

# LeCroy DA1855A

## 簡易取扱説明書

Differential Amplifier

2009年3月発行



**LeCroy Corporation**

700 Chestnut Ridge Road  
Chestnut Ridge, NY 10977- 6499  
Tel: (845) 578 6020, Fax: (845) 578 5985

インターネット: [www.lecroy.com](http://www.lecroy.com)

© 2005 by LeCroy Corporation. All rights reserved.

LeCroy、ActiveDSO、ProBus、SMART Trigger、JitterTrack、WavePro、WaveMaster、WaveSurfer、および Waverunner は、LeCroy Corporation の登録商標です。本書に記載の情報は、以前のすべての版に優先します。仕様は、予告なしに変更されることがあります。

**はじめに**

- ◇この度は本器をお買い上げいただき有り難うございました。
- ◇ご使用前に本取扱説明書をよくお読みの上、内容を理解してからお使いください。お読みになった後も、大切に保管してください。
- ◇本取扱説明書は、本製品の取り扱い上の注意、操作方法、使用例、性能を中心に説明したものです。

**ご注意**

- ◇本取扱説明書の内容の一部を性能・機能の向上などにより、予告なく変更することがあります。
- ◇本取扱説明書の内容を無断で転載、複製することを禁止します。
- ◇本製品に対するお問い合わせがございましたらレクロイ・ジャパン株式会社にご連絡ください。

## DECLARATION OF CONFORMITY

according to ISO/IEC Guide 22 and EN 45014:1998

**Manufacturer's Name:** LeCroy Corporation

**Manufacturer's Address:** 700 Chestnut Ridge Road  
Chestnut Ridge, NY 10977  
USA

herewith declare that

**Product(s) Name:** Differential Amplifier  
**Model Number(s):** DA1855A, DA1855A-PR32, DA1822A, DA1822A-PR2

including all their options are in conformity with the provisions of the following EC directive(s), including the latest amendments, and with national legislation implementing these directives:

**73/23/EEC Low Voltage Directive**  
**89/336/EEC EMC Directive**

and that conformity with Council Directive 73/23/EEC is based on

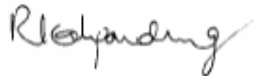
EN 61010-1: 1993+A2:1995 Safety requirements for electrical equipment for measurement control and laboratory use

and that conformity with Council Directive 89/336/EEC is based on

EN 61326-1:1998 EMC requirements for electrical equipment for measurement control and laboratory use

Emissions EN 55011: 1998+A1:1999 Conducted and Radiated Emissions  
EN 61000-3-2: 2000 Harmonic Current Emissions  
EN 61000-3-3: 1995+A1:2001 Voltage Fluctuations and Flicker

Immunity: EN 61000-4-2: 1995+A2:2001 Electrostatic Discharge  
EN 61000-4-3: 1996+A2:2001 RF Radiated Electromagnetic Field  
EN 61000-4-4: 1995+A2:2001 Electrical Fast Transient/Burst  
EN 61000-4-5: 1995+A1:2001 Surge  
EN 61000-4-6: 1996+A1:2001 RF Conducted Electromagnetic Field  
EN 61000-4-11: 1994+A1:2001 Mains Dips and interruptions



**By:** R. Kalyandrug  
Product Compliance manager

**Place:** LeCroy Corporation  
700 Chestnut Ridge Road  
Chestnut Ridge, NY 10977  
USA

**Date:** July 16, 2002

**European Contact:**  
Your local LeCroy Sales Office or

LeCroy Europe GmbH  
Waldhofer Str. 104  
D-69123 Heidelberg  
Germany

Tel: (49) 6221 82700  
Fax: (49) 6221 834655

**Warning: This is a Class A product. In a domestic environment this product may cause radio interference, in which case the user may be required to take adequate measures.**

安全上のご注意 .....	1
本マニュアルで使用される記号及び用語 .....	1
製品概要 .....	2
製品構成 .....	3
標準付属品 .....	3
オプション・アクセサリ .....	3
はじめに .....	4
ダイナミックレンジ .....	4
フロントパネル .....	5
入力コネクタ .....	5
アッテネータ .....	5
ゲイン .....	5
出力信号の終端 .....	5
入力抵抗 .....	6
オートゼロ .....	6
+ Input カップリング (AC - OFF - DC) .....	7
- Input カップリング (AC - OFF - DC - VCOMP) .....	8
高精度電圧発生器 .....	9
差動オフセット .....	11
実効ゲイン .....	12
帯域幅制限 .....	12
オーバーロード .....	12
リアパネル .....	13
電源スイッチ .....	13
電源 ON 状態の表示 .....	13
高精度電圧発生器オフセット電圧 .....	13
アンプ出力 .....	15
リモートコントロール .....	16
プローブコーディング入力 .....	16
DA1855A の設定 .....	17
設定の保持 .....	17
感度、ポジション、オフセット .....	18
ゲインコントロールモード .....	19

---

---

プローブと差動アンプ.....	21
DXC100A 差動プローブペア.....	21
プローブのグランドへの接続.....	22
基本的な操作説明.....	23
はじめに.....	23
電源ケーブルの接続.....	23
コンパレータ (V <sub>COMP</sub> ) モード.....	23
差動 (VDiff) モード.....	24
ProBus インタフェースを持ったオシロスコープとの接続.....	24
減衰率とゲインの操作.....	26
コンパレーターモード (VCOMP).....	27
差動モード (VDIFF).....	28
ProBus インタフェースを持たないオシロスコープとの接続.....	30
減衰率とゲインの操作.....	31
コンパレーターモード (VCOMP).....	32
差動モード (VDIFF).....	34
適切なオフセットモードの選び方.....	36
良くある問題を避けるには.....	36
同相電圧レンジを超えて使ってしまう.....	36
オシロスコープのポジションコントロール.....	37
100mV/div よりも大きな電圧感度を使うとき.....	37
50Ω 終端を行わない時に起きる現象.....	38
オーバードライブ (飽和) 状態からの回復がうまく働かない場合.....	38
アプリケーション (応用測定).....	39
はじめに.....	39
電圧測定.....	39
電流測定.....	40
パワー素子解析を行う時のオシロスコープの設定と構成.....	40
サチュレーション電圧測定におけるプローブの影響.....	42
サチュレーション電圧測定.....	46
ゲートドライブ電圧.....	47
アッパーサイド及びローアーサイド FET へのゲートドライブ波形測定.....	49
測定誤差を避けるために.....	51
用語解説.....	52

---

目次

---

差動モードと同相モード.....	52
差動モードレンジと同相モードレンジ.....	52
同相除去比.....	52

## 安全上のご注意

このセクションでは、本製品を適切かつ安全な状態で動作させるために注意すべき情報や警告を述べています。ここで述べる安全対策だけでなく、一般的な安全手順にも従う必要があります。

本製品は単相の 45～66 Hz、115V (90～132 V) 又は 220V (180～250 V) AC 電源で動作します。

本製品は自動的にライン電圧に対応するため、手動による電圧選択は必要ありません。

本製品には、ライン電圧および安全グランド接続のために、モールド 3 端子極性プラグ付き電源コードが付属しています。AC 入力グランド端子は、本体のフレームに直接接続されています。感電を防止するために、電源コード・プラグは安全接地端子付き AC コンセントに接続しなければなりません。電源コードは、本製品用に指定され、各国で認定されているもの以外は使用しないでください。

## 本マニュアルで使用される記号及び用語

本マニュアルでは以下の記号または用語が使用されます

### 注釈

注釈は本製品使用に関する情報が含まれています。

### 注意

注意は本製品または測定対象物の損傷を避けるための情報が含まれています。

### 警告

警告は潜在的な危険を示しています。指示に従わないと人体へ損傷を与える可能性があります。

本製品で下記のような表示がされた場合



**CAUTION: Refer to  
accompanying documents**

この記号は警戒が必要なことを示しています。本マニュアルで該当する部分を参照してください。



**CAUTION: Risk of electric  
shock**

この記号は高電圧を示し、感電の危険性を警告します。



こちらの記号はグランド接続を示します。

## 製品概要

DA1855Aは100MHzスタンドアロン高性能差動増幅器です。オシロスコープ用のプリアンプとして使用されることを目的としています。本製品を高性能オシロスコープと共にご使用される場合、同相信号除去や優れたオーバードライブ・リカバリー特性を持ちます。LeCroyのオシロスコープへはProBusインタフェースを介してDA1855Aをコントロールすることができ、オシロスコープのメニューから直接コントロールが行えます。

本製品はゲインアンプ（×1または×10）、アッテネータ（÷1又は÷10）が内蔵されており、増幅率を10, 1, 0.1に設定することができます。そしてダイナミックレンジは（÷1）の状態でご使用時に±15.5V、（÷10）の状態でご使用時に±1.55Vとなります。差動プローブを接続して測定される場合には、プローブのアッテネーションの値によりダイナミックレンジやコモンモードレンジが異なります。しかしそのプローブの最大入力電圧定格を超えてはいけません。

プローブのアッテネーション（SENS端子を使用した場合）やアンプのゲイン、アッテネータセッティングを含めたDA1855Aの実行ゲインは自動的に計算され、本製品のLEDやオシロスコープ上で確認することができます。

DA1855AはDC~100MHzの周波数帯域を持ちますが、帯域制限フィルタにより20MHz, 1MHz, 100KHzに帯域を制限し、ノイズ成分を除去することができます。

DA1855Aは大きな電圧によってオシロスコープがオーバードライブしないようにDA1855Aからの出力を±500mVに制限しています。DA1855Aは±15.5V（±10V in Differential Offset mode）の間で設定ができるPrecision Voltage Generator (PVG) を内蔵しています。PVGは5桁の分解能があり、そらのボタンを押す毎に該当する桁の数字が加算または減算が行われます。プラス、マイナスも選択することができます。このPVGの出力を差動増幅器のマイナス側に入力し差動コンパレータとして動作するモード、または差動増幅器のオフセット電圧として使用するモードのいずれかで使用することができます。PVGより出力される電圧はDA1855A背面にあるコネクタからも出力されます。高い同相信号除去比必要とする場合には、プラス側、マイナス側双方の特性を同じにする必要があるためLeCroyDXCシリーズなどの特性を一致させたプローブをお勧めします。



## 製品構成

DA1855Aシリーズは物理的な違いによる2つのモデルから成ります。どちらのモデルも高い同相信号除去比、高速なオーバードライブリカバリー特性、 $\div 1$  or  $\div 10$ の内蔵アッテネータ、X1 または X10 のゲイン設定、PVG、100MHz帯域など電氣的仕様は全て同じになります。

**DA1855A:** DA1855A は卓上で使用することを想定したシングルチャンネルユニットです。

**DA1855A-PR2:** 2つの独立したDA1855Aを1台の筐体にまとめ、電源を共通にしたモデルです。卓上で使用することを想定していますが、オシロスコープを上に乗せることも可能です。

**DA1855A-PR2-RM:** DA1855A-PR2のラックマウント仕様

## 標準付属品

- ・ 電源ケーブル
- ・ ProBusインタフェース・ケーブル (BNCケーブルを含む)  
(-PR2モデルはProBusインタフェースケーブルが2セット)
- ・ NIST (United States National Institute of Standards and Technology) 校正/試験証明書
- ・ オペレータ・マニュアル (英文)

## オプション・アクセサリ

- ・ DXC100A, 10 / 100 差動ペア・プローブ
- ・ DXC200, 1 差動ペア・プローブ
- ・ DXC5100, 100 2.5 K 差動ペア・プローブ
- ・ DA101, External, 10 アッテネータ

## はじめに

DA1855A は、ProBus インタフェースを備えたオシロスコープと共に使われることを前提として設計されています。DA1855A を ProBus インタフェース経由で接続すると、オシロスコープ側から DA1855A の各種設定を行うことができ、DA1855A のフロントパネルにある全てのつまみがロックされ、DA1855A のフロントパネルからは操作ができなくなります。

DA1855A のフロントパネル経由でコントロールしていた各種設定は、オシロスコープのユーザーインタフェースから設定することになります。DA1855A をコントロールするユーザーインタフェースは、DA1855A が接続されているオシロスコープのメニューから Vertical - Channel Setup ボタンを押すことで、表示されます。DA1855A を ProBus インタフェースを経由しないでオシロスコープを接続した場合、DA1855A のフロントパネルで各種設定をコントロールすることになります。

*注釈：DA1855 の電源が入ったまま ProBus インタフェースケーブルを引き抜いた場合、DA1855A のフロントパネルはロックされたままです。この場合は DA1855A の電源を一端切り、再度電源を入れてください。この操作で DA1855A のフロントパネルからのコントロールが可能になります。*

