

多チャンネル測定に対応 微小抵抗の高精度測定！

直流電圧・電流源／モニタ

**6240A/40B/41A/42/43/44
6253/6254**

ナノボルトメータ 2182A/34420A

Ch数/スキャナ	品番	GP-IBボード	価格	動作環境
Max 30ch DAQ973A	W32-6241MRMX3-R	ラトックシステム製	740,000円	Windows 7/8.1/10/11 (64bit版推奨) Excel 2010/2013 2016/2019/2021 (32bit版 Only)
	W32-6241MRMX3-N	NI製		
Max 160ch 34980A	W32-6241MRMX2-R	ラトックシステム製	920,000円	
	W32-6241MRMX2-N	NI製		
Max 30ch 34970A(廃盤)	W32-6241MRMX-R	ラトックシステム製	740,000円	
	W32-6241MRMX-N	NI製		

6240A,6240B,6241A,6242,6243,6244は、エーディーシー社の商標。
2182Aは、ケースレー社の商標です。
34420Aは、キーサイト・テクノロジー社の商標です。

機能

◆ 小さな測定電流による微小抵抗測定ソフト(多チャンネル対応)

一般的な抵抗計では、微小な抵抗を測定する場合、大電流の通電で測定が行われます。市販の抵抗計の場合、数mΩの測定では1Aの通電が行われる場合があります。しかし、大電流では試料が破損したり、または、規格で通電電流の規定がされている場合、数mΩの抵抗を数mAの通電で測定しなければならない場合が生じます。

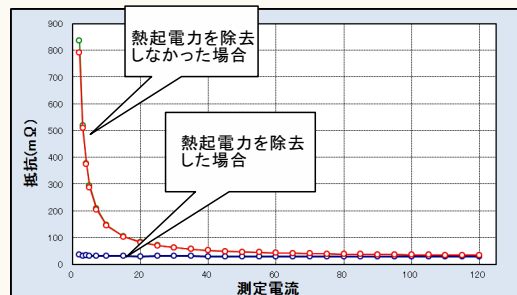
数mΩの抵抗を数mAの通電電流で測定する場合、試料端の数μVの電圧降下を正に測定する必要があります。ここで発生する大きな問題は、測定器と試料間を結ぶケーブルで生じる数μV程度の熱起電力が測定誤差となることです。多チャンネル測定で、スキャナを介するとその切りリレー内部の熱起電力がさらに誤差要因として加算されます。この熱起電力による測定誤差は、数10%～数100%に及ぶ場合もあります。

上記の理由により、微小な抵抗を小さな通電電流で測定する場合、電流反転法という測定手法を使用して熱起電力による電圧成分を除去し、試料両端の数μVを正に測定する必要があります。一般的なマルチメータでは原理的に1μV以下の正な電圧測定ができないため、ここで使用される測定器は、1μV以下の測定が可能な、KEITHLEY社2182Aや、KEYSIGHT(旧アジレント)社34420Aなどのナノボルトメータになります。

Windows 7,8.1,10 (32 or 64bit)
MS-Excel2010/2013/2016/2019(32bit Only)

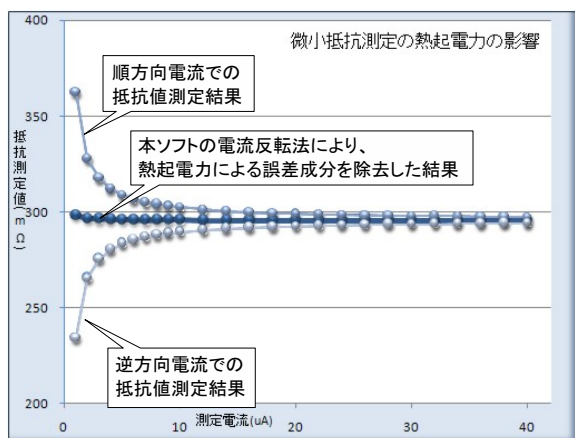


電流反転法で熱起電力成分を除去した測定例



◆ 電流反転法による測定で、熱起電力による測定誤差を除去し、高精度な微小抵抗測定をおこないます。

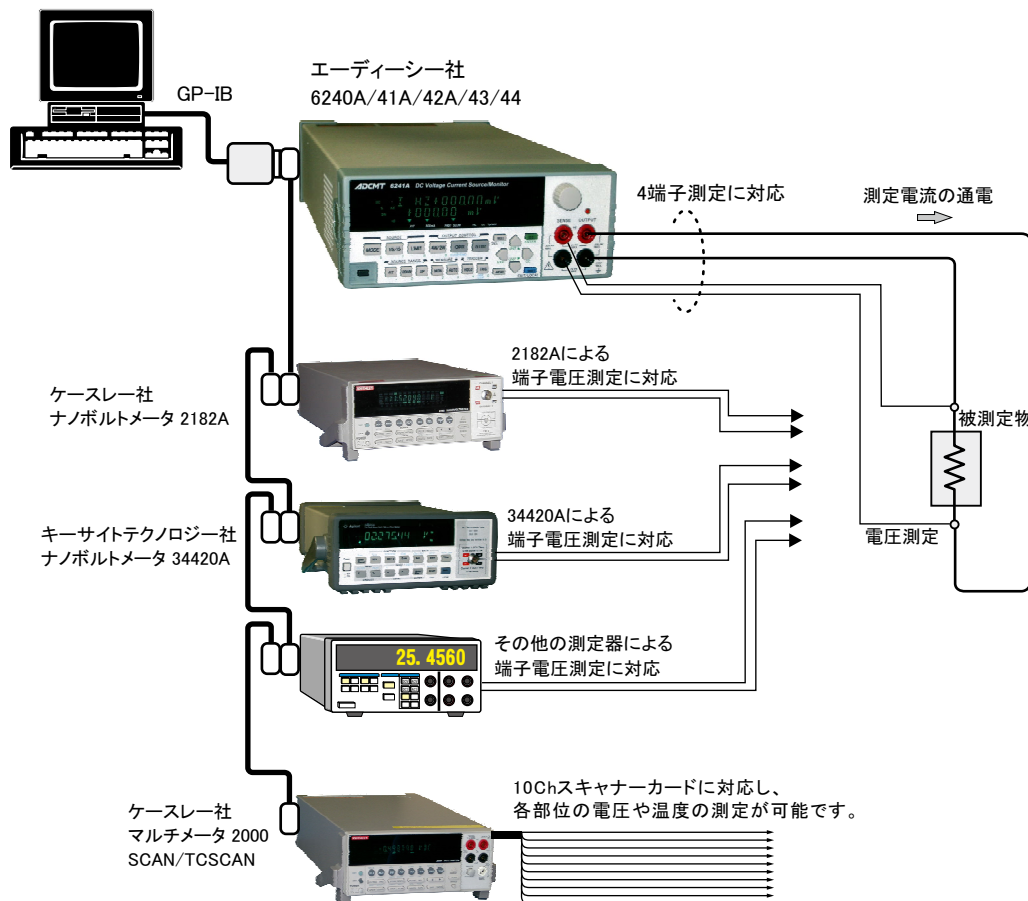
通常、抵抗計を使用した微小抵抗測定では、0.1Aから1.0A程度の大きな電流を通电して測定が行われます。しかし、被測定物によっては、被測定物の破損、または発熱を招くため、このような大きな電流を通电できない場合があります。このとき、数mA、または、数 μ Aでの測定電流で抵抗を測定することになりますが、測定用配線ケーブル類の熱起電力の影響を大きく受ける結果となります。



左図では、測定電流に依存した、測定される抵抗値変化を表します。測定電流が小さいほど測定誤差が大きくなります。これは、測定電流が小さいほど被測定物の端子電圧が小さくなり、熱起電力の影響を受けやすくなることを示しています。大きめの測定電流で測定した場合でも、被測定物の抵抗値が μ Ω程度であれば同じように熱起電力の影響を大きく受けることになります。熱起電力による誤差の大きさは、使用する配線金属の種類、長さ、また周辺の温度環境に大きく依存します。本ソフトでは、電流反転法による測定で熱起電力による誤差成分を除去し、かつ、平均化法により、周辺ノイズや温度変化によるバラツキを小さく抑えます。ただし、使用する計測器の性能や精度を超えることはできません。

・測定器について。
この測定では、被測定物の端子電圧は数 μ V、又はそれ以下の電圧になり、通常のデジタルマルチメータや、電源が内蔵する電圧測定機能では測定が困難なレベルです。このように小さな電圧を精度良く測定するために、通常はナノボルトメータと呼ばれる電圧計を使用しなければなりません。

本ソフトでスキャナOFFで使用する場合、対応する計測器の範囲



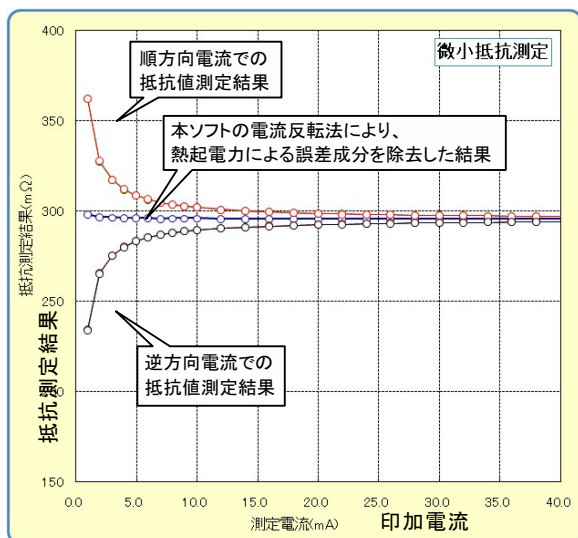
誤差要因を除去して、微小抵抗の測定を行なうことができます。

注)本ソフトを使用しても、使用する測定器が持つ測定精度以上の測定はできません。

小電流による微小抵抗を測定しようとする、主に下記の誤差要因により正しい抵抗値が測定できません。

- 1.測定用ケーブルで生じる熱起電力によるオフセット電圧。
- 2.外来ノイズによる測定値のバラツキ。
- 3.測定電圧の分解能不足や精度不足。

◆ 熱起電力による誤差成分の除去



微小抵抗をあまり大きくない電流で測定しようとする、その両端の電圧は数 μV 程度の電圧になる場合があります。例えば、 $1\text{m}\Omega$ の抵抗体を 10mA の通電で測定しようとする、抵抗体両端の電圧は $10\mu\text{V}$ となり、この微小な電圧を高精度に測定する必要があります。

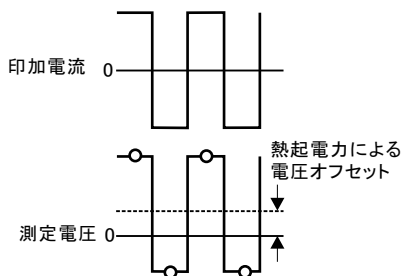
しかし、電圧測定のために使用するケーブルの金属接合部にはゼーベック効果による熱起電力が発生し、その電圧成分が誤差要因となります。その電圧の大きさは、使用するケーブルや周辺の温度環境によって異なりますが、数 μV になる場合があります。

そのため、使用する測定ケーブルは、途中で異種金属との接合を避け、同種金属で、かつ極力短いケーブルを使用することが必要です。抵抗が小さいほど、また、測定電流が小さいほど、熱起電力の影響を大きく受けることになります。左図は、印加電流をスイープして抵抗値を測定した例ですが、印加電流が小さいと測定される抵抗値の誤差が増えることが解ります。

本ソフトは、熱起電力の誤差成分を除去するために、3つの手法をサポートしております。

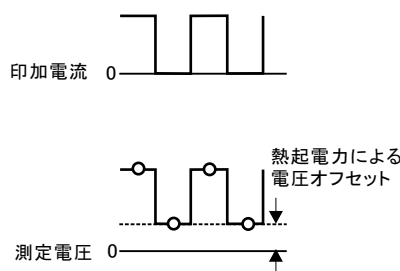
① 電流反転法

順方向と逆方向でそれぞれの方向で電圧を測定し、その平均値から抵抗を求めます。



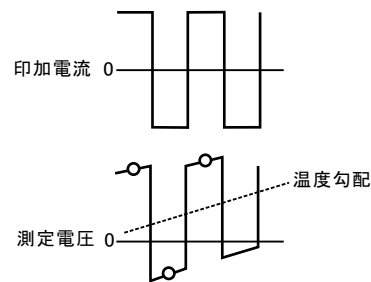
② ゼロ補正法

電流ゼロの時の電圧と、実際に通電した時の電圧の差から抵抗を求めます。

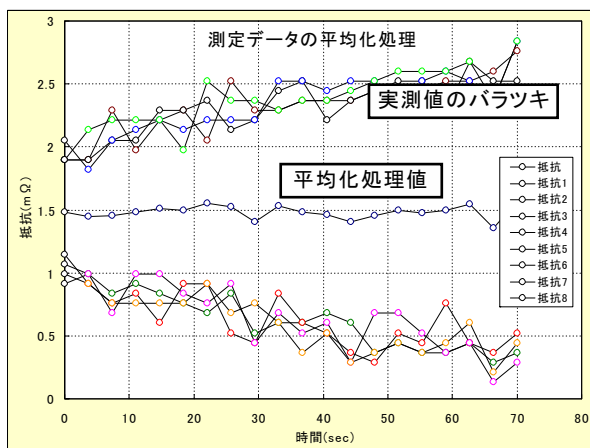


③ 3点補正法

測定中に温度勾配がある場合に温度勾配分も補正します。



◆ 外来ノイズによるバラツキの除去



「電流反転法」「ゼロ補正法」は、平均化回数を最大100回まで設定が可能です。

測定系への外来ノイズの進入に対する対策を行なうことが基本ですが、除去できない測定値のバラツキは、平均化処理によって安定した測定値を取得できます。

左図では、印加電流値を一定で「電流反転法」で同一の供試体を繰返し測定した例です。順方向での4回測定値の平均値と、逆方向での4回測定値の平均値をさらに平均して抵抗値を算出しています。安定した抵抗値が得られています。

