

例題：昇圧コンバータ

目次

1	Spice	2
2	Octave	5
3	実験	5
4	周波数特性	6

1 Spice

LED 点灯回路

インダクタは電流を流しつづけようとする性質があるため、これを使うと昇圧することができる¹。図 1.1 は 1.5V の乾電池を昇圧することにより青色 LED を点灯する回路である²。下の波形は赤線がスイッチを駆動する波形、緑線がインダクタの電流、青線が LED にかかる電圧である。スイッチが ON(赤線 1V) のときは LED には電流は流れずインダクタの電流(緑線)はスイッチを通して流れることによりインダクタに磁束のエネルギーが蓄えられていく。スイッチが OFF になると、インダクタの電流は連続であるため、LED を通して放電され、磁束エネルギーは減少する。電流を流す結果として LED の両端の電圧は 10V 近くまで高くなっている。放電後はダイオードには 1.5V の電圧がかかる(青線)が、この間は LED は消えている。

- スwitchの周期やインダクタの値などを変化させて様子を見てみよう。

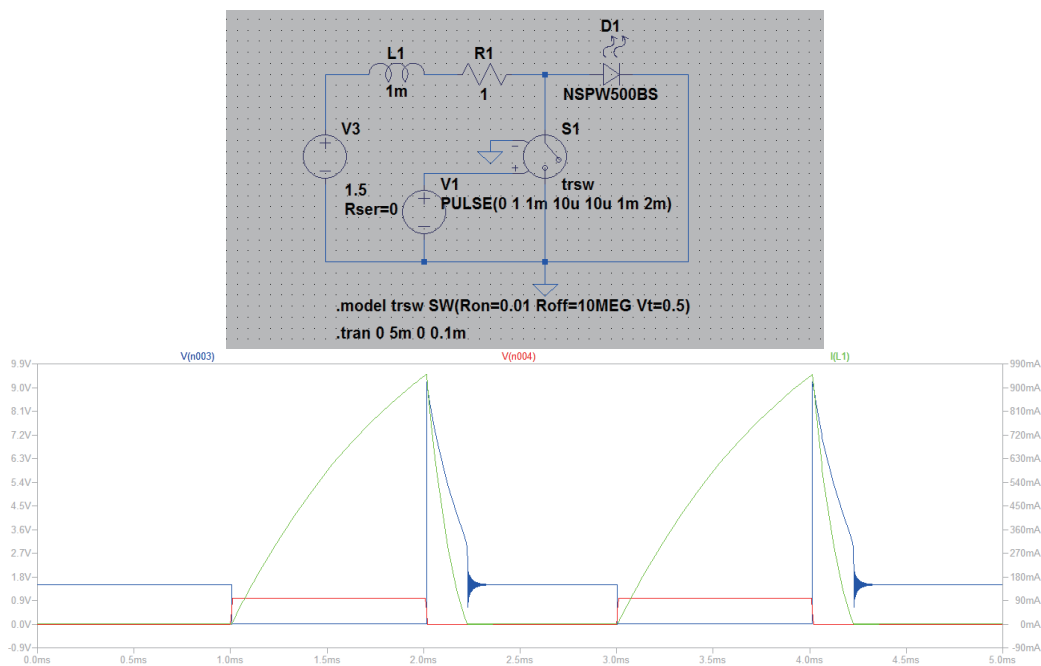


図 1.1: 昇圧による LED 点灯回路(スイッチの場合)

実際に回路を組む場合はスイッチとしてトランジスタを用いる。この場合の回路と応答を図 1.2 に示す。トランジスタに置き換えると充電時の電流が飽和している。

¹ インダクタに加えてトランジスタをスイッチとして使うことによって、電圧や電流を操ることができ、エネルギーを扱う回路の基本になっている。SiC や GaN などの半導体の進歩により良いスイッチの開発が進んでいる。

