

概要

本キットは、デジタルポテンシオメータ (DP) 品番DPM-0302L (別売) の応用 (アプリケーション) 回路の一つで、マイクロチップ社単電源オペアンプMCP601の反転、非反転入力にそれぞれ2連のDPを使用した、プログラマブル利得差動オペアンプ 品番PDA-0305APユニットキット完成品です。

DPを使った差動OPアンプは、DPの R_w (ワイパー抵抗) が無視できることに加え、特性の揃った2連のDPを使うことによって精度が高く、温度特性の良いプログラマブルな利得差動アンプを実現できます。

差動OPアンプの反転、非反転入力に信号を入れると、ノイズなどの同相成分はキャンセルされ、両入力の差信号成分だけが増幅され出力されます。この特質から、差動OPアンプは、主にノイズなどの同相成分を除去するため、雑音が問題になるセンサー、マイクなどの微小信号増幅用アンプに使われます。また、オーディオアンプなどのプリアンプに利用すれば、利得をプログラマブルにすることができるようになり、アンプの温度特性等の改善にもつながります。

本キットはオーディオ信号 (交流) の入力を想定して回路を組んでありますが、直流入力への変更もジャンパーなどで簡単にできます (注2)。

デジタルポテンシオメータと共に、本キットを実験用又はプログラム開発用にご利用されることをお勧めします。

デジタルポテンシオメータ本体と、他の3種の応用回路例ユニットキットを用意しました。 (別売)

- 品番DPM-0302L
デジタルポテンシオメータ
- 品番 SVC-0303AP
プログラマブルステレオボリュームコントロールへの応用
- 品番 POP-0304AP
プログラマブル利得シングルエンドオペアンプへの応用
- 品番 LPF-0306AP
プログラマブルローパスフィルターへの応用

電気的特性

1. 交流特性 (オーディオ信号)

- ①最大入力電圧 3Vp-p (1.07Vrms) @ $V_{ss}=0V, V_{dd}=3V$
- ②周波数特性 10Hz~100KHz
- ③推奨利得範囲 0.1~10倍 (絶対利得V/V)
-20dB~-20dB (1倍80hを基準にしたとき)
- ④推奨コード入力範囲 26~233 @0.1~10V/V Bタイプ使用
- ⑤直流バイアス電圧 $V_{dd}/2$
- ⑥同相除去率 (CMRR) -52dB@入力: 1KHz, 正弦波, 100mVrms, $A_v = 1(80h)$
-56dB@入力: 100Hz, 正弦波, 100mVrms, $A_v = 1(80h)$

2. 直流特性 (注2)

- ①最大入力電圧 3V@ $V_{ss}=0V, V_{dd}=3V$
- ②周波数特性 0Hz~100KHz
- ③推奨利得範囲 0.1~10倍 (絶対利得V/V)
-20dB~-20dB (1倍80hを基準にしたとき)
- ④推奨コード入力範囲 26~233 @0.1~10V/V Bタイプ使用

デジタルポテンシオメータ (DP)
品番DPM-0302L (別売)

