

## 絶縁型 SEPIC コンバータ

(読んでほしい人：パワエレ初心者)

2012/1/30 舞鶴高専 平地克也

### SEPIC コンバータの絶縁化

前回の技術メモ(平地研究室技術メモ No.20111229)で SEPIC コンバータを紹介したが、今回は絶縁型の SEPIC コンバータを紹介する。よく知られているように図 1 の昇降圧チョップはリアクトル  $L1$  を変圧器に置き換えれば図 3 のように絶縁型とすることができる。図 3 はフライバックコンバータや ON/OFF 型コンバータとも呼ばれており、広く使用されている。同様に図 2 の SEPIC コンバータも図 4 のように  $L2$  を変圧器に置き換えれば絶縁型とすることができる。入力電流波形が連続になることを利用して太陽電池や燃料電池の絶縁と昇降圧に有力な候補となるだろう。本稿では絶縁型 SEPIC コンバータの動作原理と試作機試験結果を報告する。以下の説明に使用する電圧と電流の記号と極性は図 5 による。

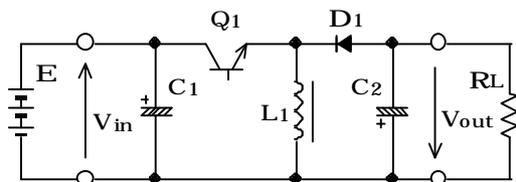


図 1 昇降圧チョップ

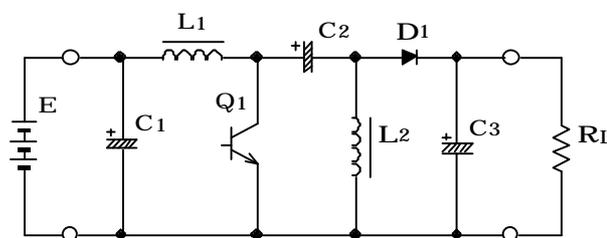


図 2 SEPICコンバータ

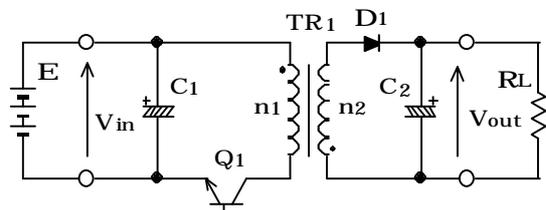


図 3 絶縁型昇降圧チョップ  
(フライバックコンバータ)

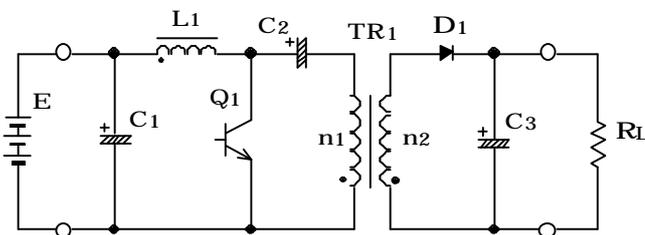


図 4 絶縁型SEPICコンバータ

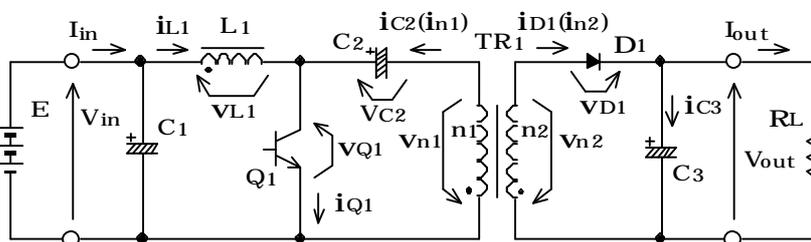


図 5 絶縁型 SEPIC コンバータ各部の電圧と電流の記号と極性

### 絶縁型 SEPIC コンバータの動作原理

図 6 に絶縁型 SEPIC コンバータの電流経路を示す。非絶縁型と比較すれば理解し易いので両者を並べて記載している。よく知られているように絶縁型昇降圧チョップ(フライバックコンバータ)では変圧器の励磁電流が重要な役割を果たす。同様に絶縁型 SEPIC コンバータでも変圧器の励磁電流