## ダイナミックレンジ

ゲイン X1、減衰率÷1 の場合、基本となるアンプのダイナミックレンジは、± 0.500V です。ゲインや減衰率を変化させると、差動モード及び同相モードのダイナミックレンジが変化します。詳細は表 3-1 を参照ください。

表 3-1 ダイナミックレンジ

ゲイン	減衰率 *	差動モード *	同相モード *
X1	÷1	± 0.5 V	± 15.5 V
X1	÷10	± 5.0V	± 155 V
X 10	÷1	± 50 mV	± 15.5V
X 10	÷10	± 0.5 V	± 155V

\* 減衰率及び同相モードと差動モードのダイナミックレンジは、外部に接続されるプローブの減衰率でも変化する。例えば、10:1 のプローブが接続された場合、表 3-1 の値を 10 倍する必要がある。

## フロントパネル

### 入力コネクタ

+INPUT と - INPUT に与えられる信号は、DA1855A のアンプに直接接続されるか、もしくは入力部分に設置されているアッテネータに接続されます。絶対最大入力電圧は±200 V（ピーク値）です。

+INPUT に入力された信号は、その極性を維持したまま出力コネクタに現れます。一方、- INPUT に入力された信号は、極性が反転されて出力コネクタに現れます。

### アッテネータ

入力部分のアッテネータは、受動素子で構成されており、入力信号を 10 分の 1 に減衰させます。÷1 モードでは、フロントパネルのコネクタに入力される信号は、アッテネータを通過せず DA1855A 内部の差動アンプ入力に直接入力されます。÷10 モードでは、フロントパネルにあるコネクタに入力される信号は、受動素子で構成された 1MΩ系アッテネータに接続されます。アッテネータの出力は、DA1855A 内部の差動アンプ入力に接続されます。この場合、入力信号は 10 分の 1 に減衰することになります。

### ゲイン

DA1855A 内部アンプのゲインは、1 倍 (X1) 又は 10 倍 (X10) のどちらかを選択できます。増幅された信号は DA1855A の背面にある **AMPLIFIER OUTPUT** コネクタから出力されます。

ゲインは、+INPUT コネクタと - INPUT コネクタに与えられる差動モードの信号のみに有効で、+INPUT コネクタと - INPUT コネクタに与えられた同相モードの信号には影響を与えません。

### 出力信号の終端

DA1855A を仕様通りのゲインで動作させる為には、出力信号を 50Ω で終端する必要があります。オシロスコープに接続するときには、必ず入力インピーダンスを 50Ω に設定してください。DA1855A をレクロイのオシロスコープに、ProBus インタフェースを介して接続すれば、自動的にオシロスコープの入力インピーダンスが 50Ω に設定されます。

1MΩの入力インピーダンスしか持たないオシロスコープと接続するためには、同軸貫通型の 50Ω 終端抵抗をそのオシロスコープの入力コネクタに接続してください。こうすることで、DA1855A は定格通りのゲインでオシロスコープと接続されます。

## 入力抵抗

ATTENUATOR の設定が  $\div 1$  で、減衰率を持ったプローブが接続されていないとき、入力抵抗を  $1\text{M}\Omega$  から  $100\text{M}\Omega$  まで増加させることができます。これは、非常に高い出力インピーダンスを持つ回路を測定したり、AC カップリングにして、非常に低いカットオフ周波数を持たせなければならない場合に必要な機能です。ATTENUATOR が  $\div 10$  に設定されるか、もしくは、減衰率を持ったプローブが接続されると、入力抵抗は自動的に  $1\text{M}\Omega$  に設定されます。

アンバランスな信号源インピーダンスを持った信号源が DA1855A に接続されると、同相信号を除去する能力が著しく損なわれます。例えば、差動信号の一方が  $1\text{k}\Omega$ 、もう一方が  $2\text{k}\Omega$  の信号源インピーダンスを持っており、その信号がそれぞれ  $1\text{M}\Omega$  の負荷抵抗に接続されている場合を考えます。この時の同相除去比 (CMRR) は、 $1000:1$  にまで低下してしまいます。このような場合、負荷抵抗を  $100\text{M}\Omega$  にすることで、CMRR を  $100,000:1$  まで改善することができます。

## オートゼロ

オートゼロは、次の方法で起動させることができます。DA1855A とオシロスコープが ProBus インタフェースで接続されている場合、オシロスコープのチャンネル設定メニューにある、Auto Zero ボタンを押してください。

DA1855A が ProBus インタフェースで接続されていない場合は、DA1855A のフロントパネルにある、GAIN ボタンのうち X1 又は X10 ボタンを押してください。オートゼロを行うと、入力カップリングが OFF に設定され、出力電圧が 0 ボルトになるように、内部のオフセット電圧を調整します。オートゼロを行っている期間は、フロントパネルから入力されている信号は、DA1855A の内部アンプには入力されていません。オートゼロが終了すると、入力のカップリングは、オートゼロを行う前の設定に戻ります。オートゼロにかかる時間は通常 1 秒以下です。オートゼロ機能は、既に点灯しているゲイン設定 (X10 又は X1) ボタンを押せば起動します。またゲイン設定を変えると、その度にオートゼロが起動するので、ゲイン変更をしても常にオフセット電圧がゼロになるようになっています。

### + Input カップリング(AC – OFF – DC)

OFF モードでは、フロントパネルの入力コネクタは、内部のアンプの入力端子とは切り離された状態になります。このとき内部のアンプの入力端子は、グラウンドに接続されます。また、AC カップリングコンデンサは、+INPUT コネクタから  $1M\Omega$  を介してグラウンドに接続され、入力端子に何らかの信号が接続されている場合、AC カップリングコンデンサは、接続されている信号の平均直流レベルまで速やかに充電されます。これをプリチャージと呼び、OFF モードは、プリチャージモードとも言えます。特に直流成分が 19V を超えている入力信号が入力されており、その信号を AC カップリングで測定する場合は、測定前にプリチャージモード (OFF モード) にしておく非常に便利です。DA1855A を OFF モードにして測定したい信号を接続します。+INPUT のカップリングが、OFF から AC に変えられた時、AC カップリングコンデンサは既に充電状態にあるため、被測定信号はオシロスコープの画面中央にすぐ現れます。さらに DA1855A が持っている過大入力検出回路が動作して、入力信号を切り離す事を防ぐことができます。

AC モードは、+INPUT コネクタからの信号が、AC カップリングコンデンサを介して、内部のアンプ、またはアッテネータに接続されます。入力が DC に切り替えても AC カップリングコンデンサは、蓄積された電荷を保持しています。その為、全く同じ回路を再度 AC モードで測定する場合は、プリチャージ時間は必要ありません。しかし、別の被測定信号 DC レベルが、元々のレベルと約 19V 以上違っていると、AC カップリングコンデンサから、被測定回路に対して電荷が放電される可能性もあります。

*注釈：AC カップリングコンデンサから放電される電流は約 70mA に制限されています。被測定回路によっては、こういった電流によって回路がダメージを受ける可能性があります。こういった瞬間的に流れる電流を避けるために、被測定回路が変わった場合には、まず+INPUT の入力モードを OFF (プリチャージ) モードにして AC カップリングコンデンサを充電しておくことをお勧めします。AC カップリングコンデンサを充電する為に必要な時間は、0.3 秒以下です。*

AC モードでは、カップリングコンデンサと入力抵抗が存在するために、直流や低い周波数は減衰してしまいます。

ATTENUATOR を  $\div 10$  又は  $\div 1$  に設定して、INPUT RESISTANCE を  $1M\Omega$  に設定した場合、低域カットオフ周波数 (-3dB ポイント) は、約 1.6Hz です。ATTENUATOR を  $\div 1$  に設定して、INPUT RESISTANCE を  $100M\Omega$  に設定すると、低域カットオフ周波数 (-3dB ポイント) は、約 0.016Hz になります。この非常に低いカットオフ周波数は、直流電圧に重畳している、ノイズ信号を観測するのに適しています。

DC モードでは、+INPUT コネクタは、内部のアンプに直結されるか、もしくはアッテネータに接続されます。AC モードでも DC モードでも、アッテネータによる減衰率は同じです。

### -Input カップリング (AC-OFF - DC - VCOMP)

- INPUT は、+INPUT と全く同じカップリングモードを持ち、さらに、VCOMP (比較電圧) モードも持っています。DA1855A は内部に、高精度の直流電圧源を持ち、オシロスコープのオフセット電圧を変化させると、この高精度直流電圧源をコントロールすることができます。但し、これは DA1855A が ProBus インタフェースでレクロイのオシロスコープと接続されている場合に限りです。そうでない場合には、DA1855A のフロントパネルにあるボタンを押してコントロールすることになります。この電圧源を、高精度電圧発生器 (Precision Voltage Generator : PVG) と呼びます。

DA1855A は、- INPUT コネクタと+INPUT コネクタに入力されている信号の差分を増幅します。従って、二つの入力コネクタに与えられる電圧が全く同じであれば、DA1855A の出力は、0 となります。このため、反転入力に入力される電圧のことを、比較電圧、VCOMP と呼びます。オシロスコープ本体のオフセット電圧を 0V に設定しておけば (ProBus インタフェースでレクロイのオシロスコープと接続した場合は自動的に設定されます)、画面中央の電圧値は DA1855A の PVG 表示で直読できます。図 3-1 をご覧ください。オシロスコープ垂直軸方向のグリッド中央は、接続されている電源の電圧である 984mV に相当しています。そのセンターラインから、グリッド一つ分高いところの電圧は 1004mV、一つ低いところの電圧は 964mV に相当します。+984mV のところに現れているノイズを、DA1855A の VCOMP を使って 984mV のオフセット電圧をかけることによって、20mV/div という高感度レンジで測定することが出来ています。VCOMP を使うと、非常に高い電圧を精度良く測定することができます。つまり、DA1855A に入力された電圧が不明でも、VCOMP の値を変化させ、オシロスコープの画面中央にトレースが来るようにすれば、そのときの VCOMP 設定値が被測定信号の電圧値になります。以上のような操作を行った上で、オシロスコープ画面上に表示されている波形のいかなる位置の電圧値を測定することも可能です。DA1855A 内部アンプのゲインとアッテネータの減衰率は独立に設定が可能なので、比較電圧のレンジは、ATTENUATION ( ÷1 又は ÷10) と、GAIN ( X10 または X1) の組み合わせで、±15.500V から ±155.000V まで変化させることができます。



図 3-1 電圧測定

VCOMP モードは、差動ではなく、シングルエンド増幅器として動作することに注意してください。従って、VCOMP モードでは、- INPUT コネクタを使用することはできません。+ INPUT に入力された被測定信号は、高精度電圧発生器 (PVG) で設定した電圧値を基準として測定されます。差動信号の大きな差分信号を測定する為には、VDIFF モードを用います。

### 高精度電圧発生器

高精度電圧発生器 (PVG) は、VCOMP と VDIFF モードで使用され、その電圧は、DA1855A の背面パネルに設置してある OFFSET VOLTAGE (PVG) コネクタに参照電圧として出力されています。高精度電圧発生器 (PVG) が OFFSET VOLTAGE (PVG) コネクタに出力する電圧範囲は常に  $\pm 15.500\text{V}$  で、DA1855A のアッテネータ設定で変化することはありません。

$\div 10$  の設定を行うと、+INPUT に入力されている信号のオフセット電圧を、 $\pm 155.00\text{V}$  の範囲で PVG を使ってキャンセルすることができます。これは実際の PVG 電圧範囲の 10 倍にあたります。

減衰率を持ったプローブを使うことで、同相モードの測定電圧範囲を広げることができます。プローブに減衰率を読み取るための仕組みが備わっている場合、減衰率が PVG の電圧表示回路に反映されます。つまり +INPUT 端子のプローブ

先端に与えられている DC 電圧を、DA1855A の PVG の表示回路で直読することができます。

ProBus インタフェースを使ってレクロイのオシロスコープと接続すると、オシロスコープのオフセットコントロールノブで PVG 電圧をコントロールでき、PVG の電圧は DA1855A のフロントパネルにある 5 桁の PVG 電圧表示器に表示されます。また、オシロスコープ画面にも、同じオフセット電圧が表示されます。ProBus インタフェースを使わずにオシロスコープと接続した場合は、PVG の電圧を変化させるには、DA1855A のフロントパネルにあるプッシュボタンを使います。プッシュボタンは、PVG 電圧表示器の各桁ごとにあり、上にあるボタンを押せば電圧が上昇し、下にあるボタンを押せば、電圧が下がります。ボタンを一度押すと、最小分解能分電圧が上下し、押し続けることで連続的に変化させることができます。また、ある桁のボタンを押し続けて、最大値までやってくると、一つ上の桁が変化するようになります。当然ながら、最小値までやってくると、一つ下の桁が変化するようになります。PVG 電圧表示器の左側・上にある±ボタンは、PVG 出力電圧の極性を変えるためのものです。左側・下にある ZERO ボタンは、PVG のオートゼロ機能（PVG の値を強制的にゼロに設定する）を起動させるためのものです。