本ソフトを使用するために必要な計測器の設定

KEITHLEY 2182Aの設定

「SHIFT」を押して、「DIGITS」(GPIB)キーを押して、GP-IBをONに設定します。



「ENTER」キーを押して、アドレスを設定します。



もう1度「ENTER」キーを押して、ラングエッジを「SCPI」に設定します。

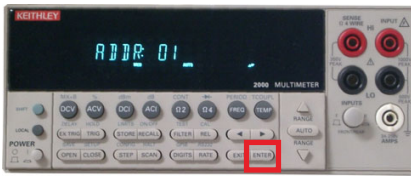


KEITHLEY 2000の設定

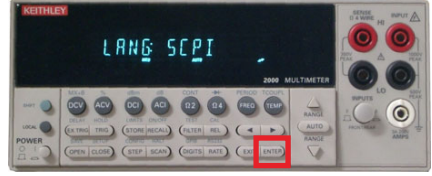
「SHIFT」ボタンを押した後、「DIGITS」(GPIB)ボタンを押します。下記のように「GPIB ON」にして「ENTER」ボタンで確定します。



測定器のGP-IBアドレスを任意のアドレスに設定し「ENTER」ボタンで確定します。



測定器のラングエッジを「SCPI」に設定し「ENTER」ボタンで確定します。



スキャナOFFで使用する場合の操作説明

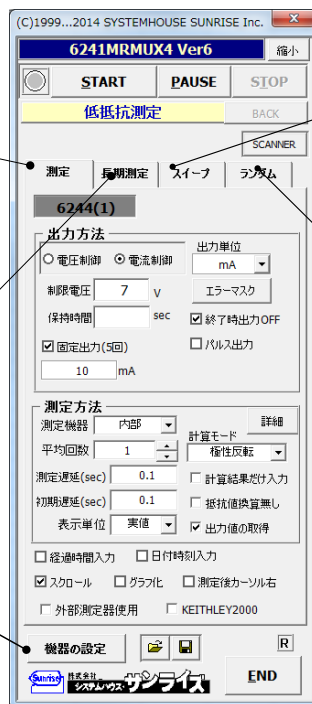
抵抗測定を行います。

この「測定」タブを選択して「START」ボタンをクリックすると、指定した電流値での抵抗測定や、Excelシートに入力した電流リストに基づいて抵抗測定を行うことができます。Excelシートの電流リストで測定する場合は、事前にキー入力しておいてください。

長期間連続して抵抗測定を行います。

「長期測定」を選択した場合、「測定」タブで設定した測定条件に基づいて長期間連続して抵抗測定を行います。

最初は、このボタンで、使用する機器の型式と、そのGP-IBアドレスを設定してください。下記を参照ください。



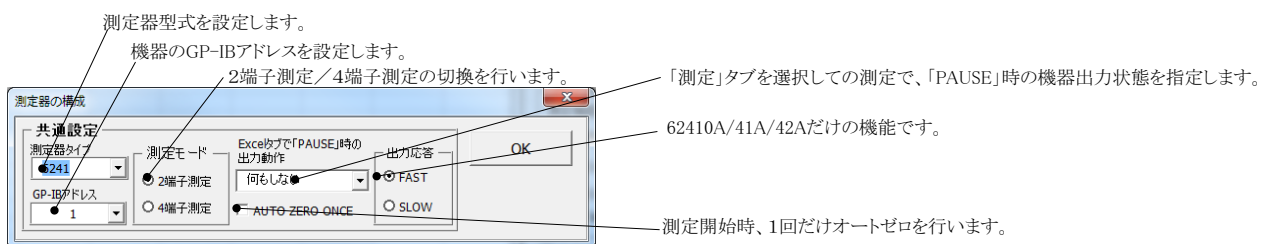
本体のスweep機能を使用した測定

この「スweep」タブが選択されている時に「START」をクリックすると、入力したスweep条件に基づき機器の設定を行った後、スweepを実行します。スweep完了後、その結果をExcel上に取込みます。取込データは、現在のカーソル位置から下方向に向かって入力されます。データの取込後、Excelシート上に、自動的に作図を行います。パルス出力も可能です。

本体のカスタムスweep機能を使用した測定

この「カスタム」タブが選択されている時に「START」をクリックすると、本体のカスタムリストに登録されている出力リストに基づいたスweep測定を行います。スweep完了後、その結果をExcel上に取込みます。取込データは、現在のカーソル位置から下方向に向かって入力されます。パルス出力も可能です。

「機器の設定」の説明



微小抵抗測定の実験方法

624x単体で4端子測定の場合

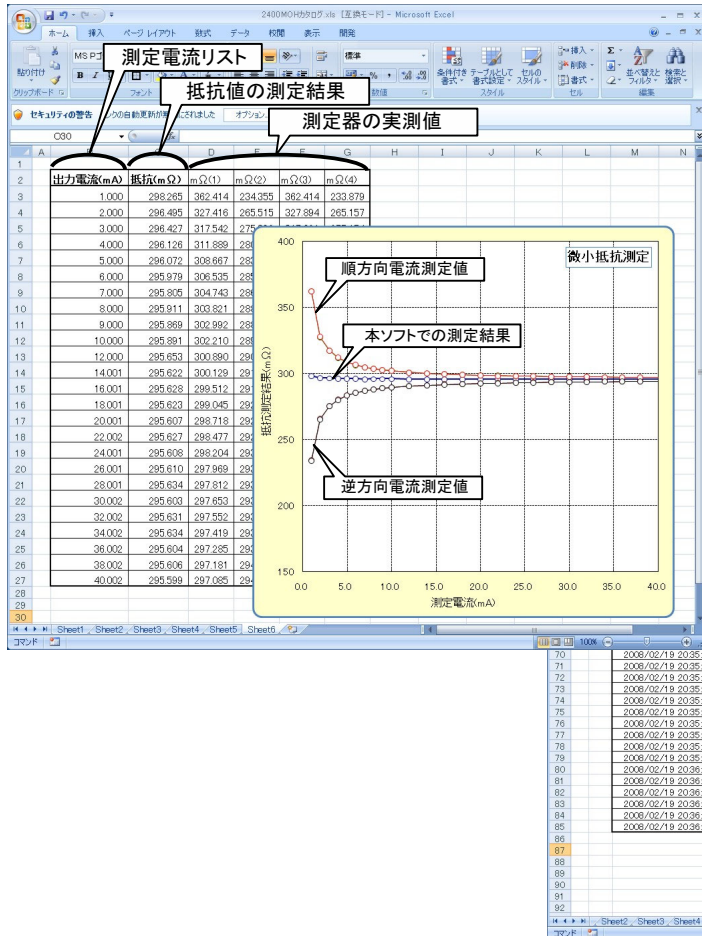
624x+2182Aで測定の場合

624x+34420Aで測定の場合

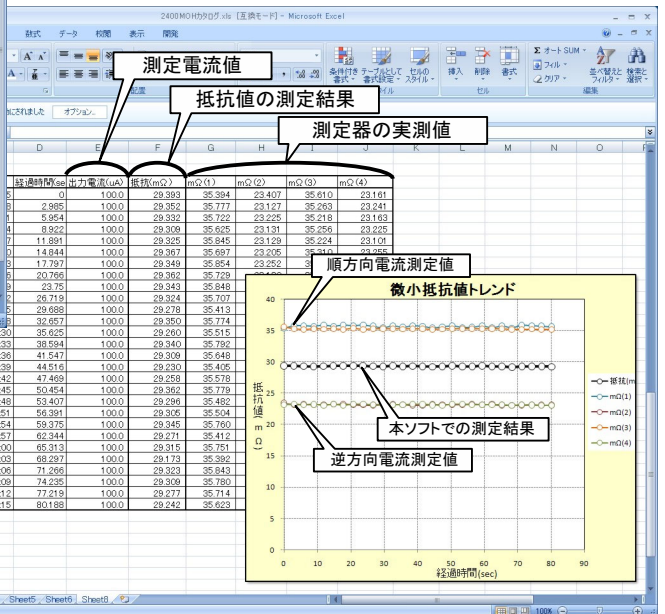
624x+その他測定器で測定の場合

624xが電圧モードの場合、測定値は電流値と解釈されます。また、電流モードの場合は、電圧値と解釈されます。

測定電流を変更しながらの抵抗測定例



測定電流を固定した抵抗測定例



抵抗測定の実行

「測定」タブを選択した後、「START」ボタンで抵抗測定を開始します。

「固定出力」のチェックを外して、電流可変で抵抗測定を行う場合は、事前にExcelシートに測定電流リストを入力しておく必要があります。その後、「出力位置」ボタンで、各機器が出力するExcelシート上のデータ位置先頭を指定してください。

上記設定をした後、「START」ボタンをクリックすると指定位置から順次下方方向に電流値が出力され、その抵抗測定結果が現在のカーソル位置に入力されます。

「出力位置」ボタン参照

使用する機器の型式が表示されます。括弧内の数値はGP-IBアドレスを表わします。機器型式とGP-IBアドレスの設定は、「機器の設定」ボタンで行います。

抵抗を定電流測定と定電圧測定で選択します。「電圧」出力での抵抗測定は、測定機器の「内部」「その他」を選択した時だけです。

電圧出力する時は、制限電流を入力し電流出力する時は、制限電圧を入力します。空欄の場合は、機器仕様へ順にその出力値に対応した最大の制限値に自動的に設定されます。

電圧/電流の出力保持時間を入力します。空欄の時は、測定に必要な最小時間になります。パソコンのタイムで時間を管理しますからあまり正確ではありません。パルス出力の場合は、パルス周期に切り換わります。0.05~9999秒の範囲で入力できますが、他の出力条件やパソコンの性能により、0.05秒付の時間は守れない場合があります。

固定された電流、または電圧で測定する時にチェックを付けます。

出力するデータ先頭位置を指定します。Excel上のカーソルを出力したい先頭位置に置いてこのボタンをクリックします。左のテキストボックスに、カーソル位置が自動的に入力されます。テキストボックスへは、直接、手入力も可能です。テキストボックスが空欄の状態では「START」できません。必ず、入力が必要です。

測定に使用する測定器を指定します。
 ・内部
 624xを単独で4端子法での測定の場合に選択します。
 ・2182A
 KEITHLEY2182Aを使用する場合に選択します。
 ・34420A
 Agilent34420Aを使用する場合に選択します。
 ・その他
 その他の測定器を使用する場合に選択します。

測定の平均回数を指定します。1~100回で指定します。「反転モード」にチェックを付けた場合、順方向だけで平均化、逆方向だけで平均化した後、順方向と逆方向の値をさらに平均化して抵抗値を算出します。

電流通過後、測定開始までの遅延時間を入力します。

測定開始で、初回の測定の時だけ、通電後の測定開始までの待ち時間を入力します。初回だけ、上記の測定遅延時間に加算されます。

測定結果をExcelシートに入力する時の単位を設定します。

現在の測定を完了後、一時停止します。「PAUSE」を押したまま、「START」を押すと、ステップ動作になります。最初に「PAUSE」を押した後に「START」を押しても、ステップ動作になります。「PAUSE」を解除すると、連続測定モードに復帰します。「測定」タブが選択されたときのみ、有効です。

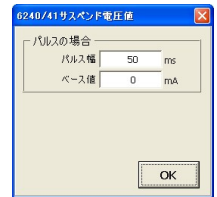
画面を縮小表示に切り換えます。

出力を中断します。

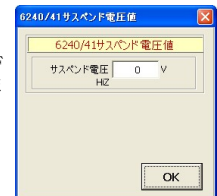
Excel上のデータを出力する時の単位を設定します。Excel上のデータが「100」で、「uA」を設定すると、100uAが出力されます。

測定が完了した時、機器の出力をOFFします。チェックを付けないと、終了時、出力は最後の出力値でONを保持します。

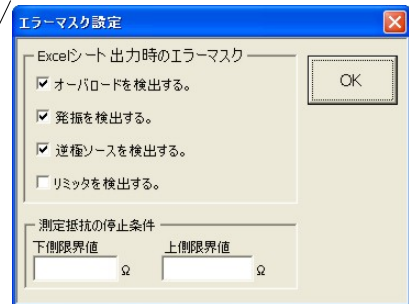
チェックを付けると、出力がパルス出力になります。右図が表示されますから、パルス幅/ベース値を入力してください。パルス出力にチェックを付けると、「保持時間」がパルス周期に切り換わります。



6240A/41A/42Aだけの機能です。「終了時出力OFF」にチェックを付けた場合、機器のオペレーションをOFFにしないで、オペレーションをONのまま、サスペンドにします。ここでは、サスペンドの時の出力電圧を入力します。



測定中に機器にエラーが発生した場合、出力を中断する条件を設定します。下記の画面で設定します。



選択した測定器の詳細設定を行います。

「無処理」「極性反転」「ゼロ補正」「デルタ(3点法)」から選択します。「無処理」単純平均での測定。「極性反転」測定ごとに電流方向を切り替えて測定。「ゼロ補正」測定と電流ゼロを交互に切り替えて測定。「デルタ(3点法)」測定毎に電流方向を切り替えて3回測定を行います。

チェックを付けると、実測値はExcelに入力されず、算出した抵抗値だけがExcelシートに入力されます。

チェックを付けると、抵抗値を計算しないで、測定器の測定値(電圧/電流)をそのままExcelシートに入力します。

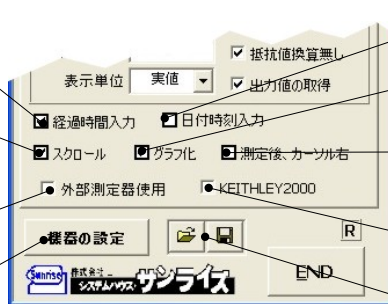
電流または電圧の出力測定値もExcelシートに入力します。

測定開始からの経過時間をExcelシートに入力します。

測定中、測定値が常にExcelシート表示されるように、Excelシートを自動的にスクロールします。測定中の作図を行っているとき、グラフがスクロールにより隠れてしまい不都合な場合は、チェックを外して測定をスタートします。