が重要な役割を果たす。図6では全ての電流を励磁電流と負荷電流(鉄心を励磁しない電流)に分けて記載している。励磁電流は点線、負荷電流は実線としている。非絶縁型におけるリアクトル  $L_2$  の機能を絶縁型では変圧器  $TR_1$  の励磁インダクタンスが果たしている。したがって絶縁型の励磁電流は非絶縁型の  $L_2$  電流と同じ性質の電流であり、図6では  $L_2$  の電流も励磁電流として点線で記載している。なお、リアクトルの電流は普通は励磁電流とは言わないが、鉄心を励磁している電流であることには違いないので励磁電流と呼んでも間違いではないと思う[1]。

[1] 平地克也、「励磁電流の重要な性質」、平地研究室技術メモ No.20100817

< Q1 が ON 時の動作 >

非絶縁型、絶縁型共に  $L_1$  に入力電圧  $V_{in}$  が印加され  $L_1$  電流  $i_{L1}$  が増加し、エネルギーが蓄積される。同時に非絶縁型では  $L_2$  に  $C_2$  電圧が印加されてエネルギーが蓄積されるが、絶縁型では変圧器  $TR_1$  の  $n_1$  巻線に  $C_2$  電圧が印加されて励磁電流が増加し、励磁インダクタンスにエネルギーが蓄積される。

< Q1 が OFF 時の動作 >

非絶縁型では  $L_1$  と  $L_2$  の電流が共に  $C_3$  に流れ、両者のエネルギーが負荷に伝達される。絶縁型では  $L_1$  の電流はトランス  $TR_1$  を介して  $n_2$  巻線から  $C_3$  に流れる。非絶縁型の  $L_2$  電流に相当する  $TR_1$  の励磁電流も  $n_2$  巻線から  $C_3$  に流れる。これはフライバック型コンバータ(図3)においてトランジスタ  $Q_1$  が OFF の時にトランスの励磁電流が  $n_2$  巻線から負荷側に供給されるのと同じ動作である。したがって  $Q_1$  が OFF の時は変圧器  $TR_1$  の 2 次巻線  $n_2$  には励磁電流と負荷電流の 2 種類の電流が同時に流れることになる。変圧器のこのような動作はあまり見られないものであり、絶縁型 SEPIC コンバータ特有の面白い現象である。

