

わかる!! アナログ回路教室

21 弛張発振回路の設計(最終回)

馬場 清太郎
Seitaro Baba

● 弛張発振回路とは…振幅が時間の関数で表される発振波形を出力する

前回までは、正弦波に対する回路の応答や正弦波の発生について説明してきましたが、正弦波以外にも方形波、三角波、のこぎり波など有用な波形があります。

これらの波形に共通していることは、**振幅が時間の関数になっている**ということです。このような波形を**時間関数波形**、または単に**関数波形**と呼びます。

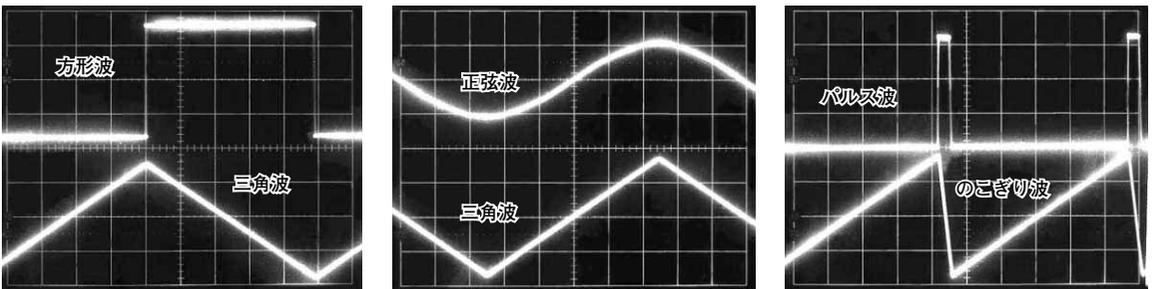
今回は、この時間関数を発生させる回路である弛張発振回路の設計と実験をします。写真21-1に示すのは、実際の回路で発生させた波形です。方形波、三角波、正弦波、パルス波、のこぎり波の5種類の信号が観測されています。そのほかにも、各種の波形を出

力する回路もあります。

弛張発振回路のあらまし

● “H”/“L”の状態記憶回路と時定数回路で作られる一定の角速度 ω_0 で振動している正弦波発振回路に対して、弛張発振回路は**回路の一部分の電圧(電流)が“H”と“L”のデジタル的な状態を交互に繰り返す**、ほかの部分の電圧(電流)がその状態に応じて**方向を変えて発振を持続**します。

弛張発振回路の回路例を図21-1に示します。二つの回路ブロック、すなわち、“H”と“L”の状態を検出して記憶するブロックと、時定数ブロックで構成さ



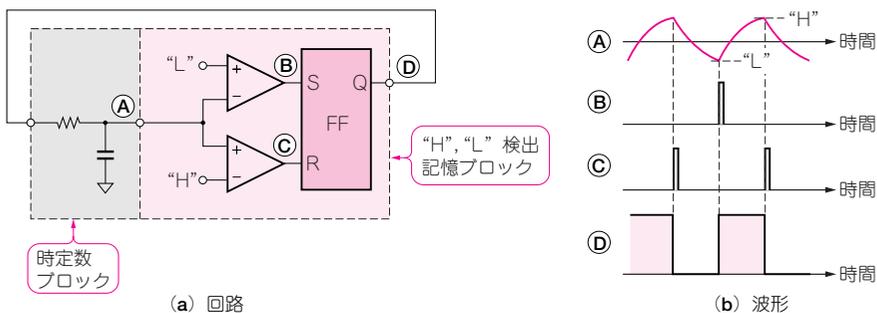
a) 方形波と三角波(図21-13の回路の出力)

b) 正弦波と三角波(図21-13の回路の出力)

c) パルス波とのこぎり波
[図21-14(a)の回路の出力]

〈写真 21-1〉 弛張発振回路の出力波形のいろいろ (1 kHz, 5 V/div., 0.1 ms/div.)