他の測定器の測定も同時に行います。(外部測定器の項を参照ください。)

使用する624xの詳細を設定します。



測定データの日付時刻をExcelシートに入力します。

測定データのトレンドグラフを作成します。「長期低抵抗測定」では、グラフは作図されません。

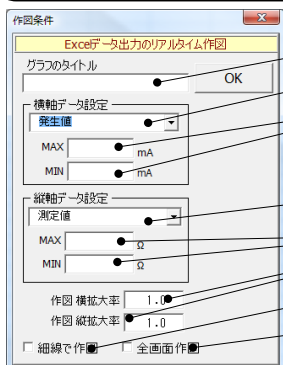
測定終了後、Excel上のカーソル位置が自動的に測定データの右側位置へ移動します。チェックが無い場合は、下側位置へ移動します。

KEITHLEY2000の測定も同時に行います。(W32-2400MPXだけの機能です。)

入力した全ての条件をロード及びセーブします。

「グラフ化」の説明

「測定」タブを選択し、データ出力を行う場合のリアルタイム作図の方法を設定します。



グラフのタイトルを任意に入力します。空欄でもかまいません。

横軸のデータを指示します。

横軸目盛のMAX/MINを入力します。空欄の場合、オートスケールされます。ただし、事前に値を入力し、固定スケールにすると、作図が高速に行われます。

縦軸のデータを指示します。

縦軸目盛のMAX/MINを入力します。空欄の場合、オートスケールされます。ただし、事前に値を入力し、固定スケールにすると、作図が高速に行われます。

Excelシート上の作図の場合、デフォルトの作図サイズに対する縦横の作図倍率を入力します。

グラフラインの線の太さを細線で作図します。

作図をExcelシート上ではなく、作図専用のチャート上で作図します。

(但し、スキヤナ使用での「Test Meas.」「All Meas.」では、作図は必ずExcelシート上に行われます。)

測定器で「内部」を選択した時の詳細設定

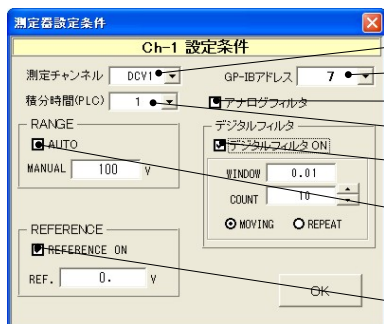


測定の積分時間を設定します。ここでの入力値が測定時間の長さを決定し、入力可能な保持時間(パルス幅)に影響を与えます。

測定をオートレンジで行います。マニュアルレンジでは、制限電流によって決まるレンジに固定されます。

測定器で「2182A」を選択した時の詳細設定

注)個々の項目の機能詳細につきましては、測定器の「User's Manual」を参照ください。



測定チャンネルを指定します。通常は「DCV1」を選択します。

2182AのGP-IBアドレスを設定します。

アナログフィルタをONにします。

積分時間を設定します。

デジタルフィルタをONにします。ONに設定した場合、その条件を設定します。

測定レンジをAUTO/MANUALで切換えます。AUTOのチェックを外すとレンジ入力用テキストボックスが現れますからレンジをキーボードから入力します。厳密な値を入力する必要はありません。入力された値に一番近いレンジに設定されます。

リファレンス機能をONにし、そのリファレンス値を入力します。

測定器で「34420A」を選択した時の詳細設定

注)個々の項目の機能詳細につきましては、測定器の「User's Manual」を参照ください。



測定チャンネルを指定します。通常は「DCV1」を選択します。

積分時間を設定します。

各設定項目は、測定器に付属する取扱説明書に記載されている説明文を参照ください。

測定器で「その他」を選択した時の詳細設定

その他測定器とはGP-IBでパソコンと接続されている必要があります。

その他測定器から送られてくるデータのフォーマットは、ASCIIであり、複数のデータの場合(Max10個)、データ間はコマンドで区切られている必要があります。

注1)複数のデータを受信した場合、本ソフトで使用するデータは、先頭の1つだけで、それ以降のデータは捨てられます。

注2)その他測定器からのデータ取り込みは、全ての測定器との通信を保証するものではありません。

外部測定器の条件設定

GP-IBアドレス: 11

デリミタ: LF+EOI

測定器初期化コマンド (必要な場合)

データ受信時の設定
クエリコマンド (必要な場合)

トリガ送信必要

GET *TRG 任意コマンド

:INIT:IMM

演算実行

係数 A: 1.0

係数 B: 0.0

単位: User110

測定値に、下記の演算が行われた後、Excelへ入力されます。
入力値 = (測定値 - B) * A

データ書式

OK

データフォーマット

測定器-1

データの種類の
 数値データ

データ間の区切り方法
 区切り文字 スペース 任意

OK

その測定器のGP-IBアドレスを設定します。

測定器のデリミタを設定します。通常は、LF+EOIです。

測定開始前に、測定器に送信するコマンドがある場合は、ここに入力します。ファンクションやレンジ切換えのコマンドを入力します。通常は空欄です。

もし、測定器からデータを受け取る時、クエリコマンドを事前に送信する必要がある時、ここに送信するクエリコマンドを入力します。ほとんどの場合、空欄でOKです。
もし、マルチメータがSCPIコマンド準拠のものでしたら、下記のコマンドのどれかが使用されます。
:READ? :FETCH? :MEAS?

測定器のデータ受信時にトリガが必要な時、チェックをつけます。

「GET」、「*TRG」、「任意コマンド」からトリガの方法を選択します。
通常は、「GET」の選択をします。
「任意コマンド」を選択した場合は、トリガコマンドをテキストボックスに入力します。

測定器のデータに演算処理を行うときにチェックします。複数のデータが受信された場合は、その全てのデータに、下記に入力した演算が行われます。

取り込んだデータに、下記演算を行った後、Excelへ入力します。
Excelへの入力値 = (測定器データ - B) * A

ヘッダとしてExcelへ入力する事項をここに入力します。
空欄の場合、「外部」が入力されます。

測定器のデータは数値として扱います。

測定器から複数のデータが送信される場合、データの区切り文字を指定します。一般的には「コンマ」が使用されます。

測定電流リストをExcelシートに入力する方法

この位置を出力位置に指定します。
出力データは、Excel上の任意の位置
に入力可能です。

この位置にカーソルを置いて、試験を開始した場合の例です。
カーソル位置は任意ですが、測定結果は、カーソル位置から
下方向に入力されます。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
3													
4													
5		2	2008/02/19 20:21:04	経過時間(sec)	出力電流(uA)	抵抗(mΩ)	mΩ(1)	mΩ(2)	mΩ(3)	mΩ(4)			
6		3	2008/02/19 20:21:07	0.0	2.000	39.350	-789.633	854.136	-721.000	813.897			
7		4	2008/02/19 20:21:10	3.0	3.000	69.616	-435.665	589.802	-444.798	569.126			
8		5	2008/02/19 20:21:13	6.0	4.000	71.548	-291.422	426.100	-284.331	435.844			
9		7	2008/02/19 20:21:16	8.9	5.000	65.835	-202.350	332.414	-191.921	325.198			
10		10	2008/02/19 20:21:19	11.9	7.000	68.634	-117.063	256.381	-105.803	241.019			
11		15	2008/02/19 20:21:21	14.9	10.000	66.465	-49.234	181.700	-40.580	173.976			
12		20	2008/02/19 20:21:24	17.8	15.000	67.607	0.169	134.370	1.980	133.911			
13		25	2008/02/19 20:21:27	20.8	20.000	67.394	19.214	115.444	21.833	113.085			
14		30	2008/02/19 20:21:30	23.7	25.000	67.209	31.687	102.102	33.759	101.286			
15		35	2008/02/19 20:21:33	26.7	30.001	67.186	40.302	94.236	40.588	93.616			
16		40	2008/02/19 20:21:36	29.7	35.002	67.390	45.390	89.409	46.252	88.510			
17		45	2008/02/19 20:21:39	32.6	40.001	66.896	48.914	85.371	49.599	83.699			
18		50	2008/02/19 20:21:42	35.6	45.001	66.464	51.824	81.403	52.064	80.545			
19		55	2008/02/19 20:21:45	38.6	50.002	66.300	53.906	78.798	54.196	78.301			
20		60	2008/02/19 20:21:48	41.6	55.003	66.317	55.881	77.039	55.813	76.535			
21		65	2008/02/19 20:21:51	44.6	60.003	65.949	56.699	75.147	56.900	75.048			
22		70	2008/02/19 20:21:54	47.5	65.003	65.624	57.442	74.057	57.579	73.418			
23		75	2008/02/19 20:21:57	50.5	70.002	65.246	58.027	72.476	58.121	72.360			
24		80	2008/02/19 20:22:00	53.5	75.002	65.193	58.630	71.733	58.630	71.780			
25		85	2008/02/19 20:22:03	56.5	80.000	64.887	59.212	70.624	59.098	70.615			
26		90	2008/02/19 20:22:06	59.5	85.000	64.795	59.599	70.085	59.289	70.209			
27		95	2008/02/19 20:22:09	62.5	90.001	64.754	59.865	69.699	59.768	69.683			
28		100	2008/02/19 20:22:12	65.5	94.999	64.523	60.025	69.157	59.742	69.171			
				68.4	100.000	64.544	60.000	68.859	60.318	68.768			
				71.4	105.001	64.390	60.000	68.218	60.524	68.260			
				74.4	109.000								
				77.4	114.000								
				80.4	119.000								

試験を開始する前に、出力する測定電流リストを縦方向に入力しておきます。
電流は、出力する場合はプラス値で、吸込む場合はマイナス値で入力します。

試験の測定結果が、このように入力されます。グラフ機能をOnに設定しておく、自動的に作図が行われます。

外部測定器(マルチメータ等)の設定方法

外部測定器とはGP-IBでパソコンと接続されている必要があります。(下図)
外部測定器から送られてくるデータのフォーマットは、ASCIIであり、複数のデータの場合(Max10個)、データ間はコンマで区切られている必要があります。注)外部測定器からのデータ取り込みは、全ての測定器との通信を保証するものではありません。

- 外部測定器のGP-IBアドレスを設定します。
- 測定器のデリミタを設定します。通常は、LF+EOIです。
- 測定開始前に、測定器に送信するコマンドがある場合は、ここに入力します。ファンクションやレンジ切替えのコマンドを入力します。通常は空欄です。
- もし、外部測定器からデータを受け取る時、クエリコマンドを事前に送信する必要がある時、ここに送信するクエリコマンドを入力します。ほとんどの場合、空欄でOKです。もし、マルチメータがSCPIコマンド準拠のものでしたら、下記のコマンドのどれかが使用されます。
:READ? :FETCH? :MEAS?
- 外部測定器のデータ受信時にトリガが必要な時、チェックをつけます。
- 「GET」、「*TRG」、「任意コマンド」からトリガの方法を選択します。通常は、「GET」の選択をします。「任意コマンド」を選択した場合は、トリガコマンドをテキストボックスに入力します。
- 外部測定器のデータに演算処理を行うときにチェックします。複数のデータが受信された場合は、その全てのデータに、下記に入力した演算が行われます。
- 取り込んだデータに、下記演算を行った後、Excelへ入力します。
Excelへの入力値 = (測定器データ - B) * A
- ヘッダとしてExcelへ入力する事項をここに入力します。空欄の場合、「外部測定器」が入力されます。

- 外部測定器のデータを数値として扱うか、文字として扱うかの設定を行います。通常は「数値データ」に設定します。
- 外部測定器から複数のデータが送信される場合、データの区切り文字を指定します。一般的には「コンマ」が使用されます。
- 外部測定器が送信するデータ数をセットします。

KEITHLEY 2000を使用する場合の設定

注)W32-6241MPXだけの機能です。

測定ファンクションを設定します。DC電圧電流、AC電圧電流、抵抗2線抵抗4線、温度、周波数、周期から選択。

測定レンジをAUTO/MANUALで切換えます。AUTOのチェックを外すとレンジ入力用テキストボックスが現れますからレンジをキーボードから入力します。入力された値に一番近い1つ上のレンジに設定されます。

アベレージング機能をONにします。

トリガ方法を設定します。

「FREE RUN」
測定中もFREE RUN状態を保持します。

「パソコン」

測定時間毎にパソコンが測定器にトリガを送信します。測定器はHOLD状態になります。

「外部」

測定器リアーのトリガリンク端子に同期してサンプリングを行います。

スキャナカードを使用するときチェックを付けます。

サンプリングレートを設定します。
FAST=NPLC 0.01
MID=NPLC 1
SLOW=NPLC 10

相対値測定をONにします。

測定値をExcelへ入力する時の単位を設定します。「実値」は、測定ファンクションにより「V」「A」または「Ω」の単位で入力します。「係数演算」を有効にした場合は、この設定は無視されます。

測定データを係数演算して、その結果をExcelシートに入力します。右画面が表示されますから、係数A,Bとその演算結果の単位を入力してください。

測定器本体で設定したGP-IBアドレスと同じ値を設定します。

測定のトリガディレイ時間を入力します。通常は、空欄または「0」を入力します。

温度の測定

測定のファンクションで「温度」を選択します。

サンプリングレートを設定します。

FAST=NPLC 0.01

MID=NPLC 1

SLOW=NPLC 10

熱電対のタイプを選択します。(K, J, T)

温度の単位を選択します。(C, F, K)

アベレージング機能をONにし、その条件を設定します。

周波数・周期の測定

測定のファンクションで「周波数」または「周期」を選択します。

測定する電圧レンジを設定します。

Model2000-SCAN スキャナカードを使用した測定方法

「リレーカード使用」にチェックを付けると、下記画面が表示されますから、スキャン測定の条件を設定します。「リレーカード使用」チェックが付いた状態から下記画面を表示するためには、一旦チェックを外してから再度チェックを付けます。
各チャンネルの測定ファンクション毎のサンプリングレート(FAST, MID, SLOW)やアベレージング等の測定条件は事前に手動で設定しておく必要があります。

