

MP1010 を使用した CCFL インバータの設計

AN01

MPS 社アプリケーションノート AN01 より

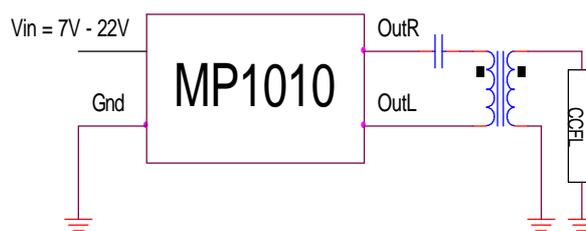
V.11 5/99

マイクロテック (株) マーケティング 1 部 1999 年 9 月

はじめに

モノリシックパワー IC の MP1010 を使用すると小型、高効率の CCFL (冷陰極管) 用インバータが実現できます。この IC には、昇圧用トランスをドライブできるパワー トランジスタと、6.5V ~ 22V の供給電源範囲でランプ電流を安定に保つ、電流ゼロの共振スイッチング制御回路が内蔵されています。MP1010 は負荷の共振周波数における効率を最大限にし、出力段における無駄な高調波エネルギーを最小限にできます。ランプ電流はほぼ完全な対称型サイン波となるため、尖頭電流ファクタを十分に小さくでき長期間のランプ寿命を保證できます。通常、トランスとランプに直列に挿入するバラストコンデンサを使わずに、トランスの二次側をランプに直接接続できるため、高電圧ストレスによるトランスの寿命劣化の心配が無くなりました。ソフトスタートの機能と共振回路構成によって、放電開始最小電圧で放電を確実に始めることが可能になった為、更にトランスに対するストレスを減らすことができます。オープンランプ電圧は、キャパシタを使用した分圧器と数点の安価な外付け部品を付加するだけで安定化できます。オープンランプ遮断タイマも同様に実現できます。