*注釈：DA1855A が ProBus インタフェースを介してレクロイのオシロスコープでコントロールされている時は、PVG 絶対値モードも PVG ゼロロールスルーモードも適用されません。PVG の値は、オシロスコープ本体のオフセット調整ノブでコントロールされます。その場合は、ゼロ・ロールスルーモードとして動作します。*

### **PVG 絶対値モード：**

DA1855A の PVG 電圧変更ボタンは、電圧表示器と連動して動作します。つまり表示器の上にあるボタンを押せば、表示される値は上昇し、下にあるボタンを押せば表示される値は下降します。しかし、正の電圧から電圧を下げて、ゼロまで到達するとそれ以上電圧をさげることができません。負の電圧を得るためには、±ボタンを押す必要があります。負の電圧の大きさを変化させるためには、「上昇」ボタンを押してください。この操作は、電圧値を変えるという意味では自然ですが、オシロスコープの波形の挙動とは一致しません。これを PVG 「絶対値モード」と呼び、DA1855A のオリジナル製品である DA1855 (A なしモデル) で採用されていました。DA1855A では、デフォルトでは、以下に説明する「ゼロ・ロールスルーモード」で動作します。



#### PVG ゼロロールスルーモード：

DA1855A の電圧上昇・下降ボタンは、オシロスコープ画面に表示される波形の上昇・下降の方向と同じになっています。つまり、電圧上昇ボタンを押すと、オシロスコープの波形は上昇し、電圧下降ボタンを押すと、オシロスコープの波形は下降します。また正の電圧から電圧を下げて 0V までくると、そのままスムーズに負の電圧へと移行します。これを「ゼロ・ロールスルー」モードと呼びます。

PVG モードの切り替え：PVG ゼロ・ロールスルーモードから絶対値モードに切り替えるには、PVG ZERO ボタンを押したまま、±ボタンを押します。絶対値モードからゼロ・ロールスルーモードに戻す時も同じ操作を行ってください。

#### 差動オフセット

V<sub>DIFF</sub> (差動オフセット電圧) は、DA1855A が完全な差動モードとして動作している時に PVG 出力を DA1855A のアンプに加算することができます。このモードではトレースの電圧のオフセット位置を DA1855A からコントロールすることができます。差動オフセット電圧をかけた時の DA1855A から出力される電圧は、測定している電圧から設定されたオフセット電圧が差し引かれた状態で出力されます。そのため、このモードの時は、DA1855A のダイナミックレンジ範囲内に観測信号が収まるように、オシロスコープ側のオフセット又はポジションの設定はゼロに固定する必要があります。(ProBus インタフェースを介してレクロイのオシロスコープと接続されている場合は、この設定は自動的に行われます)。特にオシロスコープの電圧感度が高い時 (Volts/div の値が小さい時)、差動オフセットモードで動作させると、接続されているオシロスコープが持っている電圧オフセットレンジよりも非常に大きな電圧オフセットレンジを持たせることができます。例えば、オシロスコープの電圧軸が、50mV/div に設定されている場合、V<sub>DIFF</sub> モードでは±200 ディビジョンものオフセットレンジが可能になるため、DC10V (50mV/Div に対して 200Div 分の電圧) の電源に乗るような微小なノイズについても計測が可能となります。DA1855A の V<sub>DIFF</sub> モードは、機能的には V<sub>COMP</sub> モードと同様ですが、以下の点が異なります。

- INPUT はアクティブなので、DA1855A を完全な差動アンプとして動作させることができる。

PVG の最大可変範囲は、ゲイン設定が X1 の時±10.0000V、ゲイン設定が X10 の時、±1.0000V。ATTENUATOR の設定が÷10 の時や、減衰率を持つプローブを使った時のオフセットレンジは、その減衰率を掛けた値になる。例えば、ゲイン設定が X1 で、ATTENUATOR の設定が÷10 の時は、±100.00V。

DA1855A の PVG 電圧表示器は、+INPUT コネクタと - INPUT コネクタに信号が入力されている場合、DA1855A の出力信号の中心電圧がゼロになる PVG 電圧を表示します。入力に減衰率を持ったプローブが接続されていて、そのプローブに減衰率を読み取るための仕組みが備わっている場合は、PVG 表示器にはその減衰率が反映された電圧値が表示されます。

## 実効ゲイン

DA1855A のフロントパネル上部並んでいる 6 個の LED によるインジケータは、このアンプ入力から出力までの実効ゲインを表示します。どのインジケータが光るのか（つまり実効ゲインがいくらなのか）は、アンプのゲイン、アッテネータの減衰率、それに、プローブの減衰率（プローブの減衰率を読み取るための仕組みがついている場合のみ）の組み合わせで決まります。X1 の LED が点灯していれば、DA1855A の実効ゲインは 1 です。同様に、X10 の LED が点灯している場合は、10 倍、 $\div 10$  の LED が点灯していれば 0.1 倍となります。他の LED に関しても同様です。

DA1855A が ProBus インタフェースで接続されている場合には、この実効ゲインをレクロイのオシロスコープに伝え、オシロスコープの設定（Volts/div やオフセット電圧）に反映されます。従って、カーソルの読み値や自動測定機能による測定値は、DA1855A の実効ゲインを反映した値になります。レクロイの DXC シリーズプローブや、減衰率を読み取る為のケーブルがあるプローブを使うと、プローブの減衰率も正しくレクロイのオシロスコープに伝えられます。

## 帯域幅制限

**FULL** – DA1855A は最大のバンド幅で動作します。100MHz までの信号を、オシロスコープやスペクトラムアナライザへ供給できます。周波数特性やステップ応答特性は、接続される機器の入力インピーダンス値には影響されません。

**20 MHz** – 3 ポール（18dB/オクターブ）の 20MHz 帯域のフィルタが有効になり、外来ノイズ成分を減らすことができます。このフィルタは、パッシブな LC で構成されたフィルターで、50Ω で終端することを前提として設計されています。もし 50Ω で終端しない場合、フィルタの特性やステップ応答特性は大きく変わってしまいます。

**1 MHz** – 1MHz のフィルタは、20MHz と同じパッシブ LC フィルタです。従って、必ず 50Ω で終端してください。

**100kHz** – 100kHz のフィルタは、50Ω の出カインピーダンスを持つアクティブ・フィルタです。周波数特性やステップ応答特性は、負荷インピーダンスに影響されません。

## オーバーロード

二つの入力のどちらかに、DA1855A にダメージを与える可能性がある信号が加えられたとき、その信号を自ら遮断し、DA1855A を破壊から守ります。そのとき、入力カップリングは **OFF** になり、**OVERLOAD** の LED が点灯します。

DA1855A を通常状態に戻すためには、いずれかの入力カップリングボタン（**AC**、**OFF**、又は **DC**）を押してください。**OVERLOAD** の LED が消えて、通常状態に戻ったことを示します。

**ATTENUATOR** の設定が  $\div 1$  の時、 $\pm 19V$  を超える信号が入力された場合、オーバーロード保護回路が動作します。また、入力電圧が急速に変化して、70mA を

超えるような電流が入力カップリング切り替えリレーに流れた場合にもオーバーロード保護回路が動作します。

*注意：250V を超える電圧が入力に加えられた場合、DA1855A は致命的なダメージを受けます。*

ATTENUATOR が  $\div 10$  に設定されている場合は、オーバーロード保護回路は動作しません。この設定の時、入力に 200V の入力電圧まで耐えることができます。

## リアパネル

### 電源スイッチ

DA1855A の電源を入れるには、リアパネルにあるパワースイッチを 1 (ON) の位置にします。電源投入後、DA1855A はすぐに使えるようになりますが、電氣的仕様を満たすためには、30 分以上通電してウオームアップします。ウオームアップをしないと、アンプのオフセット電圧がドリフトし、高精度電圧発生器 (PVG) が仕様を満足しません。DA1855A を高湿度環境で使用するときは、さらに長いウオームアップ時間が必要です。高湿度環境や、ウオームアップ時間を設けたくない場合は、被測定信号をつなぎっぱなしにし、電源スイッチを 1 (ON) の位置のままに放置しておくことをお勧めします。

### 電源 ON 状態の表示

電源投入直後、機種名とファームウェアのバージョンが、PVG 電圧表示器に表示されます。例えば、1855.12 と表示された場合、機種は DA1855A でファームウェアのバージョンは 1.2 であることを示します。

### 高精度電圧発生器オフセット電圧

リアパネルにある **OFFSET VOLTAGE** と書かれた BNC コネクタは、高精度電圧発生器 (PVG) の電圧モニター用です。- INPUT の入力カップリングを **VCOMP** にした時、もしくは **VDIFF** モードが選択された場合は、この BNC コネクタには - INPUT に与えられる電圧と同一の電圧が出力されます。**OFFSET VOLTAGE** 出力は、PVG の電圧を、デジタルボルトメーター (DVM) を使って測定できます。PVG と - INPUT コネクタの間にはローパスフィルタが内蔵されており、高周波ノイズによる干渉 (RFI) を取り除きます。このフィルタによって PVG の電圧が減衰することはありません。

内部のアッテネータが動作していたり、減衰率のあるプローブが接続されている場合、入力信号はそれらが持つ減衰率で減衰しますが、PVG 電圧は減衰することはありません。それゆえ、内部の  $\div 10$  アッテネータが選択されていたり、又は 10:1 の減衰率を持つプローブが接続されている場合、**VCOMP** (すなわち PVG 電圧) の有効電圧レンジは 10 倍になります。フロントパネルにある PVG の電

圧表示器には、アッテネータの減衰率やプローブの減衰率が反映された電圧値が表示されます。例えば、プローブを接続しないで、 $\div 10$  アッテネータを選択した場合、PVG の電圧表示器に-155.000 と表示されます。しかし背面の **OFFSET VOLTAGE** 出力には、PVG 出力には-15.5V が出力されます。プローブも接続せず、**ATTENUATOR** を  $\div 1$  に、**GAIN** を X1 に設定したときのみ、PVG 電圧表示器の値と、PVG 出力の電圧値が一致します。

**V<sub>DIFF</sub>** モードが選択された場合、背面の **OFFSET VOLTAGE** 出力には、PVG を用いて作られた差動オフセット電圧が出力されます。差動ゲインと減衰率の組み合わせで、フロントパネルに表示される差動オフセット電圧 (**V<sub>DIFF</sub>**) は以下の示す表のように変化します。しかし、**OFFSET VOLTAGE** 出力にはどのレンジを選んでも、 $\pm 10V$  フルスケールの電圧が出力されます。差動オフセット電圧 (**V<sub>DIFF</sub>**) を、**OFFSET VOLTAGE** 出力電圧でモニターする場合は、値を読み替えてください。

表 3-2 差動ゲインと減衰率の組み合わせによる **V<sub>DIFF</sub>** の最大値

差動ゲイン	減衰率	<b>V<sub>DIFF</sub></b> の最大値
X1	$\div 1$	$\pm 10$ V
X1	$\div 10$	$\pm 100$ V
X10	$\div 1$	$\pm 1$ V
X10	$\div 10$	$\pm 10$ V

減衰率のあるプローブを接続する場合は、フロントパネルに表示される **V<sub>DIFF</sub>** の値を減衰率倍(例えば  $\div 10$  のプローブでは 10 倍)して読み替えてください。

減衰率を読めるプローブを使えば、減衰率で補正した **V<sub>DIFF</sub>** の値がフロントパネルに表示されます。差動ペアプローブではなく、独立したプローブを 2 本使って差動測定をする場合は、必ず同じ減衰率を持ったプローブを使ってください。

**V<sub>COMP</sub>** モードでは、与えられるオフセット電圧の範囲は、DA1855A の同相モードのダイナミックレンジによって制限されます。一方、**V<sub>DIFF</sub>** モードでは、内部の差動アンプのダイナミックレンジによって制限されます。