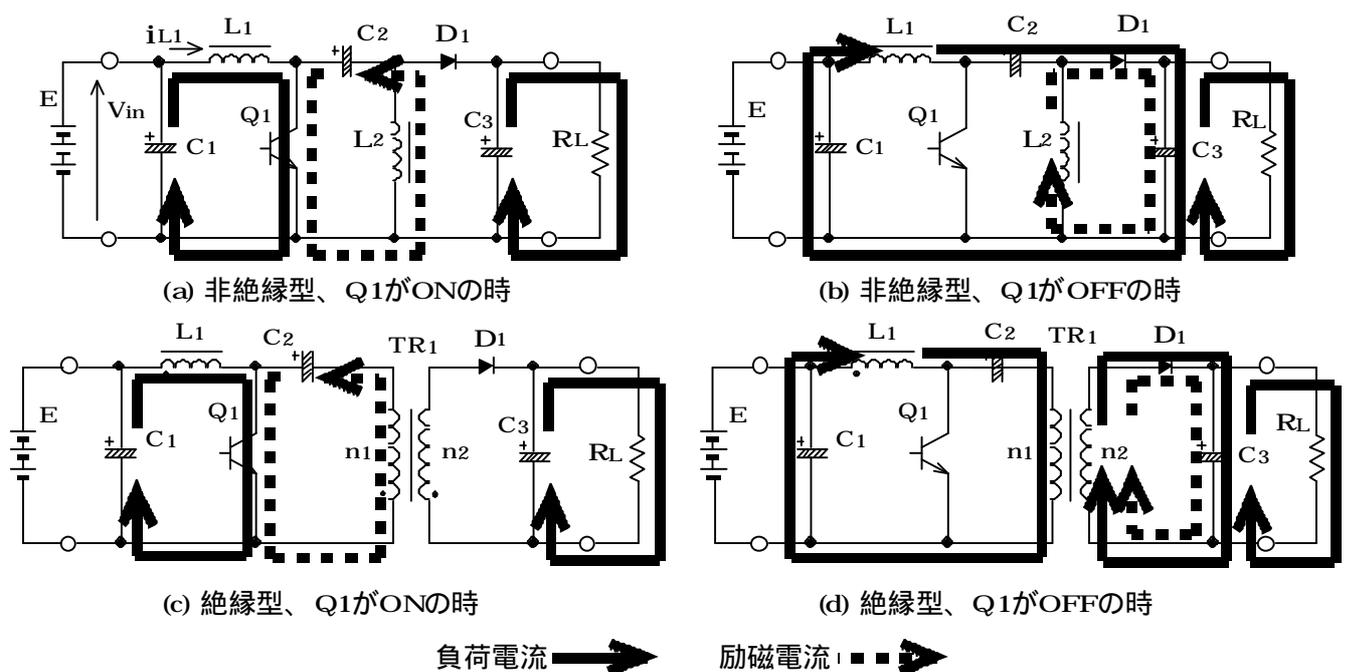


図6 SEPIC コンバータの電流経路

図7に絶縁型 SEPIC コンバータの理論波形を示す。波形も非絶縁型と比較すれば理解しやすいので両者を並べて記載している。

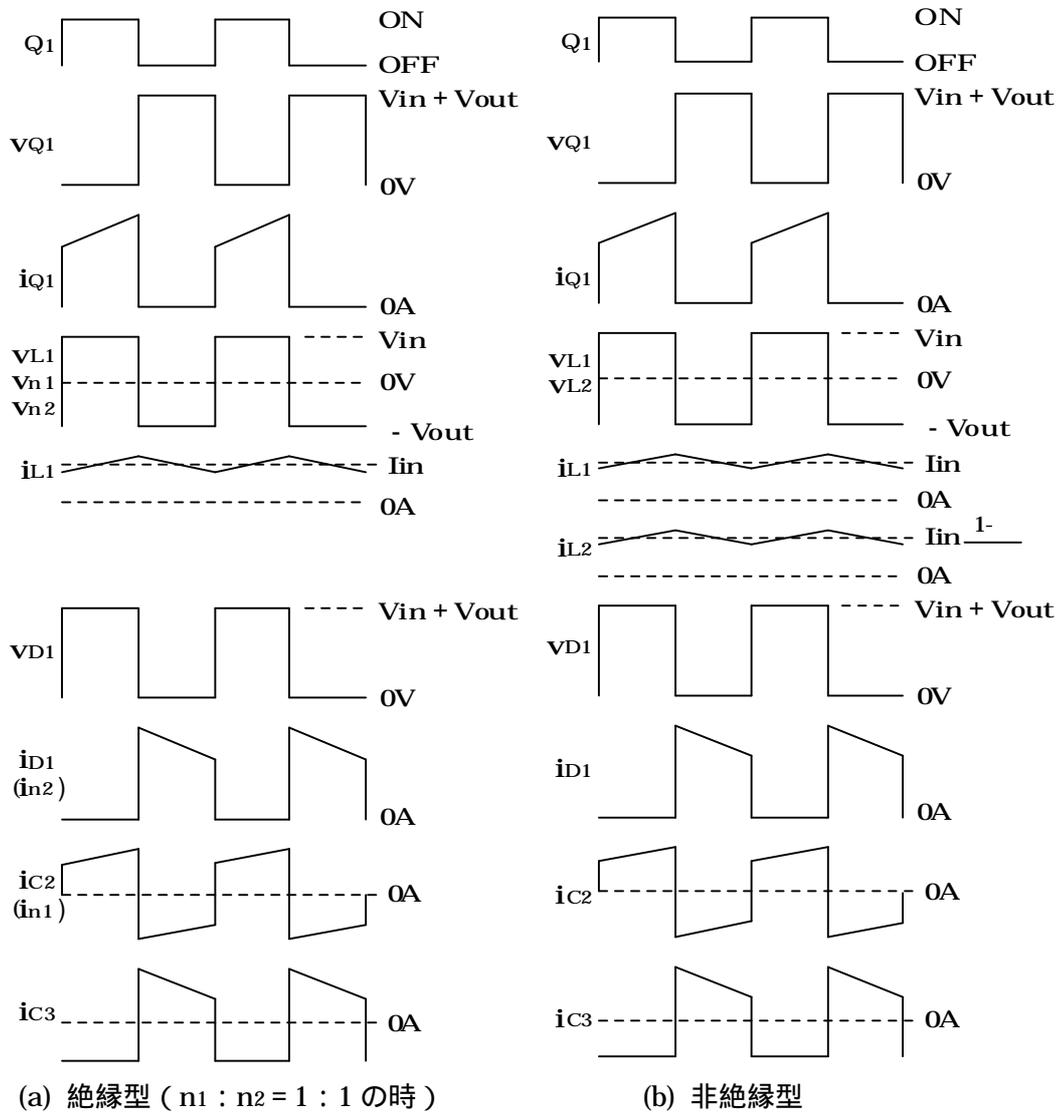


図7 SEPIC コンバータの理論波形

### 絶縁型 SEPIC コンバータの試作試験結果

入力電圧 12V、出力電流 0.1A ~ 2.0A の絶縁型 SEPIC コンバータを試作した。図 8 に通流率 / 出力電圧特性を示す。出力電圧の理論値は次の式で計算している。 は通流率、 $\frac{n_2}{n_1}$  は変圧比で試作機では 1 である。

