

## LED 照明用高力率コンバータ

(読んでほしい人：パワエレ初心者)

2015/3/24 舞鶴高専 平地克也

ここ 2,3 年の間に LED 照明が急速に普及しています。すでに新築住宅の照明はほとんど LED になったようです。リモコンで色と明るさを自由に調整できる機種もあり、実際に使ってみるとちょっと感動します。少々高くても LED を買ってしまいます。LED 照明には高力率コンバータ (PFC コンバータ) が必要ですが、LED 照明用ドライバー IC と称して様々な種類の高力率コンバータ制御 IC が市販されています。いずれ少数の有力な方式に収れんすると思いますが、当面は多数のメーカーの開発競争が続きそうです。

### 高力率コンバータの回路方式と制御方式

家庭用など商用電源を使用する照明用電源には高調波規格のクラス C が適用され、高力率コンバータが必要となります。高力率コンバータにはいろんな回路方式がありますが、全波整流回路にチョップパ回路を接続した回路構成が基本になります。チョップパ回路は昇圧チョップパ、昇降圧チョップパ、降圧チョップパの 3 種類が定番回路ですが、図 1 に示すように 3 種類全て高力率コンバータを構成することができます。

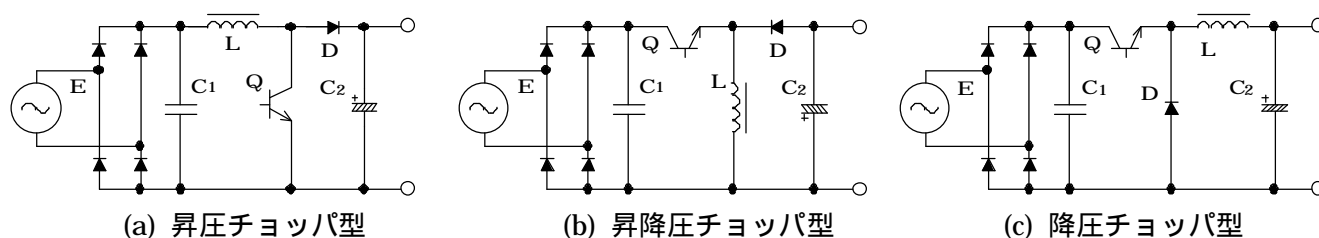


図 1 高力率コンバータの基本回路

高力率コンバータではリアクトルの電流を適切に制御することにより入力電流を正弦波にしますが、リアクトル電流の制御には図 2 に示すように 3 種類の方法があります。(a)はリアクトル電流  $i_L$  が連続波形なので連続モード制御、(b)は  $i_L$  が 1 サイクル毎に 0A の期間があるので不連続モード制御、(c)は(a)と(b)の境界なので境界モード制御 (または臨界モード制御) といいます。

図 1 に示した 3 つの回路方式と図 2 に示した 3 つの制御方式の対応関係を表 1 に示します。昇圧チョップパ型を連続モードで制御する方法は最も広く用いられており入力電流を歪のない完全な正弦波に制御することができます。昇圧チョップパ型は境界モードでも完全な正弦波に制御できます。不連続モードでは完全な正弦波に制御することはできませんが、高調波規格をクリアする程度の正弦波に近い波形に制御することはできます。昇降圧チョップパ型では不連続モードまたは境界モードが用いられ、不連続モードなら完全な正弦波に制御できます。降圧チョップパ型でも不連続モードまたは境界モードが用いられ、共に規格をクリアする程度の高調波抑制は可能です。

それぞれの組み合わせにはそれぞれ長所と短所があり用途に応じて最適の組み合わせを選択する必要があります。現在市販されている LED 照明用高力率コンバータ制御 IC を調べてみましたが、

と の全ての組み合わせについて多数のメーカーから多数の制御 IC が市販されています。昇降圧チョッパ型はリアクトル L を図 3 のように変圧器 TR に置き換えて変圧器の励磁インダクタンスを使用することにより容易に絶縁型の高力率コンバータを構成することができますが、この方式の専用制御 IC も LED 照明用として多数市販されています。