表 3-3 は、1:1 のプローブの接続時、DA1855A のゲインとアッテネータの組み合わせによって、実効オフセット電圧範囲がどのように変わるかを示してあります。表 3-4 は、100:1 のプローブの接続時、DA1855A のゲインとアッテネータの組み合わせで、実効オフセット電圧範囲がどのように変わるかを示しています。また、実効オフセット電圧範囲は、DA1855A 単独で使用した場合、入力コネクタの中心導体が基準となり、プローブと DA1855A とプローブを組み合わせで使った場合はプローブの先端が基準となります。プローブと組み合わせで使った場合、実効オフセット電圧範囲は、そのプローブの最大定格電圧で制限される場合があるので十分注意してください。

表 3-3 1:1 プローブの接続時の実効オフセット電圧範囲

フロントパネルの設定		実効オフセット電圧範囲	
ゲイン	減衰率	V <sub>COMP</sub> モード	V <sub>DIFF</sub> モード
X1	÷1	±15.5 V	±10 V
X1	÷10	±155 V	±100 V
X10	÷1	±15.5V	±1 V
X10	÷10	±155V	±10 V

注釈：アッテネータを ON にすると、実効オフセット電圧範囲はいつも拡大する。V<sub>COMP</sub> モードであれ、V<sub>DIFF</sub> モードであれ、減衰率を持つプローブを接続すると、その減衰率分だけ、電圧範囲は拡大する。例えば、100:1 のプローブを接続した場合、実効オフセット電圧範囲は 100 倍拡大される。

表 3-3 100:1 プローブの接続時の実効オフセット電圧範囲

フロントパネルの設定		実効オフセット電圧範囲	
ゲイン	減衰率	V <sub>COMP</sub> モード	V <sub>DIFF</sub> モード
X1	÷1	±1.55 kV	±1 kV
X1	÷10	±15.5 kV	±10 kV
X10	÷1	±1.55 kV	±100 V
X10	÷10	±15.5 kV	±1 kV

表 3-3 では、10kV や 15.5kV と書いた値も表示されていますが、ほとんどのプローブの最大定格電圧は、それらの値より低く、最大定格を超える電圧を与えるべきではありません。

## アンプ出力

AMPLIFIER OUTPUT と書かれた BNC コネクタからの信号は、50Ωの入カインピーダンスを持つオシロスコープやスペクトラムアナライザ、その他の計測機器と接続することを前提としています。従って、この出力部の出カインピーダンスは 50Ωです。入カインピーダンスが 50Ωではない計測器を接続した場合、アンプのゲインは不正確なものとなり、フロントパネルに表示されているゲインの 2 倍になります。また 1MHz と 20MHz の帯域制限フィルターを適切に働かせるためには、50Ωの入カインピーダンスを持った機器と接続することが必要条件となります。

### リモートコントロール

背面にある、**REMOTE** コネクタは、レクロイ社製オシロスコープの ProBus インタフェースと接続し、DA1855A をレクロイ社製オシロスコープ経由でリモートコントロールするために設けられています。

ProBus インタフェースケーブルが接続されていると、DA1855A のフロントパネル上のすべてのボタンが無効となります。

### プローブコーディング入力

このジャックは、レクロイ社製 DXC シリーズの減衰率を検出されるために設けられたものです。他社製プローブの場合、DA1855A のフロントパネル上の **+INPUT** BNC コネクタに装備されている、プローブ減衰率検出リングによって、減衰率を読み取ります。

## DA1855A の設定

DA1855A の出力は、オシロスコープや他の計測機器に直接接続されることを想定して設計されています。しかし、DA1855A の仕様を満足させるために、いくつか守っていただきたい重要なルールがあります。

### 注意事項

DA1855A の出力が適切に終端された場合、出力電圧範囲は $\pm 0.5V$ になります。出力は DC カップルされているので、入力コネクタに接続された直流成分に比例した直流電圧が出力されます。スペクトラム・アナライザのように直流電圧の印可を認めない計測器の場合、DA1855A の出力に生じる直流成分によって、その計測器にダメージを与える可能性があるため十分注意してください。

### 設定の保持

高精度電圧発生器 (PVG) の設定も含め、すべてのフロントパネル設定は、DA1855A の電源を切る直前の設定が保持されます。次回電源を投入すると、電源をきる直前の設定が再度ロードされます。ProBus インタフェースで接続しないで、DA1855A を使っている場合、VCOMP ボタンと VDIFF ボタンを同時に押すことで、工場出荷時の設定に戻すことができます。表 3-4 に工場出荷時設定の一覧を示します。

表 3-5 DA1855A 工場出荷時設定

ゲイン	X1
減衰率	$\div 10$
+ Input カップリング	Off
- Input カップリング	Off
バンド幅制限	Full
PVG 電圧	+00.000 V
VCOMP モード	Off
VDIFF モード	Off
入力抵抗	1 M $\Omega$

## 感度、ポジション、オフセット

オシロスコープは、観測している信号全体がそのディスプレイ範囲内に入っている場合に限り、カタログに記載されている電圧測定精度を保つことができます。もし観測したい信号が、ディスプレイの外まではみ出すほど大きな信号の場合、オシロスコープのアンプはアンプの非線形領域を使って信号振幅を制限します。オシロスコープがそのように設計されているので、電圧軸感度や、ポジション、あるいはオフセットを設定したとしても、ディスプレイの外にある信号部分を観測することは不可能です。

レクロイ社製オシロスコープと DA1855A を ProBus インタフェースで接続して使用すると、最適なオシロスコープの設定を自動的に選択し、オシロスコープのアンプがオーバードライブされて、歪んだ信号が観測されなくなっています。

ProBus インタフェースを持っていないオシロスコープと接続する場合、オシロスコープの入力アンプが DA1855A の出力でオーバードライブされて、非線形部分がディスプレイ上に現れないように、オシロスコープの電圧感度やポジションを適切に設定する必要があります。その為には以下の 2 つのルールを適用してください。

1. オシロスコープの入力カップリングを「OFF」又は「GND」に設定し、オシロスコープのポジションコントロールを使って、トレースがディスプレイの中央にくるようにします。その後は絶対にポジションコントロールを動かさないでください。もしオシロスコープがオフセットコントロールを備えている場合は、これもゼロに設定しておきます。続いてオシロスコープの入力カップリングを「DC」に設定します。最後に DA1855A の入力カップリングを  $V_{DIFF}$  モード、もしくは  $V_{COMP}$  モードとし、高精度電圧発生器 (PVG) を用いて、オシロスコープのディスプレイ上のトレースが中央に来るようにします。この設定を行うことで、DA1855A 出力がオシロスコープの入力に対して最適化され、歪みのない波形がオシロスコープで観測可能になります。
2. オシロスコープの電圧軸設定は、 $100\text{mV/div}$  よりも大きな値に設定しないでください。最も良いオシロスコープの電圧軸設定は、 $1\text{mV/div}$  から  $100\text{mV/div}$  の間です。 $200\text{mV/div}$  を使った場合、DA1855A の出力の非線形部分が、オシロスコープのディスプレイ上に現れてしまいます。

さらに高感度の設定（例えば、 $100\mu\text{V/div}$ ）を持つオシロスコープもあり、その電圧軸設定を使うこともできます。しかしながら、DA1855A の持つノイズによって、この設定を選ぶメリットは損なわれてしまう結果になるでしょう。特に DA1855A の帯域が「FULL」で、波形のアベレージを用いない時に顕著です。オシロスコープの電圧軸設定を  $100\mu\text{V/div}$  とし、DA1855A を X10 ゲインモードで使うと、トータルの電圧感度は  $10\mu\text{V/div}$  となります。

X10 ゲインモードでは、DA1855A は多くのオシロスコープのアンプよりも低いノイズ特性を持っています。従って、トータルの電圧感度を同じにしてノイズ特性を最適化するためには、DA1855A を X10 ゲインモードとし、オシロスコープの電圧軸感度を下げて使う（値の大きな  $\text{Volts/div}$  に設定する）ことをお勧めします。例えば、トータルの電圧軸感度として  $1\text{mV/div}$  を得たい場合、DA1855A を X1 ゲインモードとし、オシロスコープの電圧軸感度を  $1\text{mV/div}$  とするよりも、DA1855A を X10 ゲインモードとし、オシロスコープの電圧軸設定を  $10\text{mV/div}$  にすることで、より良いノイズ特性が得られます。また、この設



定の場合、トータルの周波数帯域も最大化されます。オシロスコープによっては、もっとも感度の高い電圧軸設定の時に周波数帯域が下がっているものがあります。また、デジタル・オシロスコープの場合、電圧軸をデジタル的に拡大して 1mV/div や 2mV/div の設定を実現しているものもあります。この場合 1 ビットあたりの電圧分解能が大きくなってしまいます。このような分解能劣化も、オシロスコープの電圧軸感度を下げて使う（値の大きな Volts/div に設定する）というテクニックを使うことで避けることができます。また、オシロスコープの画面を超えるようなノイズが観測されない限り、DA1855A の帯域制限機能を使わずに、オシロスコープに備えてある帯域制限フィルタを使ってノイズ低減を図ることもできます。

### ゲインコントロールモード

DA1855A が ProBus インタフェースを使ってレクロイ社製オシロスコープと接続されている場合、オシロスコープのディスプレイ上の Vols/div 設定や測定値は、DA1855A のゲイン設定を反映した値になります。

最初に DA1855A が ProBus インタフェースを介してレクロイ社製オシロスコープと接続されたとき、ゲインコントロールモードは、**Automatic Gain が ON** に設定されます。**Automatic Gain が ON** モードの場合、オシロスコープの Volts/div ノブで、DA1855A の性能をフルに生かす、ゲインとアッテネータの組み合わせを自動設定します。その範囲は、DA1855A にプローブが接続されていない場合は 200uV/div から 1 V/div まで、100:1 のプローブが接続されている場合は、20mV/div から 100V/div までになります。

希望する Vols/div の設定を得るために、異なった減衰率を持つプローブに変更しなければならない場合があります。また、DA1855A のゲインや減衰率を変えると、同相モード電圧範囲やノイズ特性が変化します。**Auto** モードでは、希望する Volts/div になるように DA1855A のゲインや減衰率の組み合わせを自動選択し、その時の条件として、同相モード電圧範囲が最も大きくなるようにしています。

同相電圧モード範囲が小さくなっても良いから、ノイズ特性をなるべく低く抑えたいという場合もあるでしょう。また、ノイズ特性や、同相モード電圧範囲を変化させたくないの、オシロスコープの Volts/div つまみだけで電圧感度を変更したい場合もあるかもしれません。そう言った場合には、ProBus インタフェースで接続されたレクロイ社製オシロスコープのメニューから、**Automatic Gain** を **OFF** モードにすれば、上記のような要求を満たすことができます。

