

デジタルポテンショメータ DPM-0302L 説明書

概要

本キットは、マイクロチップ社、8ビットマイクロコントローラ、ミッドレンジ、エンハンスシリーズPIC16LF1827及び周辺ICデジタルポテンショメータ、MCP42100(100kΩ X2 ステレオ、2連)を使用した小型LCD表示付デジタルポテンショメータ(digital potentiometer)(デジタル抵抗分圧器)、品番DPM-0302L、ユニットキット完成品です。

デジタルポテンショメータはデジタル入力に対応した抵抗を設定し出力します。抵抗値は100kΩで、256分割(分解能)され入力に対応した抵抗値が出力されます。

本機のデジタル入力は、ロータリーエンコーダ又はアップ/ダウンスイッチで行います。入力したデジタルデータは、I2C接続小型8文字X2行液晶に表示されます。デジタルポテンショメータはAタイプとBタイプがあり、Aタイプは対数(ログテーパー)可変、Bタイプはリニア(直線)可変で、それぞれスライドスイッチで切替可能です。

また入力したデジタルデータは、プログラムにより逐次不揮発性メモリ(EEPROM)に書き込まれるため、電源を切ってもその値は保持されます。

デジタルポテンショメータは、従来の機械型ボリューム(抵抗分圧器)、半固定抵抗器等の代替品としても使えますが、特性がかなり異なっていますので注意が必要です。

各社デジタルポテンショメータICを使った回路設計の際、本デジタルポテンショメータを評価ボードとして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。

デジタルポテンショメータ特性に関してはデジタルポテンショメータについての項を参照して下さい。

本デジタルポテンショメータの応用回路例として、4種のユニットキット(完成品)を用意しました。(別売)

1. 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
2. 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
3. 品番 PDA-0305AP
プログラマブル利得差動オペアンプへの応用
4. 品番 LPF-0306AP
プログラマブルローパスフィルタへの応用

デジタルポテンショメータ(以下DPと表記)について

①DPとDACの相違点

DPはデジタル入力信号を使いアナログ出力を設定する点でDACと同じだが、DPは可変の出力抵抗を直接出力する。それ故、DPは抵抗-デジタルアナログコンバータ(RDAC)とも呼ばれる。DACは、内蔵バッファアンプを通して電流が電圧を出力するが、DPはバッファアンプを使っていないので抵抗がそのまま出力されるところが両者の大きな違いである。しかし、DPも出力の midpoint 端子(ワイパー、摺動部)にバッファアンプを挿入することで、DAC同様に使用することもできる。

②DPと機械的可変抵抗器の相違点

最大の相違点は、DPはワイパーの位置をマイクロコントローラでデジタル的に設定することである。

DPは人の手によらず、マイクロコントローラ、プログラムソフト等で抵抗値を自動的に設定できるので、例えばオペアンプに應用すれば利得、フィルタのバンド幅等をプログラマブル(プログラムで値を設定)にすることができる。また、温度、湿度等の変化に対応した抵抗値をプログラマブルにすることができる。但し、本キットは評価用ボードを主な目的としているので、入力はマニュアルで、ロータリーエンコーダ又はアップ/ダウンスイッチを使って行う。

DPは機械的磨耗が無いので長寿命かつ信頼性が高い。また、DPをアナログ処理回路の近傍に置くこと、アナログ信号を引き出すことがない事も大きな特徴のひとつである。

③DPと機械的可変抵抗器の特性の差(注1)

DP特有な特性として、分解能がある。本キットの分解能は8ビットで1LSB(Least Significant Bit)あたり391Ω(100kΩ/256)である。積分直線性誤差(INL: Integral Non-Linearity)特性は、デジタル入力全般にわたる直線性誤差で、本キットの場合、±1LSB分の誤差である。微分直線性誤差(DNL: Differential Non-Linearity)特性は、デジタル入力の部分的な直線性誤差で、本キットの場合、±1LSB分の誤差となる。

DPの許容抵抗値は±20%~±30%、一方、機械的可変抵抗器は±10%~±25%。温度係数は、機械的可変抵抗器で±100ppm/℃~±300ppm/℃、DPは約±800ppm/℃(100kΩの時、±80%/℃の許容値)。機械的可変抵抗器の場合、1/2W(0.5W)の定格電力も珍しくないが、ワイパー接点の電流制限は通常1mAである。DPの定格電力は0.0055W@70℃までで、ワイパー電流制限も1mAである。

