

Agilent 4155C

半導体パラメータ・アナライザ

Agilent 4156C

プレシジョン半導体パラメータ・アナライザ

ユーザ・ガイド
測定と解析



Agilent Technologies

Notices

© Agilent Technologies 2001 - 2008

No part of this manual may be reproduced in any form or by any means (including electronic storage and retrieval or translation into a foreign language) without prior agreement and written consent from Agilent Technologies, Inc. as governed by United States and international copyright laws.

Manual Part Number

04156-97020

Edition

Edition 1, January 2001
Edition 2, June 2001
Edition 3, December 2001
Edition 4, January 2003
Edition 5, August 2003
Edition 6, March 2008

Agilent Technologies, Inc.
5301 Stevens Creek Blvd
Santa Clara, CA 95051 USA

Warranty

The material contained in this document is provided “as is,” and is subject to being changed, without notice, in future editions. Further, to the maximum extent permitted by applicable law, Agilent disclaims all warranties, either express or implied, with regard to this manual and any information contained herein, including but not limited to the implied warranties of merchantability and fitness for a particular purpose. Agilent shall not be liable for errors or for incidental or consequential damages in connection with the furnishing, use, or performance of this document or of any information contained herein. Should Agilent and the user have a separate written agreement with warranty terms covering the material in this document that conflict with these terms, the warranty terms in the separate agreement shall control.

Technology Licenses

The hardware and/or software described in this document are furnished under a license and may be used or copied only in accordance with the terms of such license.

Restricted Rights Legend

If software is for use in the performance of a U.S. Government prime contract or subcontract, Software is delivered and licensed as “Commercial computer software” as defined in DFAR 252.227-7014 (June 1995), or as a “commercial item” as defined in FAR 2.101(a) or as “Restricted computer software” as defined in FAR 52.227-19 (June 1987) or any equivalent agency regulation or contract clause. Use, duplication or disclosure of Software is subject to Agilent Technologies’ standard commercial license terms, and non-DOD Departments and Agencies of the U.S. Government will receive no greater than Restricted Rights as

defined in FAR 52.227-19(c)(1-2) (June 1987). U.S. Government users will receive no greater than Limited Rights as defined in FAR 52.227-14 (June 1987) or DFAR 252.227-7015 (b)(2) (November 1995), as applicable in any technical data.

- **Herstellerbescheinigung**

GEÄUSCHEMISSION

Lpa < 70 dB

am Arbeitsplatz

normaler Betrieb

nach DIN 45635 T. 19

- **Manufacturer's Declaration**

ACOUSTIC NOISE EMISSION

Lpa < 70dB

operator position

normal operation

per ISO 7779

NOTE

This ISM device complies with Canadian ICES-001.

Cet appareil ISM est conforme ?Hla norme NMB-001 du Canada.



WEEE Directive (2002/96/EC) marking requirements に基づき、国内家庭廃棄物としての廃棄が禁止されている製品には、このラベルがついています。

製品カテゴリ : WEEE Directive Annex I 装置タイプ Monitoring and Control instrumentation

この製品を国内家庭廃棄物として廃棄しないでください。

不要となった製品を送り返すには、お近くのアジレント・テクノロジー営業所にご連絡ください。または www.agilent.com/environment/product/ を参照してください。

使用上の安全について

本機器を正しく安全に使用していただくため、本機器の操作、保守、修理に当たっては下記の安全注意警告事項を必ずお守りください。なお、この注意に反したご使用により生じた損害については Agilent Technologies, Inc. ならびにアジレント・テクノロジー株式会社は責任を負いかねます。

NOTE

Agilent 4155C/4156C/41501B は、IEC 1010-1 で定められた INSTALLATION CATEGORIY II（メイン電源の入力に対して）および INSTALLATION CATEGORIY I（測定入力端子に対して）ならびに POLLUTION DEGREE 2 に適合しています。

Agilent 4155C/4156C/41501B は INDOOR USE 製品です。

Agilent 4155C/4156C/41501B に使用されている LED は IEC 825-1 クラス 1 製品です。

- 機器は接地してください

本測定器は Safety Class I に適合しています。AC 電源による感電事故を防ぐために本機器の筐体を必ず接地してください。電源コンセントおよび電源ケーブルは必ず International Electrotechnical Commission (IEC) の安全規格に適合したものをご使用ください。

- 爆発の危険のあるところでは使用しないでください

可燃性のガスまたは蒸気のある場所では機器を動作させないでください。そのような環境下での電気製品の使用は大変危険です。

- 通電されている回路に触れないでください

使用者が機器のカバーを取り外すことはしないでください。部品の交換や内部調整については当社で認定した人以外は行なわないでください。

電源ケーブルを接続したままで、部品交換をしないでください。また、電源ケーブルを取り外しても危険電圧が残っていることがあります。傷害を避けるため、機器内部に触れる前に必ず電源を切り回路の放電を行なってください。

- 一人だけで保守、調整をしないでください

機器内部の保守や調整を行なう場合は、万一事故が発生した場合でもただちに救助できる人がいるところで行なってください。

- ・ 部品を変更したり、機器の改造をしないでください

新たな危険の発生を防ぐため、部品の変更や、当社指定以外の改造を本機器に対して行なわないでください。修理やその他のサービスが必要な場合は、最寄りの当社サービス / セールスオフィスにご連絡ください。

- ・ 警告事項は必ずお守りください

この取扱説明書に記載されているすべての警告（例を下記に示します）は重大事故に結びつく危険を未然に防止するためのものです。記載されている指示は必ずお守りください。

WARNING

本機器の内部では感電死の恐れのある危険電圧を発生します。試験、調整、取扱時には細心の注意を払ってください。

安全上のシンボル

本機器や説明書で使用される安全上のシンボルの一般的定義を以下に示します。



取り扱い注意を示しています。取扱者または、機器を保護するために、取扱説明書やサービス・マニュアルを参照する必要がある場所に付いています。



感電注意を示しています。機器の電源が投入されている時に、このシンボルの示す端子を触らないで下さい。



保護接地端子を示しています。機器が故障した場合に、感電事故を防ぐための端子に付いています。機器を操作する前に、この端子をグラウンドに接続しなければなりません。



フレーム（またはケース）端子を示しており、通常露出した金属製の機器の外部フレームに接続しています。



アース（グラウンド）端子を示しています。



交流電流（電源ライン）を示しています。



直流電流（電源ライン）を示しています。



ON (Supply).



OFF (Supply).



STANDBY (Supply).

CAT 1 INSTALLATION CATEGORY I に適合していることを示します。リア・パネルの測定端子は INSTALLATION CATEGORY I に適合しています。

WARNING

機器の取り扱い方法や手順で、感電など、取扱者の生命や身体に危険が及ぶ恐れがある場合に、その危険を避けるための情報が記されています。

CAUTION

機器の取り扱い方法や手順で、機器を損傷する恐れがある場合に、その損傷を避けるための情報が記されています。

本書の構成

本マニュアルは Agilent 4155C/4156C の測定機能と解析機能について説明しており、以下の章で構成されています。

- ・ 掃引測定
掃引測定の実行方法について説明します。
 - ・ ノブ掃引測定
ノブ掃引測定の実行方法について説明します。
 - ・ サンプリング測定
サンプリング測定の実行方法について説明します。
 - ・ Quasi-static C-V 測定
Quasi-static C-V 測定の実行方法について説明します。
 - ・ ストレス印加
ストレス印加の実行方法について説明します。
 - ・ 測定結果の解析
Agilent 4155C/4156C 画面に表示される測定結果の解析方法について説明します。
 - ・ 測定ユニットとファンクション
Agilent 4155C/4156C 内蔵の測定ユニットと測定機能について説明します。Agilent 41501A/B 内蔵のユニットについても説明します。
 - ・ サポート・ファンクション
測定を支援する様々な機能について説明します。
 - ・ 組み込み関数
Agilent 4155C/4156C に組み込まれている関数、リードアウト関数について説明します。
 - ・ 測定デバイスの接続
測定デバイスを Agilent 4155C/4156C に接続する方法を説明します。
-

目次

1. 掃引測定

機能の説明	1-3
基本掃引測定	1-4
バイアス同期掃引測定	1-7
同期掃引測定	1-9
パルス掃引測定	1-11
測定条件の設定	1-14
測定ユニットを設定する	1-16
一次掃引源を設定する	1-18
二次掃引源を設定する	1-19
同期掃引源を設定する	1-20
定電源を設定する	1-21
SMU パルス出力を設定する	1-22
PGU 出力を設定する	1-24
測定停止条件を設定する	1-26
測定結果をグラフ表示する	1-27
測定結果をリスト表示する	1-28
測定を実行または停止する	1-29
測定実行例	1-30
ステップ 1 : 測定前の準備	1-31
ステップ 2 : DUT の接続	1-33
ステップ 3 : 測定チャンネルの設定	1-35
ステップ 4 : ユーザ関数の定義	1-37
ステップ 5 : 測定パラメータの設定	1-39
ステップ 6 : グラフ表示画面の設定	1-41
ステップ 7 : 測定の実行	1-43

2. ノブ掃引測定

機能の説明	2-3
有効なユニットと機能	2-3

目次

掃引測定とノブ掃引測定と比較	2-4
ノブ掃引測定機能の特徴	2-5
KNOB SWEEP 画面	2-8
測定結果の解析	2-9
測定の実行	2-10
ユニットを設定する	2-11
測定を実行する	2-12
測定を停止する	2-13
測定条件を変更する	2-14
3. サンプルング測定	
機能の説明	3-3
使用可能なユニット	3-3
サンプルング間隔と測定時間	3-4
サンプルング測定データ	3-7
複数の測定ユニットで測定を実行する場合	3-8
サンプルングの終了	3-9
出力順序と時間原点	3-11
リニア・サンプルング・モード	3-13
間引きサンプルング・モード	3-17
ログ・サンプルング・モード	3-21
測定条件の設定	3-27
測定ユニットを設定する	3-29
サンプルング・パラメータを設定する	3-31
定電源を設定する	3-33
PGU 出力を設定する	3-34
ストップ・コンディションを設定する	3-36
測定結果をグラフ表示する	3-38
測定結果をリスト表示する	3-39
測定を実行または停止する	3-40

目次

測定実行例	3-41
ステップ 1 : 測定前の準備	3-41
ステップ 2 : DUT の接続	3-41
ステップ 3 : 測定チャンネルの設定	3-42
ステップ 4 : 測定パラメータの設定	3-43
ステップ 5 : グラフ表示画面の設定	3-45
ステップ 6 : 測定の実行	3-46

4. Quasi-static C-V 測定

測定機能	4-3
使用可能なユニット	4-3
容量データの計算	4-3
動作の説明	4-4
設定パラメータ	4-6
測定条件の設定	4-8
測定ユニットを設定する	4-10
QSCV 掃引出力条件を設定する	4-11
定電源を設定する	4-12
PGU 出力を設定する	4-12
測定停止条件を設定する	4-13
測定条件を設定する	4-14
測定結果をグラフ表示する	4-15
測定結果をリスト表示する	4-16
測定を実行または停止する	4-17
測定実行例	4-18
ステップ 1 : 測定前の準備	4-18
ステップ 2 : DUT の接続	4-18
ステップ 3 : 測定チャンネルの設定	4-19
ステップ 4 : 掃引出力パラメータの設定	4-20
ステップ 5 : 測定パラメータの設定	4-22
ステップ 6 : グラフ表示画面の設定	4-24

目次

ステップ 7：測定の実行	4-25
容量測定範囲	4-26
容量測定確度	4-28
5. ストレス印加	
機能の説明	5-3
ストレス・チャンネル	5-4
ストレス・モード	5-6
ストレス出力順序	5-7
ストレス停止機能	5-10
ストレス条件の設定	5-11
測定ユニットを設定する	5-13
ストレス・モードを設定する	5-15
ac ストレス／バイアス源を設定する	5-18
dc ストレス／バイアス源を設定する	5-20
ストレス／バイアスを印加する	5-22
6. 測定結果の解析	
解析機能	6-3
マーカ (GRAPHICS 画面)	6-4
マーカ (LIST 画面)	6-6
カーソル	6-8
ラインの表示	6-9
スケール機能	6-11
重ね表示機能	6-11
自動解析機能	6-12
マニュアル解析	6-13
マーカを使用する	6-14
カーソルを使用する	6-16
グラフ・スケールを最適化する	6-17

目次

グラフのズームを行う	6-17
カーソル位置をグラフの中心に設定する	6-18
2点を指定してラインを描く	6-19
点と傾きを指定してラインを描く	6-21
測定カーブ上に接線を描く	6-23
測定カーブ上に回帰直線を描く	6-25
表示するラインを選択する	6-27
目盛線を表示する	6-27
グラフ・パラメータを変更する	6-28
内部メモリのデータを重ね表示する	6-29
マーカを使用する	6-30
リストをスクロールする	6-31
変数を追加／変更する	6-31
自動解析	6-32
マーカを表示する	6-33
2点を指定してラインを描く	6-35
点と傾きを指定してラインを描く	6-37
測定カーブ上に接線を描く	6-39
測定カーブ上に回帰直線を描く	6-41

7. 測定ユニットとファンクション

測定ユニット	7-3
GNDU – グランド・ユニット	7-3
SMU – ソース／モニタ・ユニット	7-4
VSU – 電圧源ユニット	7-17
VMU – 電圧測定ユニット	7-18
PGU – パルス・ジェネレータ・ユニット	7-20
コンプライアンス	7-23
電圧／電流コンプライアンス	7-23
パワー・コンプライアンス	7-27

目次

測定レンジ	7-29
オート・レンジ	7-30
リミテッド・オート・レンジ	7-31
コンプライアンス・レンジ	7-32
固定レンジ	7-32
電流測定オート・レンジ拡張機能	7-33
測定時間	7-34
積分時間	7-34
オーバーヘッド時間	7-37
ソース印加時間の設定	7-37
SMU フィルター	7-38
セルフ・キャリブレーション	7-39
オート・キャリブレーション	7-39
オフセット除去機能	7-40
オフセットの測定	7-40
オフセットの除去	7-42
QSCV オフセット除去機能	7-43
オフセットの測定	7-43
オフセットの除去	7-45
動作状態	7-46
アイドル状態	7-46
測定状態	7-46
ストレス印加状態	7-46
スタンバイ状態	7-47
動作状態の転移	7-47
出力順序	7-49
連続モード	7-50
同時モード	7-52
測定実行順序	7-54

目次

8. サポート・ファンクション

ユーザ関数とユーザ変数	8-3
出力/測定データの変数	8-4
ユーザ関数	8-5
ユーザ変数	8-6
数式	8-7
スタンバイ機能	8-10
スタンバイ・チャンネル	8-10
スタンバイ状態	8-10
有効なユニットと出力値	8-11
非スタンバイ・チャンネルの出力	8-11
スタンバイ出力順序	8-12
セットアップ・ファイルを読んだ時	8-13
スタンバイ機能を使用する	8-14
R ボックスの制御	8-15
抵抗値	8-15
接続	8-15
設定	8-17
回路図	8-18
R ボックスを使用する	8-20
SMU/PG セレクタの制御	8-22
設定とスイッチング状態	8-23
セレクタ使用条件	8-23
セレクタを使用する	8-24
スイッチング・マトリクス of 制御	8-25
必要な準備	8-25
機能を制御する	8-28
接続状態を制御する	8-33
セットアップ・ファイルを使用する	8-37

目次

トリガ機能	8-38
トリガ入力	8-40
トリガ出力	8-41

9. 組み込み関数

組み込み関数	9-3
ABS	9-4
AT	9-4
AVG	9-4
COND	9-5
DELTA	9-5
DIFF	9-6
EXP	9-6
INTEG	9-7
LGT	9-8
LOG	9-8
MAVG	9-9
MAX	9-10
MIN	9-10
SQRT	9-10
リードアウト関数	9-11
@CX	9-12
@CY	9-12
@CY1	9-12
@CY2	9-12
@IX	9-13
@IY	9-13
@IY1	9-14
@IY2	9-14
@L1C0	9-15
@L1G	9-15

目次

@L1G1	9-16
@L1G2	9-17
@L1X	9-18
@L1Y	9-18
@L1Y1	9-18
@L1Y2	9-18
@L2C0	9-19
@L2G	9-19
@L2G1	9-20
@L2G2	9-21
@L2X	9-22
@L2Y	9-22
@L2Y1	9-22
@L2Y2	9-22
@MI	9-23
@MX	9-23
@MY	9-23
@MY1	9-23
@MY2	9-23

10. 測定デバイスの接続

テスト・フィクスチャを使用する	10-3
コネクタ・プレートを使用する	10-5
リーク電流の低減	10-5
低抵抗の測定	10-7

1

掃引測定

掃引測定

本章は、掃引測定の実行方法を説明しています。以下のセクションから構成されています。

- ・ 機能の説明
- ・ 測定条件の設定
- ・ 測定実行例

4155C/4156C セットアップ画面の詳細については、[セットアップ・スクリーン・リファレンス](#)を参照してください。

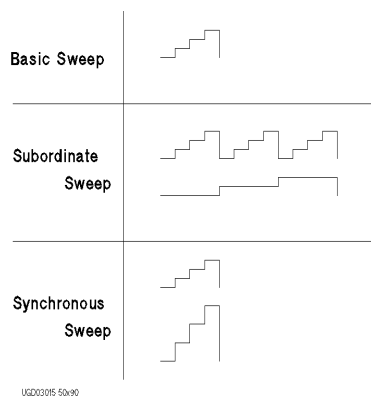
機能の説明

掃引測定モードでは、階段波の電圧または電流を出力しながら、各ステップ毎に電流または電圧の測定を行います。

掃引測定には、以下の3つの動作モードがあります。動作モードの違いについては以降の節で説明します。

- ・ 基本掃引測定 (Basic Sweep)
1つの掃引源 (VAR1) を使います。
- ・ バイアス同期掃引測定 (Subordinate Sweep)
一次掃引源 (VAR1) および二次掃引源 (VAR2) を使います。
- ・ 同期掃引測定 (Synchronous Sweep)
一次掃引源 (VAR1) および同期掃引源 (VAR1') を使います。

これらの動作を応用して、バイアス同期掃引と同期掃引を組み合わせることも可能です。



使用可能なユニット 掃引源 (VAR1、VAR2、または VAR1') には SMU および VSU を使用できます。SMU を使用する場合には、パルス出力も可能です。

掃引源の出力レンジ

- ・ リニア掃引：掃引出力値すべてをカバーする最小出力レンジ。
- ・ ログ電圧掃引：掃引出力値すべてをカバーする最小出力レンジ。
- ・ ログ電流掃引：掃引出力値の変更毎にその値に最適な出力レンジ。

基本掃引測定

基本掃引測定では掃引源 (VAR1) を 1 チャンネル使います。

掃引モード (SWEEP MODE) と LIN/LOG の組み合わせにより、Figure 1-1 のような階段波掃引が可能です。

- ・ 掃引モード (SWEEP MODE)
 - 片道掃引 (SINGLE): スタート値からストップ値まで出力を掃引します。
 - 往復掃引 (DOUBLE): スタート値からストップ値まで掃引し、さらにスタート値まで掃引します。
- ・ LIN/LOG
 - ・ リニア階段波掃引 (LINEAR)
 - ・ ログ階段波掃引 (LOG10、LOG25、LOG50)

Figure 1-1

基本掃引源に有効な階段波

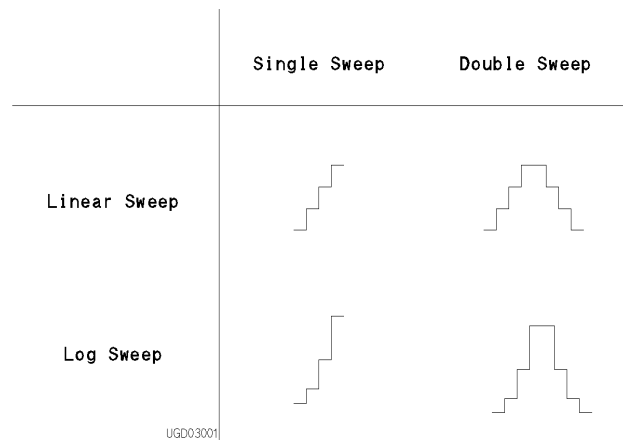
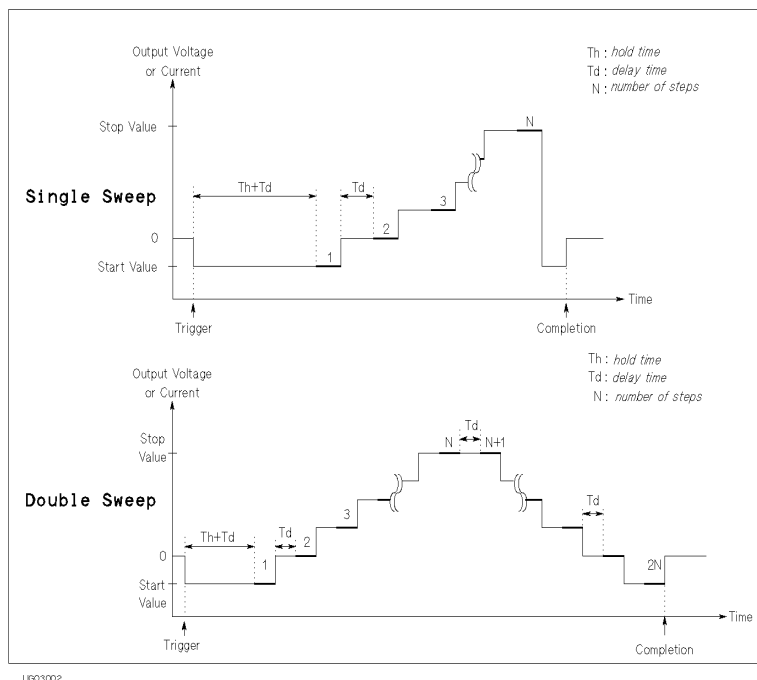


Figure 1-2 基本掃引測定



基本掃引測定を行なうには以下の設定を行います。

1. CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面において、掃引源として使用する SMU または VSU を VAR1 に設定します。
2. MEASURE: SWEEP SETUP 画面の VAR1 設定欄に以下のパラメータを設定します。

SWEEP MODE 片道または往復掃引。

LIN/LOG リニアまたはログ掃引。ログを選んだ場合は、1 デイケードあたりの掃引ステップ数も同時に設定します。

LIN/LOGの値	説明	掃引ステップ数
LINEAR	リニア掃引	NO OF STEP
LOG10	ログ掃引	1 デイケードあたり 10 点
LOG25	ログ掃引	1 デイケードあたり 25 点
LOG50	ログ掃引	1 デイケードあたり 50 点

掃引測定 機能の説明

START	掃引出力スタート値。ログ掃引ではゼロに設定できません。有効な設定値は掃引源の出力レンジに依存します。
STOP	片道掃引の終了時の出力値、または往復掃引の折り返し点の出力値。ログ掃引ではスタート値と同じ極性の値が有効であり、ゼロは無効です。有効な設定値は掃引源の出力レンジに依存します。
STEP	掃引のステップ変化量。NO OF STEP 値が 2 から 1001 となるように STEP 値を設定します。ログ掃引では無効です。
NO OF STEP	掃引ステップ数。リニア掃引の場合、スタート値、ストップ値、およびステップ変化量から自動的に計算されます。ログ掃引の場合、スタート値、ストップ値、および 1 デイケードあたりのステップ数から自動的に計算されます。
COMPLIANCE	掃引源のコンプライアンス値。SMU に有効。有効な設定値は掃引源のコンプライアンス・レンジに依存します。
POWER COMP	(設定省略可) 掃引源のパワー・コンプライアンス値。SMU に有効。有効な設定値は掃引源のパワー・コンプライアンス・レンジに依存します。
HOLD TIME	ホールド時間。スタート値の印加開始からディレイ時間の開始までの時間。ディレイ時間が 0 s の時は、測定開始までの時間。 設定範囲：0 ~ 655.35 s
DELAY TIME	ディレイ時間。ホールド時間の終了点から測定開始までの時間。または出力値をステップ・アップしたタイミングから測定開始までの時間。 設定範囲：0 ~ 65.535 s、分解能：100 μ s

バイアス同期掃引測定

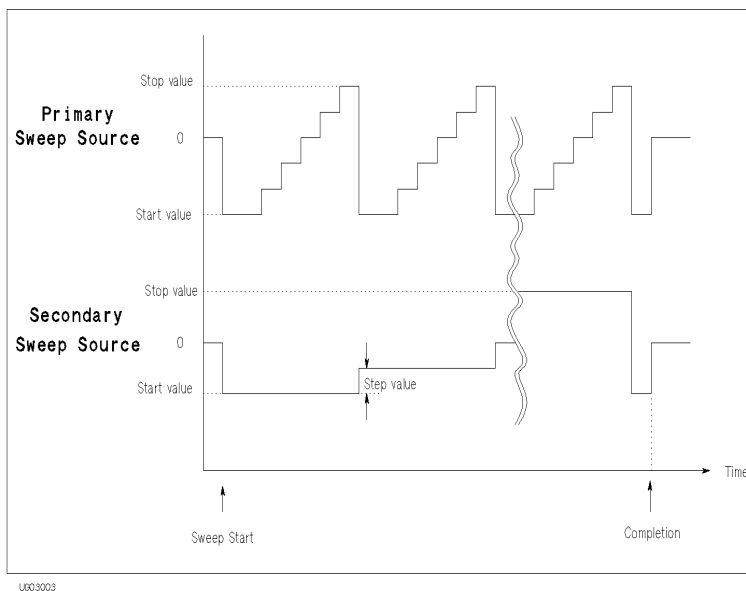
バイアス同期掃引測定では、一次掃引源 (VAR1) と二次掃引源 (VAR2) を使用します。

二次掃引源がスタート値を出力している間に、一次掃引源がスタート値からストップ値までの階段波掃引を行います。次に、二次掃引源の出力をステップ値分変化させ、再度、一次掃引を行います。これを二次掃引源の出力がストップ値に達するまで繰り返します。

二次掃引源では、リニア階段波の片道掃引が有効です。

Figure 1-3

バイアス掃引測定



掃引測定 機能の説明

バイアス同期掃引測定を行なうには、以下の設定を行います。

1. CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面を以下のように設定します。
 - ・ 一次掃引源として使用する SMU または VSU を VAR1 に設定します。
 - ・ 二次掃引源として使用する SMU または VSU を VAR2 に設定します。
2. 一次掃引源 (VAR1) を基本掃引測定の掃引源と同様に設定します。
3. MEASURE: SWEEP SETUP 画面の以下のパラメータを用いて、二次掃引源 (VAR2) を設定します。

START	二次掃引源の出力スタート値。有効な設定値は二次掃引源の出力レンジに依存します。
STOP	二次掃引源の出力ストップ値。スタート値 (START)、ステップ変化量 (STEP)、およびステップ数 (NO OF STEP) から自動的に計算されます。
STEP	二次掃引源のステップ変化量。
NO OF STEP	二次掃引源のステップ数。設定範囲：1～128
COMPLIANCE	二次掃引源のコンプライアンス値。SMU に有効。有効な設定値は SMU のコンプライアンス・レンジに依存します。
POWER COMP	(設定省略可) 二次掃引源のパワー・コンプライアンス値。SMU に有効。有効な設定値は SMU のパワー・コンプライアンス・レンジに依存します。

同期掃引測定

同期掃引測定では、一次掃引源 (VAR1) と同期掃引源 (VAR1') を使用します。

同期掃引源の出力は、以下の式に見られるように、第一次掃引源の出力に対して一定のオフセット (OFFSET) と一定の比 (RATIO) を持っています。

$$\text{同期掃引出力} = \text{一次掃引出力} \times \text{RATIO} + \text{OFFSET}$$

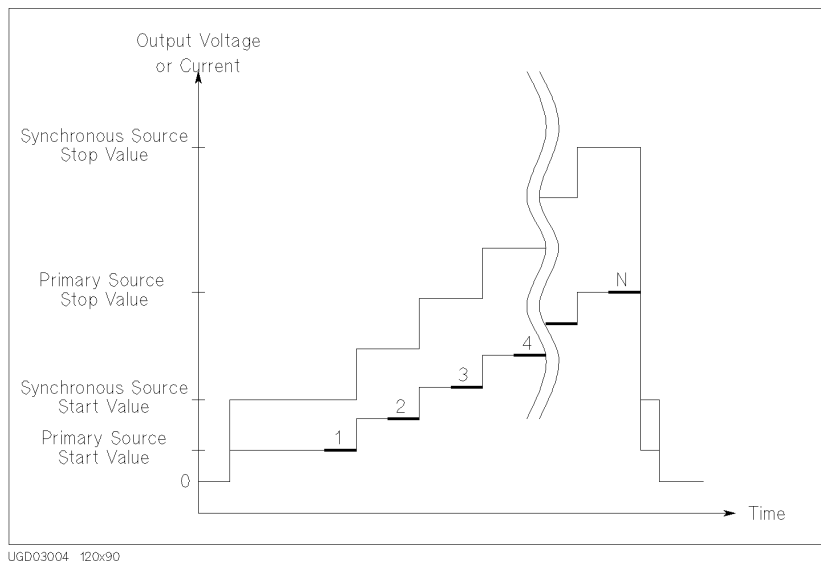
RATIO および OFFSET は設定パラメータです。これらを設定する場合には、同期掃引出力が、測定ユニットの出力レンジを越えることのないようご注意ください。

一次掃引源の以下のパラメータの設定は、同期掃引源にも共通です。

- ・ 掃引モード (SWEEP MODE)
- ・ LIN/LOG

Figure 1-4

同期掃引測定



掃引測定 機能の説明

同期掃引測定を行なうには、以下の設定を行います。

1. CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面を以下のように設定します。
 - ・ 一次掃引源として使用する SMU または VSU を VAR1 に設定します。
 - ・ 同期掃引源として使用する SMU または VSU を VAR1' に設定します。
 - ・ 両電源の出力モード (MODE) を電圧出力 (V または VPULSE) と電流出力 (I または IPULSE) のどちらかに設定します。電圧出力、電流出力の共存はできません。
2. 一次掃引源 (VAR1) を基本掃引測定の掃引源と同様に設定します。
3. MEASURE: SWEEP SETUP 画面の以下のパラメータを用いて、同期掃引源 (VAR1') を設定します。

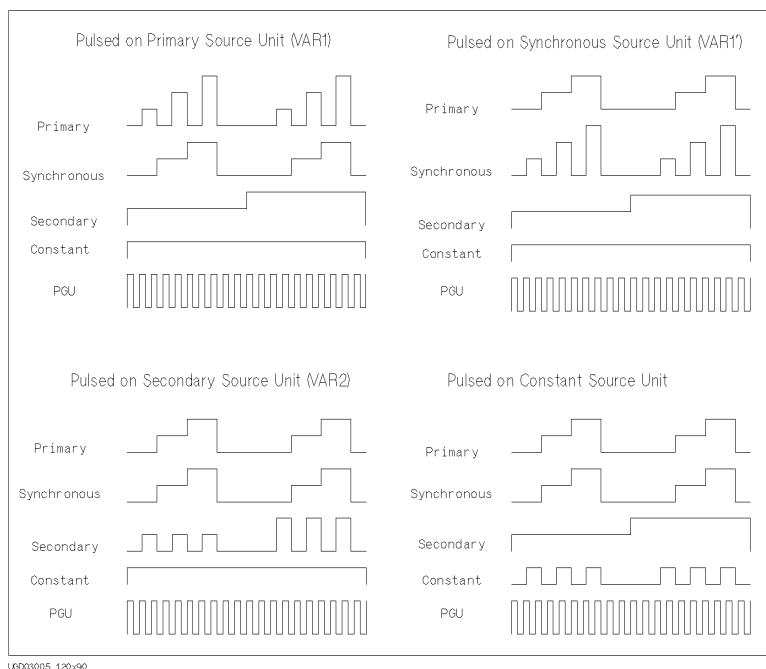
OFFSET	一次掃引源と同期掃引源の出力間のオフセット値。
RATIO	一次掃引源と同期掃引源の出力の比率。
COMPLIANCE	同期掃引源のコンプライアンス値。SMU に有効。有効な設定値はコンプライアンス・レンジに依存します。
POWER COMP	(設定省略可) 同期掃引源のパワー・コンプライアンス。SMU に有効。有効な設定値はパワー・コンプライアンス・レンジに依存します。

パルス掃引測定

掃引源、または定電源として設定されている SMU からパルスを出力することによって、パルス掃引測定を行なうことが可能です。ただしパルス源に設定できる SMU は 1 つだけです。Figure 1-5 は SMU パルス出力とその他の出力の関係を示しています。SMU のパルス出力は一次掃引源の各ステップと同期しますが、PGU のパルス出力はどの電源とも同期しません。

測定は、SMU がパルスのピーク値を出力している間に行なわれます。

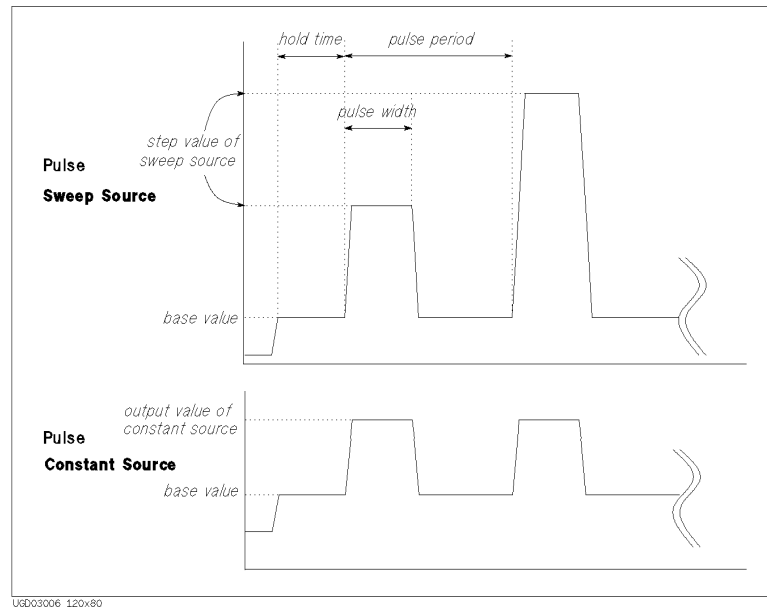
Figure 1-5 SMU パルス出力とその他の出力



パルスの設定パラメータの定義を Figure 1-6 に示します。パルス掃引測定では、ディレイ時間を設定できません。

Figure 1-6

SMU パルス



パルス掃引測定を行なうには、以下の設定を行います。

1. CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面において、パルス源として使用する SMU の出力モード (MODE) を VPULSE または IPULSE に設定します。
2. MEASURE: SWEEP SETUP 画面の以下のパラメータを用いてパルス源を設定します。

PERIOD	パルス周期。設定範囲：5 ms ~ 1 s、分解能：100 μ s
WIDTH	パルス幅。パルス出力の開始（パルス・ベース値からパルス・ピーク値 に向かって出力を開始した時）からパルスの終了（パルス・ピーク値からパルス・ベース値 に向かって出力を開始した時）までの時間。設定範囲：0.5 ms ~ 100 ms、分解能：100 μ s
BASE	パルス・ベース値。

パルスのピーク値の設定は、パルス出力に使用する SMU の出力ファンクション (FCTN) の設定状態によって以下のように異なります。

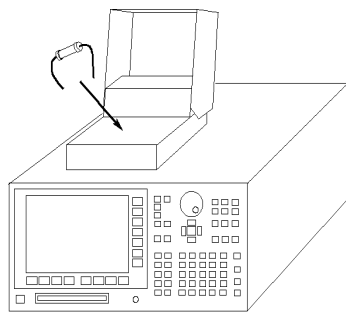
FCTN の設定	説明
CONST	CONSTANT テーブルの SOURCE に設定します。
VAR1	VAR1 の START、STOP、STEP から決まります。
VAR2	VAR2 の START、STEP、NO OF STEP から決まります。
VAR1'	VAR1 の START、STOP、STEP と VAR1' の OFFSET、RATIO から決まります。

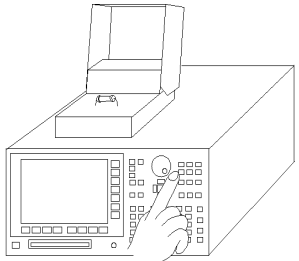
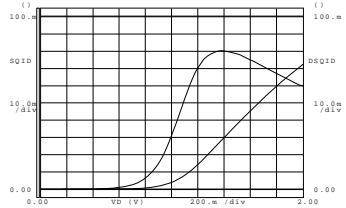
設定通りのパルス測定を実行するには以下の条件を満たす必要があります。この条件を満たさない場合には、設定したパルス幅よりも長い測定時間が必要になる場合があります。この場合、自動的に測定時間を優先し、設定値よりも長いパルス幅で測定を実行します。

測定チャンネル数： 1
 積分時間： Short
 測定レンジ： FIX、コンプライアンス・レンジ (コンプライアンス値を含む最小レンジ)

測定条件の設定

このセクションでは掃引測定条件の設定方法について説明します。基本操作を以下に示します。

<p>1</p> 	<p>DUT を接続します。第 10 章を参照してください。</p>
<p>2</p> <pre> CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 01JAN29 10:57AM *MEASUREMENT MODE SWEEP *CHANNELS TABLE UNIT VNAME I\$NAME MODE FCYB RESIDED RESISTANCE SMU1:HR VS IS COMMON CONST VAR1 0 ohm SMU2:HR VD IS V VAR1 SMU4:HR VD ID V VAR1 SMU5:HP VSU1 ----- VSU2 ----- VMU1 ----- VMU2 ----- PGU1 ----- PGU2 ----- GNDU ----- DISCHARGE ON </pre> <p>SWEEP Select Measurement Mode with softkey or rotary knob. S</p> <p>CHANNEL USER USER = RS150A NEXT DEF FCYB YAB STOP SWOP PAGE</p>	<p>測定モードと測定ユニットの設定を行います。測定ユニットを設定する (P. 1-16) を参照してください。</p> <p>ユーザ・ファンクション、スタンバイ機能、R-Box を使用するには第 8 章を参照してください。</p>
<p>3</p> <pre> MEASURE: SWEEP SETUP 01JAN29 10:58AM *VARIABLE VAR1 VAR2 TABLE UNIT SMU2:HR VAR1 NAME VS SWEEP MODE SINGLE LIN/LOG LINEAR START 0.0000 V STOP 2.0000 V STEP 20.0mV NO OF STEP 101 COMPLIANCE 100.00mA POWER COMB OFF </pre> <p>*TIMING HOLD TIME 0.0000 s DELAY TIME 0.0000 s *SWEEP STOP AT ANY ABNORM status</p> <p>*CONSTANT UNIT NAME MODE SOURCE COMPLIANCE</p> <p>SINGLE Select Sweep Mode with softkey or rotary knob. S</p> <p>SWEEP MEASURE OUTPUT PREV NEXT SETUP SETUP SEQ PAGE PAGE</p>	<p>測定ユニットの出力パラメータを設定します。以下を参照してください。</p> <ul style="list-style-type: none"> 一次掃引源を設定する (P. 1-18) 二次掃引源を設定する (P. 1-19) 同期掃引源を設定する (P. 1-20) 定電源を設定する (P. 1-21) SMU パルス出力を設定する (P. 1-22) PGU 出力を設定する (P. 1-24) 測定停止条件を設定する (P. 1-26)

<p>4</p> <p>DISPLAY: DISPLAY SETUP 01JAN29 10:15:58M</p> <p>*DISPLAY MODE GRAPHICS</p> <p>*GRAPHICS</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>NAME</th> <th>VD</th> <th>SQID</th> <th>DSQID</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SCALE</td> <td>LINEAR</td> <td>LINEAR</td> <td>LINEAR</td> </tr> <tr> <td>MIN</td> <td>0.00000000 V</td> <td>0.000000000</td> <td>0.000000000</td> </tr> <tr> <td>MAX</td> <td>2.0000000 V</td> <td>100.0000000G</td> <td>100.0000000G</td> </tr> </tbody> </table> <p>*GRID <input type="checkbox"/> *LINE PARAMETER <input type="checkbox"/></p> <p>*DATA VARIABLES <input type="checkbox"/> *DATA DISPLAY RESOLUTION <input type="checkbox"/></p> <p>GRAPHICS Select Display Mode with softkey or rotary knob.</p> <p>DISPLAY ANALYSIS <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> PREV NEXT SETUP SETUP <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> PAGE PAGE</p>	NAME	VD	SQID	DSQID	SCALE	LINEAR	LINEAR	LINEAR	MIN	0.00000000 V	0.000000000	0.000000000	MAX	2.0000000 V	100.0000000G	100.0000000G	<p>測定結果の表示モードを設定します。以下を参照してください。</p> <ul style="list-style-type: none"> 測定結果をグラフ表示する (P. 1-27) 測定結果をリスト表示する (P. 1-28)
NAME	VD	SQID	DSQID														
SCALE	LINEAR	LINEAR	LINEAR														
MIN	0.00000000 V	0.000000000	0.000000000														
MAX	2.0000000 V	100.0000000G	100.0000000G														
<p>5</p>  <p>10702 0x4156c</p>	<p>測定を実行します。以下を参照してください。測定を実行または停止する (P. 1-29) を参照してください。</p> <p>また、キャリブレーション、ゼロ・オフセット・キャンセルを行うには第7章を参照してください。</p>																
<p>6</p> <p>GRAPH/LIST: GRAPHICS SHORT 01JAN29 10:15:58M</p>  <p>MARKER <input type="checkbox"/></p> <p>MARKER MIN/MAX <input type="checkbox"/></p> <p>INTER-POLATE <input type="checkbox"/></p> <p>MARKER SKIP <input type="checkbox"/></p> <p>AUTO ANALYSIS <input type="checkbox"/></p> <p>CURSOR <input type="checkbox"/></p> <p>AXIS <input type="checkbox"/> MARKER <input type="checkbox"/> LINE <input type="checkbox"/> SCALING <input type="checkbox"/> DISPLAY <input type="checkbox"/> SWEEP <input type="checkbox"/> TIMING <input type="checkbox"/> CURSOR <input type="checkbox"/> CURSOR <input type="checkbox"/> SETUP <input type="checkbox"/> SETUP <input type="checkbox"/> SETUP <input type="checkbox"/></p>	<p>これは、測定結果のグラフ表示例です。</p>																

測定ユニットを設定する

測定ユニットの設定を行うには **Chan** フロントパネル・キーを押します。
CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面で以下の操作を行います。

	フィールド	操作
1	MEASUREMENT MODE	SWEEP 二次ソフトキーを選択します。
2	VNAME	使用するユニットの電圧変数名を入力します。 例えば Vce (コレクタ・エミッタ間電圧) と入力します。 電圧出力、電圧測定を行わないユニットの設定では省略できます。
3	INAME	使用するユニットの電流変数名を入力します。 例えば、Ic (コレクタ電流) と入力します。 電流出力、電流測定を行わないユニットの設定では省略できます。
4	MODE	二次ソフトキーを用いて出力モード、測定モードを設定します。 V 電圧出力。SMU、VSU、PGU および接地モードの VMU に有効。 I 電流出力。SMU に有効。 VPULSE パルス電圧出力。SMU と PGU に有効。 IPULSE パルス電流出力。SMU に有効。 COMMON コモン。SMU と GNDU に有効。 DVOLT 差動電圧測定。VMU に有効。
5	FCTN	二次ソフトキーを用いてファンクションを設定します。 CONST 定電源。SMU、VSU、PGU に有効。 VAR1 一次掃引源。SMU と VSU に有効。 VAR2 二次掃引源。SMU と VSU に有効。 VAR1' 同期掃引源。SMU と VSU に有効。

VNAME と INAME	VNAME と INAME 欄に設定した変数は、ユーザ関数の定義や測定結果画面での解析に使用することができます。変数名には英字ではじまる 6 文字以下の英数字が有効です。
DELETE ROW	DELETE ROW ソフトキーを選択すると、指定されたユニットを無効にすることができます。ユニットの設定は全て消去されます。
DISCHARGE	<p>VMU 入力に放電用の抵抗を接続するには、ON ソフトキーを選択します。接続しない場合には OFF を選択します。この抵抗は、オープン状態にある VMU 入力にチャージ・アップすることを防ぎます。</p> <p>ON に設定されている場合、放電用抵抗は VMU 入力に接続され、測定状態では自動的に開放されます。</p>

一次掃引源を設定する

CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面で VAR1 に設定されたユニットを一次掃引源と呼びます。一次掃引源の設定を行うには **Meas** フロントパネル・キーを押します。MEASURE: SWEEP SETUP 画面で以下の操作を行います。

	フィールド	操作
1	VAR1 : SWEEP MODE	二次ソフトキーを用いて掃引モードを選択します。 SINGLE 片道掃引 DOUBLE 往復掃引
2	VAR1: LIN/LOG	二次ソフトキーを用いて掃引ステップ・モードを選択します。 LIN リニア掃引 LOGXX ログ掃引。XX は 1 デイケード当たりのステップ数を表わします。10、25、50。
3	VAR1 : START	掃引スタート値を入力します。
4	VAR1 : STOP	掃引ストップ値を入力します。LOG 掃引ステップ・モードでは、START 値と STOP 値は同一極性でなければいけません。
5	VAR1 : STEP	掃引ステップ値を入力します。LIN 掃引ステップ・モードに有効。
6	VAR1 : COMPLIANCE および POWER COMP	測定ユニットが SMU である場合に有効。一次掃引源のコンプライアンス値、パワー・コンプライアンス (ON または OFF) を入力します。

NO OF STEP は START 値、STOP 値および STEP 値から自動的に計算されます。

この画面では、UNIT および NAME を変更することはできません。変更は CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面で行います。

二次掃引源を設定する

CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面で VAR2 に設定されたユニットを二次掃引源と呼びます。MEASURE: SWEEP SETUP 画面で一次掃引源 (VAR1) の設定を行った後、以下の操作を行います。

	フィールド	操作
1	VAR2 : START	二次掃引スタート値を入力します。
2	VAR2 : STEP	二次掃引ステップ値を入力します。
3	VAR2 : NO OF STEP	二次掃引ステップ値を入力します。
4	VAR2 : COMPLIANCE および POWER COMP	測定ユニットが SMU である場合に有効。二次掃引源のコンプライアンス値、パワー・コンプライアンス (ON または OFF) を入力します。

SWEEP MODE は SINGLE、LIN/LOG は LINEAR に設定されます。これらの値を変更することはできません。

STOP 値は、START 値、STEP 値および NO OF STEP 値から自動的に計算されます。

この画面では、UNIT および NAME を変更することはできません。変更は CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面で行います。

同期掃引源を設定する

CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面で VAR1' に設定されたユニットを同期掃引源と呼びます。VAR1 の出力モードと同じ出力モードの測定ユニットであれば VAR1' に設定することができます。VAR1' 出力値は以下の式で計算されます。

$$\text{VAR1' 出力} = \text{VAR1 出力} \times \text{RATIO} + \text{OFFSET}$$

MEASURE: SWEEP SETUP 画面で一次掃引源 (VAR1) の設定を行った後、以下の操作を行います。

	フィールド	操作
1	VAR1' : OFFSET	出力開始時における VAR1 出力に対する VAR1' 出力のオフセット値を入力します。
2	VAR1' : RATIO	掃引出力時における VAR1 出力に対する VAR1' 出力のレシオ値を入力します。
3	VAR1' : COMPLIANCE および POWER COMP	測定ユニットが SMU である場合に有効。同期掃引源のコンプライアンス値、パワー・コンプライアンス (ON または OFF) を入力します。

この画面では、UNIT および NAME を変更することはできません。変更は CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面で行います。

定電源を設定する

CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面で CONST に設定されたユニットを定電源と呼びます。定電源の設定を行うには **Meas** フロントパネル・キーを押します。MEASURE: SWEEP SETUP 画面で以下の操作を行います。

	フィールド	操作
1	CONSTANT : SOURCE	定電源の出力値を入力します。
2	CONSTANT : COMPLIANCE	測定ユニットが SMU である場合に有効。定電源のコンプライアンス値を入力します。

この画面では、UNIT、NAME および MODE を変更することはできません。変更は CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面で行います。

PGU の定電圧出力の設定は MEASURE: PGU SETUP 画面で行います。PGU 出力を設定する (P. 1-24) を参照してください。

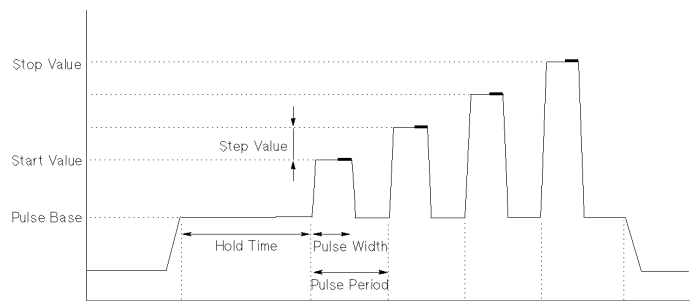
SMU パルス出力を設定する

CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面で出力モードを VPULSE または IPULSE に設定した SMU をパルス出力源と呼びます。ファンクション (FCTN) の設定によって、パルス掃引源 (VAR1、VAR2、VAR1') または、定パルス出力源 (CONST) として使用できます。パルス出力源の設定を行うには **Meas** フロントパネル・キーを押します。MEASURE: SWEEP SETUP 画面が表示されます。VAR1、VAR2、VAR1'、あるいは CONST に必要な設定を行った後、以下の操作を行います。

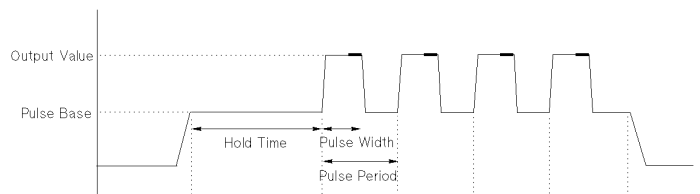
	フィールド	操作
1	SMU PULSE : PERIOD	パルス周期を入力します。
2	SMU PULSE : WIDTH	パルス幅を入力します。
3	SMU PULSE : BASE	パルス電圧または電流のベース値を入力します。

この画面では、UNIT および NAME を変更することはできません。変更は CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面で行います。

パルス・パラメータ パルス周期、パルス幅、ベース値の関係を以下に記します。



(a) For Pulsed Sweep Source



(b) For Pulsed Constant Source

UG91007.97x10

パルス出力波形は図 (a) または図 (b) のようになります。

- 図 (a)

ファンクションの設定が VAR1、VAR2 または VAR1' の場合。

パルス・ピーク値は、掃引スタート、ストップ、ステップ値などから得られる掃引出力値となります。

- 図 (b)

ファンクションの設定が CONST の場合。

パルス・ピーク値は、定電源の出力値となります。

PGU 出力を設定する

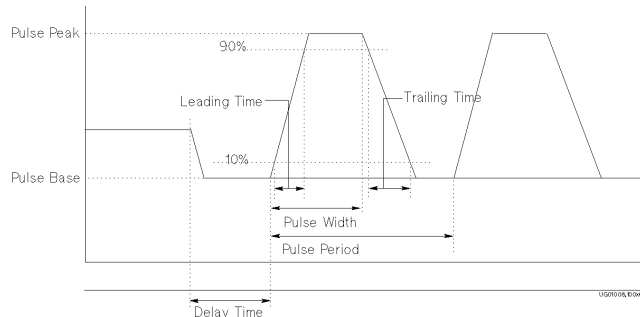
PGU は定電圧またはパルス電圧の出力を行います。定電圧出力を行うには、CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面の出力モード (MODE) を V に、パルス出力を行うには VPULSE に設定します。

PGU パルス出力

パルス電圧出力の設定を行うには **Meas** フロントパネル・キー、PGU SETUP ソフトキーを押します。MEASURE: PGU SETUP 画面で以下の操作を行います。

	フィールド	操作
1	PERIOD	パルス周期を入力します。PGU1 と PGU2 に共通です。個別に設定することはできません。
2	WIDTH	パルス幅を入力します。
3	DELAY TIME	ディレイ時間を入力します。
4	PEAK VALUE	パルス電圧のピーク値を入力します。
5	BASE VALUE	パルス電圧のベース値を入力します。
6	LEADING TIME	立上がり過渡時間を入力します。
7	TRAILING TIME	立下がり過渡時間を入力します。
8	IMPEDANCE	二次ソフトキーを用いて PGU の出力インピーダンス値を選択します。 LOW 約 0 ohm 50 ohm 約 50 ohm

下図は PGU パルス設定パラメータの関係を以下に記します。



PGU 定電圧出力

定電圧出力の設定を行うには **Meas** フロントパネル・キー、PGU SETUP ソフトキーを押します。MEASURE: PGU SETUP 画面で以下の操作を行います。

フィールド	操作
CONSTANT : SOURCE	定電圧の出力値を入力します。

MEASURE: PGU SETUP 画面では、UNIT および NAME を変更することはできません。変更は CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面で行います。

PULSE COUNT は常に FREE RUN です。測定実行中は、パルス出力を続けます。

PGU には 100 mA の電流リミッタがあります。コンプライアンスの設定はできません。

測定停止条件を設定する

1. PAGE CONTROL キーグループの **Meas** キーを押します。
2. フィールド・ポインタを **SWEEP Status** フィールドに移動します。
3. 以下のソフトキーを選択して、測定停止条件を設定します。

CONT AT ANY アブノーマル状態が発生しても、掃引測定を続けます。SMU にパワー・コンプライアンスの設定を行った場合には、このソフトキーは表示されません。

**STOP AT ANY
ABNORM** アブノーマル状態が発生すると、測定を中止します。

**STOP AT
COMPLIANCE** SMU がコンプライアンスに達した場合に測定を中止します。SMU にパワー・コンプライアンスの設定を行った場合、あるいは、SERIES RESISTANCE フィールドに 10k ohm、100k ohm または 1M ohm を設定した場合には、自動的に、この停止条件が設定されます。

アブノーマル状態とは、以下の状態を示します。

- ・ SMU がコンプライアンスに達した場合
- ・ VSU の電流が ± 100 mA を越えた場合
- ・ SMU または VSU が発振した場合
- ・ A/D コンバータがオーバーフローした場合
- ・ PGU の平均電流が ± 100 mA を越えた場合

測定結果をグラフ表示する

測定結果をグラフ表示するには、DISPLAY: DISPLAY SETUP 画面を以下のように設定します。**Display** フロントパネル・キーを押し、以下の操作を行います。

	フィールド	操作
1	DISPLAY MODE	GRAPHICS 二次ソフトキーを選択します。
2	Xaxis	グラフ横軸の変数名、スケール、最大値、最小値を設定します。
3	Y1axis	グラフ縦軸 (Y1) の変数名、スケール、最大値、最小値を設定します。
4	Y2axis	グラフ縦軸 (Y2) の変数名、スケール、最大値、最小値を設定します。

NAME 行では、選択可能な変数名が二次ソフトキーに現われます。ソフトキーを用いて NAME の設定を行います。CHANNELS: CHANNEL DEFINITION、USER FUNCTION および USER VARIABLE 画面で設定された変数があります。

さらに、以下の設定が可能です。

フィールド	説明
GRID	プロット・エリアの目盛線を表示 (ON) または消去 (OFF) します。
LINE PARAMETER	ライン・パラメータを表示 (ON) または消去 (OFF) します。 ライン・パラメータは、表示されているラインの X 切片、Y 切片、および傾きです。
DATA VARIABLES	グラフ上部にユーザ関数などの変数を表示することができます。表示する変数をソフトキーで選択します。2つのパラメータまで表示可能。
DATA DISPLAY RESOLUTION	表示データの分解能を設定します。仕様通りの分解能で表示するには NORMAL に設定します。ADC フルスケールの分解能を得るには EXTEND に設定します。例えば、10 pA レンジでは、NORMAL で 1 fA、EXTEND で 10 aA となります。

測定結果をリスト表示する

測定結果をリスト表示するには、DISPLAY: DISPLAY SETUP 画面を以下のように設定します。**Display** フロントパネル・キーを押し、以下の操作を行います。

	フィールド	操作
1	DISPLAY MODE	LIST 二次ソフトキーを選択します。
2	LIST: NAME	リスト表示する変数名を選択します。二次ソフトキーを使用します。

NAME 行では、選択可能な変数名が二次ソフトキーに現われます。ソフトキーを用いて NAME の設定を行います。CHANNELS: CHANNEL DEFINITION、USER FUNCTION および USER VARIABLE 画面で設定された変数が有効です。

さらに、以下の設定が可能です。

フィールド	説明
DATA VARIABLES	グラフ上部にユーザ関数などの変数を表示することができます。表示する変数をソフトキーで選択します。2つのパラメータまで表示可能。
DATA DISPLAY RESOLUTION	表示データの分解能を設定します。仕様通りの分解能で表示するには NORMAL に設定します。ADC フルスケールの分解能を得るには EXTEND に設定します。例えば、10 pA レンジでは、NORMAL で 1 fA、EXTEND で 10 aA となります。

測定を実行または停止する

掃引測定を実行するには、以下のフロントパネル・キーのいずれかを押し
ます。

- | | |
|---------------|--|
| Single | 一回掃引測定を実行します。測定開始以前のデータは削
除されます。 |
| Repeat | 連続掃引測定を実行します。掃引測定の度に、前の測定
データを削除します。 |
| Append | 追加掃引測定を実行します。測定開始以前のデータを削
除せずに一回掃引測定を実行します。 |

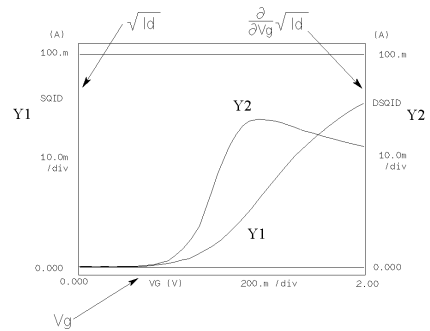
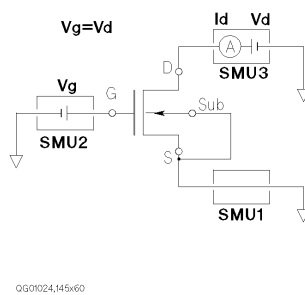
測定を停止するには、**Stop** フロントパネル・キーを押します。

測定実行例

ここでは、Agilent 4155C/4156C を用いて、MOS FET の I_d - V_g 特性を実際に測定し測定結果をグラフ画面に表示します。

以下に示すように測定試料 (DUT) と SMU の接続を行い、測定を実行します。SMU2 と SMU3 はそれぞれゲートとドレインに同電位の電圧を印加します。さらに SMU3 はドレイン電流 (I_d) を測定します。ソースとサブストレートはサーキット・コモンに接続します。

測定結果は下図右側のグラフのようになります。ここで、ゲート電圧 V_g を X 軸に、 $\sqrt{I_d}$ を Y1 軸、 $\frac{\partial \sqrt{I_d}}{\partial V_g}$ を Y2 軸に設定します。

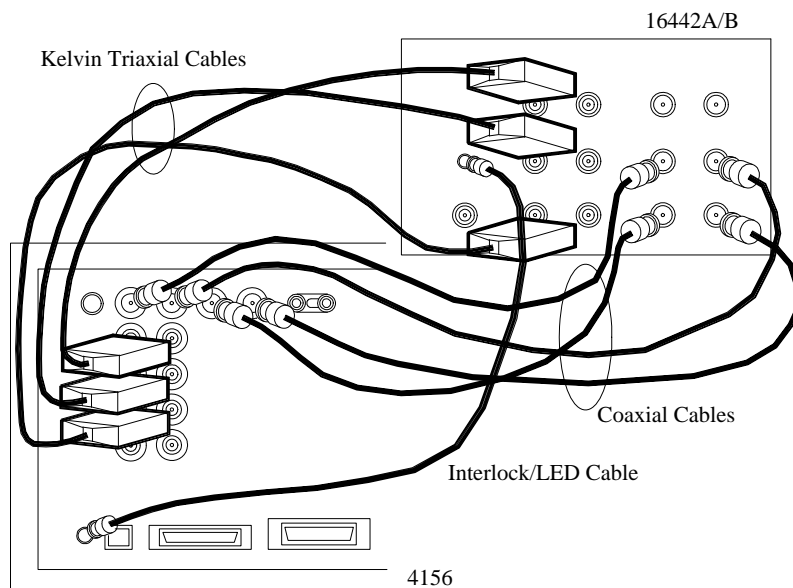


ステップ 1 : 測定前の準備

測定を実行する前に、4155C/4156C とアクセサリの接続を行います。

1. 4155C/4156C の電源がオフになっていることを確認します。
2. 16442A/B テスト・フィクスチャと 4155C/4156C を接続します (下図)。
3. 外部キーボードを使用する場合は、外部キーボードを 4155C/4156C の keyboard インタフェースに接続します。

4156C と 16442A/B の接続 :

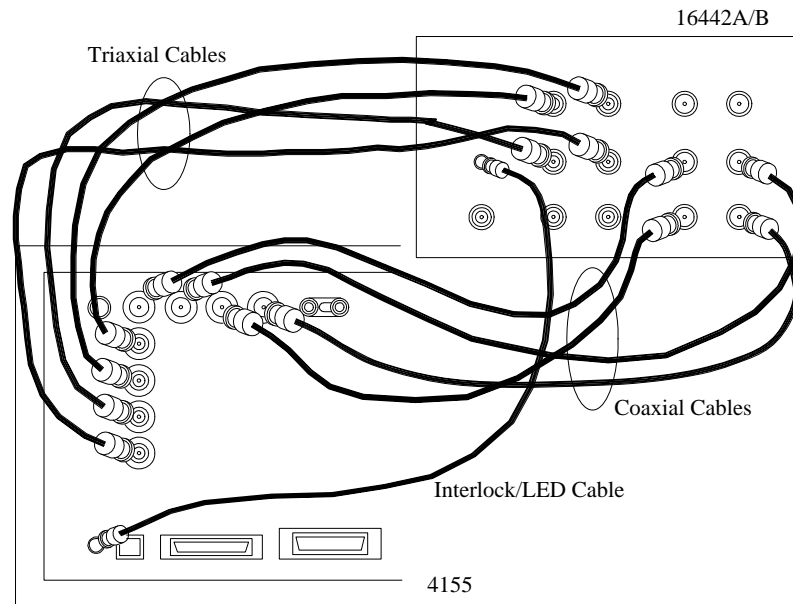


4156C	ケーブル	16442A/B	4156C	ケーブル	16442A/B
Intlk	Interlock/LED ^a	Intlk	VSU 1	同軸 ^b	VSU 1
SMU 1	ケルビン ^c	SMU 1	VSU 2	同軸 ^b	VSU 2
SMU 2	ケルビン ^c	SMU 2	VMU 1	同軸 ^b	VMU 1
SMU 3	ケルビン ^c	SMU 3	VMU 2	同軸 ^b	VMU 2

- インターロック /LED ケーブル : Agilent 16493J
- 同軸ケーブル : Agilent 16493B。この測定例では不要です。
- ケルビン・トライアキシャル・ケーブル : Agilent 16493K、または
トライアキシャル・ケーブル : Agilent 16493C。
非ケルビン接続を行うには Sense 端子を開放します。

掃引測定
測定実行例

4155C と 16442A/B の接続 :

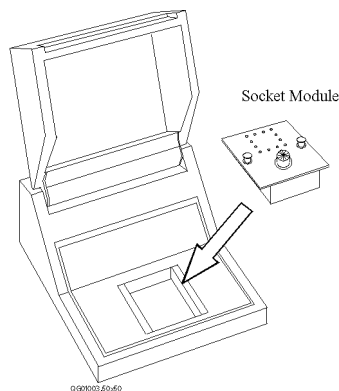


4155C	ケーブル	16442A/B	4155C	ケーブル	16442A/B
Intlk	Interlock/LED ^a	Intlk			
SMU 1	Triaxial ^b	SMU1 (青文字)	VSU 1	同軸 ^c	VSU 1
SMU 2	Triaxial ^b	SMU2 (青文字)	VSU 2	同軸 ^c	VSU 2
SMU 3	Triaxial ^b	SMU3 (青文字)	VMU 1	同軸 ^c	VMU 1
SMU 4	Triaxial ^b	SMU4 (青文字)	VMU 2	同軸 ^c	VMU 2

- a. インターロック /LED ケーブル : Agilent 16493J
- b. トライアキシャル・ケーブル : Agilent 16493C. この測定では SMU4 の接続は不要です。
- c. 同軸ケーブル : Agilent 16493B. この測定例では不要です。

ステップ 2 : DUT の接続

1. 被測定物 (DUT) に合うソケット・モジュールを選びます。
2. 以下のようにソケット・モジュールをテスト・フィクスチャに取り付けます。



3. DUT をソケット・モジュールに取り付けます。
4. 接続ケーブル (ミニチュア・バナナ～ピン・プラグ) を 4 本使用してテスト・フィクスチャ内の接続を行います。

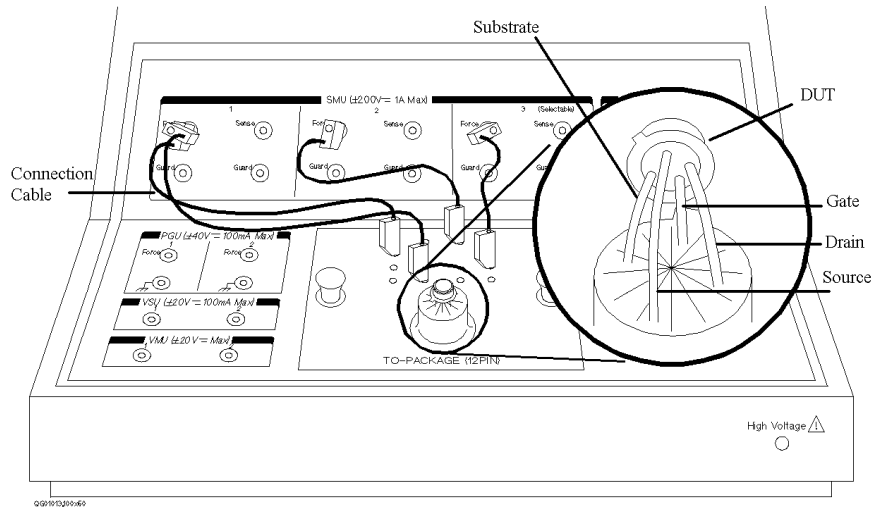
以下のように接続します。

- ・ ソース～ SMU1
 - ・ ゲート～ SMU2
 - ・ ドレイン～ SMU3
 - ・ サブストレート～ SMU1
5. 接続終了後、テスト・フィクスチャの蓋を閉じます。

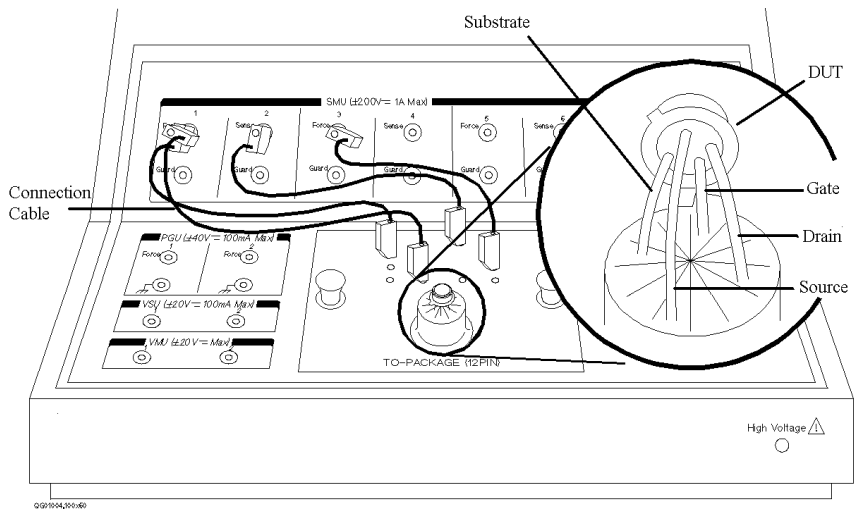
掃引測定
測定実行例

4156C を使用する場合：

この測定では、ケルビン接続を行いませんので、フォース端子だけを以下のように接続します。



4155C を使用する場合：



ステップ 3 : 測定チャンネルの設定

CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面を用いて、各チャンネルの変数名、出力または測定モード、出力ファンクションの設定を行います。

