

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、プログラマブル利得シングルエンド (単電源) オペアンプ品番POP-0304APユニットキット完成品です。

オペアンプは非常に高い入力インピーダンス特性があり、DPとオペアンプを組み合わせることでDPの R_w (ワイパー抵抗) が無視できるようになり、精度の高いプログラマブル利得アンプを作ることができます。

また、本キットはマイクロチップ社単電源オペアンプMCP601を2個使い、反転アンプと非反転アンプを同一基板上に、それぞれ独立した回路として設けてあります。DPは2連(DUAL)なので、1度の入力設定で両者の利得を同時に設定できます。

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 PDA-0305AP
プログラマブル利得差動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 (反転アンプ) 0.1 ~ 10倍 (絶対利得V/V)
-20dB ~ 20dB (1倍80hを基準にしたとき)
- ④推奨利得範囲 (非反転アンプ) 1.1 ~ 11倍 (絶対利得V/V)
0dB ~ 20dB (1.1倍を基準にしたとき)
- ⑤推奨コード入力範囲 (反転アンプ) 26 ~ 233 @ 0.1 ~ 10V/V Bタイプ使用
- ⑥推奨コード入力範囲 (非反転アンプ) 26 ~ 233 @ 1.1 ~ 11V/V Bタイプ使用
- ⑦直流バイアス電圧 $V_{dd}/2$

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 (反転アンプ) 0.1 ~ 10倍 (絶対利得V/V)
-20dB ~ 20dB (1倍80hを基準にしたとき)
- ④推奨利得範囲 (非反転アンプ) 1.1 ~ 11倍 (絶対利得V/V)
0dB ~ 20dB (1.1倍を基準にしたとき)
- ⑤推奨コード入力範囲 (反転アンプ) 26 ~ 233 @ 0.1 ~ 10V/V Bタイプ使用
- ⑥推奨コード入力範囲 (非反転アンプ) 26 ~ 233 @ 1.1 ~ 11V/V Bタイプ使用

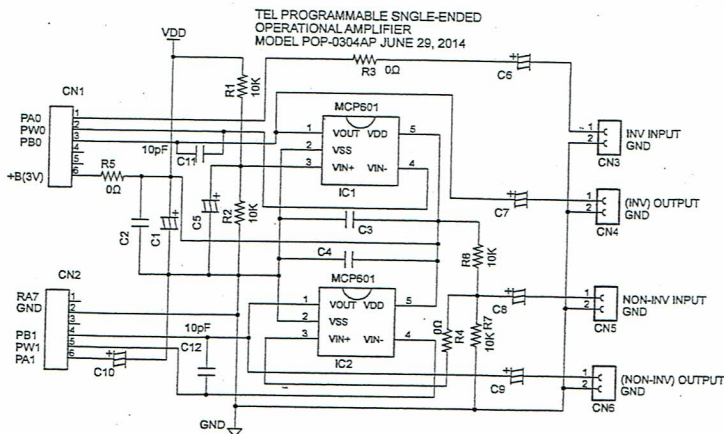


図1: プログラマブル利得反転、非反転オペアンプ
品番POP-0304AP 回路図

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。

オペアンプによる反転アンプは、負帰還抵抗を単純にDPに置き換えた回路構成となっている (回路図参照)。

反転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)。

$$V_{out} = -V_{in}(R_b/R_a) + V_{ref}(1 + R_b/R_a) \quad \text{式1}$$

ここで、

$$R_a = R_{ab}(256 - D_n)/256 \quad \text{: A端子 (PA) とワイパー間の抵抗}$$

$$R_b = R_{ab} \times D_n/256 \quad \text{: B端子 (PB) とワイパー間の抵抗}$$

$$R_{ab} = 100K \Omega \quad \text{: ポットの全抵抗値}$$

$$D_n = 0 \sim 256 \quad \text{: ワイパーの設定値}$$

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C5で接地され、交流入力に対して0Vになる。よって反転アンプの絶対利得 A_v の式1は次のように簡単になる。