④DPの基本的な使われ方(注2)

①②③を考慮すれば、DPは一般的な抵抗分圧器、半固定抵抗器、又はレオスタット(2端子可変抵抗器)に代わるものとして同様に使える。特にプログラマブルな可変が必要などところに向いている。

DPの適切な使用に当たり、重要な注意点が三つある。

一つは、DPのワイパー部分はCMOSスイッチで構成されているためDPの電源電圧以下(V_{SS}-V_{DD}間)の入力で使用しなければならないこと。電源電圧以上の電圧を入力するとDPは正常に動作しない。

二つめは、機械的可変抵抗器と比較してかなり高いワイパー抵抗である。DP全抵抗値が100kΩの場合、入力設定値の±1/2LSBにあたる175Ω(TYP.)程度になる。ワイパー抵抗は、ワイパー端子がCMOSスイッチを経由していることによる。特にDPのワイパー抵抗により、その特性は従来の可変抵抗器の特性と大きく異なる。ワイパー抵抗の影響をできるだけ小さくなる回路構成にすることが肝要である。

三つ目はワイパー抵抗特性と並んでワイパー電流がある。本キットの場合、最大±1mAである。例えば、ワイパー端子を直接グランドに接続したとき、A端子に加えることのできる電圧は、0.391V以下となる。デジタル入力値にかかわらず、ワイパー電流が±1mAを超えないように回路設計することが大切である。

注1: マイクロチップ社 Application Note AN219 Comparing Digital Potentiometers to Mechanical potentiometers 参照

注2: マイクロチップ社 MCP42XXX Dual Digital Potentiometer With SPI Interface データシート参照

注3: マイクロチップ社 16(L)F1827 Microcontroller データシート参照

特長および機能

1. 入力: ロータリーエンコーダ(24クリック)又は
アップ/ダウン プッシュボタンスイッチ
2. 出力: MCP42100デジタルポテンショメータ,
100kΩ X2 ステレオ、2連(Dual)
3. インターフェイス: SPI
4. カウントの方法: (Aタイプ) 1dB毎
(Bタイプ) 1倍、4倍、8倍、16倍
(デブスイッチで設定)
5. 入力値の表示: I2C接続小型8文字X2行液晶
6. 入力タイプ: A対数カーブ(ログテーパー)/B線形(リニア)
7. Aタイプ/Bタイプ切替: スライドスイッチ
8. 停電時のワイパー設定値の自動復帰(不揮発性メモリ使用)
9. 推奨電源電圧3V

主な電気的特性(注2, 注3)

- | | |
|-----------------------------|---|
| 1. 動作電源電圧 | 2.8V~3.3V(3V推奨) |
| 2. 動作電流 | 16LF1827 75μA(typ.)@1.0MHz, 1.8V
MCP42100 340μA(typ.)@5.5V
I2C接続小型8文字X2行液晶 約3mA@3.0V
全動作電流 約5mA@3.0V |
| 3. 公称抵抗値(R) | 100kΩ ±30% |
| 4. Aタイプ可変範囲 | -48dB(-∞)~0dB |
| 5. Bタイプ可変範囲 | 620Ω~100kΩ |
| 6. ワイパー抵抗値(R _w) | 175Ω (typ.)250Ω(最大)@V _{DD} =2.7V, I _w =1mA, Code 00h |
| 7. ワイパー電流(I _w) | ±1mA(最大) |
| 8. 公称抵抗値一致度(2連) | 1%以内 |
| 9. クロストーク(2連) | -95dB |
| 10. 積分直線性誤差(INL) | ±1LSB |
| 11. 微分直線性誤差(DNL) | ±1LSB |
| 12. 分解能 | 8ビット(256) |
| 13. 最小抵抗値(1LSB) | 391Ω |
| 14. 温度係数 | 800ppm/℃ |

準備するもの

1. 3V直流電源、単三乾電池X2個と電池ケース3端子電源キット
2. 3ピンのピンソケット(メス)1個
3. 6ピンのピンソケット(メス)2個

動作と使い方

①電源の接続(図1参照)

3V電源を本キットの電源コネクタ(CN4、2番[+3V]、3番[GND])に接続すると、直ちに開始メッセージがスタートし、続いてデジタルポテンショメータ(以下DPと表記)ワイパー位置の設定値がLCDに表示される。接続の際、電源の極性に注意すること。開始メッセージは“WELCOME” “TO TEL” “100K DUAL” “DPM-0302”と表示される。