1. 4155C/4156C の電源をオンします。セルフ・テストを開始します。
2. セルフ・テスト終了後、4155C/4156C の画面上に CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面が表示されていることを確認します。表示されない場合は、**Chan** キーを押します。
3. MEASUREMENT MODE フィールドに、SWEEP が表示されていることを確認します。表示されていない場合は、MEASUREMENT MODE フィールドにポインタを移動し、SWEEP セカンダリ・ソフトキーを選択します。
4. CHANNELS テーブルの各チャンネルのフィールドを以下のように設定します。実際の設定画面は Figure 1-7 を参照してください。

	フロント・パネルからの入力	キーボードからの入力
ポインタを移動する	MARKER/CURSOR キー・グループの矢印キーを使用します。	矢印キーを使用します。
データ入力ライン上のカーソルを動かす	Edit キー・グループの矢印キーを使用します。	Backspace キーを使用します。
VNAME フィールドに "VS" と入力する	., +, Enter の順に押します。	VS とタイプし、 Enter キーを押します。
INAME フィールドに "IS" と入力する	*, +, Enter の順に押します。	IS とタイプし、 Enter キーを押します。
MODE フィールドに "V" を設定する	V セカンダリ・ソフトキーを選択します。	Shift-F1 キーを押します。
FCTN フィールドに "VAR1" を設定する	VAR1' セカンダリ・ソフトキーを選択します。	Shift-F4 キーを押します。
FCTN フィールドに "VAR1" を設定する	VAR1 セカンダリ・ソフトキーを選択します。	Shift-F2 キーを押します。
ユニットの使用を中止する	DISABLE UNIT セカンダリ・ソフトキーを選択します。	Shift-F7 キーを押します。

掃引測定
測定実行例

Figure 1-7

CHANNEL DEFINITION 画面

CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 01JAN29 10:57AM

*MEASUREMENT MODE

*CHANNELS

UNIT	MEASURE				STBY	SERIES RESISTANCE
	VNAME	INAME	MODE	FCTN		
SMU1:HR	VS	IS	COMMON	CONST		0 ohm
SMU2:HR	VG	IG	V	VAR1'		
SMU3:HR	VD	ID	V	VAR1		
SMU4:HR						
SMU5:HP						0 ohm
VSU1		-----				
VSU2		-----				
VMU1		-----				DISCHARGE
VMU2		-----				ON
PGU1		-----				
PGU2		-----				
GNDU		-----				

DISCHARGE
ON

MEM1 M
B-Tr
VCE-IC

MEM2 M
FET
VDS-ID

MORE
1 / 2

SWEEP
Select Measurement Mode with softkey or rotary knob. B

CHANNEL	USER	USER		S	E5250A			NEXT
DEF	FCTN	VAR			PROP			PAGE

ステップ 4 : ユーザ関数の定義

CHANNELS: USER FUNCTION DEFINITION 画面を用いて、ユーザ関数を定義します。

1. USER FCTN プライマリ・ソフトキーを選択します。CHANNELS: USER FUNCTION DEFINITION 画面が表示されます。
2. ユーザ関数を以下のように定義します。実際の設定画面は Figure 1-8 を参照してください。

	フロント・パネルからの入力	キーボードからの入力
ポインタを移動する	MARKER/CURSOR キー・グループの矢印キーを使用します。	矢印キーを使用します。
データ入力ライン上のカーソルを動かす	Edit キー・グループの矢印キーを使用します。	Backspace キーを使用します。
NAME フィールドに "SQID" と入力する	+, 2, *, /, Enter の順に押します。	SQID とタイプし、 Enter キーを押します。
DEFINITION フィールドに "SQRT (ID)" ^a と入力する	+, 2, 3, p , blue key , (, ID セカンダリ・ソフトキー,), Enter の順に押します。	SQRT (ID) とタイプし、 Enter キーを押します。
NAME フィールドに "DSQID" と入力する	/, +, 2, *, /, Enter の順に押します。	DSQID とタイプし、 Enter キーを押します。
DEFINITION フィールドに "DIFF (SQID, VG)" ^b と入力する	/, *, 7, 7, blue key , (, blue key , +, 2, *, /, blue key , , (カンマ), VG セカンダリ・ソフトキー,), Enter の順に押します。	DIFF (SQID, VG) とタイプし、 Enter キーを押します。
ユーザ関数の設定を消去する	DISABLE FUNCTION セカンダリ・ソフトキーを選択します。	Shift-F7 キーを押します。

a. 平方根 ($\sqrt{\quad}$) は 組み込み関数 "SQRT" で定義します。

b. 偏微分 (∂/∂) は組み込み関数 "DIFF" で定義します。

このように設定を行った後、CHANNELS: USER FUNCTION DEFINITION 画面は以下ようになります。

Figure 1-8

USER FUNCTION DEFINITION 画面

CHANNELS: USER FUNCTION DEFINITION 01JAN29 10:53AM

*USER FUNCTION		
NAME	UNIT	DEFINITION
SQID		SQRT(ID)
DSQID		DIFF(SQID,VG)

SQID
Enter User Function Name. (max 6 chars.) B

CHANNEL DEF	USER FCTN	USER VAR		S	E5250A PROP		PREV PAGE	NEXT PAGE
----------------	--------------	-------------	--	---	----------------	--	--------------	--------------

DELETE
ROW

上記の設定は、以下の2つのユーザ関数を定義します。

$$SQID = \sqrt{Id}$$

$$DSQID = \partial SQID / \partial Vg = \partial \sqrt{Id} / \partial Vg$$

ここで、Idはドレイン電流、Vgはゲート電圧です。

ステップ 5 : 測定パラメータの設定

MEASURE: SWEEP SETUP 画面を用いて、出力パラメータを設定します。

1. **Meas** キーを押します。MEASURE: SWEEP SETUP 画面が表示されます。
2. VAR1 設定欄に以下の設定を行います。実際の設定画面は Figure 1-9 を参照してください。

	フロント・パネルからの入力	キーボードからの入力
ポインタを移動する	MARKER/CURSOR キー・グループの矢印キーを使用します。	矢印キーを使用します。
SWEEP MODE フィールドに "SINGLE" と入力する	SINGLE セカンダリ・ソフトキーを選択します。	Shift-F1 キーを押します。
LIN/LOG フィールドに "LINEAR" と入力する	LINEAR セカンダリ・ソフトキーを選択します。	Shift-F1 キーを押します。
STOP フィールドに "2.000 V" と入力する	2 , Enter の順に押します。	2 とタイプし、 Enter キーを押します。
STEP フィールドに "10.00 mV" と入力する	1 , 0 , m , Enter の順に押します。	10m とタイプし、 Enter キーを押します。

この例では、ドレイン電圧を 0 V から 2 V まで 10 mV ステップで掃引します。電流コンプライアンスは 100 mA に設定しています。

3. VAR1' 設定欄に以下の設定を行います。

	フロント・パネルからの入力	キーボードからの入力
OFFSET フィールドに "0.000 V" と入力する	0 , Enter の順に押します。	0 とタイプし、 Enter キーを押します。
RATIO フィールドに "1.000" と入力する	1 , Enter の順に押します。	1 とタイプし、 Enter キーを押します。

この例では、ドレインとゲートに同じ電圧をかけるため、 $RATIO = 1$ 、 $OFFSET = 0$ に設定します。VAR1' は次式で定義されます。

$$(VAR1' \text{ output}) = RATIO \times (VAR1 \text{ output}) + OFFSET$$

掃引測定
測定実行例

Figure 1-9

SWEEP SETUP 画面

MEASURE: SWEEP SETUP 01JAN29 10:58AM

*VARIABLE	VAR1	VAR2		VAR1'	
UNIT	SMU3:HR			SMU2:HR	
NAME	VD			VG	
SWEEP MODE	SINGLE				
LIN/LOG	LINEAR				
START	0.0000 V			0.0000 V	
STOP	2.0000 V			1.000	
STEP	20.0mV			100.00mA	
NO OF STEP	101			POWER COMP	OFF
COMPLIANCE	100.00mA				
POWER COMP	OFF				

*TIMING

HOLD TIME	0.0000 s		
DELAY TIME	0.0000 s	*SWEEP	STOP AT ANY ABNORM Status

*CONSTANT

UNIT				
NAME				
MODE				
SOURCE	-----	-----	-----	-----
COMPLIANCE	-----	-----	-----	-----

SINGLE

Select Sweep Mode with softkey or rotary knob. B

SWEEP SETUP		MEASURE SETUP	OUTPUT SEQ	s			PREV PAGE	NEXT PAGE
----------------	--	------------------	---------------	---	--	--	--------------	--------------

SINGLE

DOUBLE

ステップ 6 : グラフ表示画面の設定

DISPLAY: DISPLAY SETUP 画面を用いて、測定結果を表示するグラフ画面の設定を行います。

1. **Display** キーを押します。DISPLAY: DISPLAY SETUP 画面が表示されます。
2. DISPLAY MODE フィールドにポインタを移動し、GRAPHIC セカンダリ・ソフトキーを選択します。
3. X 軸, Y1 軸, Y2 軸をそれぞれ以下のように設定します。実際の設定画面は Figure 1-10 を参照してください。

	フロント・パネルからの入力	キーボードからの入力
NAME フィールドに "VG" と入力する	VG セカンダリ・ソフトキーを選択します。	Shift-F3 キーを押します。
SCALE フィールドに "LINEAR" と入力する	LINEAR セカンダリ・ソフトキーを選択します。	Shift-F1 キーを押します。
MIN フィールドに "0.00000 V" と入力する	0 , Enter の順に押します。	0 とタイプし、 Enter キーを押します。
MAX フィールドに "2.00000 V" と入力する	2 , Enter の順に押します。	2 とタイプし、 Enter キーを押します。
NAME フィールドに "SQID" と入力する	MORE 1/2, SQID の順にセカンダリ・ソフトキーを選択します。	Shift-F7 , Shift-F3 の順に押します。
MIN フィールドに "0.00000 A" と入力する	0 , Enter の順に押します。	0 とタイプし、 Enter キーを押します。
MAX フィールドに "100.000mA" と入力する	1 , 0 , 0 , m , Enter の順に押します。	100m とタイプし、 Enter キーを押します。
NAME フィールドに "DSQID" と入力する	MORE 1/2, DSQID の順にセカンダリ・ソフトキーを選択します。	Shift-F7 , Shift-F4 の順に押します。

Figure 1-10

DISPLAY SETUP 画面

DISPLAY: DISPLAY SETUP 01JAN29 10:58AM

*DISPLAY MODE

*GRAPHICS

	Xaxis	Y1axis	Y2axis
NAME	VD	SQID	DSQID
SCALE	LINEAR	LINEAR	LINEAR
MIN	0.000000000 V	0.0000000000	0.0000000000
MAX	2.0000000 V	100.000000000m	100.000000000m

*GRID

*LINE PARAMETER

*DATA VARIABLES

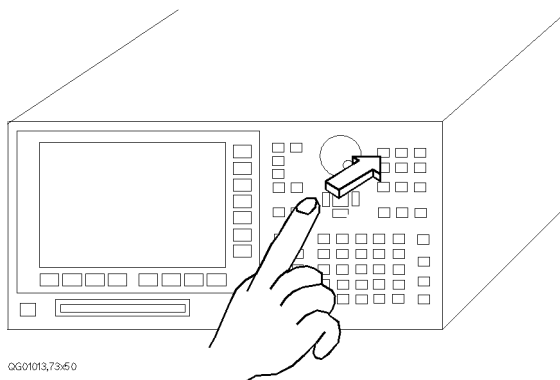
*DATA DISPLAY RESOLUTION

GRAPHICS

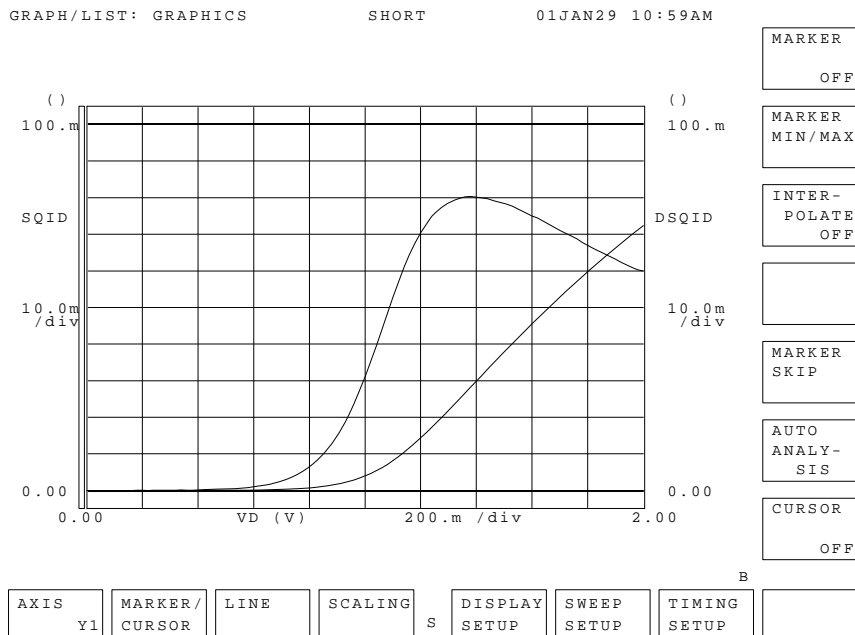
Select Display Mode with softkey or rotary knob. B

ステップ 7 : 測定の実行

Single キーを押します。測定を開始します。



以下のような測定結果が得られます。



掃引測定
測定実行例

2 ノブ掃引測定

ノブ掃引測定

本章は、ノブ掃引測定の実行方法について説明します。

ノブ掃引測定は、通常の掃引測定と比較して、簡単な操作で測定の実行が可能なので、次のような場合に非常に有効です。

- ・ 掃引測定の測定条件を決定する場合
- ・ 被測定デバイス (DUT) のおおまかな特性を迅速に測定する場合

機能の説明

4155C/4156C は、ごく簡単な設定とロータリ・ノブの回転だけでリアル・タイムの掃引測定を実行することができます。この測定モードを通常の掃引測定と区別して、ノブ掃引測定と呼びます。デバイスの特性を大まかに素早く測定したい時や、測定条件の設定を簡略化したい場合に便利です。

ノブ掃引測定を開始するにはグリーン・キー、**Single** キーを順に押します。ただちに測定を開始し、停止されるまで掃引測定を繰り返します。測定実行中でも、測定条件の変更を行うことができます。

測定開始時点では、掃引スタート値および掃引範囲は 0 V または 0 A に設定されています。ロータリ・ノブを回すだけで 0 からストップ値まで掃引範囲を広げながら測定を行います。測定の停止には、**Stop** キーまたは PAGE CONTROL グループ・キーを押します。測定を再開するには、以下のキーを押します。

Stop キーで停止した場合：**Single** キー

PAGE CONTROL キーで停止した場合：グリーン・キー、**Single** キー

有効なユニットと機能

ノブ掃引測定に使用可能なユニットと機能の一覧を Table 2-1 にまとめています。

Table 2-1 有効なユニットと機能

UNIT	FUNCTION					MODE			パルス VPULSE	測定モード		
	VAR1	VAR1'	VAR2	CONST	STANDBY	V	I	COMMON		V	DVOLT	I
SMU	●	n.a.	●	●	●	●	●	●	n.a.	●	—	●
VSU	●	n.a.	●	●	●	●	—	—	—	—	—	—
VMU	—	—	—	—	—	—	—	—	—	●	●	—
GNDU	—	—	—	●	—	—	—	●	—	—	—	—
PGU	—	—	—	●	●	●	—	—	●	—	—	—

- この機能はノブ掃引測定モードで使用できます。
- n. a. この機能はノブ掃引測定モードで使用できません。
- この機能はこのユニットにはありません。

掃引測定とノブ掃引測定と比較

通常の掃引測定とノブ掃引測定と比較を Table 2-2 にまとめています。

Table 2-2

掃引測定とノブ掃引測定と比較

比較項目	掃引測定	ノブ掃引測定
LIN / LOG (VAR1)	LIN / LOG	LIN
SINGLE / DOUBLE (VAR1)	SINGLE / DOUBLE	SINGLE / DOUBLE
NO OF STEP (VAR1)	1 ~ 1001	1 ~ 1001
ホールド時間	0 ~ 655.35 s	0 ~ 655.35 s
パワー・コンプライアンス	設定可	設定不可
測定レンジング・モード	AUTO、LIMITED AUTO または FIX	コンプライアンス・レンジ ^a
スタンバイ機能	設定可	設定可
測定チャンネル	1 ~ 8 チャンネル	1 チャンネル
出力順序	設定可	設定可 ^b
トリガ機能	設定可	設定不可
積分時間	SHORT、MEDIUM または LONG	80 μs

- a. 測定レンジはコンプライアンスの設定値から自動的に設定されます。
b. MEASURE: OUTPUT SEQUENCE 画面の設定が使われます。

ノブ掃引測定機能の特徴

ノブ掃引測定特有のパラメータや、通常の掃引測定とは異なる意味、設定範囲を持つパラメータについて説明します。

LIN/LOG モード

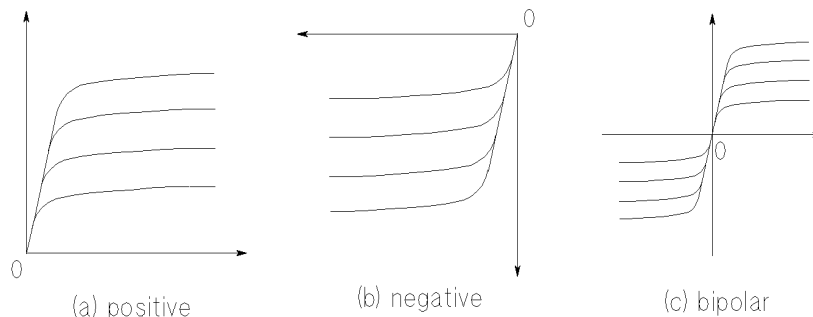
LIN（リニア）モードだけが有効です。MEASURE: SWEEP SETUP 画面の LIN/LOG フィールドに LOG が設定された場合、その設定を無視します。

測定範囲

VARI SETUP ソフトキー、VARI RANGE ソフトキーを順に選択し、ノブを回すと測定範囲の変更が行えます。設定を行わない場合には MEASURE: SWEEP SETUP 画面上に設定されている VARI チャンネルの STOP 値が初期設定になります。

掃引極性

以下の3つの掃引極性から選択できます。VARI SETUP ソフトキー、POLARITY ソフトキーを順に選択してから、POLARITY ソフトキーだけを選択すると順に設定が変わります。



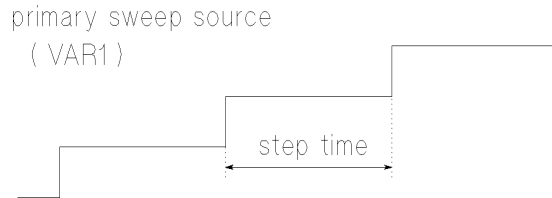
- + (positive) X 軸の正方向に掃引する場合に選択します。
- (negative) X 軸の負方向に掃引する場合に選択します。
- +/- (bipolar) X 軸の両極方向に掃引する場合に選択します。

掃引出力の絶対値を増加させるには時計方向にノブを回します。出力値を減少させるには反時計方向に回します。出力値が 0 に達するとノブを回しても出力は 0 です。

ノブ掃引測定 機能の説明

ステップ時間

掃引ステップの時間幅として定義されます。ディレイ時間を設定できないかわりにステップ時間を設定します。



設定範囲 : 0.5 ms ~ 100 ms、設定分解能 : 100 μ s

通常の掃引測定では、各ステップのステップ時間は測定時間に依存しますが、ノブ掃引測定では測定時間に依存しません。

測定チャンネル

KNOB SWEEP 画面の Y-AXIS ASSIGN ソフトキーを押すことによって表示される二次ソフトキーから測定に使用するチャンネルを選択します。使用できるチャンネル数は 1 チャンネルです。Y2 軸はありません。

- 初期設定 :

VAR1 に SMU が設定されている場合には、VAR1 チャンネルが測定チャンネルになります。

VAR1 に VSU が設定されている場合には、以下の優先順位で始めに認識されたユニットが測定チャンネルとなります。

優先順位 : SMU1, SMU2, , SMU6, VMU1, VMU2

- 設定上の制限 :

R ボックスに接続されているユニットを VAR1 として設定し、その出力モードを電圧出力に設定する場合、VAR1 チャンネルだけが測定チャンネルとして有効です。

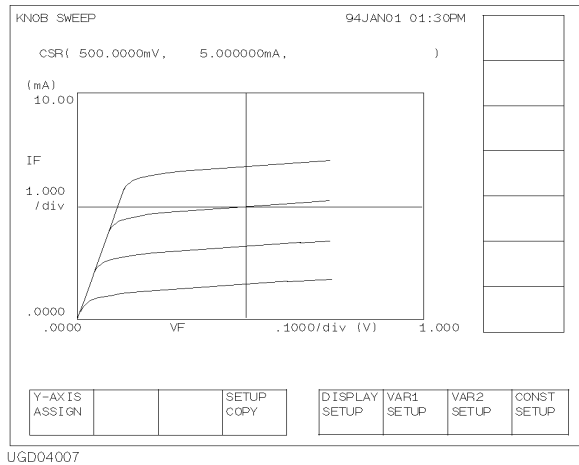
NOTE

測定分解能

ノブ掃引測定では、測定ユニットの測定分解能は通常の掃引測定に比べて悪くなります。

- 掃引ステップ値** VAR1 チャンネルにはステップ値を設定しません。ステップ値はノブを回す加減によって自動的に設定されます。ノブの回転角度から掃引ステップを自動的に設定し、NO OF STEP 値分の掃引測定を実行します。MEASURE: SWEEP SETUP 画面の設定値には意味がありません。
初期値：0、自動設定範囲：0 から測定範囲 /NO OF STEP まで。
- NO OF STEP 値** VAR1 チャンネルの掃引ステップ数。MEASURE: SWEEP SETUP 画面の NO OF STEP フィールドの値とは関係ありません。
- 掃引スタート値** 掃引スタート値は極性によらず常に 0 です。スタート値を設定することはできません。MEASURE: SWEEP SETUP 画面の START フィールドの値とは関係ありません。
- 掃引ストップ値** 掃引ストップ値は、掃引ステップ値 × NO OF STEP 値に設定されます。ストップ値を設定することはできません。
掃引測定は、**Stop** フロントパネル・キーを押すか、画面を変更するまで、0 からストップ値の間で繰り返し行われます。
- 測定レンジ** SMU が測定チャンネルの場合：
コンプライアンス・レンジを使用します。つまり、MEASURE: SWEEP SETUP 画面のコンプライアンス値を含む最小レンジを測定レンジとして使用します。
VMU が測定チャンネルの場合：
接地測定モードでは 20 V レンジ、差動測定モードでは 2 V レンジを使用します。

KNOB SWEEP 画面



ノブ掃引測定を開始するには、グリーン・キー、**Single** キーを順に押しします。KNOB SWEEP 画面が表示され、測定を開始します。測定を停止するには、**Stop** キーまたは PAGE CONTROL グループ・キーを押します。

カーソル

KNOB SWEEP 画面には、ロング・カーソルが常に表示されています。画面の CURSOR フィールドには、カーソルの座標が X、Y の順に表示されます。

X 軸設定

X 軸は常に VAR1 を表示します。X 軸の最大値（絶対値）は、VAR1 SETUP ソフトキー・グループの VAR1 RANGE 二次ソフトキーの設定値です。

Y 軸設定

Y 軸は常に測定値を表示します。測定チャンネルの設定は、Y-AXIS ASSIGN ソフトキー・グループから測定ユニット名／変数名を示す二次ソフトキーを選んで行います。Y 軸の最大値（絶対値）は測定チャンネルのコンプライアンス値です。

KNOB SWEEP 画面に有効なソフトキーについては、セットアップ・スクリーン・リファレンスを参照してください。

測定結果の解析

ノブ掃引測定では測定カーブの解析や、ユーザ・ファンクションの使用ができません。これを行うには、通常の掃引測定モードに戻る必要があります。以下の操作で GRAPH/LIST: GRAPH 画面または GRAPH/LIST: LIST 画面を表示すると、測定データの解析が行えます。

1. KNOB SWEEP 画面で SETUP COPY ソフトキーを押します。

2. **Graph/List** フロントパネル・キーを押します。

ノブ掃引測定の結果が GRAPH/LIST 画面に表示され、解析機能を使用することができます。

ユーザ関数を使用する

ノブ掃引測定中は、ユーザ関数を使用することができません。通常の掃引測定モードに戻った後でユーザ関数を使用するには、ノブ掃引測定モードに入る前に以下の設定を行います。

1. CHANNELS: USER FUNCTION DEFINITION 画面でユーザ関数を定義します。

2. DISPLAY: DISPLAY SETUP 画面の DATA VARIABLES フィールドにユーザ関数名を入力します。

3. GRAPH/LIST: GRAPHICS 画面で DISPLAY SETUP 一次ソフトキーを押し、DATA VAR ソフトキーを ON に設定します。

ノブ掃引測定実行後、上記のように通常の掃引測定モードに戻ると、ユーザ関数の値が GRAPH/LIST 画面に表示されます。

測定の実行

ノブ掃引測定の実行方法について説明します。ノブ掃引測定は、以下のよう
に簡単に実行できます。

1. CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面で掃引ユニットと測定ユニットの
設定を行う。
2. グリーン・キー、**Single** キーを押す。

NOTE

ノブ掃引測定では、ユーザ関数、ユーザ変数は無効です。ユーザ関数を使用
する (P. 2-9) を参照してください。

PGU をパルス出力 (MODE=VPULSE) で使用する場合には、通常の掃引測定と
同様に MEASURE: PGU SETUP 画面の設定を行います。設定の詳細は、第 1 章
を参照してください。

ユニットを設定する

ユニットの設定を行うには **Chan** フロントパネル・キーを押します。
CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面で以下の操作を行います。

	フィールド	操作
1	MEASUREMENT MODE	SWEEP に設定します。
2	VNAME、INAME	使用するユニットの電圧または電流変数名を入力します。英字ではじまる 6 文字以下の英数字が有効です。例えば Vce (コレクタ・エミッタ間電圧) と入力します。 使用しないユニットの設定では省略できます。
3	MODE	二次ソフトキーを用いて出力モード、測定モードを設定します。 V 電圧出力。SMU、VSU、PGU および接地モードの VMU に有効。 I 電流出力。SMU に有効。 VPULSE PGU だけに有効。 IPULSE 無効。 COMMON コモン。SMU と GNDU に有効。 DVOLT 差動電圧測定。VMU に有効。
4	FCTN	二次ソフトキーを用いてファンクションを設定します。 CONST 定電源。SMU、VSU、PGU に有効。 VAR1 一次掃引源。SMU と VSU に有効。 VAR2 二次掃引源。SMU と VSU に有効。 VAR1' 無効。

DELETE ROW

DELETE ROW ソフトキーを選択すると、指定されたユニットを無効にすることができます。ユニットの設定は全て消去されます。

測定を実行する

1. グリーン・キー、**Single** フロントパネル・キーを押します。
画面が KNOB SWEEP 画面に変わり、ノブ掃引測定が開始されます。
測定、セルフ・テスト、あるいはストレス印加を実行している場合、この操作は無視されます（ノブ掃引測定を実行しません）。
Y 軸の設定を変えるには、**Stop** フロントパネル・キー、Y-AXIS ASSIGN ソフトキーを押し、希望する変数を二次ソフトキーから選択します。
測定を再開するには **Single** フロントパネル・キーを押します。
2. ロータリ・ノブを回します。
ノブの回転に応じて掃引範囲を広げながら測定が行われます。

警告メッセージ

CHANNELS または MEASURE 画面グループに不適切な設定が行われた状態でノブ掃引測定を開始した場合、警告メッセージと STOP、CONT ソフトキーが現れます。

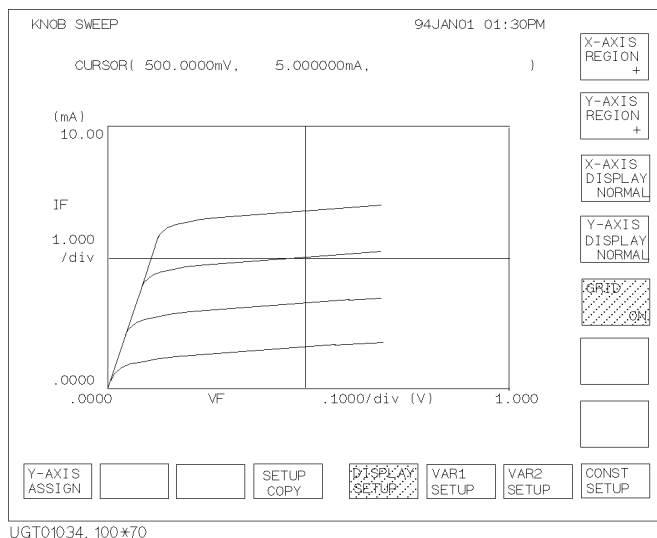
STOP を選択すると、不適切な設定がどこにあるかを知ることができます。そのフィールドはハイライトされます。

CONT を選択すると、以下のように測定条件を変えて測定を実行します。

- ・ FCTN に VAR1' が設定されている場合：
ユニットは CONST チャンネルとして動作します。
出力値は VAR1' スタート値となります。
- ・ VAR1 または VAR2 に設定されたユニットの MODE が VPULSE または IPULSE に設定されている場合：
ユニットは V または I チャンネルとして動作します。
- ・ パワー・コンプライアンス機能が設定されている場合：
機能は動作しません。POWER COMP=OFF と同じ動作を行います。

実行例

X 軸、Y 軸の表示領域を + に設定した場合の測定実行例を以下に示します。



測定を停止する

ノブ掃引測定を停止するには、**Stop** フロントパネル・キーを押します。

これによって、4155C/4156C の動作状態は測定開始直前の状態になります。例えば、アイドル状態からノブ掃引測定を開始した場合には、アイドル状態にもどります。

ノブ掃引測定の再開 ノブ掃引測定を再開するには、以下のフロントパネル・キーを押します。

Single ノブ掃引測定を停止した測定点から測定を再開します。

グリーン、Single 0 V または 0 A からノブ掃引測定を開始します。

測定条件を変更する

ノブ掃引測定中に設定を変更するには以下のソフトキーを使用します。

ソフトキー	説明
DISPLAY SETUP	<p>表示の変更に使用します。以下の二次ソフトキーが有効です。</p> <p>X-AXIS REGION X 軸の表示範囲を +、-、+/- から選択します。</p> <p>Y-AXIS REGION Y 軸の表示範囲を +、-、+/- から選択します。</p> <p>X-AXIS DISPLAY X 軸の座標方向を NORMAL、REVERSE から選択します。</p> <p>Y-AXIS DISPLAY Y 軸の座標方向を NORMAL、REVERSE から選択します。</p> <p>GRID グリッドを設定します。</p>
VAR1 SETUP	<p>一次掃引源の設定変更に使用します。以下の二次ソフトキーが有効です。</p> <p>SWEEP MODE 掃引モードを SINGLE、DOUBLE から選択します。</p> <p>POLARITY 一次掃引源の出力極性を POS、NEG、BIPOLAR から選びます。</p> <p>VAR1 RANGE 一次掃引源の最大掃引範囲、X 軸のスケールを設定します。</p> <p>NO OF STEPS 一次掃引源の掃引ステップ値を設定します。</p> <p>COMPLIANCE 一次掃引源のコンプライアンス値、Y 軸のスケールを設定します。</p> <p>HOLD TIME ホールド時間を設定します。</p> <p>STEP TIME ステップ時間を設定します。</p>

ソフトキー	説明
VAR2 SETUP	<p>二次掃引源の設定変更に使用します。以下の二次ソフトキーが有効です。</p> <p>VAR2 START 二次掃引源の掃引スタート値を設定します。</p> <p>VAR2 STEP 二次掃引源の掃引ステップ値を設定します。</p> <p>VAR2 POINTS 二次掃引源の掃引ポイント数を設定します。</p> <p>COMPLIANCE 二次掃引源のコンプライアンス値を設定します。</p>
CONST SETUP	<p>定電源の出力値の変更に使用します。有効な定電源の変数名が二次ソフトキーとなって現れます。定電源を選択し、出力値を変更します。</p>

セットアップ画面に設定をコピーする SETUP COPY ソフトキーを選択すると、ノブ掃引測定のセットアップが MEASURE: SWEEP SETUP 画面と DISPLAY: DISPLAY SETUP 画面にコピーされます。これによって、セットアップ画面で測定条件を確認したり、コピーしたセットアップを通常の掃引測定で使用することが可能です。

ノブ掃引測定ではパワー・コンプライアンスは無効です。POWER COMP フィールドは OFF に設定されます。

ノブ掃引測定
測定の実行

3

サンプリング測定

サンプリング測定

本章は、サンプリング測定の実行方法について説明します。以下のセクションから構成されています。

- ・ 機能の説明
- ・ 測定条件の設定
- ・ 測定実行例

4155C/4156C セットアップ画面の設定フィールドについては、[セットアップ・スクリーン・リファレンス](#)を参照してください。

機能の説明

サンプリング測定モードでは、定電圧、定電流、またはパルス・バイアスを印加し、DUT に生じる電流、または電圧をある時間間隔で測定することが可能です。

Agilent 4155C/4156C は、サンプリング間隔の取り方によって、以下の 3 タイプのサンプリング測定を用意しています。

- ・ リニア・サンプリング・モード
- ・ 間引きサンプリング・モード
- ・ ログ・サンプリング・モード

使用可能なユニット

サンプリング測定に使用可能なユニットを Table 3-1 に示します。

Table 3-1

サンプリング測定に使用可能なユニットと機能

ユニット	出力機能					出力モード			パルス	測定モード	
	VARI	VARI'	VAR2	CONST	STANDBY	V	I	COM		V	I
SMU	n.a.	n.a.	n.a.	●	●	●	●	●	n.a. ^a	●	●
VSU	n.a.	n.a.	n.a.	●	●	●	—	—	—	—	—
VMU	—	—	—	—	—	—	—	—	—	●	—
GNDU	—	—	—	●	—	—	—	●	—	—	—
PGU	—	—	—	●	●	●	—	—	● ^b	—	—

a. サンプリング測定モードでは SMU をパルス源として使用できません。

b. パルス源として使用できるのは PGU だけです。また、パルスとサンプリング測定のタイミングは同期しません。

- n. a. サンプリング測定に使用できないことを表します。
- サンプリング測定に使用できることを表します。
- そのユニットに機能がないことを表します。

サンプリング間隔と測定時間

サンプリング間隔が測定時間よりも長い場合、測定ユニットはサンプリング間隔と同じ間隔で測定を繰り返します。しかし、サンプリング間隔が測定時間よりも短い場合には、測定の間隔はサンプリング間隔の整数倍になります。例えば、測定時間がサンプリング間隔の 1.5 倍だとすると、測定開始の周期は、サンプリング間隔の 2 倍になります。Figure 3-1 を参照してください。サンプリング測定の動作概要を Figure 3-1 に示します。

測定時間は測定条件によって変化します。サンプリングと測定開始のタイミングを一致させるには、あらかじめ測定時間を調べた上で、再度、サンプリング間隔の設定を行なうことをお勧めします。サンプリング測定モードでは、測定実行に成功した測定点のデータだけを保持するので、測定結果の時間データ (@TIME 値) からおよその測定時間を知ることができます。

測定時間は、積分時間 (Integ Time) に依存し、通常、以下の式で表すことができます。

$$T_{meas} = T_{integ} + T_{oh}$$

ここで、

T_{meas} 測定時間。

T_{integ} 積分時間 (Integ Time) の設定値。

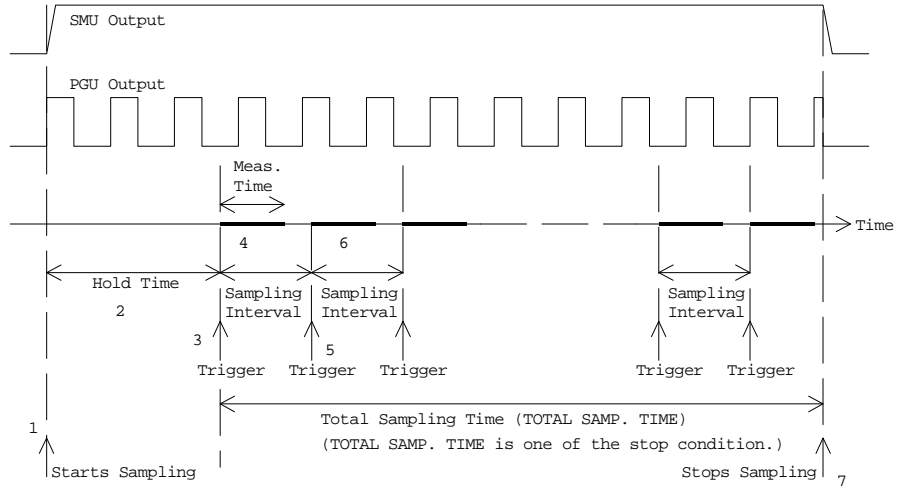
T_{oh} 測定器内部で生じるオーバーヘッド。オーバーヘッドの要素として以下が考えられます。

- ・ オートまたはリミテッド・オート・レンジで測定した場合：測定中に発生する測定レンジの変更に要する時間。
- ・ コンプライアンスよりも小さい測定レンジで測定した場合：サンプリング測定開始時に発生する測定レンジの変更に要する時間。

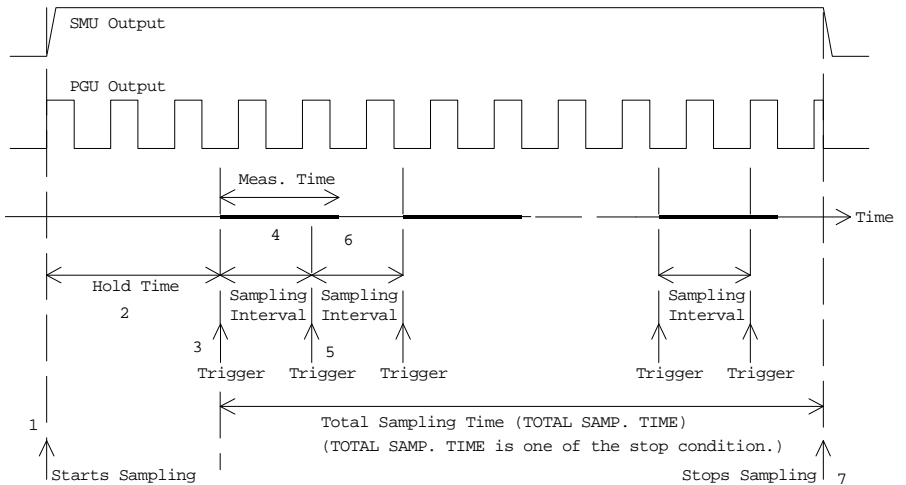
Figure 3-1

サンプリング測定モードの基本動作

Case 1. Sampling Interval > Meas. Time



Case 2. Sampling Interval < Meas. Time



サンプリング測定 機能の説明

基本動作：(正のホールド時間が設定されている場合)

1. サンプリング測定の開始 (Starts Sampling) と共に、出力ユニットは定電圧出力、定電流出力、またはパルス出力を開始します。
2. ホールド時間の絶対値だけ待ちます。(Hold Time)
3. 測定ユニット (SMU、VMU) が 1 点測定を開始します。(Trigger)
4. 測定終了後、測定値を保持します。
5. 1 つ前のトリガから、サンプリング間隔 (Sampling Interval) 分の時間を待って、トリガを送ります。(Trigger)
6. (Case 1) 測定ユニットが測定実行可能な状態であれば 1 点測定を実行し、測定値を保持します。
(Case 2) 測定ユニットが測定実行不可能な状態 (測定実行中など) であれば次のトリガを待ちます。この場合、測定を実行しないので測定値は得られません。
7. サンプリング終了条件が満たされるまで、ステップ 5、6 を続けます。
この例では、TOTAL SAMP. TIME が終了条件になっています。
(Stops Sampling)

サンプリング測定実行後に保持する測定データ数は、サンプリング終了条件に依存します。最大数はサンプリング点数 (NO. OF SAMPLES) の設定値ですが、終了条件が満たされれば、最大数分のデータを得る前に測定を終了します。サンプリングの終了 (P. 3-9) を参照してください。

NOTE

負のホールド時間が設定されている場合

上記基本動作の 1 から 3 が次のようになります。

1. サンプリング測定の開始 (Starts Sampling) と共に、測定ユニット (SMU、VMU) が 1 点測定を開始します (Trigger)。
2. サンプリング測定の開始 (Starts Sampling) からホールド時間の絶対値が経過するまで出力ユニットは出力を開始しません。
3. ホールド時間の経過後、出力ユニットは定電圧出力、定電流出力、またはパルス出力を開始します。

サンプリング測定データ

サンプリング測定で保持するデータは、DISPLAY: DISPLAY SETUP 画面の NAME フィールドに設定します。NAME フィールドに設定するパラメータの例とその意味を以下に示します。

パラメータ名 (例)	パラメータの意味
@TIME	実際に一点測定を開始した時間 (測定開始トリガを送った時間ではありません)
@INDEX	データ・インデックス値 (整数) 保持する測定データにつけられるインデックス
V1	V1 (例: SMU1 による電圧出力値または測定値)
I1	I1 (例: SMU1 による電流出力値または測定値)

測定開始時間 (@TIME) は以下の式で表すことができます。この式は、第 1 点目からデータの間引きを開始する前までのデータに対応します。ログ・サンプリング・モードの場合には、第 1 点目から第 10 点目のデータに対応します。

$$@TIME = Thold + Tinterval \times [(@INDEX - 1) + N]$$

ここで、

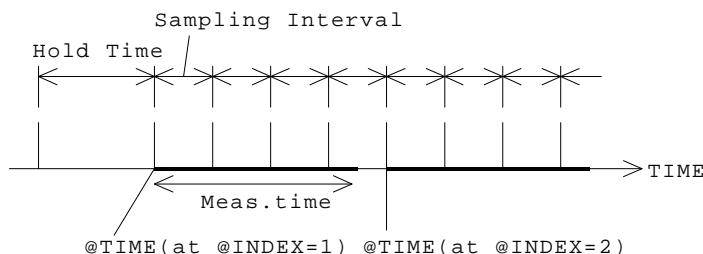
- @TIME** : 測定開始時間。
- Thold** : ホールド時間。
- Tinterval** : サンプリング間隔。
- @INDEX** : 測定データのインデックス。
- N** : 測定実行に成功した隣接するトリガ間に存在する、測定実行不可能だったトリガの数。測定時間がサンプリング間隔よりも長かった場合にこの変数が存在します。

サンプリング測定

機能の説明

例えば、ホールド時間 10 msec、サンプリング間隔 5 msec のサンプリング測定データの @TIME 値が以下であった場合には、@INDEX=1 の測定データを得る為に 15 msec 以上 20 msec 以下の測定時間を要し、@INDEX=1 と 2 の間には測定不可能だったトリガが 3 つあったことがわかります。

- @TIME(@INDEX=1 の時) = 10 msec = $10+5 \times [(1-1)+0]$ msec
- @TIME(@INDEX=2 の時) = 30 msec = $10+5 \times [(2-1)+3]$ msec



複数の測定ユニットで測定を実行する場合

DISPLAY: DISPLAY SETUP 画面に複数の測定パラメータを定義した場合、複数の測定ユニットで測定を実行することが可能です。この場合、以下の注意が必要です。

測定順序

測定ユニットが測定実行可能な状態にある時に測定開始トリガが送られると、すべての測定ユニットが同時に測定を開始するのではなく、以下の順で測定を実行します。

- グラフ表示：X、Y1、Y2 の順。
- リスト表示：No. の順。

@TIME の値

@TIME の値は、複数の測定ユニットによる一連の測定を開始した時間となります。それぞれの測定ユニットが測定を開始した時間ではありません。

測定時間

測定時間は、全測定ユニットによる測定時間の総和となります。この時間よりも短いサンプリング間隔が設定されている場合には、測定実行中に送られたトリガは無視され、測定終了後、最初のトリガで次の測定を開始します。

サンプリングの終了

サンプリング終了条件を以下に記します。サンプリング測定は、以下の条件のいずれかが満たされた場合に終了します。

- ・ ストップ・コンディション
MEASURE: SAMPLING SETUP 画面の STOP CONDITION テーブルに設定された EVENT が起こった時。この機能を ENABLE に設定している場合に有効。
- ・ サンプリング時間
TOTAL SAMP. TIME の設定値を超えた時。リニア・サンプリングおよび間引きサンプリングに有効。TOTAL SAMP. TIME に AUTO または NO LIMIT を設定した場合は無効。
- ・ サンプリング点数
NO. OF SAMPLES の設定値を超えた時。ログ・サンプリングに有効。リニア・サンプリングでは、TOTAL SAMP. TIME に AUTO を設定した場合に有効。
- ・ Stop フロントパネル・キーを押した時。
- ・ サンプリング測定終了の GPIB コマンドを送った時
- ・ 4155C/4156C に緊急状態が発生した時。
- ・ 高電圧印加時にインターロック端子をオープンにした時。

ストップ・コンディション

ストップ・コンディションによる測定終了動作とその設定方法を以下に記します。

- ・ 測定終了動作
NAME に設定したパラメータの値と THRESHOLD の設定値を比較します。そして、EVENT に設定したイベントが EVENT NO. に設定した回数だけ発生したならば、ただちにサンプリング測定を終了します。
また、この機能を有効にするまでのディレイ時間 (ENABLE DELAY) を設定することも可能です。
この機能は、INITIAL INTERVAL が 2 msec 以上に設定されている場合に有効です。INITIAL INTERVAL とは、サンプリング間隔の最小分解能を意味します。正確には各サンプリング・モードの説明を参照してください。

サンプリング測定 機能の説明

- ・ ストップ・コンディションの設定パラメータ

MEASURE: SAMPLING SETUP 画面に以下のパラメータを設定します。

**ENABLE/
DISABLE**

ストップ・コンディションを有効または無効にします。
設定範囲： ENABLE(有効)、または DISABLE(無効)

**ENABLE
DELAY**

サンプリング測定を開始した時間からストップ・コン
ディションを有効にするまでのディレイ時間。

設定範囲：0 ～ INITIAL INTERVAL × 32767 s
分解能： INITIAL INTERVAL。

NAME

サンプリング測定の終了を判断する変数の名前。測定パ
ラメータ名あるいはユーザ関数の変数名を定義します。
EVENT に現れる Val を意味します。

THRESHOLD

サンプリング測定の終了を判断する変数の目標値。
EVENT に現れる Th を意味します。

EVENT

サンプリング測定の終了を判断する条件式。

設定範囲：

Val > Th NAME に設定した変数の値が
THRESHOLD の設定値よりも大きい場合
に真。

Val < Th NAME に設定した変数の値が
THRESHOLD の設定値よりも小さい場合
に真。

|Val| > |Th| NAME に設定した変数の絶対値が
THRESHOLD の絶対値よりも大きい場合
に真。

|Val| < |Th| NAME に設定した変数の絶対値が
THRESHOLD の絶対値よりも小さい場合
に真。

EVENT NO.

サンプリング測定の終了を判断するための EVENT の発生
回数。設定範囲： 1 ～ 200

出力順序と時間原点

ソース・ユニットの出力順序、および時間原点は、MEASURE: OUTPUT SEQUENCE 画面の OUTPUT SEQUENCE MODE OF SAMPLING フィールドの設定に依存します。以下の2つのモードから選択可能です。

SIMULTANEOUS (同時モード) に設定すると、すべてのソース・ユニットは同時に出力を開始します。全てのソース・ユニットが出力を開始するタイミングを時間原点 (time origin) と定義します。Figure 3-2 を参照してください。

SEQUENTIAL (連続モード) に設定すると、ソース・ユニットは MEASURE: OUTPUT SEQUENCE 画面の OUTPUT SEQUENCE テーブルに設定された順番で出力を開始します。ただし、パルス源 (PGU) の出力は特別です。設定された順番を守ってパルス源の出力を開始しますが、この時点ではパルス・ベース値を出力します。そして、全ての定電源の出力が開始されてからパルスの出力を開始します。

最後に出力するソース・ユニットが出力設定値に達するタイミングを時間原点 (time origin) と定義します。Figure 3-3 を参照してください。

Figure 3-2 SIMULTANEOUS モードの出力順序と時間原点

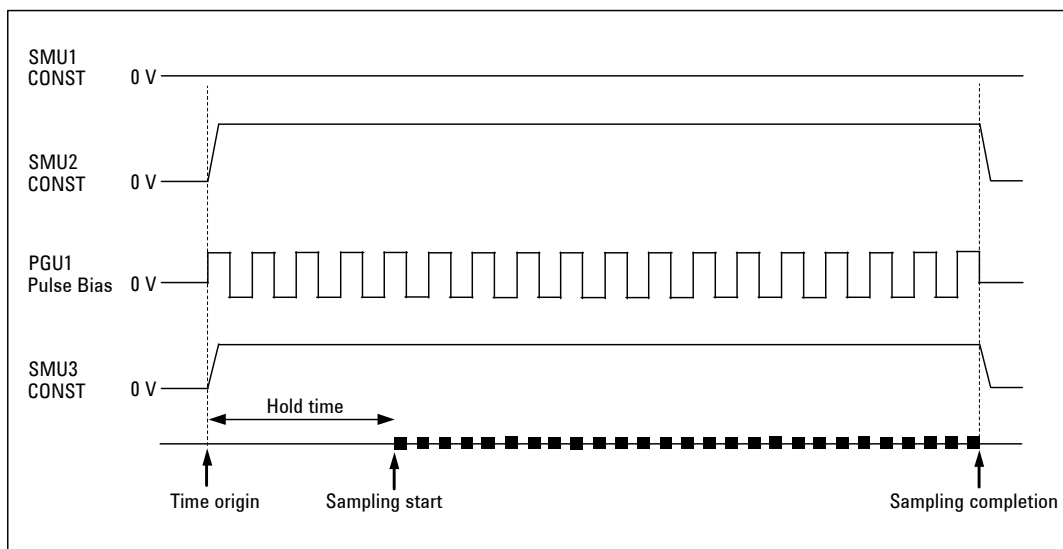
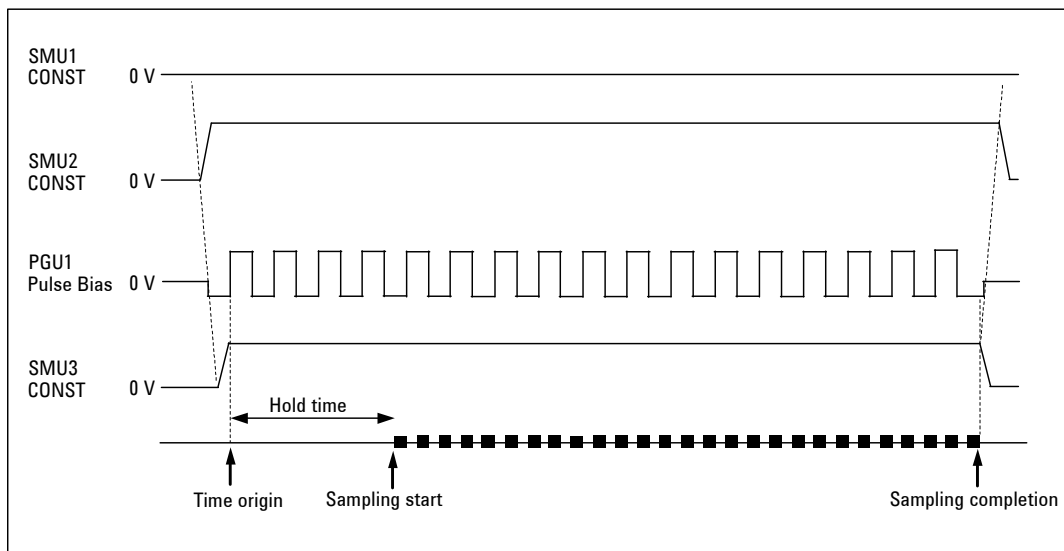


Figure 3-3 SEQUENTIAL モードの出力順序と時間原点



リニア・サンプリング・モード

サンプリング間隔を一定に保つモードをリニア・サンプリング・モードと呼びます。一定間隔で1点測定開始のトリガを送り、そのタイミングに測定ユニットが測定実行可能な状態であれば測定を実行、測定データを保持し、サンプリング終了条件が満たされるまでこれを続けます。

ただし、以下の2条件が満たされる場合には、サンプリング間隔を現在の2倍に変更して、サンプリング測定を続けます。

- ・ 測定値の数がサンプリング点数 (NO. OF SAMPLES の設定値) に達した
- ・ サンプリング終了条件が満たされていない

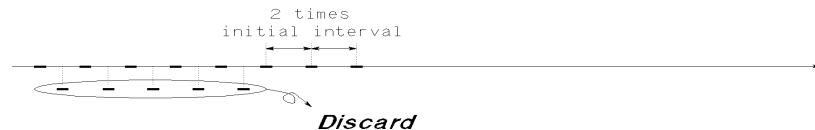
動作例

サンプリング点数 (NO. OF SAMPLES の設定値) を 10 とした場合のリニア・サンプリングの動作を以下に説明します。この例では、サンプリング間隔 (INITIAL INTERVAL の設定値) が 1 点の測定に必要な時間 (測定時間) よりも充分長いことを想定しています。

1. INITIAL INTERVAL に設定された間隔で、測定開始のトリガを 10 回送ります。測定時間がサンプリング間隔よりも充分短いので、10 回のトリガすべてのタイミングで 1 点測定を実行します。



2. 10 点の測定が終了してもサンプリング終了条件が満たされない場合には、自動的にサンプリング間隔を INITIAL INTERVAL の 2 倍に変えてサンプリング測定を続けます。

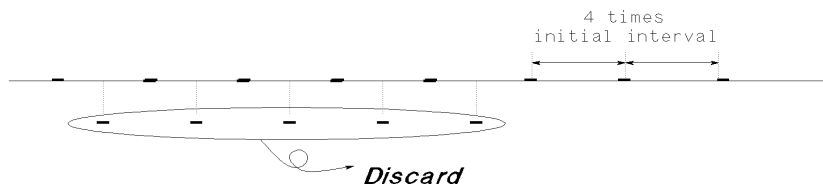


新しい測定データの保持は、古い測定データを 1 点おきに 5 点残して、残った 5 点のデータを 1 点ずつ、新しいデータと置き換える形で行います。データの置き換えは、1 点ずつ測定毎に行います。

サンプリング測定

機能の説明

- 5点の測定が終了してもサンプリング終了条件が満たされない場合には、自動的にサンプリング間隔をさらに2倍にしてサンプリング測定を続けます。新しい測定データの保持は、ステップ2と同じ方法で行います。



- サンプリング終了条件が満たされるまで、ステップ3を繰り返しながらサンプリング測定を続けます。

設定パラメータ

MEASURE: SAMPLING SETUP 画面に以下のパラメータを設定します。

- MODE** サンプリング・モード。設定範囲：LINEAR
- INITIAL INTERVAL** サンプリング測定開始時のサンプリング間隔。第1点目から NO. OF SAMPLES 点目までは、この間隔で測定開始のトリガを送ります。測定ユニットの状態によっては、トリガのタイミングで測定を開始できない場合があります。設定範囲：60 μ s ~ 65.535 s
- NO. OF SAMPLES** サンプリング測定点数。設定範囲：最大 10001
ただし、複数の測定ユニットで測定を実行する場合、以下の条件を満たすこと。
 $NO. OF SAMPLES \leq 10001 / \text{測定ユニット数}$
- TOTAL SAMP. TIME** 総サンプリング時間（ホールド時間は含みません）。第一点目のトリガからサンプリング測定終了までの時間。サンプリング終了条件の一つであり、TOTAL SAMP. TIME に設定された時間を経過すると測定を終了します。
設定範囲：
・ INITIAL INTERVAL \leq 480 μ s の場合：AUTO。
・ INITIAL INTERVAL $>$ 480 μ s の場合：
INITIAL INTERVAL \times (NO. OF SAMPLES - 1) s
から 1×10^{11} s の実数、NO LIMIT または AUTO。

NO LIMIT TOTAL SAMP. TIME をサンプリング終了条件から除外します（他の終了条件が満たされるまでサンプリング測定を続けます）。

AUTO 他のサンプリング終了条件が満たされない場合は、NO. OF SAMPLES 個の測定データを取得してサンプリング測定を終了します。

HOLD TIME ホールド時間。サンプリング測定開始（ソース・ユニットの出力開始）から、第1点目の測定開始トリガまでの時間。HOLD TIME=0 の場合、第1点目の測定は @TIME=0 で開始します。

設定範囲：

- ・ INITIAL INTERVAL < 2 ms の場合：
-30 ms から 655.35 s、100 μ s 分解能
- ・ INITIAL INTERVAL \geq 2 ms の場合：
0 から 655.35 s、100 μ s 分解能

サンプリング測定
機能の説明

設定パラメータの有効値

INITIAL INTERVAL	60 μ s ~ 480 μ s、 20 μ s 分解能	560 μ s ~ 1.92 ms、 80 μ s 分解能	2 ms ~ 1 s、 80 μ s 分解能	1 s ~ 65.535 s、 2 ms 分解能
NO. OF SAMPLES	最大 10001 / 測定に使用する測定ユニット数			
TOTAL SAMP. TIME	AUTO	AUTO、NO LIMIT または、 INITIAL INTERVAL \times (NO. OF SAMPLES - 1) s から 1×10^{11} s の実数		
HOLD TIME	-30 ms ~ 655.35 s, 100 μ s 分解能		0 ~ 655.35 s, 100 μ s 分解能	
STOP CONDITION	DISABLE		DISABLE/ENABLE	
測定ユニット数 ^a	1 ^b		最大 8 ^c	
測定レンジ ^d	FIX		FIX/AUTO/LIMITED	
積分時間 ^e	Short		Short/Medium/Long	

- a. 測定に使用するユニット (SMU、VMU) の数。
- b. 電圧印加に使用する SMU が R-Box に接続されている場合、その SMU だけを測定に使用できます。
- c. 41501A/B エクスパンダを使用した場合 (SMU \times 6、VMU \times 2)。複数の測定ユニットで測定を実行する場合、測定時間は、全測定ユニットによる測定時間の総和以上となります。
- d. コンプライアンスを測定レンジの設定値よりも大きく設定した場合、測定時間が長くなります。AUTO または LIMITED を使用した場合、測定レンジ変更時間が測定時間に追加されます。
- e. 積分時間と測定時間は異なります。通常、測定時間は積分時間よりも長くなります。測定値の補正を自動的に行なうために、測定時間が積分時間の 2 倍以上となることがあります。

間引きサンプリング・モード

間引きサンプリング・モードは、リニア・サンプリング・モードとほぼ同様の動作を行います。動作の相違点は、サンプリング間隔を変更しないことです。すなわち、以下の2条件が満たされる場合にも、サンプリング間隔を変更せずに、サンプリング測定を続けます。

- ・ 測定値の数がサンプリング点数 (NO. OF SAMPLES の設定値) に達した
- ・ サンプリング終了条件が満たされていない

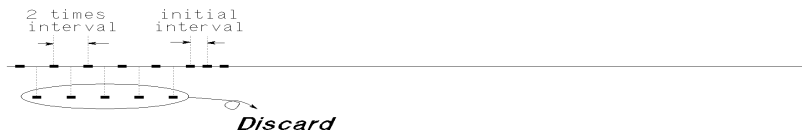
動作例

サンプリング点数 (NO. OF SAMPLES の設定値) を 10 とした場合の間引きサンプリングの動作を以下に説明します。この例では、サンプリング間隔 (INITIAL INTERVAL の設定値) が 1 点の測定に必要な時間 (測定時間) よりも充分長いことを想定しています。

1. INITIAL INTERVAL に設定された間隔で、測定開始のトリガを 10 回送ります。測定時間がサンプリング間隔よりも充分短いので、10 回のトリガすべてのタイミングで 1 点測定を実行します。



2. 10 点の測定が終了してもサンプリング終了条件が満たされない場合には、そのままのサンプリング間隔を保ちながらサンプリング測定を続けます。新しい測定データの保持は、古い測定データを 1 点おきに 5 点残して、残った 5 点のデータを 1 点ずつ、新しいデータと置き換える形で行います。データの置き換えは、1 点ずつ測定毎に行います。



サンプリング測定 機能の説明

- 5 点の測定が終了してもサンプリング終了条件が満たされない場合には、そのままのサンプリング間隔を保ちながらサンプリング測定を続けます。新しい測定データの保持はステップ 2 と同じ方法で行います。



- サンプリング終了条件が満たされるまで、ステップ 3 を繰り返しながらサンプリング測定を続けます。

設定パラメータ

MEASURE: SAMPLING SETUP 画面に以下のパラメータを設定します。

MODE サンプリング・モード。設定範囲： THINNED OUT

INITIAL INTERVAL サンプリング間隔。この間隔で測定開始のトリガを送ります。測定ユニットの状態によっては、トリガのタイミングで測定を開始できない場合があります。設定範囲： 720 μ s から 65.535 s

NO. OF SAMPLES サンプリング測定点数。設定範囲： 最大 10001
ただし、複数の測定ユニットで測定を実行する場合、以下の条件を満たすこと。

$$\text{NO. OF SAMPLES} \leq 10001 / \text{測定ユニット数}$$

TOTAL SAMP. TIME 総サンプリング時間（ホールド時間は含みません）。第一点目のトリガからサンプリング測定終了までの時間。サンプリング終了条件の一つであり、TOTAL SAMP. TIME に設定された時間を経過すると測定を終了します。

設定範囲：

INITIAL INTERVAL \times (NO. OF SAMPLES - 1) s
から 1×10^{11} s の実数。または NO LIMIT。

NO LIMIT TOTAL SAMP. TIME をサンプリング終了条件から除外します（他の終了条件が満たされるまでサンプリング測定を続けます）。

HOLD TIME

ホールド時間。サンプリング測定開始（ソース・ユニットの出力開始）から、第1点目の測定開始トリガまでの時間。HOLD TIME=0の場合、第1点目の測定は@TIME=0で開始されます。

設定範囲：

- ・ INITIAL INTERVAL < 2 ms の場合：
-30 ms から 655.35 s、100 μ s 分解能
- ・ INITIAL INTERVAL \geq 2 ms の場合：
0 から 655.35 s、100 μ s 分解能

サンプリング測定
機能の説明

設定パラメータの有効値

INITIAL INTERVAL	720 μ s ~ 1.92 ms	2 ms ~ 65.535 s
NO. OF SAMPLES	最大 10001/ 測定に使用する測定ユニット数	
TOTAL SAMP. TIME	NO LIMIT または INITIAL INTERVAL \times (NO. OF SAMPLES -1) s から 1×10^{11} s の実数	
HOLD TIME	-30 ms ~ 655.35 s, 100 μ s 分解能	0 ~ 655.35 s, 100 μ s 分解能
STOP CONDITION	DISABLE	DISABLE/ENABLE
測定ユニット数 ^a	1 ^b	最大 8 ^c
測定レンジ ^d	FIX	FIX/AUTO/LIMITED
積分時間 ^e	Short	Short/Medium/Long

- a. 測定に使用するユニット (SMU、VMU) の数。
- b. 電圧印加に使用する SMU が R-Box に接続されている場合、その SMU だけを測定に使用できます。
- c. 41501A/B エクスパンダを使用した場合 (SMU \times 6、VMU \times 2)。複数の測定ユニットで測定を実行する場合、測定時間は、全測定ユニットによる測定時間の総和以上となります。
- d. コンプライアンスを測定レンジの設定値よりも大きく設定した場合、測定時間が長くなります。AUTO または LIMITED を使用した場合、測定レンジ変更時間が測定時間に追加されます。
- e. 積分時間と測定時間は異なります。通常、測定時間は積分時間よりも長くなります。測定値の補正を自動的に行なうために、測定時間が積分時間の 2 倍以上となることがあります。

ログ・サンプリング・モード

時間軸を対数目盛にとって測定データをプロットするモードをログ・サンプリング・モードと呼びます。以下のような動作を行います。

1. 定電流、定電圧またはパルス・バイアスを印加します。
2. ホールド時間だけ待ちます。
3. 1点測定のトリガをかけます。
4. 測定ユニットは測定を実行し、測定データはメモリに保管されます。
5. 1点測定のトリガをかけます。トリガのインターバルは一定 (INITIAL INTERVAL 値) です。
6. 測定ユニットが測定実行可能な状態であれば、測定を実行し、測定データはメモリに保管されます。

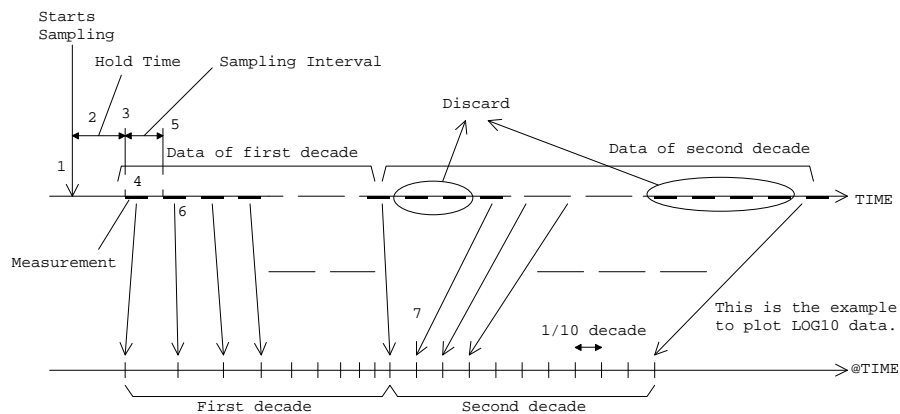
測定ユニットが測定実行不可能な場合、次のトリガを待ちます。

7. サンプリング終了条件が満たされるまでステップ 5 と 6 を繰り返します。

ログ・サンプリング・モードでは、対数目盛の時間軸にほぼ等間隔に測定データをプロットできるように測定データを残します。

Figure 3-4

ログ・サンプリング動作概要



サンプリング測定

機能の説明

@TIME 値

ログ・サンプリング・モードで保持する測定データの @TIME 値は、MODE、INITIAL INTERVAL、NO. OF SAMPLES、HOLD TIME パラメータの設定値で決まります。ここで、MODE は 1 デイケード当たりの測定点数を定義します。たとえば、LOG10 は 1 デイケード当たり 10 点のデータを取ります。

ログ・サンプリング測定における測定データの残し方を以下に示します。この例では、以下の設定を想定しています。

- MODE= LOG10
- INITIAL INTERVAL= 10 ms
- NO. OF SAMPLES= 20
- HOLD TIME= 10 ms
- STOP CONDITION= DISABLE

サンプリング間隔が測定時間よりも長い場合：

INITIAL INTERVAL 値が 1 デイケードの範囲を決定します。

10 ms ~ 100 ms (第 1 デイケード) 次の @TIME 値でサンプリングを行います。
10 ms、20 ms、30 ms、40 ms、50 ms、60 ms、70 ms、
80 ms、90 ms、100 ms

LOG10 モードは 1 デイケード当たり 10 個のデータを残すので、これら全てのデータをメモリに保管します。

100 ms ~ 1 s この範囲に 90 個のサンプリング点がありますが、LOG10 モードで残せるデータ数は 1 デイケード当たり 10 個なので、90 個のデータの中から、対数目盛の時間軸方向にはほぼ等間隔でプロットできる 10 個の測定データだけを残します。

例えば、以下のような @TIME 値のデータを残します。
140 ms、170 ms、210 ms、270 ms、330 ms、410 ms、
520 ms、650 ms、810 ms、1.02 s