なお、高力率コンバータについてはこれまでに平地研究室技術メモで詳しく解説してありますので参照下さい (文献[1] ~ [5])。

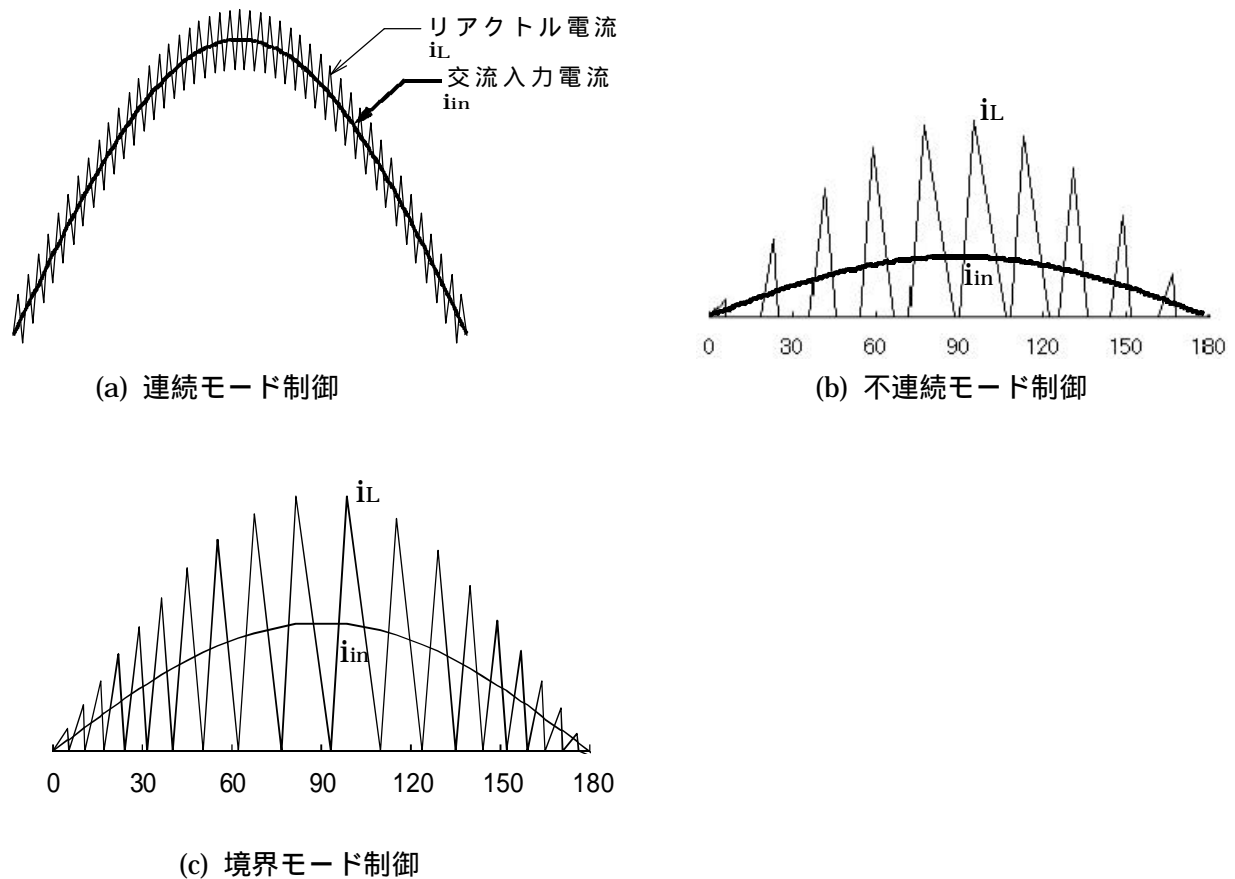


図 2 高力率コンバータのリアクトル電流制御方法

表 1 回路方式と制御方式の対応

	昇圧チョッパ型	昇降圧チョッパ型	降圧チョッパ型
連続モード制御		×	×
不連続モード制御			
境界モード制御			

：入力電流を完全な正弦波に制御可能

：高調波規格をクリアする程度に制御可能

×：通常は使用しない

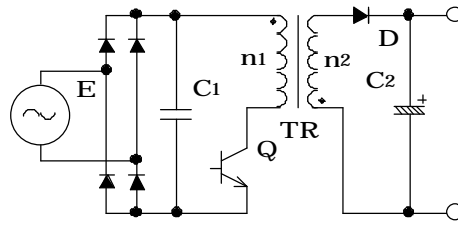


図3 絶縁型昇降圧方式高力率コンバータ（フライバックトランス方式）

### LED 照明用高力率コンバータの特徴

LED 照明用高力率コンバータにはいくつかの重要な特徴があります。次の4項目にまとめます。

容量が小さい場合が多い：大部分は数 10W 以下です。容量の大きな高力率コンバータでは連続モード制御が使われますが、数 10W なら連続モード、不連続モード、境界モード全て使用できます。