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

ワイパーの設定値に対する A_v は R_a, R_b の値を代入して

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

となる。また、式2のマイナス記号は、入出力に180°位相差があることを示し、絶対値をとれば A_v は正の値となる。絶対利得 A_v 対設定コードの関係グラフを図4に、実測値との比較を図5に示す。C11 (10pF) は寄生発振防止用である。

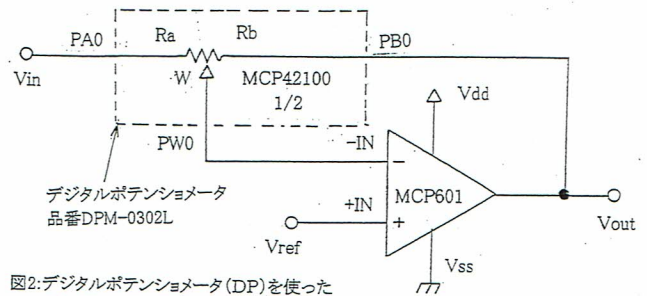


図2: デジタルポテンシオメータ (DP) を使った
プログラマブル反転オペアンプ

オペアンプによる非反転アンプは、負帰還抵抗を単純にDPに置き換えた回路構成となっている (回路図参照)。

非反転アンプの入出力の関係は下記の図3を参照して、次のようになる (注1)。

$$V_{out} = V_{in}(1 + R_b/R_a) \quad \text{式4}$$

ここで、

$$R_a = R_{ab}(256 - D_n)/256 \quad \text{: A端子 (PA) とワイパー間の抵抗}$$

$$R_b = R_{ab} \times D_n/256 \quad \text{: B端子 (PB) とワイパー間の抵抗}$$

$$R_{ab} = 100K \Omega \quad \text{: ポットの全抵抗値}$$

$$D_n = 0 \sim 256 \quad \text{: ワイパーの設定値}$$

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非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。

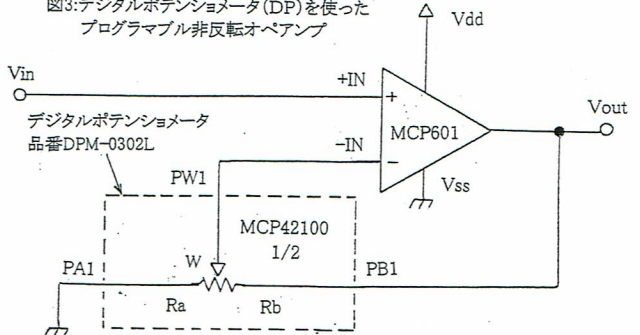
非反転入力の参照電圧 V_{ref} は、 R_4, R_6 で $V_{dd}/2$ となるが、利得の計算には影響しない。非反転アンプの絶対利得 A_v (式4) は次のように簡単になる。

$$A_v = V_{out} / V_{in} = 1 + R_b/R_a \quad \text{式5}$$

ワイパーの設定値に対する A_v は R_a, R_b を代入して

$$A_v = 1 + [D_n / (256 - D_n)] \quad \text{式6}$$

図3: デジタルポテンシオメータ (DP) を使った
プログラマブル非反転オペアンプ



となる。非反転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Av対設定コードの関係グラフを図5に、実測値との比較を図6に示す。
C12(10pF)は寄生発振防止用である。

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]

①C6,C7,C8,C9,C10を基板から取り外しジャンパーとするか、基板裏面で各Cをショートする。

②R2を基板から取り外しジャンパーとするか、基板裏面でRをショートする。

③R1,R6,R7を基板から取り外す。

[直流入力の特記事項]