②ワイパー位置の設定

ワイパーポジションの設定は、ロータリーエンコーダ又はアップ/

ダウンプッシュボタンスイッチ(SW1,SW2)で行う。入力とはどちらからでも可能であるが、ロータリーエンコーダは不揮発性メモリの書き込み時間の関係で、極端な早回しすると読み込めない場合があるので注意すること。アップ/ダウンプッシュボタンスイッチは一度押す毎にカウントアップ/ダウンし、押し続けると高速でアップ/ダウンカウントする。Bタイプの場合、デプススイッチ(SW4,3)でカウント倍率を四通り(1倍、4倍、8倍、16倍)に設定できる(図2参照)。Aタイプの場合、1dBステップのみ。

③出力カーブ:AタイプBタイプ

DPワイパー出力には、Aタイプ対数(ログテーパ)可変とBタイプリニア(直線)可変があるが、その切替はスライドスイッチ(SW6)で行う。AタイプとBタイプの入出力の関係を図3、図4に示す。

④リセットとカウント倍率(カウントスピード)の変更

RESET(SW5)はデジタル入力表示用リセットである。電源を一度切ることによってシステムリセットがかかる。RESET(SW5)を押すと、Aタイプの場合[- ← dB]、Bタイプの場合[0]にリセットされる。また、表示の[- ← dB]はマイナス無限大(-∞)の意味である。デプススイッチ(SW4,3)を使ってカウント倍率を変更する際、必ずRESET(SW5)で表示をリセットすること。リセットしないと最小値から最大値(0~255)の範囲がとれなくなるので注意する。

⑤停電と復帰

入力したデジタルデータは、プログラムにより逐次不揮発性メモリ(EEPROM)に書き込まれるため、電源を切ってもその値は保持される。従って、停電復帰時には停電前のワイパー位置の設定値がそのまま出力される。しかし、ここで注意点が一つある。MCP42100デジタルポテンシオメータは電源復帰時には、ワイパー位置の中心である80h(128)に直ちにリセットされる。マイクロコントローラのスタートアップタイムはDPリセット時間より長く、保持された設定値を書き込む前に80hが出力される。従って電源復帰時に短いパルスのノイズがでることになる。このノイズが問題になる個所には、電源復帰時に1ms以上のミュートをかける事を勧める。本キットからのミュート信号は、マイコンのピンカウントの関係で出ていない。

⑥本キットの出力とポットの抵抗値の計算

ポットとは、ポテンシオメータの略称で、特にDPの出力に当たる可変抵抗器の部分さをす。

記号と表記内容を下記する。0,1はポット番号である。

- PA0,PA1: ポット端子A接続(Aターミナル)
- PB0,PB1: ポット端子B接続(Bターミナル)
- PW0,PW1: ポットワイパー端子接続(ワイパーターミナル)
- Rwa0,Rwa1: Aターミナルとワイパーターミナル間の抵抗値
- Rwb0,Rwb1: Bターミナルとワイパーターミナル間の抵抗値
- Rab: ポット全抵抗値(100kΩ)
- Rw: ワイパー抵抗値
- Dn: データレジスターに格納された8ビットコード

⑥-1 Bタイプ、リニア(直線)の計算

ポット番号0のAターミナルとワイパーターミナル間の抵抗値計算式
 $Rwa0(Dn) = [(Rab)(256-Dn)]/256 + Rw$ — 式(1)
 ポット番号0のBターミナルとワイパーターミナル間の抵抗値計算式
 $Rwb0(Dn) = [(Rab)(Dn)]/256 + Rw$ — 式(2)
 ここで、PDの抵抗値はコード(Dn)の関数となることに注目すること。例えばRab=100KΩ,Rw=0,Dn=128(80h)とすれば、Rwa0(80h)=50KΩ,Rwb0(80h)=50KΩとなる。

フィードバックタイプOPアンプのように非常に高い入力抵抗をもつ回路に上式を使うと、ワイパー抵抗(Rw)の部分が無視できるようになる。

⑥-2 Aタイプ、対数(ログテーパ)の計算

dB(Dn)を設定コードDnのデシベル表示値とすると、
 $dB(Dn) = 20\text{Log}Rwb0(Dn)/Rab0$ — 式(3)

