宮崎大学学術情報リポジトリ
University of Miyazaki Academic Repository

電圧-デューティー変換回路

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 宮崎大学工学部 公開日: 2020-06-21 キーワード (Ja): キーワード (En): A / D conversion, Op-amp, duty ratio, capacitor. 作成者: 那須, 雄介, 松本, 寛樹, Nasu, Yusuke メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10458/5572

電圧－デューティー変換回路

那須　雄介 a)・松本　寛樹 b)

Voltage-to-Duty Ratio Convertor

Yusuke NASU, Hiroki MATUMOTO

Abstract

In this paper, we describe an A / D conversion circuit for converting the duty ratio of a voltage from the Op-amp and resistor and capacitor. Converter operation is confirmed on SIMetrix.

Keywords: A / D conversion，Op-amp，duty ratio，capacitor.

1.序論

近年、あらゆるものがアナログからディジタルへの変換が必要とされている。2011 年 7 月 24 日にアナログ放送からディジタル放送に移行されたことは周知のことだと思う。ディジタル化が進んでいる理由としては、コンピューターや携帯電話など、利用者の多い機器の小型化、低電圧化、高密度情報化が集積回路の発達により進展しているためだ。現在も先進技術の発達により CMOS プロセスの微細化は格段に進んでおり、低消費電力化や高速化等の大きな恩恵を受けてディジタル回路の応用範囲はますます拡大し続けている。

今回提案するのは、能動素子である Op-amp、抵抗、コンデンサを用い、電圧をデューティ比に変換する AD 変換回路である[1]。ディジタル値に変換することで情報を「0」と「1」の 2 値のみで表現できるため、アナログ値に比べデータ化や演算処理がしやすくなる。

デューティ比は周期と比較したさいに、周期同士の割り算になっているため誤差を低減することが期待される。

用途としては PWM 制御に用いられる。PWM 制御とは一定の時間内でどの程度 High を出力するかをコントロールする制御方である。ﾓｰﾀｰの速度調整、LED の明るさの調整などに応用されている。

周期やデューティ比の測定は回路シミュレーションソフトSIMetrixで行った。

a)電気電子工学専攻大学院生
b)電気電子工学科准教授

2.従来回路

図 1 にコンパレータを用いた能動 RC-電圧/デューティー比変換回路図を示す。 Op-amp の利得は固定し、Comp はしきい電圧を 0[V]として Comp1 は入力電圧が正の時+V_{dd}[V]、負の時－V_{dd}[V]を出力する。また、Comp2 は入力電圧が正の時に－V_{dd}[V]、負の時＋V_{dd}[V]を出力する。コンデンサに初期電化を与えず Op-amp に電圧源 V_{in} を設置したことにより抵抗 R に流れる電流が