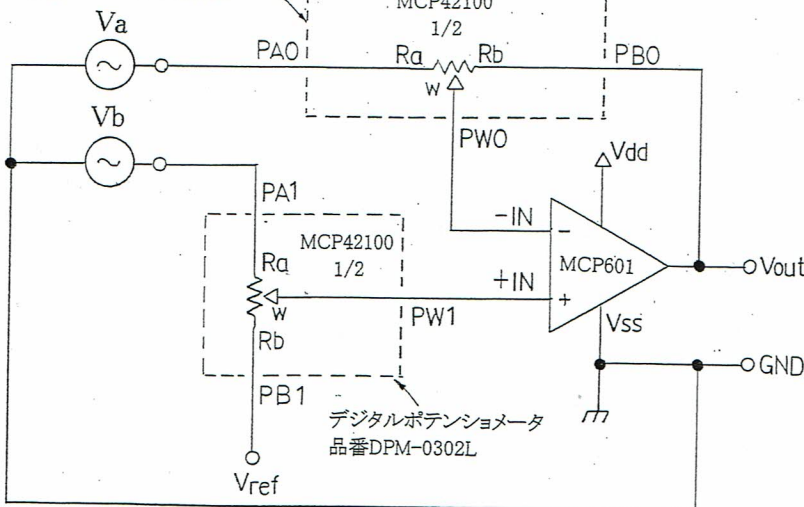


図2: デジタルポテンシオメータ (DP) を使った
プログラマブル差動オペアンプ

動作と利得計算

デジタルポテンシオメータ品番DPM-0302Lの出力コネクタ (ピンヘッダ) を本キットのCN1, CN2 (ピンソケット) に接続すれば直ちに動作する (図1配線図参照)。電源はデジタルポテンシオメータ本体から供給される。

オペアンプによる差動アンプは、反転入力側の負帰還抵抗と非反転側の入力分圧抵抗を2連のDPに置き換えた回路構成となっている (回路図参照)。差動アンプの入出力の関係は下記の図2を参照して、次のようになる (注1)。

$$V_{out} = (V_a - V_b)(R_b/R_a) \quad \text{--- 式1}$$

ここで、

- $R_a = R_{ab}(256 - D_n)/256$: A端子 (PA) とワイパー間の抵抗
- $R_b = R_{ab} \times D_n/256$: B端子 (PB) とワイパー間の抵抗
- $R_{ab} = 100K\Omega$: ポットの全抵抗値
- $D_n = 0 \sim 256$: ワイパーの設定値

式1が成り立つ条件は2連のボリュームの特性が一致していることである (注3)。DPの2連の特性はきわめて一致 (1%以内) しており、式1を満足させるに十分である。同相成分 $V_a = V_b$ のとき V_{out} は0となる。

また、上記の R_a はA端子 (PA) とワイパー間の抵抗であり、A端子 (PA) とワイパー端子 (PW) 間の抵抗 (R_{wa}) ではないところに注目する。 R_b も同様である。これは、ワイパー端子は高インピーダンスのオペアンプ反転入力に接続され、ワイパー抵抗 (R_w) が無視できるようになるので、 R_{wa} ではなく R_a となる。

非反転入力の参照電圧 V_{ref} は交流入力の場合、C4で接地され、交流入力に対して0Vになる。直流入力の場合、 V_{ref} はグラウンドに接続される。ただし、参照電圧値 V_{ref} は、絶対利得 A_v の計算には影響しない。

したがって、差動アンプの差成分の絶対利得 A_v の式1は次のように簡単になる。

$$A_v = V_{out} / (V_a - V_b) = R_b/R_a \quad \text{--- 式2}$$

上記 R_a, R_b の値を代入すると、ワイパーの設定値に対する絶対利得 A_v は

$$A_v = D_n / (256 - D_n) \quad \text{--- 式3}$$

となり、DPを使った反転アンプの絶対利得 A_v に等しくなる (注4)。

差動アンプの入出力は同相なので絶対値をとる必要はない。絶対利得 A_v 対設定コードの関係グラフを図3に、実測値との比較を図4に示す。C5 (10pF) は寄生発振防止用である。

R6, R7 (1KΩ) は入力終端抵抗で、入力電圧源のインピーダンスが十分小さいとき (理想電圧源に近い) にはこの抵抗は無視できるが、大きくなると入力ゲインロスになるので注意すること。

DPを使った差動OPアンプの使い方は、利得がプログラマブルであること以外、通常の差動OPアンプと同様であるので、その応用に関しては書物、文献などを参照すること。

注1: マイクロチップ社 MCP42XXX Dual Digital Potentiometer With SPI Interface データシート参照

注2: 直流入力変更の仕方

[直流入力への基板変更]

- ①C4を基板から取り外しジャンパーとするか、基板裏面にCをショートする。
- ②R4, R5を基板から取り外す。

[直流入力の特記事項]

