定した動作周波数は84.5 kHzであり、これは式 16で計算した周波数に非常に近い値です。また、両方のMOSFETでZVS条件が保証されていることにも注意してください。動作周波数が計算よりわずかに低いので、Figure 30とFigure 31に示した1次側電流はわずかに歪んでいます。時間に対するこの周波数の変動は、PFCフロント・ステージのリップルに起因しています。

プリント基板の設計

LLCの1次側で使用するプリント基板(PCB)のレイアウトは、それほど重要ではありません。メインのMOSFETのスイッチングが発生するのはZVSの条件下のみであり、動作周波数に対するPCBの寄生インダクタンスの影響は無視できるからです。最も重要なのは、LLCの2次側です。2次側の巻線の両方の折半分のパスを同じ長さにするのを推奨します。パスの漏れに違いがあると、期間内で各折半の共振周波数が異なる結果になるからです。PFCステージ

とSTBYステージで、電力信号をできるだけ短く取り回すことを推奨します。このSMPSは複数のワイヤ・ジャンパを張り渡した1層基板で設計しています。

結果

効率とEMIをテストするには、オン・セミコンダクターのWebサイトで入手できるテスト手順に詳細に記載されている手順に従ってください。以下の表では、このボードが代表的なLCD TVのすべての要件を満たしていることを示しています。その後、この設計の詳細情報を表す付加的な測定値を示します。

謝辞

筆者は次の各社に謝意を表します。

上記の各社から、このデモボードで使用するサンプルの供給を受けました。

結論

このデモボードでは、NCP1392共振コントローラで実現できる多数の実装のうち1つを示したに過ぎず、最終顧客にとっての最適な設計として提示することを意図したわけではありません。このデモボー

ドの主な目標は、これらのコントローラの代表的なアプリケーションを示すこと、および外部のサブ回路を使用して実装できるいくつかの機能を示すことです。PCBには多くのオプションが含まれているので、具体的な要件に応じてアプリケーションを簡単に更新することができます。以下に、さまざまな条件下で使用できるSMPSの動作を理解するのに役立つ一連のスコープ・プロットを示します。

参考文献

- [1] Data Sheet [NCP1392B/D](#)
- [2] Data Sheet [NCP1606B/D](#)
- [3] Data Sheet [NCP1351/D](#)
- [4] Application Note [AND8123JP/D](#)
- [5] Application Note [AND8255/D](#)
- [6] Application Note [AND8257/D](#)
- [7] Application Note [AND8327/D](#)
- [8] Bo Yang – Topology Investigation for Front-End DC–DC Power Conversion for Distributed Power System
- [9] M. B. Borage, S. R. Tiwari and S. Kotaiah – Design Optimization for an LCL – Type Series Resonant Converter

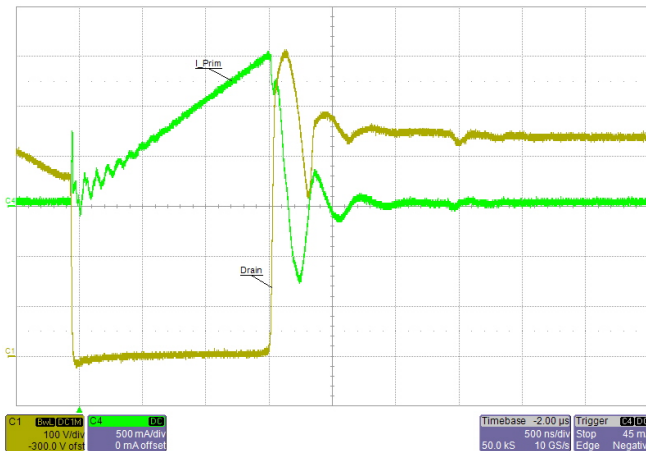


Figure 16. Detail of the drain current and voltage of the STBY SMPS for 20 W load and nominal V_{bulb} . An 800 V MOSFET is used. The max drain voltage for this figure is 600 V, so the transistor is safe.

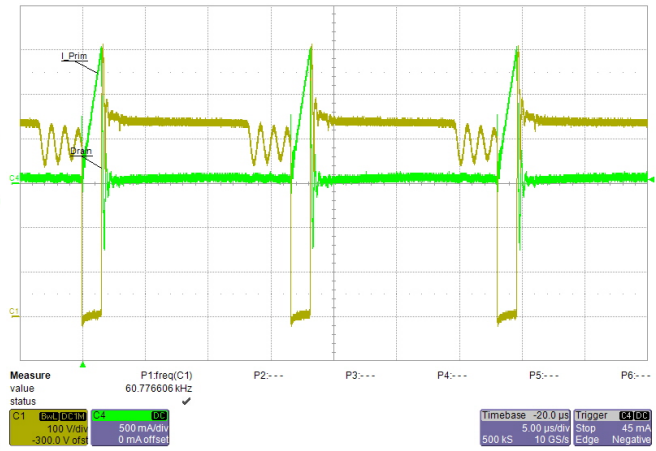


Figure 17. STBY primary current and drain voltage for 20 W load, nominal V_{bulb} . SMPS operates at 60 kHz.

AND8344/D

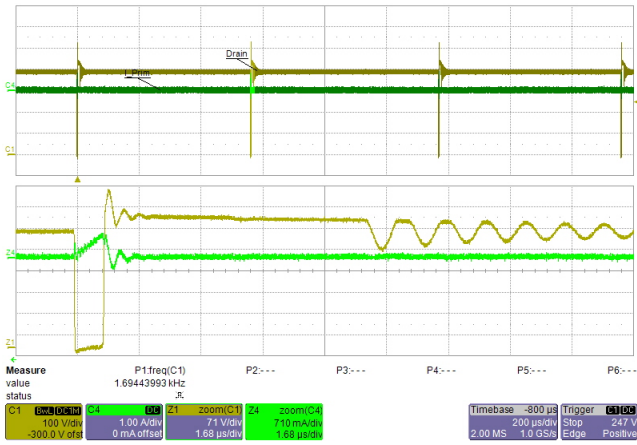


Figure 18. Nominal V_{bulk} , no load. The frequency dropped to approximately 1.7 kHz, and primary current was reduced to 700 mA.

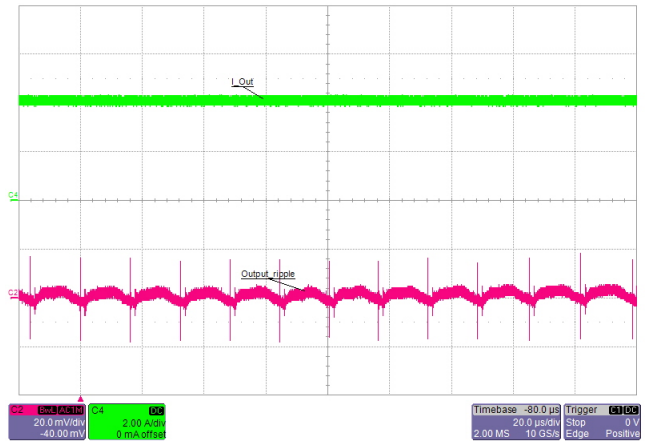


Figure 19. Nominal V_{bulk} , 20 W load, detail of the output ripple

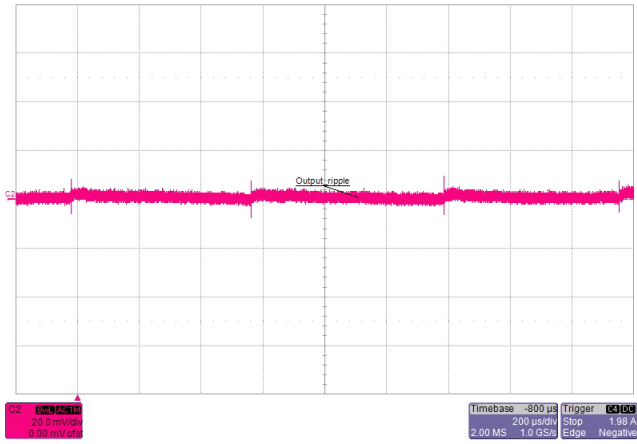


Figure 20. Nominal V_{bulk} , no load, output ripple

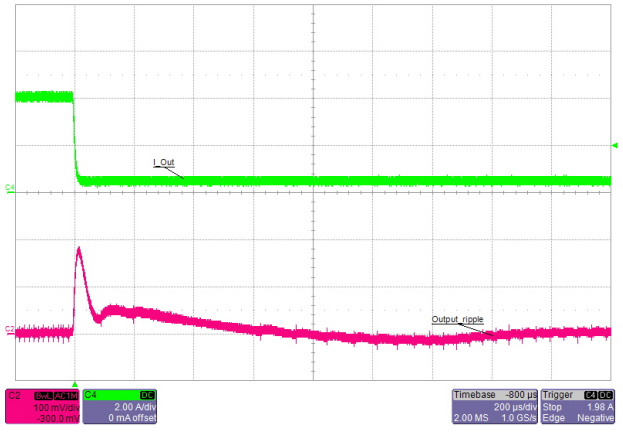


Figure 21. Nominal V_{bulk} , transient response to change load from 4 A to 0.4 A, 50% duty cycle, 10 Hz frequency. Measured overshoot is 190 mV.