となる。例えば、Rab=100KΩ,Rw=0,Dn=128(80h)のとき、
 $dB(80h) = 20\text{Log}50/100 = -6\text{dB}$ となる。

デシベル表示値に対するRwb0はDnの関数である。

$Rwb0(Dn) = Rab0 \times 10^{(dB(Dn)/20)}$ — 式(4)

例えば、Rab0=100KΩ,Rw=0,dB(Dn)が-23dBとすると、
 $Rwb0(Dn) = 100 \times 10^{-23/20} = 7.079\text{K}\Omega$ となる。設定コードDnは、Rwb0を一デジット(391Ω)で割った値であるから7079/391=18.1、四捨五入して18(12h)となる。プログラムによる計算については、プログラムについての項を参照。

⑥-3 その他の出力

マイコンのポートRA7の出力(CN3,1番)は入力コードが[0]か[- ← dB] (マイナス無限大(-∞))のとき、Low(TRUE)となる。それ以外はHigh(FALSE)。ポートRA7の出力はCMOSスイッチなどを使って、PW端子をグラウンドに接続する等に使用できる。
 +3VとGNDは、アプリケーションボード用電源である。

⑦グラフィックスパー表示

入力設定値は、数値表示とともにLCD液晶表示の2行目にバー表示される。'←'はDOWN,'→'はUPを表す。最大8個で、Bタイプするとき1個当たり32カウント、Aタイプするとき1個当たり6dBとなる。

プログラムについて

MPLAB XC8 C コンパイラー ライトモードV1.21を使用。
 ROM(プログラムメモリ) 4096ワード中3336ワード使用 約81%
 RAM(データメモリ) 384バイト中116バイト使用 約30%
 参考資料としてCソースファイルのリスト(Listing)を添付する。
 <プログラムの特記事項>
 プログラムファイルのリスト

Header Files	
i2c_lcd.h	(Lcd Header)
i2c_mstr_wrt.h	(I2c Header)
spi_mstr_wrt.h	(Spi Header)
Source Files	
DPM_0302L.c	(Main)
i2c_lcd.c	(Lcd Libraries)
i2c_mstr_wrt.c	(I2c Libraries)
spi_mstr_wrt.c	(Spi Libraries)

ウォッチドックタイマー(WDT)によるリセット周期設定を8秒とした。電源電圧の低下によるEEPROMの書き込みエラーを防ぐため、ダイオード(D1)の順方向電圧(約0.6V)を基準電圧としてA/D変換し、電源電圧が2.8Vの以下になった時EEPROMの書き込み禁止とした(Save_counter 関数参照)。

標準関数である対数計算はプログラムメモリの容量の関係で使用できない。そこで(式4)の代わりに対照表を用意して、各デシベル入力に対するポットの設定値を戻り値として返した。(table関数参照)

カウンター入力は0~256であるがdB表示は-48~0である。このためスケール変換が必要となる。四捨五入には標準関数であるfloor 関数を使った。(lcd_pot_update関数参照)

<注意>

CONFIGワードのコードプロテクションビットはOFFになっており、ICプログラムメモリの上書き、読み込みが自由にできますが、ICSPを使用しプログラムを変更した場合には、保証できなくなりますから注意してください。また、プログラムに関するご質問はお受けできませんのでご了承ください。