①直流入力はVss~Vdd(0V~3Vtyp)とする。これ以外の入力電圧ではDPが正常に動作しない。

T.E.L. キット製造販売

(有) 谷岡電子

〒164 東京都中野区東中野1-51-13

-0003 大島ビル第一別館402

☎03-3366-4552

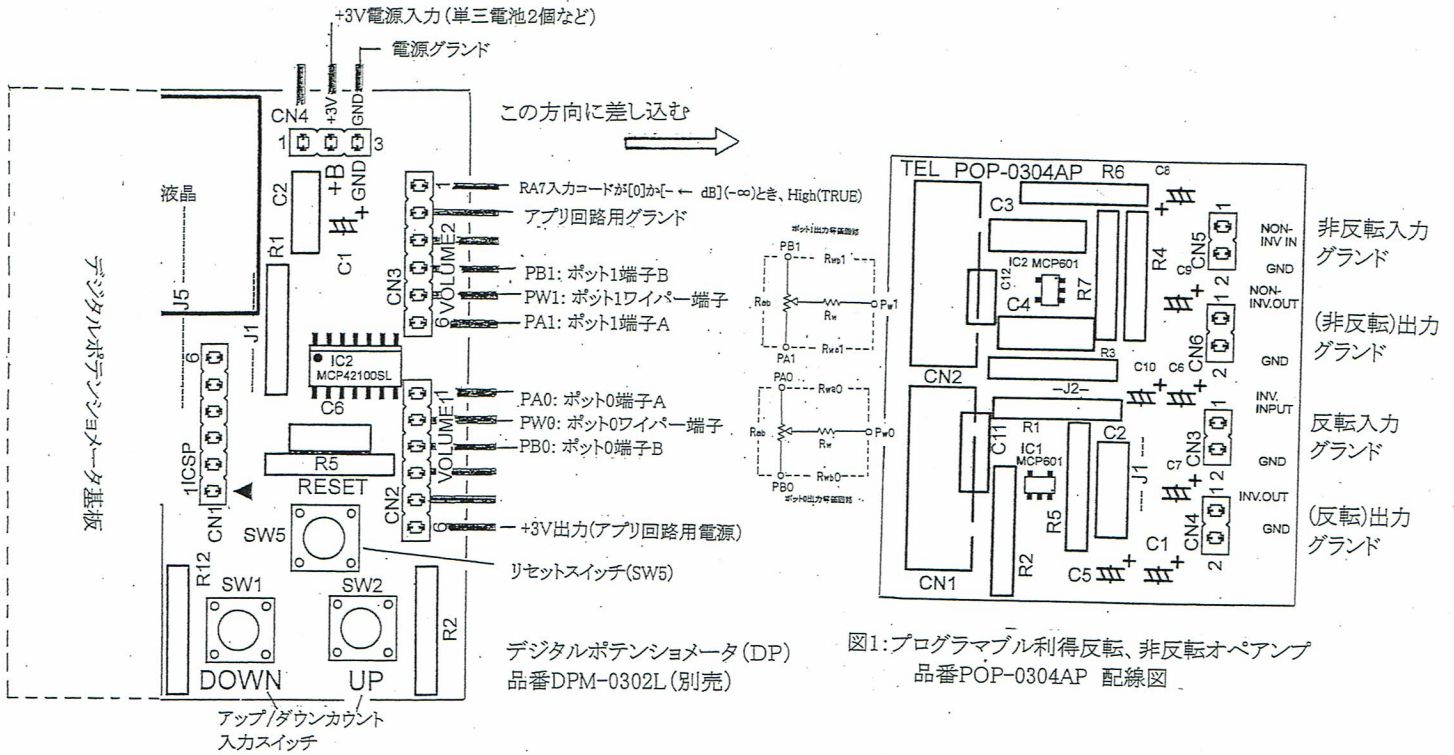


図1: プログラマブル利得反転、非反転オペアンプ
品番POP-0304AP 配線図

図5 反転アンプの表示値と実測値

測定条件: Bタイプ、入力0.4Vp-p(142mVrms), 1Khz, 正弦波、Vdd = 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。