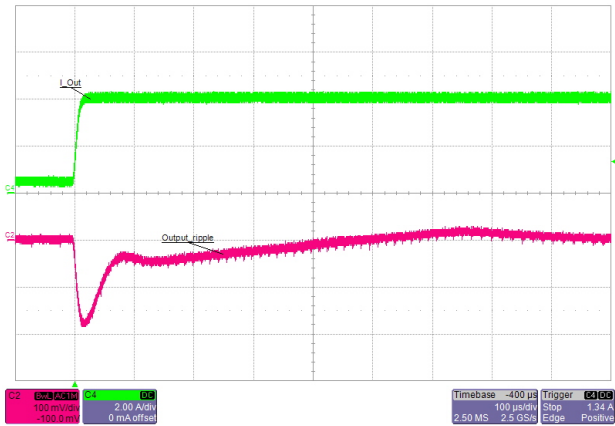


Figure 22. Nominal V_{bulk} , transient response to change load from 4 A to 0.4 A, 50% duty cycle, 10 Hz frequency. Measured drop is 190 mV

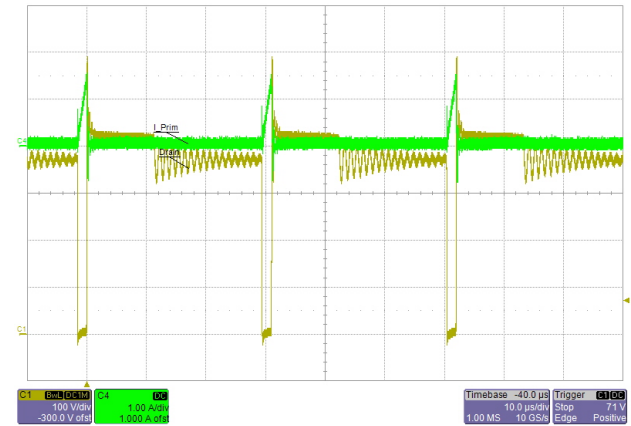


Figure 23. SMPS in STBY mode, 265 V_{AC} , 10 W load. Primary current and drain voltage

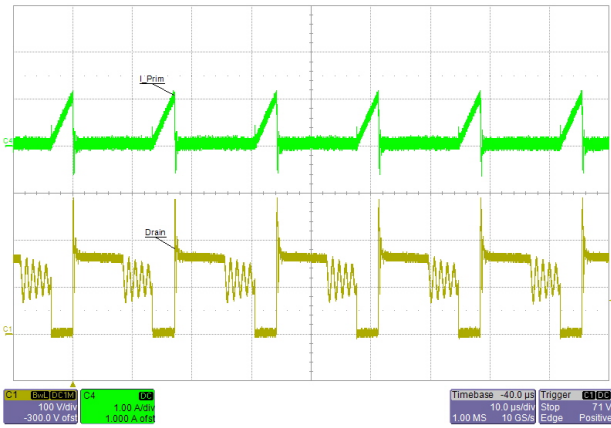


Figure 24. SMPS in STBY mode, 85 V_{AC}, 10 W load. Primary current and drain voltage

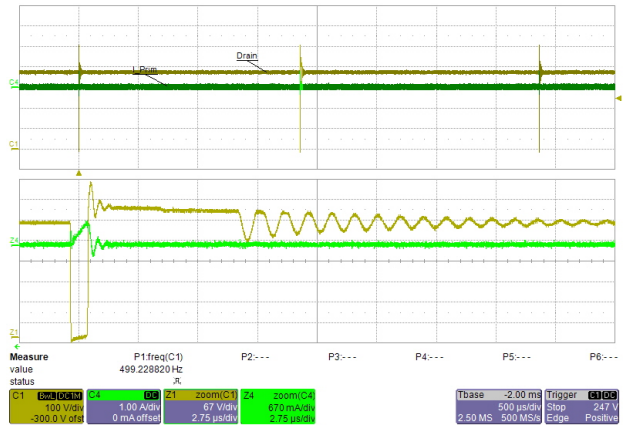


Figure 25. SMPS in STBY mode, 265 V_{AC}, no load. Primary current and drain voltage, switching frequency of 500 Hz

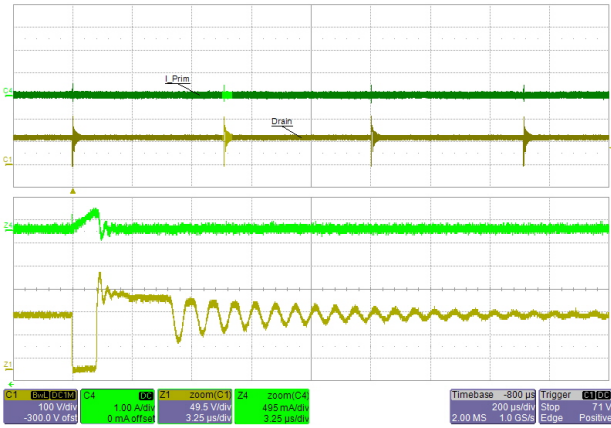


Figure 26. SMPS in STBY mode, 85 V_{AC}, no load. Primary current and drain voltage, switching frequency of 2 kHz

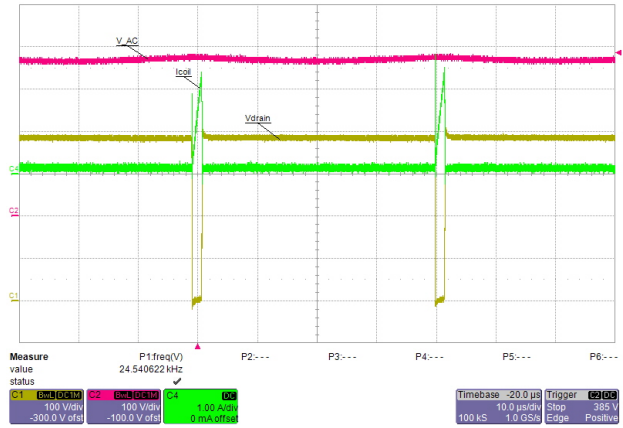


Figure 27. PFC coil current, drain voltage for 265 V_{AC} measured at peak of the sinusoidal waveform, nominal load on the outputs

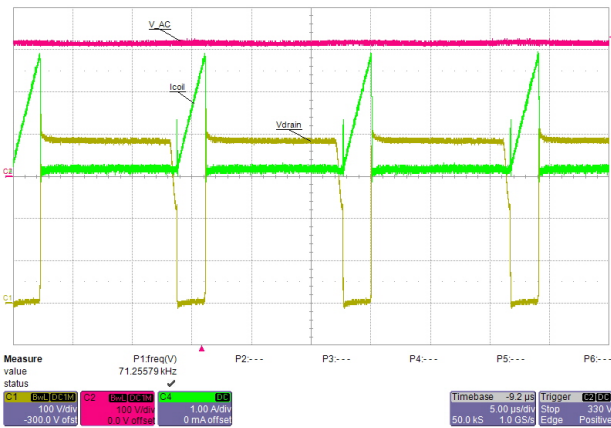


Figure 28. PFC coil current, drain voltage for 230 V_{AC} measured at peak of the sinusoidal waveform, nominal load on the outputs

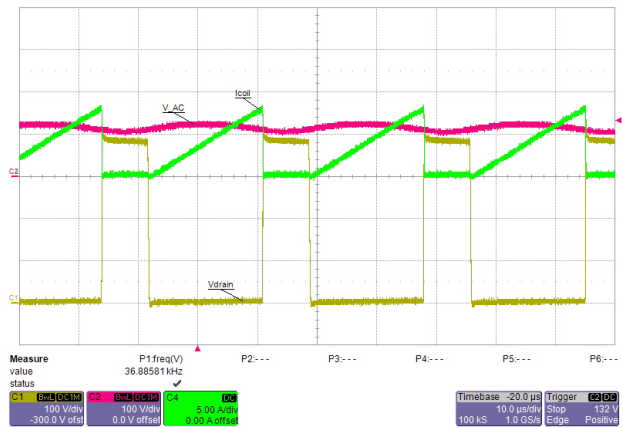


Figure 29. PFC coil current, drain voltage for 85 V_{AC} measured at peak of the sinusoidal waveform, nominal load on the outputs

AND8344/D

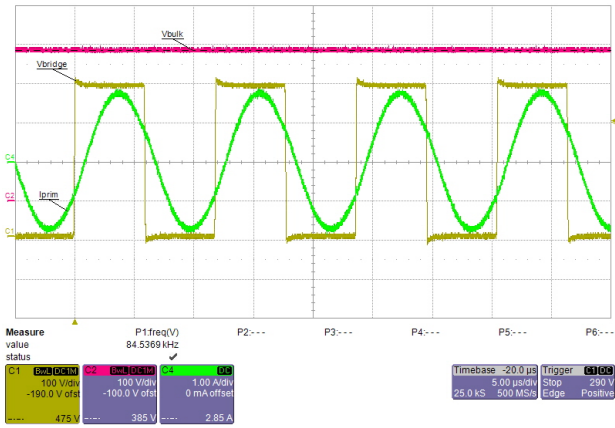


Figure 30. LLC primary current and bridge voltage for nominal load on the outputs

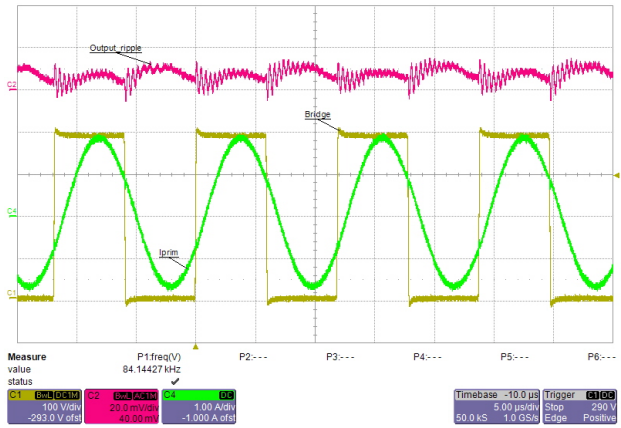


Figure 31. LLC primary current, bridge voltage and output ripple (measured on 24 V line) for nominal load

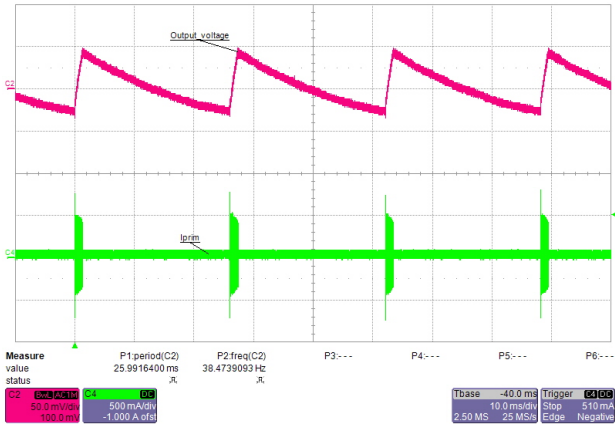


Figure 32. LLC skip mode. Primary current and output voltage's ripple for no load on the outputs

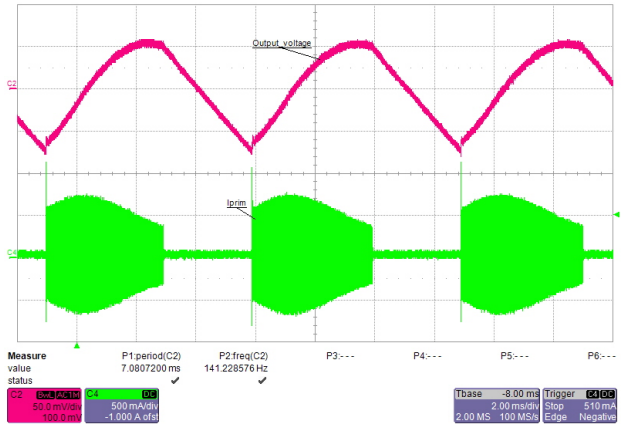


Figure 33. LLC skip mode. Primary current and output voltage's ripple for 100 mA on the 24 V line output