図3 Aタイプのデシベル入力値対出力抵抗値(Rwb)の関係

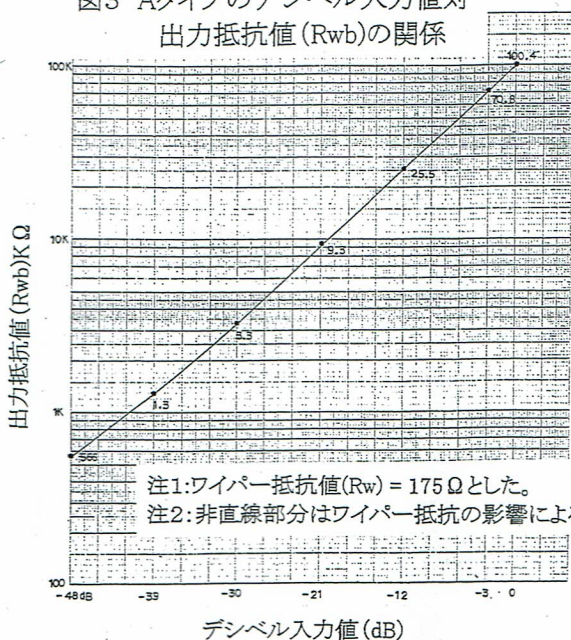
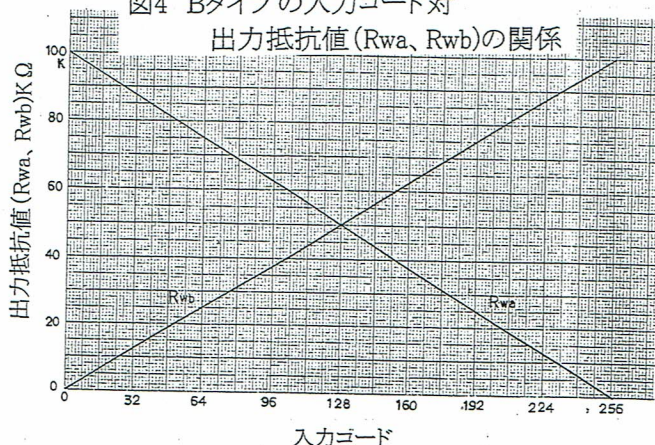
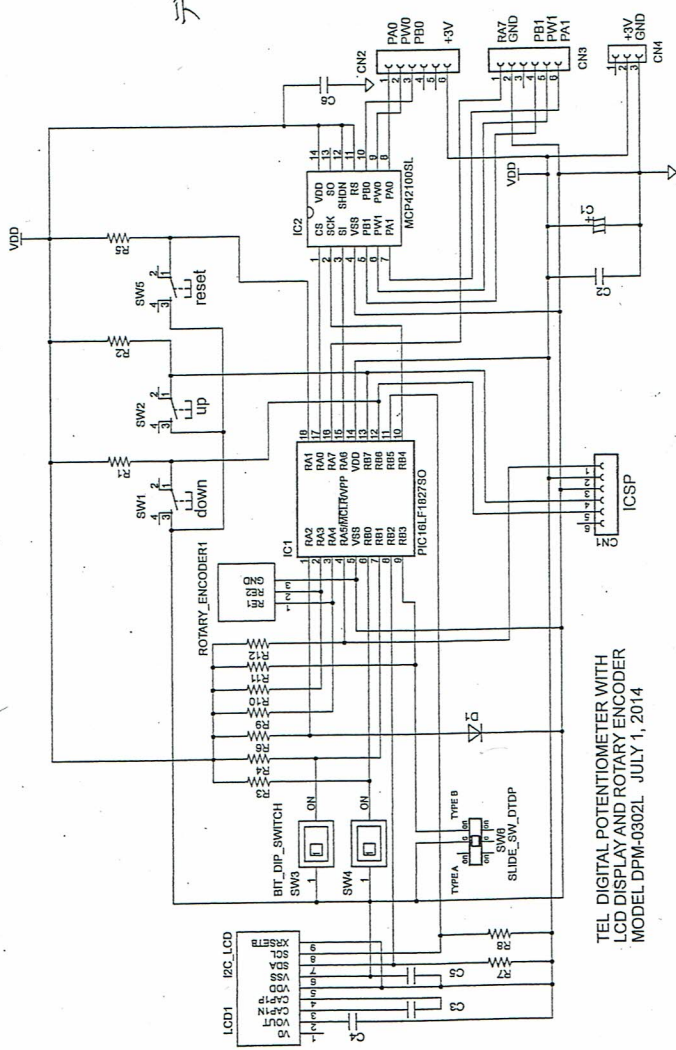