図 1 基本的な MP1010 の使用法

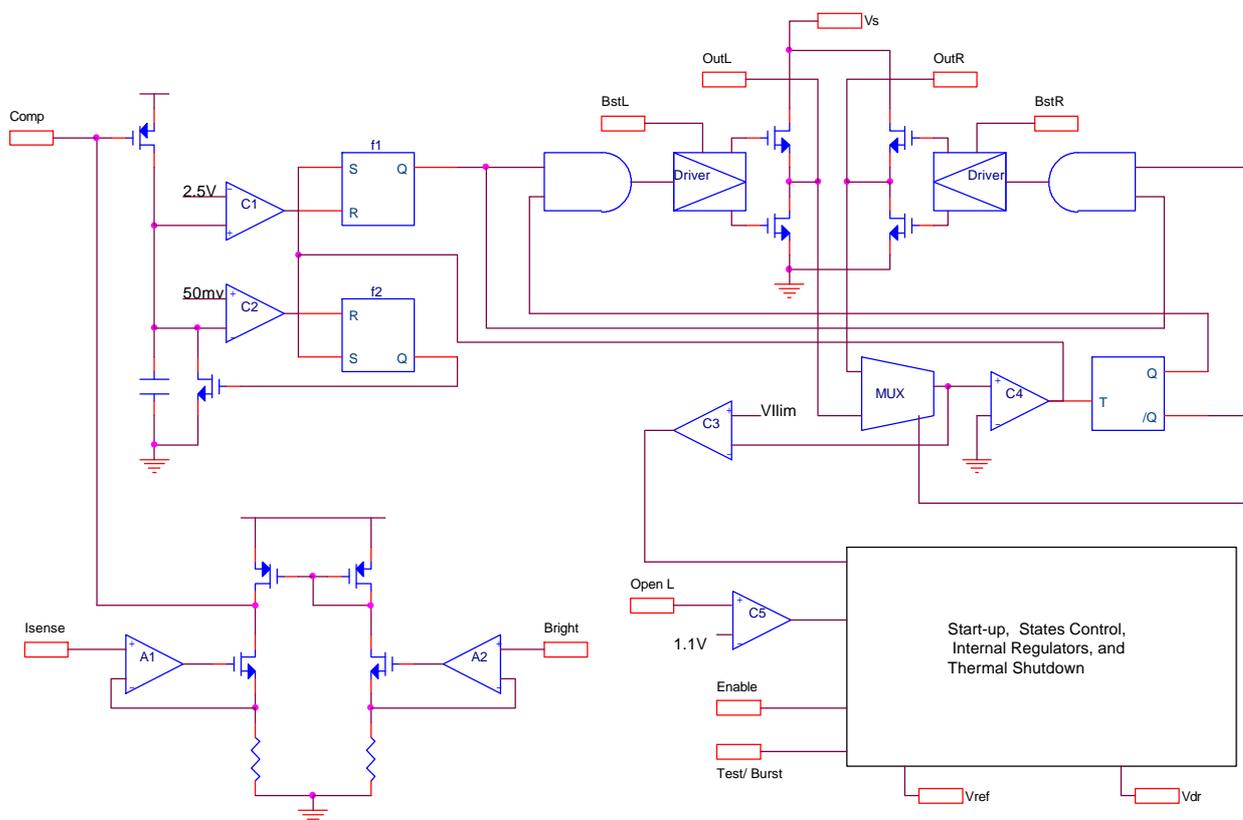


機能について

全範囲、シングルステージ、1 チップ構成

MP1010 は CCFL インバータモジュールの中核となるデバイスです。この IC には CCFL インバータシステムに必要なパワー トランジスタによる H-ブリッジ、制御回路、そして保護回路が内蔵されています。従来の Royer 方式が 2 段の電力回路で構成されているのに対して、MP1010 は完全対称な共振構成の電力回路が 1 段で構成されています。図 2 は MP1010 の機能ブロック図です。インバータに必要な全ての機能は MP1010 に含まれていますので、MP1010 を使用したインバータシステムでの主要な部品は MP1010 と昇圧トランスの 2 つだけとなります。

図 2 MP1010 の機能ブロック図



共振回路の構成

MP1010 ではランプをドライブする為の高電圧を発生する為共振回路を使用しています。この方式はトランスの二次側巻線に対する高電圧ストレスを低減できます。これは、トランスからバラストコンデンサを介して CCFL をドライブする Royer 方式と異なり、トランスから CCFL を直接ドライブするからです。MP1010 で使用されるトランスのサイズは原理的に Royer 方式で使用されるフライバック型のトランスよりも小型にできます。更に、共振回路構成は対称のサイン波を出力できる為、入力された電力の光エネルギーへの変換効率も Royer 方式より優れています。

パワーH-ブリッジ

MP1010 の出力段は 22V の動作電圧特性と 0.12 のオン抵抗を持った 4 つの DMOS パワーFET で構成される H-ブリッジです。MP1010 を使用したインバータでは外部にパワートランジスタは不要で、トランスを直接ドライブできます。この方式の利点は、パワートランジスタのコストが削減できるだけでなく、インバータモジュールの基板面積を大幅に小型化できることです。パワーH-ブリッジ及びその制御回路を内蔵したことによるもうひとつの利点は、高温保護と過電流保護を実現できたことです。

動作異常保護

オープンランプ保護

MP1010 はオープンランプ電圧安定化回路と遮断回路を簡単に実現できるように設計されています。オープンランプという異常が発生すると、オープンランプ電圧はオープンランプの遮断タイマが規定時間に達するまでの間安定化されます。オープンランプ電圧とオープンランプタイマは両方共ユーザプログラマブルです。

出力短絡保護

輝度はランプ電流を調整することで可変できます。MP1010 の Bright ピンに与えられる電圧を 0V ~ 2V の範囲で変化させることによりランプ電流を可変できます。

この Bright ピンは動作範囲 0-2V の高インピーダンスのアナログ入力で、2V で最大輝度となり 0V で最低輝度となります。このピンに 2V よりも高い電圧を加えてもランプの輝度には影響しませんが、内蔵の ESD 保護ダイオードが導通してしまわないように 7V 以下の電圧とします。輝度調整範囲はランプ電流センス時で約 4.5 : 1 です。

図 2 と図 3 (P.6) を使ってランプ電流制御ループを説明します。Bright ピンに 0-2V を加えることにより Comp ピンに流れ込む電流は PMOS を非バイアスし C1, C1, f1 & f2 で構成される On-Time オシレータを動作させます。Comp ピンにより高い電圧が与えられると H-ブリッジからより長い時間、

電力が CCFL に対して供給されることとなります。結果的に CCFL の増加電流が D2 と R2 で構成される半波整流回路から引き出されます。R2 の電圧は Isense ピンをドライブし、Comp ピンに流れ込む電流を減少させますので帰還ループが構成されます。

設計手順

CCFL インバータを設計する際、入力のパラメータは、供給電圧、ランプの放電開始電圧、全負荷電圧、最大ランプ電流、そしてパネル容量などです。図 3 は、僅かな微調整をするだけで殆どの用途に利用できる平均的な回路構成です。

(異なる特性を持つパネルをドライブする場合はマイクロテック(株)マーケティング 1 部までお問い合わせください。)

ランプ電流の設定

R2

図 3 において、最大ランプ電流を設定する為には、Isense ピンにおいて 125mV の平均電圧時に最大ランプ電流となるようにセンス抵抗 R2 の値を決めなくてはなりません。以下の式から最大ランプ電流を得るための最適なセンス抵抗値を算出します。