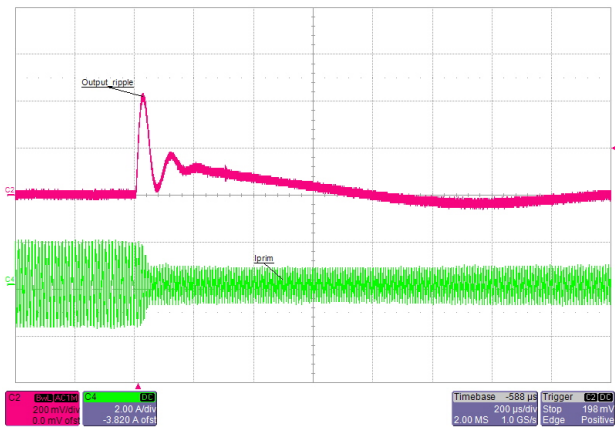


Figure 34. LLC transient. Respond to change on transient load from 0.75 A to 7.5 A on 24 V line, 10 Hz, 50% duty cycle

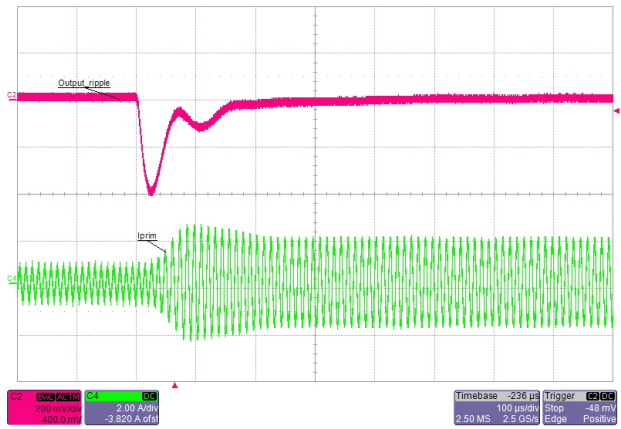


Figure 35. LLC transient. Respond to change on transient load from 7.5 A to 0.75 A on 24 V line, 10 Hz, 50% duty cycle

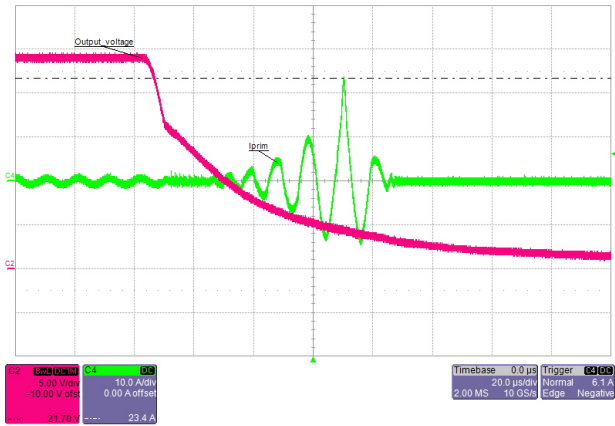


Figure 36. LLC, maximum current on the primary winding if output is shorted

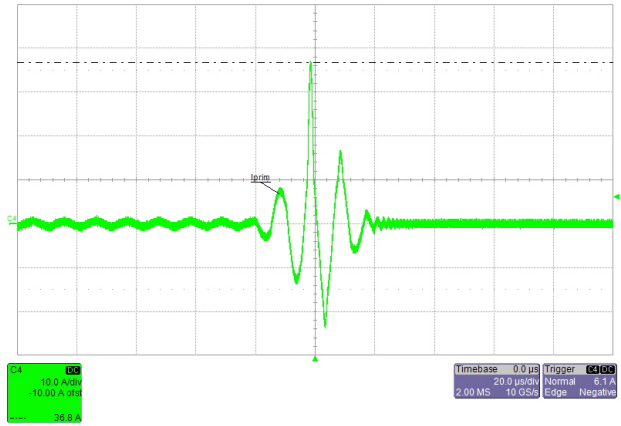


Figure 37. LLC, maximum current on the primary winding if secondary winding of the transformer is shorted

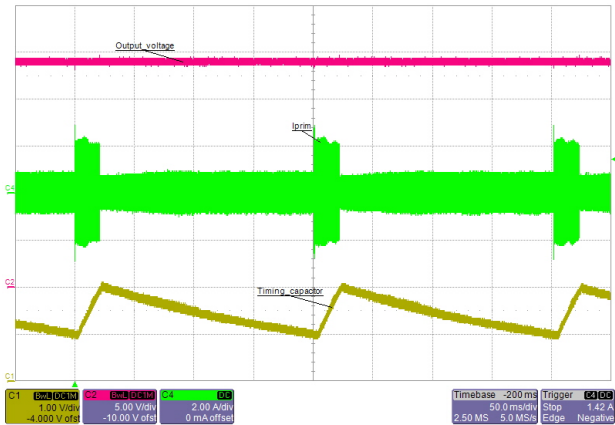


Figure 38. LLC short overload, primary current, output voltage and C53 voltage

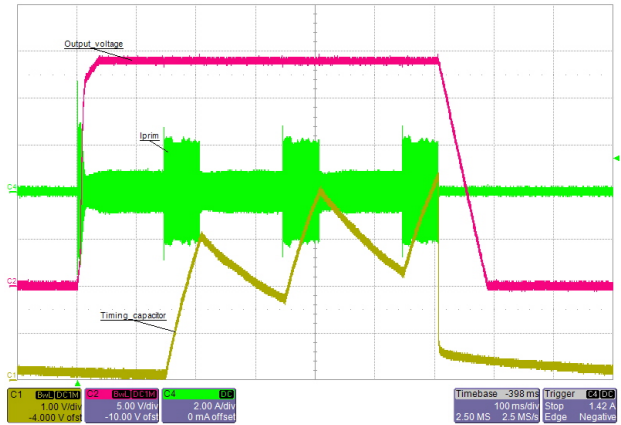


Figure 39. LLC long overload, primary current, output voltage and C53 voltage

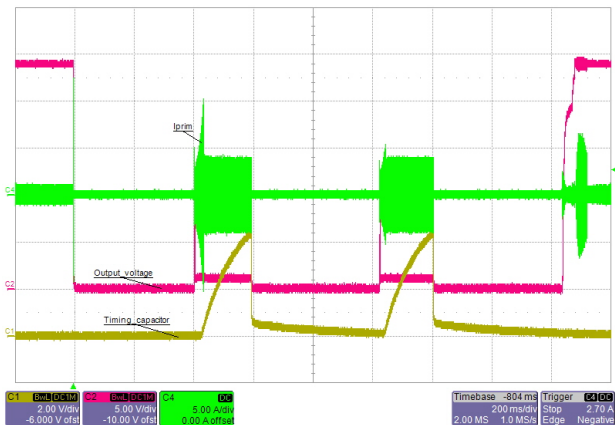


Figure 40. LLC shorting of the output, primary current, output voltage and C53 voltage. LLC periodically tried to restart since short was held. Once short disappears, output voltage is restored.

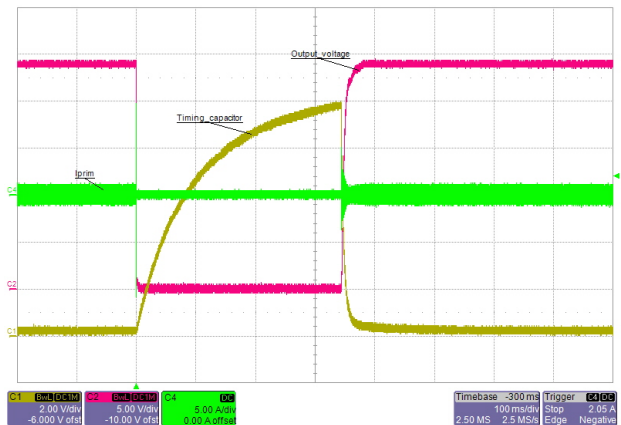


Figure 41. LLC shorting of the output, primary current, output voltage and C33 voltage