図4 Bタイプの入力コード対出力抵抗値(Rwa, Rwb)の関係



デジタルポテンシオメータ DPM-0302L 回路図

エレクトロニクス・キヤ
 (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



TEL DIGITAL POTENTIOMETER WITH
 LCD DISPLAY AND ROTARY ENCODER
 MODEL DPM-0302L JULY 1, 2014

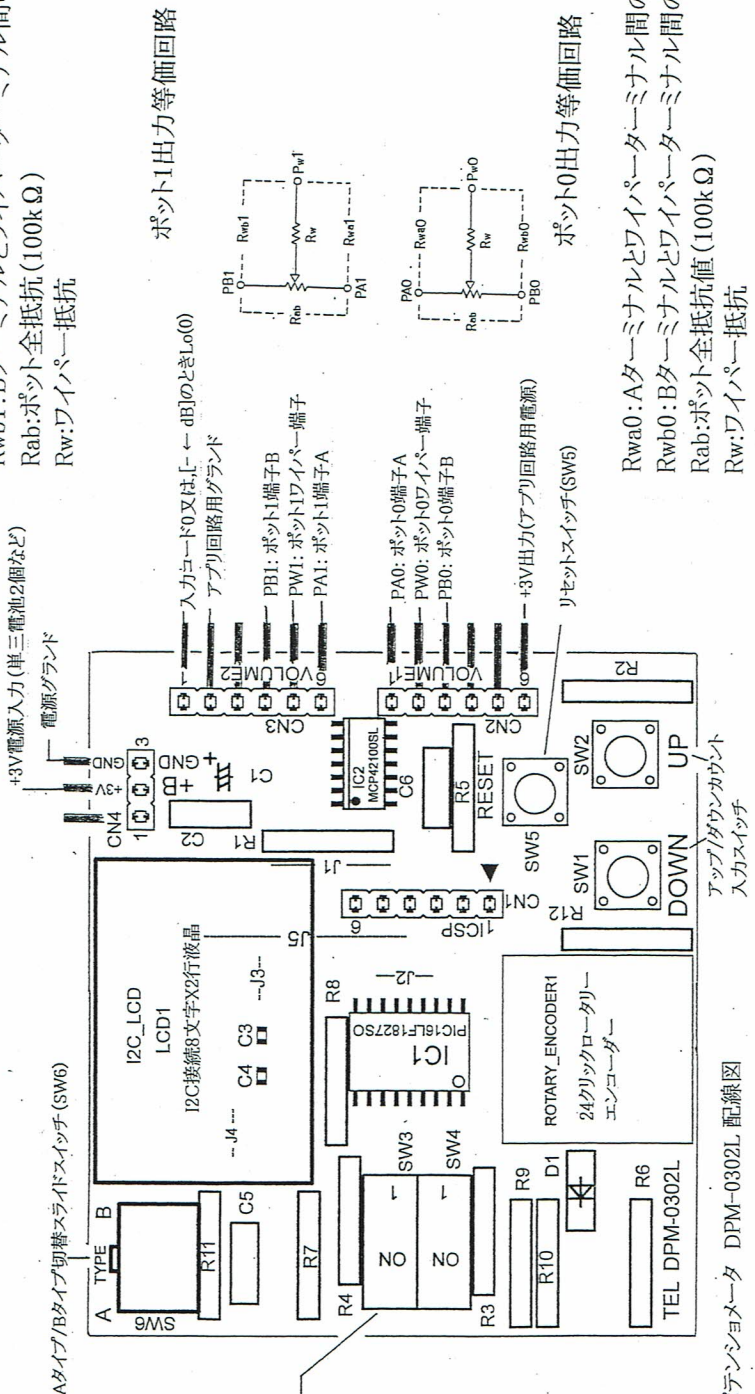
Rwa1: Aターミナルとワイパーターミナル間の抵抗
 Rwb1: Bターミナルとワイパーターミナル間の抵抗
 Rab: ポット全抵抗 (100kΩ)
 Rw: ワイパー抵抗

CN1 (ICSP) プログラム書き込み用
 コネクタ (使用しないこと)

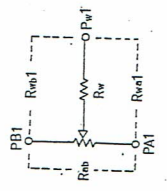
図2 カウント倍率切替デップスイッチSW4, SW3
 真理値表 (ONは0負論理)

カウント倍率	SW4	SW3
1倍	0(ON)	0(ON)
4倍	1	0(ON)
8倍	0(ON)	1
16倍	1	1

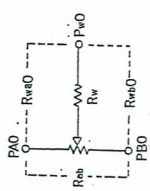
(注) リセットスイッチ(SW5)でリセットしてから、
 カウントスピード切替を行うこと。



ポット1出力等価回路



ポット0出力等価回路



Rwa0: Aターミナルとワイパーターミナル間の抵抗
 Rwb0: Bターミナルとワイパーターミナル間の抵抗
 Rab: ポット全抵抗値 (100kΩ)
 Rw: ワイパー抵抗

図1 デジタルポテンシオメータ DPM-0302L 配線図