測定するチャンネルにだけにチェックを付けます。
測定チャンネルは連続している必要はありません。

測定ファンクションを設定します。各チャンネル毎に異なったファンクションの設定が可能です。ただし、連続したチャンネルで全て同一のファンクションに設定すると速いスキャン測定が可能になります。その場合、DC電圧で10chの測定に要する時間は約1.1秒です。1~5chでは、4端子抵抗測定の選択が可能です。4端子抵抗測定を選択すると、その対になるチャンネルの使用はできなくなります。例えば、ch-2を4端子抵抗測定に設定するとch-7は使用できなくなります。

各チャンネルの測定値に演算処理を行った後、Excelへの入力を行う場合は「演算」にチェックをつけ、「係数A」「係数B」「単位」に適切な値を入力します。

Excelへの入力値 = (測定値 - 係数B) * 係数A

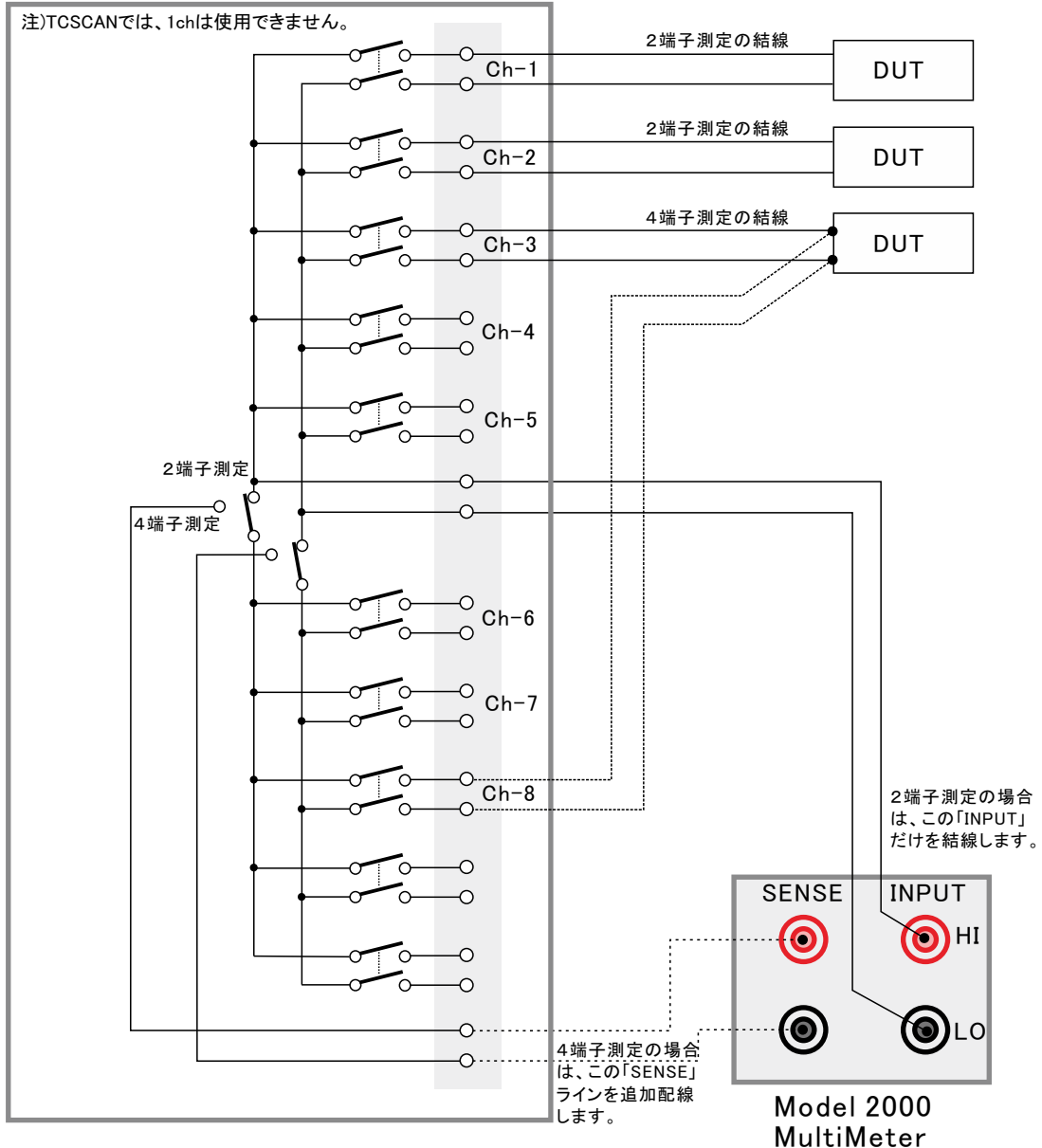
CHANNEL	ファンクション	演算	係数A	係数B	単位
<input checked="" type="checkbox"/> Ch-1	DC電圧	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	0.0	User1
<input checked="" type="checkbox"/> Ch-2	抵抗(4線)	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	0.0	User2
<input checked="" type="checkbox"/> Ch-3	AC電圧	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	0.0	User3
<input checked="" type="checkbox"/> Ch-4	温度	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	0.0	User4
<input checked="" type="checkbox"/> Ch-5	AC電圧	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	0.0	User5
<input checked="" type="checkbox"/> Ch-6	DC電圧	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	0.0	User6
<input type="checkbox"/> Ch-7	抵抗(2線)	<input type="checkbox"/>			
<input checked="" type="checkbox"/> Ch-8	DC電圧	<input type="checkbox"/>			
<input checked="" type="checkbox"/> Ch-9	AC電圧	<input type="checkbox"/>			
<input checked="" type="checkbox"/> Ch-10	DC電圧	<input type="checkbox"/>			

Excelへの入力値=(測定値-B)*A

スキャナカードの配線例

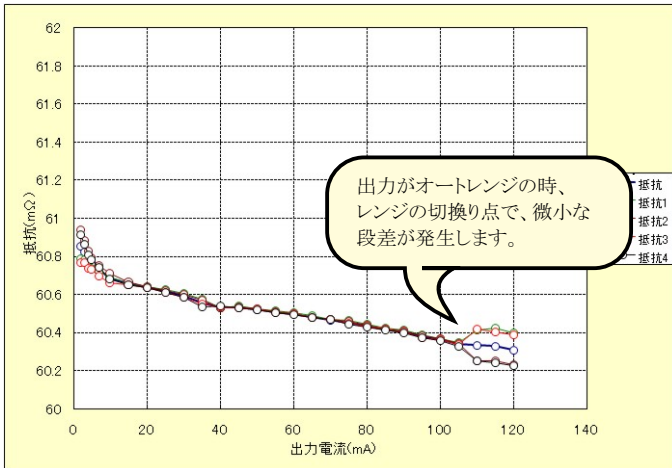
Model 2000-SCAN Scanner Card(10ch)

Model 2000-TCSCAN Scanner Card(9ch)



電流可変による抵抗値測定の注意事項

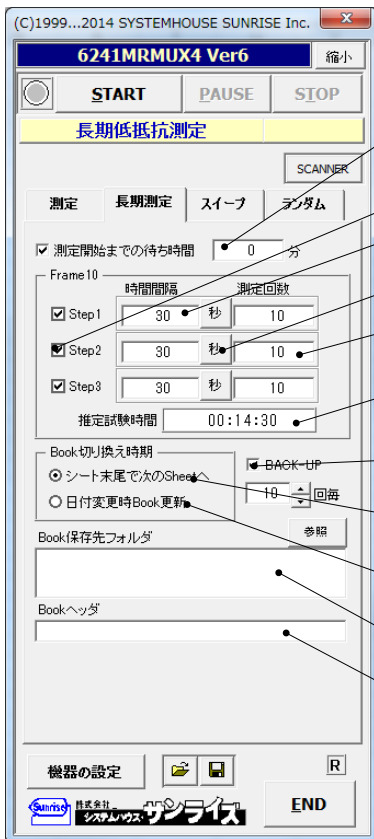
電流を範囲に変可しながら抵抗値の測定をおこなう場合、測定データをグラフにより大表示すると、下記のような僅かな段差が見られる場合があります。これは、電圧電流発生器の出力レンジをオートレンジで測定した場合に、レンジの切り換わり点で発生します。この段差を防ぎたい場合は、出力レンジを固定レンジにして測定を行ってください。



長期低抵抗測定を行う場合の設定

注)W32-6241MRXだけの機能です。

「測定」タブで、固定出力にチェックを付けた時だけ「長期低抵抗測定」が可能になります。また、測定条件は、全て「測定」タブの画面で設定した条件に従います。ただし、グラフの作図は行われません。



「START」ボタンをクリックして、実際に測定を開始するまでの待ち時間を入力します。例えば、恒温槽内に試料を入れ、所定の温度に到達するまで待つから測定を開始したい場合などに使用します。

測定の時間間隔を3種類で設定できます。測定で使用する測定ステップにチェックします。

時間間隔を入力します。

時間間隔の単位を「秒」と「分」で切り換えます。

測定回数を入力します。

上記で設定した測定時間間隔と測定回数から、全ての測定を終了までの所要時間が表示されます。この時間が再計算されるのは、入力したテキストボックスからカーソルを移動したときです。

測定データの入力されたExcelブックを定期的を上書き保存する時にチェックを付けます。その後、保存する測定サイクルを指定します。

測定データが、Excelシートの最下行に到達したとき、次のシートの先頭に移動します。次のシートがない場合は、自動的にシートが作成されます。ただし、シートが20シートに到達すると、試験を強制的に終了します。

日付が変更になったとき、現在のブックを保存した後、新しいブックを作成し、その先頭からデータを入力します。

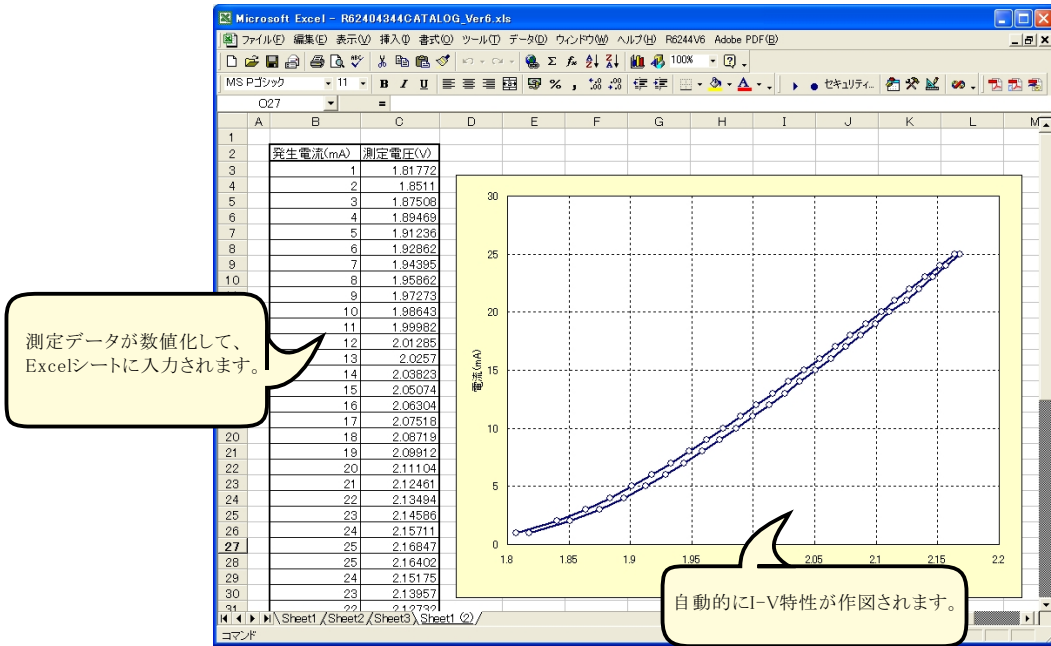
データの入力されたExcelブックを保存するフォルダを指定します。

バックアップ保存されるExcelブック名の先頭に付ける名称を入力します。Excelブックには、下記の名前が自動的に付けられます。

バックアップ保存でExcelブックのファイル名
 "Book名のヘッダ" + "_" + 年月日 + "_" + 時分秒 + ".xls"

機器本体でのスイープ出力と測定を行う

スイープ測定結果がExcelシートに入力された例



測定データが数値化して、Excelシートに入力されます。

自動的にI-V特性が作図されます。

本体のスイープ機能を使用した測定

この「スイープ」タブが選択されている時に「START」をクリックすると、設定した条件に基づき、2台の機器が同期を取ってスイープを実行します。スイープ完了後、その結果をExcel上に取込みます。取込データは、現在のカーソル位置から下方向に向かって入力されます。スイープ終了後、データをパソコン取込みに要する時間は、5000ステップのデータの場合、約20秒です。

使用する機器の型式が表示されます。括弧内の数値はGP-IBアドレスを表わします。機器型式とGP-IBアドレスの設定は、「機器の構成」ボタンで行います。

電圧スイープ/電流スイープを切り換えます。

スイープスタート電圧/電流を入力します。

スイープストップ電圧/電流を入力します。LOGスイープの場合スタートとストップの正負の極性は同じにしてください。

6241A/42Aの場合に表示されます。クリックすると2ndスイープの設定が可能になります。⑥の項を参照。

LINスイープの時、ステップ電圧を入力しLOGスイープの時、ディケード当りの分割数を入力します。注)LOGスイープの場合、この欄は手入力出来ません。ダブルクリックにより入力値を変更してください。

制限電圧/制限電流を入力します。

各ステップの保持時間を入力します。パルス出力の場合は、周期を入力します。

スイープを開始します。

リニア/ログのスイープを切り換えます。(6240A/41A/42Aの場合は、LIN/FIXの切換え)