AND8344/D

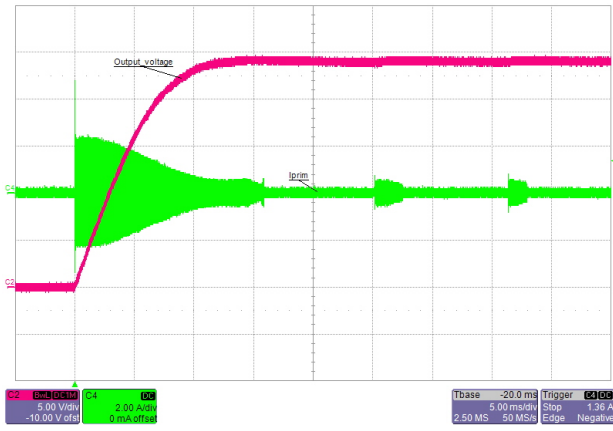


Figure 42. LLC soft start to no load on the outputs

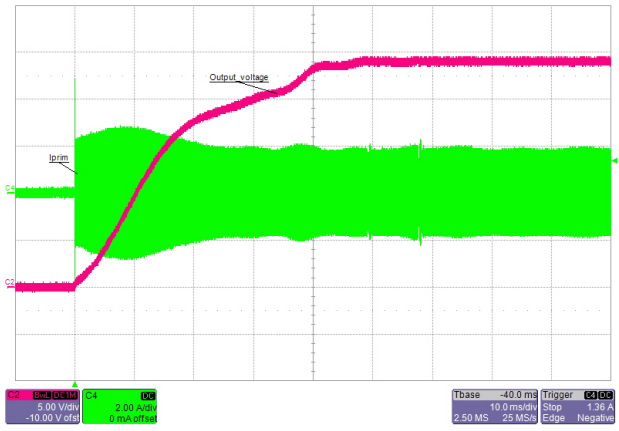


Figure 43. LLC soft start to nominal load

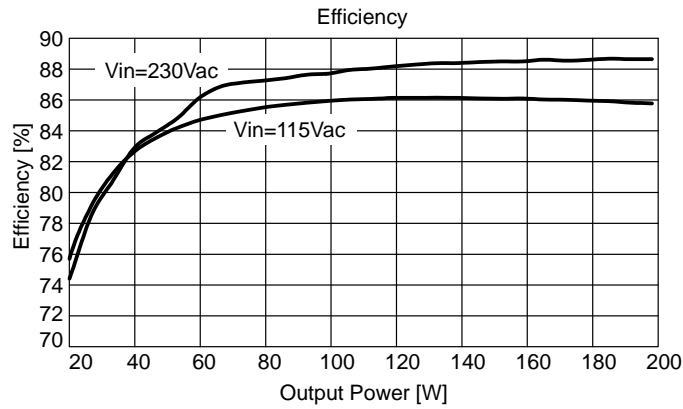


Figure 44. Efficiency of Entire Demoboard

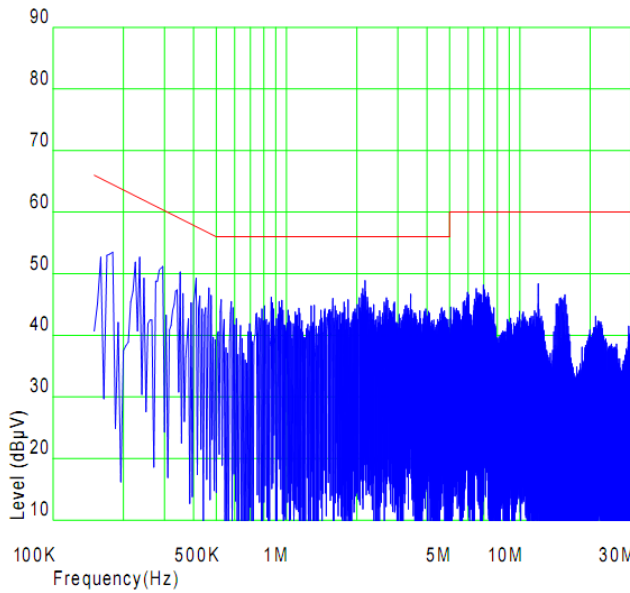


Figure 46. Conducted EMI Signature of the Board at Full Load and 110 V_{AC} Input

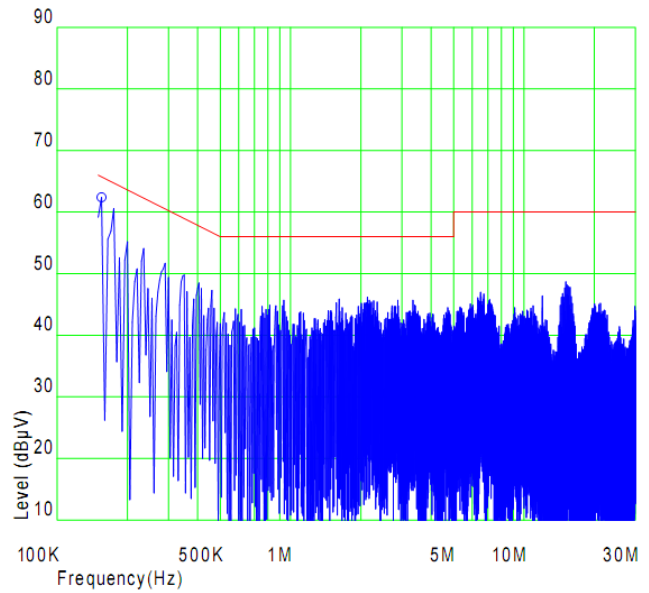


Figure 45. Conducted EMI Signature of the Board at Full Load and 230 V_{AC} Input