$$V_{out} = V_{in} \frac{a}{1-a} \frac{n_2}{n_1}$$

図 9 に出力電流 / 出力電圧特性を示す。軽負荷時の出力電圧の跳ね上がりはリアクトル電流の不連続動作による。図 10 に回路各部の波形を示す。図 7 (a)の理論波形とよく一致している。

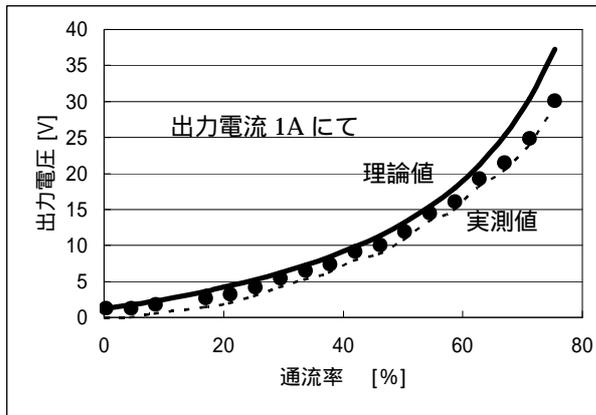


図 8 通流率 / 出力電圧特性

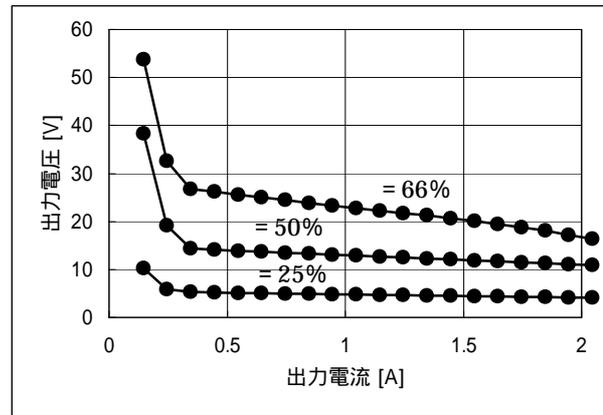
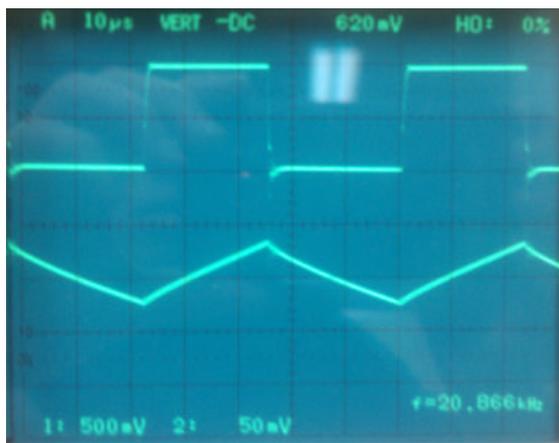
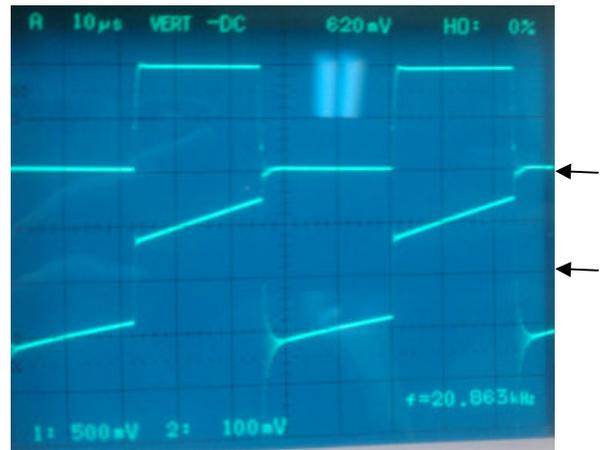


