

## 低ノイズ&高効率パワー回路の実験

# 8 1 MHz/5 W 出力 Eクラス・パワー・アンプの製作

稲葉 保  
Tamotsu Inaba

今回は、EクラスZVS回路の特徴を活かした応用として、超音波振動子 PZT(写真8-1)を駆動する出力5 Wのパワー・アンプを製作します。

写真8-2は、試作したパワー・アンプでPZTを接着した振動板を駆動し、水をたらしたときのようすです。約1 MHzで振動する振動板によって水が霧状に変化し、上に向かって勢い良く飛び出しています。これは、超音波美容機器(噴霧器)などに利用できます。

試作したEクラス・アンプの主な仕様は次のとおりです。

- スイッチング周波数  $f_{SW}$  : 1 MHz
- 出力電力  $P_{out}$  : 5 W
- 電源電圧  $V_{DD}$  : +12 V
- 負荷抵抗  $R_L$  : 10 ~ 25  $\Omega$  (負荷はPZT, テスト時は50  $\Omega$ の純抵抗)

写真8-3に試作した基板の外観を、図8-1に試作した回路を示します。

## 基本設計

### インピーダンス変換回路の必要性

#### ● 使用したPZTの電気的特性

図8-2にPZTの等価回路を示します。水晶振動子と類似な電気的特性をもっています。直列共振周波数



写真8-1 PZTを取り付けた振動板の外観

では、コイル  $L_1$  とコンデンサ  $C_1$  がいないのと同じ状態になり、この等価回路は、抵抗  $R_1$  と並列コンデンサ  $C_0$  の並列回路で表せます。

図8-3(a)に、無負荷(振動板+振動子単独)状態でのインピーダンス周波数特性を、図8-3(b)に、負荷時(水に浸したとき)のインピーダンス特性を示します。参考のため、図中に等価回路の定数を示しました。

使用したPZTは、水に浸すと、直列共振周波数での抵抗  $R_1$  が約25  $\Omega$  に増加します。  $R_1$  は負荷状態によって変動しますが、ここではこの25  $\Omega$  を負荷時のPZTの抵抗値と考えて製作します。

#### ● インピーダンス変換回路が必要

上記のとおり出力電力  $P_{out}$  と電源電圧  $V_{DD}$  が決まっているため、負荷抵抗  $R_L$  は次のように自動的に決まります。

$$R_L = 0.5678 V_{DD}^2 \div P_{out} \approx 16.35 \Omega$$

負荷抵抗  $R_L$  は、測定した  $R_1$  が約25  $\Omega$  なので、インピーダンス変換回路を付加して、先に計算した負荷抵抗と整合させる必要があります。