$$I = \frac{V_{dd} - V_{in}}{R} \qquad (1)$$

のように電圧源 V_{in} によって決定されるのがこの回路の特徴である。

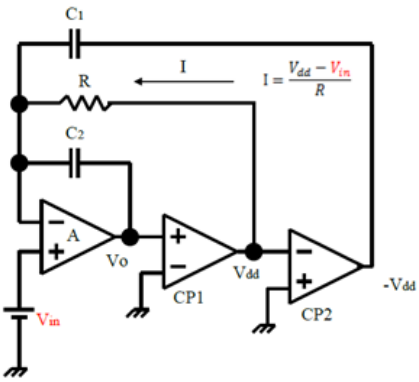

図 1 提案回路

また、提案回路の Op-amp の出力波形を図 2 に示す。

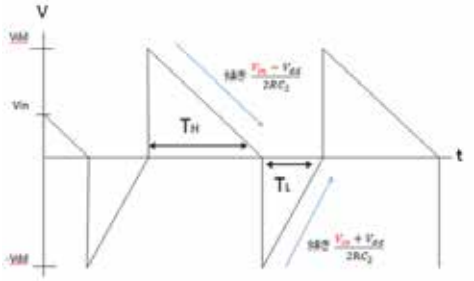

図 2Op-amp の出力波形

正のパルスが出ている期間を T_H、負のパルスが出ている期間を T_L とすると、それぞれの理論式は、

$$T_H = -2RC_2 \frac{V_{dd}}{V_{in} - V_{dd}} \tag{2}$$

$$T_L = 2RC_2 \frac{V_{dd}}{V_{in} - V_{dd}} \tag{3}$$

となる。

またデューティー比 D、周期 T は

$$D = \frac{T_H}{T_H + T_L} = \frac{1}{2}\left(1 + \frac{V_{in}}{V_{dd}}\right) \tag{4}$$

$$T = T_L + T_H = 4RC_2 \frac{1}{1 - \left(\frac{V_{in}}{V_{dd}}\right)^2} \tag{5}$$

となる。

デューティー比は容量 C_x の影響を受けず電圧源 V_{in} のみによって決定されるため誤差を低減することが期待できる。

入力電圧 Vin を±0.1、±0.25、±0.5、±0.75、±1.0、±1.25、±1.5、±1.75、±2.0[V]と変化させたときの入力電圧と周期およびデューティー比のグラフを図 3、図 4 に示す。

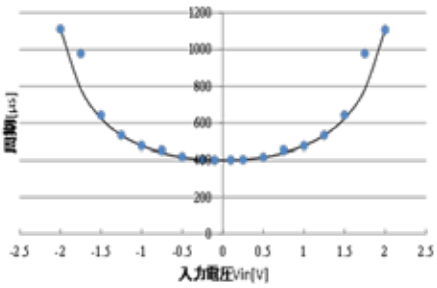

図 3,入力電圧と周期のグラフ

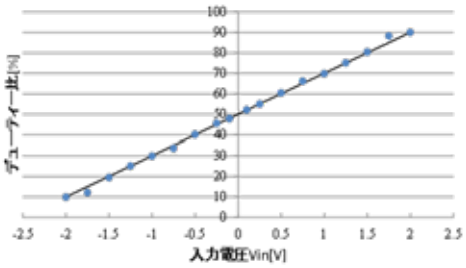

図 4　入力電圧とデューティー比のグラフ

図 3、図 4 ともに実線が計算によって得られた理論値、プロットしてある点がシミュレーションによって得られた値である。

誤差率が最大をとったのは周期、デューティー比ともに入力電圧 V_{in} が－1.75[V]のときで周期は 24.69%、デューティー比は 19.66%であった。また、最小の誤差をとったのは 0.1[V]の時、周期は 0.08%、デューティー比は 0.2%であった。

3.提案回路

3－1　　回路構成

提案回路を図 5 に示す。
コンパレータはしきい電圧を 0[V]とし、入力が正の電圧のとき+Vdd[V]を出力し入力が負の電圧のとき－ Vdd [V]を出力する。

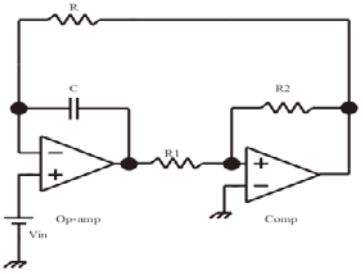

図 5　提案回路

3－2　　動作原理

入力電圧をVin、オペアンプの出力電圧をVoとする。オペアンプとコンパレータの出力波形を図6に示す。
コンパレータの出力電圧は+Vdd、抵抗Rに流れる電流Irはコンデンサ Cに流れる電流Icと等しくなるので、