式 1

$$R_{Isense} = 2 * 0.125V / I_{Lamp} \text{ max.}$$

最大ランプ電流が 6mArms のときは、
 $2 * 0.125V / 6mArms = 4.16\Omega$
となります。

実際の R_{Isense} は上式で得られた値より約 10% 大きい値とします。これは定格 RMS ランプ電流値と制御される平均電流が異なる為です。

Vcc、Vdr、及びVref ピンの デ・カプリングキャパシタ

C1,C6,C13

10 μ F かそれ以上のキャパシタを Vcc ピンのデ・カプリングキャパシタ(C1)に使用します。更に、通常動作時に発生するスイッチングスパイクを減衰させるために 1 μ F を各 Vcc ピン(C6 と C13)の近くに追加します。

C7,C14

C7 と C14 のブートストラップキャパシタは、立ち上がりエッジ後に上段のスイッチが確実にドライブされるに十分な大きな値が必要ですが、しかし、電源立ち上がりシーケンスの期間にレギュレータをドライブできない程大き過ぎてはいけません。10V 以上の耐圧を持った 10nF のセラミックキャパシタを推奨します。

C4

この 5V リファレンス電源用バイパスキャパシタ(C4)は電源投入時にリファレンスレギュレータが充電できない程大き過ぎてはいけません。1 μ F を推奨します。

システム補償とソフトスタート

C3

補償用キャパシタの値は制御ループの応答速度とソフトスタートランプの定格によっ

て決められます。このキャパシタは Isense ピンに与えられる半波電圧からのインパルスフィルタリングするのに十分な大きさでなくてはなりません。しかし、同時に制御ループが電源電圧変化に迅速に応答できる程度には小さい必要があります。妥当な値としては 2.2-10nF です。

更に、ソフトスタートは補償キャパシタ対 GND に最初の出力パワーサイクルの直前にプリチャージすることによって実現できます。Comp ピンの直流インピーダンスは非常に大きくループ利得の殆どがこのノードに置いて生成されます。

ソフトスタート時間は下式によって得られます。

式 2

$$\begin{aligned} T_{soft} &= 850\mu s + [C_{comp} * 2V] / [(V_{Bright} / 125K\Omega) + 5\mu A] \\ &= 850\mu s + [4.7nF * 2V] / [(1V / 125K\Omega) + 5\mu A] \\ &= 850\mu s + 723\mu s \\ &= 1.57ms \end{aligned}$$

ここで 850 μ s は MP1010 内のステートマシンがスタートアップを初期化するのに必要な時間です。Ccomp は図 3 の C3 で Vbright は Bright ピンに与えられる電圧です。BOM において、C3=4.7 μ F と Vbright=1V を前式に代入して Tsoft=1.57ms が得られます。

オープンランプ保護

オープンランプ検出とレギュレーション

オープンランプタイムはランプ電圧をキャパシタ分圧器と簡単な検出器を介してフィードバックさせることで実現できます。OpenLamp ピンは内蔵のアナログコンパレータの入力端子です。このコンパレータの閾値は 1.15V に設定されています。OpenLamp ピンの電圧が閾値以上である限り、MP1010 は通常の動作を継続します。OpenLamp ピンの電圧がこの閾値より下回ると、MP1010 は負荷に対するドライブを停止し、4 個の出力スイッチをオフにして、Drive レギュレータをデイスエーブルにします。(Ref レギュレータは引き続き on のままです。)動作を復帰させる為には、Enable ピンを約 100 μ s の間 Low にしてから再び High にしなくてはなりません。この機能をデイスエーブルとする場合は OpenLamp ピンを Vref ピンに接続します。

オープンランプ遮断

図 3 と BOM において、オープンランプ電圧のピーク値は以下の式で得られます。

式 3

$$V_{openlamp\ peak\ to\ peak} = (C10 / C11) * (Vref + 3Vd)$$

ここでは $Vd = 0.65V$ 、 $Vref = 5.1V$ です。

$C10 = 10nF$ 及び $C11 = 15pF$ のとき、上式の結果は以下のようになります。

$$V_{openlamp\ peak\ to\ peak} = 4.7KV.$$

R1

以下の式はオープンランプ遮断カウンタダウタイマの値を設定する為に使います。

式 4

$$T_{ocd} = R1 * C2.$$

$R1 = 1M\Omega$ 、 $C2 = 1nF$ のとき、 $T_{ocd} = 1$ 秒となります。

トランスの設計

MP1010 は巻数比 $Np:Ns = 1:100$ 、 $LLK = 350 \mu H$ (二次巻線と一次巻線短絡で計測)、SRF (二次側共振周波数) が 5MHz 以上のノンギャップ型のトランスを使うと良好に動作します。