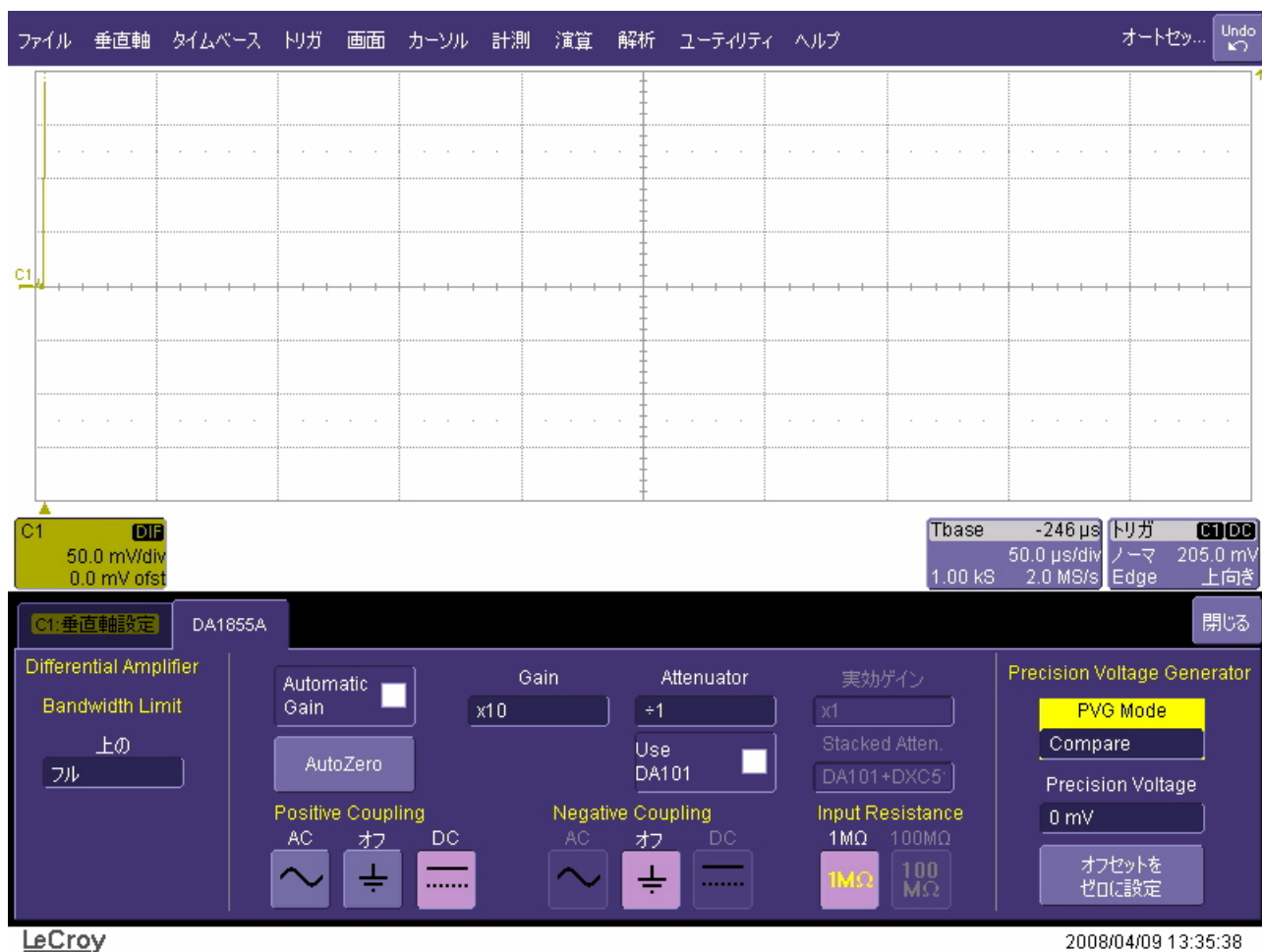


図 3-2 マニュアルモードにおける DA1855A のコントロールメニュー

**Automatic Gain OFF** を選択すると、DA1855A 側で設定されているゲインと減衰率が変わらないように、オシロスコープ側の Volts/div ノブの可変範囲が制限されます。従って、**Automatic Gain OFF** モードでは Volts/div のみが変わります。このモードを選択すると、DA1855A のゲインと減衰率を表示する専用のボックスが、オシロスコープ上のメニューに表示されます（図 3-2 参照）。図 3-2 の右下にある **Attenuator** ボックスに表示される減衰率は、外部にどのようなプローブを接続したとしても、 $\div 10$  もしくは  $\div 1$  です。

## プローブと差動アンプ

DA1855A のような差動アンプをプローブと共に使う場合、プローブが、差動アンプとプローブで構成される測定システムの特性にどのような影響を及ぼすのかを良く理解することが重要です。プローブを使うと、測定したい回路に容易に接続することが出来るというばかりではなく、10:1 や 100:1 の減衰率を持つプローブを使うと、同相モード電圧範囲を拡大することができます。DA1855A 内蔵のアッテネータのみの場合、 $\div 1$  の設定では $\pm 15.5V$  の、 $\div 10$  の設定では $\pm 155V$  の同相モード電圧範囲しか得られません。一方、10:1 の減衰率を持つプローブを接続すると、最大 $\pm 1550V$  または、そのプローブの最大定格電圧のどちらか小さい方の電圧まで同相モード電圧範囲が広がります。

しかしながら、同相除去比が悪化する可能性があります。例え、特性を一致させたプローブ 2 本を使った場合でも同様です。プローブ先端で DA1855A の同相電圧除去能力を最大限引き出す為には、差動で使うことを前提としたプローブを使うことが重要です。10:1 や 100:1 の減衰率を持つ一般的なオシロスコープ用プローブは、例え高品質プローブであったとしても、同相除去比は劣化します。一方、1:1 のプローブは、特性の一致したものを使うと、同相除去比を損なうことがないので推奨できます。

但し、1:1 プローブを使って測定を行った場合、そのプローブは、被測定回路にとっては大きな容量性負荷となるので、低い周波数を測定する場合にしか使うことができません。

差動電圧測定を行う場合、シングルエンド電圧測定を行う場合に比べ、プローブ補正をより厳密に行う必要があります。プローブ減衰率の精度は、オシロスコープの入力に接続されている  $1M\Omega$  抵抗の精度に依存します。オシロスコープの入力抵抗の精度が 1% と規定されたオシロスコープに、特性の同じ 2 本のプローブを接続した場合、同相除去比は直流で 50:1 程度となります。一方、DA1855A は、100,000 : 1 よりも大きな同相除去比を持っています。従ってこのような構成では、高周波における同相除去比は悪化してしまいます。

差動プローブペアは、直流から測定に必要な周波数までの特性が一致していることが重要です。特性を一致させた差動プローブペアを適切な手順を踏まないで補正すると、同相除去比が著しく損なわれますので十分注意してください。

DA1855A そのものと、DA1855A のアンプの特性との補正を済ませた差動プローブペアを、そのプローブペアと DA1855A を 1 つのシステムとして取り扱うことは非常に良い習慣です。同様に、一度アンプの特性との補正を済ませたペアプローブは、それぞれ補正したときと同じ入力端子に接続しなければなりません。つまり、+入力に接続して補正したプローブは+入力に、-入力に接続して補正したプローブは-入力にいつも接続しなければなりません。

## DXC100A 差動プローブペア

DXC100A は、DA1855A で使うことを前提に設計され、特性を完全に一致させた受動型差動プローブペアです。この差動プローブペアは、特性を完全に一致させた 2 本のプローブと、 $\div 10$  と  $\div 100$  の減衰率を同時に切り替えることが出来るよう、2 本のプローブで共有している補正回路が内蔵されたボックスとで構成されています。DA1855A と組み合わせて使うと、プローブ減衰率は DA1855A に自動的に反映され、高精度電圧発生器 (PVG) の表示値も、DXC100A の減衰率分を補正した値を表示します。

### プローブのグランドへの接続

DXC100A プローブペアには、3つの方法でグランドに接続する為のアクセサリが付属します。

ほとんどの場合、信号の同相電圧の周波数成分は低い周波数で、1MHz 以下です。この場合、DXC100A のグランドは、被測定回路のグランドに接続すべきではありません。これはグラウンドループ電流の影響を最小限にするためです。被測定回路のグランドにプローブのグランドを接続しないことによって、入力波形に歪みが生じますが、その歪みは同相電圧であり、差動アンプによって除去されます。

しかしながら、高周波ノイズが存在するような環境では、プローブのグランドを、測定している回路上にある、高周波信号に対して十分低いインピーダンスをもつグランドに接続してください。

上記2つの方法のどちらを選択すれば良いか迷った時は、両方の方法を試してみ、オシロスコープ上に観測される波形の歪みが少ない方を選択してください。

プローブ補正を行って同相除去比の調整を行う場合、プローブ先端を BNC コネクタに変換するアダプタが必要です。このアダプタを使うと、ここで紹介した3つの方法の中で最も良いグランド接続を行うことができます。

## 基本的な操作説明

### はじめに

この章では、DA1855Aを初めて操作する方々の為に、DA1855Aがどのように動作するかと、オシロスコープと共に使う時にどのように動作するのか、を説明しています。この章で説明している内容を、実際に行うためには、オシロスコープと、一般的なファンクション・ジェネレータが必要です。

### 電源ケーブルの接続

電源ケーブルを接続する前に、リアパネルにあるパワースイッチが、OFF (0) の位置にあることを確認してください。次いで、電源ケーブルをDA1855Aに接続したうえで、適切な商用電源に接続します。DA1855Aは、電圧100Vから250V、周波数50Hz又は60Hzの商用電源で動作します。

### コンパレータ (V<sub>COMP</sub>) モード

V<sub>COMP</sub> ボタンを押すと、内部の高精度電圧発生器 (PVG) が、アンプの反転入力端子 (- input) に接続されるように設定され、DA1855Aは差動コンパレータ・アンプとして動作します。これをV<sub>COMP</sub> モードと呼びます。この時、- input は、DA1855Aの内部アンプから切り離され、- input入力端子は無効になります。V<sub>COMP</sub> モードでは、大きなDC電圧に重畳している、非常に小さなAC信号を精度良く観測することができます。

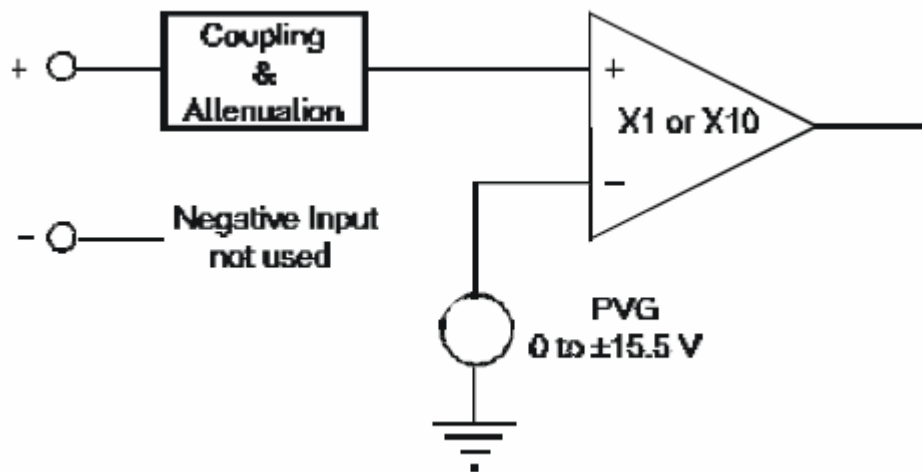


図3-1 V<sub>COMP</sub> モード時のブロックダイアグラム

## 差動 (VDiff) モード

DA1855Aに内蔵されている高精度電圧発生器 (PVG) は、二つの入力端子を差動入力として使った場合、真の差動オフセット電圧を発生させることができます。このモードでは、例えば温度によって変化するトランジスタのベース・エミッタ間電圧の変動を測定する場合に応用できます。このモードを使うと、ある温度におけるトランジスタのPNジャンクション (ベース・エミッタ間) 電圧を測定して、その電圧をPVGを変化させて、その測定値がゼロになるように設定します。この設定を行うと、PNジャンクションの両端 (ベースとエミッタ) で同時に変化する信号を除去し、PNジャンクション電圧の温度変化分のみを測定できます。

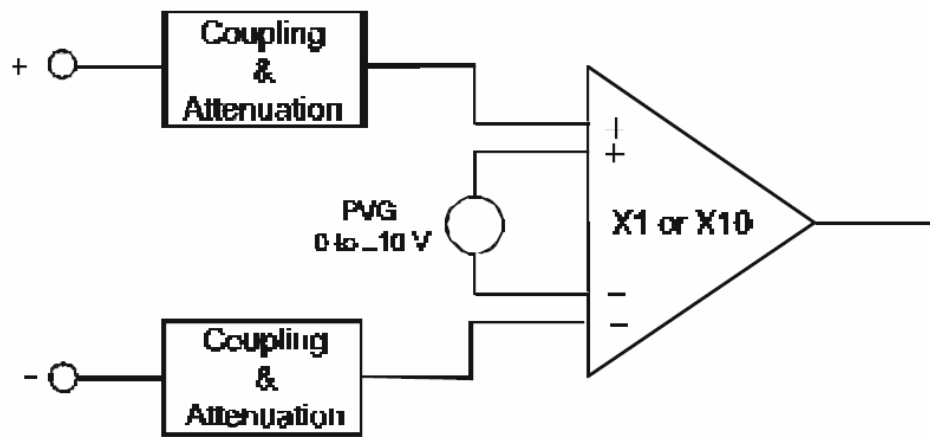


図3-2 VDiff モード時のブロックダイアグラム

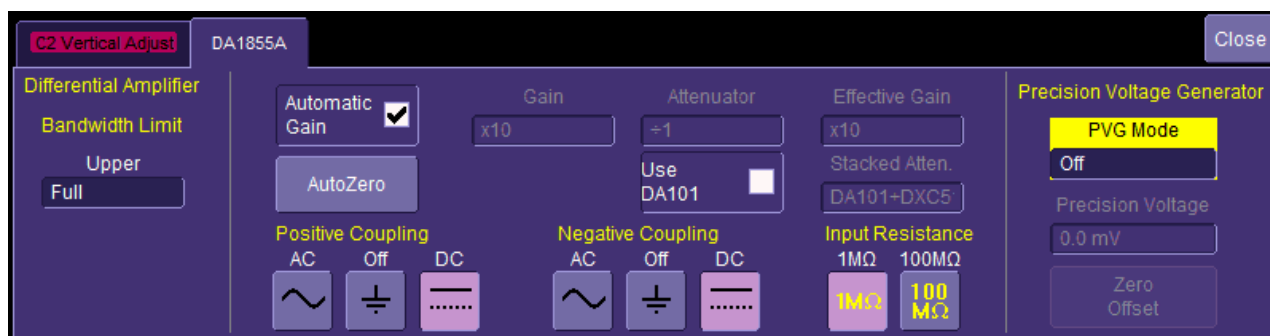
これからの説明は、二つのセクションに分かれています。一つはProBusインタフェースを持つオシロスコープとDA1855Aを接続して使う場合、もう一つは、ProBusインタフェースを持たないオシロスコープとDA1855Aを接続して使う場合です。