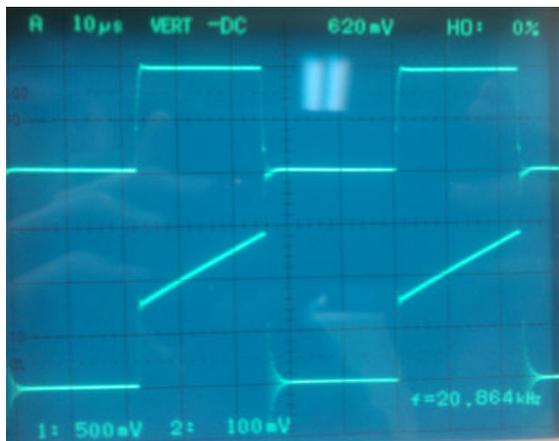
図 9 出力電流 / 出力電圧特性



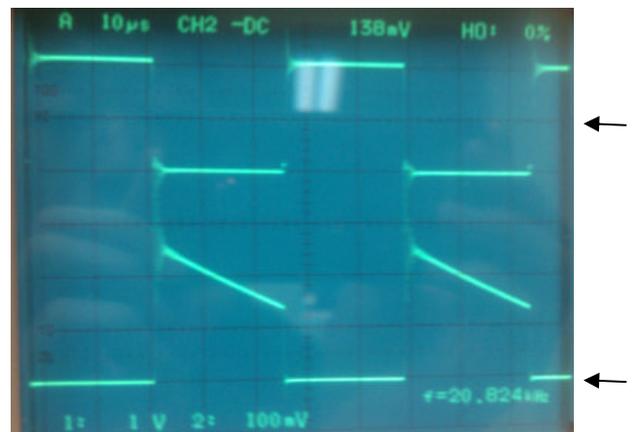
(上)  $v_g$  : 5V/div (下)  $i_{L1}$  : 0.5A/div  
 $v_g$  は Q1(FET を使用)のゲート電圧



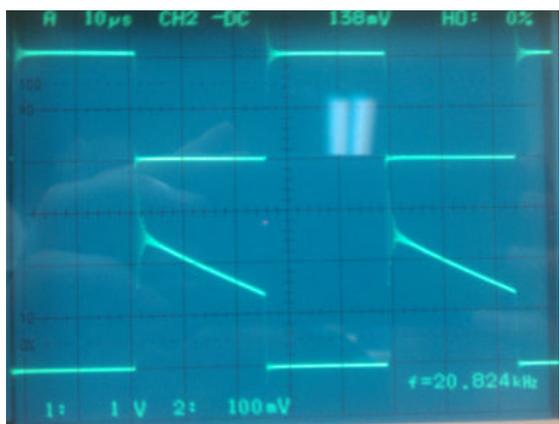
(上)  $v_g$  : 5V/div (下)  $i_{c2}$  : 1A/div



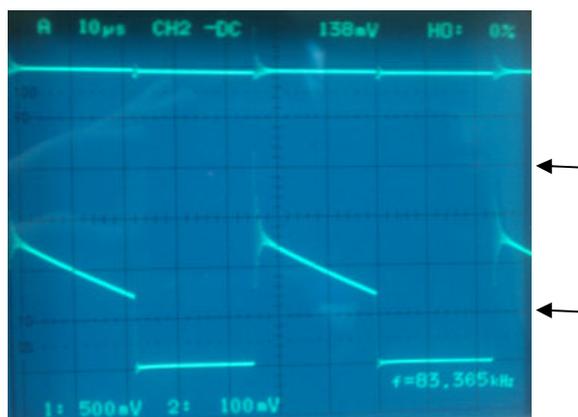
(上)  $v_g$  : 5V/div (下)  $i_{q1}$  : 1A/div



(上)  $v_{n2}$  : 10V/div (下)  $i_{n2}$  : 1A/div



(上)  $v_{D1}$  : 10V/div (下)  $i_{D1}$  : 1A/div



(上)  $V_{out}$  : 5V/div (下)  $i_{c3}$  : 1A/div

図 10 回路各部の波形 (10  $\mu$  sec/div) (矢印は 0V または 0A を示す) ( $I_{out} = 1A$  にて)

なお、本技術メモの内容は平地研究室 2011 年度卒研生長澤勇仁の研究成果による。

以上