² 青色 LED の点灯には 1.5V よりも高い電圧が必要になる。

- スイッチの周期やインダクタの値などを変化させて様子を見てみよう。

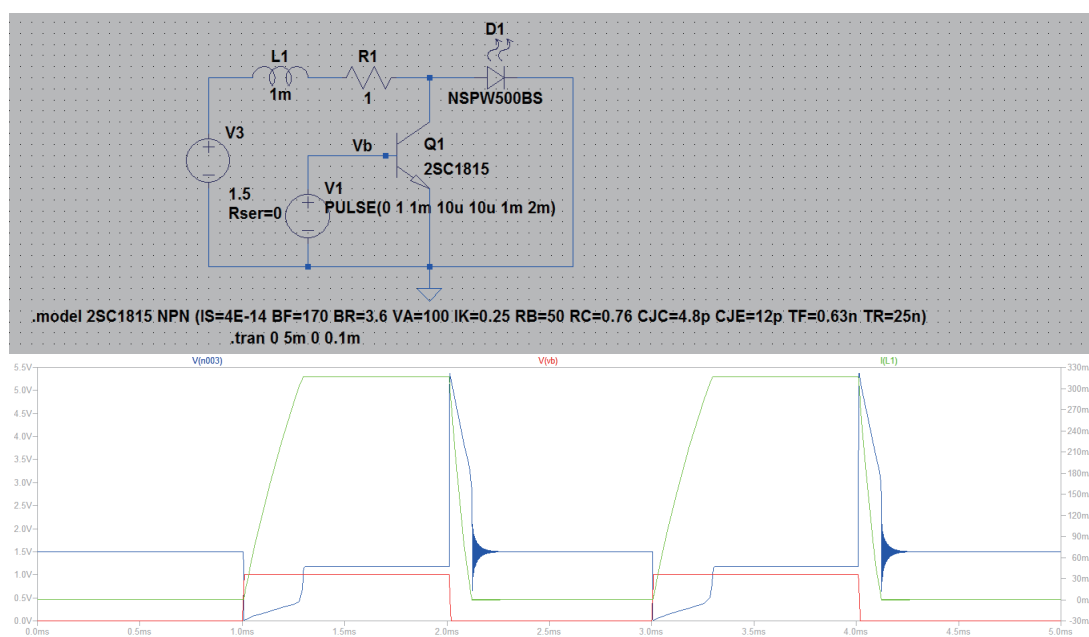


図 1.2: 昇圧による LED 点灯回路 (トランジスタの場合)

DC-DC コンバータ

昇圧して直流電圧を取り出す場合はダイオードの出力側にキャパシタを置いた図 1.3 のような回路で実現できる。出力電圧 (緑色) を見ると、リップルはあるが、徐々に 3V 程度まで充電されている。リップルは、スイッチが OFF の間はキャパシタに蓄えられた電荷が放電されるためである。インダクタ、キャパシタ、スイッチ周期などを適切な値にすると昇圧回路が設計できる。特に、スイッチの ON の時間と OFF の時間を変えてみると、電圧を調整できる³。

- 負荷抵抗を変化させて振る舞いを見てみよう。
- どの程度まで昇圧できるだろうか。

³矩形波の周期に対して High の状態の非を Duty Cycle と言うが myDAQ の Function Generator ではこれを調節してやるとよい。

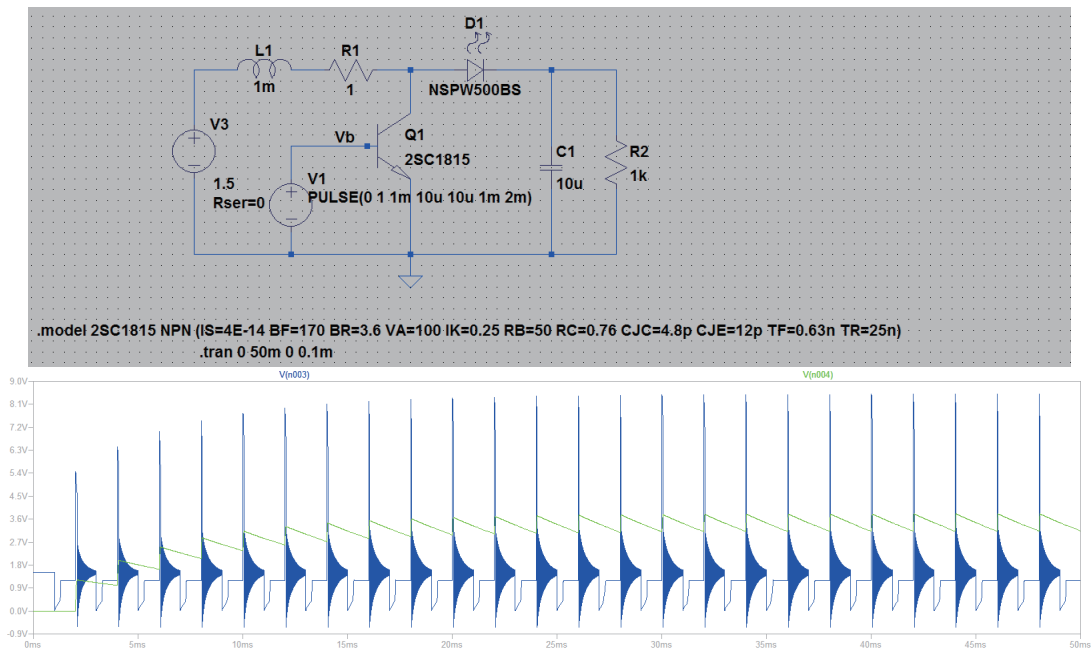


図 1.3: 昇圧 DC-DC コンバータ (LED 使用)