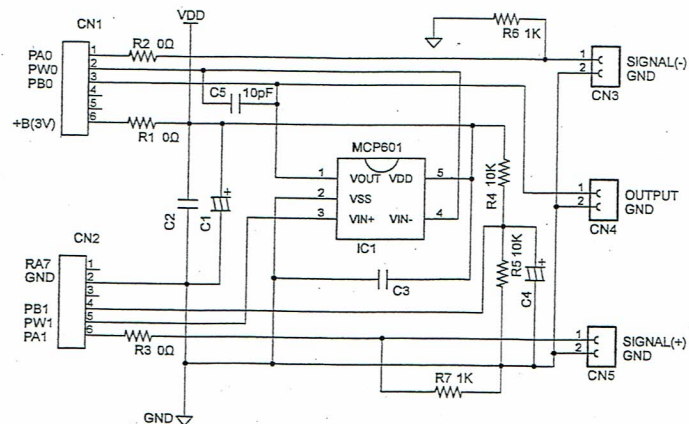
- ①直流入力は $V_{ss} \sim V_{dd}(0V \sim 3V_{typ})$ とする。これ以外の入力電圧ではDPが正常に動作しない。

注3: OPアンプ回路の設計 CQ出版社など参照

注4: プログラマブル利得反転、非反転オペアンプ

品番POP-0304AP 説明書

TEL PROGRAMMABLE DIFFERENTIAL AMPLIFIER
MODEL PDA-0305AP JUNE 29, 2014



プログラマブル利得差動オペアンプ
品番PDA-0305AP 回路図

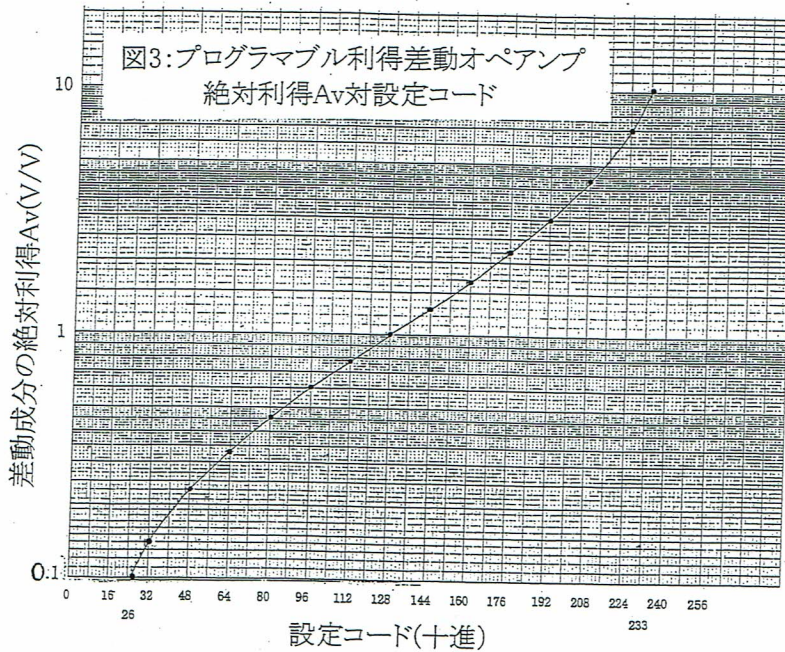
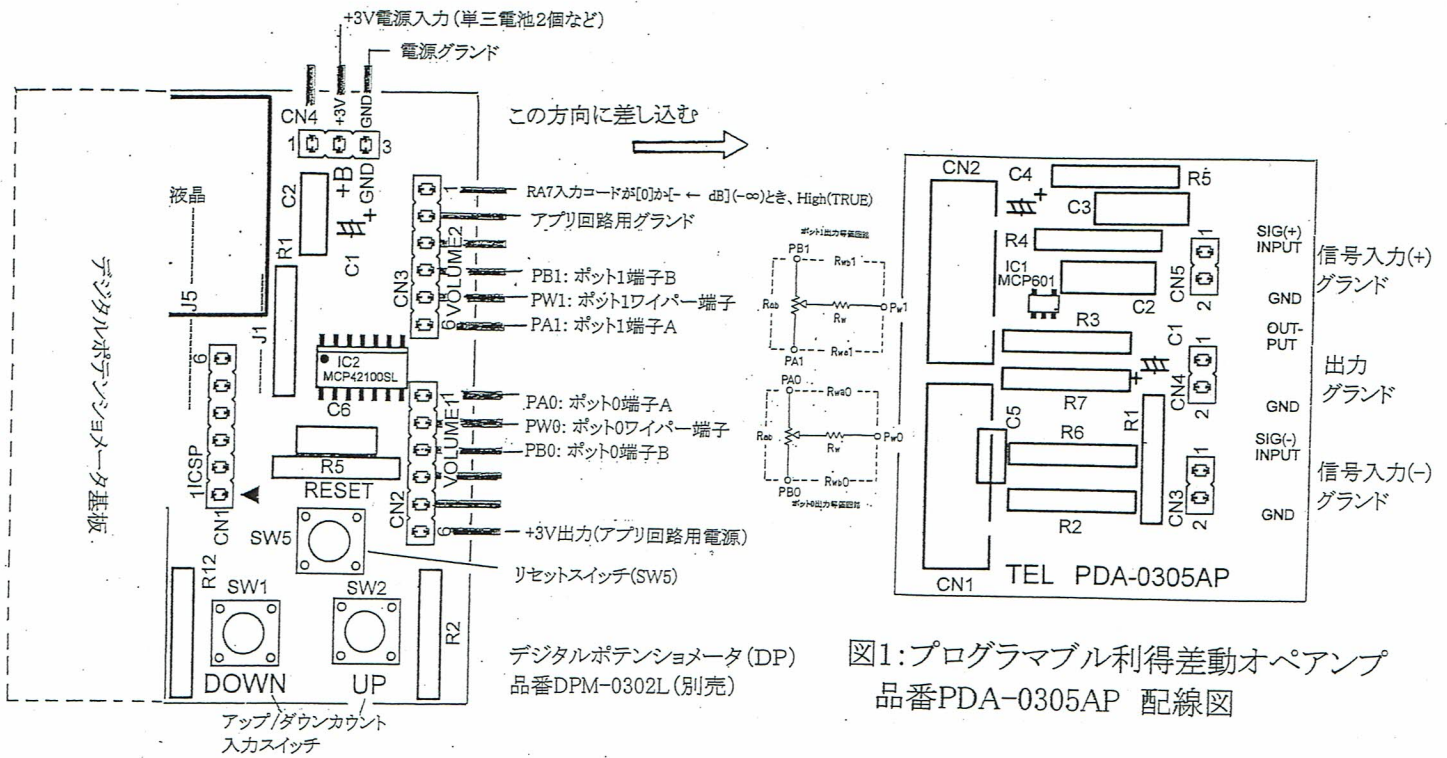


図4: 差動アンプの表示値と実測値
 測定条件: Bタイプ、 $V_a(\text{sig-})$ 信号入力、 $0.4V_p\text{-p}(142\text{mVrms})$, 1KHz, 正弦波
 $V_b(\text{sig+}) = 0$ (グランド)、 $V_{dd} = 3V$

DPの表示値(十進)	26	32	64	96	128	160	192	224	233
絶対利得の計算値(式3)	0.1	0.14	0.33	0.6	1	1.67	3	7	10.1
絶対利得の計算値(dB)	-20	17.1	-9.6	-4.4	0	4.6	9.5	16.9	20.1
実測値(mVrms)	16	20	47	85	142	238	420	900	1200
実測値(デシベル換算)	-19	-17.0	-9.6	-4.4	0	4.5	9.3	16	18.5
	(注1)								(注2)

注1: ノイズによりゲインが低下しない。
 注2: 出力がクリップしている。

TEL エレクトロニクス・キット
 (有) 谷岡電子
 〒164-0003 東京都中野区
 東中野1-51-13
 大島ビル第一別館402
 ☎ (03)3366-4552