サンプリング間隔が測定時間よりも短い場合：

測定間隔を基準として測定データをプロットします。たとえば、測定時間が 18 msec であったとすると、以下のように測定データを保持します。

- 20 ms ~ 200 ms** (第1ディケード) 次の @TIME 値でサンプリングを行います。
20 ms、40 ms、60 ms、80 ms、100 ms、120 ms、140 ms、160 ms、180 ms、200 ms
- LOG10 モードは1ディケード当り 10 個のデータを残すので、これら全てのデータをメモリに保管します。
- 200 ms ~ 2 s** この範囲に 90 個のサンプリング点がありますが、LOG10 モードで残せるデータ数は1ディケード当り 10 個なので、90 個のデータの中から、対数目盛の時間軸方向にほぼ等間隔でプロットできる 10 個の測定データだけを残します。

@TIME 値決定のルール

@TIME 値として残るデータは以下のルールで決定されます。以下の条件を満たす T_{log} のタイミングで測定を開始して得られた測定データがメモリに保管されます。

$$T_{log} \geq T_{target}$$

$$| T_{log} - T_{target} | < | T_{target} - T_{prev} |$$

ここで、

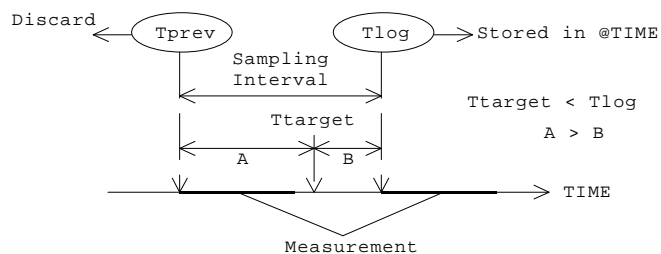
T_{log} 保持する測定データの測定開始時間。

T_{target} 対数目盛の時間軸方向に等間隔でプロットできる時間データの目標値。

T_{prev} T_{log} の測定点より 1 点前の測定点の測定開始時間。

Figure 3-5

ログ・サンプリングの時間データ



$$A = | T_{target} - T_{prev} |$$

$$B = | T_{log} - T_{target} |$$

サンプリング測定
機能の説明

設定パラメータ

MEASURE: SAMPLING SETUP 画面に以下のパラメータを設定します。

MODE

サンプリング・モード。1 デイケード当たりのデータ数を設定します。

設定範囲：LOG10、LOG25、または LOG50

MODEの設定	1デイケード当たりのデータ数
LOG10	10
LOG25	25
LOG50	50

**INITIAL
INTERVAL**

サンプリング間隔。この間隔で測定開始のトリガを送ります。測定ユニットの状態によっては、トリガのタイミングで測定を開始できない場合があります。

設定範囲：560 μ s ~ 65.535 s

INITIAL INTERVAL を 560 μ s から 65.535 s に設定した場合、初めの 2 デイケードにおける測定データ数が少なくなる場合があります。その場合、測定されなかった点数分の測定を延長します。

NO. OF SAMPLES

測定終了時に残すデータの最大数。ログ・サンプリング・モードでは、NO. OF SAMPLES はサンプリング終了条件のひとつです。

設定範囲：11 デイケードまでのログ・スケールが有効です。従って、MODE の設定によって最大データ数は異なります。下表を参照してください。

MODE の設定	最大データ数
LOG10	111
LOG25	276
LOG50	551

HOLD TIME

ホールド時間。サンプリング測定開始（ソース・ユニットの出力開始）から、第1点目の測定開始トリガまでの時間。HOLD TIME=0の場合、第1点目の測定は@TIME=0で開始されます。

設定範囲：

- ・ INITIAL INTERVAL < 2 ms の場合：
-30 ms から 655.35 s、100 μs 分解能
- ・ INITIAL INTERVAL ≥ 2 ms の場合：
0 から 655.35 s、100 μs 分解能

例：

HOLD TIME=1.003 s、測定間隔が 3 ms の場合、各ディケードと範囲は下表のようになります。

ディケード	範囲 (秒)
1 番目	1.003 ~ 1.030 (3 m +1 ~ 30 m +1)
2 番目	1.030 ~ 1.300 (30 m +1 ~ 300 m +1)
3 番目	1.300 ~ 4.00 (300 m +1 ~ 3+1)
4 番目	4 ~ 31 (3+1 ~ 30+1)
5 番目	31 ~ 301 (30+1 ~ 300+1)

サンプリング測定
機能の説明

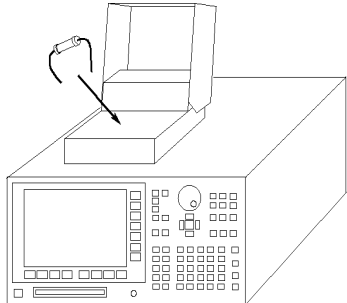
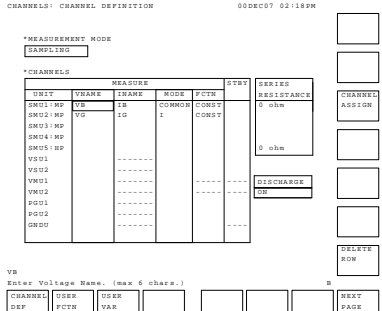
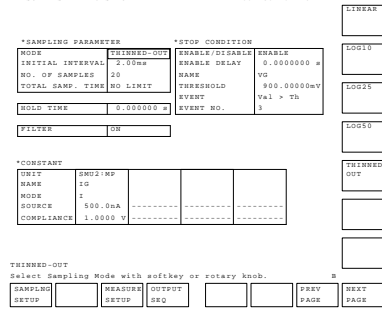
設定パラメータの有効値

INITIAL INTERVAL	560 μ s ~ 1.92 ms	2 ms ~ 65.535 s
NO. OF SAMPLES	最大 111 (LOG10) / 276 (LOG25) / 551 (LOG50)	
HOLD TIME	-30 ms ~ 655.35 s, 100 μ s 分解能	0 ~ 655.35 s, 100 μ s 分解能
STOP CONDITION	DISABLE	DISABLE/ENABLE
測定ユニット数 ^a	1 ^b	最大 8 ^c
測定レンジ ^d	FIX	FIX/AUTO/LIMITED
積分時間 ^e	Short	Short/Medium/Long

- a. 測定に使用するユニット (SMU、VMU) の数。
- b. 電圧印加に使用する SMU が R-Box に接続されている場合、その SMU だけを測定に使用できます。
- c. 41501A/B エクスパンダを使用した場合 (SMU \times 6、VMU \times 2)。複数の測定ユニットで測定を実行する場合、測定時間は全測定ユニットによる測定時間の総和以上となります。
- d. コンプライアンスを測定レンジの設定値よりも大きく設定した場合、測定時間が長くなります。AUTO または LIMITED を使用した場合、測定レンジ変更時間が測定時間に追加されます。
- e. 積分時間と測定時間は異なります。通常、測定時間は積分時間よりも長くなります。測定値の補正を自動的に行なうために、測定時間が積分時間の 2 倍以上となることがあります。

測定条件の設定

このセクションではサンプリング（時間軸掃引）測定条件の設定方法について説明します。基本操作を以下に示します。

<p>1</p> 	<p>DUT を接続します。第 10 章を参照してください。</p>
<p>2</p> 	<p>測定モードと測定ユニットの設定を行います。測定ユニットを設定する (P. 3-29) を参照してください。ユーザ・ファンクション、スタンバイ機能、R-Box を使用するには第 8 章を参照してください。</p>
<p>3</p> 	<p>測定ユニットの出力パラメータを設定します。以下を参照してください。</p> <ul style="list-style-type: none"> サンプリング・パラメータを設定する (P. 3-31) 定電源を設定する (P. 3-33) PGU 出力を設定する (P. 3-34) ストップ・コンディションを設定する (P. 3-36)

サンプリング測定 測定条件の設定

<p>4</p>	<p>測定結果の表示モードを設定します。以下を参照してください。</p> <ul style="list-style-type: none"> 測定結果をグラフ表示する (P. 3-38) 測定結果をリスト表示する (P. 3-39)
<p>5</p>	<p>測定を実行します。測定を実行または停止する (P. 3-40) を参照してください。また、キャリブレーション、ゼロ・オフセット・キャンセルを行うには第7章を参照してください。</p>
<p>6</p>	<p>これは、測定結果のグラフ表示例です。</p>

測定ユニットを設定する

測定ユニットの設定を行うには **Chan** フロントパネル・キーを押します。
CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面で以下の操作を行います。

	フィールド	操作
1	MEASUREMENT MODE	SAMPLING 二次ソフトキーを選択します。
2	VNAME	電圧変数名を入力します。 例えば Vce (コレクタ・エミッタ間電圧) と入力します。 電圧出力、電圧測定を行わないユニットの設定では省略できます。
3	INAME	電流変数名を入力します。 例えば、Ic (コレクタ電流) と入力します。 電流出力、電流測定を行わないユニットの設定では省略できます。
4	MODE	二次ソフトキーを用いて出力モード、測定モードを設定します。 V 電圧出力。SMU、VSU、PGU および接地モードの VMU に有効。 I 電流出力。SMU に有効。 VPULSE パルス電圧出力。PGU に有効。 COMMON コモン。SMU と GNDU に有効。 DVOLT 差動電圧測定。VMU に有効。
5	FCTN	CONST ソフトキーを選択し、すべてのユニットを定電源に設定します。

VNAME と INAME

VNAME と INAME 欄に設定した変数は、ユーザ関数の定義や測定結果画面での解析に使用することができます。変数名には英字ではじまる 6 文字以下の英数字が有効です。

DELETE ROW

DELETE ROW ソフトキーを選択すると、指定されたユニットを無効にすることができます。ユニットの設定は全て消去されます。

サンプリング測定
測定条件の設定

DISCHARGE

VMU 入力に放電用の抵抗を接続するには、ON ソフトキーを選択します。接続しない場合には OFF を選択します。この抵抗は、オープン状態にある VMU 入力にチャージ・アップすることを防ぎます。

ON に設定されている場合、放電用抵抗は VMU 入力に接続され、測定状態では自動的に開放されます。

サンプリング・パラメータを設定する

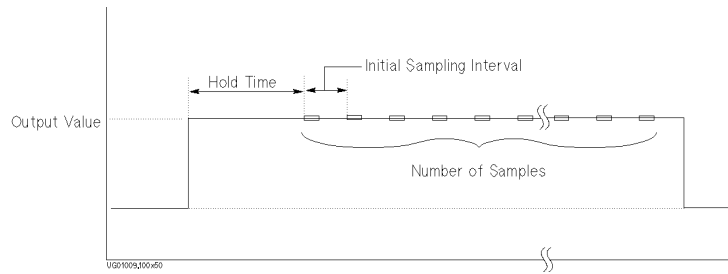
サンプリング・パラメータの設定を行うには **Meas** フロントパネル・キーを押します。MEASURE: SAMPLING SETUP 画面で以下の操作を行います。

	フィールド	操作
1	MODE	<p>二次ソフトキーを用いてサンプリング・モードを選択します。詳細は第 2 章を参照してください。</p> <p>LIN リニア・サンプリング</p> <p>LOGXX ログ・サンプリング。XX は 1 ディケード当たりのサンプリング数を表わします。10、25、50。</p> <p>THINNED-OUT 間引きサンプリング。</p>
2	INITIAL INTERVAL	測定開始時のサンプリング・インターバルを入力します。実際のインターバルは、MODE の設定、および測定時間に依存します。
3	NO. OF SAMPLES	総サンプリング点数を入力します。
4	TOTAL SAMP. TIME	<p>総サンプリング時間。サンプリング開始から終了までの時間を設定します。ログ・サンプリングでは設定できません。時間を直接入力するか、以下の二次ソフトキーを用いて設定します。</p> <p>NO LIMIT TOTAL SAMP. TIME をサンプリング終了条件から除外します。</p> <p>AUTO TOTAL SAMP. TIME の代わりに NO. OF SAMPLES をサンプリング終了条件に追加します。リニア・サンプリングだけに有効です。</p>

サンプリング終了条件については、ストップ・コンディションを設定する (P. 3-36) を参照してください。

サンプリング測定 測定条件の設定

次の図は、サンプリングの各パラメータを示しています。



ホールド時間は HOLD TIME フィールドに値を入力することで設定できます。
単位：秒。

定電源を設定する

定電源の設定を行うには **Meas** フロントパネル・キーを押します。MEASURE: SAMPLING SETUP 画面で以下の操作を行います。

	フィールド	操作
1	CONSTANT : SOURCE	定電源の出力値を入力します。
2	CONSTANT : COMPLIANCE	測定ユニットが SMU である場合に有効。定電源のコンプライアンス値を入力します。

この画面では、UNIT、NAME および MODE を変更することはできません。変更は CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面で行います。

PGU の定電圧出力の設定は MEASURE: PGU SETUP 画面で行います。PGU 出力を設定する (P. 3-34) を参照してください。

PGU 出力を設定する

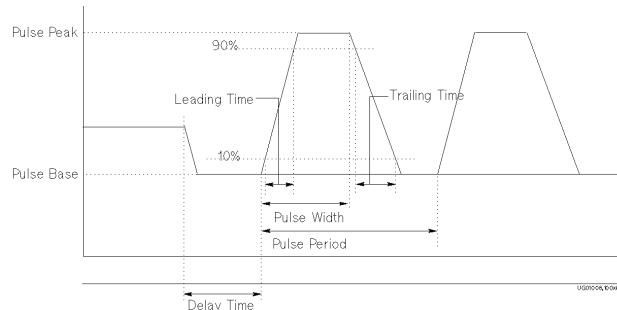
PGU は定電圧またはパルス電圧の出力を行います。定電圧出力を行うには、CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面の出力モード (MODE) を V に、パルス出力を行うには VPULSE に設定します。

PGU パルス出力

パルス電圧出力の設定を行うには **Meas** フロントパネル・キー、PGU SETUP ソフトキーを押します。MEASURE: PGU SETUP 画面で以下の操作を行います。

	フィールド	操作
1	PERIOD	パルス周期を入力します。PGU1 と PGU2 に共通です。個別に設定することはできません。
2	WIDTH	パルス幅を入力します。
3	DELAY TIME	ディレイ時間を入力します。
4	PEAK VALUE	パルス電圧のピーク値を入力します。
5	BASE VALUE	パルス電圧のベース値を入力します。
6	LEADING TIME	立上がり過渡時間を入力します。
7	TRAILING TIME	立下がり過渡時間を入力します。
8	IMPEDANCE	二次ソフトキーを用いて PGU の出力インピーダンス値を選択します。 LOW 約 0 ohm 50 ohm 約 50 ohm

下図は PGU パルス設定パラメータの関係を以下に記します。



PGU 定電圧出力

定電圧出力の設定を行うには **Meas** フロントパネル・キー、PGU SETUP ソフトキーを押します。MEASURE: PGU SETUP 画面で以下の操作を行います。

フィールド	操作
CONSTANT : SOURCE	定電圧の出力値を入力します。

この画面では、UNIT および NAME を変更することはできません。変更は CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面で行います。

PULSE COUNT は常に FREE RUN です。測定実行中は、パルス出力を続けます。

PGU には 100 mA の電流リミッタがあります。コンプライアンスの設定はできません。

ストップ・コンディションを設定する

サンプリング測定を終了するための条件をサンプリング測定終了条件と呼びます。ストップ・コンディションは測定終了条件の1つの条件です。ストップ・コンディションの設定を行うには **Meas** フロントパネル・キーを押します。MEASURE: SAMPLING SETUP 画面で以下の操作を行います。

	フィールド	操作
1	ENABLE/DISABLE	ストップ・コンディションを有効にします。以下の二次ソフトキーを用いて設定します。 ENABLE 有効にします。 DISABLE 無効にします。
2	ENABLE DELAY	サンプリング開始からストップ・コンディションのモニタを開始するまでのディレイ時間。数値を入力します。
3	NAME	ストップ・コンディションのモニタを行う変数名。二次ソフトキーを用いて選択します。
4	THRESHOLD	サンプリング終了の条件値。数値を入力します。NAME が示す変数の値が EVENT (条件式) を満たした回数が EVENT NO. 回に達した時にサンプリングを終了します。
5	EVENT	サンプリング終了の条件式。以下の二次ソフトキーを用いて設定します。 Val > Th NAME が THRESHOLD より大きい値を示すこと。 Val < Th NAME が THRESHOLD より小さい値を示すこと。 Val > Th NAME の絶対値が THRESHOLD の絶対値より大きい値を示すこと。 Val < Th NAME の絶対値が THRESHOLD の絶対値より小さい値を示すこと。
6	EVENT NO.	サンプリングを終了するために必要な EVENT の発生回数を入力します。例えば、10 を入力すると、EVENT の条件が 10 回発生した時点でサンプリングを終了します。

サンプリング終了
条件

ストップ・コンディション以外のサンプリング終了条件を以下に示します。

- ・ 総サンプリング時間 (TOTAL SAMP. TIME) の設定値を超えた場合。
リニア、間引きサンプリングにおいて TOTAL SAMP. TIME に数値を入力した場合に有効。ログ・サンプリングでは無効。
- ・ 総サンプリング点数 (NO. OF SAMPLES) の設定値を超えた場合。
ログ・サンプリングに有効。間引きサンプリングでは無効。リニア・サンプリングでは TOTAL SAMP. TIME に AUTO を設定した場合に有効。
- ・ **Stop** フロントパネル・キーを押した場合。
- ・ サンプリング終了の GPIB コマンドを受けた場合。
- ・ 緊急状態が発生した場合。
- ・ インターロック端子がオープン状態になった場合。

測定結果をグラフ表示する

測定結果をグラフ表示するには、DISPLAY: DISPLAY SETUP 画面を以下のよう
に設定します。**Display** フロントパネル・キーを押し、以下の操作を行います。

	フィールド	操作
1	DISPLAY MODE	GRAPHICS 二次ソフトキーを選択します。
2	Xaxis	グラフ横軸の変数名、スケール、最大値、最小値を設定します。サンプリング測定では、変数名は自動的に@TIME (時間) に設定されます。
3	Y1axis	グラフ縦軸 (Y1) の変数名、スケール、最大値、最小値を設定します。
4	Y2axis	グラフ縦軸 (Y2) の変数名、スケール、最大値、最小値を設定します。

NAME 行では、選択可能な変数名が二次ソフトキーに現われます。ソフトキーを用いて NAME の設定を行います。CHANNELS: CHANNEL DEFINITION、USER FUNCTION および USER VARIABLE 画面で設定された変数があります。

さらに、以下の設定が可能です。

フィールド	説明
GRID	プロット・エリアの目盛線を表示 (ON) または消去 (OFF) します。
LINE PARAMETER	ライン・パラメータを表示 (ON) または消去 (OFF) します。 ライン・パラメータは、表示されているラインの X 切片、Y 切片、および傾きです。
DATA VARIABLES	グラフ上部にユーザ関数などの変数を表示することができます。表示する変数をソフトキーで選択します。2 パラメータまで表示可能。
DATA DISPLAY RESOLUTION	表示データの分解能を設定します。仕様通りの分解能で表示するには NORMAL に設定します。ADC フルスケールの分解能を得るには EXTEND に設定します。例えば、10 pA レンジでは、NORMAL で 1 fA、EXTEND で 10 aA となります。

測定結果をリスト表示する

測定結果をリスト表示するには、DISPLAY: DISPLAY SETUP 画面を以下のように設定します。**Display** フロントパネル・キーを押し、以下の操作を行います。

	フィールド	操作
1	DISPLAY MODE	LIST 二次ソフトキーを選択します。
2	LIST: NAME	リスト表示する変数名を選択します。二次ソフトキーを使用します。

NAME 行では、選択可能な変数名が二次ソフトキーに現われます。ソフトキーを用いて NAME の設定を行います。CHANNELS: CHANNEL DEFINITION、USER FUNCTION および USER VARIABLE 画面で設定された変数が有効です。

さらに、以下の設定が可能です。

フィールド	説明
DATA VARIABLES	グラフ上部にユーザ関数などの変数を表示することができます。表示する変数をソフトキーで選択します。2 パラメータまで表示可能。
DATA DISPLAY RESOLUTION	表示データの分解能を設定します。仕様通りの分解能で表示するには NORMAL に設定します。ADC フルスケールの分解能を得るには EXTEND に設定します。例えば、10 pA レンジでは、NORMAL で 1 fA、EXTEND で 10 aA となります。

測定を実行または停止する

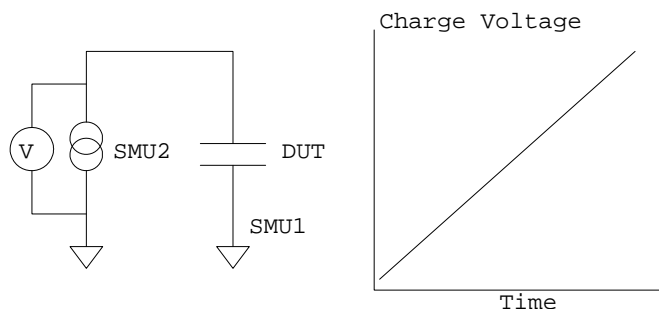
サンプリング測定を実行するには、以下のフロントパネル・キーのいずれかを押します。

- | | |
|---------------|--|
| Single | 設定条件に基づいたサンプリング測定を一度実行します。測定開始以前のデータは削除されます。 |
| Repeat | 設定条件に基づいたサンプリング測定を連続して実行します。測定の度に、前の測定データを削除します。 |
| Append | 設定条件に基づいたサンプリング測定を一度実行します。測定開始以前のデータを残します。 |

測定を停止するには、**Stop** フロントパネル・キーを押します。

測定実行例

ここでは、4155C/4156C を用いたサンプリング測定実行例を紹介します。測定例として、キャパシタのチャージ電圧の測定を行います。測定回路と特性例を以下に記します。



ステップ 1：測定前の準備

測定を開始するまえに、4155C/4156C と 16442A テスト・フィクスチャの接続を行います。本実行例では、掃引測定実行例と同じ接続を使用します。第 1 章の測定実行例を参照してください。

ステップ 2：DUT の接続

1. 被測定物（キャパシタ）に合うソケット・モジュールを選びます。
2. ソケット・モジュールをテスト・フィクスチャにとりつけます。
3. ソケット・モジュールにキャパシタを接続します。
4. 接続ワイヤ（ミニチュア・バナナ・ピン・プラグなど）を使用してテスト・フィクスチャ内の配線を行います。
SMU1 と SMU2 の間にキャパシタを接続します。
5. 接続終了後、テスト・フィクスチャの蓋を閉じます。

ステップ 3 : 測定チャンネルの設定

CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面上で測定ユニットの設定を行います。

1. 4155C/4156C の電源がオフになっている場合、電源をオンし、セルフテストが終了するまで待ちます。
2. CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面が表示されていることを確認します。違う画面が表示されている場合、**Chan** フロントパネル・キーを押します。
3. フィールド・ポインタを MEASUREMENT MODE フィールドに移動し、SAMPLING ソフトキーを選択します。4155C/4156C はサンプリング測定モードになります。
4. フィールド・ポインタを CHANNELS テーブルに移動して、SMU1 と SMU2 を以下のように設定します。

UNIT	VNAME	INAME	MODE	FCTN
SMU1	VB	IB	COMMON	CONST
SMU2	VG	IG	I	CONST

SMU1 と SMU2 だけを使用します。他のユニットは、DELETE ROW ソフトキーを選択することによって無効にします。

```

CHANNELS: CHANNEL DEFINITION                                00DEC07 02:18PM

*MEASUREMENT MODE
SAMPLING

*CHANNELS
          MEASURE          STBY
UNIT  VNAME  INAME  MODE  FCTN
SMU1:MP  VB   IB    COMMON  CONST
SMU2:MP  VG   IG    I        CONST
SMU3:MP
SMU4:MP
SMU5:HP
VSU1
VSU2
VMU1
VMU2
PGU1
PGU2
GNDU

SERIES RESISTANCE
0 ohm
0 ohm

DISCHARGE
ON

DELETE ROW

VB
Enter Voltage Name. (max 6 chars.)
CHANNEL USER USER
DEF     FCTN  VAR

B
NEXT
PAGE
    
```


ステップ 4 : 測定パラメータの設定

MEASURE: SAMPLING SETUP 画面で測定パラメータの設定を行います。

以下の設定例では、0.1 μ F のキャパシタに 500 nA の電流を印加します。

1. **Meas** フロントパネル・キーを押して、MEASURE: SAMPLING SETUP 画面を表示します。
2. SAMPLING PARAMETER テーブルを以下のように設定します。

MODE	THINNED-OUT
INITIAL INTERVAL	2.00 ms
NO. OF SAMPLES	20
TOTAL SAMP. TIME	NO LIMIT

この設定は、2 ms インターバルで 1 点測定を繰り返し、ストップ・コンディションが発生すると、最高 20 点の測定データを保持して、サンプリング測定を終了します。ストップ・コンディションは以下のステップで定義します。

3. STOP CONDITION テーブルを以下のように設定します。

ENABLE/DISABLE	ENABLE
ENABLE DELAY	0 s
NAME	VG
THRESHOLD	900 mV
EVENT	Val > Th
EVENT NO.	3

この設定は、VG 値が 900 mV を越える測定点が 3 つになった時にサンプリングを終了する、というストップ・コンディションを有効にします。

サンプリング測定
測定実行例

4. CONSTANT テーブルを以下のように設定します。

UNIT	SMU2 : MP
NAME	IG
MODE	I
SOURCE	500 nA
COMPLIANCE	1 V

この設定は、SMU2 を使用して定電流 500 nA を出力します。

```

MEASURE: SAMPLING SETUP                                00DEC07 02:18PM
  
```

*SAMPLING PARAMETER		*STOP CONDITION	
MODE	THINNED-OUT	ENABLE/DISABLE	ENABLE
INITIAL INTERVAL	2.00ms	ENABLE DELAY	0.0000000 s
NO. OF SAMPLES	20	NAME	VG
TOTAL SAMP. TIME	NO LIMIT	THRESHOLD	900.00000mV
		EVENT	Val > Th
		EVENT NO.	3

HOLD TIME 0.000000 s

FILTER ON

*CONSTANT	
UNIT	SMU2:MP
NAME	IG
MODE	I
SOURCE	500.0nA
COMPLIANCE	1.0000 V

THINNED-OUT

Select Sampling Mode with softkey or rotary knob.

SAMPLNG		MEASURE	OUTPUT			PREV	NEXT
SETUP		SETUP	SEQ			PAGE	PAGE

LINEAR

LOG10

LOG25

LOG50

THINNED OUT

5. 2 ms のインターバルでサンプリングを続けるために、MEASURE SETUP 画面の設定を行う必要があるかもしれません。以下を行います。

- MEASURE SETUP ソフトキーを選択して画面を変更します。
- フィールド・ポインタを SMU2 の RANGE フィールドに移動します。
- FIXED、および 2 V ソフトキーを選択し、RANGE フィールドを FIXED、2 V に設定します。

ステップ 5 : グラフ表示画面の設定

DISPLAY: DISPLAY SETUP 画面で測定結果表示画面の設定を行います。

1. **Display** フロントパネル・キーを押し、DISPLAY: DISPLAY SETUP 画面を表示します。
2. フィールド・ポインタを DISPLAY MODE フィールドに移動して、GRAPHICS ソフトキーを選択します。
3. X 軸、Y1 軸を以下のように設定します。

	X-axis	Y1-axis
NAME	@TIME	VG
SCALE	LINEAR	LINEAR
MIN	0 s	0 V
MAX	200 ms	1 V

この設定は、X 軸に時間、Y1 軸に VG を設定します。

4. フィールド・ポインタを DATA VARIABLES フィールドに移動し、@INDEX ソフトキーを選択します。これによって、測定結果表示画面 (GRAPH/LIST:GRAPHICS 画面) にデータ・インデックスを表示します。

DISPLAY: DISPLAY SETUP 00DEC07 02:18PM

*DISPLAY MODE
GRAPHICS

*GRAPHICS

	Xaxis	Y1axis	Y2axis
NAME	@TIME	VG	
SCALE	LINEAR	LINEAR	
MIN	0.000000000 s	0.000000000 V	
MAX	200.00ms	1.000000 V	

*GRID ON

*LINE PARAMETER ON

*DATA VARIABLES @INDEX

*DATA DISPLAY RESOLUTION NORMAL

GRAPHICS
Select Display Mode with softkey or rotary knob. B

DISPLAY SETUP	ANLYSIS SETUP					PREV PAGE	NEXT PAGE
---------------	---------------	--	--	--	--	-----------	-----------

GRAPHICS

LIST

サンプリング測定
測定実行例

Quasi-static C-V 測定

本章は、Quasi-static C-V 測定の実行方法について説明しています。以下のセクションから構成されています。

- ・ 測定機能
- ・ 測定条件の設定
- ・ 測定実行例
- ・ 容量測定範囲
- ・ 容量測定確度

4155C/4156C セットアップ画面の詳細については、[セットアップ・スクリーン・リファレンス](#)を参照してください。

測定機能

Quasi-static CV (QSCV) 測定モードでは、リニア階段波の電圧を出力しながら、ステップ毎に容量の測定を行います。

使用可能なユニット

QSCV 測定を行うには、電圧掃引源 (VAR1) 1 ユニットと定電圧源 1 ユニットを使用します。追加で定電圧源または定電流源を使用することもできます。使用可能なユニット、モード、ファンクションを下表にまとめます。

ユニット (UNIT)	モード (MODE)	ファンクション (FCTN)
SMU	V	VAR1
	V, I, COMMON	CONST
VSU	V	CONST
PGU	V	CONST
GNDU	COMMON	CONST

容量測定を実行できるユニットは SMU だけです。測定ユニットの選択は CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面で行います。

容量データの計算

各掃引ステップにおいて電圧、電流測定が実行されて、容量データは次の式から求められます。

$$C = I \times \text{cinteg} / (V - V_0)$$

cinteg は容量測定 of 積分時間、*I*、*V*、*V₀* は各掃引ステップで測定される電流値、電圧値です。また、リーク電流補正を有効にした場合の計算式は次のようになります。

$$C = (I - Leak) \times \text{cinteg} / (V - V_0)$$

Leak はリーク電流データであり、次の式から得られます。

$$Leak = IL + \tau \times (IL_0 - IL) / (2 \times \text{cinteg})$$

ここで τ は充電に要した時間を表しています。

動作の説明

QSCV 測定実行時の出力ユニット、測定ユニットの動作を説明します。QSCV 測定モードでは、スタート電圧/ストップ電圧を除く各ステップで容量測定を行います。各ステップの容量測定は、出力電圧±容量測定電圧/2 の範囲で行われます。Figure 4-1 を参照してください。以下の説明は、掃引スタート値がストップ値以下に設定されている場合を想定しています。

- a. 測定開始トリガによって、電圧掃引源、定電圧源、定電流源は指定された出力を開始します。掃引源の出力値は *start* (V) に設定されます。
- b. 掃引源の出力値を、第 1 ステップの出力電圧 - V_q (V) に変更し、*hold time* に示される時間だけこの状態を保ちます。
 V_q は容量測定電圧 (*cvoltage*) の 1/2 の値です。
- c. 最終ステップ電圧になるまで *d.* と *e.* を繰り返します。
- d. 掃引源の出力値を、各ステップの出力電圧 - V_q (V) に変更し、*delay time* に示される時間だけこの状態を保ちます。
- e. 測定チャンネルに設定されたユニットを用いて、以下にリストされる電圧、電流を測定します。

V_0	各ステップ電圧 - V_q (V) 印加時の電圧値
IL_0	各ステップ電圧 - V_q (V) 印加時のリーク電流値
I	各ステップ電圧 + V_q (V) まで電圧変化させた時の電流値
V	各ステップ電圧 + V_q (V) 印加時の電圧値
IL	各ステップ電圧 + V_q (V) 印加時のリーク電流値

Figure 4-1 において、*cinteg* は電流 I を測定するときの積分時間、*linteg* は電流 IL_0 、 IL を測定するときの積分時間を示しています。

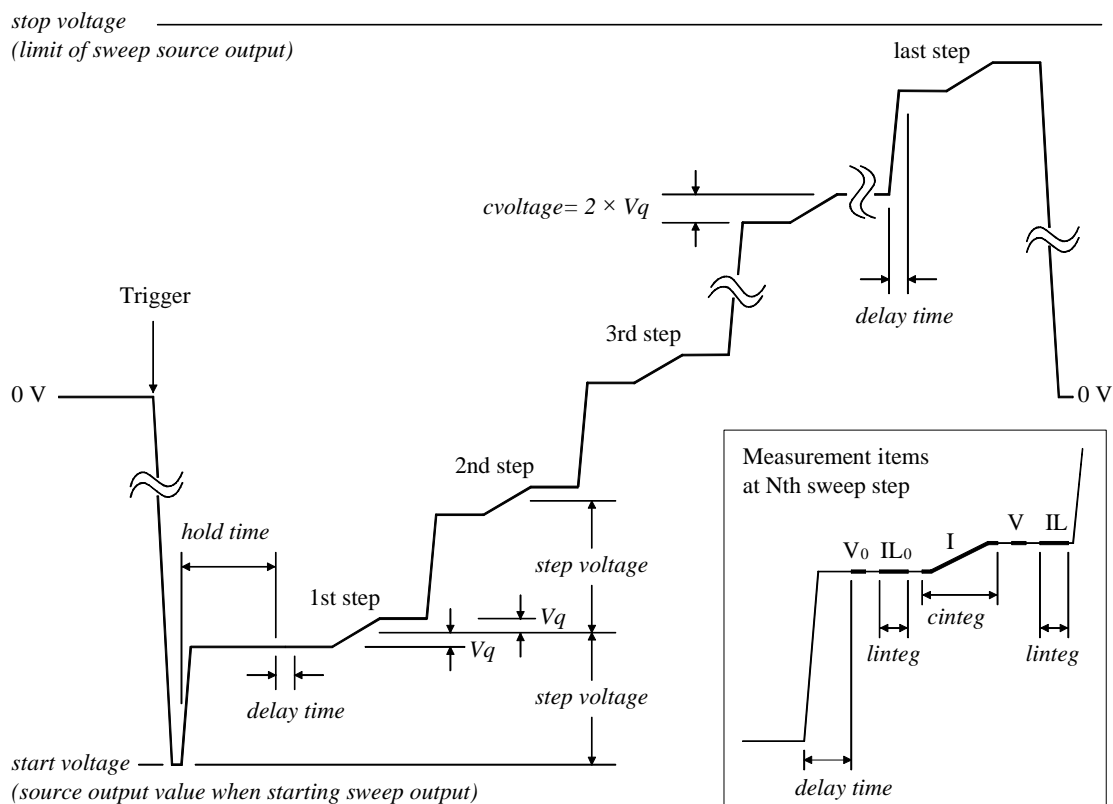
- f. 最終ステップ電圧における測定が終了すると、掃引源の出力を 0 V に設定します。

各掃引ステップにおける測定データには、各ステップ電圧（容量測定電圧範囲の中心値）と、そのステップの容量測定データが入ります。

NOTE

掃引ステップ値 (*step*) = 容量測定電圧 (*cvoltage*) に設定した場合、第 2 ステップ以降の V_0 と IL_0 の測定を行いません。容量の計算には、前のステップの V と IL を使用します。

Figure 4-1 QSCV 測定時の VAR1 出力と測定項目



NOTE

下記 2 つの条件を満足している場合には、 IL_0 と IL を無視してください。
リーク電流測定は実行されません。

- DISPLAY: DISPLAY SETUP 画面およびユーザ関数に、リーク電流測定データの変数名 (INAME) を定義していない。
- リーク電流補正機能 (LEAK COMPENSATION) をオフにしている。

INAME および LEAK COMPENSATION フィールドは、MEASURE: QSCV MEASURE SETUP 画面にあります。

設定パラメータ

掃引源、定電源の設定には以下のパラメータを用います。

MEASURE: QSCV SETUP 画面で設定を行います。

パラメータ	説明
<i>sweep mode</i>	SINGLE（片道掃引）または DOUBLE（往復掃引）の設定を行います。
<i>start</i>	掃引スタート電圧。掃引開始時の出力電圧値。 <i>start</i> 、 <i>stop</i> 、 <i>step</i> に有効な値は掃引源の出力レンジに依存します。出力レンジについては第 7 章を参照してください。VAR1 チャンネルは、すべての掃引出力値をカバーする最小レンジを使用します。
<i>stop</i>	掃引ストップ電圧。電圧掃引出力の上限または下限。
<i>step</i>	掃引ステップ値。最小設定値は、出力分解能の 2 倍です。掃引ステップ数 (NO. OF STEP) が 1 から 1001 の範囲を越えないように設定します。掃引ステップ数は以下の計算式で与えられる整数（小数点以下は切り捨て）です。 $\text{NO. OF STEP} = \frac{ \text{START} - \text{STOP} }{ \text{STEP} } - 1$ 計算結果が 0 になる場合には、1 に設定されます。
<i>compliance</i>	出力源 (SMU) のコンプライアンス。有効な設定値は出力レンジに依存します。出力レンジについては第 7 章を参照してください。
<i>QSCV meas voltage</i>	容量測定電圧 (<i>cvoltage</i>)。出力分解能の 2 倍の値から、10 V までが有効。 <i>step</i> 値を越えてはいけません。
<i>hold time</i>	ホールド時間。第 1 ステップ出力開始から <i>delay time</i> 開始までの時間。
<i>delay time</i>	ディレイ時間。ステップ毎の出力開始から測定開始までの時間。
<i>source</i>	定電源の出力値。有効な設定値は定電源の出力レンジに依存します。出力レンジについては第 7 章を参照してください。

容量測定条件は、MEASURE: QSCV MEASURE SETUP 画面で以下のパラメータを用いて設定を行います。

パラメータ	説明
<i>unit</i>	容量測定に使用するユニット。
<i>range</i>	測定レンジ。1 nA と 10 nA レンジ。HRSMU は 10 pA と 100 pA レンジも有効。
<i>cname</i>	容量測定データの変数名。
<i>iname</i>	リーク電流測定データの変数名。
<i>integration time</i>	QSCV: 容量測定の積分時間 (<i>cinteg</i>)。 LEAK: リーク電流測定の積分時間 (<i>linteg</i>)。
<i>leak compensation</i>	リーク電流補正機能オンまたはオフ。
<i>zero cancel</i>	容量オフセット除去機能オンまたはオフ。

NOTE

積分時間

QSCV 測定モードでは、MEASURE: QSCV MEASURE SETUP 画面に設定された積分時間で測定が行われます。フロントパネルの **Short**、**Medium**、**Long** キーは無効です。

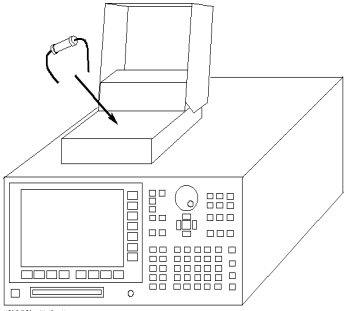
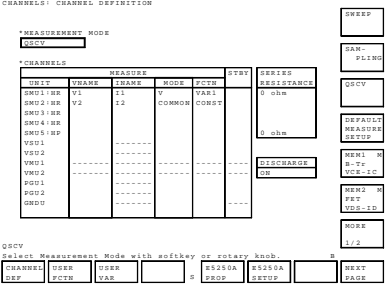
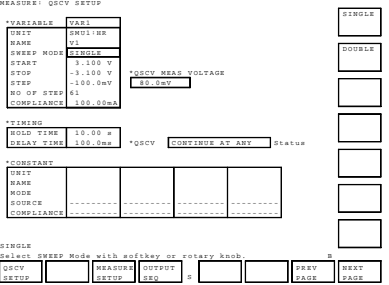
NOTE

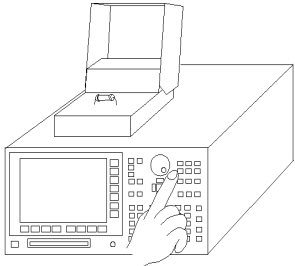
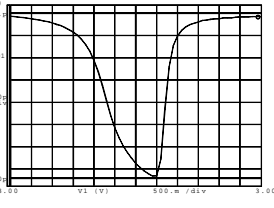
測定条件の選択について

精度の高い測定を行うには、測定デバイスのリーク電流特性を予測し、その特性に最適な *range*、*QSCV meas voltage*、電圧掃引範囲を選択して測定を行います。また、*delay time*、*cinteg* の設定も重要です。

測定条件の設定

このセクションでは QSCV 測定条件の設定方法について説明します。基本操作を以下に記します。

<p>1</p> 	<p>DUT を接続します。第 10 章を参照してください。</p>
<p>2</p> 	<p>測定モードと測定ユニットの設定を行います。測定ユニットを設定する (P. 4-10) を参照してください。</p> <p>ユーザ・ファンクション、スタンバイ機能を使用するには第 8 章を参照してください。</p> <p>QSCV 測定では SERIES RESISTANCE および DISCHARGE を使用することはできません。</p>
<p>3</p> 	<p>測定ユニットの出力、測定条件を設定します。以下を参照してください。</p> <ul style="list-style-type: none"> QSCV 掃引出力条件を設定する (P. 4-11) 定電源を設定する (P. 4-12) PGU 出力を設定する (P. 4-12) 測定停止条件を設定する (P. 4-13) 測定条件を設定する (P. 4-14)

<p>4</p> <p>DISPLAY: DISPLAY SETUP</p> <p>*DISPLAY MODE GRAPHICS</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>NAME</th> <th>UNIT</th> <th>SCALE</th> <th>LINEAR</th> <th>LOG</th> <th>LINEAR</th> <th>LOG</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BARE</td> <td>V</td> <td>1.000000</td> <td>LINEAR</td> <td>LINEAR</td> <td>LINEAR</td> <td>LINEAR</td> </tr> <tr> <td>MIN</td> <td>V</td> <td>-3.000000</td> <td>LINEAR</td> <td>LINEAR</td> <td>LINEAR</td> <td>LINEAR</td> </tr> <tr> <td>MAX</td> <td>V</td> <td>3.000000</td> <td>LINEAR</td> <td>LINEAR</td> <td>LINEAR</td> <td>LINEAR</td> </tr> </tbody> </table> <p>*GRID ON</p> <p>*LINE PARAMETER ON</p> <p>*DATA VARIABLES EXTEND</p> <p>*DATA DISPLAY RESOLUTION EXTEND</p> <p>GRAPHICS Select Display Mode with softkey or rotary knob.</p> <p>DISPLAY SETUP ANALYSIS SETUP</p>	NAME	UNIT	SCALE	LINEAR	LOG	LINEAR	LOG	BARE	V	1.000000	LINEAR	LINEAR	LINEAR	LINEAR	MIN	V	-3.000000	LINEAR	LINEAR	LINEAR	LINEAR	MAX	V	3.000000	LINEAR	LINEAR	LINEAR	LINEAR	<p>測定結果の表示モードを設定します。以下を参照してください。</p> <ul style="list-style-type: none"> 測定結果をグラフ表示する (P. 4-15) 測定結果をリスト表示する (P. 4-16) <p>自動解析については第6章を参照してください。</p>
NAME	UNIT	SCALE	LINEAR	LOG	LINEAR	LOG																							
BARE	V	1.000000	LINEAR	LINEAR	LINEAR	LINEAR																							
MIN	V	-3.000000	LINEAR	LINEAR	LINEAR	LINEAR																							
MAX	V	3.000000	LINEAR	LINEAR	LINEAR	LINEAR																							
<p>5</p>  <p>10/10/20/30/40/50/60/70/80/90/100</p>	<p>測定を実行します。測定を実行または停止する (P. 4-17) を参照してください。</p> <p>キャリブレーションを行うには第7章を参照してください。</p>																												
<p>6</p> <p>GRAPH/LIST: GRAPHICS</p> <p>MARKER(2.900 V 108.508pF)</p>  <p>MARKER WIS/PAK</p> <p>INTER-POLATE OFF</p> <p>DIRECT MARKER/SHORCUT</p> <p>MARKER SEIZ</p> <p>AUTO MARK-SEIZ</p> <p>CURSOR OFF</p> <p>MARKER/SEIZ LINE SCALING</p> <p>DISP/LAN/LOCV/FORMT SETUP SETUP SETUP SETUP</p>	<p>測定結果をグラフ表示します。</p>																												

Quasi-static C-V 測定

測定条件の設定

測定ユニットを設定する

測定ユニットの設定を行うには **Chan** フロントパネル・キーを押します。
CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面で以下の操作を行います。

	フィールド	操作
1	MEASUREMENT MODE	QSCV 二次ソフトキーを選択します。
2	VNAME	電圧変数名を入力します。 例えば Vg (ゲート電圧) と入力します。 電圧出力、電圧測定を行わないユニットの設定では省略できます。
3	INAME	電流変数名を入力します。 例えば Ig (ゲート電流) と入力します。 電流出力、電流測定を行わないユニットの設定では省略できます。
4	MODE	ソフトキーを用いて出力モードを設定します。 V 電圧出力。SMU、VSU、PGU に有効。 I 電流出力。SMU に有効。 COMMON コモン。SMU と GNDU に有効。 パルス出力を行うことはできません。
5	FCTN	ソフトキーを用いて出力ファンクションを設定します。 VAR1 QSCV 掃引電圧出力。VモードのSMUに有効。 CONST 定電圧出力。 SMU、VSU、PGU、GNDU に有効。

VNAME と INAME

VNAME と INAME 欄に設定した変数は、ユーザ関数の定義や測定結果画面での解析に使用することができます。変数名には英字ではじまる 6 文字以下の英数字が有効です。

DELETE ROW

DELETE ROW ソフトキーを選択すると、指定されたユニットを無効にすることができます。ユニットの設定は全て消去されます。

QSCV 掃引出力条件を設定する

QSCV 掃引出力の設定を行うには **Meas** フロントパネル・キーを押します。
MEASURE: QSCV SETUP 画面で以下の操作を行います。

	フィールド	操作
1	VARI : SWEEP MODE	ソフトキーを用いて掃引モードを選択します。 SINGLE 片道掃引 DOUBLE 往復掃引
2	VARI : START	掃引スタート値を入力します。
3	VARI : STOP	掃引ストップ値（出力の上限または下限の電圧値）を入力します。
4	VARI : STEP	掃引ステップ値を入力します。出力分解能の 2 倍以上の値に設定します。
5	VARI : COMPLIANCE	掃引出力源のコンプライアンス値を入力します。
6	QSCV MEAS VOLTAGE	容量測定電圧を設定します。出力分解能の 2 倍以上、10 V 以下で、 STEP 値以下の値が有効です。 STEP 値以上の値を入力した場合には自動的に STEP 値に設定されます。 START-STOP 値以上の値を入力した場合、スタート値からストップ値までの間でスポット測定を実行します。
7	HOLD TIME	ホールド時間を設定します。0 から 655.35 s、 分解能 10 ms。
8	DELAY TIME	ディレイ時間を設定します。0 から 65.535 s、 分解能 100 μs。

NO OF STEP は計算式 $\frac{|START-STOP|}{|STEP|}-1$ から与えられます。この値が 1 の場合はスタート値からストップ値までの間でスポット測定を行います。

この画面では、UNIT および NAME を変更することはできません。変更は CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面で行います。

NOTE

QSCV 測定ではスタート電圧／ストップ電圧を除く各ステップで容量測定を行います。各ステップの容量測定は、出力電圧±容量測定電圧 /2 の範囲で行われます。

定電源を設定する

定電源の設定を行うには **Meas** フロントパネル・キーを押します。MEASURE: QSCV SETUP 画面で以下の操作を行います。

1. CONSTANT : SOURCE

定電源の出力値を入力します。

2. CONSTANT : COMPLIANCE

SMU に有効。定電源のコンプライアンス値を入力します。

この画面では、UNIT、NAME および MODE を変更することはできません。変更は CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面で行います。

PGU 出力を設定する

PGU は定電圧出力およびパルス電圧出力の機能を持っていますが、QSCV 測定モードでは定電圧出力だけが有効です。定電圧出力の設定を行うには **Meas** フロントパネル・キー、PGU SETUP ソフトキーを順に押して、MEASURE: PGU SETUP 画面を表示します。PGU SETUP ソフトキーは CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面で PGU を設定した場合に表示されます。

1. PULSE : IMPEDANCE

以下の二次ソフトキーを選択します。

- LOW : 出力インピーダンスをほぼゼロに設定します。
- 50 ohm : 出力インピーダンスを 50 Ω に設定します。

2. CONSTANT : SOURCE

定電圧源の出力値を入力します。

この画面では、UNIT および NAME を変更することはできません。変更は CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面で行います。

測定停止条件を設定する

1. PAGE CONTROL キーグループの **Meas** キーを押します。
2. フィールド・ポインタを QSCV Status フィールドに移動します。
3. 以下のソフトキーを選択して、測定停止条件を設定します。

CONT AT ANY	アブノーマル状態が発生しても、測定を続けます。
STOP AT ANY ABNORM	アブノーマル状態が発生すると、測定を停止します。
STOP AT COMPLIANCE	アブノーマル状態の 1 または 2 が発生した場合に、測定を停止します。

アブノーマル状態とは、以下の状態をいいます。

1. 容量測定時に、積分時間が短すぎた場合
2. リーク電流測定時に、測定チャンネルがコンプライアンスに達した場合
3. 測定チャンネル以外のユニットがコンプライアンスに達した場合
4. A/D コンバータがオーバーフローした場合
5. 測定ユニットのどれかが発振を起こした場合

Quasi-static C-V 測定

測定条件の設定

測定条件を設定する

QSCV 測定条件の設定を行うには **Meas** キー、MEAS SETUP ソフトキーを順に押します。MEASURE: QSCV MEASURE SETUP 画面で以下の操作を行います。

	フィールド	操作
1	UNIT と FCTN	二次ソフトキーを用いて、QSCV 測定に使用するユニットを選択します。FCTN は測定ユニットのファンクション (VAR1 または CONST) を表示します。
2	RANGE	二次ソフトキーを用いて測定レンジを選択します。
3	CNAME	容量測定データの変数名。アルファベットで始まる 6 文字以下の変数名が有効です。
4	INAME	リーク電流測定データの変数名。アルファベットで始まる 6 文字以下の変数名が有効です。
5	INTEG TIME	QSCV: 容量測定の積分時間を設定します。 50 Hz の場合 0.04 ~ 400 秒。 60 Hz の場合 0.033333 ~ 333.33 秒。 LEAK: リーク電流測定の積分時間を設定します。 50 Hz の場合 0.02 ~ 2 秒。 60 Hz の場合 0.016667 ~ 1.6667 秒。 実際に設定される値は、NPCL / 電源周波数であり、NPLC に有効な値は 2 から 20000 (容量測定) および 1 から 100 (リーク電流測定) の整数です。 Short、Medium、Long フロントパネル・キーは無効です。
6	LEAK COMPENSATION	リーク電流補正機能を有効 (ON) または無効 (OFF) に設定します。ON に設定すると、ユーザ・ファンクションや DISPLAY SETUP 画面に INAME 変数を設定していなくても、リーク電流の測定を行います。
7	ZERO CANCEL	容量のオフセット除去機能を有効 (ON) または無効 (OFF) に設定します。オフセット測定を行うには、測定条件の設定を完了した後に、green、 Stop キーを順に押します。

測定結果をグラフ表示する

測定結果をグラフ表示するには、DISPLAY: DISPLAY SETUP 画面を以下のよう
に設定します。**Display** キーを押し、以下の操作を行います。

	フィールド	操作
1	DISPLAY MODE	GRAPHICS 二次ソフトキーを選択します。
2	Xaxis	グラフ横軸の変数名、スケール、最大値、最小値を設定します。
3	Y1axis	グラフ縦軸 (Y1) の変数名、スケール、最大値、最小値を設定します。
4	Y2axis	グラフ縦軸 (Y2) の変数名、スケール、最大値、最小値を設定します。

フィールド・ポインタが NAME にある時、選択可能な変数名が二次ソフト
キーに現れます。ソフトキーを用いて NAME の設定を行います。
これらの変数は、CHANNEL DEFINITION、USER FUNCTION、USER VARIABLE、
または QSCV MEASURE SETUP 画面で設定された変数です。

さらに、以下の設定が可能です。

フィールド	説明
GRID	プロット・エリアの目盛線を表示 (ON) または 消去 (OFF) します。
LINE PARAMETER	ライン・パラメータを表示 (ON) または 消去 (OFF) します。 ライン・パラメータとは、表示されているライン の X 切片、Y 切片、および傾きを指しています。
DATA VARIABLES	グラフ上部にユーザ関数などの変数を表示する ことができます。表示する変数をソフトキーで選択 します。2つのパラメータまで表示可能。
DATA DISPLAY RESOLUTION	表示データの分解能を設定します。仕様通りの分 解能で表示するには NORMAL に設定します。ADC フ ルスケールの分解能を得るには EXTEND に設定し ます。例えば、10 pA レンジでは、NORMAL で 1 fA、EXTEND で 10 aA となります。

測定結果をリスト表示する

測定結果をリスト表示するには、DISPLAY: DISPLAY SETUP 画面を以下のように設定します。**Display** フロントパネル・キーを押し、以下の操作を行います。

	フィールド	操作
1	DISPLAY MODE	LIST 二次ソフトキーを選択します。
2	LIST: NAME	リスト表示する変数名を選択します。二次ソフトキーを使用します。

フィールド・ポインタが NAME にある時、選択可能な変数名が二次ソフトキーに現れます。ソフトキーを用いて NAME の設定を行います。これらの変数は、CHANNEL DEFINITION、USER FUNCTION、USER VARIABLE、または QSCV MEASURE SETUP 画面で設定された変数です。

さらに、以下の設定が可能です。

フィールド	説明
DATA VARIABLES	グラフ上部にユーザ関数などの変数を表示することができます。表示する変数をソフトキーで選択します。2つのパラメータまで表示可能。
DATA DISPLAY RESOLUTION	表示データの分解能を設定します。仕様通りの分解能で表示するには NORMAL に設定します。ADC フルスケールの分解能を得るには EXTEND に設定します。例えば、10 pA レンジでは、NORMAL で 1 fA、EXTEND で 10 aA となります。

測定を実行または停止する

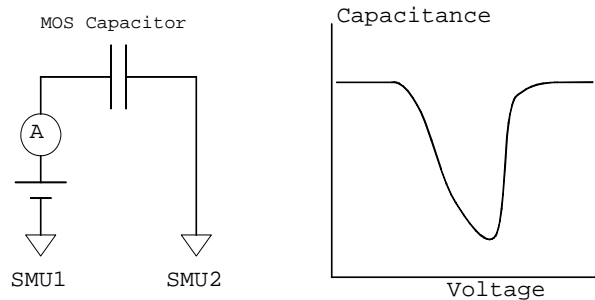
測定を実行するには、以下のフロントパネル・キーのいずれかを押します。

- | | |
|---------------|---------------------------------|
| Single | 一回の掃引測定を実行します。以前の測定データは削除されます。 |
| Repeat | 掃引測定を連続して実行します。以前の測定データは削除されます。 |
| Append | 一回の掃引測定を実行します。以前の測定データを残します。 |

測定を停止するには、**Stop** フロントパネル・キーを押します。

測定実行例

ここでは、4155C/4156C を用いた QSCV 測定実行例を紹介します。測定例として、MOS キャパシタの容量測定を行います。測定回路と特性例を以下に記します。



ステップ 1 : 測定前の準備

測定開始前に、4155C/4156C と 16442A テスト・フィクスチャの接続を行います。本実行例では、掃引測定実行例と同じ接続を使用します。第 1 章の測定実行例を参照してください。

ステップ 2 : DUT の接続

1. 被測定物（キャパシタ）に合うソケット・モジュールを選びます。
2. ソケット・モジュールをテスト・フィクスチャにとりつけます。
3. ソケット・モジュールにキャパシタを接続します。
4. 接続ワイヤ（ミニチュア・バナナ～ピン・プラグなど）を使用してテスト・フィクスチャ内の配線を行います。

SMU1 と SMU2 の間にキャパシタを接続します。

5. 接続完了後、テスト・フィクスチャの蓋を閉じます。

ステップ 3 : 測定チャンネルの設定

CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面で測定ユニットの設定を行います。

1. 4155C/4156C の電源がオフになっている場合、電源をオンし、セルフテストが終了するまで待ちます。
2. CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面が表示されていることを確認します。違う画面が表示されている場合、**Chan** フロントパネル・キーを押します。
3. フィールド・ポインタを MEASUREMENT MODE フィールドに移動し、QSCV ソフトキーを選択します。4155C/4156C は QSCV 測定モードになります。
4. フィールド・ポインタを CHANNELS テーブルに移動して、SMU1 と SMU2 を以下のように設定します。

UNIT	VNAME	INAME	MODE	FCTN
SMU1	V1	I1	V	VAR1
SMU2	V2	I2	COMMON	CONST

SMU1 と SMU2 だけを使用します。他のユニットは、DELETE ROW ソフトキーを選択することによって無効にします。

```

CHANNELS: CHANNEL DEFINITION

*MEASUREMENT MODE
QSCV

*CHANNELS

```

UNIT	VNAME	INAME	MODE	FCTN	STBY	SERIES RESISTANCE
SMU1:HR	V1	I1	V	VAR1		0 ohm
SMU2:HR	V2	I2	COMMON	CONST		
SMU3:HR						0 ohm
SMU4:HR						
SMU5:HP						
VSU1		-----				
VSU2		-----				
VMU1		-----				
VMU2		-----				
PGU1		-----				
PGU2		-----				
GNDU		-----				

```

DISCHARGE
ON

QSCV
1/2

QSCV
Select Measurement Mode with softkey or rotary knob.
CHANNEL USER USER E5250A E5250A
DEF FCTN VAR S PROP SETUP NEXT

```

ステップ 4 : 掃引出力パラメータの設定

MEASURE: QSCV SETUP 画面で掃引出力パラメータの設定を行います。

NOTE

QSCV 測定モードでは、スタート電圧/ストップ電圧を除く各ステップで容量測定を行います。各ステップの容量測定は、出力電圧±容量測定電圧 /2 の範囲で行われます。

1. **Meas** キーを押して、MEASURE: QSCV SETUP 画面を表示します。
2. 掃引出力パラメータを以下のように設定します。

SWEEP MODE	SINGLE
START	3.1 V
STOP	- 3.1 V
STEP	- 100 mV
COMPLIANCE	100 mA

SWEEP MODE は掃引モード、SINGLE (片道) または DOUBLE (往復) の設定を行います。START、STOP、STEP はそれぞれ、掃引スタート、ストップ、ステップ電圧です。STEP 電圧の最小設定値は使用する測定レンジの最小分解能の 2 倍です。

3. QSCV MEAS VOLTAGE フィールドを以下のように設定します。

QSCV MEAS VOLTAGE	80 mV
-------------------	-------

このフィールドでは、容量測定電圧を設定します。この値は |STEP| 値以下でなくてはなりません。|STEP| 値以上の値を入力した場合、自動的に |STEP| 値と同じ値に設定されます。

|START-STOP| 値以上の値を設定した場合には、QSCV MEAS VOLTAGE、および STEP フィールドの値は無視され、スタート値からストップ値までの間でスポット測定を行います。

4. TIMING テーブルを以下のように設定します。

HOLD TIME	10 s
DELAY TIME	100 ms

このテーブルでは、ホールド時間とディレイ時間の設定を行います。
ホールド時間は 0 から 655.35 s が有効。設定分解能は 10 ms です。
ディレイ時間は 0 から 65.535 s が有効。設定分解能は 100 μ s です。

```
MEASURE: QSCV SETUP
```

*VARIABLE	VAR1					SINGLE
UNIT	SMU1:HR					
NAME	V1					DOUBLE
SWEEP MODE	SINGLE					
START	3.100 V					
STOP	-3.100 V					
STEP	-100.0mV	*QSCV MEAS VOLTAGE	80.0mV			
NO OF STEP	61					
COMPLIANCE	100.00mA					


```
*TIMING
```

HOLD TIME	10.00 s					
DELAY TIME	100.0ms	*QSCV	CONTINUE AT ANY	Status		


```
*CONSTANT
```

UNIT						
NAME						
MODE						
SOURCE	-----	-----	-----	-----		
COMPLIANCE	-----	-----	-----	-----		


```
SINGLE
```

Select SWEEP Mode with softkey or rotary knob.

QSCV		MEASURE	OUTPUT	S			PREV	NEXT
SETUP		SETUP	SEQ				PAGE	PAGE

ステップ 5 : 測定パラメータの設定

MEASURE: QSCV MEAS SETUP 画面で測定パラメータの設定を行います。

1. **Meas** キー、MEASURE SETUP ソフトキーを順に押して、MEASURE: QSCV MEAS SETUP 画面を表示します。
2. MEASUREMENT UNIT テーブルを以下のように設定します。

UNIT	SMU1
FCTN	VAR1
RANGE	1 nA
CNAME	CAP01
INAME	LEAK01

UNIT は容量測定に使用するユニットを設定します。FCTN は測定ユニットのファンクションを表示します。CNAME、INAME はそれぞれ、容量測定データ、リーク電流測定データの変数名を定義します。ここで、変数名はユニークでなくてはなりません。同じ変数名を VNAME、INAME、ユーザ関数に設定してはいけません。

3. INTEG TIME テーブルを以下のように設定します。

	TIME	NPLC
QSCV	100 ms	5
LEAK	100 ms	5

このテーブルには、容量測定の積分時間 (QSCV)、リーク電流測定の積分時間 (LEAK) を設定します。

QSCV には 0.04 ~ 400 秒 (50 Hz の場合)、または 0.033333 ~ 333.33 秒 (60 Hz の場合) が有効です。

LEAK には 0.02 ~ 2 秒 (50 Hz の場合)、または 0.016667 ~ 1.6667 秒 (60 Hz の場合) が有効です。

4. LEAK COMPENSATION フィールドでリーク電流補正機能を設定します。
補正機能を有効にするには、ON ソフトキーを選択します。
補正機能を無効にするには、OFF ソフトキーを選択します。
5. ZERO CANCEL フィールドでオフセット除去機能を設定します。
オフセット除去機能を無効にするには、OFF ソフトキーを選択します。
オフセット除去機能を有効にするには、測定条件の設定が完了したのちに、以下を行います。
 - a. ソケットモジュールから DUT を取り外して、測定端子を開放します。
 - b. グリーン・キー、**Stop** キーを順に押して、オフセット測定を実行します。その後、オフセット測定が終わるまで待ちます。
 - c. ZERO CANCEL フィールドで ON ソフトキーを選択します。
オフセット測定終了後、DUT をソケットモジュールに接続します。

MEASURE: QSCV MEASURE SETUP

*MEASUREMENT UNIT

UNIT	FCTN	RANGE	CNAME	INAME
SMU1:HR	VAR1	1nA	CAP01	LEAK01

*INTEG TIME

	TIME	NPLC
QSCV	100ms	5
LEAK	100ms	5

*LEAK COMPENSATION

ON

*ZERO CANCEL

ON 5.416pF

SMU1:HR

SMU2:HR

SMU1:HR

Select Measurement Unit with softkey.