AND8344/D

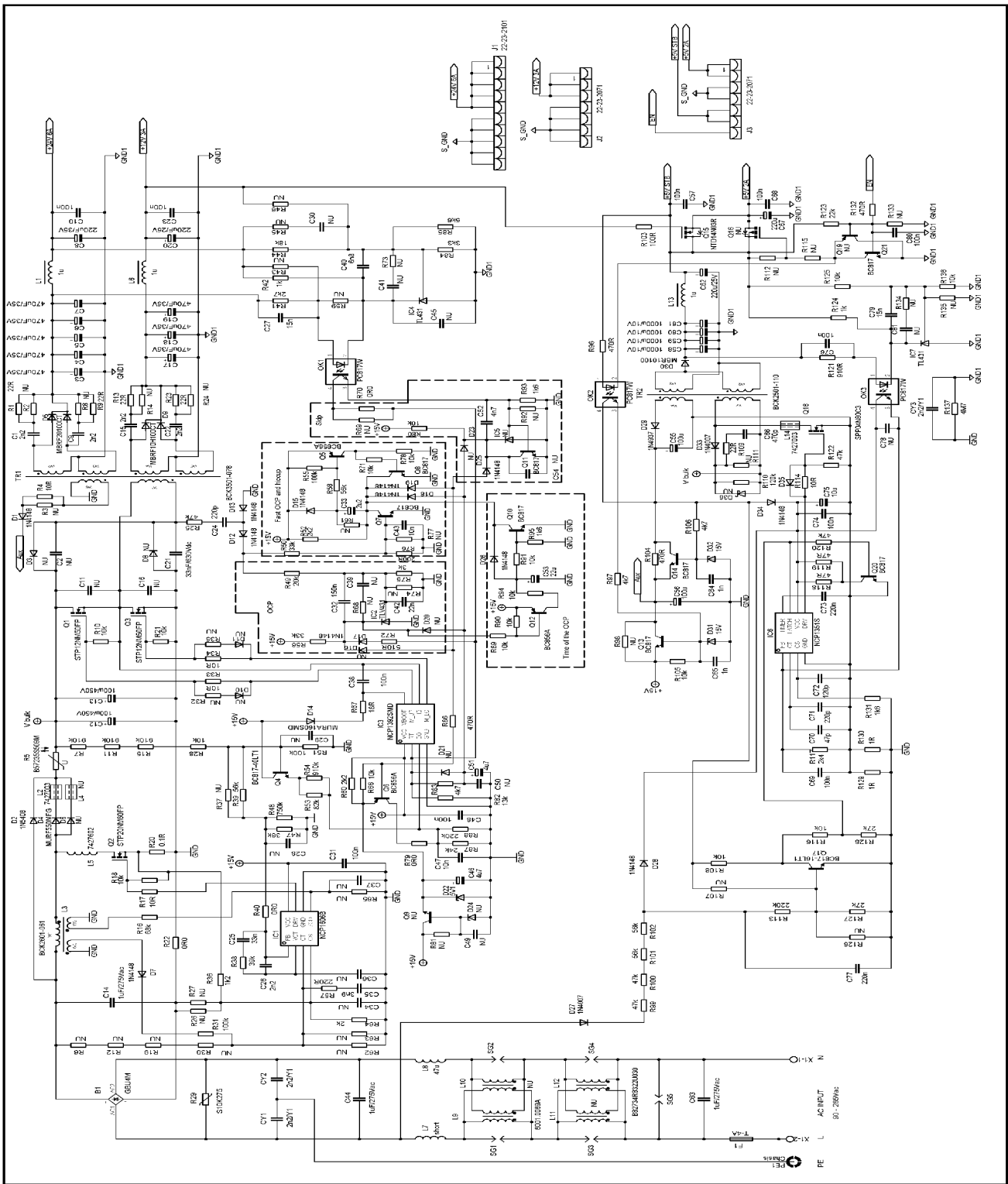


Figure 47. Schematic of the SMPS

mm 2.002 \ ni 08.7

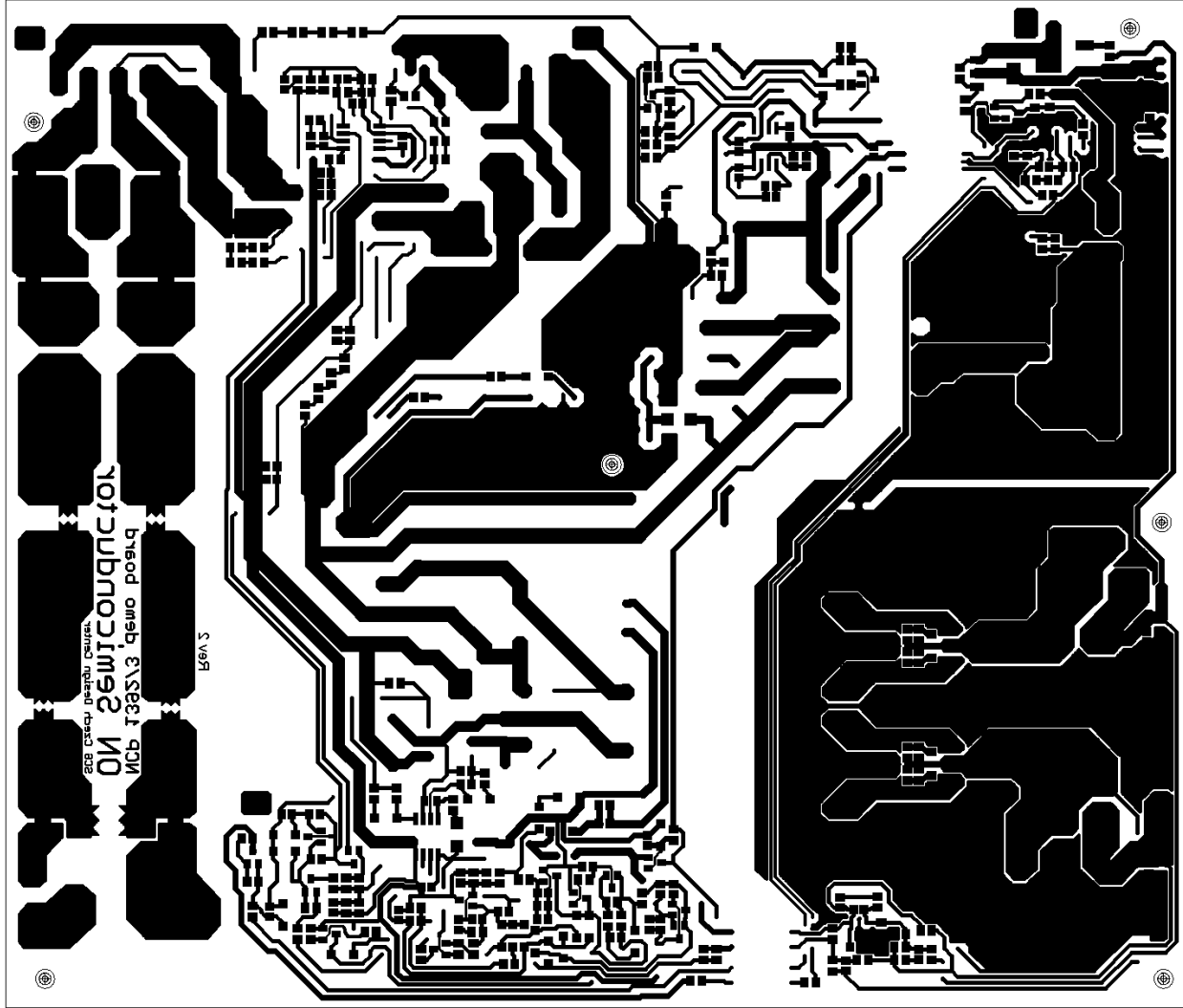


Figure 48. Bottom Side of the PCB

AND8344/D

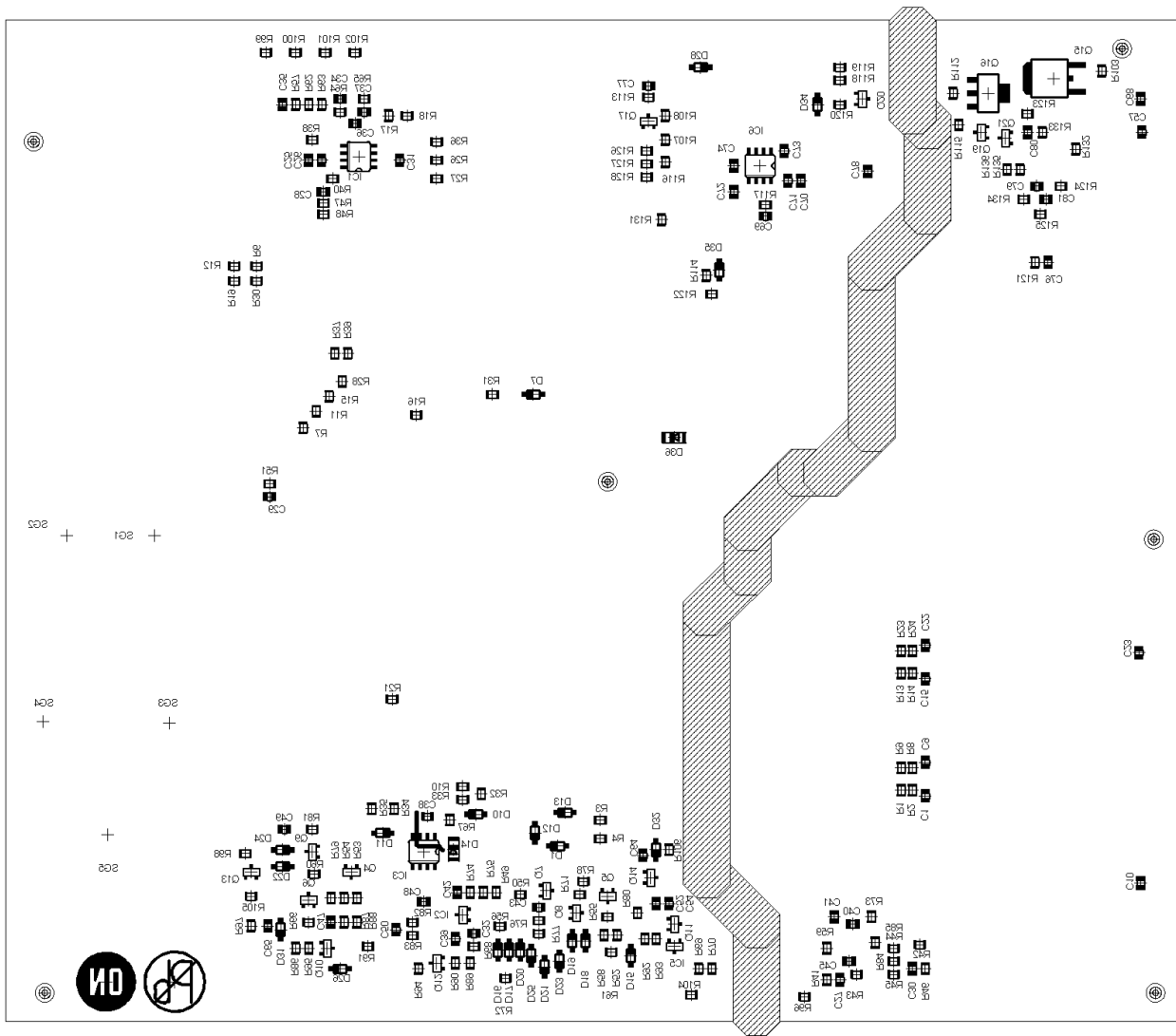


Figure 49. Bottom Labels

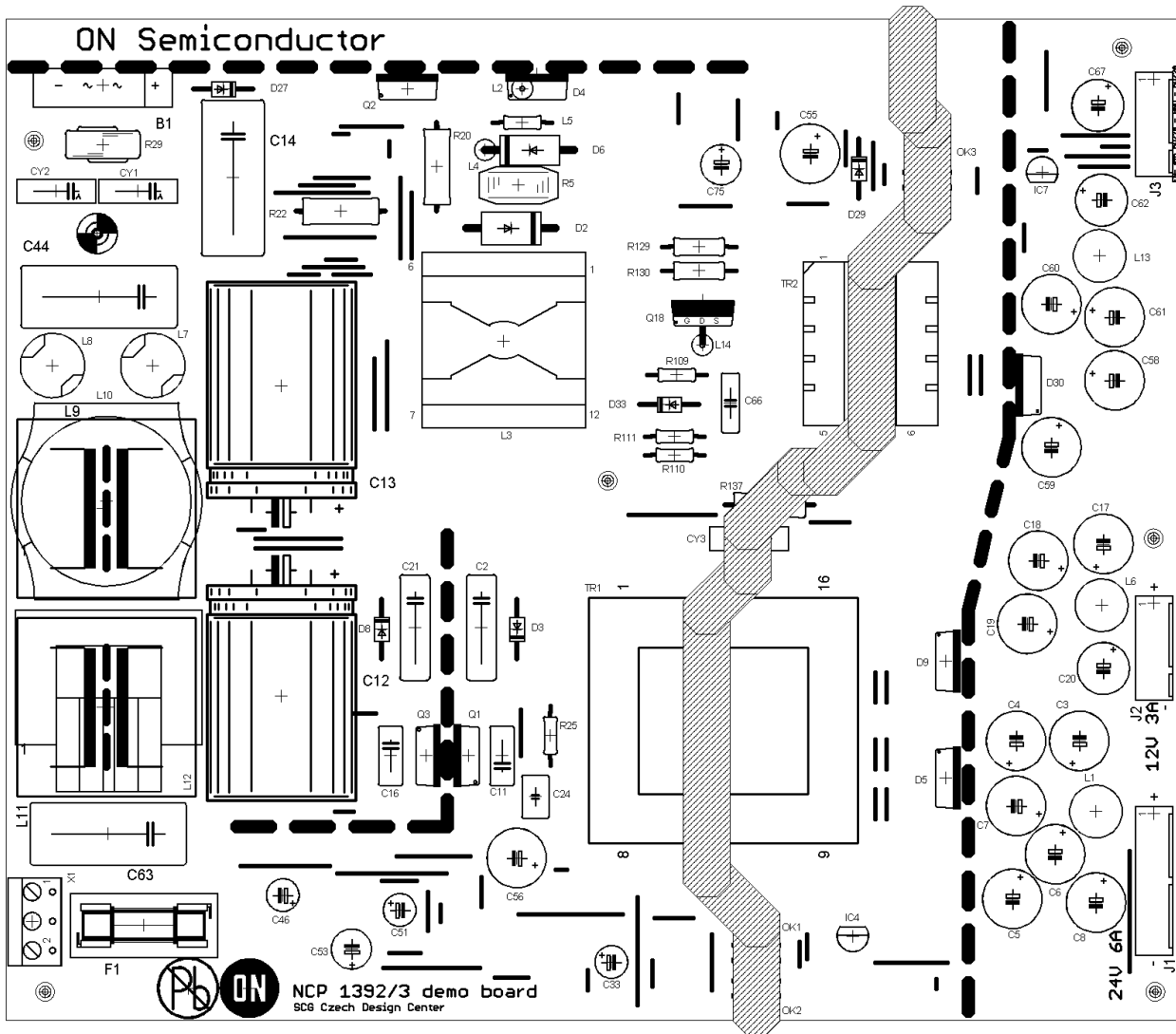


Figure 50. Top Labels



Figure 51. Photo of the Demoboard with Temperatures Measured for 230 Vac and 110 Vac in Bracket (Ambient Temperature 26°C, Full Load, Vertical Position)