スイープスタート/ストップ値の入力の単位を設定します。

パルスモードで出力します。「保持時間」がパルス周期となります。同時に下記の条件を入力します。

スイープスタート/ストップ間を往復スイープします。

R6240のパルス出力の場合だけ表示されます。パルス出力では、1A以上の電流出力を行う場合、最適なパルス周期/パルス幅などを自動的に計算し設定します。

各入力項目の説明は、機器に付属する取扱説明書を参照ください。

スweep電圧をExcelに取込みます。発生モードが「電圧」で、「スweep電圧」と「スweep電流」の両方にチェックを付けた場合、このスweep電圧は、実際の測定値でなく計算値で入力されますから、実際の出力電圧値と若干異なる場合があります。

スweep電流をExcelに取込みます。発生モードが「電流」で、「トレース電圧」と「トレース電流」の両方にチェックを付けた場合、このスweep電流は、実際測定値でなく計算値で入力されますから、実際の出力電流値と若干異なる場合があります。

電圧スweepの時、ここで入力した電流値に対応した電圧値を計算し、Excelに入力します。電流スweepの場合は、電圧値の入力になります。

6240A/41A/42Aの場合は、抵抗値での測定が可能です。

スweep電圧／電流を両方とも取込み指定した場合、自動的に作図を行います。

測定の積分時間を設定します。

各ステップでの測定遅延時間を入力します。

⑥6241A/42Aの2ndスweepの設定

以下の2項目の入力が有効な場合、2ndスweepが行なわれます。どちらか、または両方が空欄の場合、2ndスweepは行なわれません。

前半のスweepステップ幅を入力します。

スweepステップ幅を切替える電圧を入力します。

注1) 測定終了後、その測定結果を測定器内部のバッファメモリからExcel上にデータを取り込むのに必要な時間は、4000ステップのデータの場合、約21secかかります。

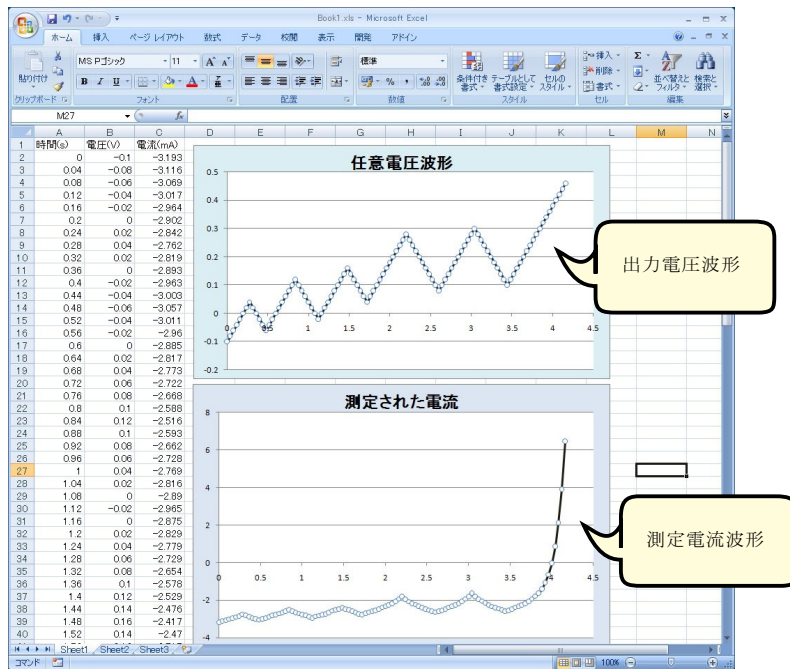
注2) スweep測定に 祭し、保持時間、パルス周期、パルス幅、積分時間、ホールド時間、ソースディレー時間、測定遅延時間、測定のオートレンジ、発生オートレンジ等の組み合わせにより必ずしも希望の条件設定ができるとは限りません。できるだけ 安定した測定ができるようにするため、不適切な条件設定で測定を開始しようとしたとき、入力条件を変更する要求が行われます。

適切な測定条件になるように、上記条件を再度調整して、測定を開始してください。

測定器の取扱説明書を熟読し、発生と測定の制限事項を把握しておくことが大切です。

Excelデータをランダムメモリに取込、出力と測定を行う

ランダム波形でスイープした例



Excel上のデータをランダムスイープとして出力

この「ランダム」タブが選択されている時に「START」をクリックすると、設定した条件に基づき2台の機器が同期をとってランダムスイープを実行し、その測定結果をExcel上に取込みます。取込データは、現在のカーソル位置から下方向に向かって入力されます。

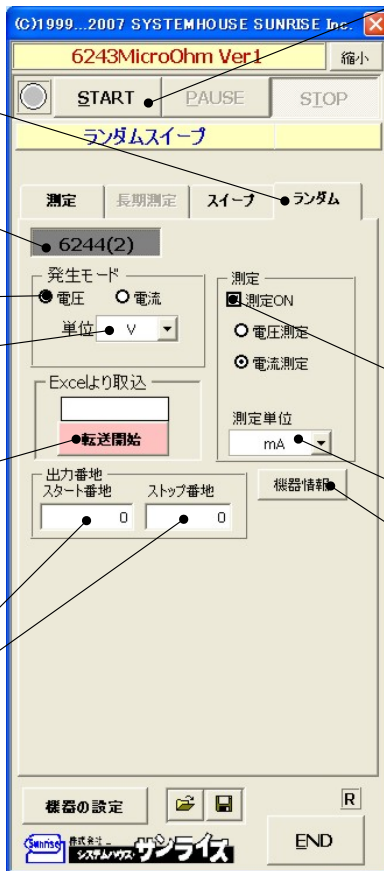
出力と測定の条件を入力する機器を選択します。括弧内の数値はGP-IBアドレスを表わします。機器型式とGP-IBアドレスの設定は、「機器の構成」ボタンで行います。

Excelシートより、電圧値として取り込むか、電流値として取り込むかを選択します。

取り込むデータの単位を設定します。例えば、Excel上のデータが「100」で「mA」を設定した場合、100mAとして取り込まれます。

Excel上の数値データを機器のランダムメモリへ送り込みます。Excel上の現在のカーソル位置から下方向にデータの取り込みを開始します。セルが空欄になると、5000個になると、取り込みを終了します。取り込んだ結果は、下の出力番地に反映されます。5000個のデータをパソコンから機器へ送信に要する時間は、約20秒です。

「START」により出力するメモリ番地範囲を入力します。



「メモリ番地」で設定された範囲のデータのランダムスイープを開始します。事前に「電圧出力」か「電流出力」かを「スイープ」タブの発生モードを切り換えておいてください。他の条件は、「スイープ」タブで設定した下記の条件に従います。

- ・ DC/パルス
- ・ 保持時間 (パルス周期)
- ・ 測定 遅延時間
- ・ ソースディレイ
- ・ オートレンジディレイ
- ・ スイープリ パース (パルスの場合)
- ・ バイアス値
- ・ パルス幅

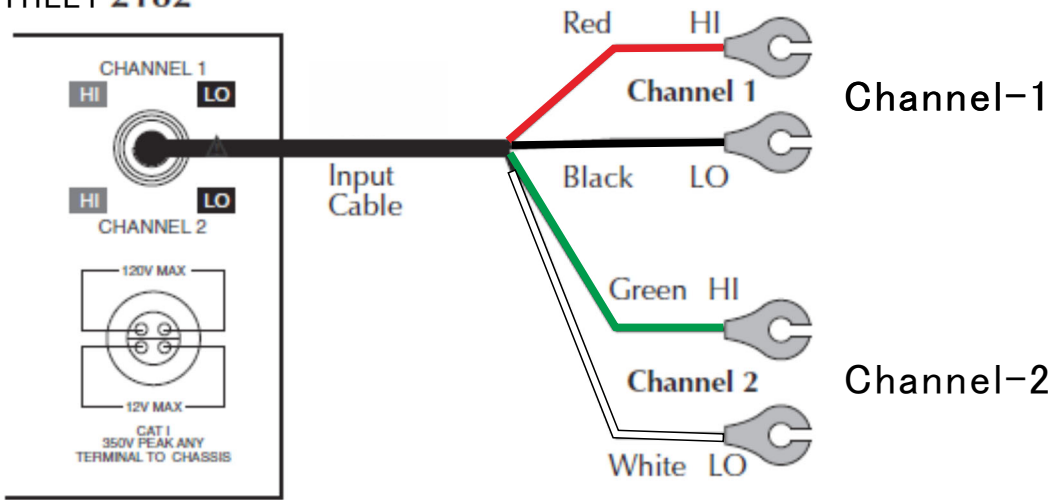
ランダムスイープと同時に測定を行うときにチェックを付けます。電圧測定/電流測定のどちらか一方の選択となります。6240A/41A/42Aでは、抵抗測定の選択ができます。

測定結果をExcelへ入力するときの単位を設定します。

接続されている機器の型式を取得し、表示します。

参考

Agilent 34420
KEITHLEY 2182



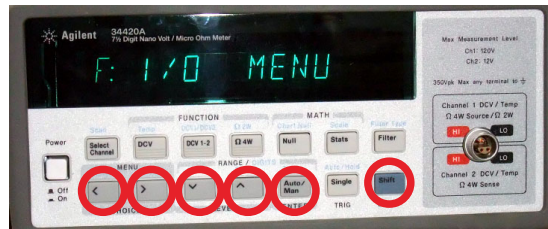
Agilent 34420の設定

34420本体のメニューを選択し、

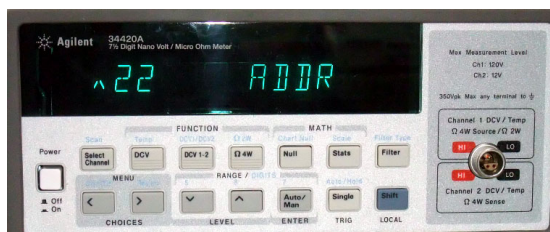
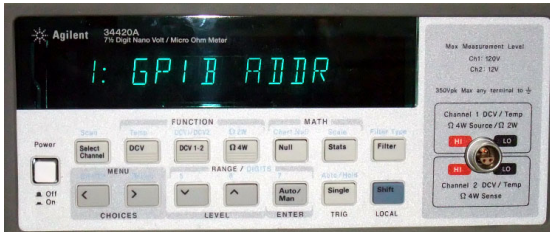
1. インターフェイス= GP-IB
2. GP-IBアドレス(既存値=22)
3. ラングエッジ = SCPI

を設定します。
詳細は、34420付属の操作説明書を参照ください。

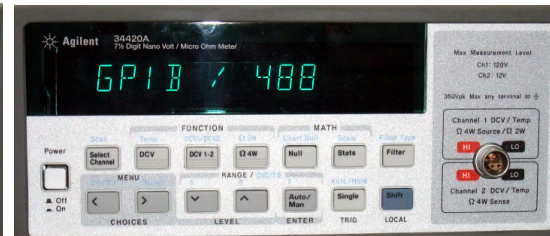
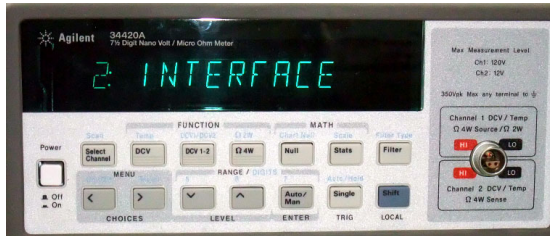
‘Shift’ + ‘>’ KEYで ‘I/O MENU’ を表示。



1. GP-IBアドレスを設定します。(既存値=22)



2. インターフェイスをGP-IBに設定します。



3. ラングエッジをSCPIに設定します。



多チャンネル抵抗測定の方法

● 測定のためのシステム構成

Windows 7,8,8.1 (32bit or 64bit)
MS-Excel 2007/2010(32bit only)
ディスプレイの縦方向900ドット以上(推奨1024ドット)



● GPIB-USB変換器

● ADC社 6244など
電流源



電流通電

電圧測定

● Keysight 34420A
または、KEITHLEY 2182A
ナノボルト/マイクロオーム・メータ



● ナノボルトメータ KEITHLEY 2182A

● 低熱起電力入ケーブル
34102A

● W32-6241MUX3の場合 (Max 30ch)

KEYSIGHT DAQ973A



DAQM901A(Max 3枚)



W32-6241MUXの場合 (Max 30ch)

● KEYSIGHT. 34970A
(カードスロット数 = Max3)

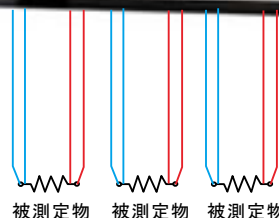


マルチプレクサカード 34901A
4端子法 10ch * 3枚 = Max. 30ch



W32-6241MUX2の場合 (Max 160ch)