## ProBus インタフェースを持ったオシロスコープとの接続

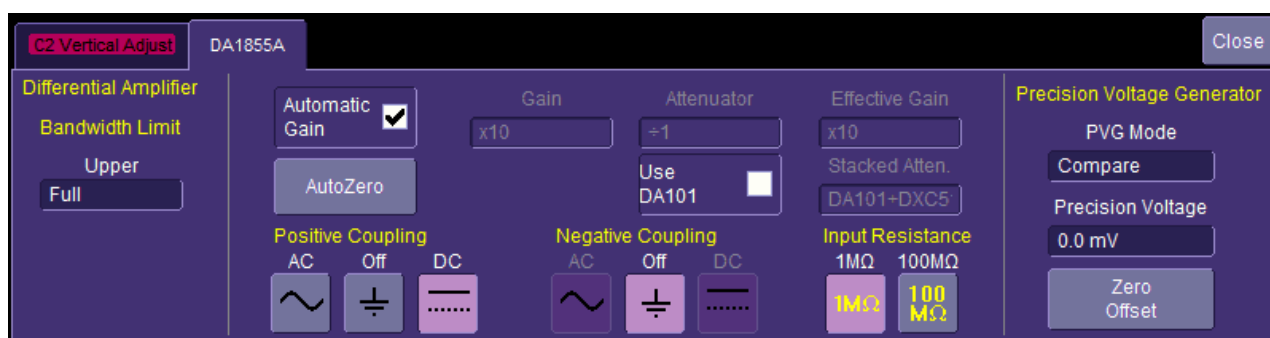
まず、付属するProBusインタフェースケーブルをオシロスコープの任意のチャンネルに接続します。そこから出ているケーブルの先にはRJ-45型コネクタが取り付けられており、そのコネクタをDA1855Aの背面にあるREMOTEと標された部分へ接続します。またDA1855Aの背面にあるAMPLIFIER OUTPUTと標されたBNCコネクタにBNCケーブルを接続し、そのケーブルの反対側を先ほどオシロスコープに取り付けたProBusコネクタに接続します。ProBusインタフェースケーブルを取り付けたチャンネルの電圧軸メニューを選択します。トレースが出ていない場合は、接続したチャンネルの設定タブ内のTrace ONにチェックを入れます。

DA1855Aの背面にある電源スイッチを1 (ON) 側に倒して電源を入れ、DA1855Aのフロントパネルを確認します。電源投入時、すべてのLEDがONになり、赤色のOVERLOADインジケータもONになります。高精度電圧発生器 (PVG) の電圧を示す7セグメントのLEDもすべてONになります。+INPUT と - INPUTのカップリングは、オートゼロを行うために一旦OFFになりますが、また元の状態にもど

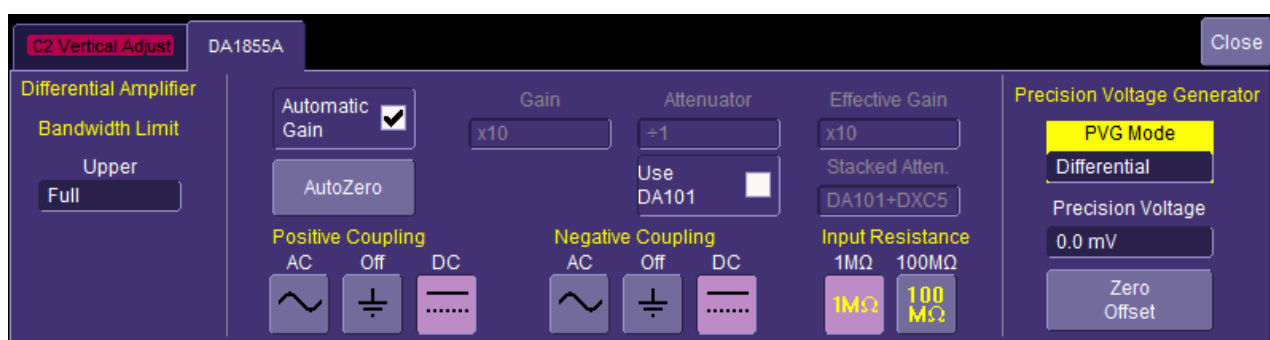
ります。電源投入後約3秒で、すべての設定が前回電源を切ったときの状態に戻ります。オシロスコープの入カインピーダンスはProBusインターフェースにより自動的に50Ωに設定され、トレースは中心に表示されます。また、DA1855Aのフロントパネルはロックされて操作出来なくなります。



PVGモード Offの時



COMP（コンパレーター）モードを選択したとき



Diff（差動）モードを選択したとき

図4-1 オシロスコープのセットアップ

接続したチャンネル設定タブの横に「DA1855A」と書かれたタブが表れ、このタブからDA1855Aをコントロールします。オシロスコープ画面のカップリング

ボタンを押すと、DA1855Aをコントロールするメニューが表れます(図4-1の各メニュー画面を参照)。ゲイン設定は、Automatic Gainにチェックを入れると、DA1855Aにとって最適なゲインと減衰率が自動設定されます。Automatic Gainのチェックを外すと、ユーザー自らDA1855Aのゲインと減衰率を選択できるようになります。

オシロスコープ画面上のメニューを使って、DA1855Aを以下の表に合わせて設定します。

PVG Mode	OFF
+Coupling	DC
-Coupling	OFF
Automatic Gain	チェックを入れる
Bandwidth Limit Upper	Full
Input Resistance	1 M $\Omega$

### 減衰率とゲインの操作

ファンクションジェネレータの出力を+INPUT BNCコネクタに接続し、50KHz、1.0V<sub>p-p</sub>の正弦波を入力します(注: ファンクションジェネレータの出力インピーダンスが50 $\Omega$ なら、DA1855Aの+INPUTには貫通型50 $\Omega$ 終端が必要)。オシロスコープの電圧軸を0.50V/divに設定します。この時、オシロスコープ画面に表れる信号振幅は、ピークピークで、2ディビジョン分あるはずですが、この時にDA1855A設定タブのAutomatic Gainのチェックを外し、ゲインの減衰率をマニュアルで設定出来るようにします。Attenuatorのメニューボックス内の選択肢から、 $\div 1$ を選択します。するとオシロスコープ画面上の波形が大きくなり、電圧軸の設定を10倍の50mV/divにしなければなりません。もちろん波形そのものはオシロスコープの画面から大きくはみ出てしまいます。この時、DA1855AのフロントパネルにあるEFFECTIVE GAIN(実効ゲイン)インジケータは、X1になります。ファンクションジェネレータからの出力電圧を下げ、波形振幅が再び2ディビジョンピークピークになるようにします。

続いて、GainのメニューからX10を選びます。すると、+INPUTカップリングのDC表示が、一瞬OFFに切り替わってから元に戻ります。この瞬間的な変化によって、DA1855AのDCバランスが自動調整されます。EFFECTIVE GAIN(実効ゲイン)インジケータは、X10となり、オシロスコープ画面上の波形は大きくはみ出てしまいます。この時のDA1855Aとオシロスコープとの組み合わせによる実効電圧感度は、5mV/divとなります。



### コンパレーターモード(VCOMP)

オシロスコープ画面のDA1855A設定タブを使って、DA1855Aを以下の設定にします。

PVG Mode	OFF
+Coupling	DC
- Coupling	Grounded (OFF)
Automatic Gain	チェックを外す
Bandwidth Limit Upper	FULL
Gain	X10
Attenuator	÷1
Inpur Resistance	1 MΩ

ファンクションジェネレータから50KHz、100mVp-pの正弦波を出力し、DA1855Aの+INPUTコネクタに接続します。オシロスコープの電圧感度を5mV/divに設定します。この時、ファンクションジェネレータからの出力波形はオシロスコープの画面からはみ出してしまいます。

PVGモードメニューをVCOMPに設定します。この設定の時、DA1855A内部の高精度電圧発生器（PVG）の出力は、-INPUTに接続されます。DA1855Aのフロントパネルにある-INPUTのカップリングを示すインジケータはOFFになり、オシロスコープ画面の-INPUT カップリングメニューはOffになります。

入力されている波形のポジティブピークとネガティブピークは、それぞれオシロスコープ画面中央を基準として、それぞれ10ディビジョンの所にあるはずでず。波形のポジティブピークが画面の中に入ってくるまで、オシロスコープのオフセットノブを回します。さらにオフセットノブを回し続け、ポジティブピークを画面中央のラインまで持ってきます。この時、DA1855Aのフロントパネル上にある高精度電圧発生器（PVG）の値が入力波形のポジティブピーク電圧となります。

続いて、オフセットノブを時計回りに回して、ネガティブピークが画面上に入ってくるようにします。さらにオフセットノブを回して、ネガティブピークが画面中央のラインまで持ってゆきます。この時の高精度電圧発生器（PVG）の値が、入力波形のネガティブピーク電圧となります。

オシロスコープの電圧感度を5mV/divから1mV/divにします。DA1855AタブでAuto Zeroと表示されているボタンを押すと、DA1855AがDCバランスを自動調整します。

オフセットコントロールを回して、ネガティブピークがオシロスコープの画面中央ライン上に来るようにします。この時の高精度電圧発生器（PVG）の電圧値は、ネガティブピーク電圧値に等しいのですが、5mV/divの時よりも分解能が上がっています。

オシロスコープの電圧感度を5mV/divに戻し、PVGメニューでOFFを選択します。するとファンクションジェネレータの出力波形は画面の中央に戻ってきます。

(注：WRXiで実際やってみると、PVGメニューでOffにした段階でPVG表示はオールゼロとなる。従ってその部分の記述を削った)

以下が、DA1855Aをコンパレータモード(VCOMP)を使ったときの動作の概略です。

- -INPUT は、AC、OFF、DC どのカップリングも選択できません。このとき DA1855A は差動アンプとして動作しないで、差動コンパレータアンプとして動作します。DA1855A の+INPUT に入力されている信号と、-INPUT に入力される高精度電圧発生器 (PVG) の電圧を比較するように動作します。それぞれの電圧が等しくなったとき、DA1855A の出力はゼロになります。
- DA1855A のフロントパネルに表示される高精度電圧発生器 (PVG) の電圧値は、オシロスコープの画面中央ラインで測定した、大地を基準とする電圧を示します。DA1855A をコンパレータモードで使い、オシロスコープの電圧軸の感度を上げて波形観測をすると、非常に精度の高い電圧測定が可能になります。

#### 差動モード(VDIFF)

オシロスコープ画面のDA1855A設定タブで、DA1855Aを以下のように設定します。

PVG Mode	Compare
+Coupling	DC
Automatic Gain	チェックを外す
Bandwidth Limit Upper	FULL
Gain	X10
Atten	÷1
List Select Input R	1 MΩ

先ほど波形観測を行った同じDA1855Aのフロントパネルの各種インジケータは以下のようになっていないければ、オシロスコープのDA1855A設定タブで設定を行ってください。

+INPUT	DC
- INPUT	VCOMP
BW LIMIT	FULL
GAIN	X10
ATTENUATOR	÷1
INPUT RESISTANCE	1MΩ
PVG	-0.0500
COMPARISON or DIFFERENTIAL	COMPARISON
EFFECTIVE GAIN	X10

ファンクションジェネレータの出力を50KHz、100mVp-pの正弦波に設定し、DA1855Aの+INPUT入力コネクタに接続します。

オシロスコープの電圧感度を5mV/divに設定し、Time/divを波形が2～3周期入るように調整します。オシロスコープのトリガソースをEXT（外部）とし、DA1855Aの+INPUTに入力されている信号を分岐してEXTトリガに接続するか、ファンクションジェネレータのトリガ出力をオシロスコープのEXTトリガ入力に接続します。