QSCV SETUP		MEASURE SETUP	OUTPUT SEQ	S			PREV PAGE	NEXT PAGE
---------------	--	------------------	---------------	---	--	--	--------------	--------------

B

Quasi-static C-V 測定
測定実行例

ステップ 6 : グラフ表示画面の設定

DISPLAY: DISPLAY SETUP 画面で測定結果表示画面の設定を行います。

1. **Display** キーを押し、DISPLAY: DISPLAY SETUP 画面を表示します。
2. フィールド・ポインタを DISPLAY MODE フィールドに移動して、GRAPHICS ソフトキーを選択します。
3. X 軸、Y1 軸を以下のように設定します。

	X-axis	Y1-axis
NAME	V1	CAP01
SCALE	LINEAR	LINEAR
MIN	-3 V	36 pF
MAX	3 V	110 pF

この設定は、X 軸に V1、Y1 軸に CAP01 を設定します。

```

DISPLAY: DISPLAY SETUP

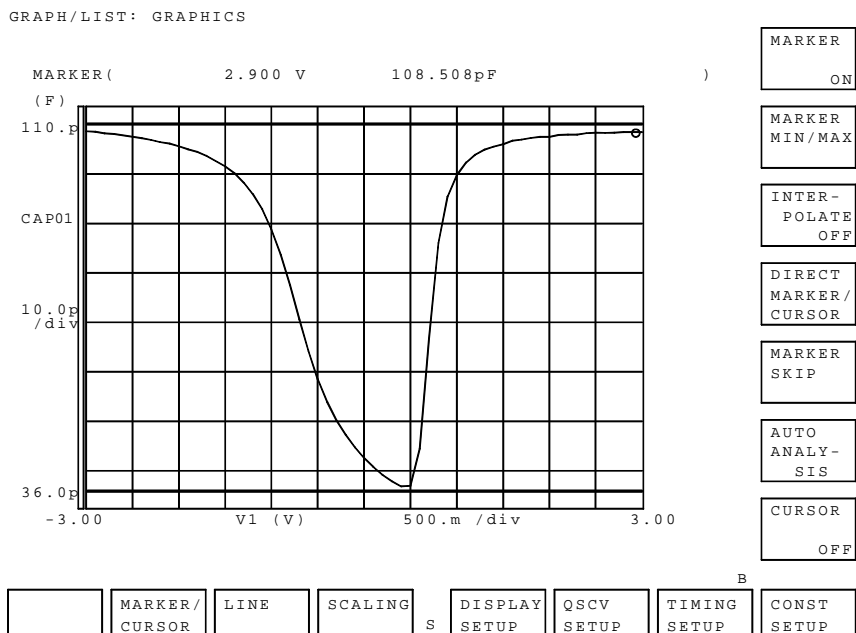
```

*DISPLAY MODE				GRAPHICS
GRAPHICS				LIST
*GRAPHICS				
	Xaxis	Y1axis	Y2axis	
NAME	V1	CAP01		
SCALE	LINEAR	LINEAR		
MIN	-3.0000000 V	36.00000pF		
MAX	3.0000000 V	110.00000pF		
*GRID		*LINE PARAMETER		
ON		ON		
*DATA VARIABLES		*DATA DISPLAY RESOLUTION		
		EXTEND		
GRAPHICS				
Select Display Mode with softkey or rotary knob.				
DISPLAY	ANLYSIS			
SETUP	SETUP			PREV
				NEXT
				PAGE
				PAGE

ステップ 7 : 測定の実行

Single フロントパネル・キーを押して、QSCV 測定を開始します。

測定終了後、以下のような測定結果が得られます。



NOTE

QSCV 測定モードでは、スタート電圧/ストップ電圧を除く各ステップで容量測定を行います。この例では、-3.1 V と 3.1 V では測定を行いません。

容量測定範囲

NOTE

容量測定範囲は参考データです。仕様ではありません。

容量測定範囲は、電流測定レンジ、容量測定電圧、積分時間の設定に依存します。Figure 4-2 から Figure 4-4 を参照してください。グラフは、容量測定値 VS 容量測定電圧の特性を、積分時間の設定値毎に描いています。グラフ内の各特性は、積分時間の各設定条件で測定できる容量の最大値を示しています。

グラフの値は、容量測定の積分時間とリーク電流測定の積分時間が等しい場合に適用されます。

Figure 4-2

10 pA、100 pA レンジの容量測定範囲 : HRSMU

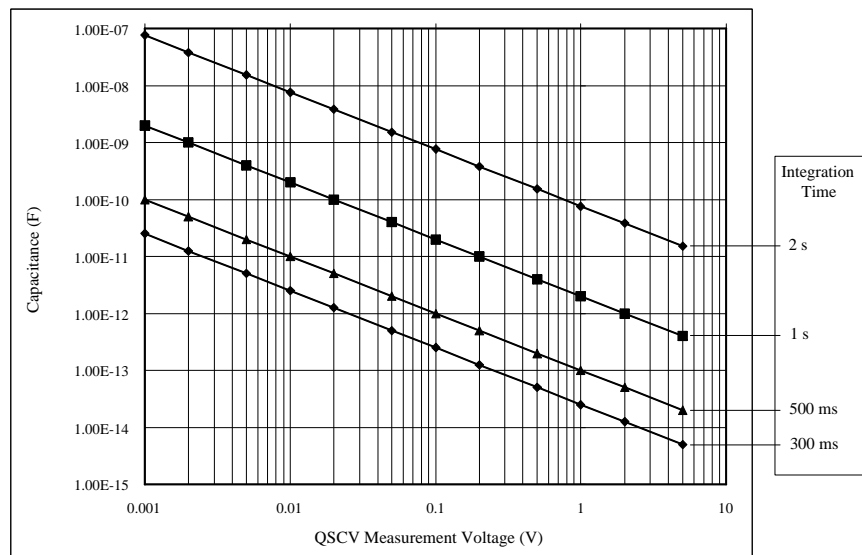


Figure 4-3

1 nA レンジの容量測定範囲 : HRSMU/MPSMU/HPSMU

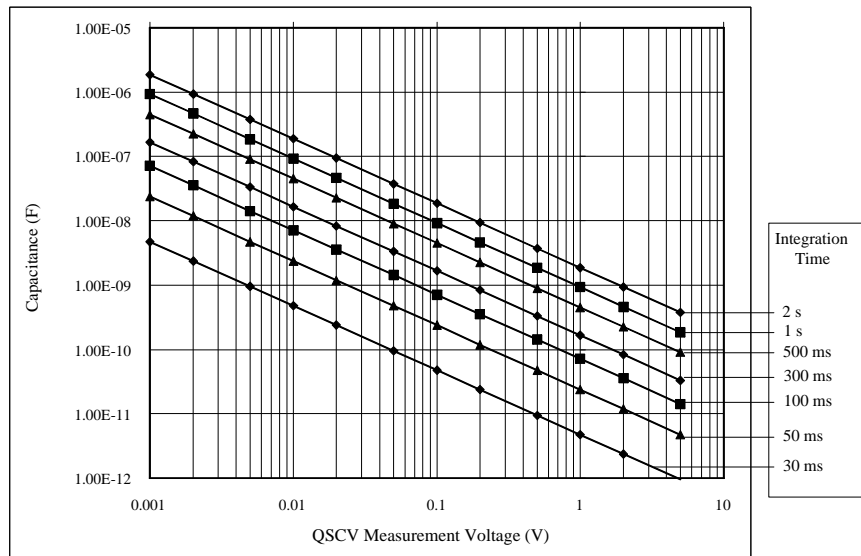
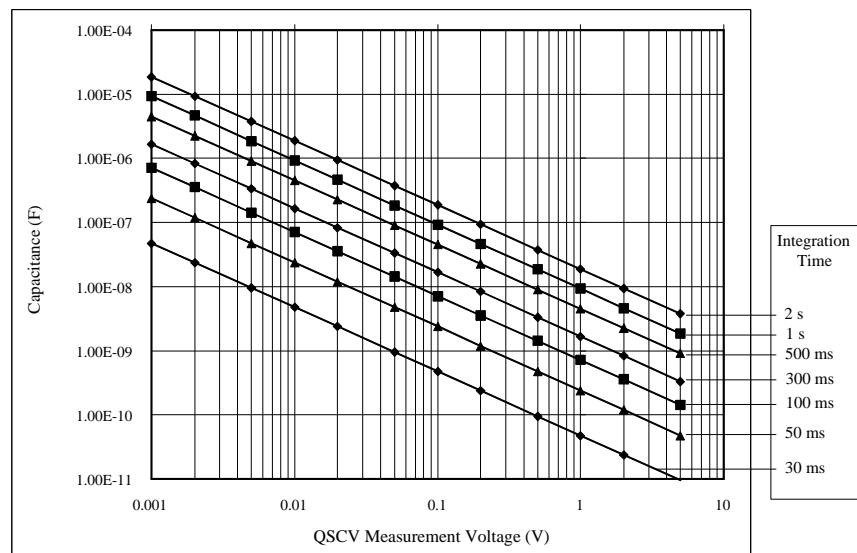


Figure 4-4

10 nA レンジの容量測定範囲 : HRSMU/MPSMU/HPSMU



容量測定確度

NOTE

容量測定確度は参考データです。仕様ではありません。

容量測定確度は次式から求められます。

$$\text{測定確度} = A (\%) + B (F)$$

A : 測定値のパーセント確度 (Reading accuracy)。

B : オフセット確度 (Offset accuracy)。

$$A = A_p + \frac{B_p + C_p \times T_{\text{integ}} + D_p \times \frac{T_{\text{integ}}}{T_{\text{leak}}}}{V_{\text{step}}}$$

$$B = \frac{A_o}{R_{\text{dut}}} + \frac{B_o + B_{oc} \times C_g + (C_o + C_{oc} \times C_g) \times T_{\text{integ}} + (D_o + D_{oc} \times C_g) \times \frac{T_{\text{integ}}}{T_{\text{leak}}}}{V_{\text{step}}}$$

ここで、

T_{integ} : 容量測定の積分時間 (単位: 秒)。

T_{leak} : リーク電流測定の積分時間 (単位: 秒)。

V_{step} : 容量測定電圧 (単位: V)。

R_{dut} : DUT の等価並列抵抗 (単位: Ω)。

C_g : 測定系のガード容量 (単位: F)。

A_x、*B_x*、*C_x*、*D_x* は定数です。これらの値を Table 4-1 および Table 4-2 にまとめます。

また、容量測定確度の計算例を Figure 4-5 から Figure 4-26 に記します。計算の条件は Table 4-3 にまとめてあります。

Table 4-1

測定確度計算に必要な定数の値：HRSMU

測定レンジ	定数	電圧出力レンジ			
		2 V	20 V	40 V	100 V
10 pA / 100 pA	Ap	4.0	4.0	4.0	4.0
	Bp	0.0025	0.018	0.035	0.088
	Cp	0.0023	0.0052	0.008	0.019
	Dp	0.0009	0.002	0.003	0.0076
	Ao	0.07			
	Bo	3.7E-15			
	Boc	2.6E-18			
	Co	3.1E-15			
	Coc	6.6E-18			
	Do	7.2E-16			
Doc	2.6E-18				
1 nA	Ap	0.51	0.51	0.52	0.52
	Bp	0.0057	0.024	0.047	0.11
	Cp	0.003	0.0048	0.0088	0.018
	Dp	0.0041	0.008	0.015	0.027
	Ao	0.041			
	Bo	7.0E-15			
	Boc	8.7E-18			
	Co	3.0E-14			
	Coc	6.0E-18			
	Do	4.0E-15			
Doc	8.7E-18				

Quasi-static C-V 測定

容量測定確度

測定レンジ	定数	電圧出力レンジ			
		2 V	20 V	40 V	100 V
10 nA	Ap	0.51	0.51	0.52	0.52
	Bp	0.036	0.024	0.047	0.11
	Cp	0.003	0.0048	0.0088	0.018
	Dp	0.0041	0.008	0.015	0.027
	Ao	0.041			
	Bo	7.3E-15			
	Boc	8.7E-18			
	Co	6.0E-14			
	Coc	6.0E-18			
	Do	4.3E-15			
	Doc	8.7E-18			

Table 4-2 測定確度計算に必要な定数の値：MPSMU/HPSMU

測定レンジ	定数	電圧測定レンジ (200 V は HPSMU に適用)				
		2 V	20 V	40 V	100 V	200 V
1 nA	Ap	0.521	0.52	0.52	0.53	0.54
	Bp	0.00398	0.027	0.047	0.12	0.23
	Cp	0.000798	0.0072	0.0088	0.022	0.045
	Dp	0.00238	0.011	0.015	0.036	0.072
	Ao	0.041				
	Bo	7.2E-15				
	Boc	6.0E-18				
	Co	4.3E-14				
	Coc	5.1E-18				
	Do	4.2E-15				
	Doc	6.0E-18				
	10 nA	Ap	0.52	0.52	0.52	0.53
Bp		0.004	0.027	0.047	0.12	0.23
Cp		0.0008	0.0072	0.0088	0.022	0.045
Dp		0.0024	0.011	0.015	0.036	0.072
Ao		0.041				
Bo		6.2E-15				
Boc		6.0E-18				
Co		7.4E-14				
Coc		5.1E-18				
Do		3.2E-15				
Doc		6.0E-18				

Quasi-static C-V 測定
容量測定確度

Table 4-3

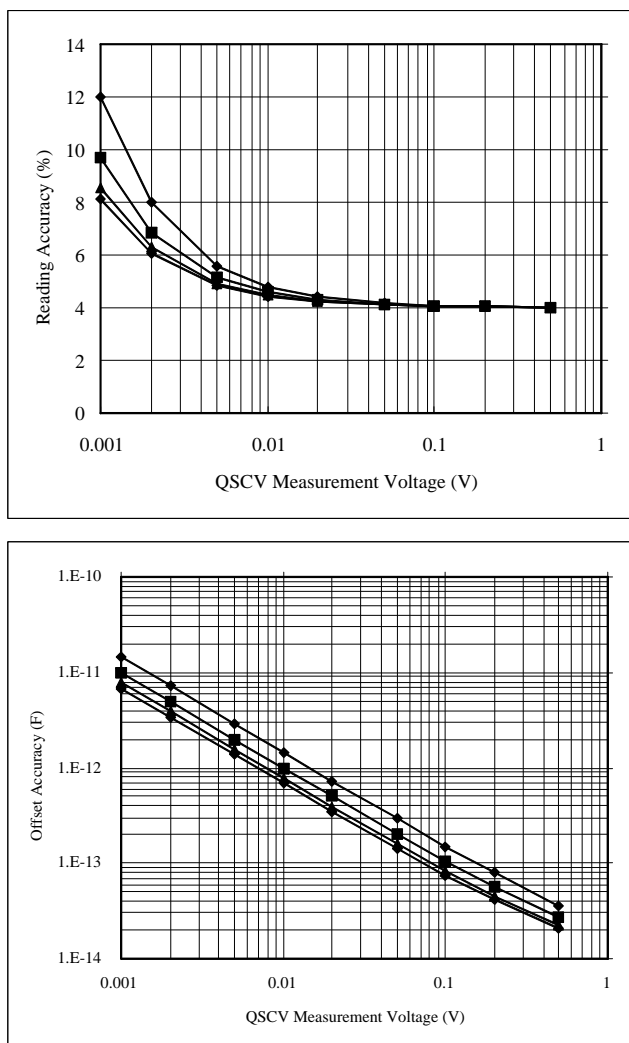
測定確度計算例の計算条件

確度計算の条件				測定ユニットの種類	
測定レンジ	出力レンジ	DUT の等価並列抵抗	測定系のガード容量	HRSMU	MPSMU/HPSMU
10 pA/ 100 pA	2 V	10 T ohm	200 pF	Figure 4-5	
	20 V	10 T ohm	200 pF	Figure 4-6	
	20 V	10 T ohm	1 nF	Figure 4-7	
	20 V	100 G ohm	200 pF	Figure 4-8	
1 nA	2 V	10 T ohm	200 pF	Figure 4-9	Figure 4-17
	20 V	10 T ohm	200 pF	Figure 4-10	Figure 4-18
	20 V	10 T ohm	1 nF		Figure 4-19
	20 V	10 G ohm	200 pF	Figure 4-11	Figure 4-20
	40 V	1 G ohm	200 pF	Figure 4-12	Figure 4-21
	100 V	1 G ohm	200 pF	Figure 4-13	Figure 4-22
	200 V	1 G ohm	200 pF		Figure 4-23
10 nA	2 V	10 T ohm	200 pF	Figure 4-14	Figure 4-24
	20 V	10 T ohm	200 pF		Figure 4-25
	20 V	10 G ohm	200 pF	Figure 4-15	
	20 V	1 G ohm	200 pF	Figure 4-16	Figure 4-26

Figure 4-5 から Figure 4-26 の各グラフの値は、容量測定の積分時間とリーク電流測定の積分時間が等しい場合に適用されます。

Figure 4-5

測定確度の計算例：HRSMU



計算条件：

測定レンジ：10 pA/100 pA

出力レンジ：2 V

積分時間：グラフ内の線の上から順に2、1、0.5、0.3 s

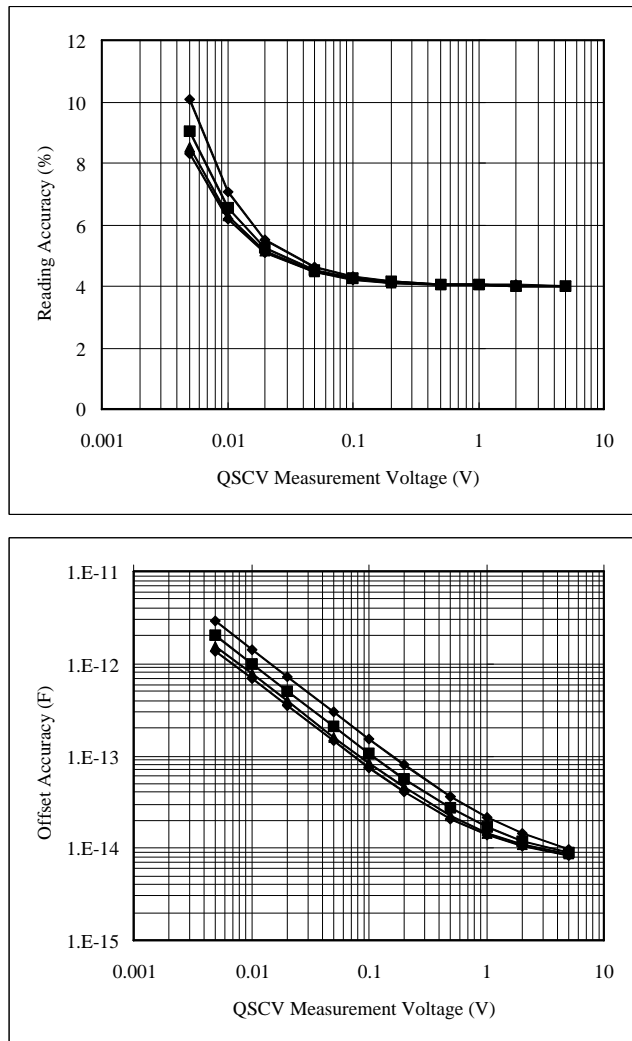
DUT の等価並列抵抗：10 T ohm

測定系のガード容量：200 pF

Quasi-static C-V 測定 容量測定確度

Figure 4-6

測定確度の計算例：HRSMU



計算条件：

測定レンジ：10 pA/100 pA

出力レンジ：20 V

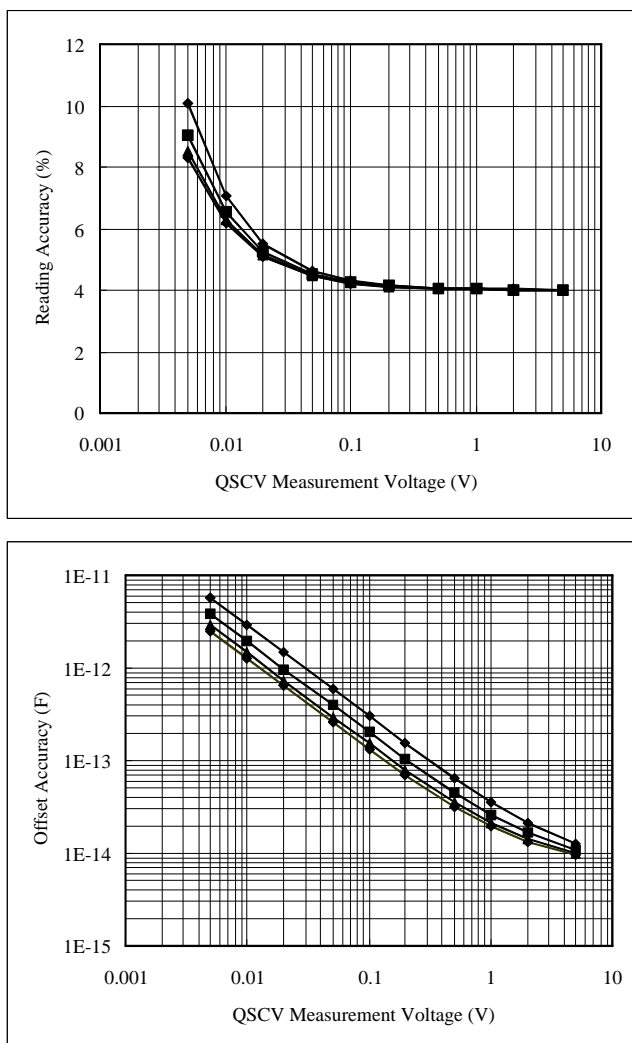
積分時間：グラフ内の線の上から順に2、1、0.5、0.3 s

DUT の等価並列抵抗：10 T ohm

測定系のガード容量：200 pF

Figure 4-7

測定確度の計算例：HRSMU



計算条件：

測定レンジ：10 pA/100 pA

出力レンジ：20 V

積分時間：グラフ内の線の上から順に2、1、0.5、0.3 s

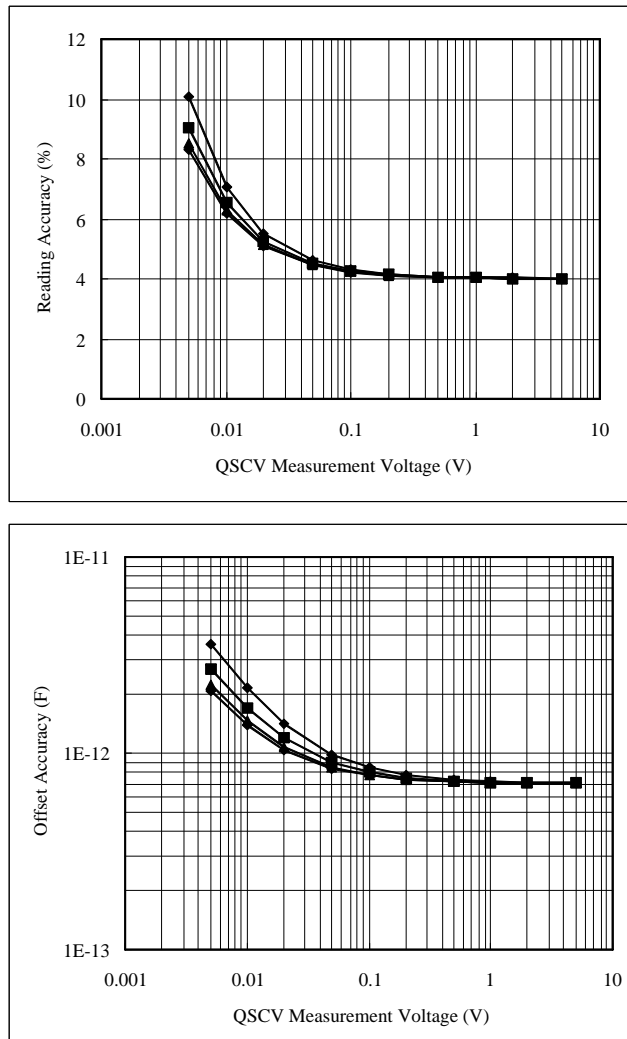
DUT の等価並列抵抗：10 T ohm

測定系のガード容量：1 nF

Quasi-static C-V 測定 容量測定確度

Figure 4-8

測定確度の計算例：HRSMU



計算条件：

測定レンジ：10 pA/100 pA

出力レンジ：20 V

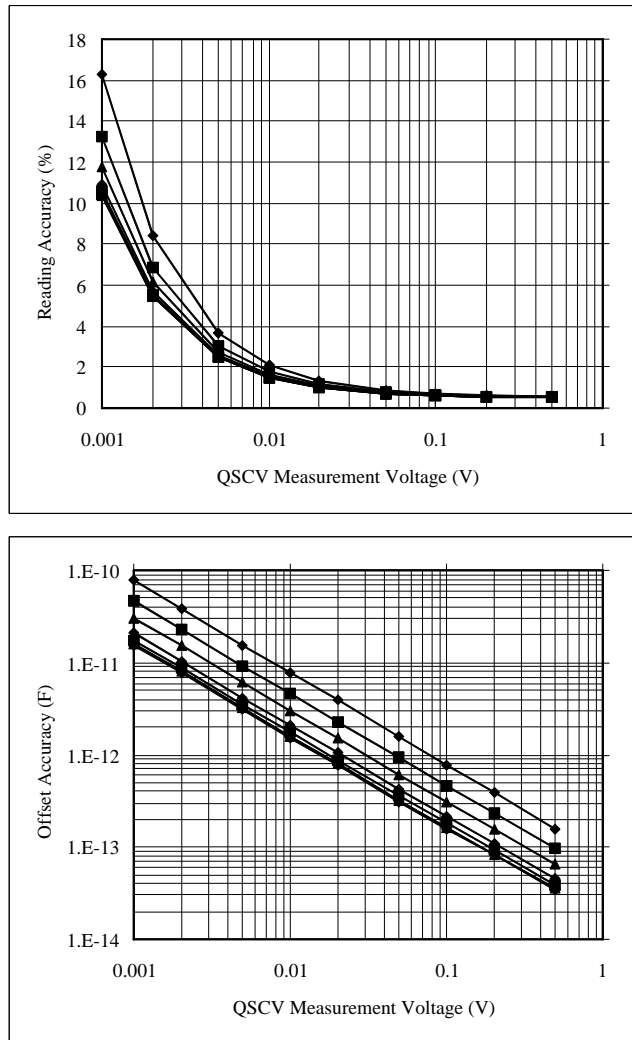
積分時間：グラフ内の線の上から順に2、1、0.5、0.3 s

DUT の等価並列抵抗：100 G ohm

測定系のガード容量：200 pF

Figure 4-9

測定精度の計算例：HRSMU



計算条件：

測定レンジ：1 nA

出力レンジ：2 V

積分時間：グラフ内の線の上から順に 2、1、0.5、0.2、0.1、.05、.03 s

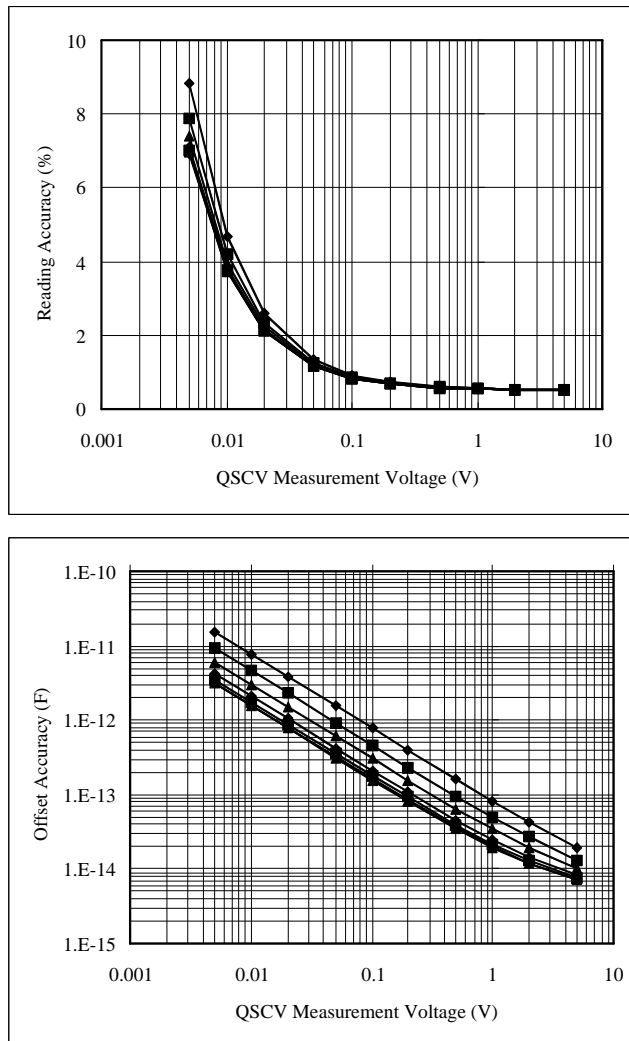
DUT の等価並列抵抗：10 T ohm

測定系のガード容量：200 pF

Quasi-static C-V 測定
容量測定確度

Figure 4-10

測定確度の計算例：HRSMU



計算条件：

測定レンジ：1 nA

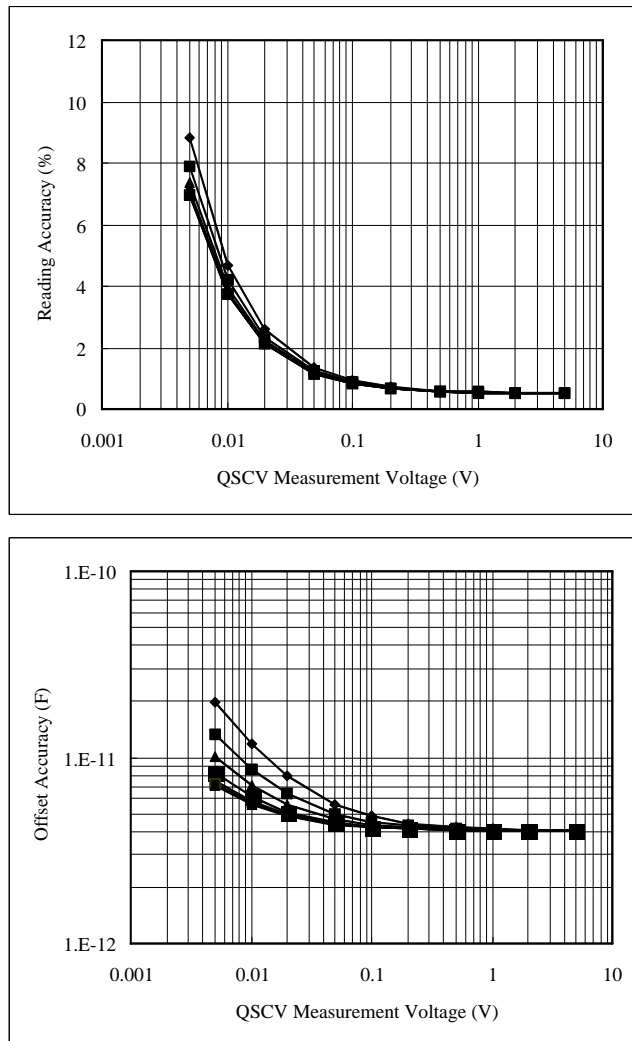
出力レンジ：20 V

積分時間：グラフ内の線の上から順に2、1、0.5、0.2、0.1、.05、.03 s

DUT の等価並列抵抗：10 T ohm

測定系のガード容量：200 pF

Figure 4-11 測定確度の計算例：HRSMU



計算条件：

測定レンジ：1 nA

出力レンジ：20 V

積分時間：グラフ内の線の上から順に 2、1、0.5、0.3、0.1、.05、.03 s

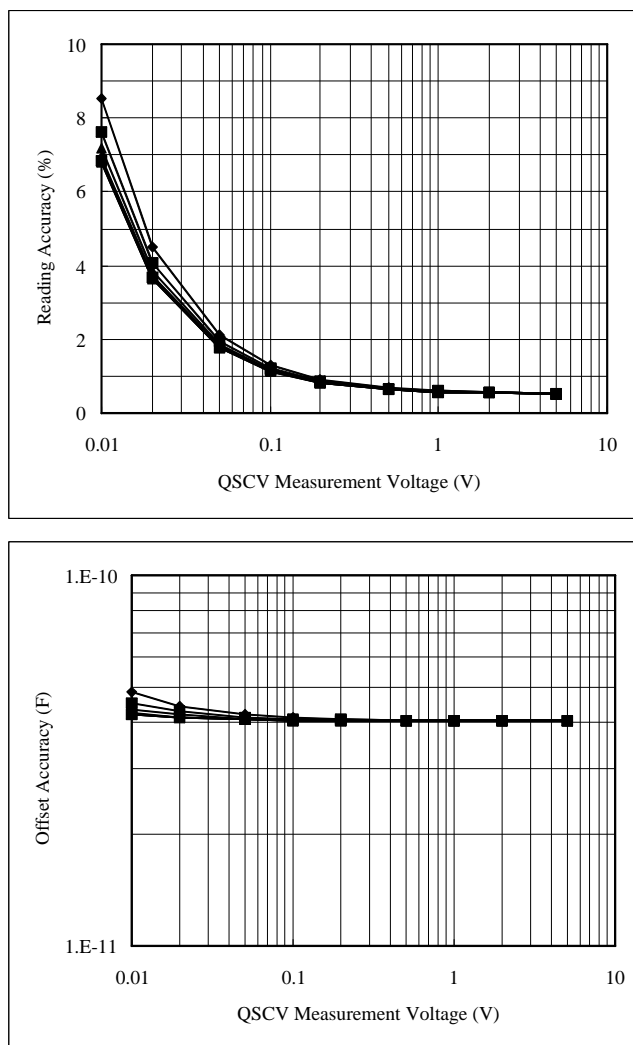
DUT の等価並列抵抗：10 G ohm

測定系のガード容量：200 pF

Quasi-static C-V 測定 容量測定確度

Figure 4-12

測定確度の計算例：HRSMU



計算条件：

測定レンジ：1 nA

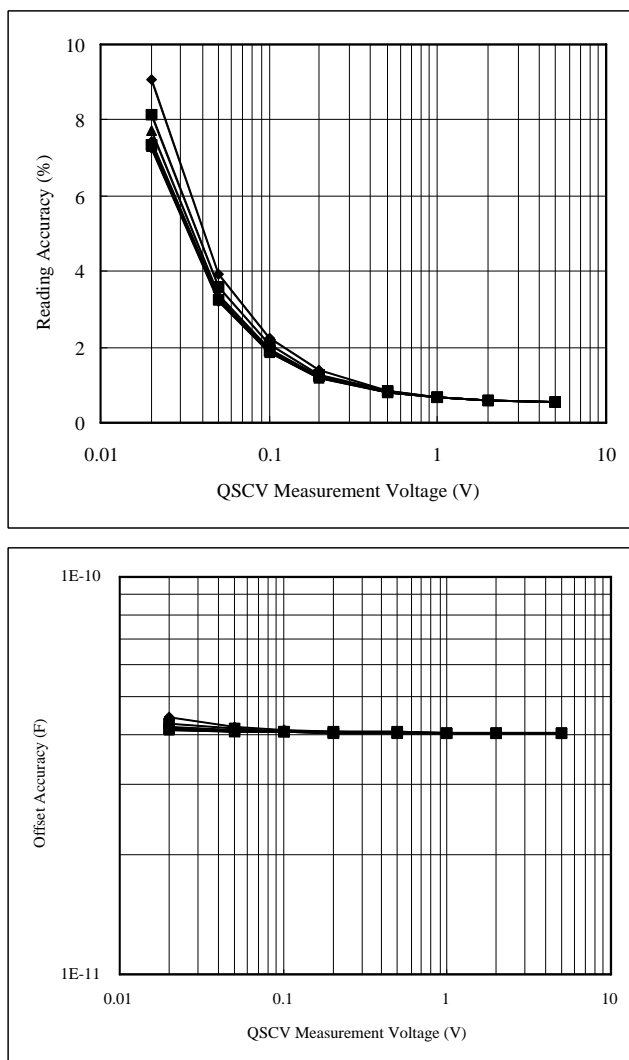
出力レンジ：40 V

積分時間：グラフ内の線の上から順に 2、1、0.5、0.3、0.1、.05、.03 s

DUT の等価並列抵抗：1 G ohm

測定系のガード容量：200 pF

Figure 4-13 測定確度の計算例：HRSMU



計算条件：

測定レンジ：1 nA

出力レンジ：100 V

積分時間：グラフ内の線の上から順に 2、1、0.5、0.3、0.1、.05、.03 s

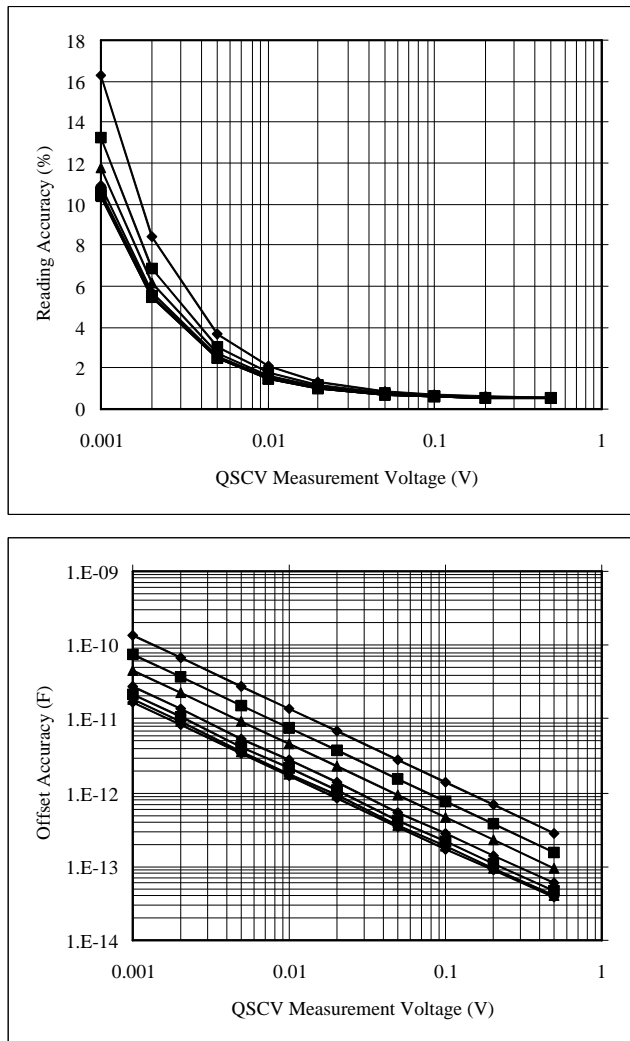
DUT の等価並列抵抗：1 G ohm

測定系のガード容量：200 pF

Quasi-static C-V 測定
容量測定確度

Figure 4-14

測定確度の計算例：HRSMU



計算条件：

測定レンジ：10 nA

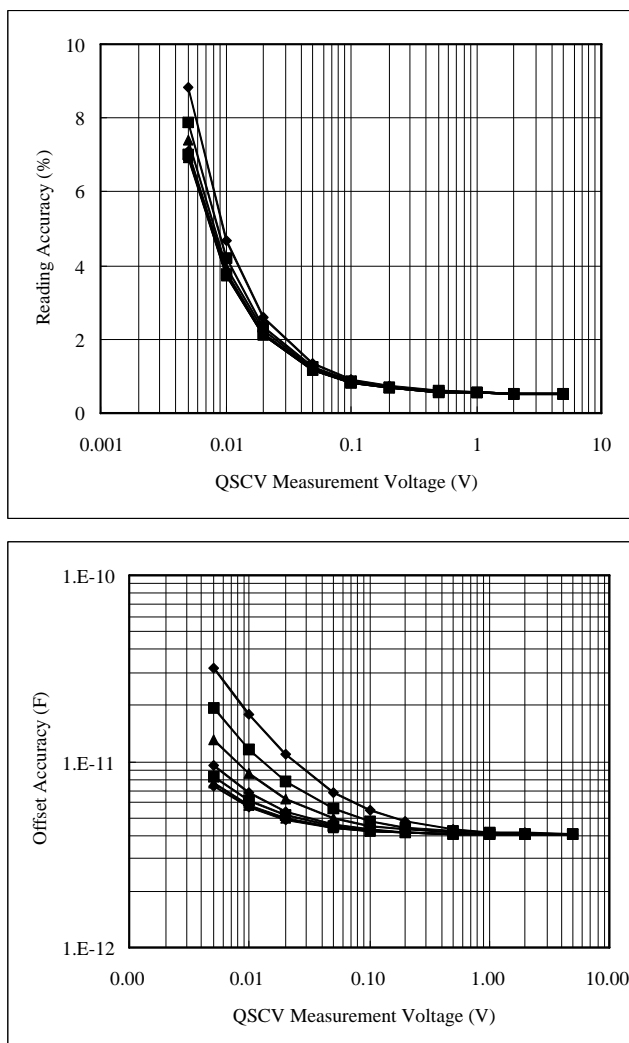
出力レンジ：2 V

積分時間：グラフ内の線の上から順に 2、1、0.5、0.2、0.1、.05、.03 s

DUT の等価並列抵抗：10 T ohm

測定系のガード容量：200 pF

Figure 4-15 測定確度の計算例：HRSMU



計算条件：

測定レンジ：10 nA

出力レンジ：20 V

積分時間：グラフ内の線の上から順に 2、1、0.5、0.3、0.1、.05、.03 s

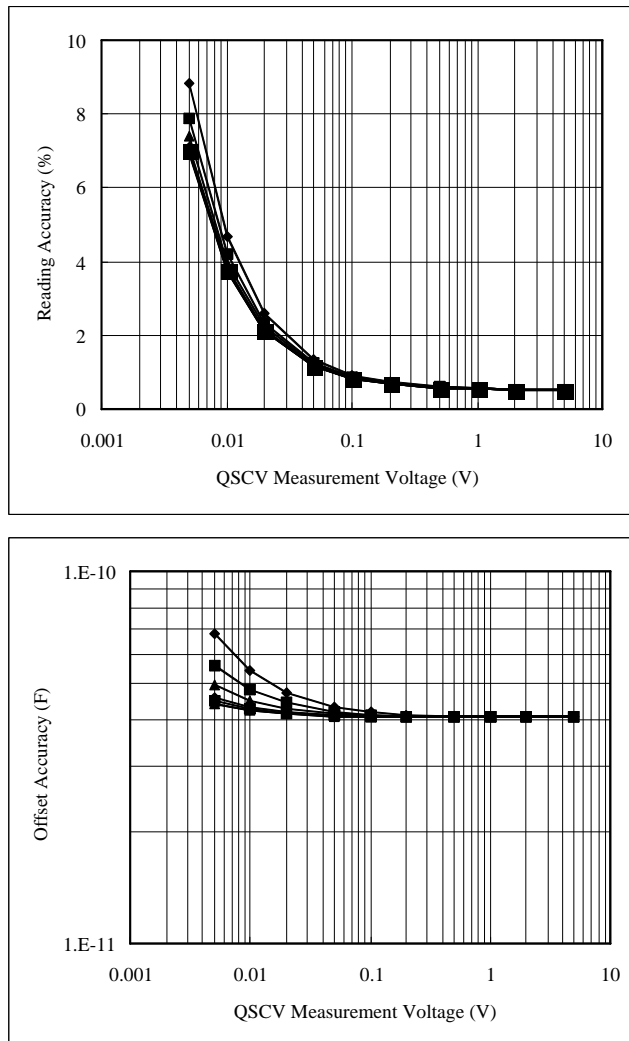
DUT の等価並列抵抗：10 G ohm

測定系のガード容量：200 pF

Quasi-static C-V 測定
容量測定確度

Figure 4-16

測定確度の計算例：HRSMU



計算条件：

測定レンジ：10 nA

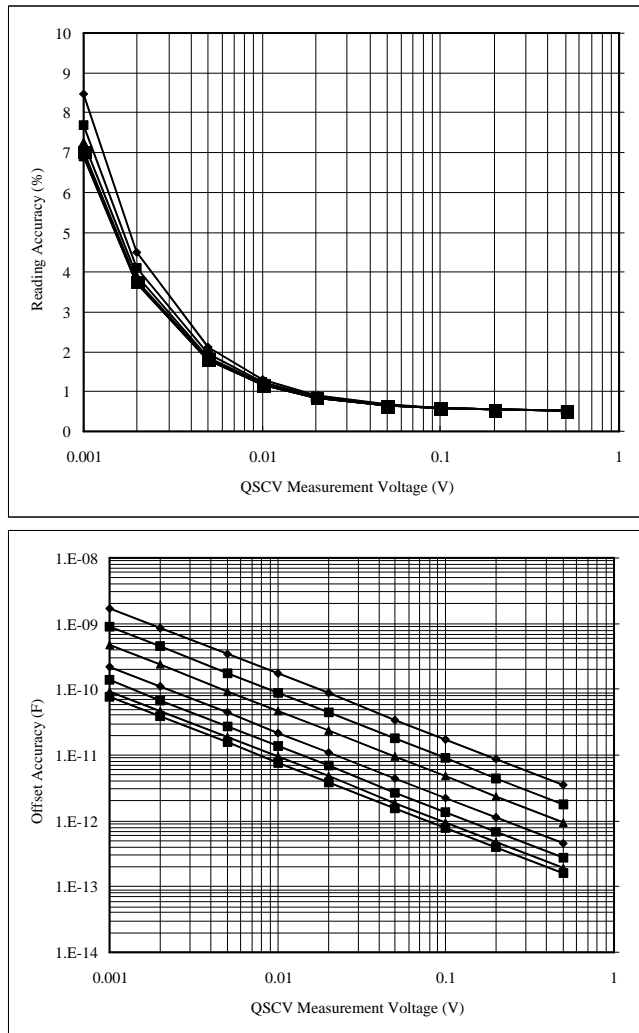
出力レンジ：20 V

積分時間：グラフ内の線の上から順に 2、1、0.5、0.3、0.1、.05、.03 s

DUT の等価並列抵抗：1 G ohm

測定系のガード容量：200 pF

Figure 4-17 測定精度の計算例：MPSMU、HPSMU



計算条件：

測定レンジ：1 nA

出力レンジ：2 V

積分時間：グラフ内の線の上から順に 2、1、0.5、0.2、0.1、.05、.03 s

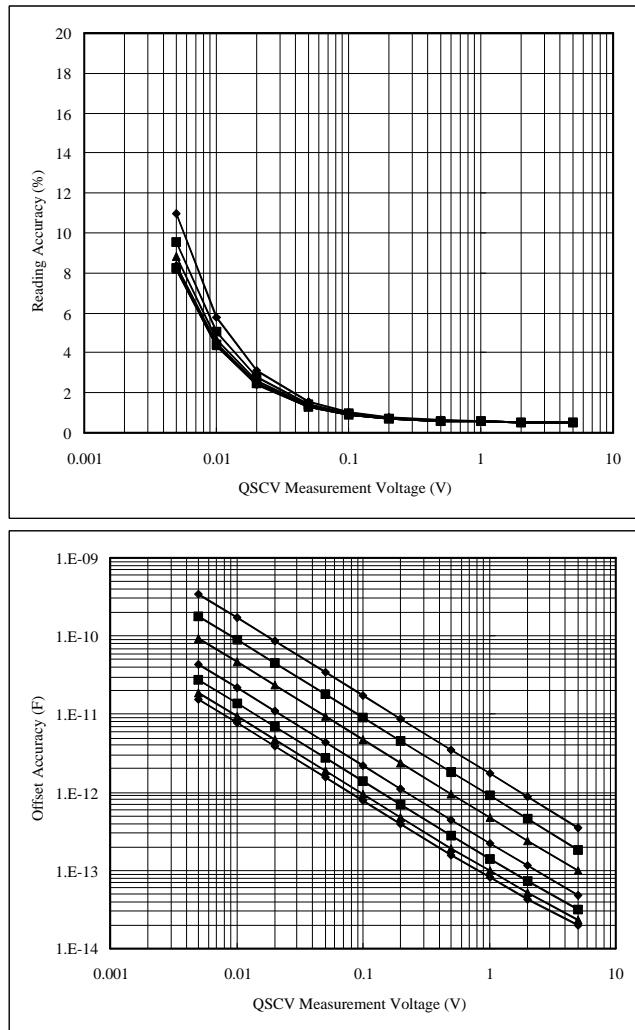
DUT の等価並列抵抗：10 T ohm

測定系のガード容量：200 pF

Quasi-static C-V 測定
容量測定確度

Figure 4-18

測定確度の計算例：MPSMU、HPSMU



計算条件：

測定レンジ：1 nA

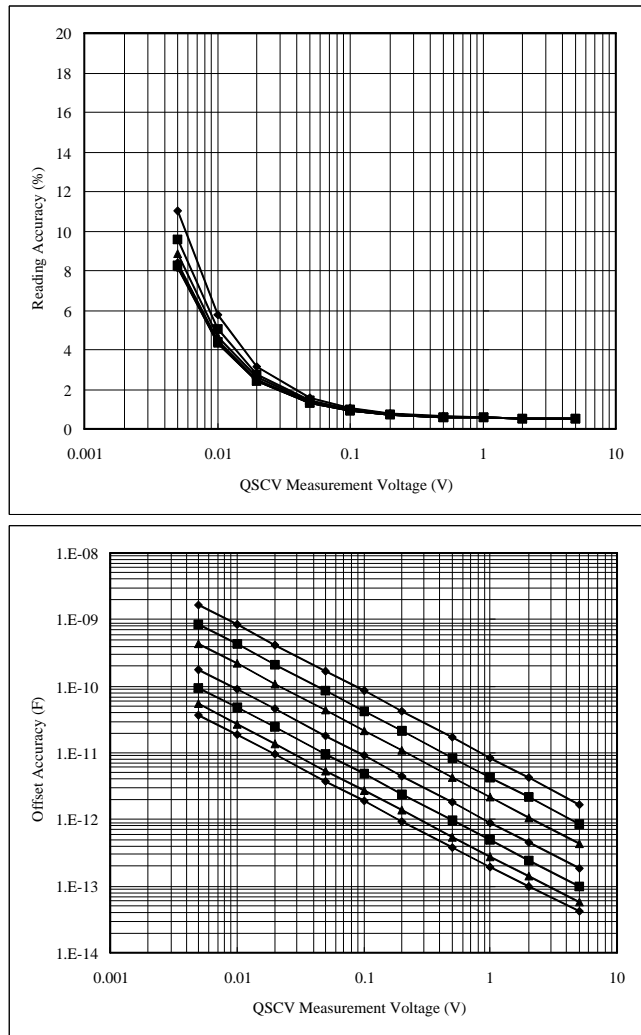
出力レンジ：20 V

積分時間：グラフ内の線の上から順に 2、1、0.5、0.2、0.1、.05、.03 s

DUT の等価並列抵抗：10 T ohm

測定系のガード容量：200 pF

Figure 4-19 測定精度の計算例：MPSMU、HPSMU



計算条件：

測定レンジ：1 nA

出力レンジ：20 V

積分時間：グラフ内の線の上から順に 2、1、0.5、0.2、0.1、.05、.03 s

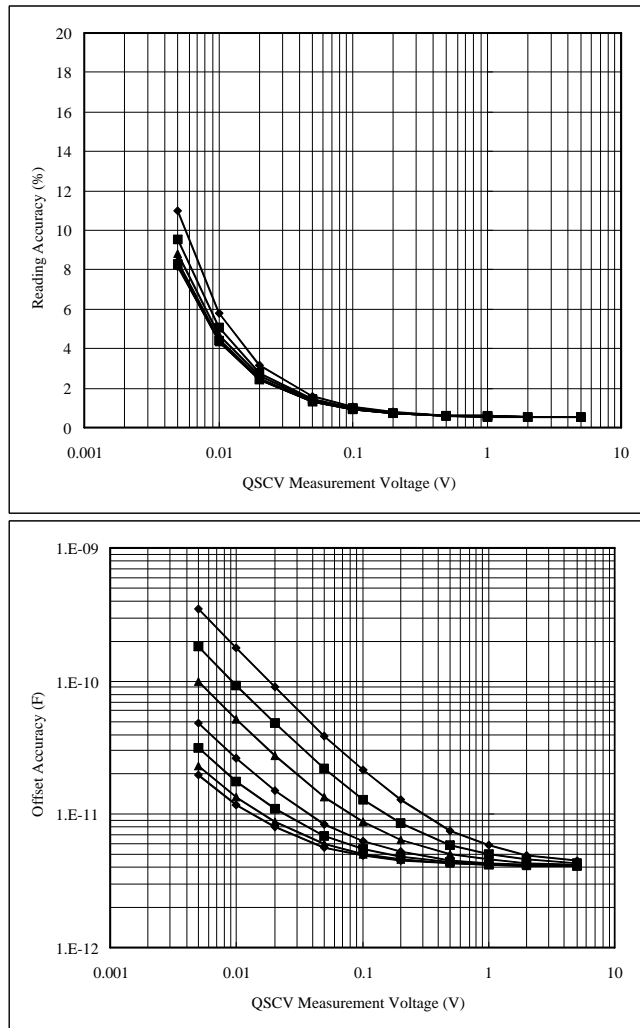
DUT の等価並列抵抗：10 T ohm

測定系のガード容量：1 nF

Quasi-static C-V 測定 容量測定確度

Figure 4-20

測定確度の計算例：MPSMU、HPSMU



計算条件：

測定レンジ：1 nA

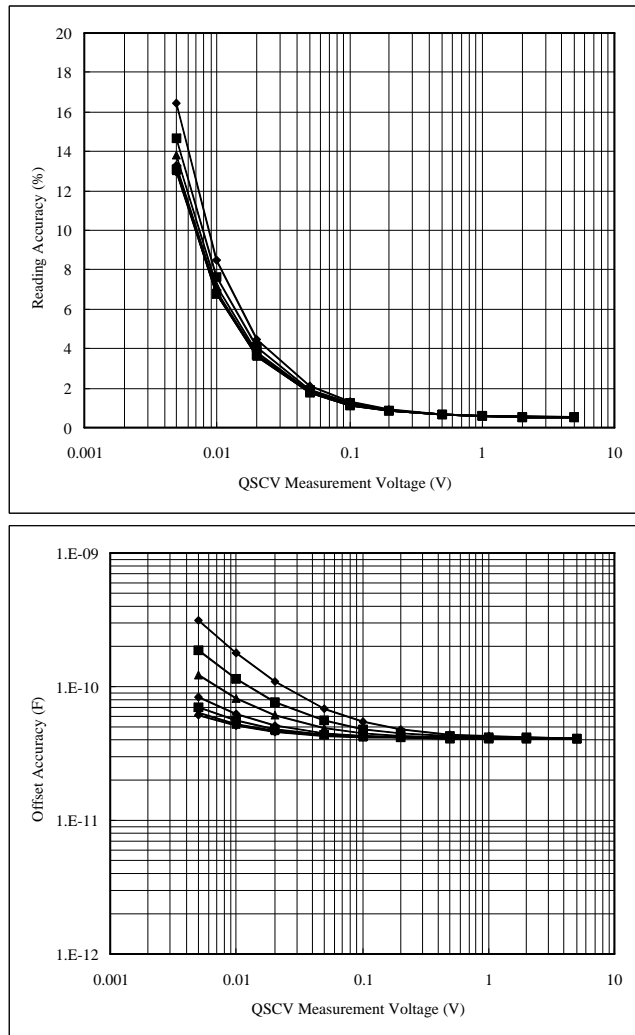
出力レンジ：20 V

積分時間：グラフ内の線の上から順に 2、1、0.5、0.2、0.1、.05、.03 s

DUT の等価並列抵抗：10 G ohm

測定系のガード容量：200 pF

Figure 4-21 測定確度の計算例：MPSMU、HPSMU



計算条件：

測定レンジ：1 nA

出力レンジ：40 V

積分時間：グラフ内の線の上から順に 2、1、0.5、0.2、0.1、.05、.03 s

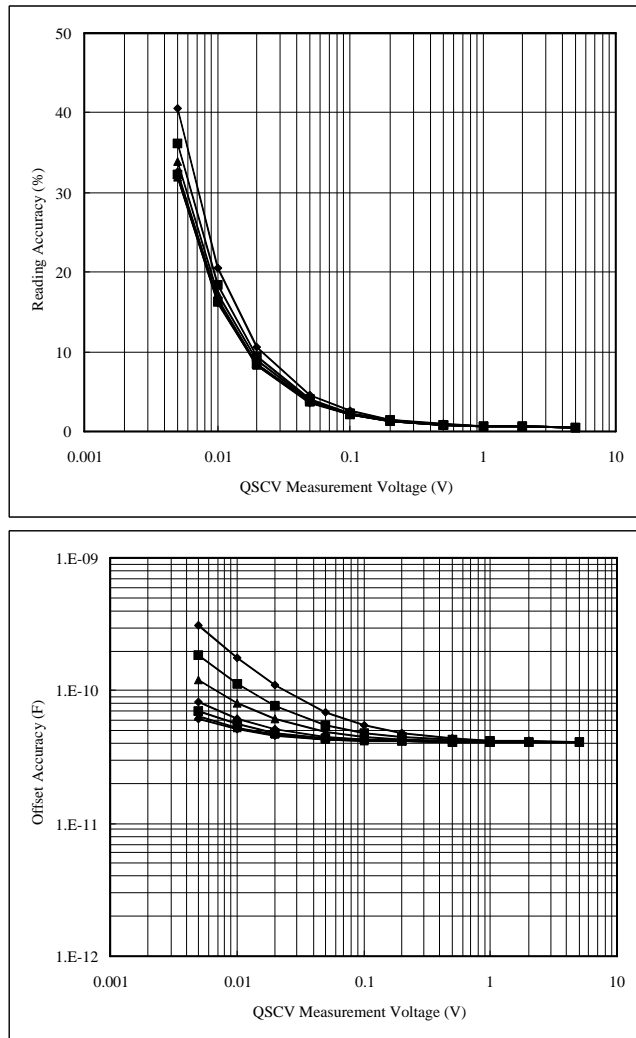
DUT の等価並列抵抗：1 G ohm

測定系のガード容量：200 pF

Quasi-static C-V 測定
容量測定確度

Figure 4-22

測定確度の計算例：MPSMU、HPSMU



計算条件：

測定レンジ：1 nA

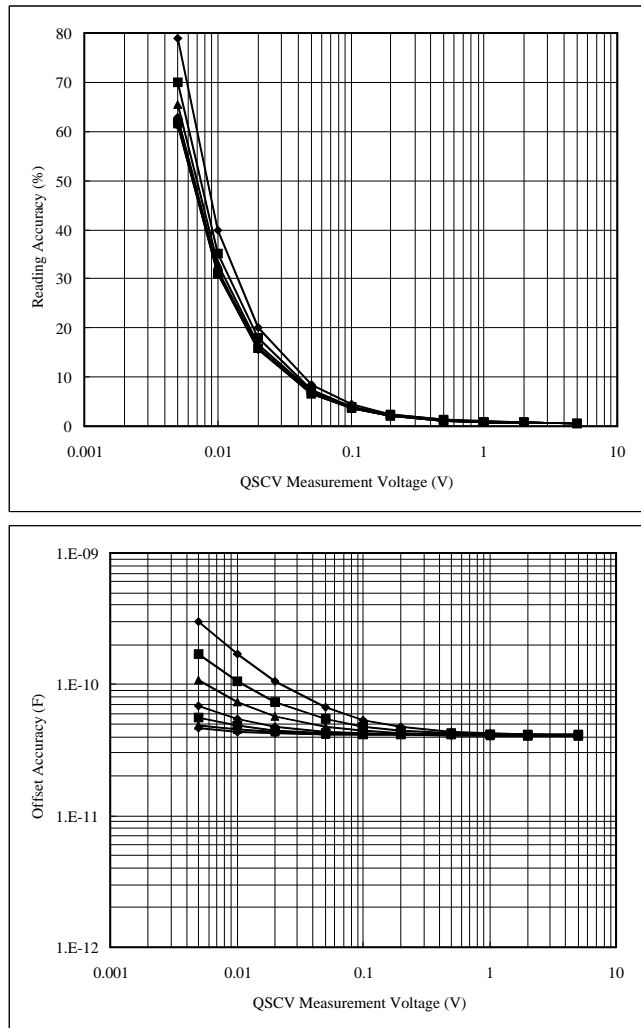
出力レンジ：100 V

積分時間：グラフ内の線の上から順に 2、1、0.5、0.2、0.1、.05、.03 s

DUT の等価並列抵抗：1 G ohm

測定系のガード容量：200 pF

Figure 4-23 測定確度の計算例：HPSMU



計算条件：

測定レンジ：1 nA

出力レンジ：200 V

積分時間：グラフ内の線の上から順に2、1、0.5、0.2、0.1、.05、.03 s

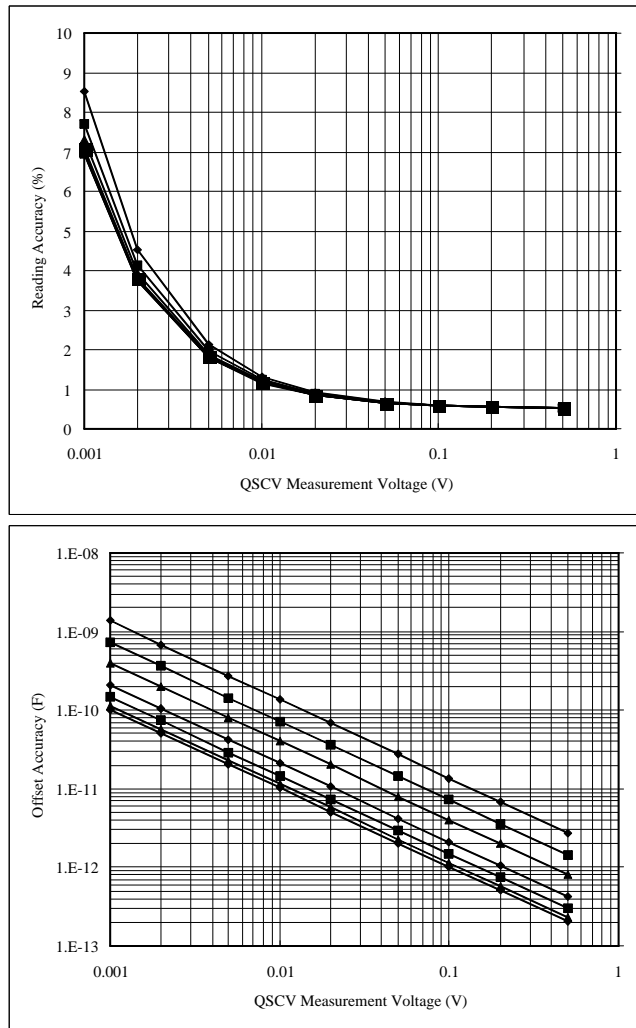
DUT の等価並列抵抗：1 G ohm

測定系のガード容量：200 pF

Quasi-static C-V 測定
容量測定確度

Figure 4-24

測定確度の計算例：MPSMU、HPSMU



計算条件：

測定レンジ：10 nA

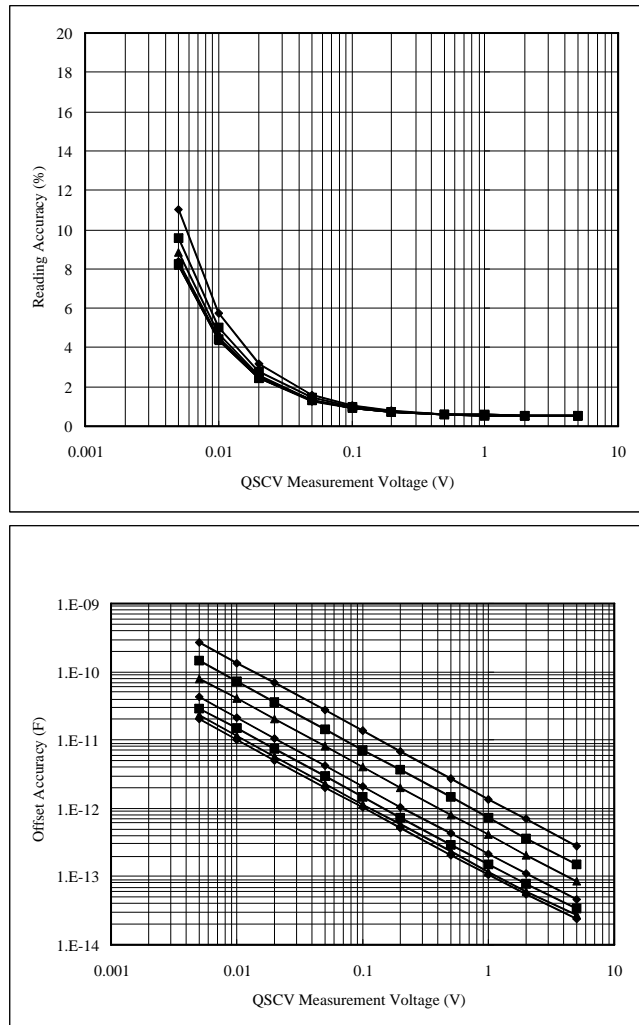
出力レンジ：2 V

積分時間：グラフ内の線の上から順に2、1、0.5、0.2、0.1、.05、.03 s

DUT の等価並列抵抗：10 T ohm

測定系のガード容量：200 pF

Figure 4-25 測定確度の計算例：MPSMU、HPSMU



計算条件：

測定レンジ：10 nA

出力レンジ：20 V

積分時間：グラフ内の線の上から順に2、1、0.5、0.2、0.1、.05、.03 s

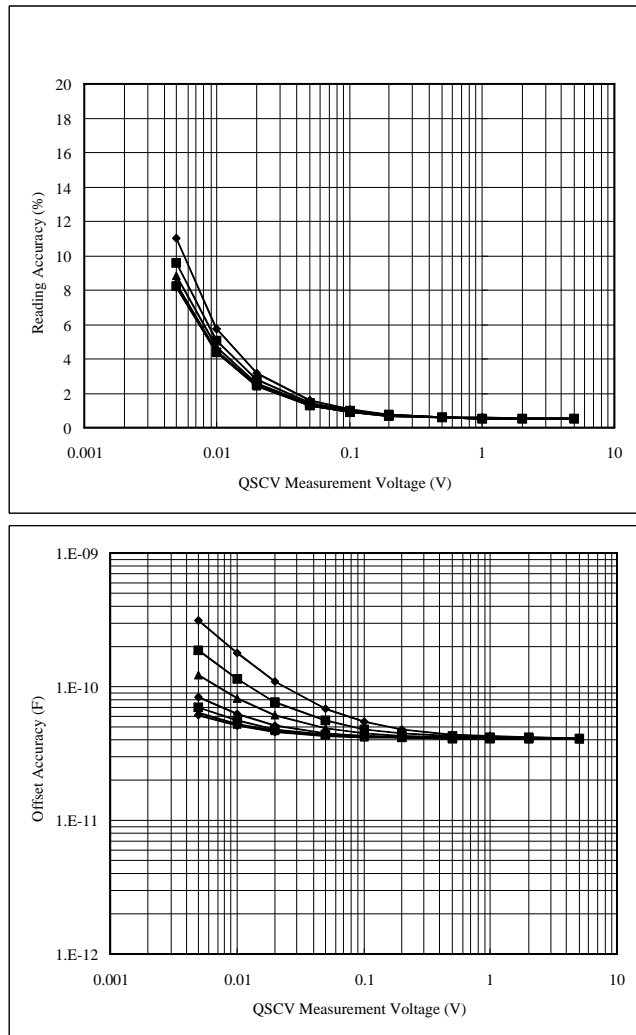
DUT の等価並列抵抗：10 T ohm

測定系のガード容量：200 pF

Quasi-static C-V 測定 容量測定確度

Figure 4-26

測定確度の計算例：MPSMU、HPSMU



計算条件：

測定レンジ：10 nA

出力レンジ：20 V

積分時間：グラフ内の線の上から順に 2、1、0.5、0.2、0.1、.05、.03 s

DUT の等価並列抵抗：1 G ohm

測定系のガード容量：200 pF

5

ストレス印加

ストレス印加

本章では、ストレスの印加方法について説明しており、以下のセクションから構成されています。

- ・ 機能の説明
- ・ ストレス条件の設定

4155C/4156C セットアップ画面の設定フィールドについては、[セットアップ・スクリーン・リファレンス](#)を参照してください。

ストレス印加機能の具体的な使用例については、*Sample Application Programs Guide Book* の Flash EEPROM Test を参照してください。

機能の説明

Agilent 4155C/4156C は、下図のような dc ストレスまたは ac ストレス（パルス）を出力することができます。ストレスとは、単なるバイアス出力ではなく、出力開始から出力終了までの時間を正確にモニタできるバイアス出力のことと定義します。ストレスの印加開始には **Stress** フロントパネル・キーを使用します。



(a) AC Stress Signal



(b) DC Stress Signal

ストレス印加時間の表示 ストレス印加中は STRESS: STRESS FORCE 画面を表示します。この画面はストレス印加時間を表示し、1 秒毎に表示値を更新します。

ストレス・チャンネル

ストレス出力を行うユニットをストレス・チャンネルと呼びます。

使用可能なユニット 4155C/4156C は dc 電圧ストレス、dc 電流ストレス、あるいは ac 電圧ストレスの印加が可能です。ac 電流ストレスは印加できません。ac 電圧ストレスの印加には、Agilent 41501A/B エクスパンダに装着された PGU を使用します。ストレス出力チャンネルに使用できるユニットとその出力モードを以下に示します。

ユニット	dc電圧ストレス	dc電流ストレス	ac 電圧ストレス (パルス出力)
SMU	設定可	設定可	
VSU	設定可		
PGU	設定可		設定可

SMU は COMMON モードでも使用できます。

ストレス・ チャンネルの設定

STRESS: CHANNEL DEFINITION 画面を使用して、ストレス印加に使用するユニットの設定を行います。この設定は、CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面とは独立して行えます。例えば、CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面で測定チャンネルとして設定されている SMU を、STRESS: CHANNEL DEFINITION 画面でストレス・チャンネルとして設定することができます。

ストレス・チャンネルとして定義するには、所望のユニットの FCTN フィールドに SYNC を設定します。FCTN フィールドに NSYNC を設定した場合、そのユニットのバイアス出力時間はモニタされません。ストレス・チャンネルと区別するために、そのユニットをノン・ストレス・チャンネル、非同期バイアス・チャンネル、あるいは単にバイアス・チャンネルと呼びます。

ストレス印加機能を使用するには、ストレス・チャンネルが 1 台は必要です。最高 4 台のユニットをストレス・チャンネルに設定できます。ストレス・チャンネルとして使用できるユニットは SMU、VSU、および PGU です。

CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面の STBY フィールドが ON に設定されているユニットをストレス・チャンネルとして定義することはできません。

PGU1 と PGU2 を共にパルス・ソースとして使用する場合、両方の PGU がストレス・チャンネル、またはバイアス・チャンネルとなるように設定してください。

チャンネルの 切り替え

Agilent 16440A セレクタを使用することによって、ストレス印加に使用する PGU と測定に使用する SMU の自動切り替えが可能です。設定は、STRESS: CHANNEL DEFINITION 画面で行います。

例えば、**Stress** フロントパネル・キーを押した時には自動的に PGU を接続してストレス印加を行い、**Single** フロントパネル・キーを押した時には自動的に SMU を接続して測定を行います。

16440A の詳細については、第 8 章を参照してください。

外部ストレス・ チャンネル

トリガ機能を使用することで、外部のパルス・ジェネレータ、電圧源、電流源をストレス源として使用することが可能です。これにより 5 チャンネル以上のストレス出力が可能になります。

- EXT TRIG In/Out

4155C/4156C には、EXT TRIG In/Out 端子があります。この端子は、4155C/4156C の出力と外部測定器の出力を同期させるために使用します。

- Ext. Pulse Generator Trig Out

PGU を搭載している 41501A/B には、Ext. Pulse Generator Trig Out 端子があります。この端子は、2 チャンネル以上の ac ストレスが必要な場合に使用します。

外部のパルス・ジェネレータと接続することによって、その出力を PGU の出力と同期させることができます。

トリガ機能の詳細については第 8 章を参照してください。

ストレス・モード

ストレス印加では、以下の2つのモードがあります。

PULSE COUNT 出力するパルスの数 (1 から 65535) を設定します。総ストレス出力時間はパルス・カウント (COUNT) とパルス周期 (PERIOD) から決まります。

PULSE COUNT モードは、PGU を ac ストレス・チャンネルに設定した場合に有効です。ac ストレス・チャンネルに設定するには、STRESS: CHANNEL DEFINITION 画面で MODE=VPULSE、FCTN=SYNC に設定します。

DURATION 総ストレス出力時間を秒単位で設定します。
設定範囲： 500 μ s ~ 1 年 (3.1536×10^7 s)

設定分解能：

- ・ 設定時間が 10 s 以下の場合： 100 μ s
- ・ 設定時間が 10 s を越える場合： 10 ms

ストレス出力順序

ここではストレス出力開始時、および停止時のユニット出力の順番について説明しています。

- ・ アイドル状態からストレス状態へ移行する時の出力順序
- ・ ストレス状態になった時の出力順序
- ・ ストレス状態からアイドル状態へ移行する時の出力順序

アイドル状態から ストレス状態へ

4155C/4156C のオペレーション・ステートがアイドル状態からストレス状態へ移る時、各ユニットは以下の値を出力します。

ac ストレス・チャンネル: 設定ベース値

dc ストレス・チャンネル: 0 V または 0 A

非同期バイアス・チャンネル: 設定出力値または設定パルス出力

各ユニットは MEASURE: OUTPUT SEQUENCE 画面に設定された順序で出力します。出力順序の詳細については、第 7 章を参照してください。

ストレス状態

4155C/4156C のオペレーション・ステートがストレス状態にある時、各ユニットは、以下のように出力を開始、または停止します。

- ・ 出力開始時

ストレス印加開始のトリガを受けたタイミングで一斉に出力を開始します。トリガのタイミングは、すべてのユニットがアイドル状態からストレス状態に移って、ホールド時間が経過した時点です。