● Keysight 34980A
マルチファンクション/スイッチ計測ユニット



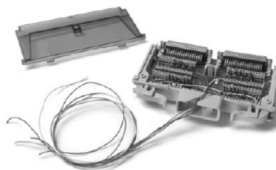
●●●
最大電流 2A

34980A試料切替用モジュール

● 34921A マルチプレクサ * Max 8枚
(4端子法 20ch) * 8 = Max. 160ch

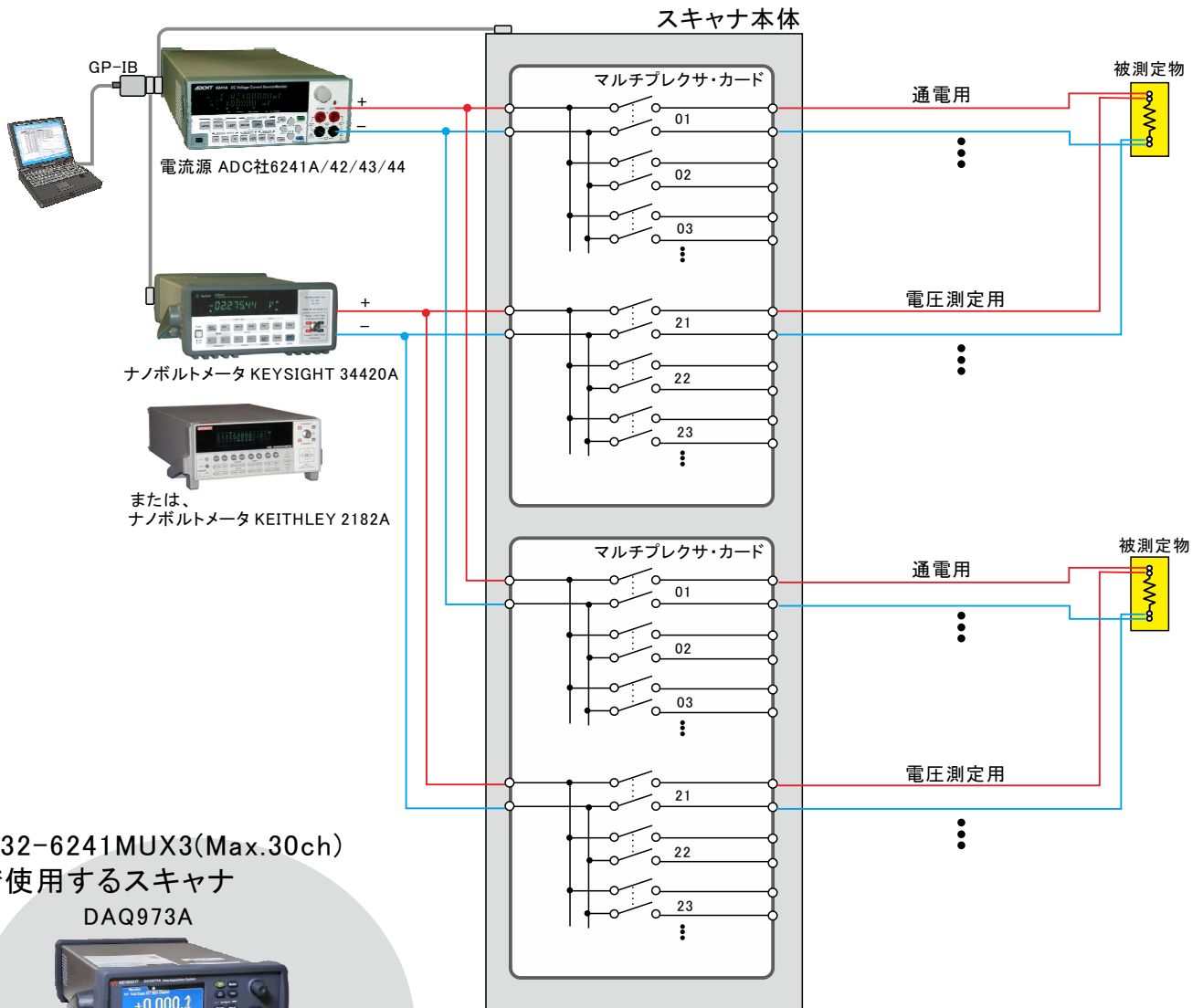


● 34921T ターミナルブロック * Max 8個



多チャンネル微小抵抗測定システムのシステム配線図

下記ハードウェアは全てユーザー側でご用意いただく必要があります。



W32-6241MUX3(Max.30ch)
で使用するスキャナ
DAQ973A



DAQM901A(Max 3枚)



W32-6241MUXの場合 (Max 30ch)
30ch版ソフトで使用するスキャナ

KEYSIGHT(旧アジレント) 34970A
(カードスロット数 = 3)



マルチプレクサカード 34901A
4端子法 10ch * 3枚 = Max. 30ch

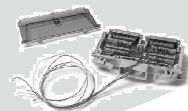


W32-6241MUX2の場合 (Max 160ch)
160ch版ソフトで使用するスキャナ

KEYSIGHT(旧アジレント) 34980A
(カードスロット数 = 8)



34921A マルチプレクサ
4端子法 20ch * 8枚 = Max. 160ch



34921T ターミナルブロック

● 測定開始前の準備

「測定」または「長期測定」のタブを選択し、「SCANNER」ボタンをクリックします。

多チャンネル測定をONにします。

スタートボタンが多チャンネル測定を表す「SACN.START」に変わります。

多チャンネル測定のためのスキャナ設定画面が表示されます。

まず、最初に「SET」ボタンをクリックします。現在接続されているスキャナの情報を取り込みます。取り込んだスロットやチャンネル情報を下記枠に表示します。また、左枠に指定されたチャンネルに設定されます。

現在接続されているスキャナ本体に装着されているマルチプレクサカードのスロット番号を表します。

各カード毎のチャンネル数を表します。赤色は測定ONを表しています。グレーは測定OFFを表します。ダブルクリックするとON/OFFが切り換わります。

この画面は、測定開始前の段取り作業として使用します。試料の配線間違いや、接続 認などを行います。

多チャンネル測定をOFFにします。

接続するチャンネルを指定します。指定できるチャンネルは、測定がONに設定されているチャンネルだけです。

指定されたチャンネルの接続を行います。

「SET」をクリックすると「TEST MEAS.」ボタンが有効になります。「TEST MEAS.」ボタンをクリックすると現在接続されているチャンネルの単独測定を行います。

ALL MEAS.ボタンをクリックすると、現在測定がONに設定されている全チャンネルの測定を1回だけ行います。ここで、全試料の配線チェックを行います。

スロット番号を選択し、各スロット毎の測定チャンネルON/OFF状況を 認します。

各スロットのチャンネルのON/OFFが表示されます。各チャンネルごとに、ダブルクリックでON/OFFを切り換が可能です。

測定チャンネル全体の編集を行います。(次ページを参照)

現在現出されたマルチプレクサカード型式が表示されます。

「CH. EDIT」ボタンでチャンネル条件を設定する。

スロット別にタブが分かれて表示されます。

スキャナ(34980A/34970A)のGPIBアドレスを設定します。

各チャンネル別に任意の名前を入力します。

測定するチャンネルにチェックを付けます。

測定結果の判定値を入力します。
LO/HIの片側、または両側を入力します。
この判定を外れた場合、結果が赤色でExcelシートに入力されます。

ここで入力した値の範囲を外れた場合、
次回の測定から測定対象から外されます。
LO/HIの片側、または両側を入力します。

注)
ここで判定は、「初期値との差で測定する」
にチェックを付けた場合でも、実測値に
対して判定が行われます。

上記10チャンネルを一括OFFにします。

上記10チャンネルを一括ONにします。

本ページの先頭チャンネルの情報を
本ページ全てのチャンネルにコピーします。
ただし、名称はコピーされません。

全スロット中で現在ONに設定されている
最初のチャンネル情報を、現在ONの全
スロットのチャンネルへコピーします。
OFFに設定されているチャンネルへは
コピーされません。
但し、名称はコピーされません。

測定を開始すると、初回だけ実測値の測定を行い、
2回目以降は、初期値からの変化分で測定を
行います。

チャンネルを切り換える時、通電状態のまま切り換えると、
リレーの劣化が早まるため、通常は「ゼロ出力」を選択します。
「OPERATE OFF」の場合は、電源内部の出力リレーの劣化
が早まる場合があります。

各チャンネルを切り換えた後、測定を開始するまでの
待ち時間を入力します。
測定系の回路が安定するのを待ちます。
34980Aを使用している場合、0.8sec程度の時間を設定しないと
安定した測定が行えない場合があります。

測定チャンネルの選択

34980A GPIB-Address: 16

スロット	名称	判定条件 (単位: Ω)				スロット	名称	判定条件 (単位: Ω)					
		判定LO	判定HI	停止LO	停止HI			判定LO	判定HI	停止LO	停止HI		
1..20													
1	DUT-1					11	DUT-11						
2	DUT-2					12	DUT-12						
3	DUT-3					13	DUT-13						
4	DUT-4					14							
5	DUT-5					15							
6	DUT-6					16							
7	DUT-7					17							
8	DUT-8					18							
9	DUT-9					19							
10	DUT-10					20							

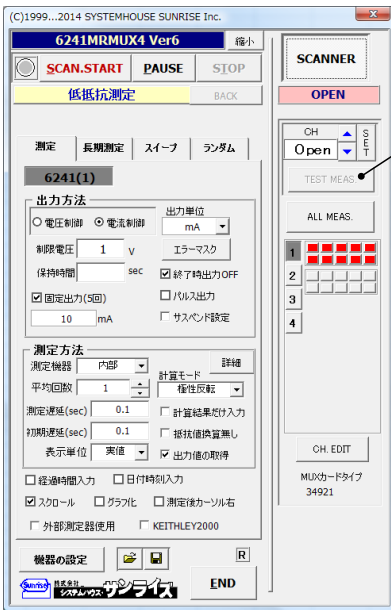
ON OFF ALL COPY ON OFF

初期値との差で測定する。 スキャナ切換え時: ゼロ出力

リレー切換え後のWAIT (sec): 0.8

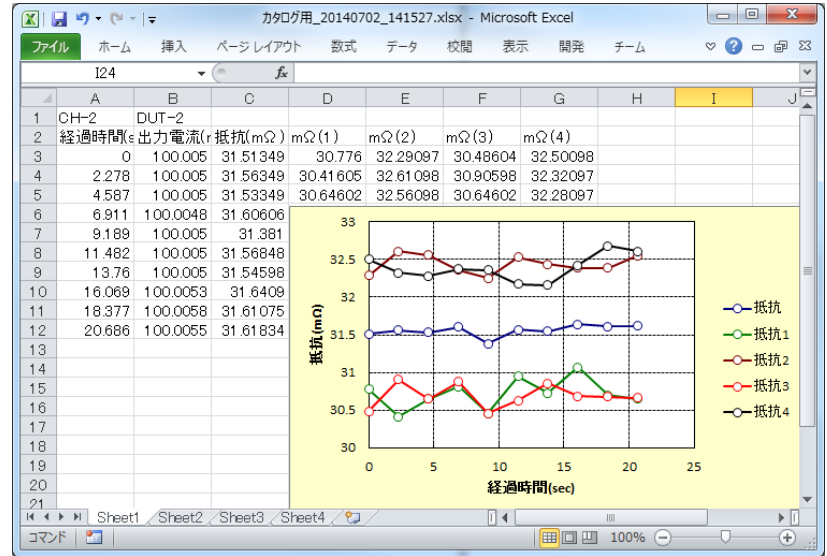
OK

「TEST MEAS.」ボタンをクリックして指定されたチャンネルの接続状況を 認した例

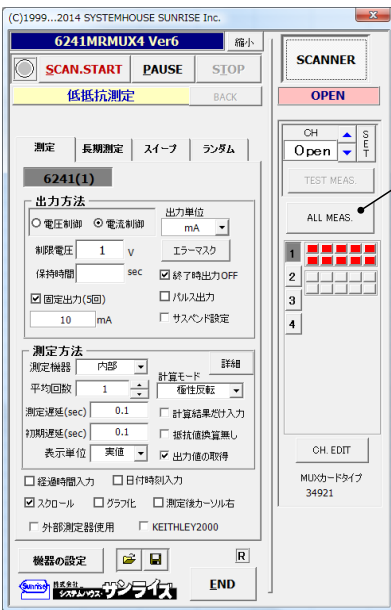


上記「SET」ボタンで、チャンネルを設定すると、「TEST MEAS.」ボタンが有効になります。この「TEST MEAS.」ボタンをクリックすると、現在設定されているチャンネルの測定を行います。測定の条件は、画面左側に入力した測定条件に準じます。