これは従来型の Royer 方式のトランスでは無いため、下記のトランスのご使用を推奨します。

TOKO BLC103B (添付仕様書参照)

レイアウト上の注意事項

グラウンドのトレースは使用される部品が公差の範囲でばらついていてもモジュール全体として再現性良く正しく動作するように注意深く行わなくてはなりません。

いくつかの配線部及び部品では比較的大きな過渡電流が流れる為、グラウンド線はこの電流を十分に流せなくてはなりません。デモボードのレイアウトを参考にしてください。

MP1010 の熱抵抗はパッケージの端子のラウンドを十分に広くすることで極端に小さく

できます。特にパワーグラウンドピンの 8,9,12 そして 13 ピンです。

不要な電力ロスが起こらないようにトランスの下には幅の広い配線は行わないようにします。この影響の計測は、たとえフェライトが磁力線の全てを包含しているように見えていたとしても導電パネルにモジュールを実装した後で行います。

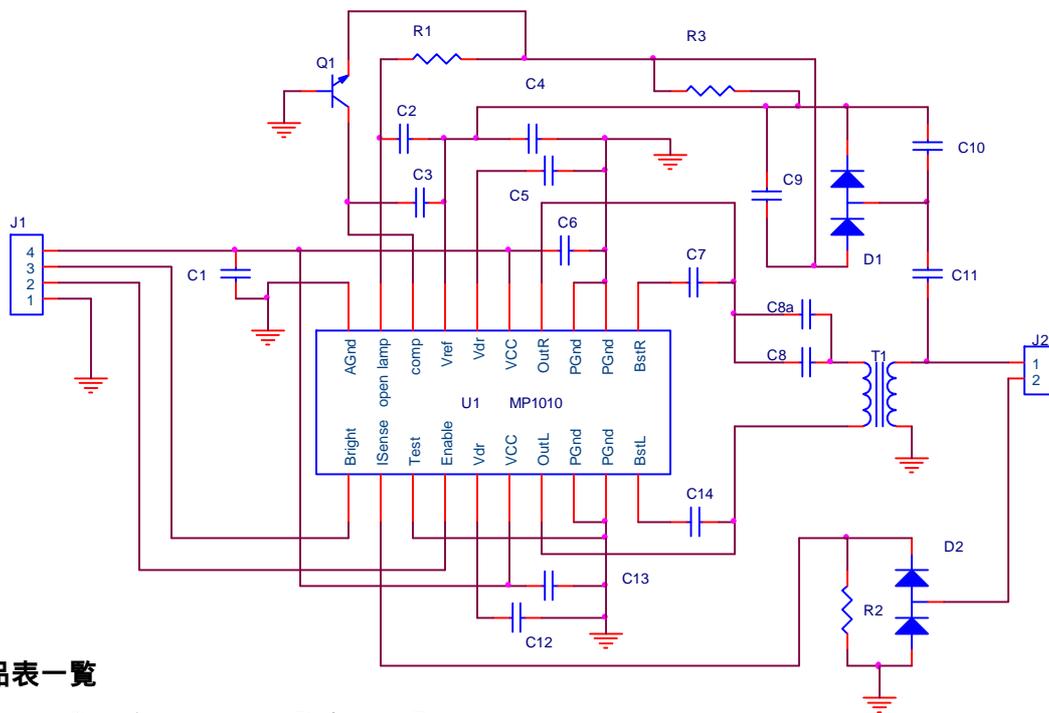
バイパスキャパシタはグラウンドの配置に応じて注意深く配置するようにします。デモ基板を参考にしてください。

*注；本アプリケーションノートの内容は変更される可能性が有ります。
最新の資料、データの入手は下記へお問い合わせください。

問い合わせ先：

マイクロテック（株）マーケティング1部
電話；03-5300-5535
FAX；03-5300-5530
住所；〒168-0063 東京都杉並区和泉 2-7-5

図3 アプリケーション回路例



部品表一覧

Item	Quantity	Reference Part
1	1	C1 10uF 25V
2	1	C2 1uF 10V Y5V
3	1	C3 4.7nF 10V X7R
4	1	C4 1uF 10V Y5V
5	2	C5,C12 100nF 10V Y5V
6	2	C13,C6 1uF 25V Y5V
7	3	C7,C9, C14 10nF 16V
8	1	C8,C8a 470nF 16V X7R
9	1	C10 5.6nF 10V X7R
10	1	C11 15pF 3KV
11	2	D2, D1 BAV99L
12	1	JP1 4 HEADER
13	1	J1 CON2
14	1	Q1 2N3904
15	2	R1, R3 1M
16	1	R2 43
17	1	T1 TOKO 866 TN 1040 or FDK 9mm27/2500
18	1	U1 MP1010
19	1	F1 FUSE 2A 32V