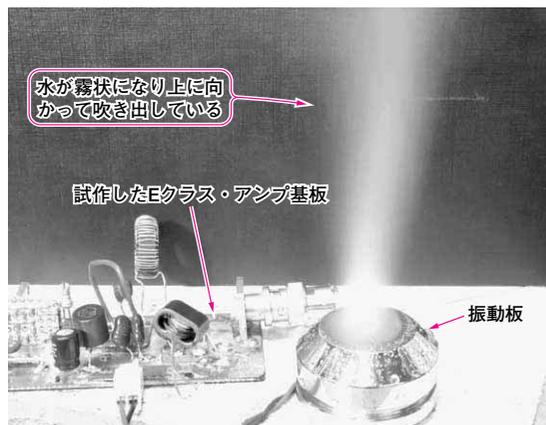


写真8-2 PZTを接着した振動板(写真8-1)を試作パワー・アンプで駆動し水をたらしたときのようす霧状になった水が上に向かって勢い良く飛び出している

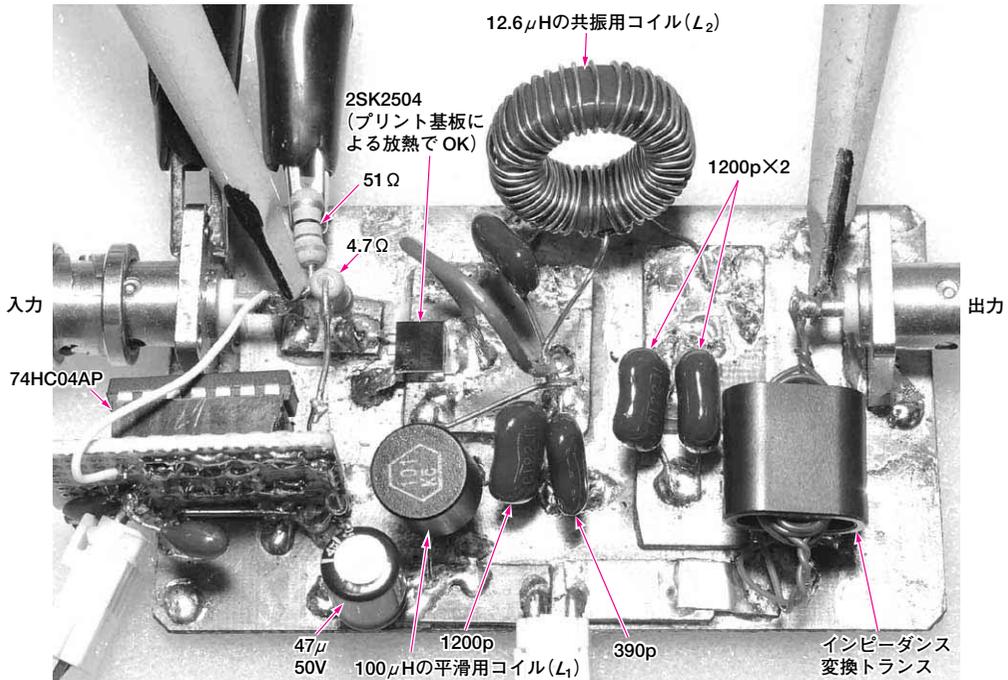


写真8-3 試作したEクラス・パワー・アンプ基板(出力5W, スイッチング周波数1MHz, 効率92%)

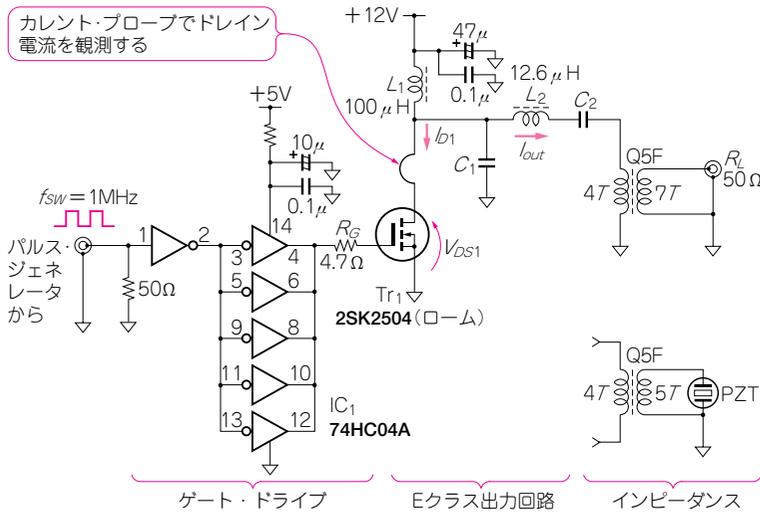


図8-1 試作したPZT駆動用Eクラス・パワー・アンプ(出力5W, スイッチング周波数1MHz, 効率92%)

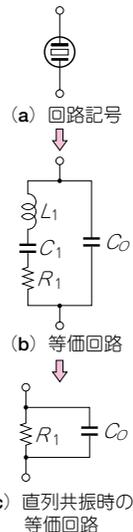


図8-2 PZTの等価回路

Eクラス・アンプは、実際の負荷抵抗が、設計時に想定した負荷抵抗と異なると正しくZVS動作しません。インピーダンス変換回路が必要です。

### ■ パワー MOSFET の選択

直流電源電流  $I_{DC}$  は次式から 0.42 A です。

$$I_{DC} = \frac{0.5678 V_{DD}}{R_L} \approx 0.42 \text{ A}$$

最大ドレイン-ソース間電圧  $V_{DSmax}$  は次式から 42.8 V です。

$$V_{DSmax} = 3.562 V_{DD} \approx 42.8 \text{ V}_{peak}$$

最大ドレイン電流  $I_{Dmax}$  は次式から 1.193 A です。

$$I_{Dmax} = 2.862 I_{DC} = 1.193 \text{ A}_{peak}$$