AND8344/D

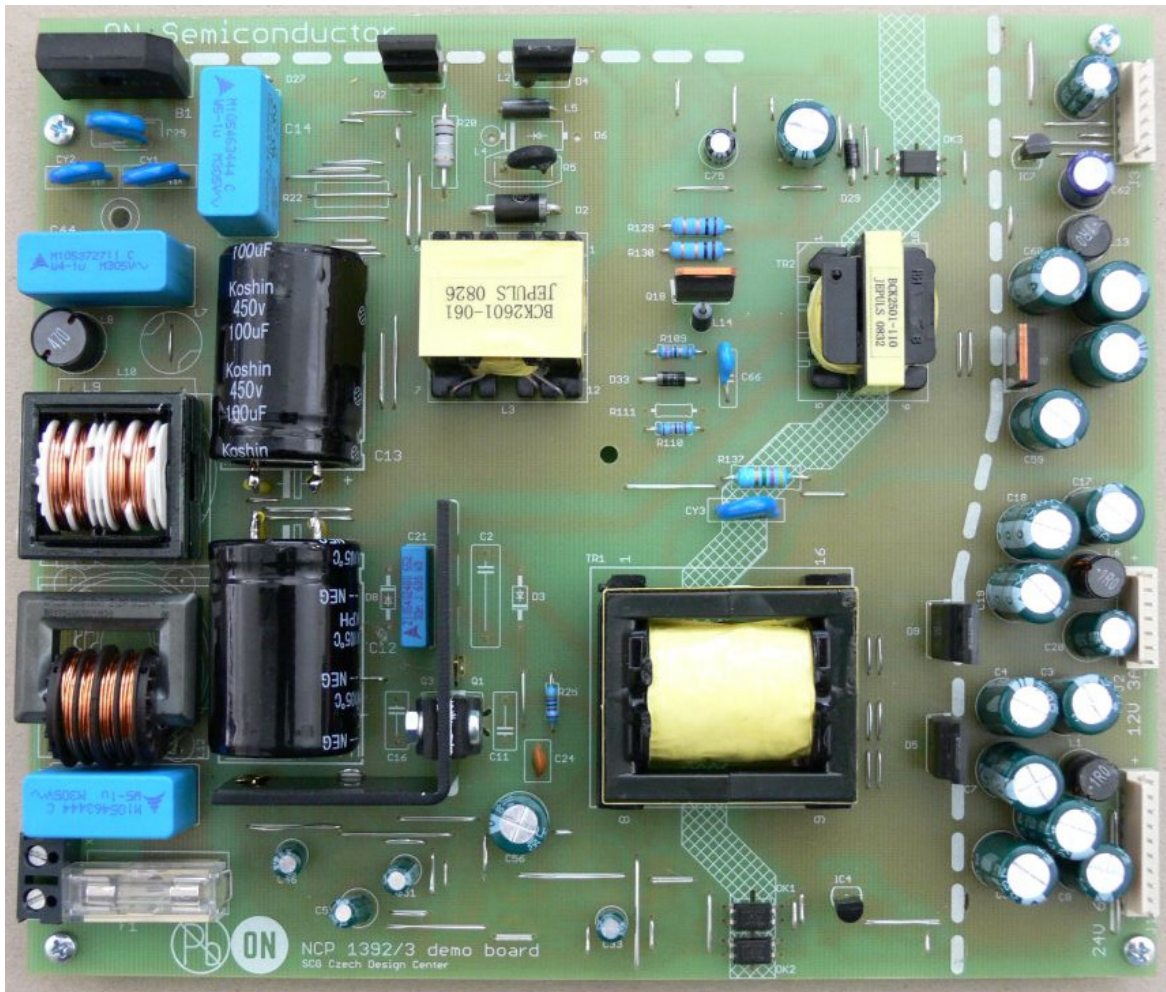


Figure 52. Photo of the Demoboard with Heatsinks Removed

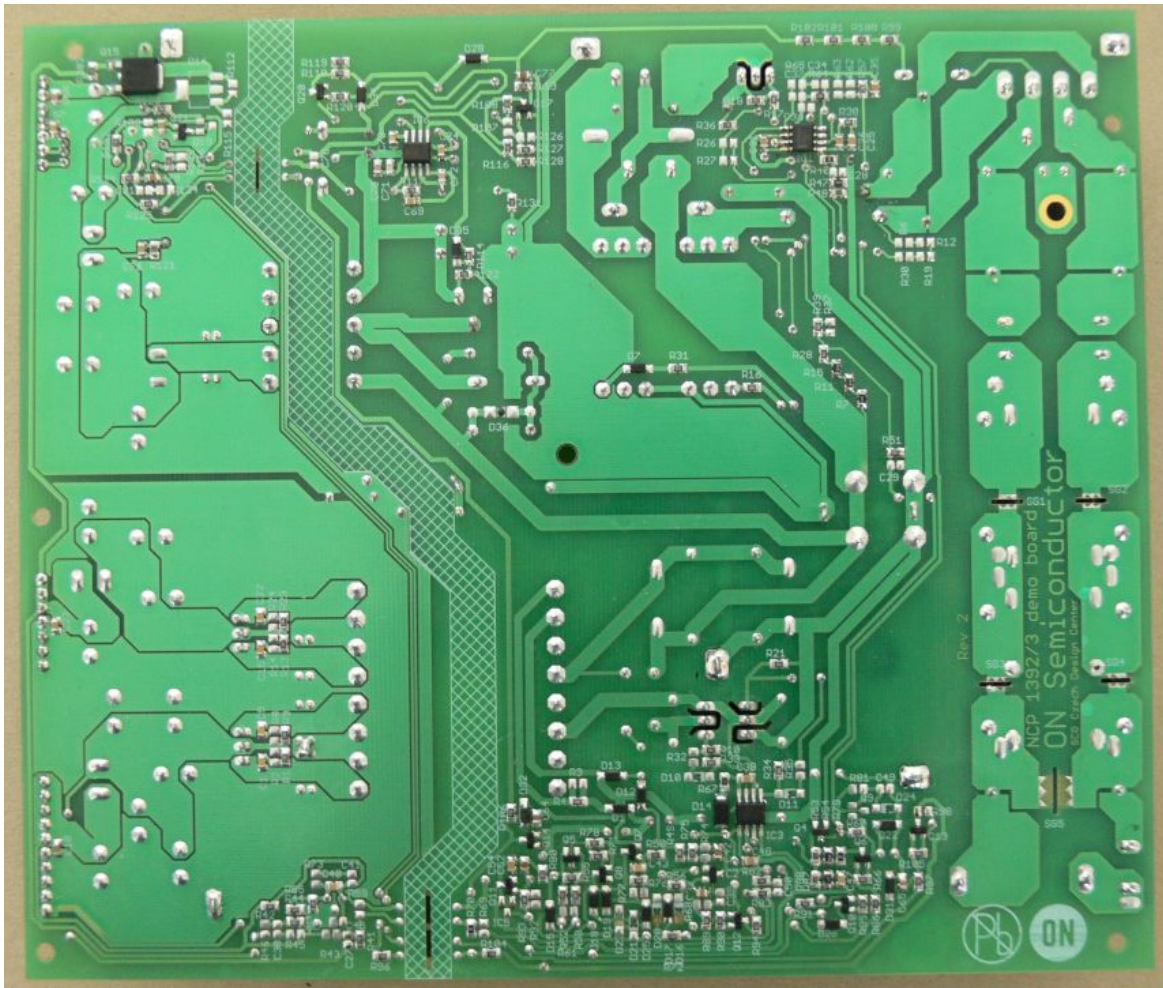


Figure 53. Photo of the Demoboard, Bottom Side

Bill of Materials for the NCP1392 Demo Board



| Designator | Quantity | Description | Value | Tolerance | Footprint | Manufacturer | Manufacturer Part Number | Substitution Allowed | Lead Free |
|--|----------|--|-------------------|-----------|---------------|-------------------|--------------------------|----------------------|-----------|
| B1 | 1 | Bridge Rectifier | GBU4M | - | GBU | DIOTEC RECTIFIER | | Yes | Yes |
| C1, C9, C15, C22 | 4 | Ceramic Capacitor | 2.2 nF | 10% | 0805 | Kemet | GBU4M | Yes | Yes |
| C10, C23, C31, C38, C48, C57, C68, C69, C74, C76, C80 | 11 | Ceramic Capacitor | 100 nF | 10% | 0805 | Kemet | COB05X222K5RACU | Yes | Yes |
| C11, C16 | 2 | Capacitor | NU | - | Through Hole | - | COB05X104K5RACU | Yes | Yes |
| C12, C13 | 2 | Electrolytic Bulk Capacitor | 100 µF / 450 V | 20% | Through Hole | Koshin | KPH-480V100UF | Yes | Yes |
| C14, C44, C63 | 3 | Capacitor | 1.0 µF / 275 V ac | 20% | Through Hole | Epcos | B32923C3105M | No | Yes |
| C2 | 1 | Capacitor | NU | - | Through Hole | - | - | Yes | Yes |
| C20, C67 | 2 | Electrolytic Capacitor | 220 µF / 25 V | 20% | Through Hole | Koshin | KZH-25V220U | No | Yes |
| C21 | 1 | Capacitor | 35 nF / 630 V dc | 5% | Through Hole | Epcos | EKX-35N630J | No | Yes |
| C24 | 1 | Ceramic Capacitor | 220 nF | 10% | 0805 | Kemet | EKX-220N100 | Yes | Yes |
| C25 | 1 | Ceramic Capacitor | 220 nF / 1 kV | 10% | 0805 | Kemet | COB05X222K5RACU | Yes | Yes |
| C26 | 2 | Ceramic Capacitor | 2.2 nF | 10% | 0805 | Kemet | COB05X222K5RACU | Yes | Yes |
| C27, C79 | 2 | Ceramic Capacitor | 15 nF | 10% | 0805 | Kemet | COB05X153K5RACU | Yes | Yes |
| C28, C29, C30, C34, C36, C37, C39, C41, C45, C49, C50, C54, C78, C81 | 14 | Ceramic Capacitor | NU | - | 0805 | - | - | Yes | Yes |
| C3, C4, C5, C6, C7, C17, C18, C19 | 8 | Electrolytic Capacitor | 470 µF / 35 V | 20% | Through Hole | Koshin | KZH-35V470U | No | Yes |
| C32 | 1 | Ceramic Capacitor | 150 nF | 10% | 0805 | Kemet | COB05C154K5RACU | Yes | Yes |
| C33 | 1 | Electrolytic Capacitor | 2.2 µF / 50 V | 20% | Through Hole | Koshin | KLH-50V22U2 | Yes | Yes |
| C34 | 1 | Ceramic Capacitor | 6.8 nF | 10% | 0805 | Kemet | COB05682K5RACU | Yes | Yes |
| C40 | 1 | Ceramic Capacitor | 6.8 nF | 10% | 0805 | Kemet | COB05682K5RACU | Yes | Yes |
| C42 | 1 | Ceramic Capacitor | 22 nF | 10% | 0805 | Kemet | COB05222K5RACU | Yes | Yes |
| C43, C47 | 2 | Ceramic Capacitor | 10 nF | 10% | 0805 | Kemet | COB05103K5RACU | Yes | Yes |
| C46, C51 | 2 | Electrolytic Capacitor | 4.7 µF / 50 V | 20% | Through Hole | Koshin | KLH-50V4U7 | Yes | Yes |
| C52 | 1 | Ceramic Capacitor | 4.7 nF | 10% | 0805 | Kemet | COB05472K5RACU | Yes | Yes |
| C53 | 1 | Electrolytic Capacitor | 22 µF / 25 V | 20% | Through Hole | Koshin | KLH-25V22U | Yes | Yes |
| C55, C56 | 2 | Electrolytic Capacitor | 100 µF / 35 V | 20% | Through Hole | Koshin | KLH-35V100U | Yes | Yes |
| C58, C59, C60, C61 | 4 | Electrolytic Capacitor | 1000 µF / 10 V | 20% | Through Hole | Koshin | KZH-10V1000U | Yes | Yes |
| C62 | 1 | Electrolytic Capacitor | 220 µF / 25 V | 20% | Through Hole | Koshin | KZH-25V220U | No | Yes |
| C64, C66 | 2 | Ceramic Capacitor | 470 nF / 1 kV | 10% | Disc - Radial | Kemet | EKX-470N1K | Yes | Yes |
| C65 | 1 | Ceramic Capacitor | 47 nF | 5% | SOD-123 | Parasonic | EKX-A34471KBP | Yes | Yes |
| C70 | 1 | Ceramic Capacitor | 200 pF | 10% | 0805 | Kemet | COB05C200K5RACU | Yes | Yes |
| C71 | 1 | Ceramic Capacitor | 120 pF | 10% | 0805 | Kemet | COB05C120K5RACU | Yes | Yes |
| C72 | 1 | Ceramic Capacitor | 220 pF | 10% | 0805 | Kemet | COB05C220K5RACU | Yes | Yes |
| C73, C77 | 2 | Electrolytic Capacitor | 10 µF / 50 V | 20% | Through Hole | Koshin | KLH-50V10U | Yes | Yes |
| C75 | 1 | Electrolytic Capacitor | 220 µF / 35 V | 20% | Through Hole | Koshin | KZH-35V220U | Yes | Yes |