この状態では、波形のネガティブピークは、オシロスコープ画面のセンターラインに近いところにあるはずですが、オシロスコープのオフセットノブを回して、波形のネガティブピークが、オシロスコープ画面のセンターラインに接するように調整します。続いてオシロスコープ画面上のPVGモードメニューで VDIFFを選択します。このモードでは、高精度電圧発生器（PVG）の電圧が、DA1855A内部のアンプに加えられ、真の差動オフセット電圧測定が可能になります。このとき、点灯していた VCOMP ライトが消え、OFFライトが点灯します。高精度電圧発生器（PVG）の電圧を表示しているLEDの下にあるCOMPARISONライトが消え、DIFFERENTIALライトが点灯します。

この設定では、高精度電圧発生器（PVG）は、-INPUTに加えるコンパレータ電圧源ではなく、内部アンプに差動オフセット電圧を印可する電圧源となります。-INPUTのOFFライトが点灯しているにもかかわらず、この時初めて+INPUTと-INPUTの二つの入力が有効になります。

入力波形のポジティブピークとネガティブピークは、それぞれオシロスコープ画面のセンターラインからそれぞれ、+10（-10）ディビジョンにあります。オシロスコープのオフセットノブを回して、ポジティブピークがオシロスコープの画面上に入るようにし、さらにオフセットノブを回して、ポジティブピークがオシロスコープ画面のセンターライン上に来るようにします。この時の高精度電圧発生器（PVG）表示LEDが示している電圧が、入力波形のポジティブピーク電圧となります。

オフセットノブを時計回りに回して、波形のネガティブピークがオシロスコープ画面に入るようにします。さらにオフセットノブを回して、ネガティブピークがセンターライン上にくるようにします。この時の高精度電圧発生器 (PVG) 表示LEDが示している電圧が、入力波形のネガティブピーク電圧となります。

オシロスコープの電圧感度を5mV/divから1mV/divにします。DA1855A設定タブで、Auto Zeroボタンを押すと、DA1855AのDCバランスを自動調整します。

オフセットコントロールを回して、ネガティブピークがオシロスコープの画面中央ライン上に来るようにします。この時の高精度電圧発生器 (PVG) の電圧値は、ネガティブピーク電圧値に等しいのですが、5mV/divの時よりも分解能が上がっています。

オシロスコープの電圧感度を5mV/divに設定し、PVGメニューでOFFを選択します。DA1855AのPVGはその値を保っていますが、DA1855Aの出力には反映されなくなり、ファンクションジェネレータの出力波形は画面の中央付近に戻ってきます。

以下が、DA1855Aを差動モード (VDIFF) として動作させたときの概略です。

- +INPUT と -INPUT の両入力が入力になり、それぞれの入力は AC、OFF、DC のいずれかのカップリングを選択できます。また、DA1855A は真の差動アンプとして動作します。
- 高精度電圧発生器 (PVG) の電圧表示は、入力波形の差動電圧を示し、その値は -INPUT を基準とした値となります。またオシロスコープ画面ではセンターラインの電圧がその電圧になります。
- DA1855A を差動モードで動作させ、オシロスコープの電圧感度を上げて使うと、高い分解能で電圧測定が可能です。
- 高精度電圧発生器 (PVG) は、DA1855A が最もリニアリティの良いレンジで使うためのポジションコントロールとして使うことができます。

## ProBus インタフェースを持たないオシロスコープとの接続

50 Ω の特性インピーダンスを持った同軸ケーブルを、DA1855Aの背面にある、AMPLIFIER OUTPUT BNC コネクタに接続します。続いてその同軸ケーブルのもう一端をオシロスコープに接続するわけですが、そのオシロスコープの入力インピーダンスを、1MΩと50Ωのどちらかを選べる場合、50Ωに設定してください。もし1MΩの入力インピーダンスしか無い場合、貫通型50Ω終端を取り付けてDA1855Aとの接続を行ってください。DA1855Aとの接続は、50Ωで終端されていることがとても重要です。

オシロスコープの電圧感度を50mV/divに設定します。オシロスコープの入力カップリングをGND又はOFFに設定し、トレースが画面中央にくるようにポジションを調整します。この初期設定を行った後は、絶対にポジションを動かさないでください。続いてオシロスコープのカップリングをDCに設定します。

DA1855Aの背面にある電源スイッチを1 (ON) 側に倒して電源を入れ、DA1855Aのフロントパネルを確認します。電源投入時、すべてのLEDがONになり、赤色のOVERLOADインジケータもONになります。高精度電圧発生器 (PVG) の電圧を示す7セグメントのLEDもすべてONになります。+INPUT と - INPUTのカップリングは、オートゼロを行うために一旦OFFになりますが、また元の状態にもど

ります。電源投入後約3秒で、すべての設定が前回電源を切ったときの状態に戻ります。

以下のように設定してください。

+INPUT	DC
- INPUT	OFF
BW LIMIT	FULL
GAIN	X1
ATTENUATOR	÷10
INPUT RESISTANCE	1MΩ
PVG	+00.000
COMPARISON or DIFFERENTIAL	COMPARISON
EFFECTIVE GAIN	÷10

### 減衰率とゲインの操作

ファンクションジェネレータの出力を+INPUT BNCコネクタに接続し、50KHz、1.0Vp-pの正弦波を入力します（注：ファンクションジェネレータの出カインピーダンスが50Ωなら、DA1855Aの+INPUTには貫通型50Ω終端が必要）。オシロスコープ画面上には、振幅2ディビジョンの波形が表示されるはずですが、オシロスコープの時間軸を調整して、波形が少なくとも2周期入るようにします。

フロントパネルの÷1 ATTENUATORボタンを押します。すると波形の振幅が10倍になって、画面の上下から波形がはみ出してしまいます。この時、DA1855AのフロントパネルにあるEFFECTIVE GAIN（実効ゲイン）インジケータは、X1になります。ファンクションジェネレータからの出力電圧を下げ、波形振幅が再び2ディビジョンピークピークになるようにします。この時、DA1855Aとオシロスコープとの組み合わせによる実効電圧軸感度は50mV/divになります。

続いて、フロントパネルのX10 ゲインボタンを押します。すると、+INPUTカップリングのDC表示が、一瞬OFFに切り替わってから元に戻ります。この瞬間的な変化によって、DA1855AのDCバランスが自動調整されます。EFFECTIVE GAIN（実効ゲイン）インジケータは、X10となり、オシロスコープ画面上の波形は大きくはみ出てしまいます。この時のDA1855Aとオシロスコープとの組み合わせによる実効電圧感度は、5mV/divとなります。

### コンパレーターモード(VCOMP)

DA1855Aの設定を先ほどのままにしておくか、又は以下のように設定してください。

+INPUT	DC
- INPUT	OFF
BW LIMIT	FULL
GAIN	X10
ATTENUATOR	÷1
INPUT RESISTANCE	1MΩ
PVG	+00.000
COMPARISON or DIFFERENTIAL	COMPARISON
EFFECTIVE GAIN	X10

ファンクションジェネレータを、50KHz、100mVp-pの正弦波が出力されるように設定し、その出力をDA1855Aの+INPUTに接続します（注：ファンクションジェネレータの出力インピーダンスが50Ωなら、DA1855Aの+INPUTには貫通型50Ω終端が必要）。次いで、オシロスコープの電圧感度を50mV/divに設定し（DA1855Aとの組み合わせによる実効電圧感度は5mV/div）、時間軸感度を調整して波形が2~3周期画面に入るようにします。

この時、ファンクションジェネレータからの出力波形はオシロスコープの画面からはみ出してしまいます。

-INPUTコネクタ下にある、VCOMPボタンを押します。この設定の時、DA1855A内部の高精度電圧発生器（PVG）の出力は、-INPUTに接続され、-INPUTコネクタ下のOFFライトが消えます。これは-INPUTが入力を受け付けないことを示しています。

入力されている波形のポジティブピークとネガティブピークは、それぞれオシロスコープ画面中央を基準として、それぞれ10ディビジョンの所にあります。

波形のポジティブピークが画面の中に入ってくるまで、DA1855Aのフロントパネルにある高精度電圧発生器（PVG）電圧表示LEDの小数点から右に二つめの数字（10mV）の上にあるボタンを押し続けます。さらにその数字のボタンを押し続けて、ポジティブピークを画面中央のラインまで持ってきます。この時、DA1855Aのフロントパネル上にある高精度電圧発生器（PVG）の表示値が入力波形のポジティブピーク電圧となります。

続いて、PVG電圧表示器横の±ボタンを押します。この設定を行うと、入力波形のネガティブピークが画面のセンターラインに近づいてきます。さらに10mVの上下のボタンを押して、ネガティブピークが画面のセンターラインまで持つ

てゆきます。この時の高精度電圧発生器（PVG）の値が、入力波形のネガティブピーク電圧となります。

オシロスコープの電圧感度を50mV/divから10mV/divに変更します。この時、DA1855Aを含めた測定システムの実効電圧感度は1mV/divになります。一時的にオシロスコープの入力カップリングをDCからGND（又はOFF）に設定し、DA1855Aが接続されているチャンネル設定タブで、Zero Offsetボタンを押して、トレースを画面中央に持ってきます。その作業が済んだ後、入力カップリングをDCに戻します。

DA1855Aのオートゼロを起動するために、X10ボタンを押します（注：既に選択されているゲインボタンを再度押すと、DA1855Aは自動的にDCバランスをとって、オートゼロを行います。DA1855Aのゲインは変わりません。）。

高精度電圧発生器（PVG）の電圧値を変化させ、入力されている波形のネガティブピークをオシロスコープ画面の中央に持ってきます。この時のPVGの値が、ネガティブピーク電圧に等しいのですが、電圧測定分解能は向上しています。

オシロスコープの電圧感度を50mV/divに戻し、DA1855Aの-INPUTのOFF（又は、ACもしくはDC）ボタンを押します。高精度電圧発生器（PVG）はその設定電圧を保持していますが、波形は画面中央付近に来ているはずですが、再度-INPUTのVCOMPボタンを押すと、-INPUTにPVGの電圧が印可され、波形のネガティブピークが画面中央に表示されるようになります。

以下が、DA1855Aをコンパレータモード（VCOMP）を使ったときの動作の概略です。

- -INPUT は、AC、OFF、DC どのカップリングも選択できません。このとき DA1855A は差動アンプとして動作しないで、差動コンパレータアンプとして動作します。DA1855A の+INPUT に入力されている信号と、-INPUT に入力される高精度電圧発生器（PVG）の電圧を比較するように動作します。それぞれの電圧が等しくなったとき、DA1855A の出力はゼロになります。
- DA1855A のフロントパネルに表示される高精度電圧発生器（PVG）の電圧値は、オシロスコープの画面中央ラインで測定した、大地を基準とする電圧を示します。この方法を用いて、高精度の電圧測定を行う場合、オシロスコープのトレースのポジションを必ず画面中央になるように調整しておくことが重要です。
- DA1855A をコンパレータモードで使い、オシロスコープの電圧軸の感度を上げて波形観測をすると、非常に精度の高い電圧測定が可能になります。
- 高精度電圧発生器（PVG）は、DA1855A のアンプのダイナミックレンジがリニアな領域であれば、オシロスコープのポジションコントロールとしても使えます。

### 差動モード(VDIFF)

前回の設定を変えずにしておくか、もしくはDA1855Aを以下の設定にしてください。

+INPUT	DC
- INPUT	VCOMP
BW LIMIT	FULL
GAIN	X10
ATTENUATOR	÷1
INPUT RESISTANCE	1MΩ
PVG	-0.0500
COMPARISON or DIFFERENTIAL	COMPARISON
EFFECTIVE GAIN	X10

ファンクションジェネレータの出力を50KHz、100mVp-pの正弦波に設定し、DA1855Aの+INPUT入力コネクタに接続します。

オシロスコープの電圧感度を50mV/div (DA1855Aのゲイン設定がX10なら、実効電圧感度は5mV/div) に設定し、Time/divを波形が2〜3周期入るように調整します。オシロスコープのトリガソースをEXT (外部) とし、DA1855Aの+INPUTに入力されている信号を分岐してEXTトリガに接続するか、ファンクションジェネレータのトリガ出力をオシロスコープのEXTトリガ入力に接続します。

この状態では、波形のネガティブピークは、オシロスコープ画面のセンターラインに近いところにあるはずですが、高精度電圧発生器 (PVG) の値を変化させて、波形のネガティブピークが、オシロスコープ画面のセンターラインに接するように調整します。続いてフロントパネルにあるVDIFF ボタンを押します。このモードでは、高精度電圧発生器 (PVG) の電圧が、DA1855A内部のアンプに加えられ、真の差動オフセット電圧測定が可能になります。このとき、点灯していた VCOMP ライトが消え、OFFライトが点灯します。高精度電圧発生器 (PVG) の電圧を表示しているLEDの下にあるCOMPARISONライトが消え、DIFFERENTIAL ライトが点灯します。