LED をダイオードに変更した回路が図 1.4 である。ダイオードの特性により波形の違いが確認できる。また、キャパシタの電圧を横軸に、インダクタの電流を縦軸にとった相平面は図 1.4 下のようなになる。直列共振回路の場合と比較してみよう。

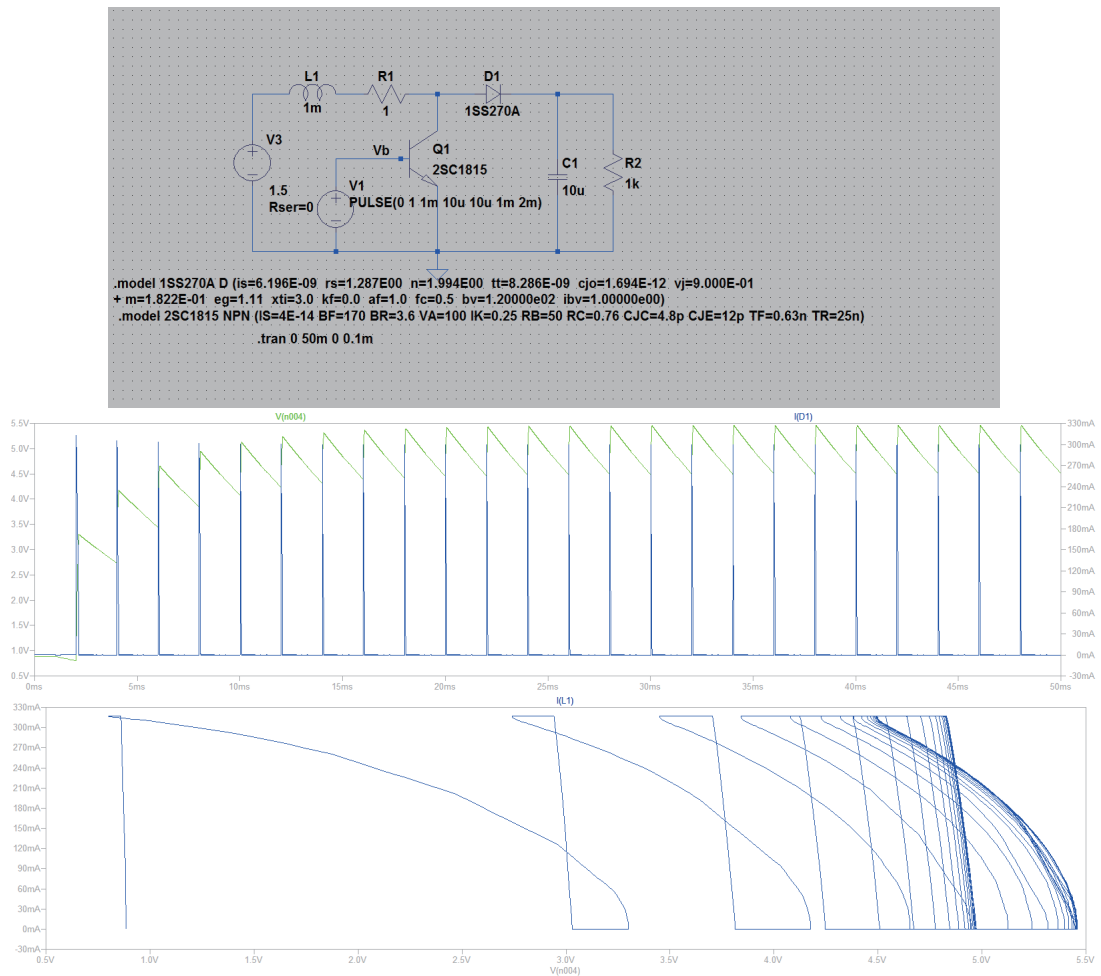


図 1.4: 昇圧 DC-DC コンバータ (ダイオード使用)

2 Octave

- スイッチ ON のときと OFF のときの 2 つの回路の微分方程式をそれぞれ導出してみよう。解を接続することで実際の現象が得られる。
- octave で微分方程式を数値的に解いてみよう。
- ベクトル場を描くことで相平面の様子を理解してみよう。