| C8 | 3 | Ceramic Capacitor | 2.2 nF / Y1 | 20% | Through Hole | Murata | DE1E3K022MAGB | No | Yes |
| CY1, CY2, CY3 | 3 | Switching Diode | MMSD4148 | - | SOD-123 | ON Semiconductor | MMSD4148T3G | No | Yes |
| D1, D7, D12, D13, D15, D17, D18, D19, D25, D26, D28, D34, D36 | 13 | Diode | NU | - | SMA | - | - | Yes | Yes |
| D10, D11, D16, D20, D21, D23 | 6 | Surface Mount Ultrafast Power Rectifier | MUR160 | - | SMA | ON Semiconductor | MUR160T3G | No | Yes |
| D2 | 1 | Standard Recovery Rectifier | 1N5408 | - | Axial Lead | ON Semiconductor | 1N5408RLG | No | Yes |
| D22 | 1 | Zener Diode | 5.1 V | 5% | SOD-123 | ON Semiconductor | MMS25V1T13G | No | Yes |
| D24 | 1 | Zener Diode | 5.1 V | 5% | SOD-123 | ON Semiconductor | MMS25V1T13G | No | Yes |
| D27, D33 | 2 | Standard Rectifier | 1N4007 | - | SOD-123 | ON Semiconductor | 1N4007RLG | Yes | Yes |
| D29, D30 | 2 | Standard Recovery Rectifier | 1N4937 | - | Axial Lead | ON Semiconductor | 1N4937RLG | No | Yes |
| D32 | 1 | Diode | NU | - | TO220 | - | - | Yes | Yes |
| D37, D8 | 2 | Schottky Rectifier | 1N4937 | - | TO220 | ON Semiconductor | 1N4937RLG | Yes | Yes |
| D30 | 1 | Schottky Rectifier | 1N4937 | - | TO220 | ON Semiconductor | 1N4937RLG | Yes | Yes |
| D31, D32 | 2 | Zener Diode | 15 V | 5% | SOD-123 | ON Semiconductor | MBR10100G | No | Yes |
| D36 | 1 | Transient - suppressor Diode | 15 V | 5% | SMA | ON Semiconductor | MMSZ1511G | Yes | Yes |
| D4 | 1 | Ultrafast Diode | MURF50PF | - | TO220FP | ON Semiconductor | MURF50PFG | Yes | Yes |
| D5, D9 | 2 | Schottky Rectifier | MBRF20100CTG | - | TO220FP | ON Semiconductor | MBRF20100CTG | No | Yes |
| D6 | 1 | Diode | NU | - | DO27-15 | - | - | Yes | Yes |
| F1 - Cover | 1 | Cover, PCB Fuse Holder | 4 A | - | - | Bussmann | MCHTC-150M | Yes | Yes |
| F1 - Fuse | 1 | Fuse, Medium Delay | 4 A | - | - | Bussmann | TDC 210-4A | No | Yes |
| F1 - Holder | 1 | Fuse Holder | 4 A | - | - | Multicomp | MC-HTC-15M | Yes | Yes |
| H1 | 1 | Heat Sink | - | - | SH22-5A | H Soft | - | Yes | Yes |
| H2 | 1 | Heat Sink | - | - | - | H Soft | - | Yes | Yes |
| H3 | 1 | Heat Sink | - | - | - | H Soft | - | Yes | Yes |
| IC1 | 1 | PFC controller | NCP1606B | - | SOIC-8 | ON Semiconductor | NCP1606BDR2G | No | Yes |
| IC2 | 1 | Low Voltage Precision Adjustable Shunt Regulator | TLV431 | - | SOT23 | ON Semiconductor | TLV431ASINTTG | No | Yes |
| IC3 | 2 | Resonant Mode Controller | NCP1392 | - | SOIC-8 | ON Semiconductor | NCP1392XR2G | No | Yes |
| IC4, IC7 | 2 | Programmable Precision Reference | TL431 | - | SOIC-8 | ON Semiconductor | TL431BCLPG | No | Yes |
| IC5 | 1 | Resonant Mode Controller | NCP1351 | - | SOIC-8 | ON Semiconductor | NCP1351BDR2G | No | Yes |
| IC6 | 1 | Variable Off Time Controller | NCP1351 | - | SOIC-8 | ON Semiconductor | NCP1351BDR2G | No | Yes |
| IC8 | 1 | Insulator Metric | M3 x .039" | - | M3 x .039" | Richco Plastic Co | MINMG-1.0 | Yes | Yes |
| J1 | 2 | Conn Header | 22-23-2101 | - | MOLEX-10PIN | Molex | 22-23-2101 | Yes | Yes |
| J2, J3 | 2 | Conn Header | 22-23-2071 | - | MOLEX-7PIN | Molex | 22-23-2071 | Yes | Yes |
| L1, L6, L13 | 3 | Inductor | 1 µH | 20% | Through Hole | Würth | 744 772 010 | No | Yes |
| L10 | 1 | Inductor | NU | - | B62724B | - | - | No | Yes |
| L11 | 1 | Inductor | NU | - | 6001 | - | - | No | Yes |
| L12 | 1 | Inductor | B62734R932U030 | 20% | B62734R93 | Epcos | B62734R932U030 | No | Yes |
| L13, L14 | 2 | Inductor | 20 µH | 20% | FCI-2003 | Würth | FCI-2003 | No | Yes |
| L4 | 1 | Inductor | 60K901F-061 | 10% | FCI-2003 | Würth | 60K901F-061 | No | Yes |
| L5 | 1 | Inductor | NU | - | Ferrite Bead | - | - | Yes | Yes |
| L6 | 1 | Inductor | Ferrite Bead | 20% | Ferrite Bead | - | - | No | Yes |
| L7 | 1 | Inductor | Short | 20% | Ferrite Bead | - | - | No | Yes |
| L8 | 1 | Inductor | 47 µH | 20% | RFB1010 | Würth | 7427602 | No | Yes |
| L9 | 1 | Inductor | 6001 0069A | - | RFB1010 | Würth | RFB1010-470L | No | Yes |
| | 1 | Inductor | 6001 0069A | - | 6001 | Pulse | 6001 0069A | No | Yes |