「SET」ボタンで指定したチャンネルの連続測定例

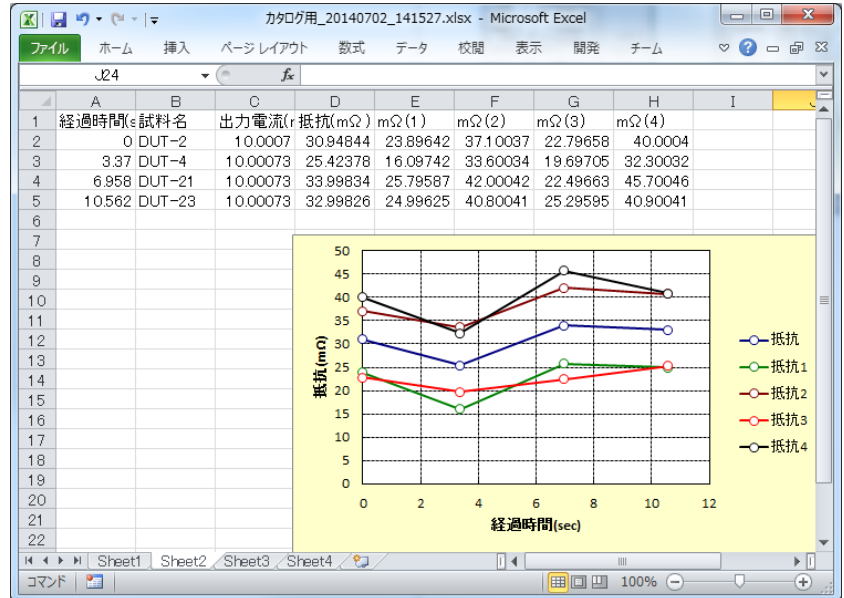


「ALL MEAS.」ボタンをクリックして、測定対象となっている試料を全て測定した例



現在測定がONに設定されているすべてのチャンネルを測定します。各チャンネル間の抵抗値の相対比較や、特に異常な抵抗値を示すチャンネルの検出に役立ちます。

全チャンネルを切替えながら、全試料を測定した例



● 測定の開始

測定タブ(短期測定)、または、長期測定タブを選択し、作図の設定を行った後、測定を開始します。

測定を開始します。

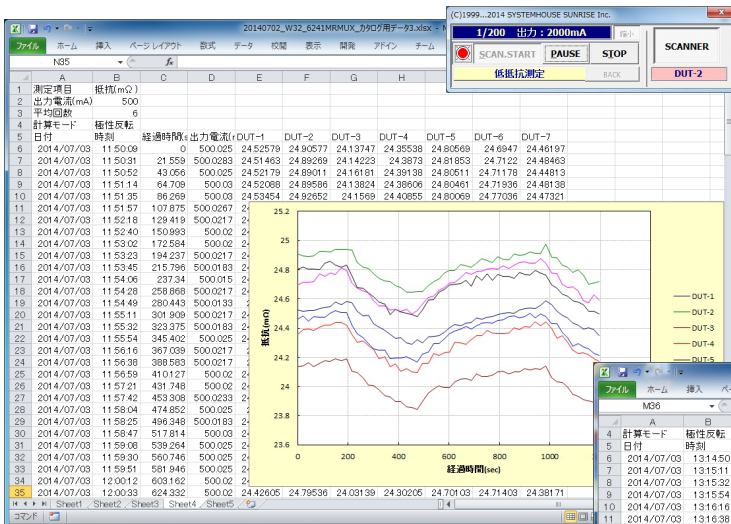
測定前に、短期測定か長期測定かを選択します

グラフ化にチェックを付けます。

グラフを測定データと同じシート上に作図するか、または、専用グラフシート(全画面)に作図するかを選択します。

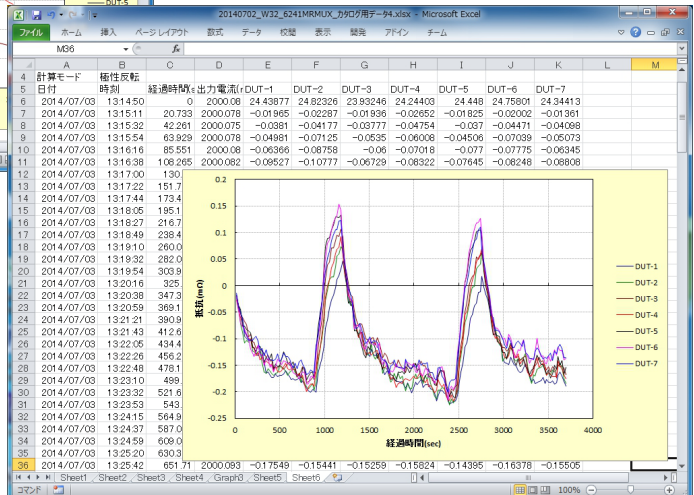
長期測定を選択した場合は、データシートのバックアップ処理を設定します。

測定の実行例

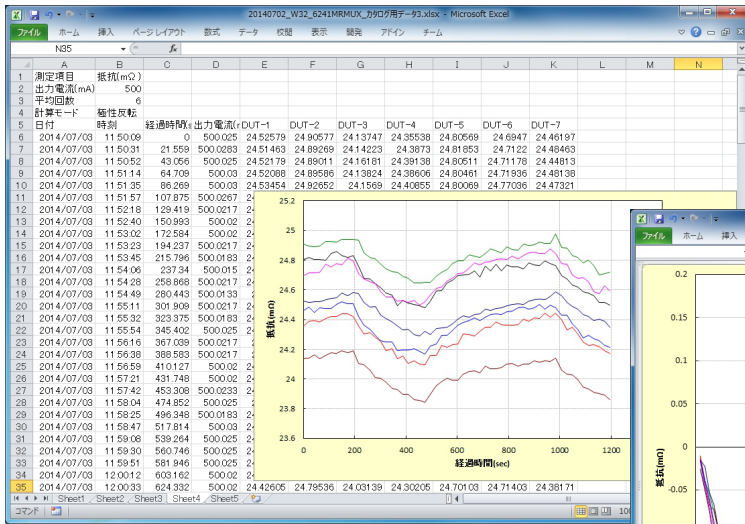


抵抗値の相対値変化の測定例 (初期値に対する変化)

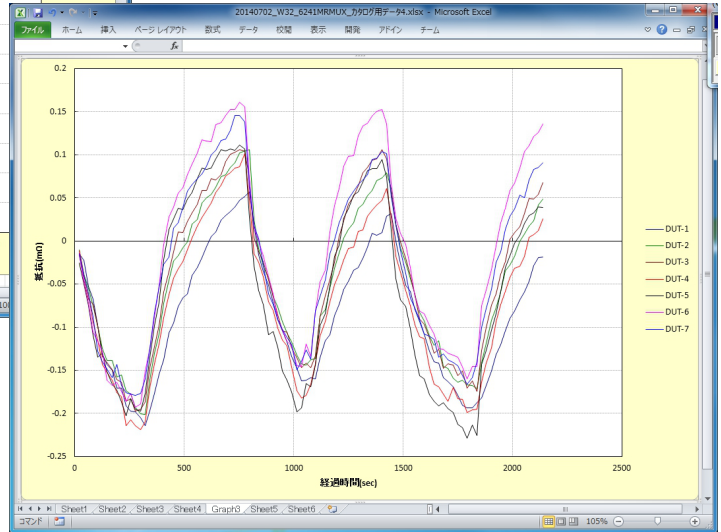
抵抗値の接待値変化の測定例



作図をデータシート上で行った例

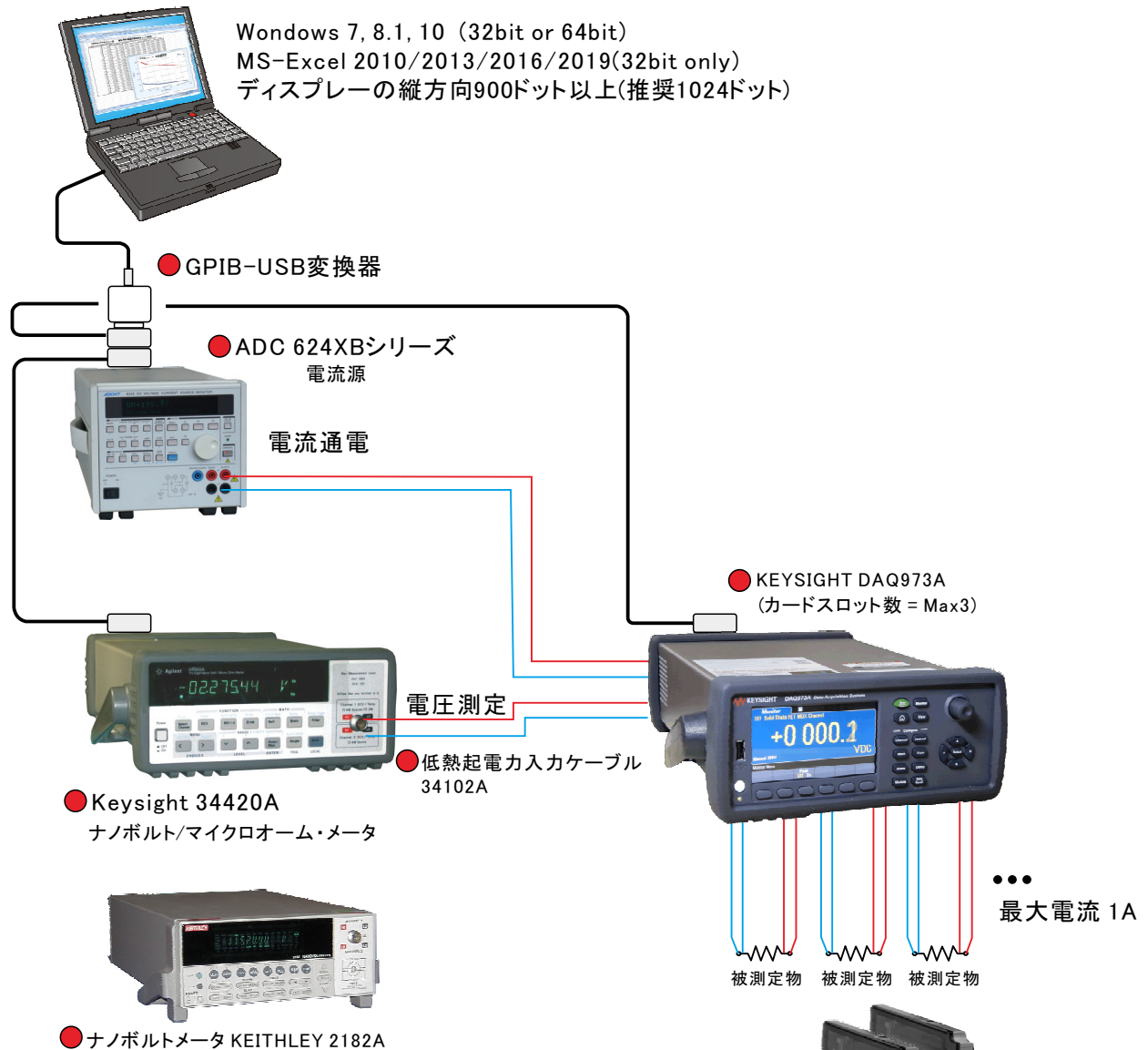


作図をグラフシート上で全画面作図した例

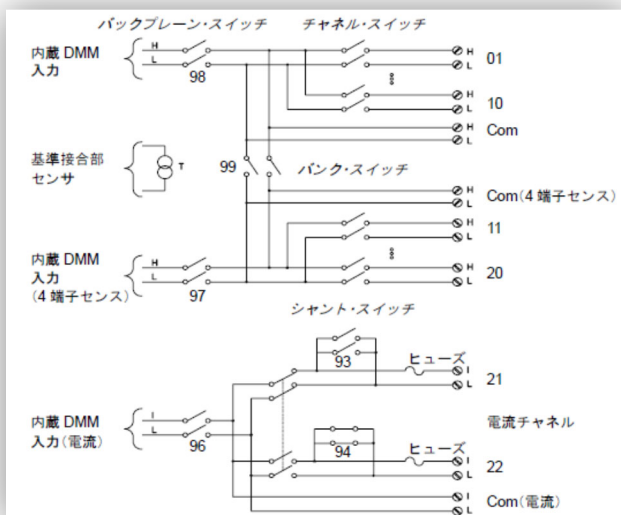


W32-6241MRMX3の場合 (Max.30ch)