あまり高度な高調波抑制機能は要求されない：高調波規格のクラス C さえクリアすれば OK なので、例えば第 3 高調波は含有率 30% まで許容されます。入力容量が 25W 以下ならもっと大きな高調波が許容されます。よって、他の用途ではあまり用いられない降圧チョッパ型も照明用では用いられます。

必ずしも絶縁が要求されない：照明装置はパソコンなどの OA 機器とは異なり活電部の露出を完全に防ぐことができるので変圧器のない回路でも OK です。

要求される出力電圧が比較的低い：一般に高力率コンバータは昇圧チョッパ型が最も広く用いられていますが、照明用で昇圧チョッパ型を使うと図 4 のような回路構成になります。昇圧チョッパ型高力率コンバータの出力電圧  $V_2$  は入力電圧  $V_1$  のピーク値以上の電圧となります<sup>[4]</sup>。LED 照明では LED を多数直列接続して使用しますが、LED 1 つあたりの電圧は低いので LED に必要な電圧  $V_3$  は  $V_2$  よりもかなり低い電圧となります。そこで図 4 のように DC/DC コンバータを用いて電圧を下げる必要があり 2 段構成となります。昇降圧チョッパ型、または降圧チョッパ型なら図 5 のように 1 段構成で OK です。

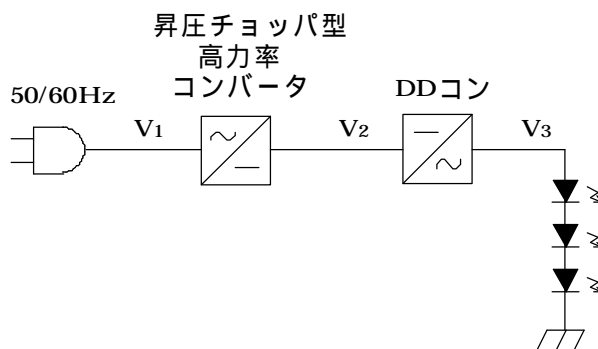


図4 昇圧チョッパ型の場合

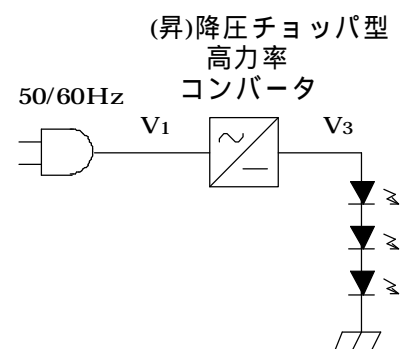


図5 (昇)降圧チョッパ型の場合

### リアクトル電流不連続モードのソフトスイッチング

リアクトル電流連続モードの場合はチョッパ回路のソフトスイッチングを実現するには補助回路が必要となり複雑な回路構成となりますが（例えば文献[7]）、リアクトル電流不連続モードの場合は

簡単にソフトスイッチングを実現することができます。図6に昇降圧チョップ回路の場合の例を示します。図6において  $D1D2$  はそれぞれ  $Q1Q2$  の寄生ダイオードです。通常の昇降圧チョップでは  $Q2$  の所にダイオードを用いますが、この回路では FET を使います。  $C1$  は  $Q1$  の出力容量にスナバ容量を加算したものです。  $C2$  は  $Q2$  の出力容量です。図7にリアクトル  $L1$  電流  $iL$  の波形を示します。各 Mode の動作は以下の通りです。

- Mode 1  $Q1$  が ON しており、  $L1$  にエネルギーを蓄積。この状態で  $Q1$  が ZVS でターンオフ。
- Mode 2  $Q1$  がターンオフすると図の経路で  $C1C2$  が充放電される。
- Mode 3  $C2$  の放電が完了すると  $D2$  が導通、  $L1$  のエネルギーが負荷側に伝達される。この状態で  $Q2$  が ZVS でターンオン。  $L1$  電流は徐々に減少する。
- Mode 4  $L1$  電流がさらに減少して負に転じる。
- Mode 5  $L1$  電流が負の状態では  $Q2$  をターンオフさせると図の経路で  $C1C2$  が充放電される。
- Mode 6  $C1$  の放電が完了すると  $D1$  が導通する。この状態で  $Q1$  を ZVS でターンオンさせる。やがて電流が反転し、 Mode 1 の状態に戻る。