- ・ 出力停止時

すべてのユニットが一斉に出力を停止します。ただし、ac ストレスと dc ストレスの両方を出力していた場合、ac ストレス出力は dc ストレス出力よりも数マイクロ秒早く出力を停止します。

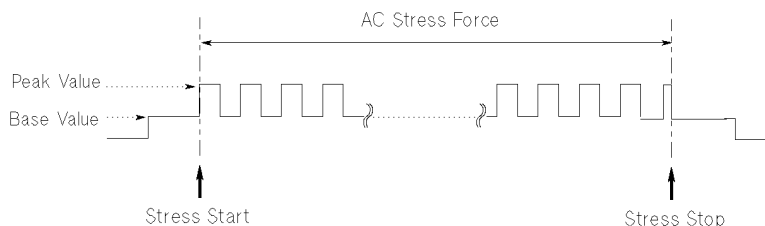
ac ストレス出力にディレイ時間を設定していた場合には、最終パルス 1 周期分の出力が完了した時点で出力を停止します。Figure 5-1 を参照してください。

ストレス印加 機能の説明

NOTE

DURATION モードにおける出力停止時のパルス波形

DURATION モードの場合、または **Stop** フロントパネル・キーが押された場合、パルス・ピーク値の出力中に出力を停止することがあります。



ストレス状態から アイドル状態へ

4155C/4156C のオペレーション・ステートがストレス状態からアイドル状態へ移る時、各ユニットの出力は、アイドル状態からストレス状態に移行した時と逆の順序で 0 V に戻ります。

PGU の ディレイ時間

PGU の出力モードを VPULSE に設定する場合、ディレイ時間はそれぞれ以下のように機能します。

- ・ ストレス・チャンネル (FCTN=SYNC) の場合：
出力開始トリガを受けてからストレス出力開始するまでの時間。
- ・ バイアス・チャンネル (FCTN=NSYNC) の場合：
ストレス状態に移行した時点からストレス出力開始するまでの時間。

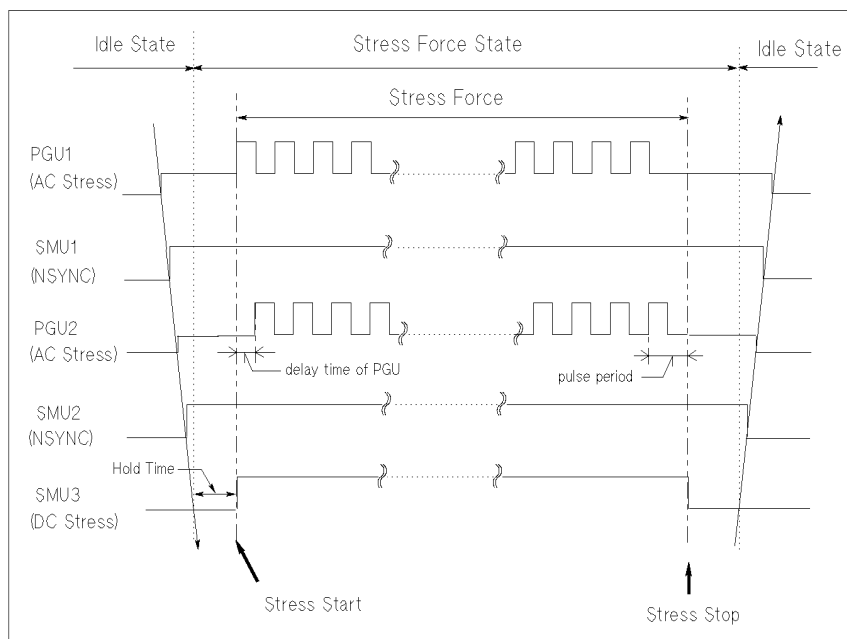
動作例

ストレス出力順序の例を Figure 5-1 に示します。この例は、MEASURE: OUTPUT SEQUENCE 画面の OUTPUT SEQUENCE の設定を以下のように仮定しています。

1. PGU1
2. SMU1
3. PGU2
4. SMU2
5. SMU3

Figure 5-1

ストレス出力順序の例



UGD04003

- アイドル状態からストレス状態への移行時の出力順序：
 1. PGU1
 2. SMU1
 3. PGU2
 4. SMU2
 5. SMU3
- ストレス状態での出力順序／出力停止順序：

ストレス・チャンネル (PGU1、PGU2、および SMU3) は、一斉に出力を開始し、一斉に出力を停止します。
- ストレス状態からアイドル状態への移行時の出力停止順序：
 1. SMU3
 2. SMU2
 3. PGU2
 4. SMU1
 5. PGU1

ストレス停止機能

4155C/4156C に異常が発生した際に、自動的にストレス出力を停止させることができます。ストレス停止機能が働いた場合、メッセージ表示フィールドにメッセージを表示します。

ストレス停止機能は、出力開始後 10 秒経過してから有効になります。従って、出力開始後 5 秒で異常が発生した場合、さらに 5 秒経過してから出力を停止します。

設定方法

STRESS: STRESS SETUP 画面の STRESS Status フィールドを使用します。停止条件を以下の 3 種類から選択できます。

- STRESS Status = CONT AT ANY
異常状態が発生しても出力を続けます。
- STRESS Status = STOP AT ANY ABNORM
異常状態が発生した場合、出力を停止します。
- STRESS Status = STOP AT COMPLIANCE
SMU がコンプライアンスに達したときに出力を停止します。

STOP AT ANY ABNORM と STOP AT COMPLIANCE は以下の場合に有効です。

- DURATION モード: DURATION の設定が 10 秒以上の場合。
- PULSE COUNT モード: COUNT × PERIOD が 10 秒以上の場合。

異常状態

異常状態とは以下の場合を指します。

- SMU の出力が設定コンプライアンスに達した場合。
- VSU の電流が 100 mA を越えた場合。
- SMU または VSU が発振を起こした場合。
- A/D コンバータでオーバーフローが発生した場合。
- PGU の平均電流が 100 mA を越えた場合。

ストレス条件の設定

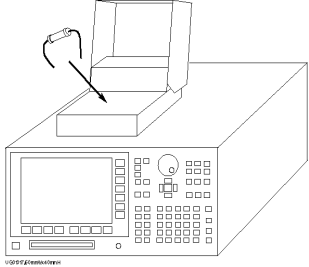
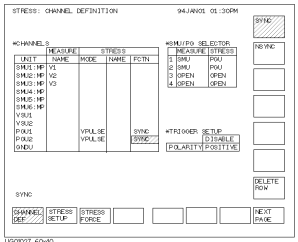
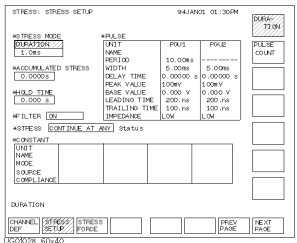
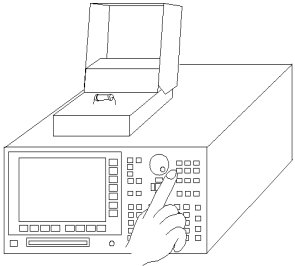
このセクションではストレス印加条件の設定方法について説明します。

Agilent 4155C/4156C は、以下のストレス印加が可能です。

- *dc* ストレス
 - SMU、VSU および PGU で dc 電圧を印加します。
 - SMU で dc 電流を印加します。
- *ac* (パルス) ストレス
 - PGU で ac 電圧 (パルス電圧) を印加します。
 - ac 電流を印加することはできません。

ストレス印加 ストレス条件の設定

ストレス印加の基本操作を以下に示します。

<p>1</p> 	<p>DUTを接続します。第10章を参照してください。</p>
<p>2</p> 	<p>ストレス印加ユニットの設定を行います。測定ユニットを設定する (P. 5-13) を参照してください。セクタを使用する場合、第8章も参照してください。</p>
<p>3</p> 	<p>ストレス出力パラメータの設定を行います。以下を参照してください。</p> <ul style="list-style-type: none"> • ストレス・モードを設定する (P. 5-15) • ac ストレス/バイアス源を設定する (P. 5-18) • dc ストレス/バイアス源を設定する (P. 5-20)
<p>4</p> 	<p>ストレス印加を実行します。ストレス/バイアスを印加する (P. 5-22) を参照してください。</p>

測定ユニットを設定する

ストレス印加に使用する測定ユニットの設定を行うには、灰色の **Stress** フロントパネル・キーを押します。黄色の **Stress** フロントパネル・キーはストレス印加を開始するために使用します。設定が完了するまで押さないでください。STRESS: CHANNEL DEFINITION 画面で以下の操作を行います。

	フィールド	操作
1	STRESS: MODE	<p>二次ソフトキーを用いてユニットの出力モードを設定します。</p> <p>V dc 電圧出力。SMU、VSU、PGU に有効。</p> <p>I dc 電流出力。SMU に有効。</p> <p>VPULSE ac 電圧出力。PGU に有効。</p> <p>COMMON コモン。SMU と GNDU に有効。</p>
2	STRESS: NAME	<p>ストレス・チャンネルの変数名を入力します。例えば Vce (コレクタ・エミッタ間電圧) と入力します。省略可能。</p>
3	STRESS: FCTN	<p>二次ソフトキーを用いてユニットのファンクションを設定します。</p> <p>SYNC ユニットをストレス・チャンネルに設定します。ストレス・モードの設定通りにストレス印加時間がきちんと制御されます。必ず1ユニットには設定してください。4ユニットまで同時に設定できます。</p> <p>NSYNC ユニットを非同期バイアス・チャンネルに設定します。ストレス開始から停止までバイアス印加を行います。印加時間の制御は行われません。</p> <p>ストレス印加の詳細、出力順序については、ストレス出力順序 (P. 5-7) を参照してください。</p>

PGU を使用する場合 PGU1 および PGU2 を ac 電圧出力 (MODE=VPULSE) に設定する場合には、互いに同じファンクション (FCTN) を選択する必要があります。

ストレス印加 ストレス条件の設定

DELETE ROW

DELETE ROW ソフトキーを選択すると、指定されたユニットを無効にすることができます。ユニットの設定は全て消去されます。

設定例

ストレス・ユニットの設定例を以下に示します。PGU1、PGU2 を ac ストレス源に設定しています。

STRESS: CHANNEL DEFINITION 94JAN01 01:30PM

*CHANNELS					*SMU/PG SELECTOR	
UNIT	MEASURE	STRESS			MEASURE	STRESS
	NAME	MODE	NAME	FCFN		
SMU1:MP	V1				1 SMU	PGU
SMU2:MP	V2				2 SMU	PGU
SMU3:MP	V3				3 OPEN	OPEN
SMU4:MP					4 OPEN	OPEN
SMU5:MP						
SMU6:MP						
VSU1						
VSU2						
PGU1		VPULSE		SYNC		
PGU2		VPULSE		SYNC		
GNDU						

*TRIGGER SETUP
POLARITY POSITIVE

SYNC

CHANNEL DEF STRESS SETUP STRESS FORCE

DELETE ROW

NEXT PAGE

UGT0101,100x70

ストレス・モードを設定する

ストレス・モードの設定を行うには、灰色の **Stress** フロントパネル・キー、**STRESS SETUP** ソフトキーを押します。STRESS: STRESS SETUP 画面で以下の操作を行います。

	フィールド	操作
1	STRESS MODE	<p>ac ストレス源 (MODE=VPULSE、FCTN=SYNC) がある場合、二次ソフトキーを用いてストレス・モードを選択します。なければ DURATION に設定されます。</p> <p>DURATION ストレス印加時間を時間で指定するストレス・モード。</p> <p>PULSE COUNT ストレス印加時間をパルス数で指定するストレス・モード。</p> <p>すぐ下のフィールドには、時間、またはパルス数を入力します。以下のソフトキーも有効です。</p> <p>FREE RUN 連続してストレス印加を行います。停止するには Stop キーを押します。</p>
2	ACCUMULATED STRESS	<p>累積ストレス印加時間を表示します。この値を基点としてストレス印加時間が加算されます。</p> <p>RESET ACCUM STRESS ソフトキーは、表示値をリセットします。累積ストレス時間を故意に変更するには、直接、数値を入力します。</p>
3	HOLD TIME	<p>ホールド時間を入力します。ホールド時間とは、ストレス開始から実際にストレス印加を始めるまでの時間のことをいいます。</p> <p>ストレス・チャンネルはこの時間待った後、同時に印加を開始します。非同期バイアス・チャンネルはストレス開始と同時に出力を始めます。</p>
4	FILTER	<p>SMU フィルタを設定します。以下の二次ソフトキーで選択します。</p> <p>ON オン。出力のオーバーシュートを抑えます。</p> <p>OFF オフ。出力のセトリング時間を短くします。ストレス時間が短い場合に有効です。</p>

ストレス印加
ストレス条件の設定

	フィールド	操作
5	STRESS Status	<p>二次ソフトキーを用いて出力停止条件を設定します。</p> <p>CONT AT ANY 異常を検出してもストレス印加を継続します。</p> <p>STOP AT ANY ABNORM 異常を検出するとストレス印加を停止します。</p> <p>STOP AT COMPLIANCE SMU がコンプライアンスに達するとストレス印加を停止します。</p> <p>パルス周期とパルス数の積、あるいは、ストレス印加時間が 10 秒以下の場合には、出力停止機能は無効です。</p>

出力停止条件

出力停止条件が示す異常とは以下の状態をいいます。

- SMU がコンプライアンスに達した場合。
- VSU の電流が ± 100 mA を越えた場合。
- SMU または VSU が発振した場合。
- A/D コンバータがオーバー・フローした場合。
- PGU の平均電流が ± 100 mA を越えた場合。

設定例

ストレス・モードの設定例を以下に示します。

STRESS: STRESS SETUP 94JAN01 01:30PM

<p>*STRESS MODE</p> <p>DURATION 1.0ms</p> <p>*ACCUMULATED STRESS</p> <p>0.0000s</p> <p>*HOLD TIME</p> <p>0.000 s</p> <p>*FILTER <input type="checkbox"/> ON</p> <p>*STRESS <input type="checkbox"/> CONTINUE AT ANY Status</p> <p>*CONSTANT</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>UNIT</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>NAME</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>MODE</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>SOURCE</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>COMPLIANCE</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	UNIT					NAME					MODE					SOURCE					COMPLIANCE					<p>*PULSE</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>UNIT</td> <td>PGU1</td> <td>PGU2</td> </tr> <tr> <td>NAME</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PERIOD</td> <td>10.00ms</td> <td>-----</td> </tr> <tr> <td>WIDTH</td> <td>5.00ms</td> <td>5.00ms</td> </tr> <tr> <td>DELAY TIME</td> <td>0.00000 s</td> <td>0.00000 s</td> </tr> <tr> <td>PEAK VALUE</td> <td>100mV</td> <td>100mV</td> </tr> <tr> <td>BASE VALUE</td> <td>0.000 V</td> <td>0.000 V</td> </tr> <tr> <td>LEADING TIME</td> <td>200.nS</td> <td>200.nS</td> </tr> <tr> <td>TRAILING TIME</td> <td>100.nS</td> <td>100.nS</td> </tr> <tr> <td>IMPEDANCE</td> <td>LOW</td> <td>LOW</td> </tr> </table>	UNIT	PGU1	PGU2	NAME			PERIOD	10.00ms	-----	WIDTH	5.00ms	5.00ms	DELAY TIME	0.00000 s	0.00000 s	PEAK VALUE	100mV	100mV	BASE VALUE	0.000 V	0.000 V	LEADING TIME	200.nS	200.nS	TRAILING TIME	100.nS	100.nS	IMPEDANCE	LOW	LOW	<p>DURATION</p> <p>PULSE COUNT</p> <p><input type="text"/></p> <p><input type="text"/></p> <p><input type="text"/></p> <p><input type="text"/></p> <p><input type="text"/></p> <p><input type="text"/></p>
UNIT																																																									
NAME																																																									
MODE																																																									
SOURCE																																																									
COMPLIANCE																																																									
UNIT	PGU1	PGU2																																																							
NAME																																																									
PERIOD	10.00ms	-----																																																							
WIDTH	5.00ms	5.00ms																																																							
DELAY TIME	0.00000 s	0.00000 s																																																							
PEAK VALUE	100mV	100mV																																																							
BASE VALUE	0.000 V	0.000 V																																																							
LEADING TIME	200.nS	200.nS																																																							
TRAILING TIME	100.nS	100.nS																																																							
IMPEDANCE	LOW	LOW																																																							

DURATION

CHANNEL DEF STRESS SETUP STRESS FORCE PREV PAGE NEXT PAGE

UG01012, 100x70

ac ストレス／バイアス源を設定する

MODE=VPULSE、FCTN=SYNC に設定した PGU を ac ストレス源として使用することができます。また、FCTN = NSYNC に設定すると、PGU は非同期バイアス源となります。

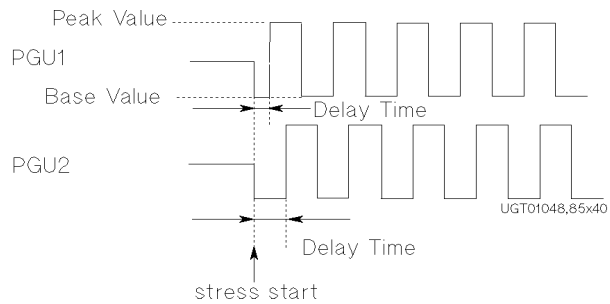
設定を行うには、灰色の **Stress** フロントパネル・キー、STRESS SETUP ソフトキーを押します。画面右上の PULSE テーブルで以下の操作を行います。

	フィールド	操作
1	PERIOD	パルス周期を入力します。この値は PGU1 と PGU2 に共通です。
2	WIDTH	パルス幅を入力します。
3	DELAY TIME	ディレイ時間を入力します。ストレス開始から、一番目のパルスの立上がりまでの時間。
4	PEAK VALUE	パルスのピーク値を入力します。
5	BASE VALUE	パルスのベース値を入力します。
6	LEADING TIME	パルスの立上がり時間を入力します。
7	TRAILING TIME	パルスの立下がり時間を入力します。
8	IMPEDANCE	ソフトキーを使用して PGU の出力インピーダンスを設定します。 LOW 約 0 Ω に設定します。 50 ohm 50 Ω に設定します。

この画面では、UNIT および NAME を変更することはできません。変更は STRESS: CHANNEL DEFINITION 画面で行います。

ディレイ時間

ディレイ時間の定義を以下に示します。



設定例

ac 出力 (パルス出力) の設定例を以下に示します。

STRESS: STRESS SETUP 94 JAN01 01:30PM

*STRESS MODE		*PULSE	
DURATION	1.0ms	UNIT	PGU1 PGU2
*ACCUMULATED STRESS		NAME	
0.0000s		PERIOD	10.00ms -----
*HOLD TIME		WIDTH	5.00ms 5.00ms
0.000 s		DELAY TIME	0.00000 s 0.00000 s
*FILTER ON		PEAK VALUE	100mV 100mV
*STRESS CONTINUE AT ANY Status		BASE VALUE	0.000 V 0.000 V
*CONSTANT		LEADING TIME	100.nS 100.nS
UNIT	SMU1: MP	TRAILING TIME	100.nS 100.nS
NAME	VSU	IMPEDANCE	LOW LOW
MODE	V		
SOURCE	5.00 V		
COMPLIANCE	1.0000mA		

0.00000100

CHANNEL DEF STRESS SETUP STRESS FORCE

PREV PAGE NEXT PAGE

UGT01048,85x40

dc ストレス／バイアス源を設定する

FCTN=SYNC に設定した SMU、VSU、および、MODE=V、FCTN=SYNC に設定した PGU を dc ストレス源として使用することができます。また、FCTN = NSYNC に設定すると、そのユニットは非同期バイアス源となります。

設定を行うには、灰色の **Stress** フロントパネル・キー、STRESS SETUP ソフトキーを押します。画面下部の CONSTANT テーブルで以下の操作を行います。

	フィールド	操作
1	CONSTANT : SOURCE	出力値を入力します。
2	CONSTANT : COMPLIANCE	SMU のコンプライアンス値を入力します。

この画面では、UNIT、NAME および MODE を変更することはできません。変更は STRESS: CHANNEL DEFINITION 画面で行います。

設定例

SMU1 のストレス出力値を 5.00 V、コンプライアンスを 1.00 mA に設定した例を以下に示します。

STRESS: STRESS SETUP 94 JAN01 01:30PM

*STRESS MODE		*PULSE	
DURATION	1.0ms	UNIT	
*ACCUMULATED STRESS		NAME	
0.0000s		PERIOD	10.00ms
*HOLD TIME		WIDTH	5.00ms
0.000 s		DELAY TIME	0.00000 s
*FILTER		PEAK VALUE	100mV
ON		BASE VALUE	0.000 V
*STRESS		LEADING TIME	100.nS
CONTINUE AT ANY	Status	TRAILING TIME	100.nS
*CONSTANT		IMPEDANCE	LOW
UNIT	SMU1: MP	PGU1	PGU2
NAME	VSU		
MODE	V		
SOURCE	5.00 V		
COMPLIANCE	1.0000mA		

0.0010000

CHANNEL DEF STRESS SETUP STRESS FORCE PREV PAGE NEXT PAGE

UG0013,100/70

ストレス／バイアスを印加する

ストレス、あるいは非同期バイアスの印加を開始するには、フロントパネル右上の黄色い **Stress** キーを押します。これによって、STRESS: STRESS FORCE 画面が表示され、ストレス印加状態をモニタすることができます。以下に、画面上の表示フィールドについて説明します。

フィールド	説明
STRESS (DURATION)	ストレス印加時間の設定値を表示します。PULSE COUNT モードでは、パルス周期とパルス数の積を表示します。
STATUS	ストレス印加開始から現在までに行われた実際の印加時間を表示します。さらに、設定値に対する印加時間の割合をパーセント表示します。100% でストレス印加を停止します。
ACCUMULATED STRESS	累積ストレス印加時間を表示します。この値は STRESS: STRESS SETUP 画面の ACCUMULATED STRESS フィールドの値と連動しています。

STRESS: STRESS FORCE 画面では以下のソフトキーが有効です。

ソフトキー	説明
CHANGE COMMENT	コメントを変更するのに使用します。
CHANGE DURATION	ストレス印加時間の変更に使用します。DURATION モードに設定された場合に有効です。
CHANGE PLS CNT	パルス数の変更に使用します。PULSE COUNT モードに設定された場合に有効です。
RESET STATUS	STATUS フィールドをリセットします。
RESET ACCUM STRESS	ACCUMULATED STRESS フィールドをリセットします。累積ストレス印加時間を故意に変更するには STRESS: STRESS SETUP 画面の ACCUMULATED STRESS フィールドを使用します。

表示例

STRESS: STRESS FORCE 画面の表示例を以下に示します。

STRESS: STRESS FORCE 94JAN01 01:30PM

*STRESS (DURATION)

*STATUS

*ACCUMULATED STRESS

CHANGE COMMENT

CHANGE DURATON

RESET STATUS

RESET ACCUM STRESS

CHANNEL DEF

STRESS SETUP

STRESS FORCE

PREV PAGE

UG016100v0

ストレス印加
ストレス条件の設定

6

測定結果の解析

測定結果の解析

測定結果の解析ツールとして、Agilent 4155C/4156C は、ライン、マーカおよびカーソルを用意しています。画面を見ながらフロントパネル・キーやロータリ・ノブを用いて解析を行うことも、解析を自動制御することも可能です。

本章は以下のセクションで構成されています。

- ・ 解析機能
- ・ マニュアル解析
- ・ 自動解析機能

解析機能

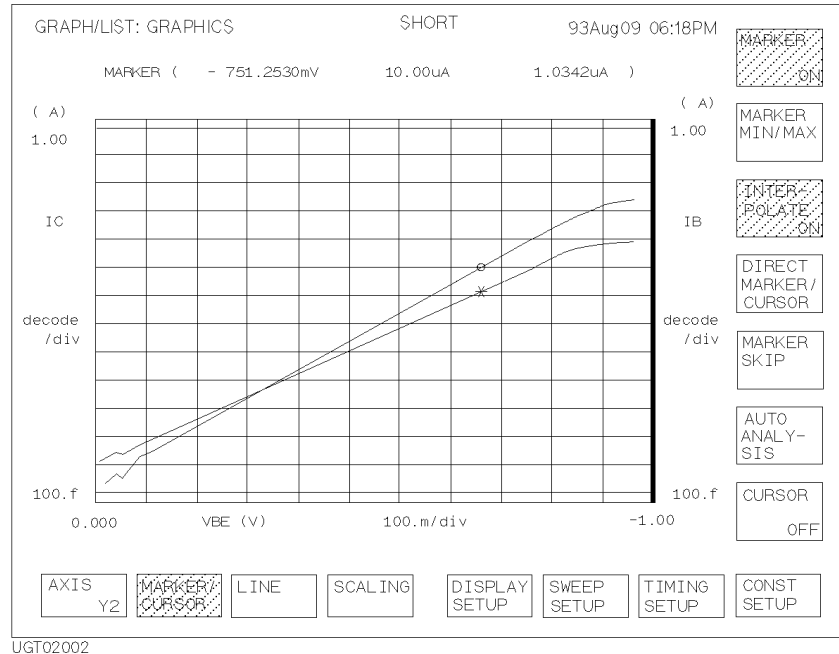
4155C/4156C には測定結果を解析するための以下の機能があります。

- ・ マーカ (GRAPHICS 画面)
- ・ マーカ (LIST 画面)
- ・ カーソル
- ・ ラインの表示
- ・ スケール機能
- ・ 重ね表示機能
- ・ 自動解析機能

マーカ (GRAPHICS 画面)

Figure 6-1

GRAPH/LIST: GRAPHICS 画面のマーカ



GRAPH/LIST: GRAPHICS 画面において、MARKER/CURSOR 一次ソフトキーを選択し、MARKER 二次ソフトキーを ON に設定すると、測定カーブ上にマーカが現れます。マーカの移動にはフロントパネルのノブを使用します。マーカは測定カーブ上の測定点間の移動を行います。

Y1 軸データ上には o マーカ、Y2 軸データ上には * マーカが有効です。Y2 軸データを表示している場合、解析操作を行うデータの選択を行うために、AXIS Y2 または AXIS Y1 一次ソフトキーが現れます。

AXIS Y2 一次ソフトキーを選択すると、Y2 軸データの解析が行えます。

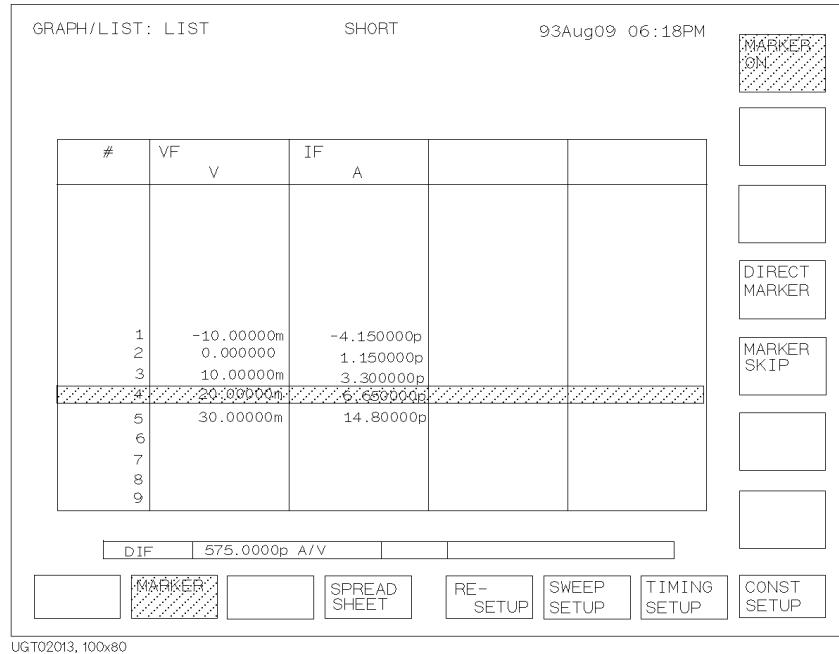
AXIS Y1 一次ソフトキーを選択すると、Y1 軸データの解析が行えます。

マーカには以下の機能があります。

- 測定データの表示
マーカが示す測定点の X、Y1、Y2 データをグラフ上部に表示します。
- 接点の特定
接線モードでラインを描く場合、マーカは接点の指定を行います。ラインの詳細については、ラインの表示 (P. 6-9) を参照してください。
- データ変数の表示
マーカを動かすことでデータ・インデックスを増減し、対応するデータ変数の値をグラフ上部に表示します。
- 直接演算に用いる測定値の特定
データ変数を含む演算式をデータ入力エリアに直接入力する場合、マーカは演算に用いる測定値を示します。
- 自動マーカ表示
マーカ自動表示の設定を行えば、マーカは自動解析実行後、設定点に現れます。
- 補間データの表示
マーカを動かすことで隣り合う 2 つの測定データ間にあたかも測定データがあるように補間データを表示することができます。
- 最大値 / 最小値への移動
MARKER MIN/MAX 二次ソフトキーを選択すると、マーカは最大値または最小値に移動します。
- ダイレクト・マーカ
DIRECT MARKER/CURSOR 二次ソフトキーを選択してダイレクト・マーカ・モードに入ると、マーカは指定した座標値に最も近い測定点に移動することができます。
- スキップ移動
MARKER SKIP 二次ソフトキーを選択すると、バイアス同期掃引測定や繰り返し掃引測定で得られた複数の一次掃引測定カーブ間を移動することができます。

マーカ (LIST 画面)

Figure 6-2 GRAPH/LIST: LIST 画面のマーカ



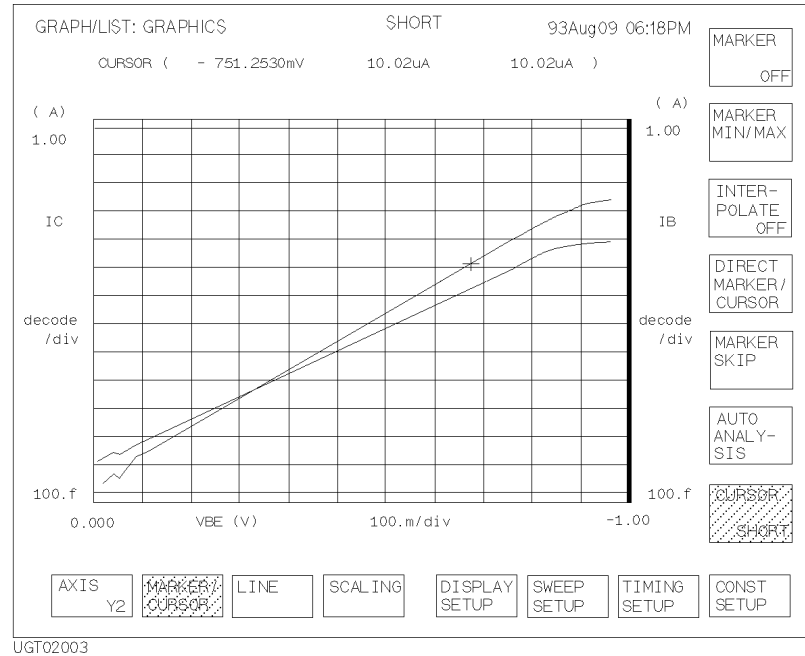
GRAPH/LIST: LIST 画面において、MARKER 一次ソフトキーを選択し、MARKER 二次ソフトキーを ON に設定すると、リスト上にマーカが現れます。マーカはデータ行をハイライト表示します。マーカを移動するには、ノブ、MARKER/CURSOR エリアの矢印キー（上・下）を使用します。

マーカには以下の機能があります。

- データ変数の表示
マーカを動かすことでデータ・インデックスを増減し、対応するデータ変数の値をリスト下部に表示します。
- 直接演算に用いる測定値の特定
データ変数を含む演算式をデータ入力エリアに直接入力する場合、マーカは演算に用いる測定値を示します。
- 自動マーカ表示
マーカ自動表示の設定を行えば、マーカは自動解析実行後、設定行に現れます。
- ダイレクト・マーカ
DIRECT MARKER/CURSOR 二次ソフトキーを選択してダイレクト・マーカ・モードに入ると、マーカは指定した座標値に最も近い行に移動することができます。
- 最大値 / 最小値への移動
ダイレクト・マーカ・モードで MARKER MIN/MAX 二次ソフトキーを選択すると、マーカは最大値または最小値に移動します。
- スキップ移動
MARKER SKIP 二次ソフトキーを選択すると、バイアス同期掃引測定や繰り返し掃引測定で得られた複数の一次掃引測定データ間を移動することができます。

カーソル

Figure 6-3 GRAPH/LIST: GRAPHICS 画面のカーソル



ラインが通る点の指定や、グラフのスケールに使用します。各機能の詳細はラインの表示 (P. 6-9) およびスケール機能 (P. 6-11) を参照してください。

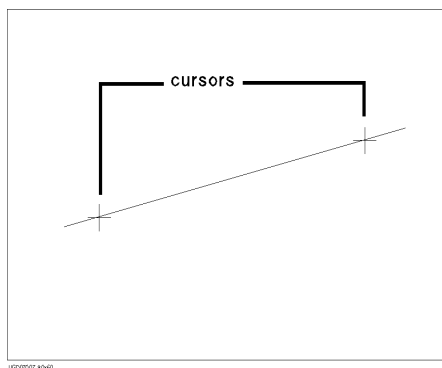
カーソルには小さい十字ショート・カーソルとグラフ軸と同じ長さの十字ロング・カーソルがあります。

カーソルの移動には Marker/Cursor キー・グループの矢印キーを使用します。プロット・エリア内を自由に移動することができます。

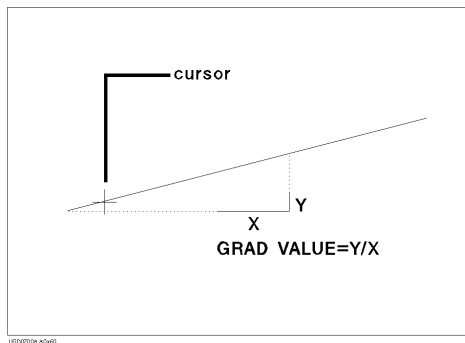
ラインの表示

グラフ画面のプロット・エリアに2本までのラインを描くことができます。ラインには、以下の4つのライン・モードがあり、それぞれ描写方法が異なります。

ノーマル・モード カーソルが示す2点を通るラインを描きます。



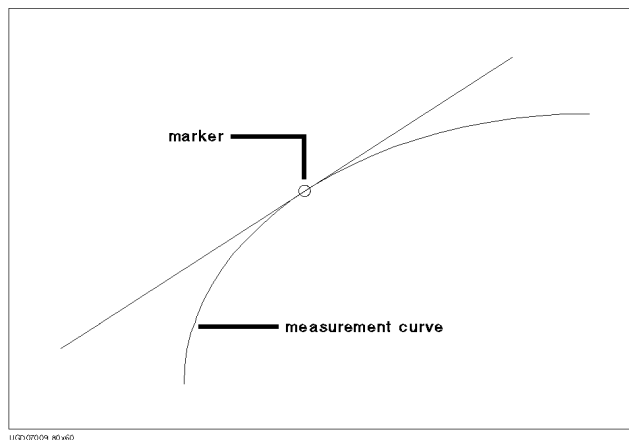
グラディエント・モード カーソルが示す1点を通るラインを描きます。傾きの設定も自由に行えます。



測定結果の解析 解析機能

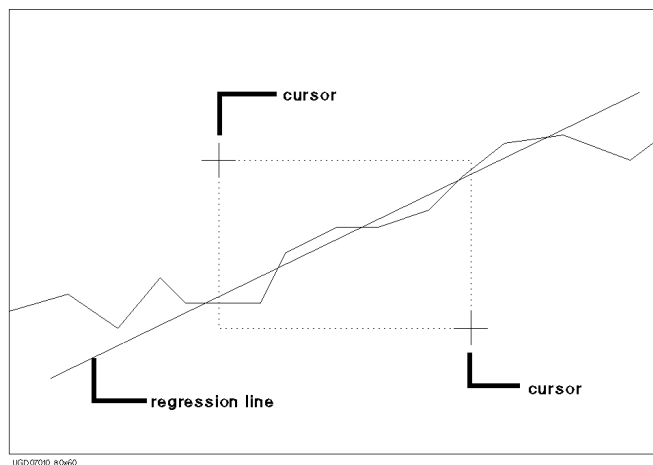
接線モード

測定カーブの接線を描きます。接点の設定はマーカで行います。



回帰直線モード

カーソルが示す範囲に存在する測定データを用いて回帰直線を描きます。



スケール機能

グラフのスケールを変更します。以下のようなスケール機能があります。

- ・ オート・スケール
測定データに適したスケールに変更します。AUTO SCALING ソフトキーを使用します。
- ・ 拡大
カーソルの位置を中心にして、グラフを2倍に拡大します（スケールを2分の1にします）。ZOOM IN ソフトキーを使用します。
- ・ 縮小
カーソルの位置を中心にして、グラフを2分の1に縮小します（スケールを2倍にします）。ZOOM OUT ソフトキーを使用します。
- ・ 中心移動
カーソルの位置がグラフの中心に来るようにグラフ表示範囲を変更します。CENTER AT CURSOR ソフトキーを使用します。

重ね表示機能

内部メモリに保存されている測定データをグラフ上に重ねて表示します。測定結果の比較に有効です。

重ね表示情報

重ね表示されるデータは、測定データ保存時のグラフ・スケールにおける測定カーブと解析ツールです。重ね表示データの以下の情報を追加表示することも可能です。SHOW OVERLAY INFO ソフトキーを使用します。

- ・ X-Y 軸の設定
- ・ カーソルおよびマーカの位置 (X, Y1, Y2)
- ・ ラインの X 切片、Y1 切片と傾き、Y2 切片と傾き
- ・ データ変数値

スケールの変更

X-Y スケールを重ね表示データのスケールに変更することができます。SCALE TO OVERLAY ソフトキーを使用します。

自動解析機能

解析ツール（マーカ 1 つとライン 2 本まで）をグラフ上に自動表示するためにこの機能を使います。設定は DISPLAY: ANALYSIS SETUP 画面で行います。設定完了後、自動解析機能が働くには以下の条件（いずれか）を満たす必要があります。

- ・ 測定終了
- ・ AUTO ANALYSIS 二次ソフトキーを選択すること

マニュアル解析

測定結果の解析を行うために、マーカ、カーソル、ラインを使用します。これらの操作は、フロントパネル・キー、ノブ、およびソフトキーで行います。ここでは解析ツールの操作方法を説明します。

以下のセクションで構成されています。

- マーカ、カーソル
 - ・ マーカを使用する
 - ・ カーソルを使用する

- 表示範囲
 - ・ グラフ・スケールを最適化する
 - ・ グラフのズームを行う
 - ・ カーソル位置をグラフの中心に設定する

- ライン
 - ・ 2点を指定してラインを描く
 - ・ 点と傾きを指定してラインを描く
 - ・ 測定カーブ上に接線を描く
 - ・ 測定カーブ上に回帰直線を描く
 - ・ 表示するラインを選択する

- その他のグラフ機能
 - ・ 目盛線を表示する
 - ・ グラフ・パラメータを変更する
 - ・ 内部メモリのデータを重ね表示する

- リスト画面の機能
 - ・ マーカを使用する
 - ・ リストをスクロールする
 - ・ 変数を追加／変更する

マーカを使用する

マーカを使用するには以下の操作を行います。マーカは測定カーブ上を移動します。測定データを読むのに使用します。

1. MARKER/CURSOR 一次ソフトキー、MARKER 二次ソフトキーを選択します。
MARKER 二次ソフトキーは、マーカ ON、OFF を切り替えます。ON に設定することによって、マーカおよびマーカの座標が表示されます。
Y1 および Y2 軸データを表示している場合、Y1 軸データ上には \circ マーカ、Y2 軸データ上には *マーカが現れます。
マーカの座標値はグラフ上部に現われます。例を参照してください。
例： MARKER (1.300 V 33.721506491m 74.098415671m)
括弧内の値は、左から、X 座標、Y1 座標、Y2 座標を示しています。
2. ノブを回すとマーカが移動し、グラフ上部のマーカ座標値も変更されます。

最大値、最小値に移動する

MARKER MIN/MAX 二次ソフトキーを選択します。

このソフトキーはマーカを最大値または最小値に移動させます。このソフトキーを連続して選択すると、マーカは最大値と最小値を行き来します。

測定カーブ間を移動する

MARKER SKIP 二次ソフトキーを選択します。

VAR2 掃引機能やアペンド機能によって複数の測定カーブがグラフに表示されている場合、このソフトキーを選択することによってマーカは測定カーブ間の移動を行います。

動作を早くする

Fast フロントパネル・キーを押しながらノブを回します。マーカの動作が早くなります。

補間データを表示する

INTERPOLATE 二次ソフトキーを選択します。

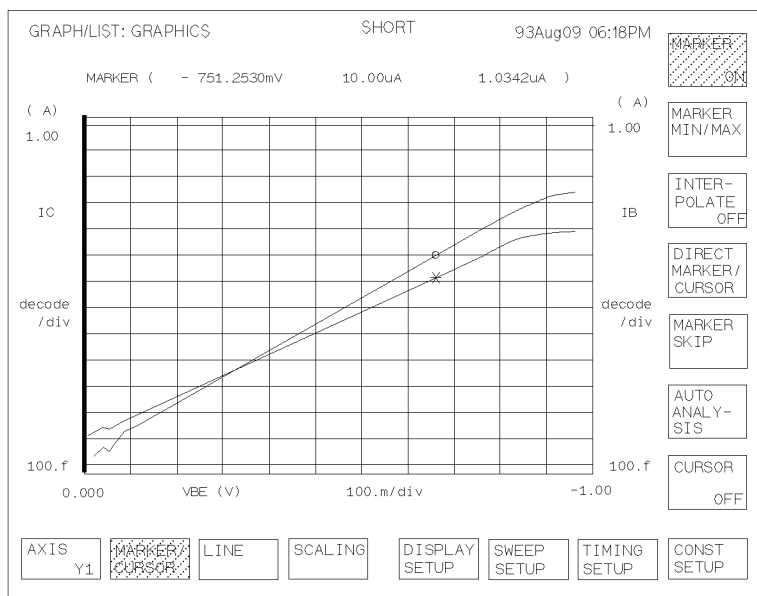
このソフトキーは、補間データ表示の ON、OFF を切り替えます。ON に設定することによって、測定カーブ上、隣り合う 2 つの測定点の間にあたかも測定点があるように補間データを表示することができます。

マーカを消去する

MARKER 二次ソフトキーを OFF に設定すると、マーカは消去されます。

表示例

マーカ表示例を以下に示します。



UGT02001

カーソルを使用する

カーソルを使用するには以下の操作を行います。カーソルはグラフ内の任意の点を示すことができます。

1. MARKER/CURSOR 一次ソフトキー、CURSOR 二次ソフトキーを選択します。

CURSOR 二次ソフトキーは、カーソル SHORT、LONG、OFF を切り替えます。SHORT または LONG に設定することによって、ショート・カーソルまたはロング・カーソル、およびその座標が表示されます。

カーソルの座標値はグラフ上部に現われます。例を参照してください。

例： CURSOR (0.500 V 65.921206597m 87.888452279m)

括弧内の値は、左から、X 座標、Y1 座標、Y2 座標を示しています。

2. MARKER/CURSOR キー・グループの矢印キーを用いてカーソルを移動します。グラフ上部のカーソル座標値も変更されます。

斜めに移動する

隣り合う 2 つの矢印キーを同時に押します。

例えば、右上へ移動させるには、右矢印キーと上矢印キーを押します。

動作を早くする

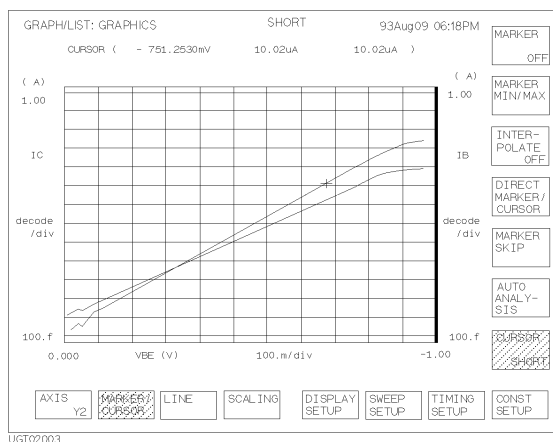
Fast フロントパネル・キーを押しながら矢印キーを押します。カーソルの動作が早くなります。

カーソルを消去する

CURSOR 二次ソフトキーを OFF に設定するとカーソルは消去されます。

表示例

ショート・カーソルの表示例を以下に示します。



グラフ・スケールを最適化する

グラフ・スケールを最適化（オート・スケール）を行うには、以下の操作を行います。

1. AXIS 一次ソフトキーを選択し、オート・スケールを行う軸（Y1 または Y2）を設定します。
2. SCALING 一次ソフトキー、AUTO SCALING 二次ソフトキーを選択します。

グラフ・スケールの最適化を行います。

複数の測定カーブが表示されている場合、すべての測定カーブが表示されるようにスケールの変更を行います。

CANCEL SCALING
ソフトキー

DISPLAY SETUP 画面通りの表示に戻します。

グラフのズームを行う

グラフの拡大、縮小を行うには、以下の操作を行います。

1. MARKER/CURSOR 一次ソフトキー、CURSOR 二次ソフトキーを選択し、ショート・カーソルまたはロング・カーソルを表示します。
2. 拡大または縮小したい領域の中心にカーソルを移動します。移動には MARKER/CURSOR キー・グループの矢印キーを使用します。
3. SCALING 一次ソフトキーを選択します。
4. 二次ソフトキーを選択して、拡大、縮小を行います。

ZOOM IN カーソル位置を中心にして 2 倍に拡大します。これはグラフ・スケールを 1/2 にします。

ZOOM OUT カーソル位置を中心にして 1/2 倍に縮小します。これはグラフ・スケールを 2 倍にします。

カーソルを表示せずに ZOOM IN または ZOOM OUT ソフトキーを押した場合、ロング・カーソルがグラフの中心に自動的に現われ、拡大または縮小を行います。

CANCEL SCALING
ソフトキー

DISPLAY SETUP 画面通りの表示に戻します。

カーソル位置をグラフの中心に設定する

カーソルの位置がグラフの中心となるようにグラフ表示領域を変更するには、以下の操作を行います。

1. MARKER/CURSOR 一次ソフトキー、CURSOR 二次ソフトキーを選択し、ショート・カーソルまたはロング・カーソルを表示します。
2. カーソルを移動します。移動には MARKER/CURSOR キー・グループの矢印キーを使用します。
3. SCALING 一次ソフトキー、CENTER AT CURSOR 二次ソフトキーを選択します。カーソル位置がグラフの中心になるよう表示領域が変わります。

カーソルを表示せずに CENTER AT CURSOR ソフトキーを押した場合、ロング・カーソルがグラフの中心に自動的に現われます。

CANCEL SCALING
ソフトキー

DISPLAY SETUP 画面通りの表示に戻します。

2 点を指定してラインを描く

カーソルが示す 2 点を通るラインを描くには以下の操作を行います。

1. LINE 一次ソフトキー、LINE SELECT 二次ソフトキーを選択します。
LINE SELECT 二次ソフトキーは、ライン 1、2、NONE を切り替えます。
1 または 2 に設定することによって、表示するラインを選択します。
2. GRAD MODE、TANGENT MODE、REGRESS MODE ソフトキーを OFF にします。
これらのソフトキーはラインの描画モードを選択します。どれか 1 つだけを ON に設定することができます。すべてを OFF に設定すると、カーソル 2 点間にラインを描くことができます。
3. LINE 二次ソフトキーを選択します。
このソフトキーは、ライン ON (表示)、OFF (非表示) を切り替えます。
ON に設定することによって、ライン 1 本とカーソル 2 つが現われます。
2 つのカーソルが重なっている場合、1 つだけ表示されているように見えます。
4. ラインが通る 2 点を指定します。カーソルの移動には MARKER/CURSOR キー・グループの矢印キーを使用します。移動させるカーソルの選択には、SELECT CURSOR 二次ソフトキーを使用します。

ライン・パラメータの表示 DISPLAY: DISPLAY SETUP 画面の LINE PARAMETER フィールドを使用します。
ON: ライン・パラメータ (X 切片、Y 切片、傾き) を表示します。
OFF: パラメータの表示を消します。

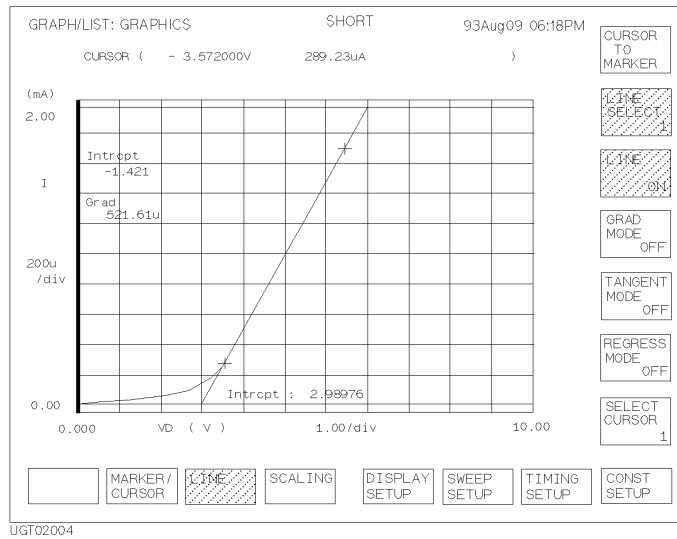
データ変数の表示 DISPLAY SETUP 一次ソフトキー、DATA VAR 二次ソフトキーを選択します。
DATA VAR 二次ソフトキーは、データ変数を表示 (ON)、非表示 (OFF) するのに使用します。

**CURSOR TO MARKER
ソフトキー** アクティブに設定されているカーソルをマーカ上へ移動します。移動させるカーソルの選択には、SELECT CURSOR 二次ソフトキーを使用します。

測定結果の解析
マニュアル解析

表示例

カーソル 2 点間を結ぶラインの表示例を以下に示します。



点と傾きを指定してラインを描く

カーソルの示す点と、ラインの傾きを指定してラインを描くには、以下の操作を行います。

1. LINE 一次ソフトキー、LINE SELECT 二次ソフトキーを選択します。
LINE SELECT 二次ソフトキーは、ライン 1、2、NONE を切り替えます。
1 または 2 に設定することによって、表示するラインを選択します。
2. GRAD MODE 二次ソフトキーを ON に設定します。
3. LINE 二次ソフトキーを選択します。
このソフトキーは、ライン ON (表示)、OFF (非表示) を切り替えます。
ON に設定することによって、ラインとカーソルが現われます。
4. ラインが通る点をカーソルで指定します。カーソルの移動には
MARKER/CURSOR キー・グループの矢印キーを使用します。
5. ラインの傾きを指定します。GRAD VALUE 二次ソフトキーを選択し、傾きを入力します。

ライン・パラメータの表示 DISPLAY: DISPLAY SETUP 画面の LINE PARAMETER フィールドを使用します。
ON: ライン・パラメータ (X 切片、Y 切片、傾き) を表示します。
OFF: パラメータの表示を消します。

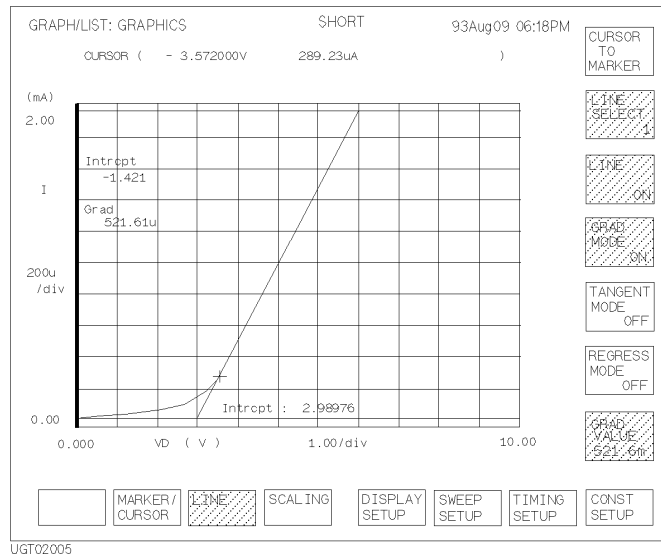
データ変数の表示 DISPLAY SETUP 一次ソフトキー、DATA VAR 二次ソフトキーを選択します。
DATA VAR 二次ソフトキーは、データ変数を表示 (ON)、非表示 (OFF) するのに使用します。

**CURSOR TO MARKER
ソフトキー** カーソルをマーカ上へ移動します。

測定結果の解析
マニュアル解析

表示例

点と傾きから得られるラインの表示例を以下に示します。



測定カーブ上に接線を描く

測定カーブ上に接線を描くには、以下の操作を行います。

1. LINE 一次ソフトキー、LINE SELECT 二次ソフトキーを選択します。
LINE SELECT 二次ソフトキーは、ライン 1、2、NONE を切り替えます。
1 または 2 に設定することによって、表示するラインを選択します。
2. TANGENT MODE 二次ソフトキーを ON に設定します。
3. LINE 二次ソフトキーを選択します。
このソフトキーは、ライン ON (表示)、OFF (非表示) を切り替えます。
ON に設定することによって、ラインとマーカが現われます。
4. ノブを回して接線を描く点へマーカを移動します。

ライン・パラメータの表示 DISPLAY: DISPLAY SETUP 画面の LINE PARAMETER フィールドを使用します。
ON: ライン・パラメータ (X 切片、Y 切片、傾き) を表示します。
OFF: パラメータの表示を消します。

データ変数の表示 DISPLAY SETUP 一次ソフトキー、DATA VAR 二次ソフトキーを選択します。
DATA VAR 二次ソフトキーは、データ変数を表示 (ON)、非表示 (OFF) するのに使用します。

測定カーブ間を移動する MARKER SKIP 二次ソフトキーを選択します。
VAR2 掃引機能やアペンド機能によって複数の測定カーブがグラフに表示されている場合、このソフトキーを選択することによってマーカは測定カーブ間の移動を行います。

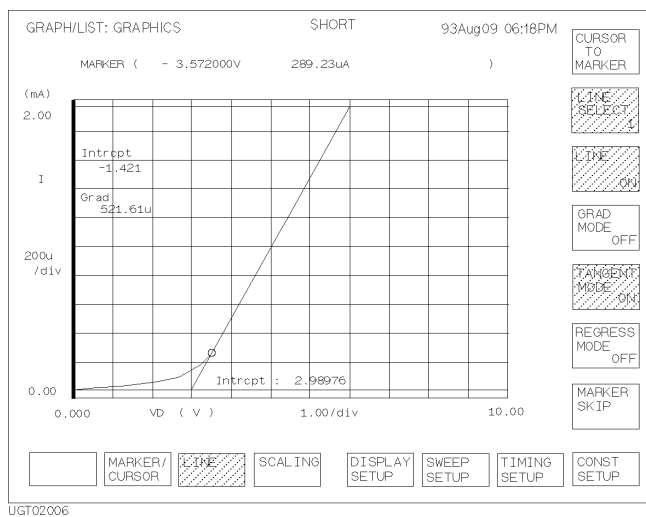
補間データを表示する INTERPOLATE 二次ソフトキーを選択します。
このソフトキーは、補間データ表示の ON、OFF を切り替えます。ON に設定することによって、測定カーブ上、隣り合う 2 つの測定点の間にあたかも測定点があるように補間データを表示することができます。

CURSOR TO MARKER ソフトキー カーソルをマーカ上へ移動します。

測定結果の解析
マニュアル解析

表示例

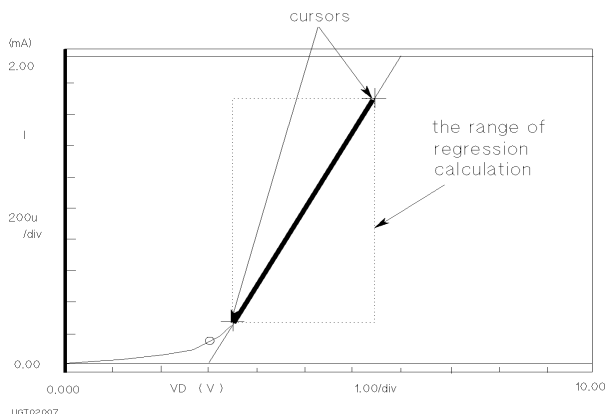
接線の表示例を以下に示します。



測定カーブ上に回帰直線を描く

測定データ上の選択された範囲における回帰直線を描くには、以下の操作を行います。

1. MARKER/CURSOR 一次ソフトキー、MARKER 二次ソフトキーを選択します。
MARKER 二次ソフトキーは、マーカ ON、OFF を切り替えます。
マーカを表示するために ON に設定します。
2. Y1 軸と Y2 軸を表示している場合、AXIS 一次ソフトキーを使用して軸の選択を行います。
3. 複数の測定カーブを表示している場合、MARKER SKIP 二次ソフトキーを使用して測定カーブの選択を行います。
4. LINE 一次ソフトキー、LINE SELECT 二次ソフトキーを選択します。
LINE SELECT 二次ソフトキーは、ライン 1、2、NONE を切り替えます。
1 または 2 に設定することによって、表示するラインを選択します。
5. REGRESS MODE 二次ソフトキーを ON に設定します。
6. LINE 二次ソフトキーを選択します。
このソフトキーは、ライン ON (表示)、OFF (非表示) を切り替えます。
ON に設定することによって、ライン 1 本とカーソル 2 つが現われます。
2 つのカーソルが重なっている場合、1 つだけ表示されているように見えます。
7. 2 つのカーソルを用いて、回帰計算を行う範囲を指定します。カーソルの移動には MARKER/CURSOR キー・グループの矢印キーを使用します。移動させるカーソルの選択には、SELECT CURSOR 二次ソフトキーを使用します。



測定結果の解析 マニュアル解析

ライン・パラメータの表示 DISPLAY: DISPLAY SETUP 画面の LINE PARAMETER フィールドを使用します。

ON : ライン・パラメータ (X 切片、Y 切片、傾き) を表示します。

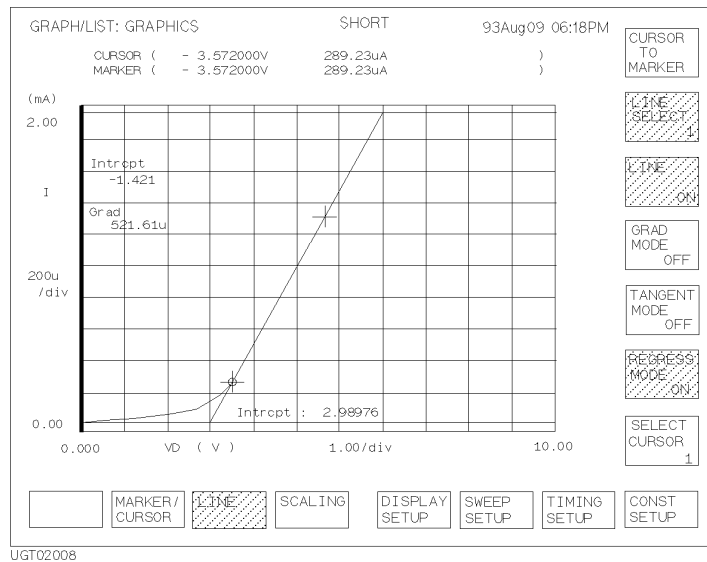
OFF : パラメータの表示を消します。

データ変数の表示 DISPLAY SETUP 一次ソフトキー、DATA VAR 二次ソフトキーを選択します。

DATA VAR 二次ソフトキーは、データ変数を表示 (ON)、非表示 (OFF) するのに使用します。

CURSOR TO MARKER ソフトキー アクティブに設定されているカーソルをマーカ上へ移動します。移動させるカーソルの選択には、SELECT CURSOR 二次ソフトキーを使用します。

表示例 回帰直線の表示例を以下に示します。



表示するラインを選択する

表示するラインを1または2に設定するには、以下の操作を行います。

1. LINE 一次ソフトキー、LINE SELECT 二次ソフトキーを選択します。
 - 1 : ライン1を選択します。
 - 2 : ライン2を選択します。
 - NONE : どちらも表示しません。
2. LINE 二次ソフトキーを選択します。
 - ON : ラインを表示します。
 - OFF : ラインを表示しません。

マーカ、カーソルの表示位置やライン・パラメータの値は、ライン1、2で独立しています。従って、表示するラインを変更するとこれらも変更されます。

目盛線を表示する

1. DISPLAY SETUP 一次ソフトキーを選択します。
2. GRID 二次ソフトキーを選択します。
 - ON : 目盛線を表示します。
 - OFF : 目盛線を表示しません。

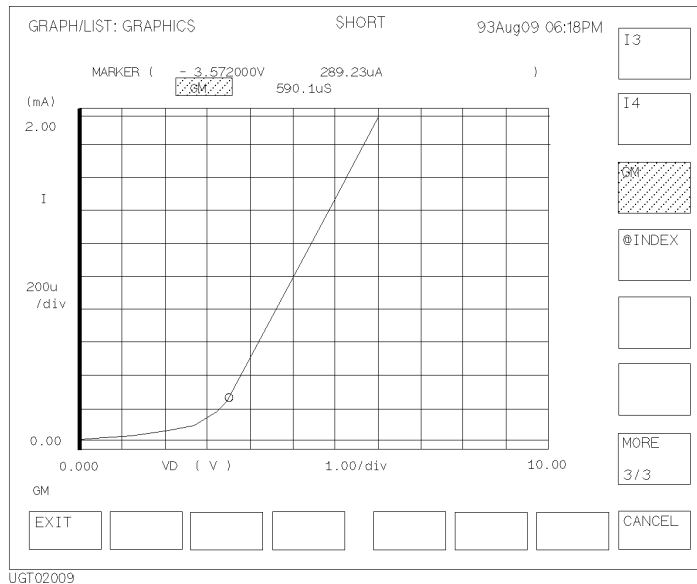
グラフ・パラメータを変更する

測定結果グラフ画面上で、グラフ・パラメータ（X 軸変数、Y 軸変数、スケール、コメント、データ変数など）を変更するには、以下の操作を行います。

1. DISPLAY SETUP 一次ソフトキーを選択します。
2. RE-SETUP GRAPH 二次ソフトキーを選択します。
グラフ・パラメータ間を移動するポインタが現われます。ポインタの移動には、MARKER/CURSOR キーグループの矢印キーを使用します。
3. 変数値を入力します。パラメータによってはソフトキーも有効です。
4. 以下のソフトキーを使用して、パラメータ変更モードを終了します。
EXIT：変更を行ってから終了します。
CANCEL：変更を行わずに終了します。

変更例

グラフ・パラメータの変更例を以下に示します。この例はデータ変数 (DATA VARIABLE) の設定を変更しています。



内部メモリのデータを重ね表示する

内部メモリのデータをグラフに重ね表示するには、以下の操作を行います。

1. DISPLAY SETUP 一次ソフトキーを選択します。
2. OVERLAY PLANE 二次ソフトキーを選択し、1、2、3、4、あるいは OFF に設定します。

1 から 4 : 内部メモリ 1、2、3、または 4 のデータを重ね表示します。

OFF : 重ね表示を行いません。

SHOW OVERLAY INFO ソフトキー

以下のグラフ・パラメータ値を、重ね表示した内部メモリの値に変更します。元の値に戻すには EXIT 一次ソフトキーを選択します。

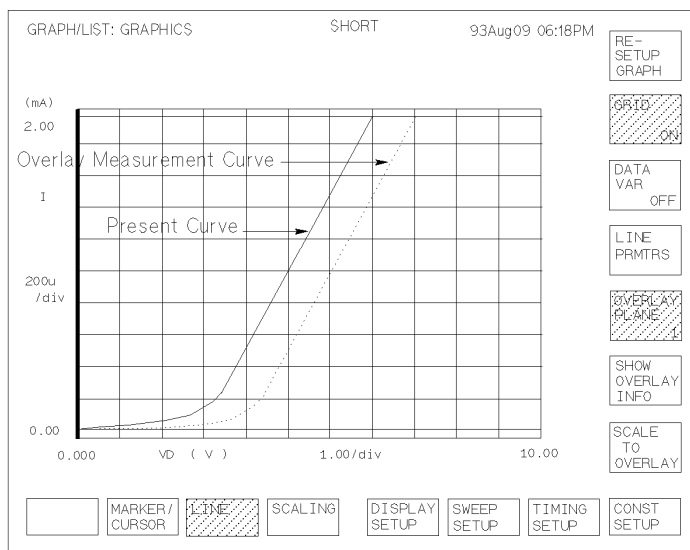
- ・ 座標軸の変数名とスケール
- ・ マーカ、カーソルの座標、ラインの X、Y1、Y2 切片と傾き
- ・ データ変数とその値

SCALE TO OVERLAY ソフトキー

グラフのスケールを重ね表示した内部メモリの値に合わせます。スケールを元に戻すには、SCALING 一次ソフトキー、CANCEL SCALING 二次ソフトキーを選択します。

表示例

内部メモリ 1 の重ね表示例を以下に示します。



マーカを使用する

GRAPH/LIST: LIST 画面においてマーカを表示、使用するには、以下の操作を行います。

1. MARKER 一次ソフトキーを選択します。
2. MARKER 二次ソフトキーを選択します。

このソフトキーはマーカを ON (表示) または OFF (非表示) に設定します。マーカを使用するには、ON に設定します。

3. ノブを回してマーカを移動します。

測定データ間を移動する

MARKER SKIP 二次ソフトキーを選択します。

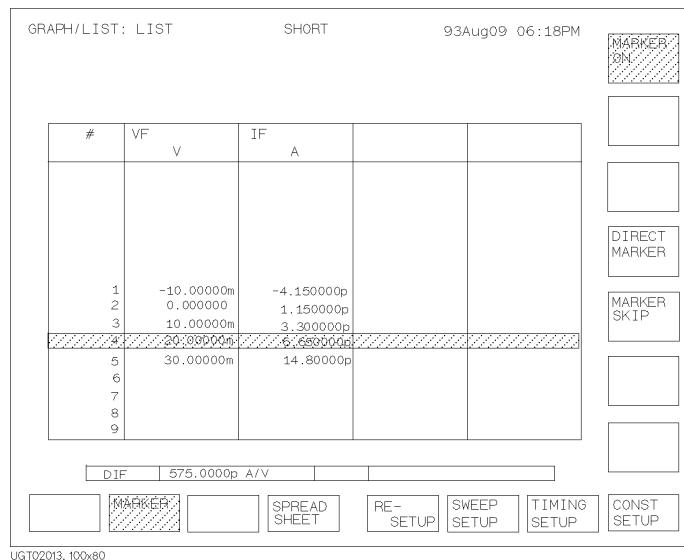
VAR2 掃引機能やアペンド機能による測定データを含んでいる場合、このソフトキーを選択することによってマーカは測定カーブ間の移動を行います。

マーカを消去する

MARKER 二次ソフトキーを OFF に設定すると、マーカは消去されます。

表示例

マーカ使用時のリスト画面の表示例を以下に示します。



リストをスクロールする

GRAPH/LIST: LIST 画面において測定結果のリストをスクロールするには、MARKER/CURSOR キー・グループの矢印キーを使用します。リストは、押した矢印と同方向にスクロールします。**Fast** キーを押しながら矢印キーを押すと早くスクロールすることができます。

マーカが表示されている場合、マーカはスクロールされません。データだけがスクロールされます。

測定の実行中でもスクロールを行うことができます。

変数を追加／変更する

GRAPH/LIST: LIST 画面にリストする変数の追加あるいは変更を行うには、以下の操作を行います。

1. RE-SETUP 一次ソフトキーを選択します。ポインタが現われます。
2. 変数の追加あるいは変更を行う列を指定します。ポインタの移動には、MARKER/CURSOR キーグループの矢印キーを使用します。
3. 二次ソフトキーを用いて、変数の追加あるいは変更を行います。
4. 以下のソフトキーを使用して、パラメータ変更モードを終了します。

EXIT : 変更を行ってから終了します。

CANCEL : 変更を行わずに終了します。

変更例

LIST 画面の表示パラメータの変更を以下に示します。

#	VF	V	IF	A
1				
2		-10.00000m		-4.150000p
3		0.000000		1.150000p
4		18.000000		3.980000p
5		20.00000m		6.650000p
6		30.00000m		14.80000p
7				
8				
9				

DIF 575.0000p A/V

MARKER ON
DIRECT MARKER
MARKER SKIP
RE-SETUP SWEEP SETUP TIMING SETUP CONST SETUP

UGT02014, 100x80

自動解析

自動解析を行うには、測定開始前に DISPLAY: ANALYSIS SETUP 画面の設定を行います。測定終了と同時に、マーカ、ラインを自動的に、設定通りの位置に移動、表示することが可能です。測定終了後、データ解析中に自動解析を行うには、グラフ画面上で、MARKER/CURSOR 一次ソフトキー、AUTO ANALYSIS 二次ソフトキーを選択します。

以下のセクションで構成されています。

- ・ マーカを表示する
- ・ 2点を指定してラインを描く
- ・ 点と傾きを指定してラインを描く
- ・ 測定カーブ上に接線を描く
- ・ 測定カーブ上に回帰直線を描く

NOTE

以下の操作が行われると自動解析を実行します。

- ・ **Single** または **Append** キーによる測定実行後（測定終了時）
 - ・ **Stop** キーによる測定停止時
 - ・ 連続して測定を行う場合は、各測定実行後（次の測定の実行前）
 - ・ 測定結果表示画面（GRAPH/LIST 画面）において MARKER/CURSOR 一次ソフトキー、AUTO ANALYSIS 二次ソフトキーを選択した時
 - ・ 自動解析の条件を変更した後に、GRAPH/LIST 画面を表示した時
- マーカ、ラインの両方を設定した場合には、以下の順で自動表示されます。
1. LINE1 の自動表示
 2. LINE2 の自動表示
 3. マーカの自動表示

マーカを表示する

マーカを自動表示するには以下の設定を行います。この機能は自動的にマーカを表示 (ON) します。

1. **Display** フロントパネル・キー、ANALYSIS SETUP 一次ソフトキーを選択します。DISPLAY: ANALYSIS SETUP 画面が表示されます。
2. マーカ移動点を測定データの値で設定します。
 - ・測定データの変数名。後述の設定例のフィールド (1)。
 - ・変数値または条件式。設定例の (2)。変数名は二次ソフトキーを用いて選択します。DISABLE 二次ソフトキーを選択すると設定を消去します。
条件式の設定については、第 8 章を参照してください。
3. 以下の二次ソフトキーのどちらかを選択します。設定例の (3)。

AFTER	マーカ移動点の検索開始点を指定する場合に選択します。選択した場合、ステップ 4 を行います。
DISABLE	検索開始点を指定しない場合に選択します。
4. ステップ 3 で AFTER ソフトキーを選択した場合、検索開始点を測定データの値で設定します。変数名は二次ソフトキーを用いて選択します。
 - ・測定データの変数名。設定例の (4)。
 - ・変数値または条件式。設定例の (5)。

マーカ移動先

マーカは測定カーブ上を移動する解析ツールです。マーカ移動条件によっては、条件を満足する測定点が存在しない場合があります。この場合、条件に最も近い測定点にマーカを移動します。

補間データを表示する

Interpolate フィールドを ON に設定します。設定には、ON 二次ソフトキーを使用します。

ON に設定することによって、測定カーブ上、隣り合う 2 つの測定点の間にあたかも測定点があるように補間データを表示することができます。

設定を消去する

MARKER フィールドにおいて、DISABLE 二次ソフトキーを選択します。このソフトキーは設定を消去します。

測定結果の解析
自動解析

設定例

設定例を以下に示します。VCE=0.1 を示す最も近い測定点にマーカを移動させます。VCE の検索は VCE の最大値から開始されます。

The screenshot shows the 'ANALYSIS SETUP' screen with the following text and annotations:

- DISPLAY: ANALYSIS SETUP 93JUL22 11:32AM
- *LINE1:[REGRESSION] line on [Y1] between a point [AT]
- LINE2: []
- *MARKER: At a point where [VCE] = [0.1] where [AFTER] [VCE] = [MAX(VCE)]
- *Interpolate:[OFF]
- MAX(VCE)
- Buttons: DISPLAY SETUP, AUTO ANALYSIS, [], [], [], [], PREV PAGE, NEXT PAGE

Annotations (1) through (5) point to the following elements:

- (1) Points to the 'MARKER' label.
- (2) Points to the 'where' label.
- (3) Points to the first '[VCE]' field.
- (4) Points to the 'Interpolate:[OFF]' field.
- (5) Points to the 'MAX(VCE)' field.