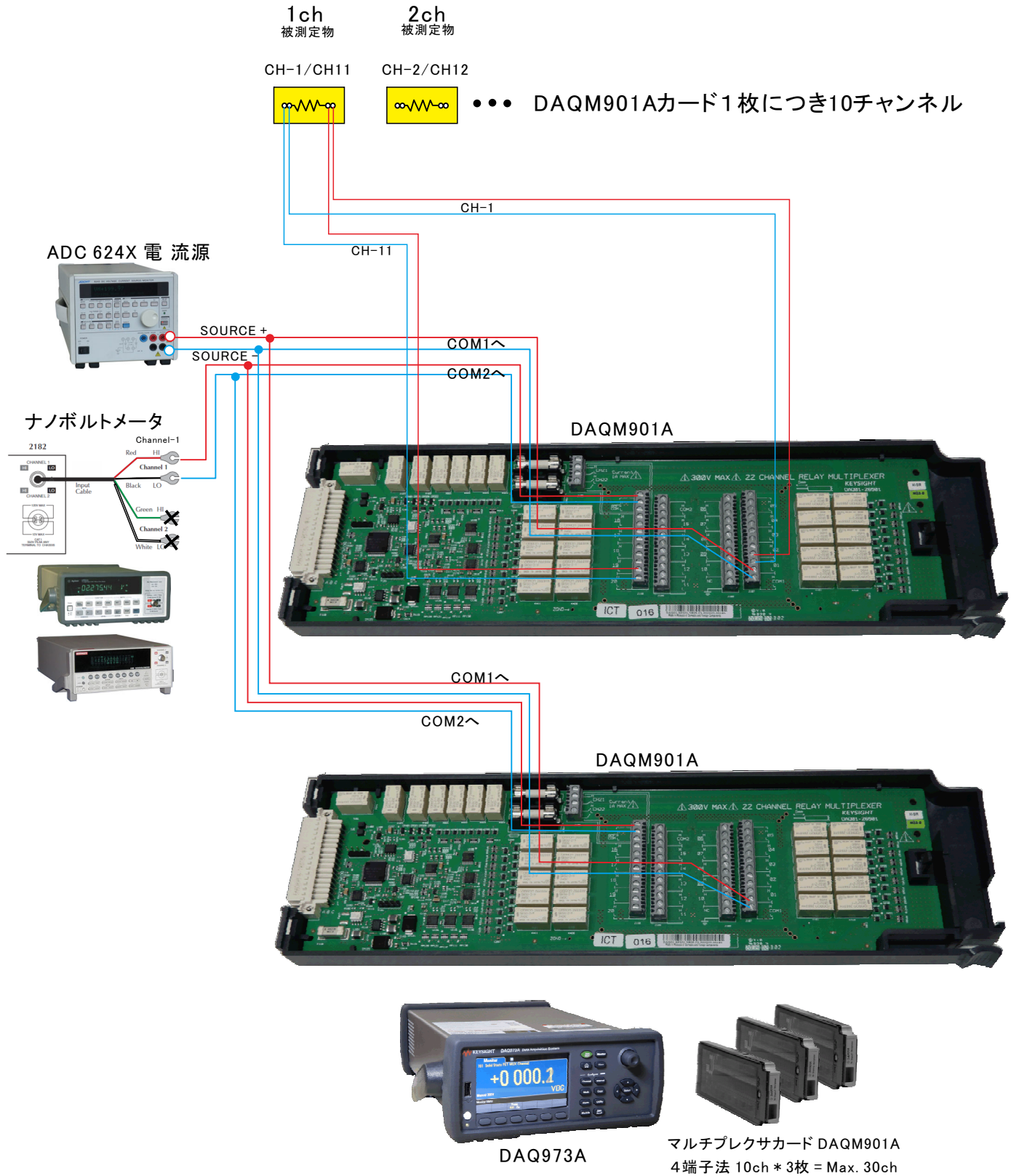
● 測定のためのシステム構成



マルチプレクサカード DAQM901A
4端子法 10ch * 3枚 = Max. 30ch

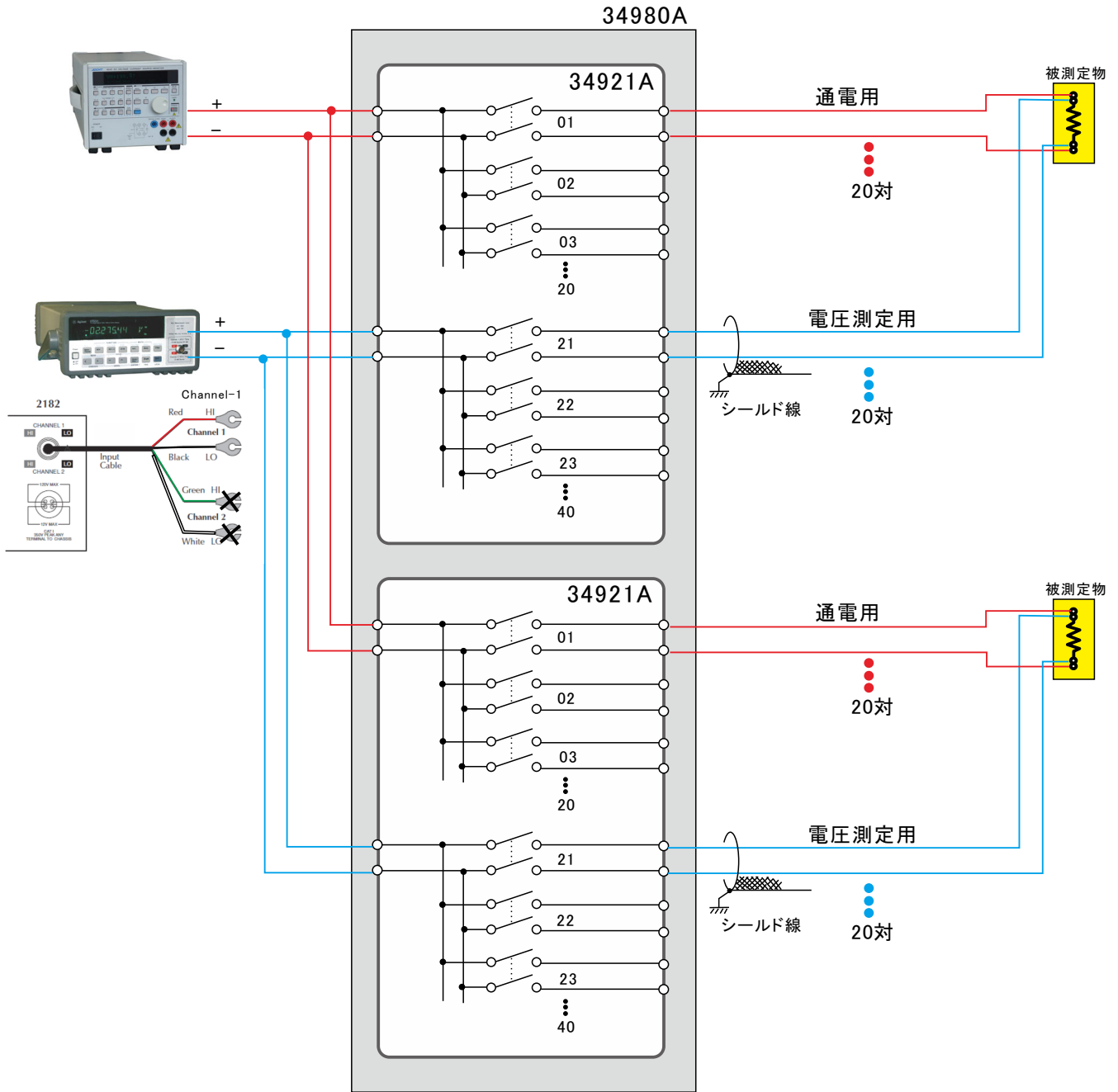


DAQ973A + DAQM901Aの実配線



W32-6241MRMX2の場合 (Max.160ch)

通電1Aまでの測定の場合の配線方法(34980A 40チャンネルの例)



34921マルチプレクサカード 4端子法 (20ch)/1枚当たり
+34921Tターミナルブロック

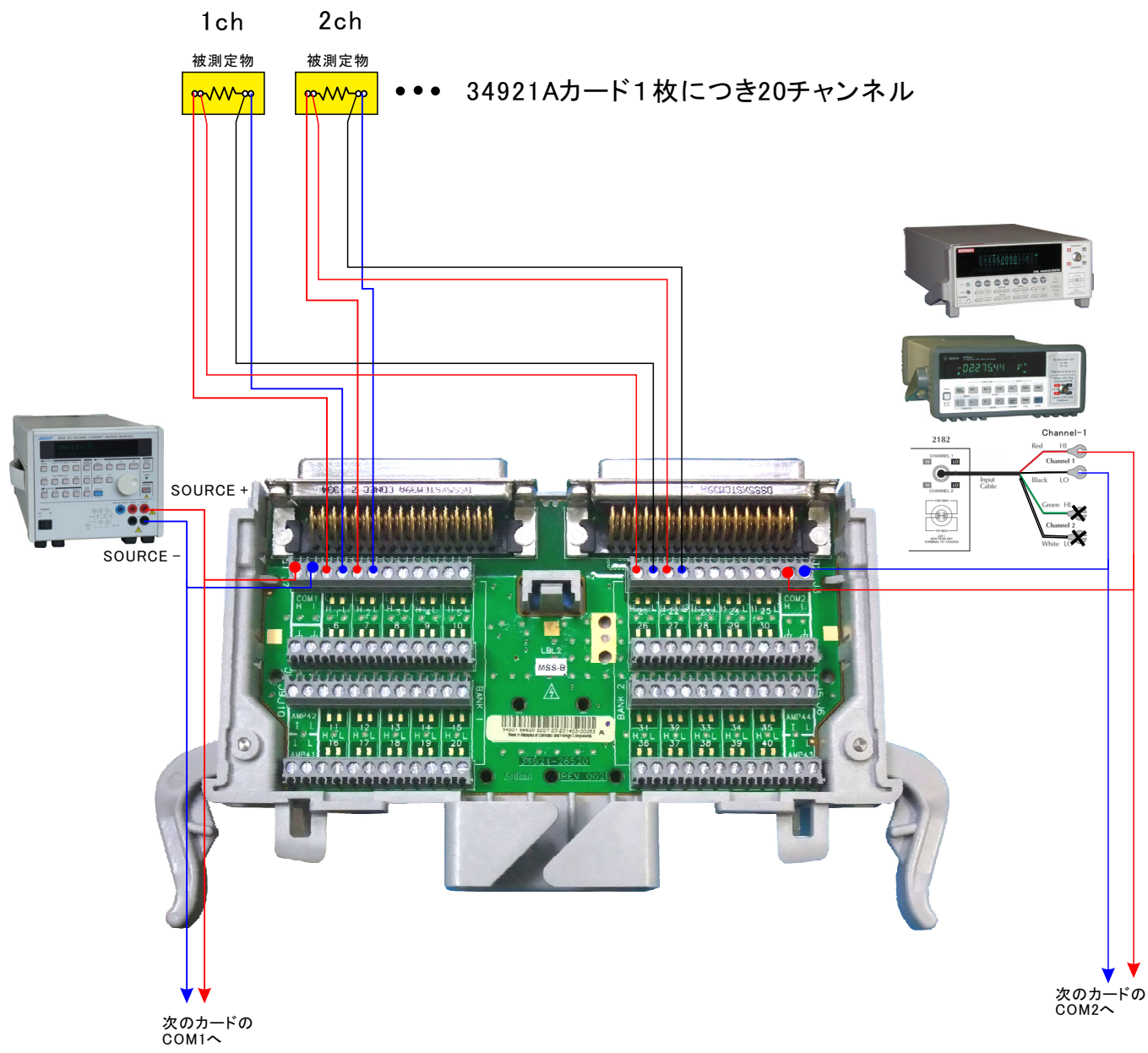
スキャナー 34980A本体



34980A裏面

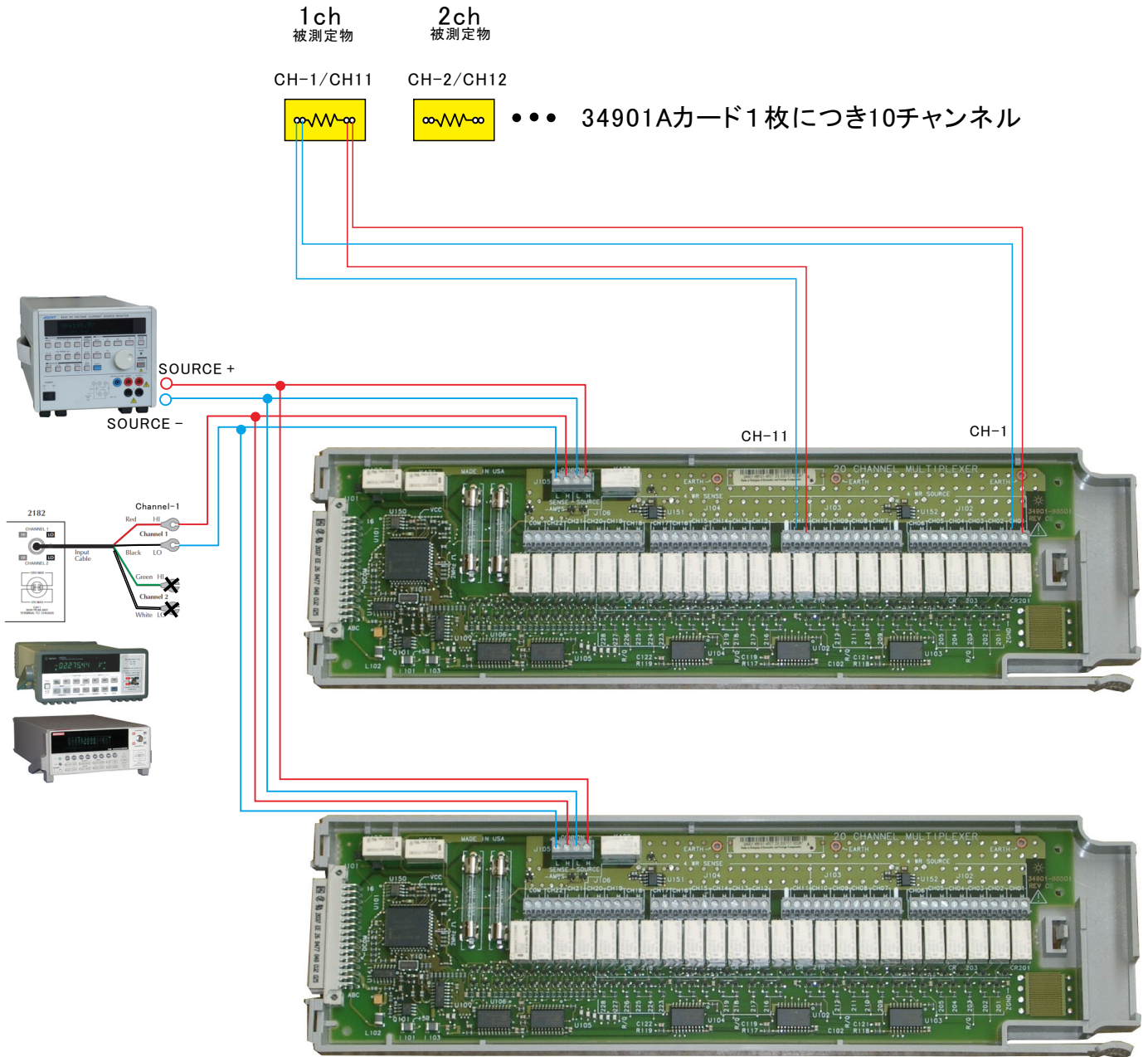


34980A+34921A 実体配線図



W32-6241MRMXの場合 (Max.30ch)

34970A + 34901Aの実配線



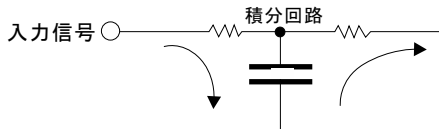
A/D変換器について

A/D変換器には、「逐次比較型」と「積分型」があり、本ソフトがサポートする電圧電流発生器は、「積分型」を使用して測定が行われます。

①積分型A/D変換器

変換速度は遅い。
ノイズの影響を受けにくい安定した測定が可能。
デジタルマルチメータ、抵抗計、微小電圧電流計などに使用される。

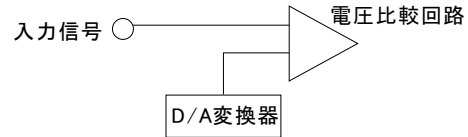
【構造】
コンデンサに充電して、放電する時間を計る



②逐次比較型A/D変換器

変換速度が速いため、瞬時の電圧測定が可能。
電圧の瞬時値を測定することが目的。
オシロスコープや、A/D変換ボードなどに使用される。

【構造】
内部D/A変換器との比較により測定する。



積分時間「PLC」とは

積分型A/D変換器の積分時間は、「PLC」の単位を使用します。

Power Line Cycle(商用周波数)の略語です。

この時間は、A/D変換器内部のコンデンサを充電する時間です。

1PLCは、商用周波数の1周期分の時間です。

50Hz地域では、20ms、60Hz地域では、16.7msを表します。

測定精度に影響を及ぼすノイズ要因の殆どは、商用周波数の整数倍の周波数の外来電圧です。

PLCの整数倍の積分を行うことによりノイズ要因の多くを除去できます。