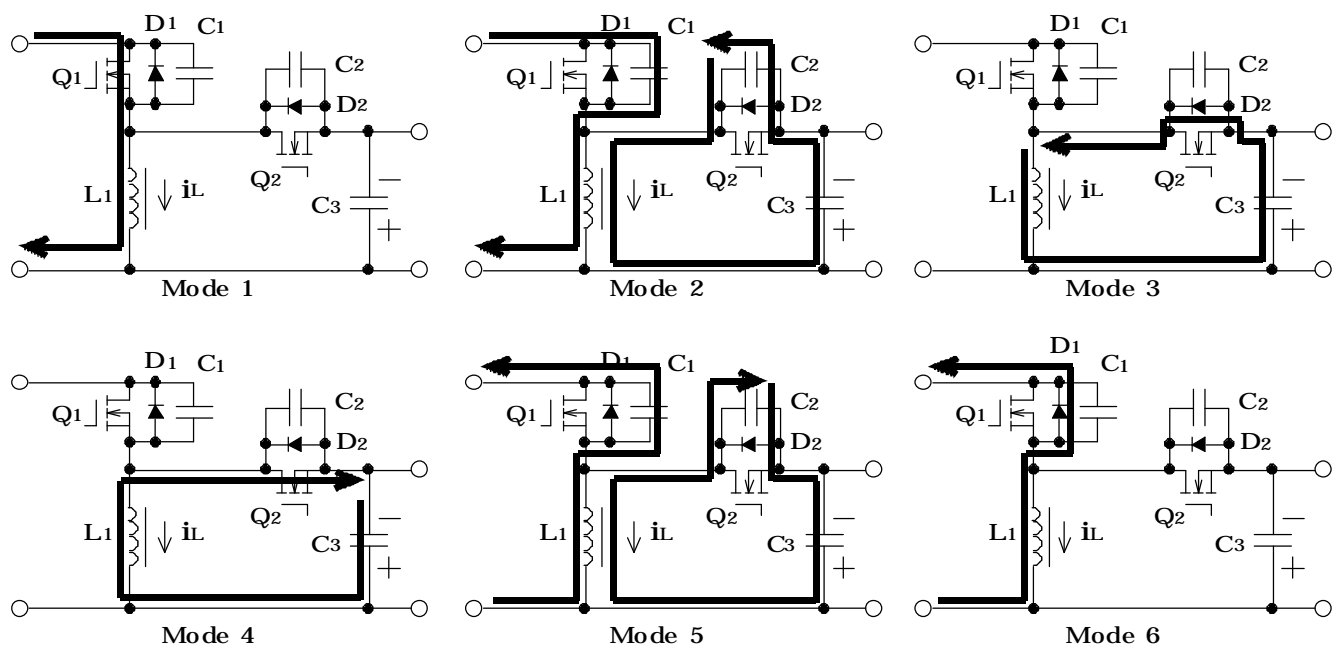


図6 不連続モード昇降圧チョップのソフトスイッチングの原理

図6図7の方法でソフトスイッチングを実現したLED照明用昇降圧チョップ型高力率コンバータの制御ICをリコー電子デバイス(株)が開発しておられるので参考に最終頁に示します。

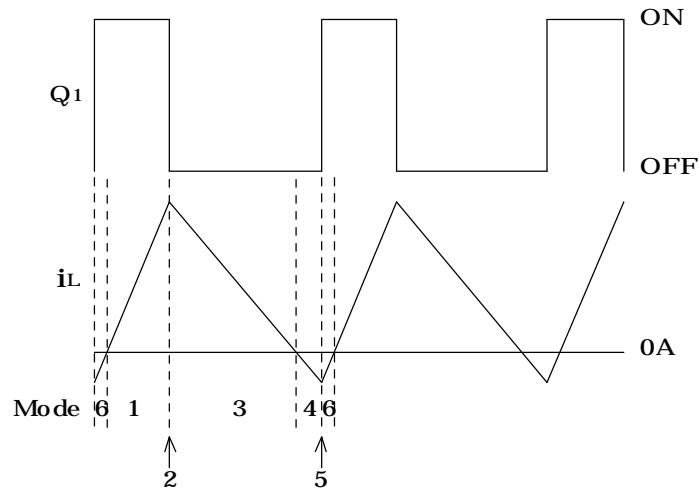


図7 Q1のON/OFFのタイムチャートとリアクトル電流  $i_L$  波形

### 参考文献

- [1] 平地克也、「昇圧チョッパ型高力率コンバータの動作原理」、平地研究室技術メモ No.20070415
- [2] 平地克也、「高力率コンバータの制御回路」、平地研究室技術メモ No.20091130
- [3] 平地克也、「高力率コンバータの主回路の設計方法」、平地研究室技術メモ No.20091231
- [4] 平地克也、「昇圧チョッパ型高力率コンバータのリアクトル電流不連続モード制御」、平地研究室技術メモ No.20120531
- [5] 平地克也、「昇降圧チョッパ型高力率コンバータ」、平地研究室技術メモ No.20120626
- [6] 平地克也、「リアクトル電流不連続モード制御高力率コンバータの研究開発動向」、平地研究室技術メモ No.20120731
- [7] 谷口、吉川、平地、「昇圧チョッパ装置」、特許第 3328331 号