3 実験

図 1.2 の回路を用いて LED を点灯させる回路を動作させると次のような波形が得られる。

- 実際に試してみよう。
- 明るく点灯させるためにはどのようにすればよいか。

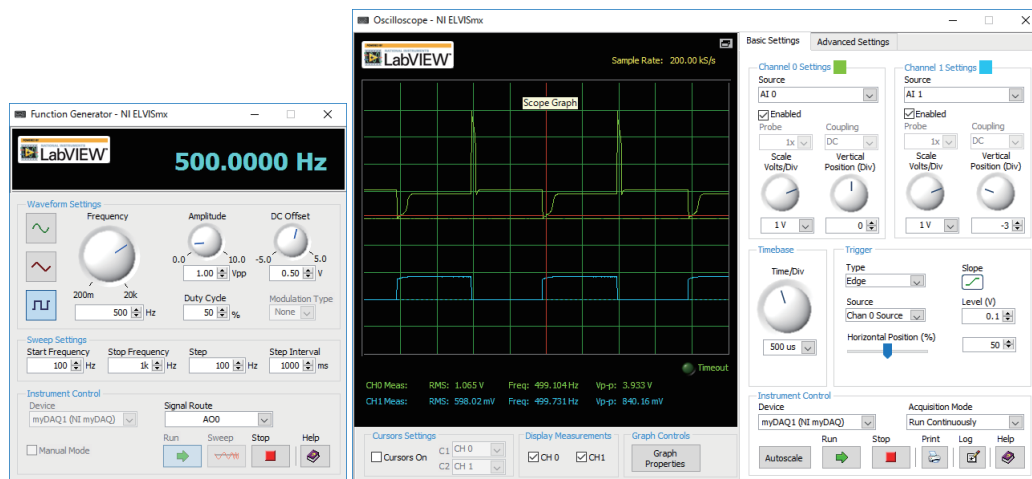


図 3.1: LED 点灯回路の実験

図 1.3 の回路を用いて DC-DC コンバータを動作させると次のような波形が得られる。

- どの程度まで昇圧できるだろうか。

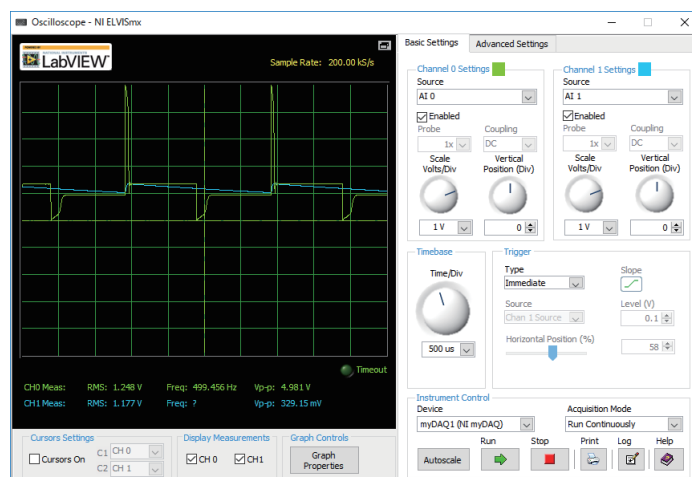


図 3.2: 昇圧 DC-DC コンバータの実験

4 周波数特性

- インダクタやキャパシタの大きさを変えたときの様子と LC 回路の周波数特性を比較して検討してみよう。

- myDAQ の Dynamic Signal Analyzer を用いて DC-DC コンバータの出力の周波数成分を見てみよう。高い周波数成分まで持つことが分かる。

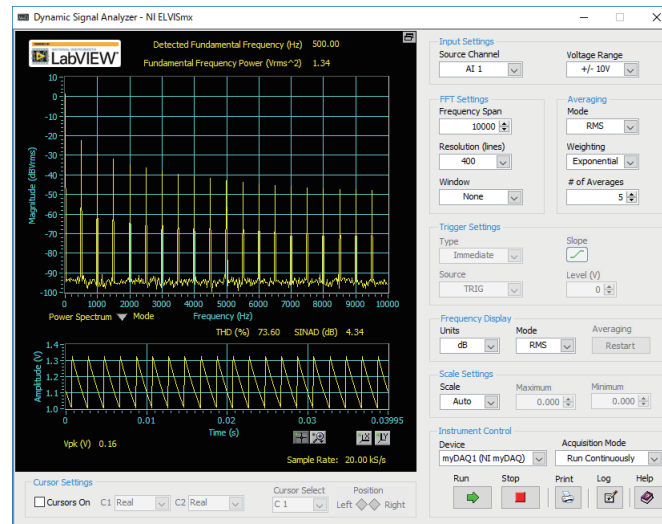


図 4.1: DC-DC コンバータ出力の周波数スペクトル (Dynamic Signal Analyzer)