UGT02020

2 点を指定してラインを描く

2 点間を結ぶラインを自動的に描くには、以下の設定を行います。この機能を使用するにはラインを表示 (ON) する必要がありますが、マーカ、カーソルを表示 (ON) する必要はありません。

1. **Graph/List** フロントパネル・キー、LINE 一次ソフトキーを選択します。
2. LINE SELECT 二次ソフトキーの表示を 1 または 2 に設定し、表示するラインを選択します。後述の設定例ではライン 1 を使用しています。
3. LINE 二次ソフトキーの表示を ON に設定し、ラインを表示します。
4. **Display** フロントパネル・キー、ANLYSIS SETUP 一次ソフトキーを選択します。DISPLAY: ANALYSIS SETUP 画面が表示されます。
5. 2 点間を結ぶラインを描くには、LINE1:[] または LINE2:[] フィールドで NORMAL 二次ソフトキーを選択します。設定例の (1)。
6. line on [] フィールドに、ラインに有効な座標軸を設定します。Y1 または Y2 二次ソフトキーを選択します。設定例の (2)。
7. ラインが通る点の指定方法を以下のフィールドに設定します。設定例の (3)。さらにラインが通る 2 点の設定を行います。

between a point []: 第 1 点目の指定方法を設定します。

and a point []: 第 2 点目の指定方法を設定します。

このフィールドの設定には以下の二次ソフトキーを使用します。選択するソフトキーによって、これに続く設定フィールドが異なります。

BY X-Y COORDINATE カーソル・モード。X-Y 座標で指定します。
フィールドには AT が設定されます。

X: X 座標値、または座標を表わす数式。

Y: Y 座標値、または座標を表わす数式。

BY DATA CONDITION マーカ・モード。測定データ値で指定します。
フィールドには WHERE が設定されます。以下の設定を行なった後、ステップ 8 を行います。

・測定データの変数名。設定例の (4)。

・変数値または条件式。設定例の (5)。

変数名は二次ソフトキーを用いて選択します。

数式、条件式の設定については、第 8 章を参照してください。

測定結果の解析

自動解析

8. ステップ 7 でマーカ・モードを選択した場合、以下の二次ソフトキーのどちらかを選択します。設定例の (6)。

AFTER ラインが通る点の検索開始点を指定する場合に選択します。選択した場合、ステップ 9 を行います。

DISABLE 検索開始点を指定しない場合に選択します。

9. ステップ 8 で、AFTER ソフトキーを選択した場合、検索開始点を測定データ値で設定します。変数名は二次ソフトキーを用いて選択します。

- ・測定データの変数名。設定例の (7)。
- ・変数値または条件式。設定例の (8)。

マーカ・モード

ラインが通る点を測定データで指定します。設定条件によっては、指定した点が測定カーブ上に存在しない場合もあります。この場合、条件に最も近い測定点を使用します。

補間データを表示する

Interpolate フィールドを ON に設定します。設定には、ON 二次ソフトキーを使用します。

ON に設定することによって、測定カーブ上、隣り合う 2 つの測定点の間にあたかも測定点があるように補間データを表示することができます。

設定を消去する

LINE1 または LINE2 フィールドにおいて、DISABLE 二次ソフトキーを選択します。このソフトキーは設定を消去します。

設定例

ライン 1 の設定例を以下に示します。(0, 0) と VCE=10 を示す最も近い測定点を結ぶラインを描きます。VCE の検索は VCE の最大値から開始されます。

The screenshot shows the 'ANALYSIS SETUP' screen with the following fields and callouts:

- (1) points to the 'NORMAL' option in the 'LINE1' field.
- (2) points to the 'AT' field in the 'LINE1' field.
- (3) points to the 'WHERE' field in the 'LINE1' field.
- (4) points to the 'X: [0]' field.
- (5) points to the 'Y: [0]' field.
- (6) points to the 'AFTER' option in the 'LINE1' field.
- (7) points to the 'VCE' field in the 'LINE1' field.
- (8) points to the 'MAX(VCE)' field in the 'LINE1' field.

Other visible fields include 'MARKER: At a point where', '*Interpolate: [OFF]', and navigation buttons at the bottom: 'DISPLAY SETUP', 'ANALYSIS', 'PREV PAGE', and 'NEXT PAGE'.

点と傾きを指定してラインを描く

点と傾きから得られるラインを自動的に描くには、以下の設定を行います。この機能を使用するにはラインを表示 (ON) する必要がありますが、マーカ、カーソルを表示 (ON) する必要はありません。

1. **Graph/List** フロントパネル・キー、LINE 一次ソフトキーを選択します。
2. LINE SELECT 二次ソフトキーの表示を 1 または 2 に設定し、表示するラインを選択します。後述の設定例ではライン 1 を使用しています。
3. LINE 二次ソフトキーの表示を ON に設定し、ラインを表示します。
4. **Display** フロントパネル・キー、ANLYSIS SETUP 一次ソフトキーを選択します。DISPLAY: ANALYSIS SETUP 画面が表示されます。
5. 点と傾きからラインを描くには、LINE1:[] または LINE2:[] フィールドで GRAD 二次ソフトキーを選択します。設定例の (1)。
6. line on [] フィールドに、ラインに有効な座標軸を設定します。Y1 または Y2 二次ソフトキーを選択します。設定例の (2)。
7. ラインが通る点の指定方法を at a point [] フィールドに設定します。設定例の (3)。さらにラインが通る点の設定を行います。

このフィールドの設定には以下の二次ソフトキーを使用します。選択するソフトキーによって、これに続く設定フィールドが異なります。

BY X-Y COORDINATE カーソル・モード。X-Y 座標で指定します。フィールドには AT が設定されます。

X: X 座標値、または座標を表わす数式。
Y: Y 座標値、または座標を表わす数式。

BY DATA CONDITION マーカ・モード。測定データ値で指定します。フィールドには WHERE が設定されます。以下の設定を行なった後、ステップ 8 を行います。

- ・測定データの変数名。設定例の (4)。
- ・変数値または条件式。設定例の (5)。

変数名は二次ソフトキーを用いて選択します。

数式、条件式の設定については、第 8 章を参照してください。

8. ステップ 7 でマーカ・モードを選択した場合、以下の二次ソフトキーのどちらかを選択します。設定例の (6)。

AFTER ラインが通る点の検索開始点を指定する場合に選択します。選択した場合、ステップ 9 を行います。

測定結果の解析

自動解析

DISABLE 検索開始点を指定しない場合に選択します。

9. ステップ 8 で、AFTER ソフトキーを選択した場合、検索開始点を測定データ値で設定します。変数名は二次ソフトキーを用いて選択します。

- ・測定データの変数名。設定例の (7)。
- ・変数値または条件式。設定例の (8)。

10. Gradient フィールドに傾きを設定します。設定値または数式を入力します。

マーカ・モード

ラインが通る点を測定データで指定します。設定条件によっては、指定した点が測定カーブ上に存在しない場合もあります。この場合、条件に最も近い測定点を使用します。

補間データを表示する

Interpolate フィールドを ON に設定します。設定には、ON 二次ソフトキーを使用します。

ON に設定することによって、測定カーブ上、隣り合う 2 つの測定点の間にあたかも測定点があるように補間データを表示することができます。

設定を消去する

LINE1 または LINE2 フィールドにおいて、DISABLE 二次ソフトキーを選択します。このソフトキーは設定を消去します。

設定例

ライン 1 の設定例を以下に示します。DGM の最大値の 1% に最も近い測定点で、傾き 0.5 のラインを描きます。DGM の検索は DGM の最大値から開始されます。

The screenshot shows the ANALYSIS SETUP screen with the following fields and values:

- (4) *LINE1: GRAD
- (1) line on [V1]
- (5) at a point [WHERE]
- (2) [DGM] = [MAX(DGM)*0.01]
- (6) [AFTER] [DGM] = [MAX(DGM)]
- (7) Gradient: 0.5
- (8) *LINE2: []
- *MARKER: At a point where []
- *Interpolate: [OFF]
- 0.5

At the bottom, there are several softkeys: DISPLAY SETUP, ANALYSIS, and PREVIOUS PAGE, NEXT PAGE.

UGT02016

測定カーブ上に接線を描く

測定カーブ上に接線を自動的に描くには、以下の設定を行います。この機能を使用するにはラインを表示 (ON) する必要がありますが、マーカ、カーソルを表示 (ON) する必要はありません。

1. **Graph/List** フロントパネル・キー、LINE 一次ソフトキーを選択します。
2. LINE SELECT 二次ソフトキーの表示を 1 または 2 に設定し、表示するラインを選択します。後述の設定例ではライン 1 を使用しています。
3. LINE 二次ソフトキーの表示を ON に設定し、ラインを表示します。
4. **Display** フロントパネル・キー、ANLYSIS SETUP 一次ソフトキーを選択します。DISPLAY: ANALYSIS SETUP 画面が表示されます。
5. 接線を描くには、LINE1:[] または LINE2:[] フィールドで TANGENT 二次ソフトキーを選択します。設定例の (1)。
6. line on [] フィールドに、ラインに有効な座標軸を設定します。Y1 または Y2 二次ソフトキーを選択します。設定例の (2)。
7. 接点の位置を測定データの値で設定します。
 - ・測定データの変数名。設定例の (3)。
 - ・変数値または条件式。設定例の (4)。変数名は二次ソフトキーを用いて選択します。
条件式の設定については、第 8 章を参照してください。
8. 以下の二次ソフトキーのどちらかを選択します。設定例の (5)。

AFTER	接点の検索開始点を指定する場合に選択します。選択した場合、ステップ 9 を行います。
DISABLE	検索開始点を指定しない場合に選択します。
9. ステップ 8 で、AFTER ソフトキーを選択した場合、検索開始点を測定データの値で設定します。変数名は二次ソフトキーを用いて選択します。
 - ・測定データの変数名。設定例の (6)。
 - ・変数値または条件式。設定例の (7)。

接点の座標

接点の位置は測定データで指定します。設定条件によっては、指定した点が測定カーブ上に存在しない場合もあります。この場合、条件に最も近い測定点を使用します。

測定結果の解析 自動解析

補間データを表示する

Interpolate フィールドを ON に設定します。設定には、ON 二次ソフトキーを使用します。

ON に設定することによって、測定カーブ上、隣り合う 2 つの測定点の間にあたかも測定点があるように補間データを表示することができます。

設定を消去する

LINE1 または LINE2 フィールドにおいて、DISABLE 二次ソフトキーを選択します。このソフトキーは設定を消去します。

設定例

ライン 1 の設定例を以下に示します。DGM の最大値の 1% に最も近い測定点で、接線を描きます。DGM の検索は DGM の最大値から開始されます。

The screenshot shows the ANALYSIS SETUP screen with the following fields and controls:

- (1) *LINE1: [TANGENT] * line on [Y1] at a point where
- (2) [DGM] = [MAX(DGM)*0.01]
- (3) [AFTER] [DGM] = [MAX(DGM)]
- (4) [MAX(DGM)]
- (5) *LINE2: []
- (6) []
- (7) []
- *MARKER: At a point where []
- *Interpolate: [OFF]
- MAX(DGM)
- DISPLAY SETUP
- AUTO ANALYSIS
- PREV PAGE
- NEXT PAGE

UGT02017

測定カーブ上に回帰直線を描く

測定カーブ上に回帰直線を自動的に描くには、以下の設定を行います。この機能を使用するにはラインを表示 (ON) する必要がありますが、マーカー、カーソルを表示 (ON) する必要はありません。

1. **Graph/List** フロントパネル・キー、LINE 一次ソフトキーを選択します。
2. LINE SELECT 二次ソフトキーの表示を 1 または 2 に設定し、表示するラインを選択します。後述の設定例ではライン 1 を使用しています。
3. LINE 二次ソフトキーの表示を ON に設定し、ラインを表示します。
4. **Display** フロントパネル・キー、ANLYSIS SETUP 一次ソフトキーを選択します。DISPLAY: ANALYSIS SETUP 画面が表示されます。
5. 回帰直線を描くには、LINE1:[] または LINE2:[] フィールドで REGRESSION 二次ソフトキーを選択します。設定例の (1)。
6. line on [] フィールドに、ラインに有効な座標軸を設定します。Y1 または Y2 二次ソフトキーを選択します。設定例の (2)。
7. 回帰計算の範囲 (始点と終点) の指定方法を以下のフィールドに設定します。設定例の (3)。さらに始点と終点の設定を行います。

between a point []: 始点の指定方法を設定します。

and a point []: 終点の指定方法を設定します。

このフィールドの設定には以下の二次ソフトキーを使用します。選択するソフトキーによって、これに続く設定フィールドが異なります。

BY X-Y COORDINATE カーソル・モード。X-Y 座標で指定します。
フィールドには AT が設定されます。

X: X 座標値、または座標を表わす数式。

Y: Y 座標値、または座標を表わす数式。

BY DATA CONDITION マーカー・モード。測定データ値で指定します。
フィールドには WHERE が設定されます。以下の設定を行なった後、ステップ 8 を行います。

・測定データの変数名。設定例の (4)。

・変数値または条件式。設定例の (5)。

変数名は二次ソフトキーを用いて選択します。

数式、条件式の設定については、第 8 章を参照してください。

測定結果の解析

自動解析

- ステップ 7 でマーカ・モードを選択した場合、以下の二次ソフトキーのどちらかを選択します。設定例の (6)。

AFTER 始点または終点の検索開始点を指定する場合に選択します。選択した場合、ステップ 9 を行います。

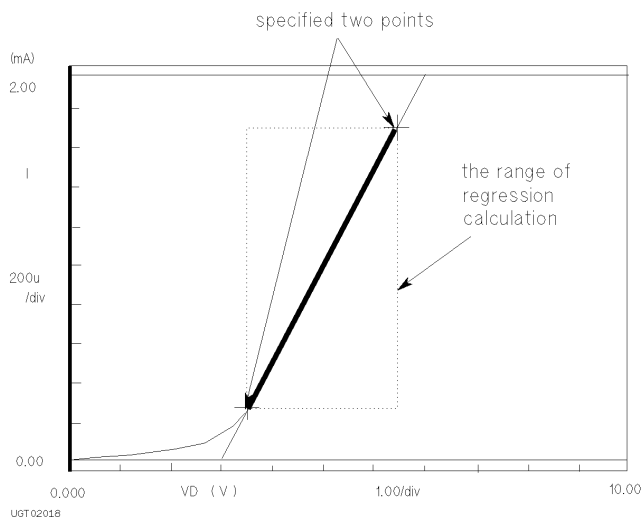
DISABLE 検索開始点を指定しない場合に選択します。

- ステップ 8 で、AFTER ソフトキーを選択した場合、検索開始点を測定データ値で設定します。変数名は二次ソフトキーを用いて選択します。

- 測定データの変数名。設定例の (7)。
- 変数値または条件式。設定例の (8)。

回帰計算の範囲

回帰計算は指定された 2 点に挟まれる範囲で実行されます。下図を参照してください。



マーカ・モード

回帰直線の始点または終点を測定データで指定します。設定条件によっては、指定した点が測定カーブ上に存在しない場合もあります。この場合、条件に最も近い測定点を使用します。

補間データを表示する

Interpolate フィールドを ON に設定します。設定には、ON 二次ソフトキーを使用します。

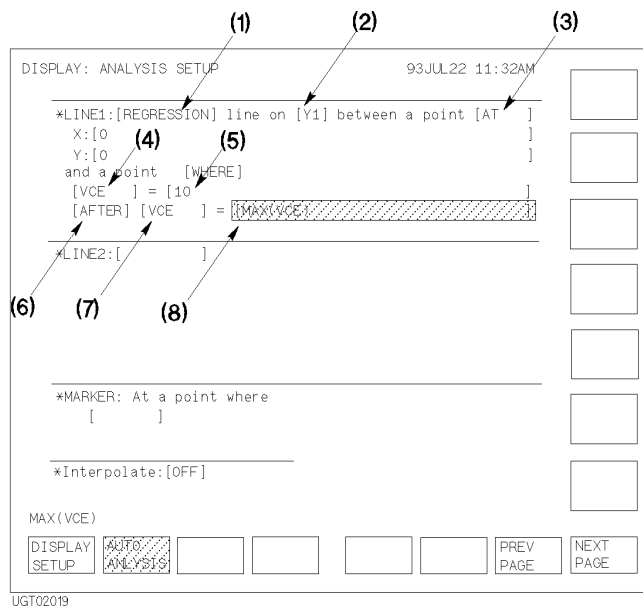
ON に設定することによって、測定カーブ上、隣り合う 2 つの測定点の間にあたかも測定点があるように補間データを表示することができます。

設定を消去する

LINE1 または LINE2 フィールドにおいて、DISABLE 二次ソフトキーを選択します。このソフトキーは設定を消去します。

設定例

ライン 1 の設定例を以下に示します。(0, 0) から VCE=10 を示す最も近い測定点の範囲で回帰計算を行って回帰直線を描きます。VCE の検索は VCE の最大値から開始されます。



測定結果の解析
自動解析

7

測定ユニットとファンクション

測定ユニットとファンクション

本章では、Agilent 4155C/4156C の測定ユニットおよび測定機能について説明します。

- ・ 測定ユニット
- ・ コンプライアンス
- ・ 測定レンジ
- ・ 測定時間
- ・ SMU フィルター
- ・ セルフ・キャリブレーション
- ・ オフセット除去機能
- ・ QSCV オフセット除去機能
- ・ 動作状態
- ・ 出力順序
- ・ 測定実行順序

測定ユニット

Agilent 4155C/4156C 半導体パラメータ・アナライザおよび Agilent 41501A/B エキスパンダは以下の測定ユニットを搭載します。このセクションでは、これら測定ユニットの機能について説明します。

- ・ GNDU – グランド・ユニット
- ・ SMU – ソース/モニタ・ユニット
- ・ VSU – 電圧源ユニット
- ・ VMU – 電圧測定ユニット
- ・ PGU – パルス・ジェネレータ・ユニット

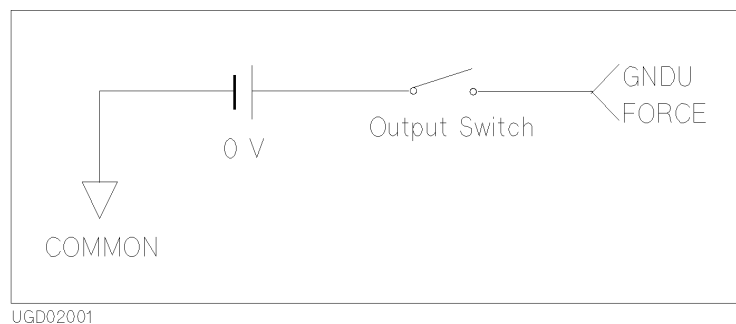
GNDU – グランド・ユニット

GNDU は 0 V 定電圧源であり、測定グラウンドの基準として使用します。また、最大 ± 1.6 A までの電流を流せるので、HPSMU（ハイ・パワー SMU）を使用する際に有効です。Figure 7-1 に概略回路図を示します。

GNDU は Agilent 41501A/B エキスパンダに装着されます。

Figure 7-1

GNDU 概略回路図



SMU —ソース／モニタ・ユニット

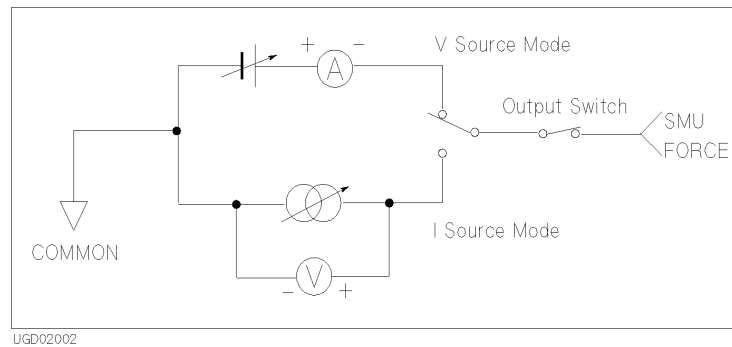
SMU は定電圧、定電流、パルス電圧、またはパルス電流の印加と、直流電流または直流電圧の測定を行うことができます。パルス電源に設定できる SMU の数は 1 チャンネルです。

Figure 7-2 に SMU の概略回路図を示します。SMU には以下に示す 3 つの動作モードがあります。

- 電圧印加 (V source) / 電流測定 (I monitor) モード
- 電流印加 (I source) / 電圧測定 (V monitor) モード
- COMMON (コモン) モード

Figure 7-2

SMU 概略回路図



SMUの種類

以下に SMU の種類を簡単に説明します。

- ・ **HRSMU (高分解能 SMU)**
 - ・ 4156C に 4 ユニット搭載。
 - ・ 出力および測定範囲： ± 100 V、 ± 100 mA
 - ・ 最大出力電力：2 W
 - ・ 最小電流測定レンジ：10 pA (分解能：1 fA)
 - ・ 出力レンジ、測定レンジ：HRSMU (高分解能 SMU) (P. 7-6) を参照してください。
 - ・ ケルビン接続可能。
- ・ **MPSMU (ミディアム・パワー SMU)**
 - ・ 4155C に 4 ユニット搭載。
 - ・ 41501A/B オプション 420 または 422 に 2 ユニット搭載。
 - ・ 出力および測定範囲： ± 100 V、 ± 100 mA
 - ・ 最大出力電力：2 W
 - ・ 出力レンジ、測定レンジ：MPSMU (ミディアム・パワー SMU) (P. 7-9) を参照してください。
- ・ **HPSMU (ハイ・パワー SMU)**
 - ・ 41501A/B オプション 410 または 412 に 1 ユニット搭載。
 - ・ 出力および測定範囲： ± 200 V、 ± 1 A
 - ・ 最大出力電圧：20 W
 - ・ 出力レンジ、測定レンジ：HPSMU (ハイパワー SMU) (P. 7-12) を参照してください。
 - ・ ケルビン接続可能。

デバイス保護のために、SMU の出力電圧／電流を制限するコンプライアンス機能があります。SMU を電圧源として使用する場合は電流コンプライアンスを、電流源として使用する場合は電圧コンプライアンスを設定します。コンプライアンスの設定範囲については、コンプライアンス (P. 7-23) を参照してください。

HRSMU
(高分解能 SMU)

Figure 7-3 HRSMU 出力および測定レンジ

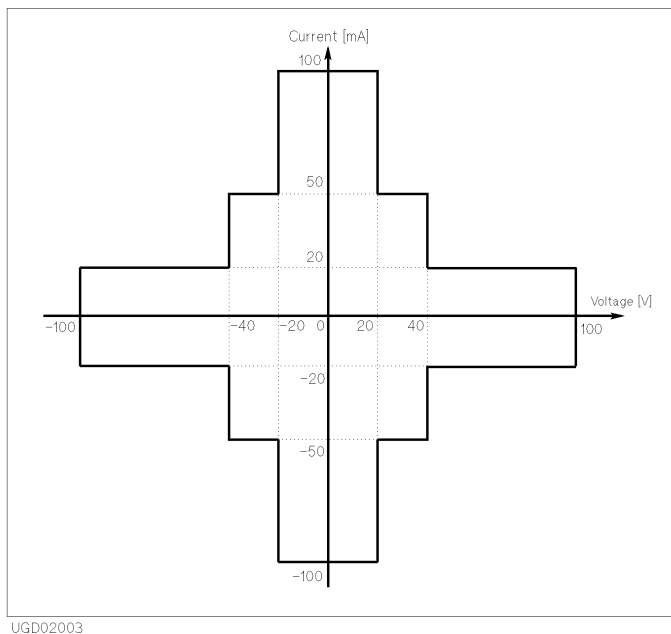


Table 7-1 HRSMU 電圧出力および電圧測定レンジ

レンジ	出力値	出力分解能	電流コンプライアンス・レンジ
2 V	$0 \leq V \leq 2 \text{ V}$	100 μV	$\pm 100 \text{ mA}$
20 V	$0 \leq V \leq 20 \text{ V}$	1 mV	$\pm 100 \text{ mA}$
40 V	$0 \leq V \leq 40 \text{ V}$	2 mV	$\pm 50 \text{ mA}$
100 V	$0 \leq V \leq 100 \text{ V}$	5 mV	$\pm 20 \text{ mA}$

Table 7-2 HRSMU 測定電圧値と測定分解能

レンジ	測定値 ^a	測定分解能 ^b			
		積分時間			高速 サンプリング 測定 ^c
		1PLC以上	640 μs ~ 1.92 ms	80 μs ~ 560 μs	
2 V	$0 \leq V \leq 2.2 \text{ V}$	2 μV	20 μV	200 μV	2 mV
20 V	$0 \leq V \leq 22 \text{ V}$	20 μV	200 μV	2 mV	20 mV
40 V	$0 \leq V \leq 44 \text{ V}$	40 μV	400 μV	4 mV	40 mV
100 V	$0 \leq V \leq 100 \text{ V}$	100 μV	1 mV	10 mV	100 mV

- a. 測定レンジをオート・レンジまたはリミテッド・オート・レンジに設定した場合の測定範囲。固定レンジに設定した場合にはレンジ値が最大測定値となります。
- b. 測定分解能は積分時間の設定に依存します。ノブ掃引測定では積分時間 80 μs ~ 560 μs に記された値となります。
- c. 初期サンプリング間隔を 480 μs 以下に設定した場合の測定分解能。

Table 7-3 HRSMU 出力電流レンジと出力分解能

レンジ	出力値	出力分解能	電圧コンプライアンス・レンジ
10 pA	$0 \leq I \leq 10 \text{ pA}$	10 fA	±100 V
100 pA	$0 \leq I \leq 100 \text{ pA}$	10 fA	±100 V
1 nA	$0 \leq I \leq 1 \text{ nA}$	100 fA	±100 V
10 nA	$0 \leq I \leq 10 \text{ nA}$	1 pA	±100 V
100 nA	$0 \leq I \leq 100 \text{ nA}$	10 pA	±100 V
1 μA	$0 \leq I \leq 1 \text{ μA}$	100 pA	±100 V
10 μA	$0 \leq I \leq 10 \text{ μA}$	1 nA	±100 V
100 μA	$0 \leq I \leq 100 \text{ μA}$	10 nA	±100 V
1 mA	$0 \leq I \leq 1 \text{ mA}$	100 nA	±100 V
10 mA	$0 \leq I \leq 10 \text{ mA}$	1 μA	±100 V
100 mA	$0 \leq I \leq 20 \text{ mA}$	10 μA	±100 V
	$20 \text{ mA} < I \leq 50 \text{ mA}$	10 μA	±40 V
	$50 \text{ mA} < I \leq 100 \text{ mA}$	10 μA	±20 V

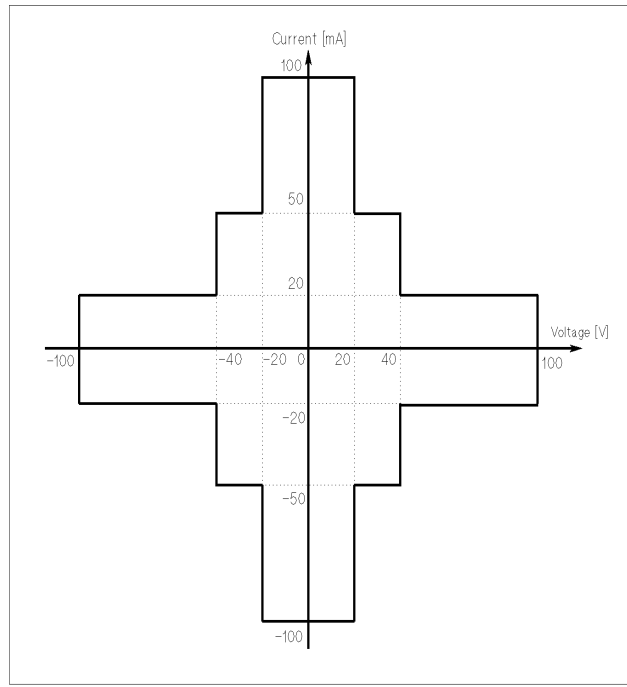
Table 7-4 HRSMU 測定電流値と測定分解能

レンジ	測定値 ^a	測定分解能 ^b			
		積分時間			高速 サンプリング 測定 ^c
		1PLC以上	640 μs ~ 1.92 ms	80 μs ~ 560 μs	
10 pA	$0 \leq I \leq 10.5 \text{ pA}$	1 fA	1 fA	1 fA	10 fA
100 pA	$0 \leq I \leq 115 \text{ pA}$	1 fA	1 fA	10 fA	100 fA
1 nA	$0 \leq I \leq 1.15 \text{ nA}$	10 fA	10 fA	100 fA	1 pA
10 nA	$0 \leq I \leq 11.5 \text{ nA}$	10 fA	100 fA	1 pA	10 pA
100 nA	$0 \leq I \leq 115 \text{ nA}$	100 fA	1 pA	10 pA	100 pA
1 μA	$0 \leq I \leq 1.15 \text{ μA}$	1 pA	10 pA	100 pA	1 nA
10 μA	$0 \leq I \leq 11.5 \text{ μA}$	10 pA	100 pA	1 nA	10 nA
100 μA	$0 \leq I \leq 115 \text{ μA}$	100 pA	1 nA	10 nA	100 nA
1 mA	$0 \leq I \leq 1.15 \text{ mA}$	1 nA	10 nA	100 nA	1 μA
10 mA	$0 \leq I \leq 11.5 \text{ mA}$	10 nA	100 nA	1 μA	10 μA
100 mA	$0 \leq I \leq 100 \text{ mA}$	100 nA	1 μA	10 μA	100 μA

- a. 測定レンジをオート・レンジまたはリミテッド・オート・レンジに設定した場合の測定範囲。固定レンジに設定した場合にはレンジ値が最大測定値となります。
- b. 測定分解能は積分時間の設定に依存します。ノブ掃引測定では積分時間 80 μs ~ 560 μs に記された値となります。
- c. 初期サンプリング間隔を 480 μs 以下に設定した場合の測定分解能。

MPSMU
(ミディアム・
パワー SMU)

Figure 7-4 MPSMU 出力および測定レンジ



UGD02004

Table 7-5 MPSMU 出力電圧レンジおよび出力分解能

レンジ	出力値	出力分解能	電流コンプライアンス・レンジ
2 V	$0 \leq V \leq 2 \text{ V}$	100 μV	$\pm 100 \text{ mA}$
20 V	$0 \leq V \leq 20 \text{ V}$	1 mV	$\pm 100 \text{ mA}$
40 V	$0 \leq V \leq 40 \text{ V}$	2 mV	$\pm 50 \text{ mA}$
100 V	$0 \leq V \leq 100 \text{ V}$	5 mV	$\pm 20 \text{ mA}$

Table 7-6 MPSMU 測定電圧値および測定分解能

レンジ	測定値 ^a	測定分解能 ^b			
		積分時間			高速 サンプリング 測定 ^c
		1PLC 以上	640 μ s ~ 1.92 ms	80 μ s ~ 560 μ s	
2 V	$0 \leq V \leq 2.2$ V	2 μ V	20 μ V	200 μ V	2 mV
20 V	$0 \leq V \leq 22$ V	20 μ V	200 μ V	2 mV	20 mV
40 V	$0 \leq V \leq 44$ V	40 μ V	400 μ V	4 mV	40 mV
100 V	$0 \leq V \leq 100$ V	100 μ V	1 mV	10 mV	100 mV

- a. 測定レンジをオート・レンジまたはリミテッド・オート・レンジに設定した場合の測定範囲。固定レンジに設定した場合にはレンジ値が最大測定値となります。
- b. 測定分解能は積分時間の設定に依存します。ノブ掃引測定では積分時間 80 μ s ~ 560 μ s に記された値となります。
- c. 初期サンプリング間隔を 480 μ s 以下に設定した場合の測定分解能。

Table 7-7 MPSMU 出力電流レンジと出力分解能

レンジ	出力値	出力分解能	電圧コンプライアンス・レンジ
1 nA	$0 \leq I \leq 1$ nA	100 fA	± 100 V
10 nA	$0 \leq I \leq 10$ nA	1 pA	± 100 V
100 nA	$0 \leq I \leq 100$ nA	10 pA	± 100 V
1 μ A	$0 \leq I \leq 1$ μ A	100 pA	± 100 V
10 μ A	$0 \leq I \leq 10$ μ A	1 nA	± 100 V
100 μ A	$0 \leq I \leq 100$ μ A	10 nA	± 100 V
1 mA	$0 \leq I \leq 1$ mA	100 nA	± 100 V
10 mA	$0 \leq I \leq 10$ mA	1 μ A	± 100 V
100 mA	$0 \leq I \leq 20$ mA	10 μ A	± 100 V
	20 mA < $ I \leq 50$ mA	10 μ A	± 40 V
	50 mA < $ I \leq 100$ mA	10 μ A	± 20 V

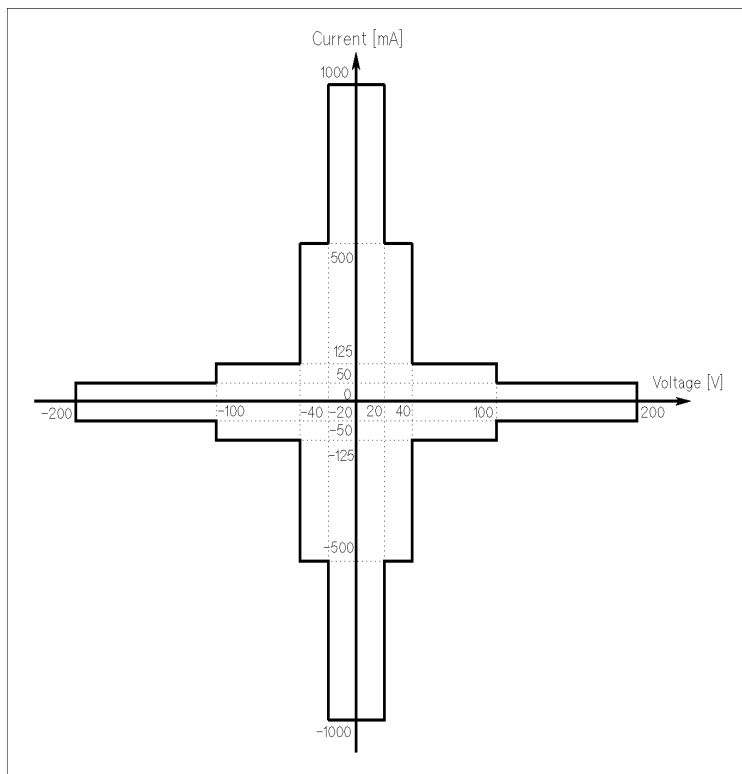
Table 7-8 MPSMU 測定電流値と測定分解能

レンジ	測定値 ^a	測定分解能 ^b			
		積分時間			高速 サンプリング 測定 ^c
		1PLC 以上	640 μs ~ 1.92 ms	80 μs ~ 560 μs	
1 nA	$0 \leq I \leq 1.15 \text{ nA}$	10 fA	10 fA	100 fA	1 pA
10 nA	$0 \leq I \leq 11.5 \text{ nA}$	10 fA	100 fA	1 pA	10 pA
100 nA	$0 \leq I \leq 115 \text{ nA}$	100 fA	1 pA	10 pA	100 pA
1 μA	$0 \leq I \leq 1.15 \text{ μA}$	1 pA	10 pA	100 pA	1 nA
10 μA	$0 \leq I \leq 11.5 \text{ μA}$	10 pA	100 pA	1 nA	10 nA
100 μA	$0 \leq I \leq 115 \text{ μA}$	100 pA	1 nA	10 nA	100 nA
1 mA	$0 \leq I \leq 1.15 \text{ mA}$	1 nA	10 nA	100 nA	1 μA
10 mA	$0 \leq I \leq 11.5 \text{ mA}$	10 nA	100 nA	1 μA	10 μA
100 mA	$0 \leq I \leq 100 \text{ mA}$	100 nA	1 μA	10 μA	100 μA

- a. 測定レンジをオート・レンジまたはリミテッド・オート・レンジに設定した場合の測定範囲。固定レンジに設定した場合にはレンジ値が最大測定値となります。
- b. 測定分解能は積分時間の設定に依存します。ノブ掃引測定では積分時間 80 μs ~ 560 μs に記された値となります。
- c. 初期サンプリング間隔を 480 μs 以下に設定した場合の測定分解能。

HPSMU
(ハイパワー SMU)

Figure 7-5 **HPSMU 出力および測定レンジ**



UGD02005

Table 7-9 **HPSMU 出力電圧レンジと出力分解能**

レンジ	出力値	出力分解能	電流コンプライアンス・レンジ
2 V	$0 \leq V \leq 2 \text{ V}$	100 μV	$\pm 1000 \text{ mA}$
20 V	$0 \leq V \leq 20 \text{ V}$	1 mV	$\pm 1000 \text{ mA}$
40 V	$0 \leq V \leq 40 \text{ V}$	2 mV	$\pm 500 \text{ mA}$
100 V	$0 \leq V \leq 100 \text{ V}$	5 mV	$\pm 125 \text{ mA}$
200 V	$0 \leq V \leq 200 \text{ V}$	10 mV	$\pm 50 \text{ mA}$

Table 7-10 HPSMU 測定電圧値および測定分解能

レンジ	測定値 ^a	測定分解能 ^b			
		積分時間			高速 サンプリング 測定 ^c
		1PLC 以上	640 μs ~ 1.92 ms	80 μs ~ 560 μs	
2 V	$0 \leq V \leq 2.2 \text{ V}$	2 μV	20 μV	200 μV	2 mV
20 V	$0 \leq V \leq 22 \text{ V}$	20 μV	200 μV	2 mV	20 mV
40 V	$0 \leq V \leq 44 \text{ V}$	40 μV	400 μV	4 mV	40 mV
100 V	$0 \leq V \leq 110 \text{ V}$	100 μV	1 mV	10 mV	100 mV
200 V	$0 \leq V \leq 200 \text{ V}$	200 μV	2 mV	20 mV	200 mV

- a. 測定レンジをオート・レンジまたはリミテッド・オート・レンジに設定した場合の測定範囲。固定レンジに設定した場合にはレンジ値が最大測定値となります。
- b. 測定分解能は積分時間の設定に依存します。ノブ掃引測定では積分時間 80 μs ~ 560 μs に記された値となります。
- c. 初期サンプリング間隔を 480 μs 以下に設定した場合の測定分解能。

Table 7-11 HPSMU 出力電流レンジと出力分解能

レンジ	出力値	出力分解能	電圧コンプライアンス・レンジ
1 nA	$0 \leq I \leq 1 \text{ nA}$	100 fA	±200 V
10 nA	$0 \leq I \leq 10 \text{ nA}$	1 pA	±200 V
100 nA	$0 \leq I \leq 100 \text{ nA}$	10 pA	±200 V
1 μA	$0 \leq I \leq 1 \text{ μA}$	100 pA	±200 V
10 μA	$0 \leq I \leq 10 \text{ μA}$	1 nA	±200 V
100 μA	$0 \leq I \leq 100 \text{ μA}$	10 nA	±200 V
1 mA	$0 \leq I \leq 1 \text{ mA}$	100 nA	±200 V
10 mA	$0 \leq I \leq 10 \text{ mA}$	1 μA	±200 V
100 mA	$0 \leq I \leq 50 \text{ mA}$	10 μA	±200 V
	$50 \text{ mA} < I \leq 100 \text{ mA}$	10 μA	±100 V
1 A	$0 \leq I \leq 50 \text{ mA}$	100 μA	±200 V
	$50 \text{ mA} < I \leq 125 \text{ mA}$	100 μA	±100 V
	$125 \text{ mA} < I \leq 500 \text{ mA}$	100 μA	±40 V
	$500 \text{ mA} < I \leq 1 \text{ A}$	100 μA	±20 V

Table 7-12 HPSMU 測定電流値と分解能

レンジ	測定値 ^a	測定分解能 ^b			
		積分時間			高速 サンプリング 測定 ^c
		1PLC 以上	640 μs ~ 1.92 ms	80 μs ~ 560 μs	
1 nA	$0 \leq I \leq 1.15 \text{ nA}$	10 fA	10 fA	100 fA	1 pA
10 nA	$0 \leq I \leq 11.5 \text{ nA}$	10 fA	100 fA	1 pA	10 pA
100 nA	$0 \leq I \leq 115 \text{ nA}$	100 fA	1 pA	10 pA	100 pA
1 μA	$0 \leq I \leq 1.15 \text{ μA}$	1 pA	10 pA	100 pA	1 nA
10 μA	$0 \leq I \leq 11.5 \text{ μA}$	10 pA	100 pA	1 nA	10 nA
100 μA	$0 \leq I \leq 115 \text{ μA}$	100 pA	1 nA	10 nA	100 nA
1 mA	$0 \leq I \leq 1.15 \text{ mA}$	1 nA	10 nA	100 nA	1 μA
10 mA	$0 \leq I \leq 11.5 \text{ mA}$	10 nA	100 nA	1 μA	10 μA
100 mA	$0 \leq I \leq 50 \text{ mA}$	100 nA	1 μA	10 μA	100 μA
	$50 \text{ mA} < I \leq 115 \text{ mA}$	100 nA	1 μA	10 μA	100 μA
1 A	$0 \leq I \leq 1 \text{ A}$	1 μA	10 μA	100 μA	1 mA

- a. 測定レンジをオート・レンジまたはリミテッド・オート・レンジに設定した場合の測定範囲。固定レンジに設定した場合にはレンジ値が最大測定値となります。
- b. 測定分解能は積分時間の設定に依存します。ノブ掃引測定では積分時間 80 μs ~ 560 μs に記された値となります。
- c. 初期サンプリング間隔を 480 μs 以下に設定した場合の測定分解能。

SMU パルス出力

SMU をパルス電源として使用するには以下のパラメータを設定します。

パルス幅 0.5 ms から 100 ms、100 μ s 分解能

パルス周期 5 ms から 1 s、100 μ s 分解能

ただし パルス周期 \geq パルス幅 + 4 ms

以下の場合、SMU は設定通りのパルスを出力できないことがあります。

- ・ 測定レンジがコンプライアンス・レンジ（コンプライアンス値を含む最小レンジ）と異なる場合。
- ・ レンジジング・モードがオートまたはリミテッド・オートである場合。
- ・ 多チャンネル測定を行う場合。

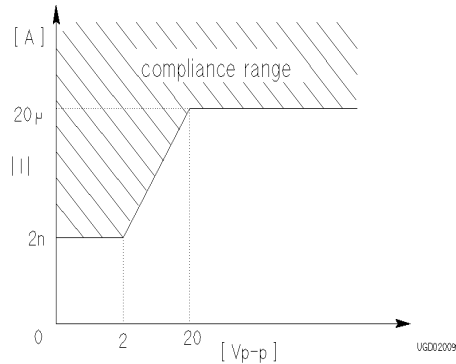
パルス出力時のコンプライアンス

SMU でパルス出力を行う場合、コンプライアンス設定範囲は以下のようになります。

- ・ 電流コンプライアンス

測定ユニットとファンクション 測定ユニット

SMU をパルス電圧源として使用する場合、電流コンプライアンスの有効設定範囲は以下のようになります。



$$\begin{array}{ll}
 0 < |V_{p-p}| < 2 \text{ V} & |I| > 2 \text{ nA} \\
 2 < |V_{p-p}| < 20 \text{ V} & |I| > 1.111\text{E-}6 \times |V_{p-p}| - 2.22\text{E-}6 \\
 20 < |V_{p-p}| & |I| > 20 \text{ }\mu\text{A}
 \end{array}$$

・ 電圧コンプライアンス

SMU をパルス電流源として使用する場合、電圧コンプライアンスの有効設定範囲は以下のようになります。

- ・ 電流値が $|I| \leq 10 \text{ }\mu\text{A}$ の場合：2 V 以下。
- ・ 電流値が $|I| > 10 \text{ }\mu\text{A}$ の場合：前節に記述されている表の通り。

ここで、I はパルス出力モードに依存します。以下を参照してください。

定電流パルス出力時 PEAK値とBASE値の絶対値のいずれか大きい値。

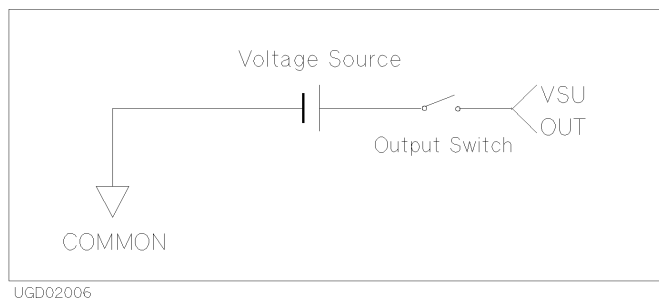
パルス掃引実行時 START値とSTOP値の絶対値のいずれか大きい値。

VSU – 電圧源ユニット

VSU の概略回路図を Figure 7-6 に示します。

Figure 7-6

VSU 概略回路図



- ・ 出力範囲：±20 V、分解能 1 mV
- ・ 出力レンジ：20 V レンジ固定。
- ・ 電流コンプライアンス：自動的に±100 mA に設定されます。

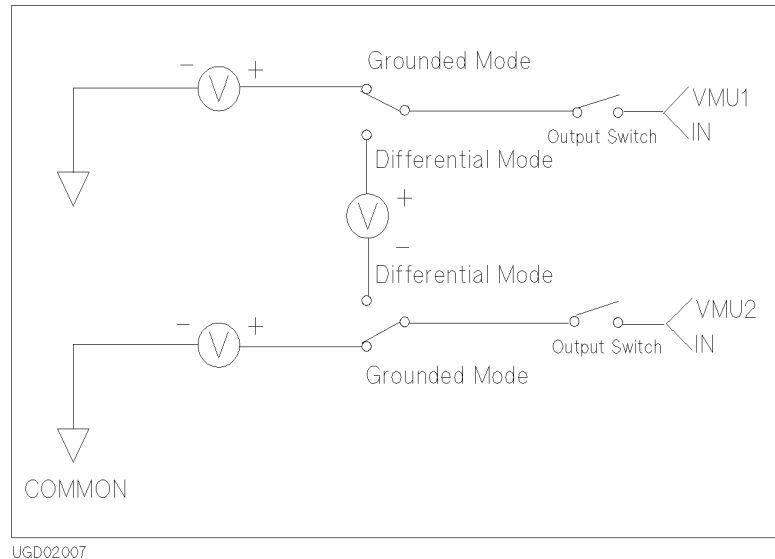
VMU – 電圧測定ユニット

VMUには接地測定モードと差動測定モードがあります。差動測定モードでは、VMUを2ユニット使用します。

VMUの概略回路図をFigure 7-7に示します。VMUは20 Vまでの測定に使用できます。VMUの電圧測定範囲をTable 7-13に記します。

Figure 7-7

VMU 概略回路図



NOTE

高インピーダンス DUT

高インピーダンスの DUT を測定する場合、VMU の入力リーク電流のために誤差を生じる可能性があります。

測定誤差を調べるには、以下の測定を実行します。

1. SMU を DUT に接続する。
2. SMU から DUT に 1 pA 以下の低電流を流します。
3. SMU で電圧測定します。
4. SMU と VMU で測定された電圧を比較します。

Table 7-13 VMU 電圧レンジと分解能

測定モード	レンジ ^a	測定分解能 ^b			
		積分時間			高速 サンプリング 測定 ^c
		1PLC 以上	640 μ s ~ 1.92 ms	80 μ s ~ 560 μ s	
接地測定	2 V	2 μ V	20 μ V	200 μ V	2 mV
	20 V	20 μ V	200 μ V	2 mV	20 mV
差動測定	0.2 V	0.2 μ V	2 μ V	20 μ V	200 μ V
	2 V	2 μ V	20 μ V	200 μ V	2 mV

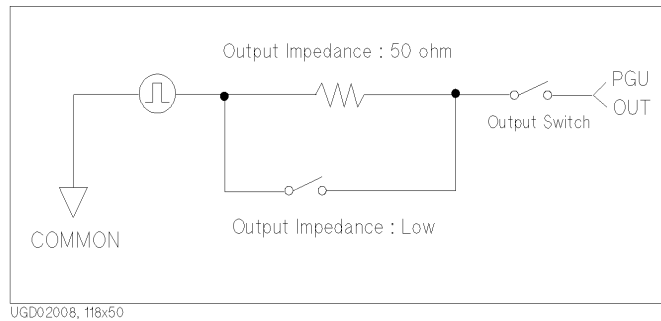
- a. ノブ掃引測定では、20 V レンジ（接地測定）と 2 V レンジ（差動測定）が有効です。
- b. 測定分解能は積分時間の設定に依存します。ノブ掃引測定では、2 mV（接地測定）または 200 μ V（差動測定）になります。
- c. 初期サンプリング間隔を 480 μ s 以下に設定した場合の測定分解能。

PGU –パルス・ジェネレータ・ユニット

PGU は 41501A/B エキスパンダ（オプション 402、412、または 422）に 2 チャンネル搭載されています。PGU はパルス電源または dc 電源として動作します。PGU の概略回路図を Figure 7-8 に示します。パルス出力を行う場合には、出力インピーダンスを 50 Ω または低インピーダンス（約 0 Ω）に設定します。

Figure 7-8

PGU 概略回路図



PGU の出力値は、出力端子がオープン状態で出力される値として定義されています。従って、出力端子に負荷が接続され、出力インピーダンスを 50 Ω に設定した場合、設定通りの出力が行われません。例えば、接続された負荷が 50 Ω、出力インピーダンスの設定が 50 Ω、出力の設定値が 2 V であれば、実際の出力値は 1 V となります。

PGU 出力の設定範囲と分解能を Table 7-14 に示します。

Table 7-14

PGU 出力設定範囲と分解能

レンジ	ピーク電圧 ^a	ベース電圧	分解能	最大電流 ^b
20 V	$0 \leq V \leq 20 \text{ V}$	$0 \leq V \leq 20 \text{ V}$	4 mV	$\pm 100 \text{ mA}$
40 V	$0 \leq V \leq 40 \text{ V}$	$0 \leq V \leq 40 \text{ V}$	8 mV	$\pm 100 \text{ mA}$

a. 最大電圧 (p-p) は 40 V です。

b. パルス幅 1 ms 以下、パルス・デューティ 50 % 以下、平均出力電流 $\pm 100 \text{ mA}$ 以下の場合、ピーク電流は $\pm 200 \text{ mA}$ になります。

PGU に接続された負荷のインピーダンスが PGU の出力インピーダンス値と異なる場合、平均出力電流が 100 mA を越えることがあります。その場合、警告メッセージを表示します。

PGU 2 チャンネルを使用する場合、PGU の出力は互いに同期します。しかし、PGU 以外の測定ユニットとは同期しません。

次に、パルス設定パラメータについて説明します。設定フィールドの詳細については、*セットアップ・スクリーン・リファレンス*を参照してください。

パルス・カウント

設定範囲：1 から 65535。PGU 2 チャンネルを使用する場合は、両方の PGU に同じパルス・カウントが設定されます。それぞれに異なるパルス・カウントを設定することはできません。

パルス周期、パルス幅、ディレイ時間

これらのパラメータの有効設定範囲には相互関連があります。Table 7-15 を参照してください。例えば、パルス周期を「レンジ 1」の範囲に設定する場合、パルス幅、ディレイ時間も「レンジ 1」の範囲に設定します。

PGU 2 チャンネルを使用する場合、パルス周期の設定は共通です。従って、パルス周期を「レンジ 1」の範囲に設定する場合、2 つの PGU のパルス幅、ディレイ時間の設定も「レンジ 1」の範囲に設定します。

Table 7-15

パルス周期、パルス幅、およびディレイ時間の設定範囲

レンジ	パルス周期	パルス幅	ディレイ時間 ^a	分解能
1	2.0 μ s ~ 100.0 μ s	1.0 μ s ~ 99.9 μ s	0 ~ 100.0 μ s	0.1 μ s
2	100 μ s ~ 1000 μ s	1 μ s ~ 999 μ s	0 ~ 1000 μ s	1 μ s
3	1.00 ms ~ 10.00 ms	0.01 ms ~ 9.99 ms	0 ~ 10.00 ms	10 μ s
4	10.0 ms ~ 100.0 ms	0.1 ms ~ 99.9 ms	0 ~ 100.0 ms	100 μ s
5	100 ms ~ 1000 ms	1 ms ~ 999 ms	0 ~ 1000 ms	1 ms
6	1.00 s ~ 10.00 s	0.01 s ~ 9.99 s	0 ~ 10.00 s	10 ms

a. ディレイ時間の設定範囲：0 ≤ ディレイ時間 ≤ パルス周期の設定値

立上がり過渡時間と立下がり過渡時間

これらのパラメータの有効設定範囲には相互関連があります。Table 7-16 を参照してください。たとえば、立上り過渡時間を「レンジ 1」の範囲に設定する場合、立下がり過渡時間も「レンジ 1」の範囲に設定します。

Table 7-16 立上り過渡時間と立下がり過渡時間の設定範囲と分解能

レンジ	立上り過渡時間および立下がり過渡時間	分解能
1	100 ns ~ 1000 ns	1 ns
2	0.50 μ s ~ 10.00 μ s	10 ns
3	5.0 μ s ~ 100.0 μ s	100 ns
4	50 μ s ~ 1000 μ s	1 μ s
5	0.5 ms ~ 10.00 ms	10 μ s

設定上の制限：

- ・ 立上り過渡時間 < パルス幅 \times 0.8
- ・ 立下がり過渡時間 < (パルス周期 - パルス幅) \times 0.8
- ・ 立上り過渡時間と立下がり過渡時間は同じレンジに示される範囲内にあること

出力インピーダンス

50 Ω または低インピーダンス (約 0 Ω) の選択ができます。

トリガ出力

PGU を搭載した 41501A/B にはトリガ出力端子があります。この端子は、外部のパルス・ジェネレータと同期をとるために必要なトリガ信号を出力します。トリガ機能の詳細については、第 8 章を参照してください。

コンプライアンス

コンプライアンス機能は SMU (HPSMU, MPSMU, HRSMU) および VSU に有効です。

過電流、過電圧または過電力によるテスト・デバイスの破壊を防ぐために、SMU にコンプライアンスの設定を行うことができます。

VSU のコンプライアンスは常に約 ± 100 mA です。設定を変更することはできません。

電圧／電流コンプライアンス

電圧コンプライアンスと電流コンプライアンスは、出力電流や出力電圧と同じ分解能と確度で設定できるリミッタです。電流出力の SMU には電圧コンプライアンス、電圧出力の SMU には電流コンプライアンスを設定します。

コンプライアンスに達すると、測定ユニットは定電流源／定電圧源として働きます。コンプライアンス到達時の出力値を保持します。

電圧および電流コンプライアンスの設定範囲と分解能を Table 7-17 から Table 7-20 に記します。

極性と出力範囲

- 電圧コンプライアンスの極性

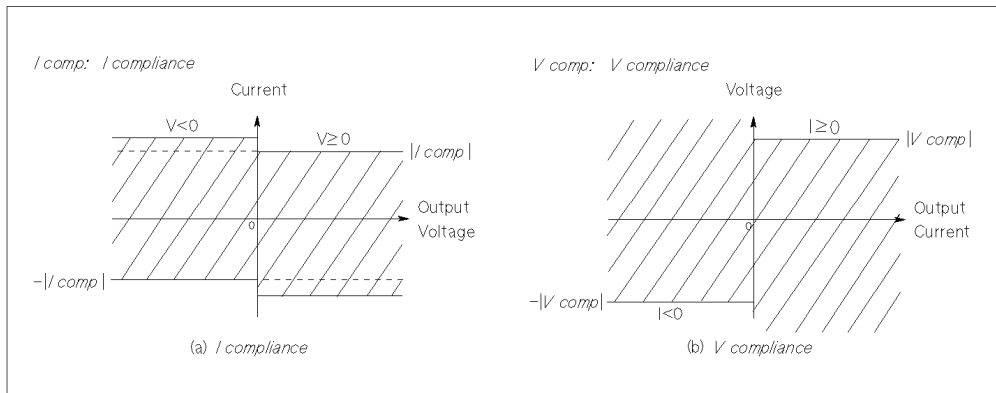
極性 (POLARITY) の設定値にかかわらず、出力電流と同じ極性に設定されます。コンプライアンスは反対の極性には機能しません。

- 電流コンプライアンスの極性

極性 (POLARITY) の設定値にかかわらず、正負両方に設定されます。

ただし、出力電圧の極性が電流コンプライアンスの極性の設定値と反対であった場合、電流コンプライアンスの絶対値 $|I_{compliance}|$ は、電流コンプライアンス値 $I_{compliance}$ を含む最小レンジのレンジ値の 2.5 % から 12 % だけ大きくなります。この関係を Figure 7-9 に示します。

Figure 7-9 コンプライアンスと出力の関係



UGD04017

COMMON ユニットの電流コンプライアンス

COMMON に設定されたユニットの電流コンプライアンスは、自動的に以下のように設定されます。変更することはできません。

GNDU	1.6 A
HRSMU	105 mA
MPSMU	105 mA
HPSMU	1 A

Table 7-17 電圧コンプライアンス設定範囲

ユニット	出力範囲	電圧コンプライアンス 設定範囲
HRSMU	10 pA ~ 10 mA	0 ~ 100 V
	100 mA ($0 \leq I \leq 20$ mA)	0 ~ 100 V
	100 mA (20 mA < $ I \leq 50$ mA)	0 ~ 40 V
	100 mA (50 mA < $ I \leq 100$ mA)	0 ~ 20 V
MPSMU	1 nA ~ 10 mA	0 ~ 100 V
	100 mA ($0 \leq I \leq 20$ mA)	0 ~ 100 V
	100 mA (20 mA < $ I \leq 50$ mA)	0 ~ 40 V
	100 mA (50 mA < $ I \leq 100$ mA)	0 ~ 20 V

ユニット	出力範囲	電圧コンプライアンス 設定範囲
HPSMU	1 nA ~ 10 mA	0 ~ 200 V
	100 mA ($0 \leq I \leq 50$ mA)	0 ~ 200 V
	100 mA (50 mA < $ I \leq 115$ mA)	0 ~ 100 V
	1 A ($0 \leq I \leq 50$ mA)	0 ~ 200 V
	1 A (50 mA < $ I \leq 125$ mA)	0 ~ 100 V
	1 A (125 mA < $ I \leq 500$ mA)	0 ~ 40 V
	1 A (500 mA < $ I \leq 1$ A)	0 ~ 20 V

Table 7-18

電圧コンプライアンス分解能

ユニット	電圧コンプライアンス	分解能
HRSMU	0 V $\leq V \leq 2$ V	100 μ V
MPSMU	2 V < $ V \leq 20$ V	1 mV
HPSMU	20 V < $ V \leq 40$ V	2 mV
	40 V < $ V \leq 100$ V	5 mV
	100 V < $ V \leq 200$ V	10 mV

Table 7-19

電流コンプライアンス設定レンジ

ユニット	出力範囲	電流コンプライアンス 設定範囲
HRSMU	2 V	100 fA ~ 100 mA
	20 V	100 fA ~ 100 mA
	40 V	100 fA ~ 50 mA
	100 V	100 fA ~ 20 mA
MPSMU	2 V	1 pA ~ 100 mA
	20 V	1 pA ~ 100 mA
	40 V	1 pA ~ 50 mA
	100 V	1 pA ~ 20 mA

測定ユニットとファンクション
コンプライアンス

ユニット	出力範囲	電流コンプライアンス 設定範囲
HPSMU	2 V	1 pA ~ 1000 mA
	20 V	1 pA ~ 1000 mA
	40 V	1 pA ~ 500 mA
	100 V	1 pA ~ 125 mA
	200 V	1 pA ~ 50 mA

Table 7-20

電流コンプライアンス分解能

ユニット	電流コンプライアンス	分解能
HRSMU	$100 \text{ fA} \leq I \leq 100 \text{ pA}$	10 fA
	$100 \text{ pA} < I \leq 1 \text{ nA}$	100 fA
	$1 \text{ nA} < I \leq 10 \text{ nA}$	1 pA
	$10 \text{ nA} < I \leq 100 \text{ nA}$	10 pA
	$100 \text{ nA} < I \leq 1 \text{ }\mu\text{A}$	100 pA
	$1 \text{ }\mu\text{A} < I \leq 10 \text{ }\mu\text{A}$	1 nA
	$10 \text{ }\mu\text{A} < I \leq 100 \text{ }\mu\text{A}$	10 nA
	$100 \text{ }\mu\text{A} < I \leq 1 \text{ mA}$	100 nA
	$1 \text{ mA} < I \leq 10 \text{ mA}$	1 μA
MPSMU	$10 \text{ mA} < I \leq 100 \text{ mA}$	10 μA
	$1 \text{ pA} \leq I \leq 1 \text{ nA}$	100 fA
	$1 \text{ nA} < I \leq 10 \text{ nA}$	1 pA
	$10 \text{ nA} < I \leq 100 \text{ nA}$	10 pA
	$100 \text{ nA} < I \leq 1 \text{ }\mu\text{A}$	100 pA
	$1 \text{ }\mu\text{A} < I \leq 10 \text{ }\mu\text{A}$	1 nA
	$10 \text{ }\mu\text{A} < I \leq 100 \text{ }\mu\text{A}$	10 nA
	$100 \text{ }\mu\text{A} < I \leq 1 \text{ mA}$	100 nA
	$1 \text{ mA} < I \leq 10 \text{ mA}$	1 μA

ユニット	電流コンプライアンス	分解能
HPSMU	$1 \text{ pA} \leq I \leq 1 \text{ nA}$	100 fA
	$1 \text{ nA} < I \leq 10 \text{ nA}$	1 pA
	$10 \text{ nA} < I \leq 100 \text{ nA}$	10 pA
	$100 \text{ nA} < I \leq 1 \text{ } \mu\text{A}$	100 pA
	$1 \text{ } \mu\text{A} < I \leq 10 \text{ } \mu\text{A}$	1 nA
	$10 \text{ } \mu\text{A} < I \leq 100 \text{ } \mu\text{A}$	10 nA
	$100 \text{ } \mu\text{A} < I \leq 1 \text{ mA}$	100 nA
	$1 \text{ mA} < I \leq 10 \text{ mA}$	1 } \mu\text{A}
	$10 \text{ mA} < I \leq 100 \text{ mA}$	10 } \mu\text{A}
	$100 \text{ mA} < I \leq 1 \text{ A}$	100 } \mu\text{A}

パワー・コンプライアンス

電圧コンプライアンスと電流コンプライアンスの他にパワー・コンプライアンスがあります。これは、掃引測定の変数VAR1、VAR2、およびVAR1'チャンネルに設定可能です。ただし、パルス (VPULSEまたはIPULSE) をVAR1またはVAR1'に設定した場合、パワー・コンプライアンスを設定することはできません。

各SMUのパワー・コンプライアンスの設定範囲は以下のようになります。

HRSMU	1 ~ 2 W
MPSMU	1 ~ 2 W
HPSMU	1 ~ 20 W

電圧掃引源に電流コンプライアンスとパワー・コンプライアンスを設定する場合、電流コンプライアンスは出力電圧ステップ毎に変化します。電流コンプライアンスは、設定値と以下のI_{comp}値のどちらか小さい方の値に設定されます (Figure 7-10 (a))。