# R1700 ZVS PFC LEDドライバコントローラIC

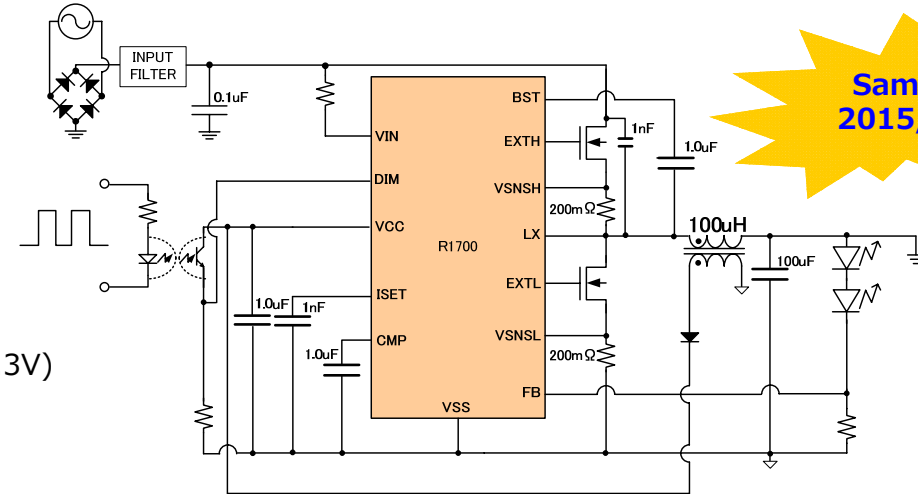
## FEATURES

[TBD]

- ZVS PFC LED ドライバコントローラ
- 入力電圧範囲 8V~650V
- 700V耐圧スタートアップレギュレータ出力電圧 9~10V
- ハイサイド制限電流閾値 TYP. VSNSH=1.2V
- ローサイド逆流制限電流閾値 TYP. VSNSL=100mV
- フィードバック電圧精度 0.8V±12mV
- 誤差増幅器オフセット電圧 ±12mV
- PWM調光機能内蔵 5%~100%
- 保護機能
  - ✓ 低電圧誤動作防止機能 (VCC\_UVLO 検出電圧 Typ.7.0V BST\_UVLO検出電圧 Typ.6.3V)
  - ✓ サーマルシャットダウン回路内蔵(検出温度150℃)
  - ✓ 過電圧保護機能(OVLO検出電圧Typ.21V)
  - ✓ 積分型ラッチ保護回路内蔵(CMP端子OVP × 8cycle)

## 基本回路例

ZVS PFC LEDドライバコントローラIC(R1700)

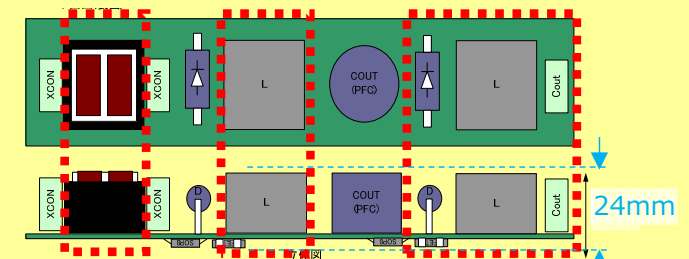


## 電源モジュール概略図

電源モジュール  
薄型化&小型化

高さ従来比: 50%ダウン  
体積従来比: 70%ダウン

39 x 260 x 24mm=243360mm<sup>3</sup>



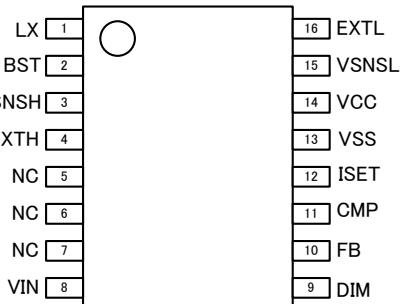
小型化 小型化 削減  
55mm×106mm×12.5mm=72875mm<sup>3</sup>



コイルのカスタム化でモジュール体積は更に削減可能

12.5mm

## PACKAGE (Top View) SSOP16



## スイッチング波形

スイッチングノイズレスの共振制御で周波数を高くし、周辺部品薄型/小型化、低EMIを実現

500kHzまでSWロス無しで動作可能 (従来品は、20-100kHz)