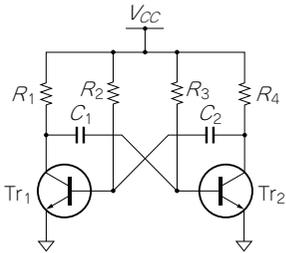
〈図 21-1〉 弛張発振回路の基本回路と動作



(a) 回路

(b) 波形

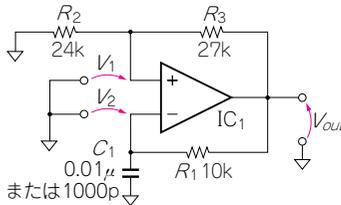
〈図 21-2〉マルチバイブレータの原型…この回路は電源電圧をゼロから徐々に上げていくと発振しない



発振周波数 f_0 は次式のとおりに、

$$f_0 \doteq \frac{1.44}{C_1 R_3 + C_2 R_2}$$

〈図 21-3〉ヒステリシス・コンパレータを使ったフリー・ラン・マルチ…トリガ信号なしで連続的に発振する



$$V_{1H} = \frac{R_2}{R_2 + R_3} V_{OH}$$

$$V_{1L} = \frac{R_2}{R_2 + R_3} V_{OL}$$

ヒステリシス幅 V_H は、

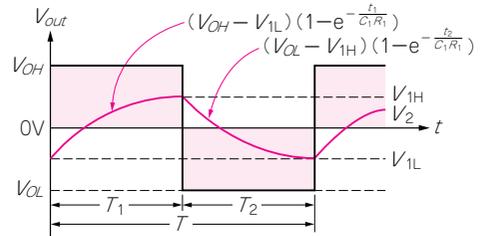
$$k = \frac{R_2}{R_2 + R_3}$$

とすると、

$$V_H = V_{1H} - V_{1L} = \frac{R_2}{R_2 + R_3} V_{out}$$

$$= k V_{out} \dots \dots \dots (21-1)$$

(a) 回路



簡単のため、
 $V_{1H} = |V_{1L}|, V_{OH} = |V_{OL}|$
 とすると、
 $T_1 = C_1 R_1 \ln \left(\frac{1+k}{1-k} \right) = T_2 \dots (21-2)$
 よって発振周波数 f_0 は、
 $f_0 = \frac{1}{2 C_1 R_1 \ln \left(\frac{1+k}{1-k} \right)} \dots \dots (21-3)$

(b) 入出力波形

〈表 21-1〉マルチバイブレータの種類

マルチバイブレータ	安定状態数	用途	入・出力波形	
フリー・ラン・マルチ (無安定マルチバイブレータ)	0	パルス発生、同期、分周	入力	なし
ワンショット・マルチ (単安定マルチバイブレータ)	1	パルス発生、遅延	入力	
フリップフロップ (双安定マルチバイブレータ)	2	パルス・カウント 記憶(レジスタ)	入力	
			出力	

れます。

時定数ブロックは、コンデンサと抵抗で構成される場合が多いのですが、インダクタと抵抗やディレイ・ライン(遅延線)などでも作ることができます。

● 周波数領域ではなく時間領域で動作を考える

弛張発振回路は、今まで説明してきた周波数領域ではなく、**時間領域で分析する必要があります**。

周波数領域の分析では、微分方程式をラプラス演算子 $s (= \sigma + j\omega)$ によって代数方程式に変換し、 σ を無視することにより、簡単に周波数特性を求めることができました。時間領域の分析では、 σ が主役ですが、ここで取り上げる弛張発振回路では、微分方程式とはいっても、コンデンサの充放電だけですから簡単です。

無安定マルチバイブレータ

■ マルチバイブレータとは

● 名前の由来とよく見る回路の欠点

弛張発振回路の代名詞ともいえるマルチバイブレータの原型は、アブラハムとブロッホにより 1918 年に考案され、マルチバイブレータと命名されました⁽¹⁾。

図 21-2 に示すのは、当時の真空管回路をそのままトランジスタに置き換えた回路です。この回路の欠点は、**電源電圧をゼロから徐々に上げていくと、 Tr_1 と Tr_2 がともに ON して発振しない**ことです。

ここでは、実際の回路設計に使用できる、必ず発振するマルチバイブレータを紹介しましょう。