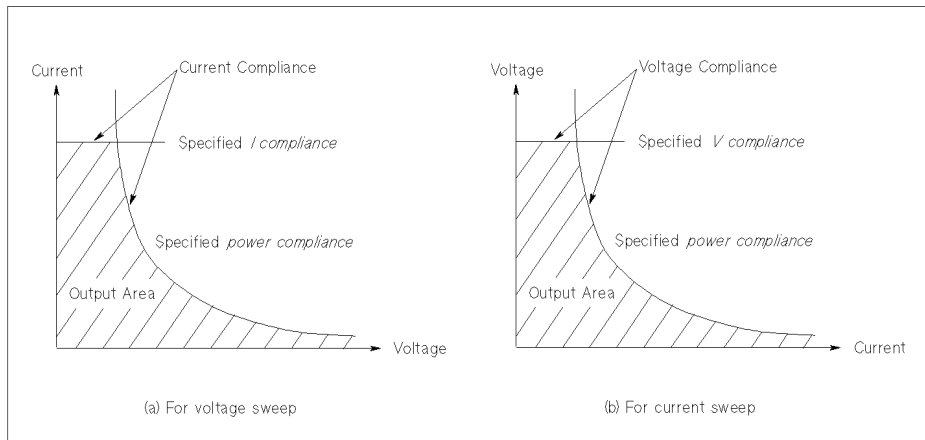
$I_{\text{comp}} = \text{パワー・コンプライアンス} / \text{ステップ電圧}$

電流掃引源に電圧コンプライアンスとパワー・コンプライアンスを設定する場合、電圧コンプライアンスは電流出力カステップ毎に変化します。電圧コンプライアンスは、設定値と以下のV_{comp}値のどちらか小さい方の値に設定されます (Figure 7-10 (b))。

$V_{\text{comp}} = \text{電力コンプライアンス} / \text{ステップ電流}$

Figure 7-10

パワー・コンプライアンス出力領域

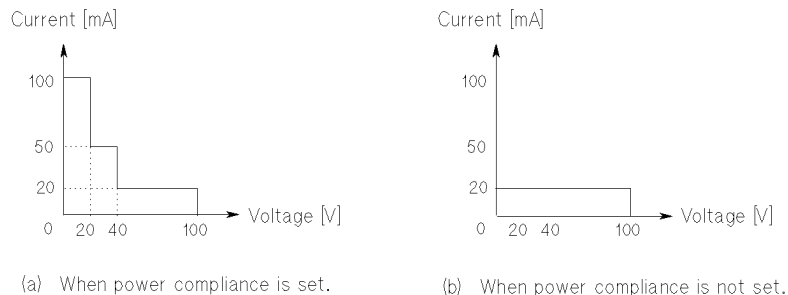


UGD04018

パワー・コンプライアンスを設定する場合、電圧（または電流）出力レンジと電流（または電圧）コンプライアンス・レンジを変更させながら電圧（または電流）掃引を行います。従って SMU は最大出力の限界で掃引を行うことができます。Figure 7-11 はパワー・コンプライアンスを設定した場合と設定しない場合の SMU 出力の違いを示しています。

Figure 7-11

MPSMU で電圧掃引 (0 V ~ 100 V) を行う場合の電流出力範囲



パワー・コンプライアンスを設定すると、ここで述べたレンジ変更のために測定時間が長くなります。このレンジ変更が行われる時、SMU の出力は一時的に 0 V になります。

測定レンジ

測定を行う前に、以下のモードからレンジング・モードを選択します。測定ユニット毎に設定することができます。

- ・ オート・レンジ
- ・ リミテッド・オート・レンジ
- ・ コンプライアンス・レンジ
- ・ 固定レンジ

測定モード毎に使用可能なレンジング・モードを以下に示します。

測定モード	レンジング・モード
掃引測定	オート、リミテッド・オート、固定レンジ
サンプリング測定 (INTERVAL ^a ≥ 2 ms)	オート、リミテッド・オート、固定レンジ
サンプリング測定 (INTERVAL ^a < 2 ms)	固定レンジ
ノブ掃引測定	コンプライアンス・レンジ

a. MEASURE: SAMPLING SETUP 画面に設定する INITIAL INTERVAL (初期サンプリング間隔) の値。

掃引測定またはサンプリング測定 (初期サンプリング間隔 ≥ 2 ms) 実行時にレンジング・モードを設定しなかった場合、電圧測定モードのユニットにはオート・レンジ、電流測定モードのユニットにはリミテッド・オート・レンジ (1 nA) が自動的に設定されます。

サンプリング測定 (初期サンプリング間隔 < 2 ms) 実行時に固定レンジを設定しない場合、エラーとなります。

オート・レンジ

測定値に対して最高分解能で測定を行うことのできる測定レンジを自動的に探して、そのレンジを用いて測定します。

- ・ 電圧測定
 - 1つずつ測定レンジを変更していき、測定値が 10 % から 110 % の間に入るレンジで測定を行います。
 - ・ 電流測定
 - ・ 1 A ~ 1 μ A
 - 1つずつ測定レンジを変更していき、測定値が 10 % から 114 % の間に入るレンジで測定を行います。
 - 現在の測定レンジが 100 μ A レンジ以上の場合、測定値がレンジ値の 1 % 未満であれば、2 レンジずつ下げながら測定レンジを探します。
 - ・ 100 nA ~ 100 pA
 - 1つずつ測定レンジを変更していき、測定値が 10 % から 114 % の間に入るレンジで測定を行います。
 - ・ 10 pA
 - 測定値がレンジ値の 104 % を越える場合、100 pA レンジに変えます。
- 電流測定におけるオート・レンジ動作を拡張することができます。「電流測定オート・レンジ拡張機能 (P. 7-33)」を参照してください。

リミテッド・オート・レンジ

オート・レンジと同様の動作を行います。選択した値以上の測定レンジを使用します。例えば、10 nA リミテッド・オートを選択した場合、1 nA以下の測定レンジは使用しません。従って、レンジ変更の回数が減り、オート・レンジよりも短時間で測定することができます。

測定値に対して最高分解能で測定を行うことのできる測定レンジを自動的に探して、そのレンジを用いて測定します。ただし、選択した値以上のレンジだけを使います。

- ・ 電圧測定

1つずつ測定レンジを変更していき、測定値が10%から110%の間に入るレンジで測定を行います。

選択した値が電圧コンプライアンスを含む最小レンジより大きい場合、測定は電圧コンプライアンスを含む最小レンジを使用します。

- ・ 電流測定

- ・ 1 A ~ 1 μ A

1つずつ測定レンジを変更していき、測定値が10%から114%の間に入るレンジで測定を行います。

現在の測定レンジが100 μ Aレンジ以上の場合、測定値がレンジ値の1%未満であれば、2レンジずつ下げながら測定レンジを探します。

- ・ 100 nA ~ 100 pA

1つずつ測定レンジを変更していき、測定値が10%から114%の間に入るレンジで測定を行います。

- ・ 10 pA

測定値がレンジ値の104%を越える場合、100 pAレンジに変えます。

選択した値が電流コンプライアンスを含む最小レンジより大きい場合、エラーを生じます。

コンプライアンス・レンジ

ノブ掃引測定ではコンプライアンス・レンジを使用します。

- ・ 電圧測定

電圧コンプライアンスを含む最小レンジで測定を行います。

VMU のコンプライアンス・レンジは自動的に以下のように設定されます。

- ・ 接地モード : 20 V
- ・ 差動モード : 2 V

- ・ 電流測定

電流コンプライアンスを含む最小レンジで測定を行います。

コンプライアンスの詳細については、コンプライアンス (P. 7-23) を参照してください。

固定レンジ

設定されたレンジで測定を行います。

電流測定では、設定レンジが電流コンプライアンスを含む最小レンジより大きい場合、エラーを生じます。

電流測定オート・レンジ拡張機能

電流測定をオート・レンジで行う場合、レンジ切り替え動作を拡張することができます。この機能の設定は SYSTEM: CONFIGURATION 画面の AUTO RANGING MODE フィールド (MODE と RATE) で行います。設定値は電流測定を行う全 SMU に適用されます。

MODE オート・レンジ動作を特定します。1 (初期値)、2、または 3。設定値によって下記の動作を行います。

RATE 下記 *current* 値の計算に使用される RATE 値を入力します。11 から 100、初期値 50。

- MODE=1 :
通常のオート・レンジと同じ動作を行います。
- MODE=2 :
次の条件が満たされると、測定後に測定レンジを 1 つ上に変更します。
測定データ \geq *current1*
- MODE=3 :
次の条件が満たされると、測定中に測定レンジを 1 つ下に変更します。
測定データ \leq *current2*
また、次の条件が満たされると、測定後に測定レンジを 1 つ上に変更します。
測定データ \geq *current1*

ここで、*current1*、*current2*は次の式で与えられます。

$$current1 = \text{レンジ値} \times \text{RATE}/100$$

$$current2 = \text{レンジ値} \times \text{RATE}/1000$$

例えば、レンジ値 = 10 mA、RATE = 90 であれば、次の値を示します。

$$current1 = 9 \text{ mA}$$

$$current2 = 0.9 \text{ mA}$$

測定時間

測定時間は、積分時間、測定レンジなどの測定条件に依存しており、以下の式で表現できます。

測定時間 = 積分時間 + オーバーヘッド時間

積分時間は、単に測定に必要な時間であり、測定レンジの変更、測定データの補正などに要する時間はオーバーヘッド時間とみなします。

積分時間

4155C/4156C は、電源など様々なノイズ源による測定誤差を減らすために、複数回の測定を行ってデータの平均化を行います。1つの測定データを得るために行われる測定回数は積分時間の設定で決まり、積分時間を長くするほど精度のよい測定結果を得ることができます。積分時間はすべての測定ユニットに適用されます。

掃引測定モード、サンプリング測定モードでは、MEASURE:MEASURE SETUP 画面の INTEG TIME テーブルに積分時間を設定します。使用する積分時間は Integ Time フロントパネル・キー (**Long**、**Medium**、**Short**) で選択します。

QSCV 測定モードでは、MEASURE:QSCV MEASURE SETUP 画面の INTEG TIME テーブルに積分時間を設定します。**Long**、**Medium**、**Short** キーは無効です。

NOTE

ADC ゼロ機能 (LONG、MEDIUM)

電圧測定、および 10 nA 以上の測定レンジを使用する電流測定では、ADC のオフセットを除去するために ADC ゼロ機能が自動的に働きます。ADC ゼロ機能が動作した場合の積分時間は、設定値の 2 倍となります。

FLEX コマンド・モードではこの機能をオフすることができます。AZ コマンドを使用します。

LONG

高精度、高分解能の測定を行います。LONG に設定するには、**Long** フロントパネル・キーを押します。

初期値 16 PLC (電源周波数 50Hz では 0.32 (=16/50) 秒、60Hz では 0.27 (=16/60) 秒)

積分時間 設定有効値 : 2 PLC ~ 100 PLC、1 PLC 分解能
ただし、電流測定では Table 7-21 のように設定されます。

MEDIUM

積分時間を自動的に設定します。積分時間を変更することはできません。MEDIUM に設定するには **Medium** フロントパネル・キーを押します。

積分時間 1 PLC (電源周波数 50Hz では 0.02 (=1/50) 秒、60Hz では 0.0167 (=1/60) 秒)

ただし、電流測定では Table 7-22 のように設定されます。

SHORT

高速測定を行います。SHORT に設定するには **Short** フロントパネル・キーを押します。SHORT では ADC ゼロ機能は常に無効です。

初期値 640 μ s

積分時間 設定有効値 : 80 μ s ~ 1.92 ms、80 μ s 分解能

電流測定で積分時間を 960 ms ~ 1.92 ms の範囲に設定した場合、積分時間は Table 7-23 のように設定されます。

Table 7-21

LONG における積分時間 (ADC ゼロなし)

測定レンジ	積分時間 (最大 100 PLC)
10 pA	常に 100 PLC (HRSMU)
100 pA	設定値 \times 10 (HRSMU)
1 nA	設定値 \times 5 (HRSMU)
	設定値 (MPSMU / HPSMU)
10 nA ~ 100 mA	設定値
1 A	設定値 (HPSMU)

Table 7-22

MEDIUM における積分時間 (ADC ゼロなし)

測定レンジ	積分時間
10 pA	50 PLC (HRSMU)
100 pA	10 PLC (HRSMU)
1 nA	5 PLC (HRSMU)
	3 PLC (MPSMU / HPSMU)
10 nA ~ 100 mA	1 PLC
1 A	1 PLC (HPSMU)

測定ユニットとファンクション
測定時間

Table 7-23

SHORT における積分時間（積分時間：0.96 ～ 1.92 ms）

測定レンジ	積分時間	ユニットと電圧レンジ ^a
10 pA	10 PLC	HRSMU
100 pA	2 PLC	HRSMU
1 nA	1 PLC	HRSMU
	設定値	MPSMU/HPSMU (40 V レンジ以下を使用)
	設定値 × 2	MPSMU/HPSMU (100 V レンジを使用)
	設定値 × 4	HPSMU (200 V レンジを使用)
10 nA	設定値 × 4	HRSMU
	設定値	MPSMU / HPSMU
100 nA	設定値 × 2	HRSMU (20 V レンジ以下を使用)
	設定値 × 4	HRSMU (40 V レンジ以上を使用)
	設定値	MPSMU/HPSMU (20 V レンジ以下を使用)
	設定値 × 2	MPSMU/HPSMU (40 V レンジを使用)
	設定値 × 4	MPSMU/HPSMU (100 V レンジを使用)
	設定値 × 8	HPSMU (200 V レンジを使用)
1 μA	設定値	HRSMU / MPSMU
	設定値	HPSMU (100 V レンジ以下を使用)
	設定値 × 2	HPSMU (200 V レンジを使用)
10 μA	設定値	HRSMU (2 V レンジを使用)
	設定値 × 2	HRSMU (20 V レンジ以上を使用)
	設定値	MPSMU/HPSMU (20 V レンジ以下を使用)
	設定値 × 2	MPSMU/HPSMU (40 V レンジを使用)
	設定値 × 3	MPSMU/HPSMU (100 V レンジを使用)
	設定値 × 6	HPSMU (200 V レンジを使用)
100 μA ～ 100 mA	設定値	HRSMU / MPSMU / HPSMU
1 A	設定値	HPSMU

a. 電圧レンジは、電圧印加に使用する出力レンジです。

オーバーヘッド時間

オーバーヘッド時間は、測定レンジの変更などに要する時間です。この時間は測定条件によって変動するもので、意図的に設定することはできません。オーバーヘッド時間の主な要素を以下に示します。

- 測定中のレンジ変更時間（オートまたはリミテッド・オート・レンジで測定した場合）
- 測定開始時のレンジ変更時間（コンプライアンス値より低い測定レンジが使用された場合）

ソース印加時間の設定

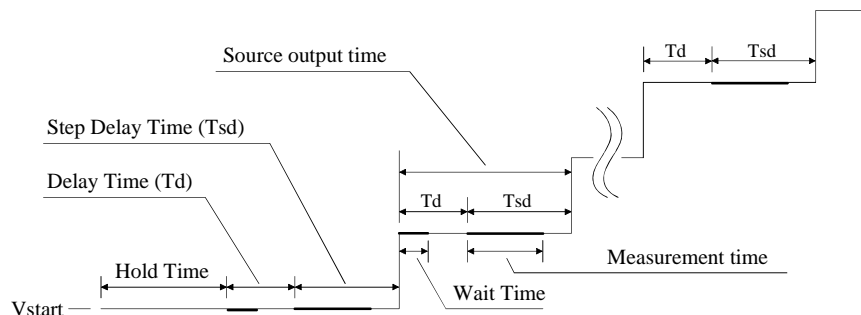
オーバーヘッド時間の説明にあるように、測定時間を意図的に設定することはできません。そのかわりに掃引測定では、測定時間を含むソース印加時間を設定することができます。ソース印加時間を一定に保つためには、以下の条件を満足させる必要があります。

- ディレイ時間 \geq ウェイト時間
- ステップ・ディレイ時間 \geq 測定時間

ウェイト時間はソース出力開始から測定開始までの間に必ず取られる待ち時間です。この値の設定は MEASURE:MEASURE SETUP 画面で行います。

測定時間を知るには、ソース出力値以外の測定条件を同じ値に設定してサンプリング測定を行います。測定結果の @TIME 値の間隔から、大まかな測定時間を知ることができます。

ディレイ時間、ホールド時間の設定は MEASURE:SWEEP SETUP 画面で、ステップ・ディレイ時間の設定は MEASURE:OUTPUT SEQUENCE 画面で行います。ステップ・ディレイ時間は掃引測定だけに有効です。これらパラメータについては [セットアップ・スクリーン・リファレンス](#) を参照してください。



SMU フィルター

SMU 出力のノイズ、オーバーシュートを軽減するために、SMU フィルタを使用します。SMU フィルタをオンにすると、出力波形を整える分、セトリング時間が長くなります。

- 掃引測定

自動的に以下のように設定されます。設定を変更することはできません。

dc 出力時 フィルタ ON

パルス出力時 フィルタ OFF

- サンプリング測定

フィルタの使用によって数 ms のセトリング時間が必要です。

初期サンプリング間隔 (INITIAL INTERVAL 値) の設定が数 ms 以下の場合、設定通りの出力が得られないことがあります。

MEASURE: SAMPLING SETUP 画面の FILTER フィールドで設定を行います。

FILTER=ON フィルタを使用します。

FILTER=OFF フィルタを使用しません。

- ストレス出力

SMU を使用して dc ストレスを印加する場合に有効です。

数 10 ms 以下のストレス印加でフィルタを使用すると、ストレス印加時間の精度が悪くなります。

STRESS: STRESS SETUP 画面の FILTER フィールドを使用します。

FILTER=ON フィルタを使用します。

FILTER=OFF フィルタを使用しません。

セルフ・キャリブレーション

Agilent 4155C/4156C はセルフ・キャリブレーション機能を搭載しています。セルフ・キャリブレーションを実行するには、以下の操作を行います。

1. 測定端子をオープンにします。
2. **System** フロントパネル・キーを押します。
3. CALIB/DIAG ソフトキーを選択します。
SYSTEM: SELF-CALIBRATION/DIAGNOSTICS 画面が表示されます。
4. CALIB ALL ソフトキーを選択します。

キャリブレーション終了後、画面に結果が表示されます。

NOTE

キャリブレーション実行中に測定を行うことはできません。

オート・キャリブレーション

4155C/4156C はオート・キャリブレーション機能を備えています。この機能は、測定後、30 分毎に自動的にキャリブレーションを実行します。この機能を有効にするには、以下の操作を行います。

1. フィールド・ポインタを AUTO CALIB フィールドに移動します。
2. ON ソフトキーを選択します。

NOTE

この機能を有効にした場合、測定後、必ず測定端子をオープンにする、あるいは、測定端子と被測定デバイスの接続を切り離すようにしてください。キャリブレーション実行時には測定端子をオープンにする必要があります。

オフセット除去機能

オフセット除去機能は、測定ケーブルやプローバなどの抵抗やリーク電流などによって生じる誤差（オフセット）を除去するための機能です。QSCV 測定時のオフセット除去機能については、QSCV オフセット除去機能（P. 7-43）を参照してください。

オフセット除去機能は以下の測定に有効です：

- SMU による低電流測定（測定レンジ 10 nA 以下）
- VMU による差動電圧測定

オフセットの測定

オフセットを以下のように測定します。

1. デバイス側ケーブル端にて測定端子をオープンにします。
2. MEASURE: MEASURE SETUP 画面の MEASUREMENT RANGE テーブルを用いてレンジング・モードを設定します。有効なレンジング・モードを Table 7-24 に記します。
3. グリーン・キー、**Stop** フロントパネル・キーを順に押します。ZERO CANCEL フィールドの設定が自動的に ON となり、オフセット測定を実行します。このデータをオフセット除去に使用します。

オフセットの許容値を Table 7-25 に記します。オフセットが許容値を超えた場合、その測定系のオフセット測定を行いません。そのような測定系には、OFFSET CANCEL テーブル内に*がつけられます。この測定系のオフセット除去には以前のデータを使用します。オフセット・データの初期値は 0 です。

NOTE

オフセット測定中の積分時間設定値は、現在の設定値と Medium のどちらか、測定時間の長い方となります。測定終了後には、自動的にオフセット測定開始以前の設定値に戻ります。

NOTE

オフセット測定を行った測定ユニットのレンジング・モードを、10 nA リミテッド・オートまたは固定レンジに変更し、再度オフセットを測定しようとすると、この測定ユニットではオフセット測定を行うことができません。以前のオフセット・データを保存しているため、そのデータを使用してオフセット除去を行います。

Table 7-24 有効なレンジング・モード

測定モード	測定ユニット	有効なレンジング・モード	測定レンジ ^a
電流測定	HPSMU, MPSMU	オート	1 nA
		1 nA リミテッドまたは固定	1 nA
	HRSMU	オート	10 pA
		10 pA リミテッドまたは固定	10 pA
		100 pA リミテッドまたは固定	100 pA
		1 nA リミテッドまたは固定	1 nA
差動電圧測定	VMU	オート、固定、リミテッド・オート	0.2 V ^b

a. 実際にオフセット測定を行うレンジ。

b. VMU2 は接地モードで電圧を測定し、電圧が ±20 V を超えていないことを確認します。

Table 7-25 オフセット・データの許容値

測定モード	測定ユニット	測定レンジ	オフセット・データの許容値
電流測定	HPSMU	1 nA	レンジ値の ±1 % 未満
	MPSMU	1 nA	レンジ値の ±1 % 未満
	HRSMU	1 nA	レンジ値の ±1 % 未満
		100 pA	レンジ値の ±1 % 未満
		10 pA	レンジ値の ±4 % 未満
差動電圧測定	VMU	0.2 V	レンジ値の ±1 % 未満 ^a

a. VMU2 が接地モードで測定した電圧値が ±20 V 以上である場合エラーになります。

オフセットの除去

オフセットの除去は、測定実行時に自動的に行われます。測定の実行とオフセット除去の説明を以下に記します。

1. MEASURE: MEASURE SETUP 画面の MEASUREMENT RANGE テーブルを用いてレンジング・モードを設定します。Table 7-24 に記されるレンジング・モード以外に、10 nA リミテッド・オート、10 nA 固定レンジも有効です。

10 nA レンジに設定した場合、オフセット除去には 1 nA レンジで測定したオフセット・データを使用します。

100 nA 以上のレンジではオフセット除去は無効になります。

2. ZERO CANCEL フィールドを ON に設定します。

ZERO CANCEL テーブル内で、OFF に設定されている測定系のオフセット除去は行いません。

3. **Single**、**Repeat**、または **Append** を押し、測定を開始します。

オフセット除去は、測定実行中に自動的に行われます。測定データは自動的に補正され、GRAPH/LIST 画面には補正後のデータが表示されます。

オフセット除去機能を OFF するには、ZERO CANCEL フィールドで ZERO CANCEL ON/OFF ソフトキーを選択します。ON と OFF が切り替わります。

OFF を選択すると、ZERO CANCEL テーブル内のすべての測定系（ユニット）が OFF となります。ON を選択した場合、オフセット除去機能が有効な測定系だけが ON となります。

NOTE

オフセット測定を行ったレンジよりも低い測定レンジに変更する場合、その測定系のオフセット除去を行いません。例えば、1 nA 固定レンジでオフセット測定を行った HRSMU の測定レンジをオート・レンジに変更すると、ZERO CANCEL テーブル内のその測定系に対するオフセット除去機能は、自動的に OFF に変わります。

QSCV オフセット除去機能

QSCV オフセット除去機能は、QSCV 測定実行時に有効です。測定ケーブルやプローバなどの浮遊容量によって生じる誤差（オフセット）を除去します。

オフセットの測定

オフセットを以下のように測定します。

1. MEASURE: QSCV SETUP および MEASURE: QSCV MEASURE SETUP 画面に、測定条件を設定します。

オフセット測定を実行する前に、測定条件の設定を完了してください。オフセット測定には画面上の設定条件が必要です。Table 7-26 を参照してください。

2. デバイス側ケーブル端にて測定端子をオープンにします。
3. MEASURE: QSCV MEASURE SETUP 画面の ZERO CANCEL フィールドにポインタを移動し ON ソフトキーを選択します。
4. グリーン・キー、**Stop** フロントパネル・キーを順に押します。

Table 7-26に見られるスタート電圧からストップ電圧までの範囲で1点の容量測定を実行します。測定されたオフセット・データは ZERO CANCEL フィールド右の表示フィールドに表示されます。オフセット・データの初期値は0です。

NOTE

オフセット・データを測定できない場合

オフセット測定実行時に、以下の状態を検出した場合には、エラー・メッセージを表示し、オフセット測定を中断します。

- QSCV 測定の積分時間が足りなかった場合。
- リーク電流測定値が測定レンジの 70%を越えていた場合。

測定条件を変更してオフセット測定を実行し直してください。

Table 7-26

オフセット・データ測定条件

オフセット測定の パラメータ	内部設定（画面の設定とは異なります）
スタート電圧	0 V
ストップ電圧	以下の値の最小値を使用します。 <ul style="list-style-type: none"> • QSCV MEAS VOLTAGE フィールドの値 ×2 • START フィールドの値 • STOP フィールドの値 または 5 V（上記すべての値が 5 V 以上の場合） または 10 mV（上記すべての値が 10 mV 以下の場合）
ホールド時間	HOLD TIME フィールドの設定値
ディレイ時間	0 秒
容量測定 の 積分時間 ^a	0.5 + STOP フィールドの設定値 ^{1/4} 秒 （10 pA、100 pA レンジを使用する場合） 80 ミリ秒（1 nA、10 nA を使用する場合）
リーク電流測定 の 積分時間 ^b	LEAK フィールドの設定値

a. オフセット測定の積分時間が短すぎた場合、積分時間が自動的に QSCV フィールドの設定値に変更され、オフセット測定が再実行されます。

b. 測定されるリーク電流データはオフセット容量の計算に使用されます。

オフセットの除去

ZERO CANCEL フィールドを ON に設定して QSCV 測定を開始することで、自動的にオフセットの除去を行います。測定データは自動的に補正され、GRAPH/LIST 画面には補正後のデータが表示されます。

オフセット除去機能を OFF するには、ZERO CANCEL フィールドにポインタを移動し、OFF ソフトキーを選択します。

NOTE

測定条件を変更した場合

以下の設定を変更した場合には、次のメッセージが表示され、オフセット・データは無効とみなされます。

Offset data for previous setup.

- 測定ユニット (UNIT) を変更した場合 :

ZERO CANCEL フィールドが自動的に OFF に設定されます。オフセット測定を実行し直してください。再測定せずに ZERO CANCEL フィールドを ON に設定した場合には、表示されている値 (以前の条件で測定したデータ) を用いてオフセットの除去を行います。

- 測定レンジ (RANGE) を変更した場合 :

オフセット測定を実行し直してください。再測定しないと、表示されている値 (以前の条件で測定したデータ) を用いてオフセットの除去を行います。

動作状態

4155C/4156C には以下の 4 つの状態があります。

- ・ アイドル状態
- ・ 測定状態
- ・ ストレス印加状態
- ・ スタンバイ状態

アイドル状態

電源投入後、初期化を終了した時の状態をアイドル状態と呼びます。測定ユニット、アクセサリは以下の状態を示します。

SMU	0 V 出力 (20 V レンジ使用) 100 μ A コンプライアンス (100 μ A レンジ使用)
VSU	0 V 出力 (20 V レンジ使用)
PGU	0 Vdc 出力 (20 V レンジ使用) 出力インピーダンス: LOW
GNDU	0 V 出力
R ボックス	0 Ω に接続
セレクタ	SMU 側に接続

測定状態

掃引測定、またはサンプリング測定を実行している状態を測定状態と呼びます。使用しないユニット (CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面に設定されていないユニット) の出力スイッチはオフに設定されます。

ストレス印加状態

ストレスを印加している状態をストレス印加状態と呼びます。使用しないユニット (STRESS: CHANNEL DEFINITION 画面に設定されていないユニット) の出力スイッチはオフに設定されます。

スタンバイ状態

測定状態でもストレス状態でもなく、スタンバイ・チャンネルだけが出力を行っている状態をスタンバイ状態と呼びます。スタンバイ状態への状態転移で以下の設定に変更はありません。

- ・ 各ユニットの出力スイッチのオン・オフ
- ・ PGU の出力インピーダンス
- ・ 16440A セレクタの出力状態
- ・ 16441A R ボックスの抵抗値

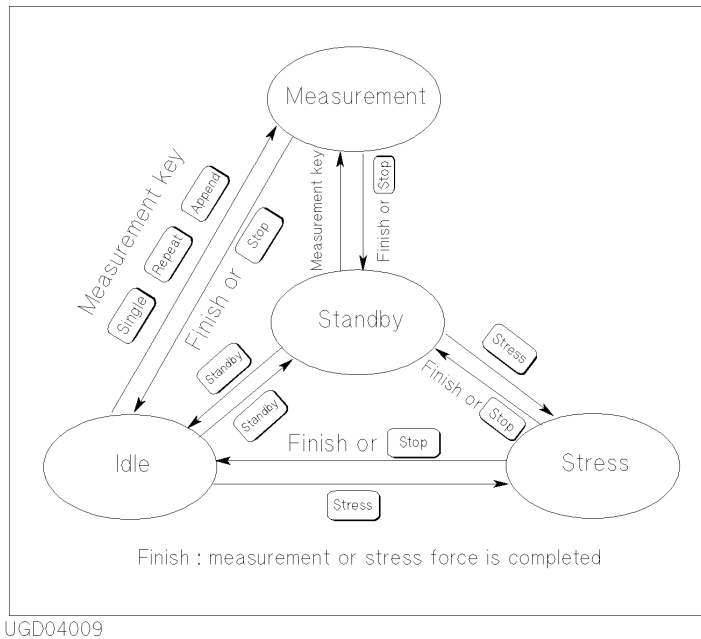
動作状態の転移

動作状態の転移について説明します。Figure 7-12 を参照してください。

- ・ 測定／ストレス印加状態からアイドル状態へ
アイドル状態から測定状態、ストレス印加状態へ転移した場合、以下のいずれかの条件によってアイドル状態へ転移します。
 - ・ 測定が終了した場合
 - ・ ± 40 V 以上の電圧印加中にフィクスチャの蓋を開いた場合
 - ・ ストレス印加が終了した場合
 - ・ **Stop** フロントパネル・キーを押した場合
- ・ 測定／ストレス印加状態からスタンバイ状態へ
スタンバイ状態から測定状態、ストレス印加状態へ転移した場合、以下のいずれかの条件によってスタンバイ状態へ転移します。
 - ・ 測定が終了した場合
 - ・ ストレス印加が終了した場合
 - ・ **Stop** フロントパネル・キーを押した場合

Figure 7-12

オペレーション・ステートの変化



出力順序

測定やストレス印加を行う場合、あるいはスタンバイ出力を行う場合、電源ユニットの出力順序を設定することができます。4155C/4156C には以下のモードがあります。

- 連続モード (SEQUENTIAL)

MEASURE: OUTPUT SEQUENCE 画面の OUTPUT SEQUENCE テーブルに設定された順番で出力を開始し、逆の順番で停止します。この機能を用いて適切な出力順序を設定することで、DUT の破壊防止につながります。

- 同時モード (SIMULTANEOUS、サンプリング測定だけに有効)

すべての電源ユニットが同時に出力を開始し、MEASURE: OUTPUT SEQUENCE 画面の OUTPUT SEQUENCE テーブルの設定と逆の順番で停止します。

サンプリング測定時の出力順序については、第 3 章を参照してください。

ストレス印加時の出力順序については第 5 章を参照してください。

スタンバイ出力時の出力順序については第 8 章を参照してください。

連続モード

連続モード (SEQUENTIAL) の初期設定を以下に示します。設定に変更を加えない限り、出力チャンネルは以下の順番で出力を開始し、逆の順番で出力を停止します。

1. SMU1
2. SMU2
3. SMU3
4. SMU4
5. VSU1
6. VSU2
7. PGU1
8. PGU2

出力の開始

アイドル状態では、すべてのユニットの出力スイッチはオンになっており、すべてのユニットは 0 V を出力します。測定、ストレス、あるいはスタンバイ状態に入ると以下のように動作します：

1. 非使用ユニットは、0 V 出力のままで出力スイッチをオフします。
オフする順番を設定することはできません。

非使用ユニットとは、CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面の CHANNELS テーブルで DELETE ROW ソフトキーを選択することによって、その設定を削除したユニットをいいます。

2. 出力チャンネルは、設定された出力順序 (OUTPUT SEQUENCE) で出力を開始します。

出力の停止

アイドル状態に戻るときは、以下のように動作します：

1. 出力チャンネルは、出力開始時と逆の順番で出力を 0 V にします。
2. 非使用ユニットは、0 V 出力のままで出力スイッチをオンします。

例

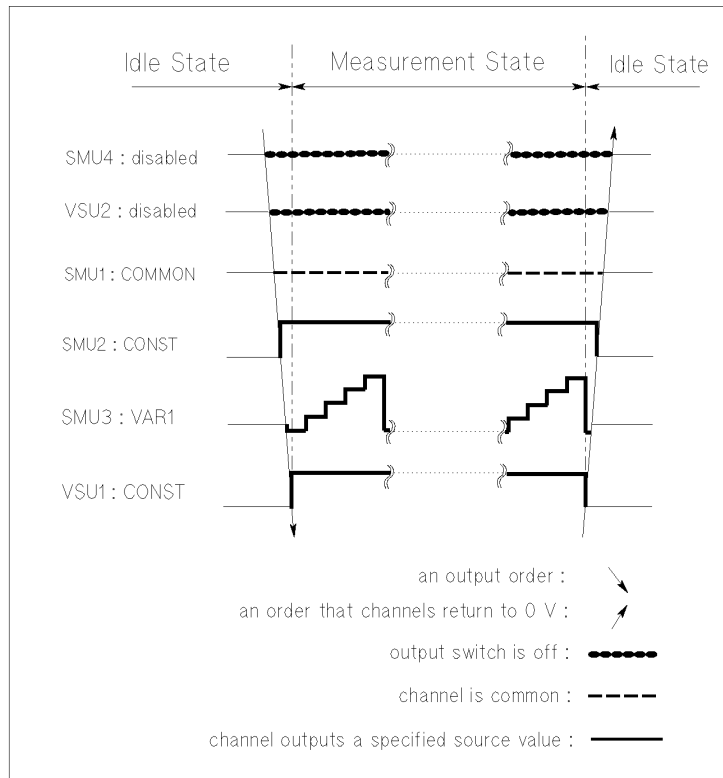
以下の条件における出力順序を Figure 7-13 に記します。

条件：

- ・ ユニットの構成：SMU1～4、VSU1～2
- ・ 非使用ユニット (disabled)：SMU4、VSU2
- ・ 出力順序：初期設定のまま

Figure 7-13

連続モードにおける出力例



UGD04010

同時モード

同時モード (SIMULTANEOUS) はサンプリング測定実行時だけに有効です。

このモードでは、すべての出力チャンネルは同時に出力を開始し、OUTPUT SEQUENCE テーブルの設定と逆の順番で出力を停止します。

MEASURE: OUTPUT SEQUENCE 画面の OUTPUT SEQUENCE テーブルの初期設定を以下に示します。設定に変更を加えない限り、出力チャンネルは以下の逆の順番で出力を停止します。

1. SMU1
2. SMU2
3. SMU3
4. SMU4
5. VSU1
6. VSU2
7. PGU1
8. PGU2

出力の開始

アイドル状態では、すべてのユニットの出力スイッチはオンになっており、すべてのユニットは 0 V を出力します。測定状態に入ると以下のように動作します：

1. 非使用ユニットは、0 V 出力のままで出力スイッチをオフします。
オフする順番を設定することはできません。

非使用ユニットとは、CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面の CHANNELS テーブルで DELETE ROW ソフトキーを選択することによって、その設定を削除したユニットをいいます。

2. 出力チャンネルは、同時に出力を開始します。

出力の停止

アイドル状態に戻るときは、以下のように動作します：

1. 出力チャンネルは、MEASURE: OUTPUT SEQUENCE 画面の OUTPUT SEQUENCE テーブルの設定と逆の順番で出力を 0 V にします。
2. 非使用ユニットは、0 V 出力のままで出力スイッチをオンします。

例

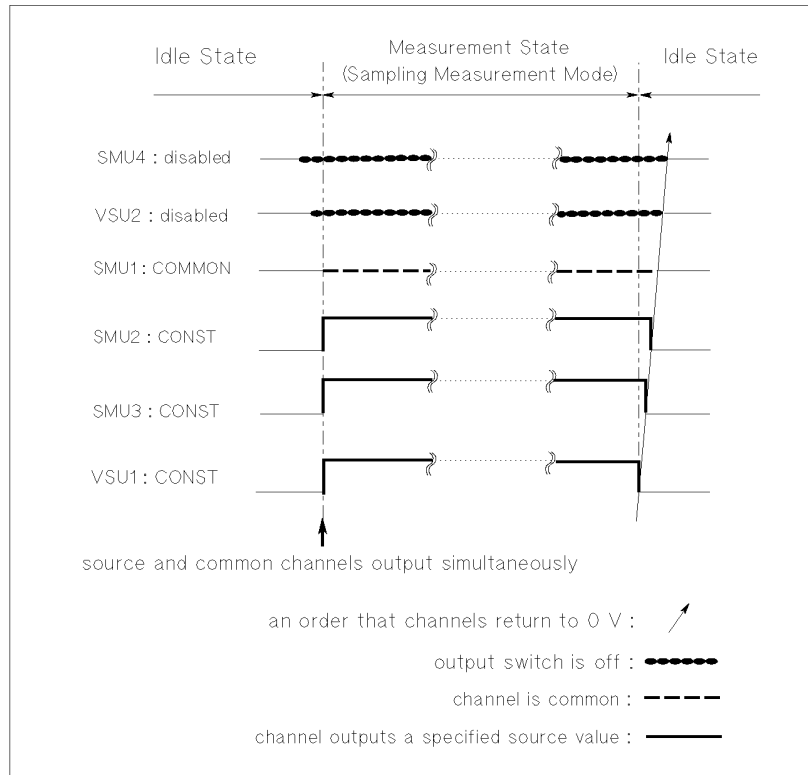
以下の条件における出力順序を Figure 7-14 に記します。

条件：

- ・ ユニットの構成：SMU1 ~ 4、VSU1 ~ 2
- ・ 非使用ユニット (disabled)：SMU4、VSU2
- ・ 出力順序：初期設定のまま

Figure 7-14

同時モードにおける出力例



UGD04011

測定実行順序

4155C/4156C は、DISPLAY: DISPLAY SETUP 画面の下記フィールドに設定された変数またはユーザ関数に対して、以下の順番で測定を実行します。ユーザ関数が設定された場合には、関数に定義されている変数の測定を行います。

1. GRAPHICS、NAME (X 軸)
2. GRAPHICS、NAME (Y1 軸)
3. GRAPHICS、NAME (Y2 軸)
4. LIST、NAME (No. 1)
5. LIST、NAME (No. 2)
6. LIST、NAME (No. 3)
7. LIST、NAME (No. 4)
8. LIST、NAME (No. 5)
9. LIST、NAME (No. 6)
10. LIST、NAME (No. 7)
11. LIST、NAME (No. 8)
12. DATA VARIABLES (上)
13. DATA VARIABLES (下)

例外

ある変数が複数のフィールドまたはユーザ関数に定義された場合、最初の設定に対してのみ測定を行います。

上記フィールドに設定されていない変数が上記フィールドに設定されていないユーザ関数に定義されている場合は、DATA VARIABLES (下) の後に、その変数の測定を実行します。

サンプリング測定でストップ・コンディションを設定した場合は、NAME (X 軸) の前に、下記フィールドに設定された変数の測定を実行します。

- MEASURE: SAMPLING SETUP 画面、STOP CONDITION、NAME

8

サポート・ファンクション

本章では、第7章で説明している測定機能以外で、測定の実行に役立つ様々な機能について説明します。

- ・ ユーザ関数とユーザ変数
- ・ スタンバイ機能
- ・ R ボックスの制御
- ・ SMU/PG セレクタの制御
- ・ スイッチング・マトリクス of 制御
- ・ トリガ機能

出力／測定データの変数

ユニット出力の設定、測定データの保持、ユーザ関数の定義などを行うために使用します。以下にリストされるデータに対して変数を定義します。あるいは既に定義されています。

データ	変数名
SMU 出力データ	CHANNEL DEFINITION 画面 VNAME (電圧出力時) または INAME (電流出力時) 設定値。
VSU 出力データ	CHANNEL DEFINITION 画面 VNAME 設定値。
SMU 測定データ	CHANNEL DEFINITION 画面 VNAME (電圧測定時) または INAME (電流測定時) 設定値。
VMU 測定データ	CHANNEL DEFINITION 画面 VNAME 設定値。
PGU 出力データ	Table 8-1 を参照してください。
サンプリング測定の 時間データ	@TIME
データ・インデックス	@INDEX

Table 8-1

PGU パルス設定パラメータ

設定データ	変数名
パルス・ピーク	CHANNEL DEFINITION 画面 VNAME 設定値。
パルス周期	@PGT
パルス継続時間	@PGD (= @PGT × @PG1W または @PGT × @PG2W)
パルス・ディレイ時間	@PG1DL (PGU1)、@PG2DL (PGU2)
パルス幅	@PG1W (PGU1)、@PG2W (PGU2)
パルス・ベース	@PG1B (PGU1)、@PG2B (PGU2)
パルス立上り過渡時間	@PG1LD (PGU1)、@PG2LD (PGU2)
パルス立下がり過渡時間	@PG1TR (PGU1)、@PG2TR (PGU2)

ユーザ関数

ユーザ関数はデータ変数に演算を施し、別の変数に置き換えます。データ変数と同様に、ユーザ関数を測定結果表示画面に表示することができます。また、既に定義されているユーザ関数を用いて、別のユーザ関数を定義することもできます。

ユーザ関数の定義は CHANNELS: USER FUNCTION DEFINITION 画面で行います。以下のフィールドの設定を行います。6 つまで定義することができます。

NAME	ユーザ関数名。アルファベットで始まる 6 文字以下の文字または数値。大文字、小文字は区別されます。既存のユーザ関数や変数と同じ名前を定義してはいけません。
UNIT	ユーザ関数の単位。6 文字以下の文字列。省略可能。
DEFINITION	ユーザ関数に定義する数式を定義します。数式のシンタックスについては、数式 (P. 8-7) を参照してください。

例

FET の相互コンダクタンス g_m をユーザ関数として定義するには、以下のよう設定します。

NAME	UNIT	DEFINITION
gm	S	DELTA (Id) / DELTA (Vg)

ユーザ変数

内蔵 IBASIC コントローラまたは外部コンピュータからデータ（数値リスト）を受け取る、あるいはデータを送る場合には、ユーザ変数を使用します。データ変数と同様に、測定結果表示画面に表示することができます。また、ユーザ関数の演算式中に定義することもできます。データ数の異なる変数間の演算を行う場合、有効データ数は、最もデータ数の少ない変数に合わされます。これを超えるデータは無効となります。

データ変数の定義を行うには、CHANNELS: USER VARIABLE DEFINITION 画面で以下のフィールドの設定を行います。あるいは :DATA|:TRAC:DEF コマンドまたは :PAGE:CHAN:UVAR:DEF コマンドを使用して以下のパラメータの設定を行います。6 つまで定義することができます。

NAME	ユーザ変数名。アルファベットで始まる 6 文字以下の文字または数値。大文字、小文字は区別されます。既存のユーザ関数や変数と同じ名前を定義してはいけません。
UNIT	ユーザ変数の単位。6 文字以下の文字列。省略可能。 :DATA :TRAC:DEF コマンドでは設定できません。
SIZE	ユーザ変数の大きさ。

ユーザ変数値の書き込み、読み出しは、内蔵 IBASIC コントローラまたは外部コンピュータを用いて :DATA|:TRAC サブシステム・コマンドを送ります。

例

以下の IBASIC プログラムは、データ数 5 のユーザ変数を定義し、その値を書き込みます。

```
10  ASSIGN @Hp4155 TO 800
20  OUTPUT @Hp4155;" :FORM:DATA ASC"
30  OUTPUT @Hp4155;" :TRAC:DEF 'UVAR1',5"
40  OUTPUT @Hp4155;" :TRAC:DATA 'UVAR1',1.1,1.2,1.3,1.4,
1.5"
50  END
```

20 ASCII フォーマットのデータを転送することを宣言します。

30 ユーザ変数 (NAME=UVAR1、SIZE=5) を定義します。

40 UVAR1 にデータ (1.1、1.2、1.3、1.4、1.5) を書き込みます。

数式

ここで紹介する数式、演算子、定数はユーザ関数の定義、自動解析機能の条件設定、および、データ入力エリアからの直接入力による計算に使用します。

数式のシンタックスを Figure 8-1 に示します。数式中に数式を定義することも可能です。

NOTE

直接計算

データ入力エリアから直接数式を入力することによって計算を行うことができます。数式入力の後、以下のキーを押します。

1. グリーン・キー
2. **Enter** キー

測定データに関するデータ変数が数式に含まれる場合、マーカ位置のデータを用いて計算を行います。

NOTE

データ変数間の演算

データ変数間の演算は同じ測定点のデータで実行されます。

NOTE

算術演算子の優先順位

優先順位	演算子
高い	括弧：（演算子を希望の順序で実行できるようにするために使います。）
	関数：組み込み関数とデータ変数
	累乗： [^]
	乗算、除算：* /
低い	加算、減算，正負記号：+ -

数式が2つ以上の演算子を含む場合、演算の実行の順序は演算子の優先順位で決まります。最も優先順位の高い演算子が初めに実行されます。同じ優先順位の演算子が複数ある場合は、左から順に実行されます。

Figure 8-1 数式のシンタックス

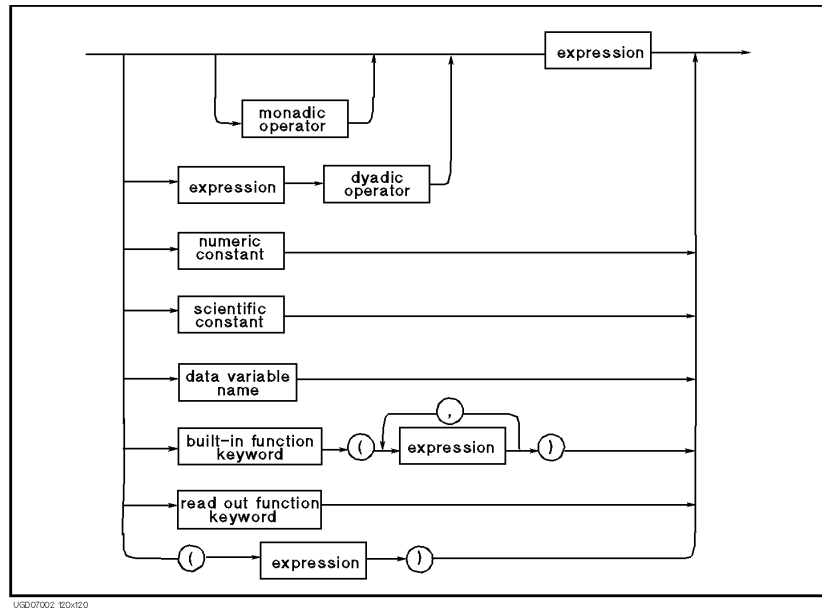
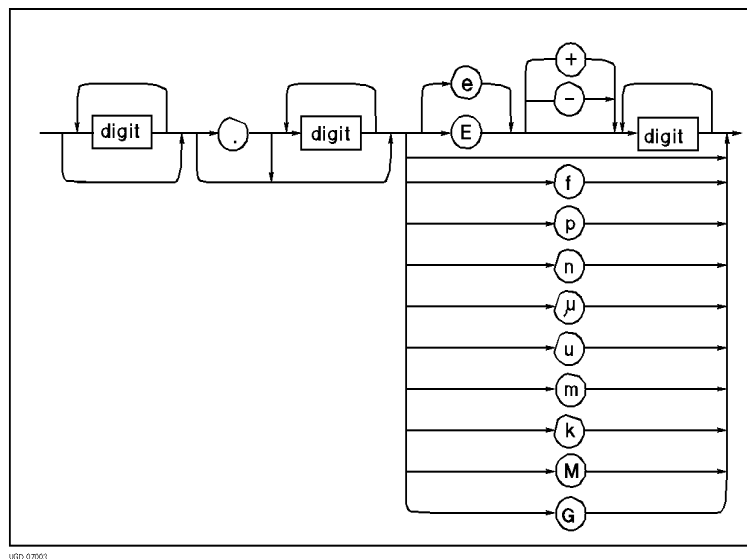


Figure 8-2 数値定数



正負記号 (modadic operator)	すぐ後に続く数式に正 (+) または負 (-) の符号を付けます。
算術演算子 (dyadic operator)	演算子を挟む 2 つの数式間の演算を行います。 加算 (+)、減算 (-)、乗算 (*)、除算 (/)、累乗 (^)
数値定数 (numeric constant)	数字、少数点、指数部 (省略可能) から構成されます。Figure 8-2 を参照してください。 7 桁を越える仮数 (十進数部分) は 7 桁に切捨てられます。 f: 10^{-15} , p: 10^{-12} , n: 10^{-9} , μ : 10^{-6} , u: 10^{-6} , m: 10^{-3} , k: 10^3 , M: 10^6 , G: 10^9
科学定数 (scientific constant)	数値を入力する代わりに科学定数 (q、k、e) を入力することができます。 <ul style="list-style-type: none">• q: 電子の電荷量 1.602177×10^{-19}• k: ボルツマン定数 1.380658×10^{-23}• e: 真空の誘電率 8.854188×10^{-12}
データ変数名 (data variable name)	すべてのデータ変数名を使うことができます。
組み込み関数 (built-in function)	4155C/4156C に内蔵しているすべての組み込み関数を使うことができます。第 9 章を参照してください。
リードアウト関数 (read out function)	4155C/4156C に内蔵しているすべてのリードアウト関数を使うことができます。第 9 章を参照してください。

スタンバイ機能

4155C/4156C は、測定あるいはストレス印加を開始する前、および実行した後に、スタンバイ出力を行うことができます。スタンバイ出力として dc バイアスまたはパルスが有効です。

スタンバイ・チャンネル

スタンバイ出力を行う測定ユニットのことをスタンバイ・チャンネルと定義します。SMU、VSU、PGU をスタンバイ・チャンネルとして設定することができます。VMU、GNDU を使用することはできません。

測定ユニットをスタンバイ・チャンネルに設定するには、CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面の STBY フィールドにフィールド・ポインタを移動し、STANDBY ON ソフトキーを選択します。

スタンバイ・チャンネルをストレス・チャンネルに設定することはできません。4155C/4156C がストレス印加状態にあるとき、スタンバイ・チャンネルはスタンバイ出力値を印加し続けます。

スタンバイ状態

測定あるいはストレス印加を開始する前、および実行した後で、スタンバイ・チャンネルだけが出力を行っている状態をスタンバイ状態と呼びます。

スタンバイ状態にするには、**Standby** フロントパネル・キーを押します。このとき、**Standby** フロントパネル・キー上部のインジケータが点灯します。ただし、スタンバイ・チャンネルが定義されていない場合、4155C/4156C はスタンバイ状態になりません。

スタンバイ状態からアイドル状態に戻るには、**Standby** フロントパネル・キーを押します。インジケータも消灯します。

スタンバイ状態にあるとき、スタンバイ・チャンネルの設定を変更すると、アイドル状態に転移します。しかし、スタンバイ・チャンネル以外の測定ユニットの設定変更を行っても状態転移は起こりません。

有効なユニットと出力値

スタンバイ・チャンネルに設定することができるユニットと、スタンバイ状態におけるスタンバイ・チャンネルの出力値を以下にまとめます。

FCTN	MODE	ユニット ^a		
		SMU	VSU	PGU
VAR1 VAR2 VAR1'	V	START 値	START 値	-
	I	START 値	-	-
	VPULSE	BASE 値	-	-
	IPULSE	BASE 値	-	-
CONST	V	SOURCE 値	SOURCE 値	SOURCE 値
	I	SOURCE 値	-	-
	VPULSE	BASE 値	-	設定通りのパルス出力 ^b
	IPULSE	BASE 値	-	-

a. VMU と GNDU はスタンバイ・チャンネルに設定できません。

b. VPULSE に設定された PGU をスタンバイ・チャンネルに設定する場合、PGU1 と PGU2 の設定は同じでなければなりません。

非スタンバイ・チャンネルの出力

4155C/4156C がスタンバイ状態にある時の、スタンバイ・チャンネル以外の測定ユニットによる出力値を以下にまとめます。スタンバイ状態となる直前の状態で使用していたレンジを使用し、以下の出力を行います。

ユニットの機能	出力値	レンジ
電圧出力	0 V	直前に使用していた出力レンジ
電流出力	直前の出力値 ^a	
電圧測定	-	直前に使用していた測定レンジ
電流測定	-	

a. 直前に出力していた値を出力します。例えば、直前の状態が測定状態で、VAR1 チャンネルに設定されていたユニットは、測定が終了した時点で出力していた値を出力し続けます。

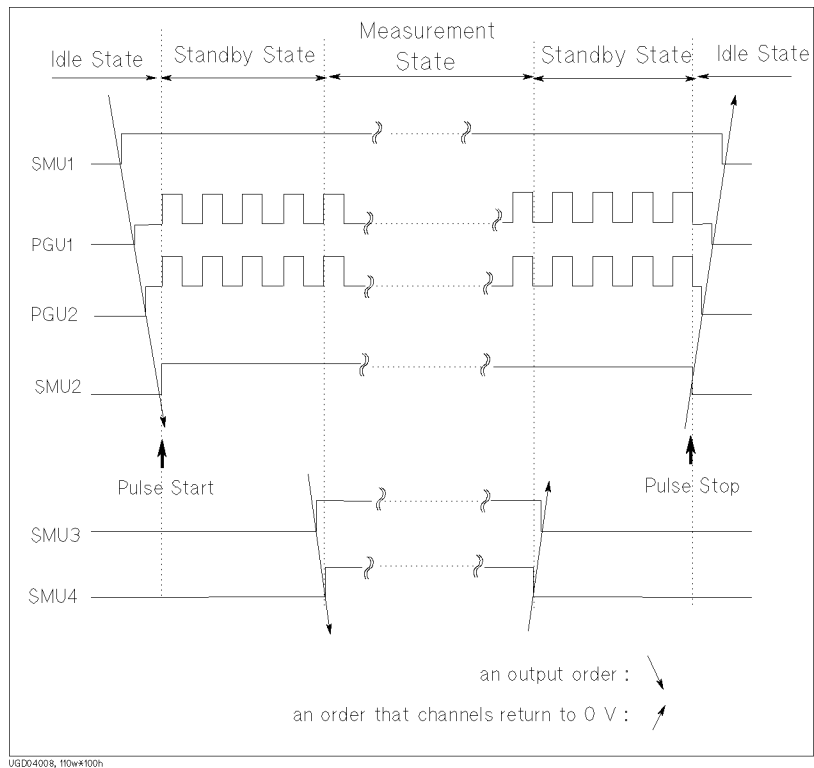
スタンバイ出力順序

測定ユニットの出力順序は、MEASURE: OUTPUT SEQUENCE 画面の設定に依存します。測定ユニット、出力順序が以下のように設定されている場合の出力順序を Figure 8-3 に示します。

ユニット	出力順序	STBY の設定
SMU1	1	ON
SMU3	2	OFF
SMU4	3	OFF
PGU1	4	ON
PGU2	5	ON
SMU2	6	ON

Figure 8-3

スタンバイ・チャンネルの出力順序



セットアップ・ファイルを読んだ時

通常、セットアップ・ファイルを読んだ直後の 4155C/4156C の状態はアイドル状態です。ファイルを読む前の状態がスタンバイ状態で、以下のすべての条件が満たされる場合には、4155C/4156C はアイドル状態にはならず、スタンバイ状態を継続します。

条件：

- セットアップ・ファイルに設定されているスタンバイ・チャンネルが、ファイルを読む前のスタンバイ・チャンネルと同じである。
- セットアップ・ファイルに設定されているスタンバイ・チャンネルの FCTN と MODE が、ファイルを読む前の設定と同じである。
- セットアップ・ファイルに設定されているスタンバイ・チャンネルの以下のパラメータの設定が、ファイルを読む前の設定と同じである。

FCTN	MODE	パラメータ
VAR1 VAR2	V	START、STOP、COMPLIANCE ^a
	I	START、COMPLIANCE
	VPULSE	BASE、START、STOP、COMPLIANCE ^a
	IPULSE	BASE、COMPLIANCE
VAR1'	V	START ^b 、STOP ^b 、COMPLIANCE ^a 、OFFSET、RATIO
	I	START ^b 、COMPLIANCE、OFFSET、RATIO
	VPULSE	BASE、START ^b 、STOP ^b 、COMPLIANCE ^a 、OFFSET、RATIO
	IPULSE	BASE、COMPLIANCE
CONST	V	SOURCE、COMPLIANCE ^a
	I	SOURCE、COMPLIANCE
	VPULSE	BASE、PEAK、COMPLIANCE ^a 、パルス設定 ^c
	IPULSE	BASE、COMPLIANCE

a. スタンバイ・チャンネルが SMU の場合。

b. VAR1 がスタンバイ・チャンネルでなくてもチェックします。

c. MEASURE: PGU SETUP 画面のすべての設定。

スタンバイ機能を使用する

測定ユニットをスタンバイ・チャンネルに設定するには、CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面で以下の操作を行います。

1. フィールド・ポインタを STBY フィールドに移動します。
2. STANDBY ON ソフトキーを選択します。

Standby フロントパネル・キーを押すと同時に、スタンバイ・チャンネルは以下の出力を開始します。この状態は、再度 **Standby** フロントパネル・キーを押すまで保たれます。この間、キー上部のインジケータが点灯します。

FCTN の設定	出力値
VAR1	VAR1 : START 値
VAR1'	RATIO 値 × START 値 + OFFSET 値
VAR2	VAR2: START 値
CONSTANT	CONSTANT: SOURCE 値

スタンバイ状態で、**Single**、**Repeat**、**Append** または **Stress** キーを押すと、測定あるいはストレス印加を開始し、スタンバイ・チャンネルは設定通りの出力を行います。そして、測定、ストレス印加が終了すると、上表の出力に戻ります。

R ボックスの制御

Agilent 16441A R ボックスは、SMU 出力に直列抵抗を接続します。R ボックスは DUT の保護や、1 M Ω 以下の負性抵抗測定に有効です。

4155C/4156C は、R ボックスによる電圧降下を自動的に補正します。測定結果やユーザ関数の計算結果は補正後の値です。

R ボックスの詳細は、*16441A R-Box User's Guide* を参照してください。

抵抗値

R ボックスは以下の値を示す直列抵抗セットを 2 セット内蔵しています。同時に 2 つの SMU に接続することができます。

- 1 M Ω
- 100 k Ω
- 10 k Ω
- 0 Ω

R ボックスの抵抗値の選択は 4155C/4156C の設定画面で行います。現在の設定値は R ボックス前面の LED で知ることができます。

接続

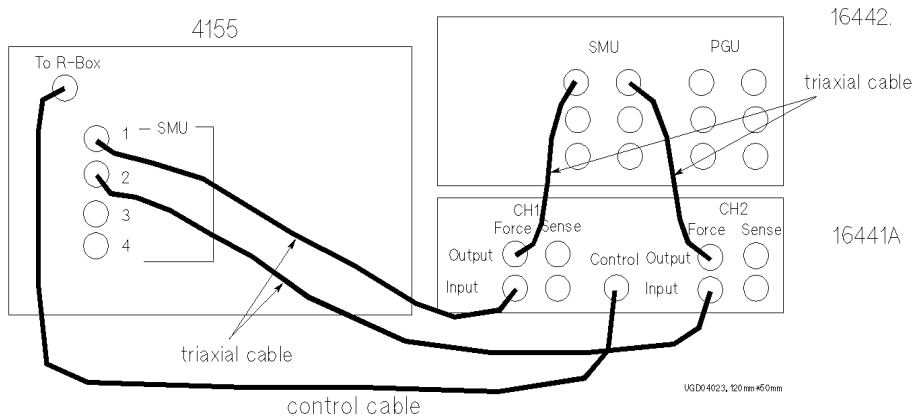
R ボックスの接続に必要なケーブルを以下にリストします。

モデル番号 Agilent 部品番号	説明
04155-61610	コントロール・ケーブル 1.5 m
04155-61609	コントロール・ケーブル 3.0 m
04155-61605	トライアキシャル・ケーブル 0.4 m
16493K-001	ケルビン・トライアキシャル・ケーブル 1.5 m
16493K-002	ケルビン・トライアキシャル・ケーブル 3.0 m

サポート・ファンクション
R ボックスの制御

非ケルビン接続

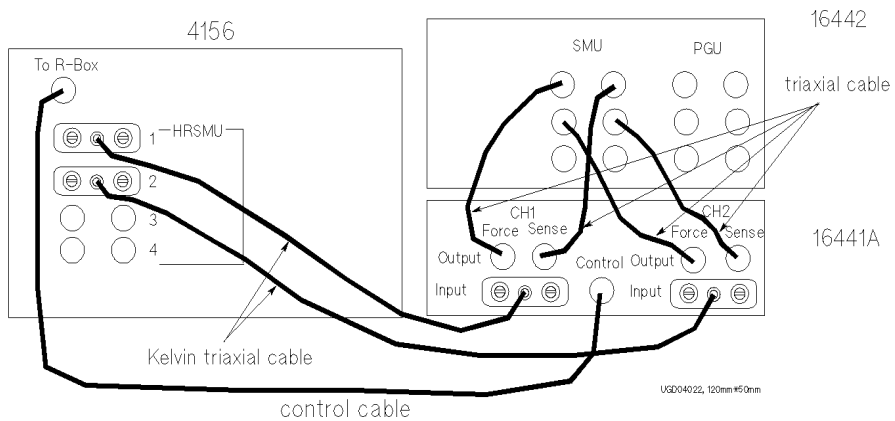
非ケルビン接続による R ボックスの接続図を示します。



ケルビン接続

ケルビン接続による R ボックスの接続図を示します。

0 ohm 以外の設定ではケルビン接続を行えません。



設定

抵抗値の設定は、CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面の SERIES RESISTANCE フィールドで行います。

R ボックスを使用できる SMU は以下の SMU に限定されます。

- SMU1 (R ボックスの CH1 に接続)
- SMU2 (R ボックスの CH2 に接続。HPSMU が無い場合)
- SMU5 (R ボックスの CH2 に接続。HPSMU がある場合)

NOTE

R ボックスを上記以外の SMU に接続した場合は、抵抗値は補正されないため、ユーザ関数や IBASIC プログラムで補正を行ってください。

4155C/4156C に緊急状態が発生した場合、抵抗値は強制的に 1 M Ω に設定されます。また、以下の SMU には、0 ohm 以外の抵抗は使用できません。

- スタンバイ・チャンネルに設定されている SMU
- COMMON 出力に設定されている SMU

NOTE

R ボックスの抵抗値を自動補正するために、4155C/4156C は自動的に電流測定を行います。この測定のために、測定チャンネルを 1 つ使用します。

従って、R ボックスに接続した SMU から電圧出力を行い、その電圧値をモニタする、あるいはユーザ関数の計算に使用する場合には、設定した測定チャンネル数よりも 1 チャンネル多く SMU を使用します。

回路図

R ボックスの概略回路図を Figure 8-4 に示します。また、各設定状態における R ボックス内のスイッチの状態を Table 8-2 に示します。

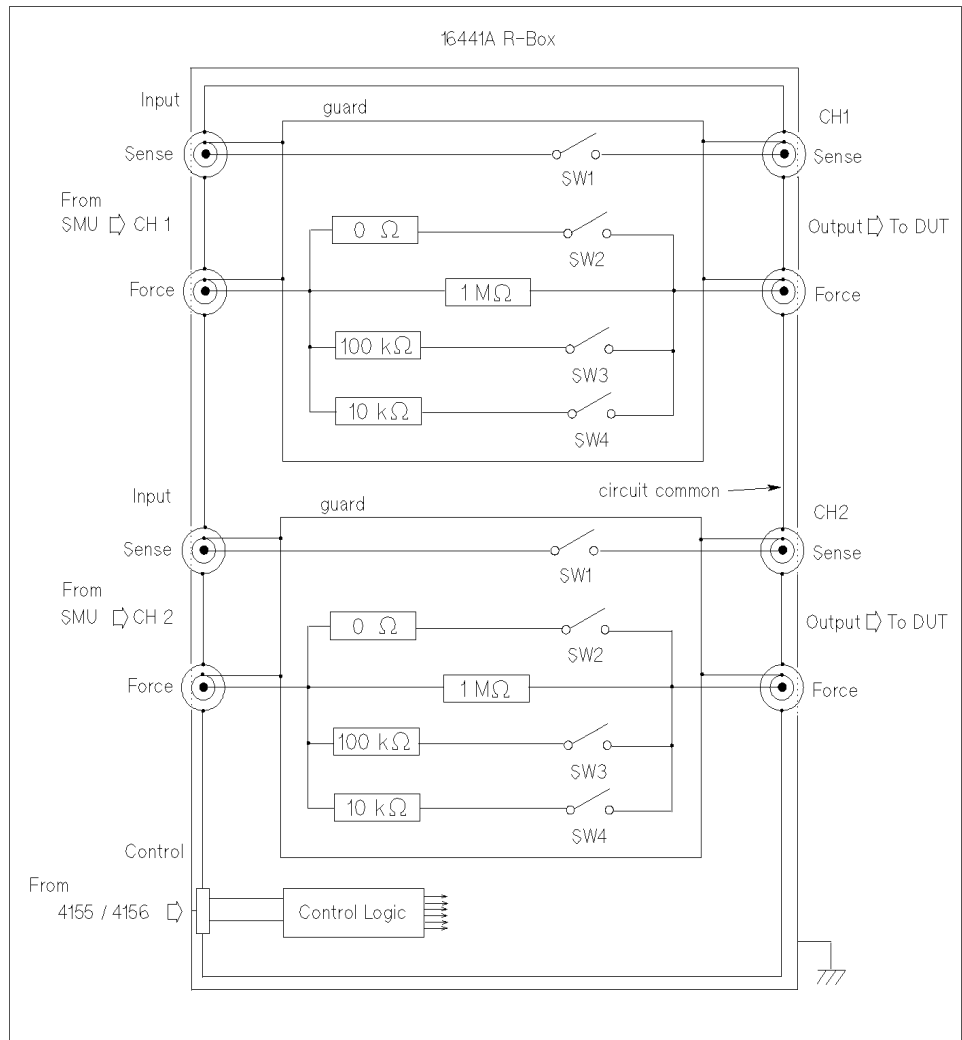
Table 8-2

R ボックスのスイッチング状態

設定	スイッチ			
	SW1	SW2	SW3	SW4
0 Ω	ON	ON	OFF	OFF
10 kΩ	OFF	OFF	OFF	ON
100 kΩ	OFF	OFF	ON	OFF
1 MΩ	OFF	OFF	OFF	OFF

抵抗値の切り替えは、4155C/4156C の動作状態が測定状態前後のタイミングで行われます。スタンバイ状態、ストレス状態およびアイドル状態では 0 Ω に接続されます。

Figure 8-4 R ボックスの概略回路図



UGD04020

R ボックスを使用する

- 16441A R-Box を 4155C/4156C、および 16442A/B テスト・フィクスチャまたはコネクタ・プレートに接続します。
- PAGE CONTROL キー・グループの **Chan** フロントパネル・キーを押します。
- CHANNEL DEF ソフトキーを選択し、CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 画面を表示します。
- SERIES RESISTANCE フィールドにおいて、以下のソフトキーを選択します。
 - 0 ohm : 0 Ω の抵抗を接続します。
 - 10 kohm : 10 k Ω の抵抗を接続します。
 - 100 kohm : 100 k Ω の抵抗を接続します。
 - 1 Mohm : 1 M Ω の抵抗を接続します。