$$I_R = I_C \tag{6}$$

$$I_R = \frac{V_{dd} - V_{in}}{R} \tag{7}$$

となる。

この時 Vo は Vo=Vin-Vc なので、

$$V_o = -\frac{1}{C}\int I_C dt + V_{in} \tag{8}$$

となり、これを解くと、

$$V_o = -\frac{1}{RC}(V_{dd} - V_{in})t + V_{in} + C \tag{9}$$

となる。

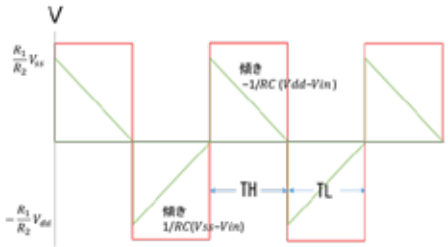

図 6 オペアンプとコンパレータの出力波形

図 6 より

$$T_H = \frac{R_1}{R_2}(V_{dd} + V_{ss}) \times \left| -\frac{RC}{V_{dd} - V_{in}} \right| = \frac{R_1 RC(V_{SS} + V_{dd})}{R_2(V_{dd} - V_{in})} \tag{10}$$

$$T_L = \frac{R_1}{R_2}(V_{dd} + V_{ss}) \times \frac{RC}{V_{ss} - V_{in}} = \frac{R_1 RC(V_{SS} + V_{dd})}{R_2(V_{ss} - V_{in})} \tag{11}$$

となり、デューティ比は

$$\mathrm{D} = \frac{V_{in} - V_{ss}}{V_{dd} - V_{ss}} \tag{12}$$

また、周期 T は

$$\mathrm{T} = \frac{R_1 RC}{R_2} \frac{(V_{dd} - V_{ss})^2}{(V_{dd} - V_{in})(V_{in} - V_{ss})} \tag{13}$$

が得られる。

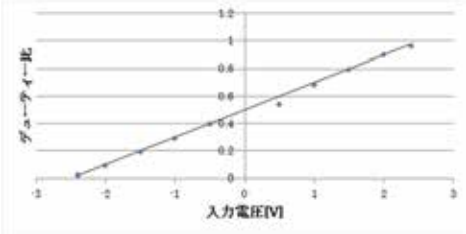

図 7　入力電圧とデューティー比のグラフ

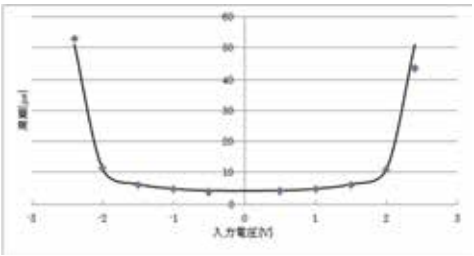

図 8　入力電圧と周期のグラフ

4.考察

今回の研究では電圧/デューティ比変換器を提案し、SIMetrix による回路解析を行った。実験により得た成果と改善点を述べる。今回の提案回路では、周期ではなくデューティー比を用いた理由はデューティー比は周期と比較したさいに、周期同士の割り算になっているため誤差を低減することが期待されるためである。実際に周期の最大の誤差率は、Vin＝2.4[V]のとき 14.4%でありデューティー比の最大の誤差は 9.81%であったことからもデューティー比が誤差を低減していることがわかる。

また、従来回路の入力電圧 V_{in} が－1.75[V]のときにとったデューティー比の最大の誤差率 19.66%と提案回路のデューティー比の最大の誤差 9.81%とを比較した際に誤差率を二分の一程度に低減していることがわかる。誤差を低減することができた理由としては提案回路を従来回路と比較した際に、コンデンサとコンパレータが 1 つずつ少ない回路構成になっているためであると考えられる。また、誤差が±2.4[V]付近で大きく出てしまう原因としては入力電圧 Vin がコンパレータの出力電圧±2.5[V]に近づきすぎると正のパルスが出ている期間 Th の傾きが 0 に近くなりコンパレータの反転動作がうまく行われないことが考えられる。

今後の課題としては、素子の設定値を変更し測定すること、利得の変化によるデューティー比の変化を試行することがあげられる。

参考文献

1)Y.Lin,etal,“Limitations of a Relaxation Oscillator in Capacitance Measurements”,IEEE Transactionon Instrumention and Measurement(vol49,No6,pp980-983 oct2000)

2)藤井　信生　著, ‘アナログ電子回路の基礎”,昭晃堂,2004

3) 杉本泰博著,よくわかるアナログ電子回路,オーム社, p.71-p.72,199