Bill of Materials for the NCP1392 Demo Board

AND8344/D

| Designator | Quantity | Description | Value | Tolerance | Footprint | Manufacturer | Manufacturer Part Number | Substitution Allowed | Lead Free |
|--|----------|--|--------------|-----------|---------------|--------------------|--------------------------|----------------------|-----------|
| Nut M3 - | 9 | Nut Hex Metric | M3 - Hex | - | M3 - Hex | Building Fasteners | MHNZ 003 | Yes | Yes |
| OK1, OK2, OK3 | 3 | Opto Coupler | HCPL-817 | - | DIP-4 | Avago Technologies | HCPL-817-000E | Yes | Yes |
| G1, G3 | 2 | MOSFET - N | STP12NM50FP | - | TO220FP | STM | STP12NM50FP | No | Yes |
| G15 | 1 | Power MOSFET, N-Channel | NTD14ND3R | - | DIPAK | ON Semiconductor | NTD14ND3R14G | No | Yes |
| G16 | 1 | MOSFET - P | NU | - | SOT-223 | - | - | Yes | Yes |
| G18 | 1 | MOSFET - N | SPP04N80C3 | - | TO220FP | Infineon | SPP04N80C3 | Yes | Yes |
| G2 | 1 | MOSFET - N | STP20NM60FP | - | TO220FP | STM | STP20NM60FP | No | Yes |
| G4 | 1 | General Purpose Transistor NPN | BC817-40LITG | - | SOT-23 | ON Semiconductor | BC817-40LITG | No | Yes |
| G5, G6, G12 | 3 | General Purpose Transistor PNP | BC856AL1T1G | - | SOT-23 | ON Semiconductor | BC856AL1T1G | No | Yes |
| G7, G8, G10, G11, G13, G14, G17, G20, G21 | 9 | General Purpose Transistor NPN | BC817-16LITG | - | SOT-23 | ON Semiconductor | BC817-16LITG | No | Yes |
| G9, G19 | 2 | General Purpose Transistor | NU | - | SOT-23 | - | - | No | Yes |
| R1, R2, R3, R23 | 4 | Resistor SMD | 22 0 | 1% | 0805 | Rohm | MCR10E2HF12R20 | Yes | Yes |
| R1, R3, R13, R23 | 17 | Resistor SMD | 10 kΩ | 1% | 0805 | Rohm | MCR10E2HF1000 | Yes | Yes |
| R1, R4, R5, R11, R28, R66, R71, R78, R80, R89, R90, R91, R94, R105, R106, R116, R125, R136 | 1 | Resistor SMD | 100 0 | 1% | 0805 | Rohm | MCR10E2HF1000 | Yes | Yes |
| R109 | 1 | Resistor Through Hole | 22 0 | 1% | Axial Lead | Rohm | BO207C22R00F5T | Yes | Yes |
| R110 | 1 | Resistor Through Hole | 120 kΩ | 1% | Axial Lead | Vishay | BO207C120K0F5T | Yes | Yes |
| R111 | 1 | Resistor SMD | NU | - | Axial Lead | - | - | Yes | Yes |
| R117 | 1 | Resistor SMD | 2.4 kΩ | 1% | 0805 | Rohm | MCR10E2HF2401 | Yes | Yes |
| R118, R119 | 2 | Resistor SMD | 47 0 | 1% | 0805 | Rohm | MCR10E2HF47R0 | Yes | Yes |
| R121 | 1 | Resistor SMD | 910 0 | 1% | 0805 | Rohm | MCR10E2HF9100 | Yes | Yes |
| R123 | 1 | Resistor SMD | 22 kΩ | 1% | 0805 | Rohm | MCR10E2HF2202 | Yes | Yes |
| R127, R128 | 2 | Resistor SMD | 27 kΩ | 1% | 0805 | Rohm | MCR10E2HF2702 | Yes | Yes |
| R129, R130 | 2 | Resistor Through Hole | 1.0 0 | 5% | Axial Lead | Panasonic - ECG | ERX-1S1J1R0 | Yes | Yes |
| R137 | 1 | Resistor Through Hole, High Voltage | 4.7 MΩ | 5% | Axial Lead | Wielwyn | YFRW37-4MTJ1 | Yes | Yes |
| R16 | 1 | Resistor SMD | 68 kΩ | 1% | 0805 | Rohm | MCR10E2HF6802 | Yes | Yes |
| R2, R3, R6, R8, R12, R14, R19, R24, R26, R27, R30, R32, R35, R37, R43, R45, R46, R59, R61, R62, R63, R65, R66, R69, R73, R74, R77, R81, R92, R98, R107, R112, R115, R126, R133, R134, R135 | 37 | Resistor SMD | NU | - | 0805 | - | - | Yes | Yes |
| R20 | 1 | Resistor Through Hole | 0.1 0 | 1% | Axial Lead | Vishay | PAC-300001007FAC000 | Yes | Yes |
| R22 | 1 | Resistor Through Hole | 0.0 0 | 1% | Axial Lead | Various | Wire Strap | Yes | Yes |
| R25 | 1 | Resistor Through Hole | 47 kΩ | 1% | Axial Lead | Vishay | BO207C47R00F5T | Yes | Yes |
| R26 | 1 | Resistor Through Hole | 100 0 | 1% | Disc 10mm | Epccs | BO207C100R00F5T | No | Yes |
| R31, R34, R51, R65 | 3 | Resistor SMD | 100 kΩ | 1% | 0805 | Rohm | MCR10E2HF1003 | Yes | Yes |
| R36 | 1 | Resistor SMD | 1.2 kΩ | 1% | 0805 | Rohm | MCR10E2HF1201 | Yes | Yes |
| R38 | 1 | Resistor SMD | 39 kΩ | 1% | 0805 | Rohm | MCR10E2HF3902 | Yes | Yes |
| R39, R58, R101, R102 | 4 | Resistor SMD | 56 kΩ | 1% | 0805 | Rohm | MCR10E2HF5602 | Yes | Yes |
| R4, R17, R33, R34, R114 | 5 | Resistor SMD | 10 0 0 | 1% | 0805 | Rohm | MCR10E2HF10R0 | Yes | Yes |
| R40, R70, R79 | 3 | Resistor SMD | 0.0 0 | 5% | 0805 | Yageo | RC0805AR070RL | Yes | Yes |
| R41 | 1 | Resistor SMD | 2.7 kΩ | 1% | 0805 | Rohm | MCR10E2HF2701 | Yes | Yes |
| R42, R124 | 2 | Resistor SMD | 1 kΩ | 1% | 0805 | Rohm | MCR10E2HF1001 | Yes | Yes |
| R44 | 1 | Resistor SMD | 18 kΩ | 1% | 0805 | Rohm | MCR10E2HF1802 | Yes | Yes |
| R47 | 1 | Resistor SMD | 36 kΩ | 1% | 0805 | Rohm | MCR10E2HF3602 | Yes | Yes |
| R48 | 1 | Resistor SMD | 750 kΩ | 1% | 0805 | Rohm | MCR10E2HF7503 | Yes | Yes |
| R49 | 1 | Resistor SMD | 20 kΩ | 1% | 0805 | Rohm | MCR10E2HF2002 | Yes | Yes |
| R5 | 1 | NTC Thermistor | B57235S509M | 20% | Disc - Radial | Epccs | B57235S509M | No | Yes |
| R50, R56 | 2 | Resistor SMD | 33 kΩ | 1% | 0805 | Rohm | MCR10E2HF3302 | Yes | Yes |
| R52, R60 | 2 | Resistor SMD | 2.2 kΩ | 1% | 0805 | Rohm | MCR10E2HF2201 | Yes | Yes |
| R53 | 1 | Resistor SMD | 62 kΩ | 1% | 0805 | Rohm | MCR10E2HF6202 | Yes | Yes |
| R57 | 1 | Resistor SMD | 220 0 | 1% | 0805 | Rohm | MCR10E2HF2200 | Yes | Yes |
| R64 | 1 | Resistor SMD | 2 kΩ | 1% | 0805 | Rohm | MCR10E2HF2001 | Yes | Yes |
| R67, R11, R15, R54 | 4 | Resistor SMD | 18 0 | 1% | 0805 | Rohm | MCR10E2HF18R0 | Yes | Yes |
| R72 | 1 | Resistor SMD | 910 kΩ | 1% | 0805 | Panasonic - ECG | ERJ6ENF9103V | Yes | Yes |
| R73 | 1 | Resistor SMD | 910 0 | 1% | 0805 | Rohm | MCR10E2HF9100 | Yes | Yes |
| R76 | 1 | Resistor SMD | 200 0 | 1% | 0805 | Rohm | MCR10E2HF2000 | Yes | Yes |
| R82 | 1 | Resistor SMD | 13 kΩ | 1% | 0805 | Rohm | MCR10E2HF1302 | Yes | Yes |
| R83, R97, R106 | 3 | Resistor SMD | 4.7 kΩ | 1% | 0805 | Rohm | MCR10E2HF4701 | Yes | Yes |
| R84 | 1 | Resistor SMD | 3.3 kΩ | 1% | 0805 | Rohm | MCR10E2HF3301 | Yes | Yes |
| R85 | 1 | Resistor SMD | 5.6 kΩ | 1% | 0805 | Rohm | MCR10E2HF5601 | Yes | Yes |
| R86, R96, R104, R132 | 4 | Resistor SMD | 470 0 | 1% | 0805 | Rohm | MCR10E2HF4700 | Yes | Yes |
| R87 | 1 | Resistor SMD | 24 kΩ | 1% | 0805 | Rohm | MCR10E2HF2402 | Yes | Yes |
| R88, R113 | 2 | Resistor SMD | 220 kΩ | 1% | 0805 | Rohm | MCR10E2HF2203 | Yes | Yes |
| R93, R95, R131 | 3 | Resistor SMD | 1.6 kΩ | 1% | 0805 | Rohm | MCR10E2HF1601 | Yes | Yes |
| R99, R100, R120, R122 | 4 | Resistor SMD | 47 kΩ | 1% | 0806 | Rohm | MCR10E2HF4702 | Yes | Yes |
| Screw M3x12mm - | 1 | Screw Machine Metric | M3 x 12 mm | - | M3 x 12 mm | Building Fasteners | MPMS 003 0012 PH | Yes | Yes |
| Screw M3x5mm - | 5 | Screw Machine Metric | M3 x 5 mm | - | M3 x 5 mm | Building Fasteners | MPMS 003 0005 PH | Yes | Yes |
| Screw M3x9mm - | 8 | Screw Machine Metric | M3 x 9 mm | - | M3 x 9 mm | Building Fasteners | MPMS 003 0009 PH | Yes | Yes |
| Spacer Threaded (Nylon) | 5 | Spacer Threaded Metric (Nylon) | BC13501-078 | 5% | M3 x 10 mm | Richco Plastic Co | BC13501-078 | Yes | Yes |
| TR1 | 1 | Transformer | BC13501-110 | 10% | BC13501 | Jepuls | BC13501-110 | No | Yes |
| TR2 | 2 | Transformer | 1.13 x .63" | - | 1.13 x .63" | Richco Plastic Co | TC-220469 | Yes | Yes |
| Transistor Insul Pad TO220 (Silicone/Fiberglass) | 1 | Transistor Insul Pad (Silicone/Fiberglass) | M3 Flat | - | M3 - Flat | Building Fasteners | MLWZ 003 | Yes | Yes |
| Washer M3 Flat - | 8 | Washer Flat Metric | M3 - Flat | - | M3 - Flat | Building Fasteners | MLWZ 003 | Yes | Yes |
| Washer M3 Lock - | 8 | Washer Lock Metric | M3 - Lock | - | M3 - Lock | Building Fasteners | MLWZ 003 | Yes | Yes |
| X1 | 1 | Input Terminal Block | Pitch 7.5 mm | - | C1B01102 | Camden EI | C1B01102 | Yes | Yes |

ENERGY STAR and the ENERGY STAR mark are registered U.S. marks.
GreenPoint is a registered trademark of Semiconductor Components Industries, LLC (SCILLC) or its subsidiaries in the United States and/or other countries.

ON Semiconductor及びONのロゴはSemiconductor Components Industries, LLC (SCILLC) 若しくはその子会社の米国及び/または他の国における登録商標です。SCILLCは特許、商標、著作権、トレードシークレット(営業秘密)と他の知的所有権に対する権利を保有します。SCILLCの製品/特許の適用対象リストについては、以下のリンクからご覧いただけます。www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf。SCILLCは通告なしで、本書記載の製品の変更を行うことがあります。SCILLCは、いかなる特定の目的での製品の適合性について保証しておらず、また、お客様の製品において回路の応用や使用から生じた責任、特に、直接的、間接的、偶発的な損害に対して、いかなる責任も負うことはできません。SCILLCデータシートや仕様書に示される可能性のある「標準的」パラメータは、アプリケーションによっては異なることもあり、実際の性能も時間の経過により変化する可能性があります。「標準的」パラメータを含むすべての動作パラメータは、ご使用になるアプリケーションに応じて、お客様の専門技術者において十分検証されるようお願い致します。SCILLCは、その特許権やその他の権利の下、いかなるライセンスも許諾しません。SCILLC製品は、人体への外科的移植を目的とするシステムへの使用、生命維持を目的としたアプリケーション、また、SCILLC製品の不具合による死傷等の事故が起こり得るようなアプリケーションなどへの使用を意図した設計はされておらず、また、これらを使用対象としておりません。お客様が、このような意図されたものではない、許可されていないアプリケーション用にSCILLC製品を購入または使用した場合、たとえ、SCILLCがその部品の設計または製造に関して過失があったと主張されたとしても、そのような意図せぬ使用、また未許可の使用に関連した死傷等から、直接、又は間接的に生じるすべてのクレーム、費用、損害、経費、および弁護士料などを、お客様の責任において補償をお願いいたします。また、SCILLCとその役員、従業員、子会社、関連会社、代理店に対して、いかなる損害も与えないものとします。SCILLCは雇用機会均等/差別撤廃雇用主です。この資料は適用されるあらゆる著作権法の対象となっており、いかなる方法によっても再販することはできません。

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