設定された抵抗が測定開始とともに接続されます。

設定例

SMU1、SMU2 に 10 k Ω を接続するには以下のように設定します。

CHANNELS: CHANNEL DEFINITION 94JAN01 01:30PM

*MEASUREMENT MODE
SWEEP

*CHANNELS

UNIT	VNAME	INAME	MODE	FCTN	STBY	SERIES RESISTANCE
SMU1:MP	Vbe	Ib	I	VAR2		10k ohm
SMU2:MP	Vce	Ic	V	VAR1		10k ohm
SMU3:MP			COMMON	CONST		
SMU4:MP						
SMU5:MP						
SMU6:MP						
VSU1		-----				
VSU2		-----				
VMU1		-----		-----	----	
VMU2		-----		-----	----	
PGU1		-----				
PGU2		-----				
GNDU		-----			----	

10k ohm

CHANNEL DEF USER FCTN USER VAR

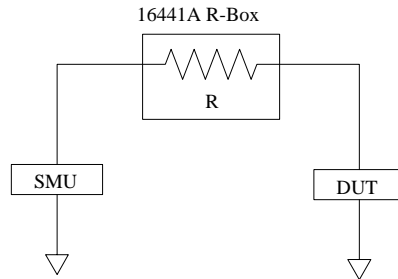
0 ohm
10k ohm
100k ohm
1M ohm

NEXT PAGE

UG01035,100x70

負性抵抗の測定

負性抵抗を測定するには、R ボックスを以下のように接続し、SMU で電流出力／電圧測定を行います。最大 $1\text{ M}\Omega$ までの負性抵抗測定が可能です。



SMU/PG セレクタの制御

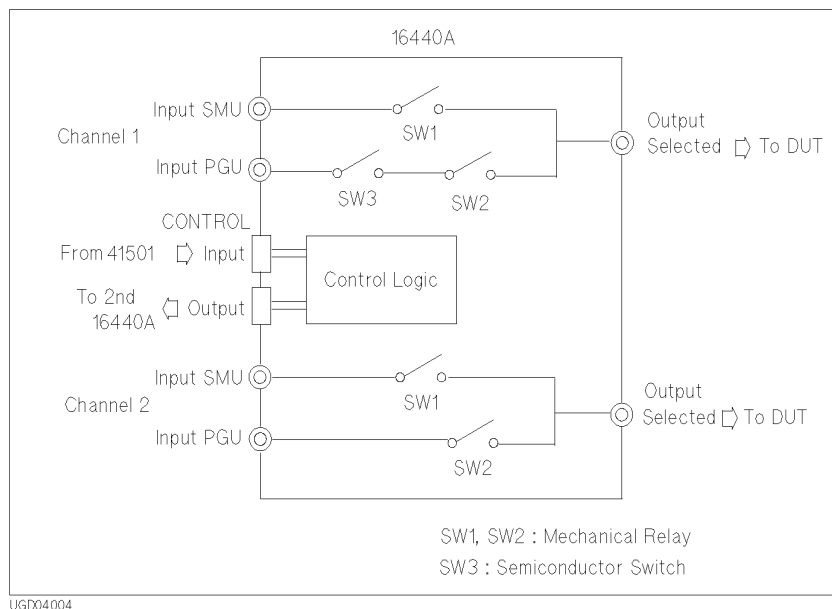
Agilent 16440A セレクタを使用することによって、ストレス印加に使用する PGU と測定に使用する SMU の自動切り替えが可能です。設定は、STRESS: CHANNEL DEFINITION 画面の SMU/PG SELECTOR フィールドを使用します。

例えば、**Stress** フロントパネル・キーを押した時には自動的に PGU を接続してストレス印加を行い、**Single** フロントパネル・キーを押した時には自動的に SMU を接続して測定を行います。

同時に 2 台のセレクタを使用することができます。セレクタの設置については、*ユーザ・ガイド* を参照してください。

セレクタの概略回路図を Figure 8-5 に示します。

Figure 8-5 SMU/PG セレクタの概略回路図



設定とスイッチング状態

SMU/PG SELECTOR フィールドの設定とスイッチング状態を以下に説明します。

CH1 (2 台目のセレクタの場合 CH3) :

設定	SW1	SW2	SW3	説明
SMU	ON	OFF	OFF	SMU を接続します。
PGU	OFF	ON	ON	PGU を接続します。
PGU OPEN	OFF	ON	OFF	何も接続しません。
OPEN	OFF	OFF	OFF	何も接続しません。

CH2 (2 台目のセレクタの場合 CH4) :

設定	SW1	SW2	説明
SMU	ON	OFF	SMU を接続します。
PGU	OFF	ON	PGU を接続します。
OPEN	OFF	OFF	何も接続しません。

NOTE

SW1 および SW2 にはメカニカル・スイッチ、SW3 には半導体スイッチを使用しています。SW1 および SW2 は SW3 に比べてリーク電流および浮遊容量が少ないという長所があります。逆に SW3 は SW1 および SW2 に比べてスイッチング速度が早く、寿命が長いという長所があります。

PGU 側のスイッチングを頻繁に行うアプリケーションでは、PGU OPEN を使用してオープンにすることをお勧めします。

セレクタ使用条件

- PGU を搭載した 41501A/B エキスパンダを 4155C/4156C に接続してください。
- ケルビン接続は行えません。

セレクタを使用する

1. PAGE CONTROL キー・グループの **Stress** フロントパネル・キーを押します。
2. CHANNEL DEF ソフトキーを選択します。
3. SMU/PG SELECTOR エリアにある、MEASURE フィールドにおいて、以下のソフトキーを選択します。このフィールドでは、測定状態でのセレクタの状態を設定します。
 - SMU：SMU を接続します。
 - PGU：PGU を接続します。
 - OPEN：何も接続しません。
 - PGU OPEN：半導体スイッチを用いて PGU との接続を開放します。
4. SMU/PG SELECTOR エリアにある、STRESS フィールドにおいて、以下のソフトキーを選択します。このフィールドでは、ストレス印加状態でのセレクタの状態を設定します。
 - SMU：SMU を接続します。
 - PGU：PGU を接続します。
 - OPEN：何も接続しません。
 - PGU OPEN：半導体スイッチを用いて PGU との接続を開放します。

設定例

以下の設定では、セレクタの出力チャンネル 1、2 に接続された DUT に、測定状態では SMU を、ストレス印加状態では PGU を接続します。

STRESS: CHANNEL DEFINITION 94JAN01 01:30PM

*CHANNELS				
UNIT	MEASURE	MODE	NAME	STRESS
SMU1:MP	V1			
SMU2:MP	V2			
SMU3:MP	V3			
SMU4:MP				
SMU5:MP				
VSU1				
VSL2				
PGU1		VPULSE		SYNC
PGU2		VPULSE		SYNC
GNDU				

*SMU/PG SELECTOR	
MEASURE	STRESS
1 SMU	PGU
2 SMU	PGU
3 OPEN	OPEN
4 OPEN	OPEN

*TRIGGER SETUP
POLARITY POSITIVE

PGU

B

CHANNEL DEF STRESS SETUP STRESS FORCE NEXT PAGE

UG10145,10070

スイッチング・マトリクスの制御

4155C/4156C は Agilent E5250A 低リーク・スイッチ・メインフレーム (E5252A マトリクス・カード装着) を制御することができます。このセクションでは E5250A の制御方法を説明します。

- 必要な準備
- 機能を制御する
- 接続状態を制御する
- セットアップ・ファイルを使用する

必要な準備

Table 8-3 にリストされる測定器、ケーブルなどを用意して、以下の準備を行います。E5250A リア・パネル上コネクタの場所を Figure 8-6 に、ケーブルの接続先を Table 8-4 に記します。

1. E5250A のスロット 1 に E5252A を装着します。
複数の E5252A を使用する場合、E5250A のカード・スロット 1 から順番に E5252A を装着します。空のスロットがあったり、他のカードが装着されている場合には、そのスロット以降を無視します。
2. E5250A の GPIB アドレスの設定を行います。のちに CHANNELS: E5250A PROPERTIES 画面でこの値を入力します。
3. E5250A と 4155C/4156C を GPIB ケーブルで接続します。
外部コンピュータが同じ GPIB バス上に接続されている場合には、コンピュータから GPIB ケーブルをはずす、またはアクティブ・コントローラ機能を 4155C/4156C にパスしてください。
4. E5250A SMU INPUT コネクタと 4155C/4156C SMU コネクタまたは 41501 HPSMU/MPSMU コネクタをトライアキシャル・ケーブルで接続します。
5. E5250A AUX INPUT コネクタと 4155C/4156C VSU/VMU コネクタ、41501 PGU コネクタ、または他の測定器を同軸ケーブルで接続します。
6. E5252A 出力コネクタとテスト・フィクスチャまたはプローバをトライアキシャル・ケーブルで接続します。
7. 測定器の電源を ON します。

サポート・ファンクション
 スイッチング・マトリクス制御

8. 以下の操作で、4155C/4156C を SYSTEM CONTROLLER に設定します。

System フロントパネル・キー、MISCELLANEOUS ソフトキーを順に押して、フィールド・ポインタが *4155C is* または *4156C is* フィールドを示している状態で CONTROLLER ソフトキーを選択します。

Table 8-3

必要な測定器、ケーブル

Agilent モデル番号	名称	数量
4155C/4156C	半導体パラメータ・アナライザ	1
41501	SMU/パルス・ジェネレータ・エキスパンダ (必要に応じて用意します)	1
E5250A	低リーク・スイッチ・メインフレーム	1
E5252A	10×12 マトリクス・カード	1～4
	GPIB ケーブル	1
	トライアキシャル・ケーブル	a
	同軸ケーブル	b
	テスト・フィクスチャまたはプローバ	1

a. 必要数は使用する SMU 入力ポート／出力ポートの数に依ります。

b. 必要数は使用する AUX 入力ポートの数に依ります。

Figure 8-6

Agilent E5250A のリア・パネル

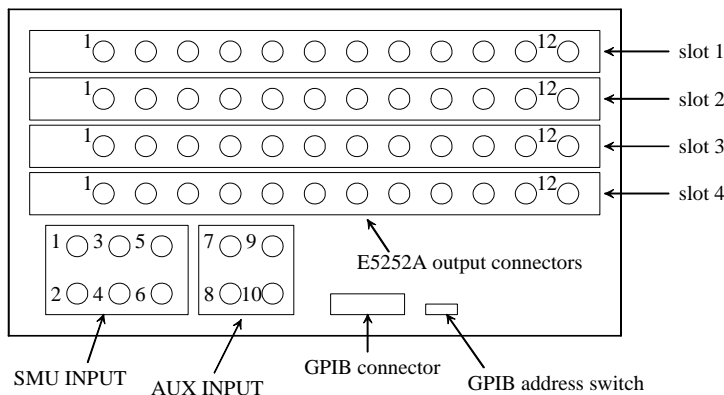


Table 8-4 E5250A の接続

E5250A リア・パネル のコネクタ	接続先	E5250A PROPERTIES 画面 のフィールド名 と初期設定
SMU INPUT 1	4155C/4156C SMU コネクタ、 または 41501 HPSMU/MPSMU コネクタ	INPUT1、SMU1
SMU INPUT 2		INPUT2、SMU2
SMU INPUT 3		INPUT3、SMU3
SMU INPUT 4		INPUT4、SMU4
SMU INPUT 5		INPUT5、SMU5
SMU INPUT 6		INPUT6、SMU6
AUX INPUT 7	4155C/4156C VSU/VMU コネクタ、 41501 PGU コネクタ、または 他の測定器	INPUT7、VSU1
AUX INPUT 8		INPUT8、VSU2
AUX INPUT 9		INPUT9、VMU1
AUX INPUT 10		INPUT10、VMU2
E5252A 出力	テスト・フィクスチャ、または プローバに接続されたコネクタ・ プレート	
GPIB コネクタ	4155C/4156C GPIB コネクタ	

機能を制御する

E5250A の機能を制御するには、CHANNELS: E5250A PROPERTIES 画面を使用します。**Chan** フロントパネル・キー、E5250A PROP ソフトキーを順に押します。E5250A PROPERTIES 画面が表示されます。

CHANNELS: E5250A PROPERTIES 01JAN15 05:04PM

*E5250A SETUP

GPIB ADDRESS	22
CONTROL	OFF
CARD TYPE	E5252A
CONFIG MODE	NORMAL

*MATRIX CONNECTION MODE

	PORT FCTN	BIAS PORT	COUPLE PORT				STATUS	CONN RULE	CONN SEQ
			1	3	5	7			
CARD1	NO FCTN	----	----	----	----	----	FREE	BBM	
CARD2	NO FCTN	----	----	----	----	----	FREE	BBM	
CARD3	NO FCTN	----	----	----	----	----	FREE	BBM	
CARD4	NO FCTN	----	----	----	----	----	FREE	BBM	

*E5250A INPUT CONNECTION

INPUT 1	SMU1	INPUT 5	SMU5
INPUT 2	SMU2	INPUT 6	SMU6
INPUT 3	SMU3	INPUT 7	VSU1
INPUT 4	SMU4	INPUT 8	VSU2
		INPUT 9	VMU1
		INPUT 10	VMU2

22
 Enter GPIB address of E5250A (0 to 30). B

CHANNEL	USER	USER		S	E5250A			
DEF	FCTN	VAR			PROP			

Step 1. GPIB アドレスを設定する

GPIB ADDRESS フィールドに E5250A の GPIB アドレスを入力します。

Step 2. コントロール・モードを設定する

CONTROL フィールドで ON ソフトキーを選択します。

4155C/4156C は E5250A の設定条件を確認し、その条件を画面に表示します。コントロール・モード ON の状態では、以下の機能が有効になります。

- E5250A SETUP ソフトキーが現れます。CHANNELS: E5250A CONNECTION SETUP 画面の表示に使用します。
- E5250A セットアップ・ファイル（拡張子：MAT）のセーブ、ゲット、消去、コピー、リネームを行うことができます。

コントロール・モードを OFF するには、OFF ソフトキーを選択します。

Step 3. E5250A を初期化する

CONFIG MODE フィールドで RESET E5250A ソフトキーを選択します。E5250A のすべての設定を初期化します。

Step 4. 構成モードを選択する

CONFIG MODE フィールドでソフトキーを選択します。以下のソフトキーが有効です。構成モードを変更すると、それ以外の設定は初期化されます。

AUTO オート構成モードに設定します。このモードでは、カードは 1 枚のカードとみなされます。例えば、4 枚の E5252A を装着している E5250A は 48 出力のマトリクスとみなされます。

NORMAL ノーマル構成モードに設定します。各カードは 12 出力の異なるマトリクスとみなされます。

Step 5. ポート・ファンクションを選択する

PORT FCTN フィールドでソフトキーを選択します。以下のソフトキーが有効です。バイアス・ポート機能とカップル・ポート機能を同時に使用することはできません。

NO FCTN ポート・ファンクションを無効にします。

BIAS PORT バイアス・ポート機能を有効にします。この機能は、どの入力ポートにも接続されていない全ての出力ポートをバイアス・ポートに接続します。BIAS PORT フィールドでバイアス・ポートを設定してください。

COUPLE PORT カップル・ポート機能を有効にします。この機能はケルビン接続に有効です。COUPLE PORT STATUS フィールドでカップル・ポートを設定してください。

NOTE

ポート・ファンクション変更時の接続状態

ポート・ファンクション変更時には E5250A の接続状態に変更はありません。例外として、バイアス・ポート機能から他の機能への変更があった場合には、バイアス・ポートに設定されていた入力ポート上のすべての接続が開放されます。

Step 6. バイアス・ポートを設定する

BIAS PORT フィールドに、バイアス・ポートとして使用する E5250A 入力端子番号を入力します。有効値：1 から 10。初期値：10。

NOTE

バイアス・ポート変更時の接続状態

バイアス・ポートに設定する入力ポートを変更すると、以前のバイアス・ポートからすべての出力ポートが開放されて、開放された出力ポートは新しいバイアス・ポートに接続されます。

Step 7. カップル・ポートを設定する

COUPLE PORT STATUS フィールドで ON/OFF ソフトキーを選択することで、カップル・ポート有効 / 無効の設定を行います。

以下のポートを個別に設定することができます。

- カップル・ポート 1 : INPUT1 と INPUT2
- カップル・ポート 3 : INPUT3 と INPUT4
- カップル・ポート 5 : INPUT5 と INPUT6
- カップル・ポート 7 : INPUT7 と INPUT8
- カップル・ポート 9 : INPUT9 と INPUT10

NOTE

カップル・ポートの動作

カップル・ポートは以下のような接続動作を行います。

- カップル・ポートをオープンすると、カップルになっている $INPUT_{m-1}$ と $INPUT_m$ は出力ポートから切断されます。
- カップル・ポートをクローズすると、カップルになっている $INPUT_{m-1}$ と $INPUT_m$ は以下の接続を行います。

入力ポート $INPUT_{m-1}$ は出力ポート $n-1$ に接続されます。

入力ポート $INPUT_m$ は出力ポート n に接続されます。

ここで、 m は 10 までの偶数、 n は 48 までの偶数です。

Step 8. 接続ルールを選択する

CONN RULE フィールドでソフトキーを選択します。以下のソフトキーが有効です。

- | | |
|-------------|--|
| SROU | シングル接続ルールを設定します。各入力ポートはカード毎に1つの出力ポートに接続することができます。 |
| FREE | フリー接続ルールを設定します。入力ポートは複数の出力ポートに接続可能です。また、出力ポートは複数の入力ポートに接続可能です。 |

CAUTION

1つの出力に複数の入力を接続しないでください

フリー接続ルールに設定している場合、複数の入力ポートを1つの出力ポートに接続することができます。入力に接続されている装置にダメージを与える可能性がありますので、このような接続を行わないでください。

NOTE

接続ルール変更時の接続状態

接続ルール変更時には E5250A の接続状態に変更はありません。したがって、接続ルールを FREE から SROU に変更した場合には、シングル接続ルールにはそぐわない接続情報を E5250A CONNECTION SETUP 画面上に発見するかもしれません。その場合は、APPLY OPEN ALL ソフトキーを選択して E5250A 上すべての接続を開放してから設定を行います。

Step 9. 接続順序を選択する

CONN SEQ フィールドでソフトキーを選択します。以下のソフトキーが有効です。

- | | |
|-------------|---|
| BBM | Break-Before-Make モード。以前の接続を切断し、接続開放時間を待ってから新しい接続を行います。 |
| MBBR | Make-Before-Break モード。新しい接続を行い、接続時間を待ってから以前の接続を切断します。 |
| NSEQ | No Sequence モード。以前の接続を切断してから直ちに新しい接続を行います。 |

Step 10. E5250A 入力端子の接続を定義する

E5250A INPUT CONNECTION フィールドに、ユニット名、デバイス端子名などを入力します。入力された名称は、E5250A CONNECTION SETUP 画面でマトリクス入力ポートを識別するために使用されます。

このフィールドにユニット名を入力する場合には、ソフトキーが有効です。初期設定については、Table 8-4 を参照してください。

NOTE

INPUT n の値

INPUT n の設定値は E5250A 入力ポートを識別するためのラベルです。ユニット名の代わりに他の名称を入力することも可能です。アルファベットで始まる 4 文字までの英数字が有効です。フロントパネルまたはキーボードから入力してください。

接続状態を制御する

マトリクスの入力出力間の接続状態を制御するには、E5250A CONNECTION SETUP 画面を使用します。画面を表示するには E5250A SETUP ソフトキーを選択します。4155C/4156C は E5250A の設定を確認して、その状態を画面に表示します。

```

CHANNELS: E5250A CONNECTION SETUP                                01JAN20 04:13PM

*SETUP DISPLAY MODE
  ARRAY

```

*MATRIX CONNECTION STATUS		
INPUT PORT	111 111111122222 222223333333 3334444444444	ARRAY
	123456789012 345678901234 567890123456 789012345678	LIST
SMU1	X.....	
SMU2	.X.....	
SMU3	.X.....	
SMU4	.X.....	
SMU5	.X.....	
SMU6		
VSU1		
VSU2XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	
VMU1		
VMU2		

```

. : OPEN
X : CLOSE
- : BIAS DISABLED
X : CLOSE ON BIAS PORT

ARRAY
Select Setup Display Mode with softkey or rotary knob.
CHANNEL USER USER E5250A E5250A
DEF FCTN VAR S PROP SETUP

```

Step 1. 設定画面表示形式を選択する

SETUP DISPLAY MODE フィールドでソフトキーを選択します。

ARRAY アレイ表示を行います。ソフトキーを用いて、マトリクスの接続情報を設定できます。

LIST リスト表示を行います。出力ポート番号を入力することでマトリクスの接続情報を設定できます。

Step 2. 設定を行うカードを選択する (LIST 画面モードのみ)

CONFIG MODE を NORMAL に設定し、SETUP DISPLAY MODE を LIST に設定した場合、CARD NUMBER フィールドが現れます。このフィールドで CARD1、CARD2、CARD3、または CARD4 ソフトキーを用いてカードを選択します。

Step 3. 有効な入力ポートを変更する (ARRAY 画面、オプション)

入力ポート INPUT1 から INPUT4 は常に有効です。INPUT5 から INPUT10 は有効な入力ポートの選択が必要です。INPUT5、INPUT7、INPUT9 から 1 ポート、INPUT6、INPUT8、INPUT10 から 1 ポートを選択することが可能です。

有効な入力ポートを変更するには、有効にする入力ポート上にポインタを移動し、ENABLE PORT ソフトキーを選択します。このソフトキーは、有効な状態にある入力ポート、バイアス・ポート、バイアス・ポートに内部接続されている入力ポートには無効です。

例えば、ポインタが INPUT7 (VSU1) を示している状態で ENABLE PORT ソフトキーを選択すると、INPUT5 (SMU5) と INPUT9 (VMU1) の接続情報はクリアされ、INPUT7 に接続情報が現れます。

p. 8-33 の図では、INPUT1 から INPUT5 および INPUT8 が有効、INPUT6、7、9、10 が無効です。

Step 4. 有効な入力ポートを変更する (LIST 画面、オプション)

入力ポート INPUT1 から INPUT4 は常に有効です。INPUT5 から INPUT10 は有効な入力ポートの選択が必要です。INPUT5、INPUT7、INPUT9 から 1 ポート、INPUT6、INPUT8、INPUT10 から 1 ポートを選択することが可能です。

有効な入力ポートを変更するには、INPUT5 または INPUT6 フィールド (下図の SMU5 または SMU6) にポインタを移動します。このフィールドでは、設定可能な入力ポートに対応するソフトキーが現れます。ソフトキーを用いて有効にする入力ポートを選択します。バイアス・ポートでは、バイアス・ポートを表すソフトキーだけが現れます。

ソフトキーには、CHANNELS: E5250A PROPERTIES 画面の E5250A INPUT CONNECTION フィールドに設定された名称がラベルされています。

INPUT PORT	OUTPUT PORT NO.
SMU1	1
SMU2	2
SMU3	3
SMU4	
SMU5	————— Can be replaced with input 7 or 9.
SMU6	4-48

————— Can be replaced with input 8 or 10.

Step 5. マトリクスの接続を定義する (ARRAY 画面)

接続情報の定義が終わるまで以下のステップを繰り返します。接続情報を E5250A に設定するには、APPLY SETUP ソフトキーを押します。

1. ポインタを接続状態の変更を行うポイントに移動します。
2. CLOSE ソフトキーを選択すると、クローズ（接続）状態を定義します。
このポイントには X が表示されます。

OPEN ソフトキーを選択すると、オープン（開放）状態を定義します。
このポイントには・が表示されます。

バイアス・ポートでは、バイアス状態の定義が終わるまで以下のステップを繰り返します。定義内容を E5250A に設定するには、APPLY SETUP ソフトキーを押します。

1. ポインタをバイアス状態の変更を行うポイントに移動します。
2. BIAS DISABLE ソフトキーを選択すると、そのポイントのバイアス・ポート機能を無効にします。このポイントには _ が表示されます。

BIAS ENABLE ソフトキーを選択すると、そのポイントのバイアス・ポート機能を有効にします。このポイントには x または・が表示されます。

NOTE

接続情報の定義が完了した後で

E5250A 接続情報の定義が完了した後には、Step 7、Step 8、または Step 9 を実行してください。表示画面の変更、あるいは測定の実行が可能になります。

NOTE

出力ポート番号

有効な出力ポート番号は構成モードに依存します。ノーマル構成モードでは、各カードに対して 1 から 12 が有効、オート構成モードでは、1 から 12 (1 枚装着時)、1 から 24 (2 枚装着時)、1 から 36 (3 枚装着時)、1 から 48 (4 枚装着時) が有効です。

NOTE

設定例

p.8-33 の図では、E5250A には 3 枚の E5252A が装着されており、構成モードがオートに設定されています。そして、INPUT1 (SMU1) から INPUT5 (SMU5) をそれぞれ出力ポート 1 から 5 に接続し、バイアス・ポートに設定された INPUT8 (VSU2) を出力ポート 6 から 36 に接続します。

Step 6. マトリクスの接続を定義する (LIST 画面)

接続を行う出力ポート番号を入力します。接続情報を E5250A に設定するには、APPLY SETUP ソフトキーを選択します。

複数の番号を入力するにはカンマを、連続する番号を入力するにはハイフンを使用します。例えば、1,6 は出力ポート 1 と 6 を、1-12 は出力ポート 1 から 12 を示します。

NOTE

接続情報の定義が完了した後で

E5250A 接続情報の定義が完了した後には、Step 7、Step 8、または Step 9 を実行してください。表示画面の変更、あるいは測定の実行が可能になります。

NOTE

出力ポート番号

有効な出力ポート番号は構成モードに依存します。ノーマル構成モードでは、各カードに対して 1 から 12 が有効、オート構成モードでは、1 から 12 (1 枚装着時)、1 から 24 (2 枚装着時)、1 から 36 (3 枚装着時)、1 から 48 (4 枚装着時) が有効です。

NOTE

設定例

以下の設定では、E5250A には 4 枚の E5252A が装着されており、構成モードがオートに設定されています。そして、INPUT1 (SMU1) から INPUT3 (SMU3) をそれぞれ出力ポート 1 から 3 に接続し、INPUT6 (SMU6) を出力ポート 4 から 48 に接続します。

INPUT PORT	OUTPUT PORT NO.
SMU1	1
SMU2	2
SMU3	3
SMU4	
SMU5	
SMU6	4-48

Step 7. E5250A に接続情報の設定を行う

APPLY SETUP ソフトキーを選択します。直ちに接続情報が E5250A に設定されます。

Step 8. E5250A のすべてのポートをオープンにする

APPLY OPEN ALL ソフトキーを選択します。E5250A の全ポートを直ちにオープンします。設定画面の接続情報もすべてオープンになります。

Step 9. 設定変更をキャンセルする

CANCEL SETUP CHANGE ソフトキーを選択します。画面で行った設定変更はキャンセルされ、設定画面の接続情報を変更前の状態に戻します。E5250A の接続状態には何の変更もありません。

セットアップ・ファイルを使用する

E5250A 設定用セットアップ・ファイル（拡張子：MAT）をセーブ、ゲット、消去、コピー、リネームすることができます。このセットアップ・ファイルを操作するには、4155C/4156C を SYSTEM CONTROLLER に設定し、E5250A コントロール・モードを ON に設定します。ファイラ、および Save、Get フロントパネル・キーを使用してファイル操作ができるようになります。

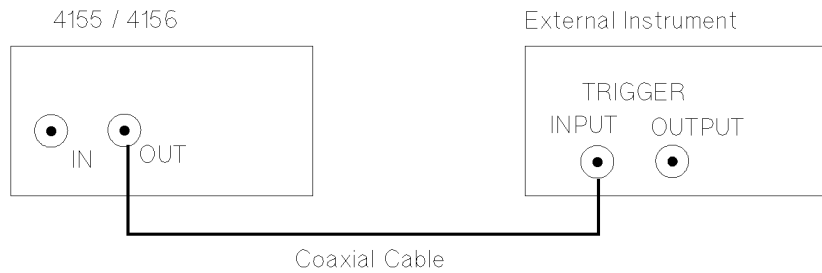
ファイルの種類を特定するために、ファイル操作画面の TYPE フィールドで MAT ソフトキーを選択します。

トリガ機能

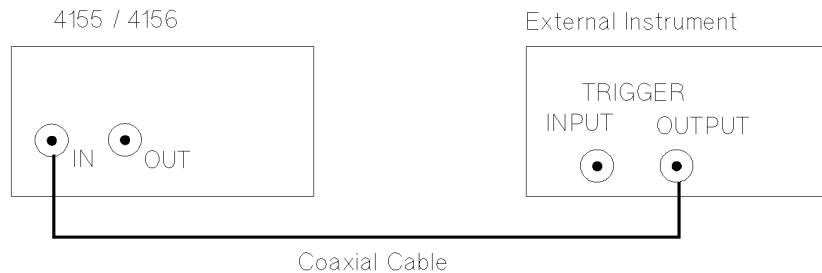
外部機器による測定、あるいはバイアス出力のタイミングと同期した測定を行うためにトリガ機能を使用します。

接続

4155C/4156C と外部機器との接続を以下に記します。



(a) For Trigger Output Function



(b) For Trigger Input Function

設定と制限

- ・ トリガ入力とトリガ出力を同時に行うことはできません。
- ・ トリガ機能を有効にするには、MEASURE: OUTPUT SEQUENCE 画面の TRIGGER SETUP フィールドを設定します。TRIG OUT または TRIG IN を選択します。**Single**、**Repeat**、または **Append** フロントパネル・キーを押して測定を開始することで、自動的にトリガ入力または出力を行います。
- ・ サンプリング測定では、トリガ出力機能を使用することはできません。
- ・ ノブ掃引測定では、トリガ機能を使用することはできません。
- ・ トリガ信号の電氣的仕様についてはユーザ・ガイドを参照してください。

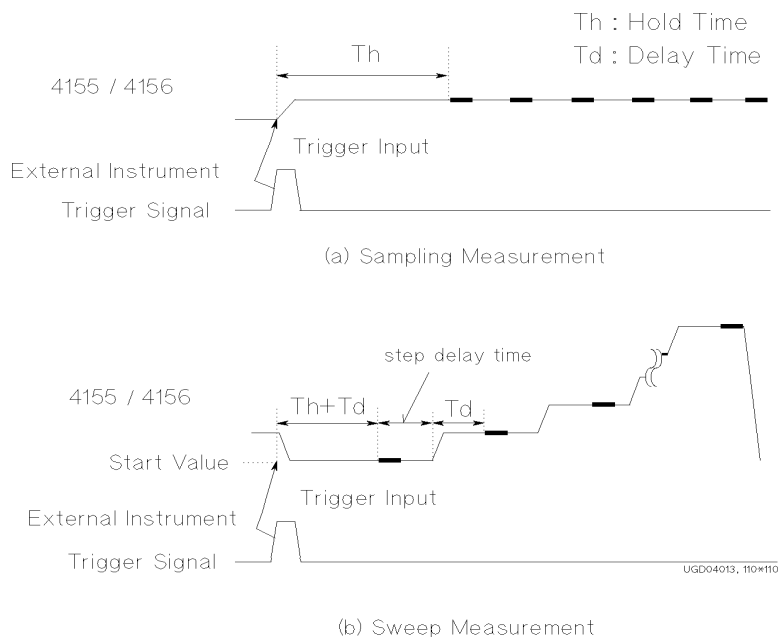
トリガ入力

外部機器から送られたエッジ・トリガ (TTL レベル、パルス幅 10 μ s 程度) を受けることによって、4155C/4156C は掃引測定またはサンプリング測定を開始することができます。Figure 8-7 は外部トリガによる測定開始のタイミングを説明しています。

トリガの極性は正か負のいずれかを選択できます。

Figure 8-7

外部トリガによる測定例



Single、**Repeat**、または **Append** フロントパネル・キーを押すことによって、4155C/4156C はトリガ信号 1 個を受け取ることができます。そしてトリガを受け取ると、4155C/4156C は測定を開始します。

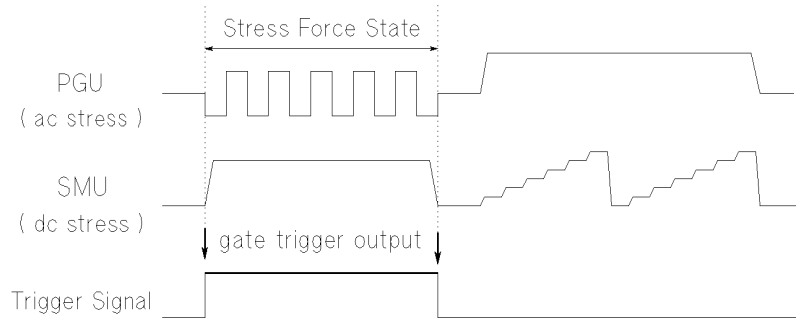
階段波掃引測定では、ステップ・ディレイ時間を設定することができます。

トリガ出力

4155C/4156C は外部機器にトリガを送ることができます。トリガの極性は、正か負のいずれかを選択できます。サンプリング測定ではこの機能を使用することができません。

ゲート・トリガ出力 4155C/4156C は、ストレス印加中にゲート・トリガを出力することができます。トリガ信号は、ストレス印加開始と共にアクティブ・レベルになり、ストレス印加終了と共に非アクティブ・レベルになります。

ゲート・トリガ機能を使用するには、STRESS: CHANNEL DEFINITION 画面の TRIGGER SETUP フィールドを設定します。



エッジ・トリガ出力 4155C/4156C は、掃引測定実行中にエッジ・トリガを出力することができます。トリガは各掃引ステップに同期します。

トリガ出力タイミングの設定には、MEASURE: OUTPUT SEQUENCE 画面の以下のフィールドを使用します。測定モードによって現れるフィールドが異なります。

測定モード	設定フィールド
パルス掃引測定	TRIG OUT DELAY
掃引測定	STEP DELAY

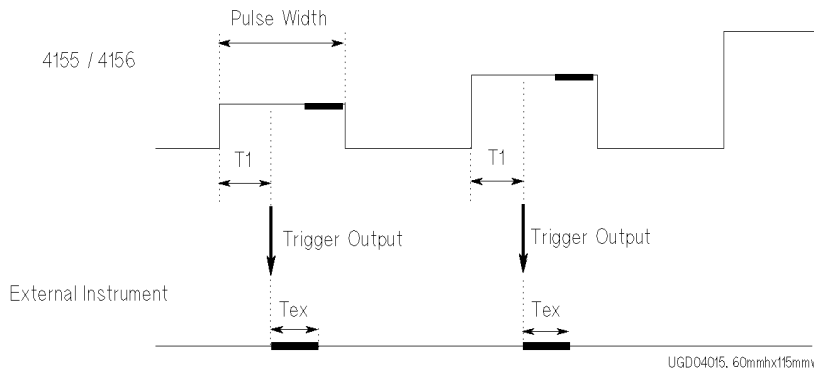
トリガ出力ディレイ時間 (TRIG OUT DELAY)

SMU をパルス電源として使用する場合、パルスの立ち上がりエッジでエッジ・トリガを出力することができます。TRIG OUT DELAY 時間では立ち上がりエッジからどれだけ遅らせてトリガを出力するかを設定します。従って、TRIG OUT DELAY 時間は 4155C/4156C が安定したパルス・ピーク値を出力するまでの待ち時間を設定することになります。TRIG OUT DELAY の設定範囲を以下に示します。

設定範囲：0 ～パルス幅、ただし最大 32.7 ms

設定分解能：100 μ s

図中の T1 が TRIG OUT DELAY を指しています。



T1 : trigger output delay time

(set in TRIG OUT DELAY field on MEASURE: OUTPUT SEQUENCE page)

Tex : measurement time for external instrument

パルス・ピーク値出力中に、外部機器で測定を実行するには、T1 (TRIG OUT DELAY) とパルス幅が次の関係を満たす必要があります。

パルス幅 > T1 + Tex

ここで、Tex は測定実行時間を表わします。

ステップ・ディレイ時間 (STEP DELAY)

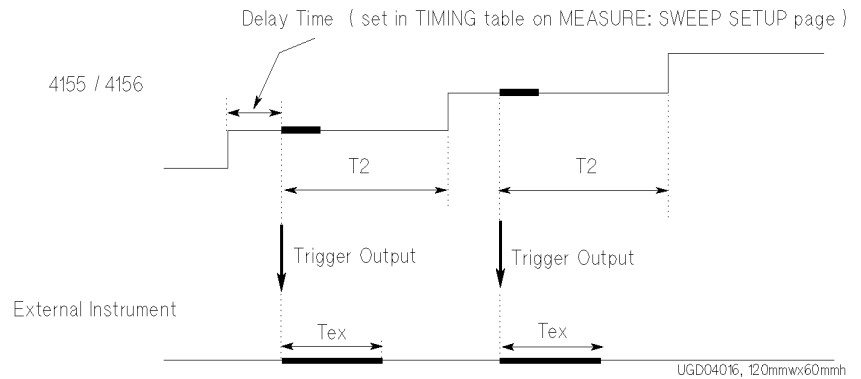
SMU をパルス電源として使用しない場合、4155C/4156C は各掃引ステップの測定を開始するタイミングでエッジ・トリガを出力します。

STEP DELAY 時間は、トリガ出力開始時点から次のステップが立ち上がるまでの時間です。これは、各ステップ中に外部機器が測定を実行するのに十分な時間を確保するための設定です。STEP DELAY 時間の設定範囲を以下に示します。

設定範囲：0 ~ 1 s

設定分解能：100 μ s

図中の T2 が STEP DELAY を指しています。



T2 : step delay time (set in STEP DELAY field on MEASURE: OUTPUT SEQUENCE page)

Tex : measurement time for external instrument

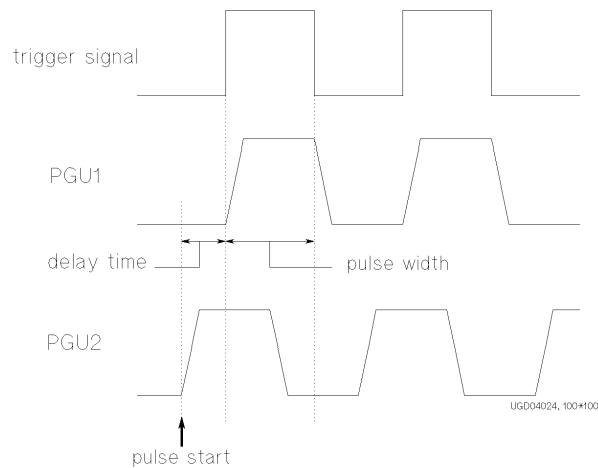
測定時間よりも短い T2 (STEP DELAY) が設定された場合、4155C/4156C は測定が終了してから次のステップを出力します。

PGU のトリガ出力

PGU を装着した Agilent 41501A/B エクスパンダを使用する場合、41501A/B のトリガ出力端子 (Ext Pulse Generator Trig Out 端子) からゲート・トリガを出力することができます。トリガ信号は PGU 出力パルスに同期して出力され、トリガのタイミングを制御することはできません。

トリガの極性は正で、出力レベルは TTL レベルです。

下図はトリガ信号を示します。トリガ信号の立ち上がりエッジと立ち下がりエッジは、PGU1 の立ち上がりエッジと立ち下がりエッジに、それぞれ同期します。



PGU トリガを使用することによって、外部パルス・ジェネレータの出力を PGU に同期させることができるので、多チャンネルのパルス印加が可能となります。

組み込み関数

本章では、Agilent 4155C/4156C に組み込まれている以下の関数について説明します。これらの関数は、測定セットアップや測定データを読んだり、計算するために使用します。

- ・ 組み込み関数
- ・ リードアウト関数

組み込み関数

組み込み関数はユーザ関数の定義、自動解析機能の条件設定、および、データ入力エリアからの直接入力による計算に使用します。

組み込み関数を以下にリストします。

- ・ ABS
- ・ AT
- ・ AVG
- ・ COND
- ・ DELTA
- ・ DIFF
- ・ EXP
- ・ INTEG
- ・ LGT
- ・ LOG
- ・ MAVG
- ・ MAX
- ・ MIN
- ・ SQRT

組み込み関数
組み込み関数

ABS

絶対値を返します。

文法

ABS(A)

例

変数 ID の絶対値を返します。

ABS(ID)

AT

インデックス (B) によって示される変数 (A) の値を返します。

文法

AT(A,B)

インデックスに整数が入力されなかった場合、変数値をリニアで補間した値を返します。

例

変数 Id と Id の初期値との差分を返します。

Id-AT(Id,1)

AVG

平均値を返します。

文法

AVG(A)

二次掃引を使用した場合、ある二次掃引ステップにおける一次掃引の平均値を返します。

例

変数 ID の平均値を返します。

AVG(ID)

COND

数式 A、B、C、D を入力すると以下の値を返します。

- ・ A < B の場合、C の値を返します。
- ・ A ≥ B の場合、D の値を返します。

文法

COND(A, B, C, D)

あるインデックスにおける A または B の値が無効だった場合、一つ前のインデックスにおける値を使用します。

例

COND(ID-VG, SQRT(ID)-VG, VD, VGS-VTH)

DELTA

数式の差分を返します。

文法

DELTA(A)

差分は以下のように計算されます。

$$\delta n = (a_2 - a_1) \quad n = 1 \text{ の時}$$

$$\delta n = (a_{n+1} - a_{n-1}) / 2 \quad 1 < n < N \text{ の時}$$

$$\delta n = (a_N - a_{N-1}) \quad n = N \text{ の時}$$

ここで、

δn : インデックス n での差分

a_n : インデックス n での数式の値

N: 測定点数

二次掃引ステップ毎の一次掃引測定データについては、各データ第一点目のインデックス値を 1 とみなします。

二次掃引出力データについては、二次掃引のステップ値を返します。

例

DELTA(ID)

DIFF

数式 A を B で微分し、微分係数を返します。

文法

DIFF(A, B)

微分係数は以下のように計算されます。

$$y'_n = (y_2 - y_1) / (x_2 - x_1) \quad n = 1 \text{ の時}$$

$$y'_n = (y_{n+1} - y_{n-1}) / (x_{n+1} - x_{n-1}) \quad 1 < n < N \text{ の時}$$

$$y'_n = (y_N - y_{N-1}) / (x_N - x_{N-1}) \quad n = N \text{ の時}$$

ここで、

y'_n : インデックス n における微分係数

y_n : インデックス n における A の値

x_n : インデックス n における B の値

N: 測定点数

二次掃引ステップ毎の一次掃引測定データについては、各データ第一点目のインデックス値を 1 とみなします。

例

VG による ID の二階微分係数を返します。

DIFF(DIFF(ID, VG), VG)

EXP

指数値を返します。

文法

EXP(A)

例

e^{ID} を返します。

EXP(ID)

INTEG

数式 A を B で積分し、積分値を返します。

文法

INTEG(A, B)

積分値は以下のように計算されます。

$n = 1$ の場合、 $\sigma_n = 0$

$n > 1$ の場合、 σ_n は以下の式で与えられます。

$$\alpha_n = \frac{1}{2} \sum_{i=2}^n (y_i + y_{i-1})(x_i - x_{i-1})$$

ここで、

σ_n : インデックス n における A の積分値

r_i : インデックス i における A の値

x_i : インデックス i における B の値

あるインデックスにおける A または B の値が無効だった場合、その値は計算に使用されません。

二次掃引ステップ毎の一次掃引測定データについては、各データ第一点目のインデックス値を 1 とみなします。

例

INTEG(ID, VD)

LGT

常用対数値 (10 を底とする対数) を返します。

文法

LGT(A)

A=0 の場合 -Overflow を返します。

A<0 の場合 数値の絶対値をとって、その対数値を返します。

例

LGT(ID)

LOG

自然対数値 (e を底とする対数) を返します。

文法

LOG(A)

A=0 の場合 -Overflow を返します。

A<0 の場合 数値の絶対値をとって、その自然対数値を返します。

例

LOG(ID)

MAVG

変数 A の移動平均を返します。B には平均に用いる点数を指定します。

文法

MAVG(A, B)

インデックス n における移動平均は以下のように計算されます。

n ≤ r の場合

$$\bar{x}_n = \frac{1}{r+n} \sum_{i=1}^{n+r} x_i$$

r < n ≤ N-r の場合

$$\bar{x}_n = \frac{1}{2r+1} \sum_{i=n-r}^{n+r} x_i$$

N-r < n の場合

$$\bar{x}_n = \frac{1}{r+N-n+1} \sum_{i=n-r}^N x_i$$

ここで、

\bar{x}_n : インデックス n における A の移動平均

x_i : インデックス i における A の値

r: B の値

あるインデックスにおける A の値が無効だった場合、その値は計算に使用されません。

二次掃引ステップ毎の一次掃引測定データについては、各データ第一点目のインデックス値を 1 とみなします。

例

5 つの測定データを用いて ID の移動平均をとって、その値を返します。

MAVG(ID, 5)

組み込み関数
組み込み関数

MAX

最大値を返します。

文法

MAX(A)

二次掃引を使用した場合、ある二次掃引ステップにおける一次掃引の最大値を返します。

無効な値があった場合、その値は計算に使用されません。

例

MAX(ID)

MIN

最小値を返します。

文法

MIN(A)

二次掃引を使用した場合、ある二次掃引ステップにおける一次掃引の最小値を返します。

無効な値があった場合、その値は計算に使用されません。

例

MIN(ID)

SQRT

平方根を返します。

文法

SQRT(A)

例

SQRT(ID)

リードアウト関数

リードアウト関数はマーカ、カーソル、ラインに関するさまざまな値を読みとるための組み込み関数です。これらの関数は測定結果の複雑な解析を行う時に役立ちます。

リードアウト関数はユーザ関数の定義、自動解析機能の条件設定、および、データ入力エリアからの直接入力による計算に使用します。

リードアウト関数を以下にリストします。

解析ツール	リードアウト関数
マーカ	@MI, @MX, @MY, @MY1, @MY2
カーソル	@CX, @CY, @CY1, @CY2
ライン	@IX, @IY, @IY1, @IY2, @L1CO, @L1G, @L1G1, @L1G2, @L1X, @L1Y, @L1Y1, @L1Y2, @L2CO, @L2G, @L2G1, @L2G2, @L2X, @L2Y, @L2Y1, @L2Y2

NOTE

リードアウト関数を使用するには、測定結果表示画面をグラフに設定します。リスト表示に設定した場合に使用できる関数は @MI だけです。

解析ツールが画面に表示されていない場合には、最新値を返します。一度も表示されていない場合には、無効な値を返します。

リードアウト関数を X 軸、Y 軸に設定することはできません。

組み込み関数
リードアウト関数

@CX

操作の対象となっているカーソルの X 座標値を返します。

文法: @CX

@CY

操作の対象となっているカーソルの Y 座標値を返します。

文法: @CY

Y1 と Y2 軸が設定されている場合、選択されている軸の値を返します。

@CY1

操作の対象となっているカーソルの Y1 座標値を返します。

文法: @CY1

@CY2

操作の対象となっているカーソルの Y2 座標値を返します。

文法: @CY2

@IX

LINE1 と LINE2 の交点の X 座標値を返します。

文法: @IX

以下の式で交点を計算します。

$$x = (y_2 - y_1) / (\alpha_2 - \alpha_1)$$

ここで、

x : 交点の X 座標の値。ログ・スケールでは 10^x 。

y_n : LINE n の Y 切片の値。ログ・スケールでは値のログ値。

α_n : LINE n の傾き。

LINE1 と LINE2 が平行の場合、無効値を返します。

@IY

LINE1 と LINE2 の交点の Y 座標値を返します。

文法: @IY

Y1 と Y2 軸が設定されている場合、選択されている軸の値を返します。

以下の式で交点を計算します。

$$y = y_1 + \alpha_1 \times (y_2 - y_1) / (\alpha_1 - \alpha_2)$$

ここで、

y : 交点の Y 座標の値。ログ・スケールでは 10^y 。

y_n : LINE n の Y 切片の値。ログ・スケールでは値のログ値。

α_n : LINE n の傾き。

LINE1 と LINE2 が平行の場合、無効値を返します。

@IY1

LINE1 と LINE2 の交点の Y1 座標値を返します。

文法: @IY1

以下の式で交点を計算します。

$$y_1 = y_1 + \alpha_1 \times (y_2 - y_1) / (\alpha_1 - \alpha_2)$$

ここで、

y_1 : 交点の Y1 座標の値。ログ・スケールでは 10^{y_1} 。

y_n : LINE n の Y1 切片の値。ログ・スケールでは値のログ値。

α_n : LINE n の傾き。

LINE1 と LINE2 が平行の場合、無効値を返します。

@IY2

LINE1 と LINE2 の交点の Y2 座標値を返します。

文法: @IY2

以下の式で交点を計算します。

$$y_2 = y_1 + \alpha_1 \times (y_2 - y_1) / (\alpha_1 - \alpha_2)$$

ここで、

y_2 : 交点の Y2 座標の値。ログ・スケールでは 10^{y_2} 。

y_n : LINE n の Y2 切片の値。ログ・スケールでは値のログ値。

α_n : LINE n の傾き。

LINE1 と LINE2 が平行の場合、無効値を返します。

@L1CO

LINE1 の回帰計算の相関係数を返します。

文法： @L1CO

LINE1 は回帰直線 (REGRESSION) モードでなければいけません。それ以外のモードでは無効値を返します。

@L1G

LINE1 の傾きを返します。

文法： @L1G

Y1 と Y2 軸が設定されている場合、選択されている軸の値を返します。

以下の式で傾きを計算します。スケールの設定によって異なります。

- X、Y 軸がリニアの場合：

$$\alpha = (y_1 - y_0) / (x_1 - x_0)$$

- X 軸がログ、Y 軸がリニアの場合：

$$\alpha = (y_1 - y_0) / (\log x_1 - \log x_0)$$

- X 軸がリニアで、Y 軸がログの場合：

$$\alpha = (\log y_1 - \log y_0) / (x_1 - x_0)$$

- X、Y 軸がログの場合：

$$\alpha = (\log y_1 - \log y_0) / (\log x_1 - \log x_0)$$

ここで、

α ： LINE1 の傾き。

x_0, y_0, x_1, y_1 ： LINE1 とプロット領域枠との交点 (2 つ) の座標値。

@L1G1

LINE1 の Y1 軸に対する傾きを返します。

文法： @L1G1

以下の式で傾きを計算します。スケールの設定によって異なります。

- ・ X、Y1 軸がリニアの場合：
$$\alpha = (y_1 - y_0) / (x_1 - x_0)$$
- ・ X 軸がログ、Y1 軸がリニアの場合：
$$\alpha = (y_1 - y_0) / (\log x_1 - \log x_0)$$
- ・ X 軸がリニアで、Y1 軸がログの場合：
$$\alpha = (\log y_1 - \log y_0) / (x_1 - x_0)$$
- ・ X、Y1 軸がログの場合：
$$\alpha = (\log y_1 - \log y_0) / (\log x_1 - \log x_0)$$

ここで、

α ： LINE1 の傾き。

x_0, y_0, x_1, y_1 ： LINE1 とプロット領域枠との交点 (2 つ) の X-Y1 座標値。

@L1G2

LINE1 の Y2 軸に対する傾きを返します。

文法： @L1G2

以下の式で傾きを計算します。スケールの設定によって異なります。

- X、Y2 軸がリニアの場合：

$$\alpha = (y_1 - y_0) / (x_1 - x_0)$$

- X 軸がログ、Y2 軸がリニアの場合：

$$\alpha = (y_1 - y_0) / (\log x_1 - \log x_0)$$

- X 軸がリニアで、Y2 軸がログの場合：

$$\alpha = (\log y_1 - \log y_0) / (x_1 - x_0)$$

- X、Y2 軸がログの場合：

$$\alpha = (\log y_1 - \log y_0) / (\log x_1 - \log x_0)$$

ここで、

α ： LINE1 の傾き。

x_0, y_0, x_1, y_1 ： LINE1 とプロット領域枠との交点 (2 つ) の X-Y2 座標値。

組み込み関数
リードアウト関数

@L1X

LINE1 の X 切片 (Y=0 での X 座標値) を返します。

文法: @L1X

LINE1 が X 軸と平行の場合、無効値を返します。

@L1Y

LINE1 の Y 切片 (X=0 での Y 座標値) を返します。

文法: @L1Y

Y1 と Y2 軸が設定されている場合、選択されている軸の値を返します。

LINE1 が X 軸と垂直の場合、無効値を返します。

@L1Y1

LINE1 の Y1 切片 (X=0 での Y1 座標値) を返します。

文法: @L1Y1

LINE1 が X 軸と垂直の場合、無効値を返します。

@L1Y2

LINE1 の Y2 切片 (X=0 での Y2 座標値) を返します。

文法: @L1Y2

LINE1 が X 軸と垂直の場合、無効値を返します。

@L2CO

LINE2 の回帰計算の相関係数を返します。

文法： @L2CO

LINE2 は回帰直線 (REGRESSION) モードでなければいけません。それ以外のモードでは無効値を返します。

@L2G

LINE2 の傾きを返します。

文法： @L2G

Y1 と Y2 軸が設定されている場合、選択されている軸の値を返します。

以下の式で傾きを計算します。スケールの設定によって異なります。

- X、Y 軸がリニアの場合：

$$\alpha = (y_1 - y_0) / (x_1 - x_0)$$

- X 軸がログ、Y 軸がリニアの場合：

$$\alpha = (y_1 - y_0) / (\log x_1 - \log x_0)$$

- X 軸がリニアで、Y 軸がログの場合：

$$\alpha = (\log y_1 - \log y_0) / (x_1 - x_0)$$

- X、Y 軸がログの場合：

$$\alpha = (\log y_1 - \log y_0) / (\log x_1 - \log x_0)$$

ここで、

α ： LINE2 の傾き。

x_0, y_0, x_1, y_1 ： LINE2 とプロット領域枠との交点 (2 つ) の座標値。

@L2G1

LINE2 の Y1 軸に対する傾きを返します。

文法： @L2G1

以下の式で傾きを計算します。スケールの設定によって異なります。

- ・ X、Y1 軸がリニアの場合：
$$\alpha = (y_1 - y_0) / (x_1 - x_0)$$
- ・ X 軸がログ、Y1 軸がリニアの場合：
$$\alpha = (y_1 - y_0) / (\log x_1 - \log x_0)$$
- ・ X 軸がリニアで、Y1 軸がログの場合：
$$\alpha = (\log y_1 - \log y_0) / (x_1 - x_0)$$
- ・ X、Y1 軸がログの場合：
$$\alpha = (\log y_1 - \log y_0) / (\log x_1 - \log x_0)$$

ここで、

α ： LINE2 の傾き。

x_0, y_0, x_1, y_1 ： LINE2 とプロット領域枠との交点 (2 つ) の X-Y1 座標値。

@L2G2

LINE2 の Y2 軸に対する傾きを返します。

文法： @L2G2

以下の式で傾きを計算します。スケールの設定によって異なります。

- X、Y2 軸がリニアの場合：

$$\alpha = (y_1 - y_0) / (x_1 - x_0)$$

- X 軸がログ、Y2 軸がリニアの場合：

$$\alpha = (y_1 - y_0) / (\log x_1 - \log x_0)$$

- X 軸がリニアで、Y2 軸がログの場合：

$$\alpha = (\log y_1 - \log y_0) / (x_1 - x_0)$$

- X、Y2 軸がログの場合：

$$\alpha = (\log y_1 - \log y_0) / (\log x_1 - \log x_0)$$

ここで、

α ： LINE2 の傾き。

x_0, y_0, x_1, y_1 ： LINE2 とプロット領域枠との交点 (2 つ) の X-Y2 座標値。

組み込み関数
リードアウト関数

@L2X

LINE2 の X 切片 (Y=0 での X 座標値) を返します。

文法: @L2X

LINE2 が X 軸と平行の場合、無効値を返します。

@L2Y

LINE2 の Y 切片 (X=0 での Y 座標値) を返します。

文法: @L2Y

Y1 と Y2 軸が設定されている場合、選択されている軸の値を返します。

LINE2 が X 軸と垂直の場合、無効値を返します。

@L2Y1

LINE2 の Y1 切片 (X=0 での Y1 座標値) を返します。

文法: @L2Y1

LINE2 が X 軸と垂直の場合、無効値を返します。

@L2Y2

LINE2 の Y2 切片 (X=0 での Y2 座標値) を返します。

文法: @L2Y2

LINE2 が X 軸と垂直の場合、無効値を返します。

@MI

マーカの測定データのインデックスを返します。

文法: @MI

GRAPHICS 画面、LIST 画面の両方で使用できます。

GRAPHICS 画面でマーカが補間データに置かれている場合、非整数値を返します。

@MX

マーカの X 座標値を返します。

文法: @MX

@MY

マーカの Y 座標値を返します。

文法: @MY

Y1 と Y2 軸が設定されている場合、選択されている軸の値を返します。

@MY1

マーカの Y1 座標値を返します。

文法: @MY1

@MY2

マーカの Y2 座標値を返します。

文法: @MY2

組み込み関数
リードアウト関数

測定デバイスの接続

測定デバイス (DUT) を 16442A/B テスト・フィクスチャに接続する方法、およびケーブル、プローブ針をコネクタ・プレートに接続する方法を説明します。

4155C/4156C とテスト・フィクスチャ、コネクタ・プレートの接続については、*ユーザ・ガイド*を参照してください。また、ウェーハ・プローバを使用する場合には、ウェーハ・プローバの取扱説明書を参照してください。

DUT の接続、取り外しを行う場合、4155C/4156C がアイドル状態にあることを確認してください。アイドル状態では全てのユニット出力は 0 V になります。その他の動作状態で行なうと DUT を破壊する恐れがあります。

アイドル状態にするには、**Stop** フロントパネル・キーを押します。

Standby インジケータが点灯している場合は、**Standby** フロントパネル・キーを押してインジケータを消灯させます。

本セクションの構成：

- ・ テスト・フィクスチャを使用する
- ・ コネクタ・プレートを使用する

テスト・フィクスチャを使用する

1. **Stop** フロントパネル・キーを押します。Standby インジケータが点灯している場合は、**Standby** フロントパネル・キーを押します。
2. DUT の形状に合うソケット・モジュールを 16442A/B テスト・フィクスチャに装着します。
3. ソケット・モジュールのソケットに DUT をセットします。
4. テストリードを使ってフィクスチャとソケット・モジュール間の接続を行います。
5. フィクスチャの蓋を閉じます。

±40 V を越える電圧を出力する場合には、テスト・フィクスチャの蓋を閉じてください。蓋を開いたままで測定を開始すると、インターロック機能が動作するため、±40 V を越える出力を行うことができません。

フィクスチャとソケット・モジュール間の接続には、以下の端子を持ったテストリードを使用します。

- ・ ミニチュア・バナナ ～ ミニチュア・バナナ
- ・ ミニチュア・バナナ ～ ピン・プラグ
- ・ ミニチュア・バナナ ～ ミニチュア・クリップ

CAUTION

出力印加中に、DUT の接続、取り外しを行わないでください。DUT を破壊する恐れがあります。

CAUTION

テストリードの端子部分に直接手を触れないでください。油、汗、汚れ等により導通、絶縁、測定精度が悪くなります。

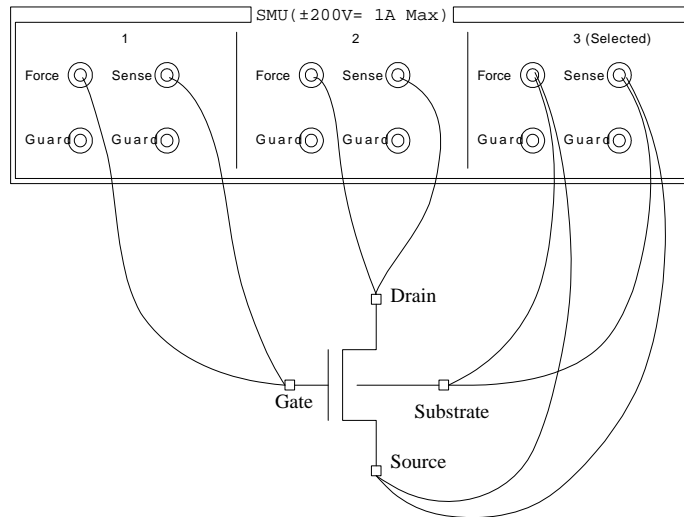
測定デバイスの接続

テスト・フィクスチャを使用する

大電流測定に有効な接続

大電流測定、および印加を行う場合、テストリードや端子の残留抵抗を低減するためにケルビン接続が有効です。例えば、テスト・フィクスチャ内でケルビン接続を使うと下図のような接続になります。ケルビン接続は 4156C の HRSMU、41501A/B の HPSMU に有効です。

ケルビン接続例：



残留抵抗の影響を極力少なくするために、2本のテストリードの接続は、できる限り DUT の端子に近い場所で行ってください。

コネクタ・プレートを使用する

このセクションでは、ケーブル、プローブ針をコネクタ・プレートに接続する上で役立つ情報を提供しています。

- ・ リーク電流の低減
- ・ 低抵抗の測定

リーク電流の低減

ケーブルによって生じるリーク電流を低減するために、ガード技術が有効です。同軸ケーブルを用いて、以下のようにプローブ針をコネクタ・プレートの端子に接続します。

1. 同軸ケーブルの一端で、芯線をコネクタ・プレートのフォース端子に、外側導体をガード端子に接続します。
2. 同軸ケーブルのもう一端では、芯線をプローブ針に接続します。外側導体はオープンにします（いかなるものにも接続してはいけません）。
外側導体はできる限りプローブ針の近くまで延ばします。

WARNING

感電防止のため、ガード端子には触れないでください。ガード端子には、フォース端子の設定電圧と同じ電圧が印加されています。

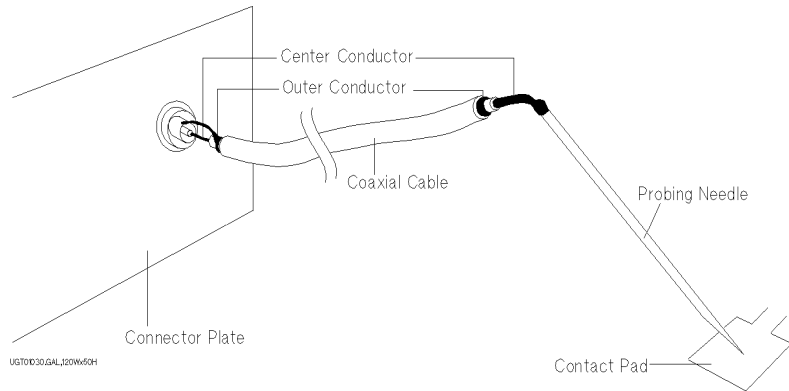
CAUTION

ガード線はオープン状態で使用します。ほかの端子（Circuit Common、フレーム・グラウンド、他測定ユニットの端子など）に接続しないでください。ユニットを破損するおそれがあります。

測定デバイスの接続 コネクタ・プレートを使用する

接続例

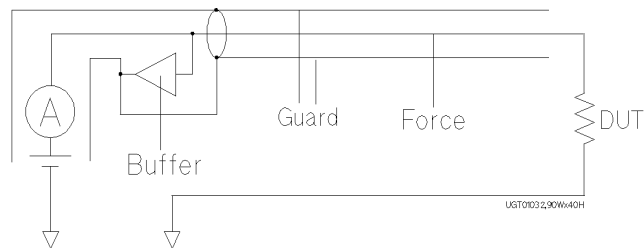
リーク電流を低減する接続例を以下に示します。ガード線（外側導線）はできる限りプローブ針の近くまで延長します。誘導ノイズの低減にも役立ちます。



ガード技術

ガード技術は DUT と測定器の間に接続されたケーブル内に生じるリーク電流を防ぐので、微小電流測定には不可欠な技術です。

下図はガード技術について簡単に説明しています。バッファ・アンプ (×1) がガード端子とフォース端子を同電位に保ち、フォースとガードの間には電流が流れません。従って、リーク電流の影響を受けることなく電流測定を行うことができます。



低抵抗の測定

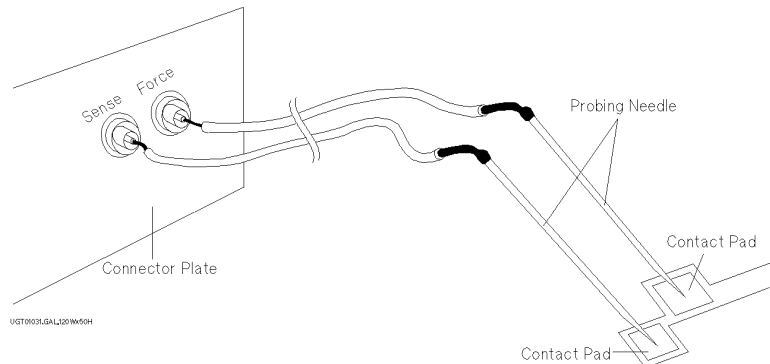
低抵抗測定ではDUTに高電流が流れます。この高電流はケーブルの残留抵抗による測定誤差を増加させます。この抵抗の影響を除去するために、フォース端子とセンス端子を個別にDUTまで延長するケルビン接続を用います。ケルビン接続は4156CのHRSMUと41501A/BのHPSMUに有効です。

テストリードまたは同軸ケーブルを用いて、プローブ針をコネクタ・プレートの端子に接続します。次の手順では同軸ケーブルを使用しています。

1. 同軸ケーブルの一端で、芯線をコネクタ・プレートのフォース端子に、外側導体をガード端子に接続します。
2. 同軸ケーブルのもう一端では、芯線をプローブ針に接続します。外側導体はオープンにします（いかなるものにも接続してはいけません）。
外側導体はできる限りプローブ針の近くまで延ばします。
3. コネクタ・プレートのセンス端子についても、1から2を行います。
4. フォースおよびセンス端子から延びているプローブ針をできる限りDUTに近い位置で導通させます。

接続例

低抵抗測定に有効な接続例を以下に示します。センス線をプロービング・パッドまで延長し、パッドを通してフォース線と導通するので、ケーブルやテストリードの残留抵抗による誤差を除去することができます。



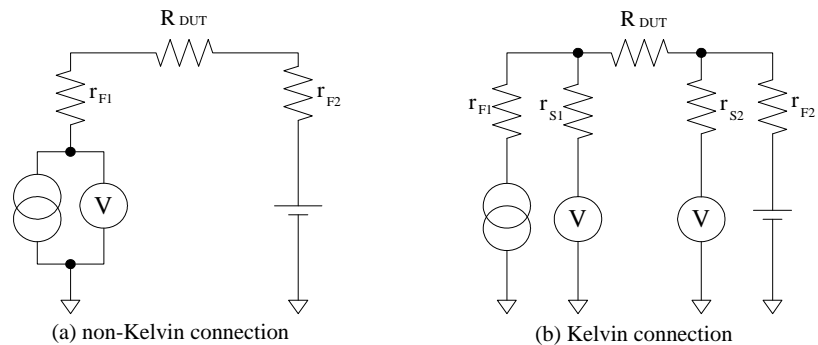
この例ではテストリードを使用していますが、リーク電流を低減するには、同軸ケーブルを使用してください。

測定デバイスの接続 コネクタ・プレートを使用する

ケルビン接続

ケルビン接続は高電流を印加する時に良好な測定結果を得るために有効です。ケルビン接続と非ケルビン接続の等価回路を以下に示します。

- ・ 非ケルビン接続では、 r_{F1} 、 R_{DUT} 、および r_{F2} による電圧降下を測定してしまいます。
- ・ ケルビン接続では、 R_{DUT} の電圧降下だけを測定します。電圧計のインピーダンスと比較して r_{S1} および r_{S2} はとても小さいので、これらの影響を無視することができます。



ケルビン接続は電圧を印加する時にも有効です。フォース線の残留抵抗による電圧降下は、センス回路によって電圧源にフィードバックされます。センス回路のインピーダンスは非常に大きいので、センス線を通る電流は少なく、センス線の残留抵抗 (10Ω 以下) による電圧降下は無視できます。従って、フォース線とセンス線の接点では、フォース線の電圧降下を補正した電圧出力がなされます。