この設定では、高精度電圧発生器 (PVG) は、-INPUTに加えるコンパレータ電圧源ではなく、内部アンプに差動オフセット電圧を印可する電圧源となります。この時初めて+INPUTと-INPUTの二つの入力が有効になります。

入力波形のポジティブピークとネガティブピークは、それぞれオシロスコープ画面のセンターラインからそれぞれ、+10 (-10) ディビジョンにあります。DA1855AのPVG電圧表示器の小数点から二つ隣の表示器 (10mV) の上にあるボタンを押して、オシロスコープ画面上の波形のポジティブピークがオシロスコープ画面のセンターライン上に来るようにします。この時の高精度電圧発生器 (PVG) 表示LEDが示している電圧が、入力波形のポジティブピーク電圧となり



ます。

続いて、PVG電圧表示器横の±ボタンを押します。この設定を行うと、入力波形のネガティブピークが画面のセンターラインの近辺にやってくるはずですが、さらに10mVの上下のボタンを押して、ネガティブピークが画面のセンターラインまで持ってゆきます。この時の高精度電圧発生器（PVG）の値が、入力波形のネガティブピーク電圧となります。

オシロスコープの電圧感度を50mV/divから10mV/divに変更します。この時、DA1855Aを含めた測定システムの実効電圧感度は1mV/divになります。一時的にオシロスコープの入力カップリングをDCからGND（又はOFF）に設定し、DA1855Aが接続されているチャンネル設定タブで、Zero Offsetボタンを押して、トレースを画面中央に持ってきます。その作業が済んだ後、入力カップリングをDCに戻します。

DA1855Aのオートゼロを起動するために、X10ボタンを押します（注：既に選択されているゲインボタンを再度押すと、DA1855Aは自動的にDCバランスをとって、オートゼロを行います。DA1855Aのゲインは変わりません。）。

高精度電圧発生器（PVG）の電圧値を変化させ、入力されている波形のネガティブピークをオシロスコープ画面の中央に持ってきます。この時のPVGの値が、ネガティブピーク電圧に等しいのですが、電圧測定分解能は向上しています。

オシロスコープの電圧感度を50mV/divに戻し、DA1855AのVDIFFボタンを押します。VDIFFのLED表示が消えて、オシロスコープ画面上の波形は中心に戻ってきます。但し、PVGの設定電圧はそのまま表示されていますが、PVG出力電圧は内部アンプには印可されません。もう一度VDIFFボタンを押すと、PVG電圧が内部アンプに印可されるようになり、先ほどと同じ状態に戻ります。

以下が、DA1855Aを差動モード（VDIFF）として動作させたときの概略です。

- +INPUT と-INPUT の両入力有効になり、それぞれの入力は AC、OFF、DC のいずれかのカップリングを選択できます。また、DA1855A は真の差動アンプとして動作します。
- 高精度電圧発生器（PVG）の電圧表示は、入力波形の差動電圧を示し、その値は-INPUT を基準とした値となります。またオシロスコープ画面ではセンターラインの電圧がその電圧になります。つまり、オシロスコープのトレースは必ず画面中央にあるように設定しておくことが非常に重要です。
- DA1855A を差動モードで動作させ、オシロスコープの電圧感度を上げて使うと、高い分解能で電圧測定が可能です。
- 高精度電圧発生器（PVG）は、DA1855A が最もリニアリティの良いレンジで使うためのポジションコントロールとして使うことができます。

## 適切なオフセットモードの選び方

コンパレータモード (VCOMP) と差動モード (VDIFF) の動作は、極めてよく似ています。コンパレータモードのほうが、理解しやすく、かつ広いオフセットレンジで使うことができます。つまり、差動モードにおけるオフセット電圧レンジが10.0Vに対して、コンパレータモードは15.5Vのオフセット電圧レンジがあります。しかし、差動モードでは、DA1855Aを真の差動アンプとして使うことができるので、それがコンパレータモードに対する差動モードの優位な点です。

コンパレータモードで使うと、高精度電圧発生器 (PVG) の出力電圧は、+INPUT入力に与えられている信号から差し引かれます。PVG電圧を使うということのぞけば、通常のシングルエンドオシロスコープと同様に、一つのDA1855Aの入力端子しか使いません。

差動モードでは、DA1855Aは差動アンプとして動作します。つまり、+INPUTと-ININPUTの両方が使えるのです。DA1855Aのユーザは、大地グランドではない任意の点を基準とした電圧測定が可能になります。例えば大地グランドを基準とした測定の場合でも、大地グランドにノイズが重畳している場合などでは、-INPUTをその大地グランドに接続すれば、信号の歪みを最小限に抑えた波形観測ができます。この方法は、ハムやグラウンドループによるノイズがある環境で波形観測する場合に適しています。

差動モードを使った測定を行った場合、若干ノイズが多い結果が得られる場合があります。それは、近辺に生ずる磁界の変化をプローブが拾ってしまい、それがノイズとして表れてしまいます。プローブの線をツイストペアケーブルのようにねじっても、磁界からのノイズを完全に取ることはできません。この場合には、コンパレータモードを使う方が適していると思われます。差動モードは、コンパレータモードが持つ広いオフセットレンジや、高精度測定が必要では無いときに選択すると良いでしょう。

## 良くある問題を超えるには

DA1855Aを使って電圧測定を行う場合、いくつか注意しなければならない点があります。

### 同相電圧レンジを超えて使ってしまう。

DA1855Aをはじめとする差動アンプは、非常に大きな同相電圧範囲を持っており、大きな電圧差をもつ信号に重畳している小さな信号を観測するには大変適しています。

しかしながら、スペックに記載されている以上の同相電圧を超えるような電圧を加えてはいけません。差動信号を差動アンプを使ってオシロスコープで観測する場合、同相電圧は取り除かれて表示されます。その為、印可可能な同相電圧を超えているかどうか、ユーザが判断できない場合があります。DA1855Aの場合、プローブの接続がなく、アッテネータの設定を÷1にしている場合、最大印可可能な同相電圧範囲は±15.5Vです。

アンプに入力される信号を減衰させることで、同相電圧範囲を広げることができます。例えば、DA1855Aの $\div 10$ ボタンを押せば、同相電圧範囲は $\pm 155\text{V}$ に拡大されます。また $\div 1$ のまま $10:1$ のプローブを接続しても同様の効果が得られます。 $\div 10$ ボタンを押して、外部に $100:1$ のプローブを接続すれば、トータルの減衰率が $\div 1000$ となり、同相電圧範囲は $\pm 15,500\text{V}$ となります。この場合、最大印可可能電圧は、プローブの絶対最大定格で制限されます。

DA1855Aのアンプのゲインは同相電圧範囲には影響を与えません。つまり $\times 10$ に設定しても $\times 1$ に設定しても同相電圧範囲は変化しません。

商用電源ラインを基準とした電圧を測定する時は、測定電圧のピーク値がDA1855Aの同相電圧範囲である $15.5\text{V}$ より低いことを必ず確認してください。北米地区や日本では、商用電源のピーク値は $170\text{V}$ を超えます。従って、DA1855Aのトータルの減衰率が少なくとも $\div 100$ になるようにDA1855Aを設定してください。他の国の場合は、北米や日本の商用電源よりも高いピーク電圧値を持ちますが、 $1,550\text{V}$ を超えることはないので $\div 100$ の設定にしておけば安全です。

## オシロスコープのポジションコントロール

(これから説明する方法は、ProBusインタフェースで接続されたレクロイのオシロスコープには適用しないようにしてください)

オシロスコープと共にDA1855Aを使う場合、オシロスコープのポジションコントロール、あるいはオフセットコントロールを使って、オシロスコープ画面の中央にトレースがくるように設定し、測定中は絶対に動かしてはいけません。これにはいくつかの理由があります。

まず第一に、DA1855Aが正常に動作する範囲が、DA1855Aの出力電圧範囲がゼロ中心で $\pm 500\text{mV}$ であることが挙げられます。DA1855Aの出力がこの範囲を超えると、出力電圧波形は歪み始めます。この時、オシロスコープのポジションコントロールを動かしてしまうと、その歪んだ波形が見えてしまい、正常な波形観測ができなくなります。

第二に、DA1855Aの高精度電圧発生器 (PVG) を正しく動作させるためには、ユーザーがオシロスコープ上での $0\text{V}$ の位置を正確に覚えている必要があります。PVG表示器は、オシロスコープの $0\text{V}$ が画面の中央にトレースがあることを前提に設計されています。もしオシロスコープのポジションやオフセットが動かされてしまうと、PVG表示器を使って正確な電圧測定が出来なくなります。

## 100mV/div よりも大きな電圧感度を使うとき

(これから説明する方法は、ProBusインタフェースで接続されたレクロイのオシロスコープには適用しないようにしてください)

「DA1855Aには正弦波を入力しているはずなのに、オシロスコープの画面には方形波が見える。」というユーザーからの意見がありますが、これはオシロスコープの電圧軸感度の設定が $\text{Volts/div}$ が $100\text{mV/div}$ より大きいレンジに設定されているからです。もし、オシロスコープの電圧感度が $200\text{mV/div}$ に設定されている場合は、DA1855Aの出力波形は、オシロスコープ画面の中央を基準に

±2.5ディビジョンで制限されて見えるはずですが（これは、オシロスコープのポジション又はオフセットがゼロに設定されている場合にこう見えます）。つまり、DA1855Aをオーバードライブ出来るだけ大きな振幅を持った正弦波を入力すると、方形波がオシロスコープの画面に表示されます。

DA1855Aは、出力振幅を±500mVできれいに制限するように設計されています。DA1855Aは出力電圧が±500mVに到達してから再度電圧が下がり始めると、内部アンプが非常に速いスピードでリニア領域に戻り、歪みの無い正常な波形観測ができるように設計されています。DA1855Aは、通常のおシロスコープのフロントエンドアンプに比べて、オーバードライブ状態から非常に高速に回復します。従って、オシロスコープのトレースを画面中央にあるように保ち、オシロスコープの電圧感度を100mV/divから2mV/divの間（又は、オシロスコープの最も電圧感度の高い設定）で使うことで、シグナルインテグリティを確保した測定が可能になります。もし観測したい信号が、非常に低い信号成分を含んでいる場合、オシロスコープの電圧感度を100mV/divで使うと、波形全体を観測でき、低い周波数成分も同時に観測することができます。

## 50Ω 終端を行わない時に起きる現象

（これはProBusインタフェースを持つレクロイのオシロスコープには適応しないください）

「オシロスコープ画面に表示されている波形の電圧が、本来あるべき電圧の二倍になっている。」と言われることがあります。これは、DA1855Aの出力をオシロスコープに接続するときに、50Ωで終端されていないことによって起きる現象です。ProBusインタフェースを使ってレクロイのオシロスコープと接続するときは、50Ω終端を取り付ける必要はありません。ProBusインタフェースで接続すると、オシロスコープの入力抵抗が自動的に50Ωに選択されるからです。

DA1855Aの出力インピーダンスは50Ωです。DA1855Aをオシロスコープやスペクトラムアナライザへ接続する為には、50Ωの特性インピーダンスを持つ同軸ケーブルで接続し、50Ωの終端抵抗を接続しなければなりません。もし50Ωの終端抵抗が接続されていない場合、DA1855Aのアンプが適切に終端されない為、DA1855Aの出力電圧値が誤った値になり、高周波特性（リニアリティやステップ応答など）が損なわれます。DA1855Aが備える1MHzと20MHzの帯域制限フィルタを正常に働かせる為にも、50Ωで終端することは必須です。

## オーバードライブ（飽和）状態からの回復がうまく働かない場合

大きな電圧が入力されても、内部アンプがオーバードライブ（飽和）状態にならないように、DA1855Aの出力電圧を±500mVに制限しています。DA1855Aを接続したオシロスコープの電圧感度を非常に高い値に設定すると、オシロスコープのフロントエンドアンプが、DA1855Aの内部アンプよりも先にオーバードライブ（飽和）状態になってしまいます。オシロスコープの電圧感度を設定するときは、オシロスコープのフロントエンドアンプがオーバードライブ（飽和）状態にならないよう十分注意してください。

## アプリケーション（応用測定）

### はじめに

電源回路における、FET の飽和電圧や、アッパーサイドに位置する FET のゲートドライブ電圧、さらにループ特性と言った項目をオシロスコープを使って測定しようとする、それらの測定項目を測定する為の適切なアクセサリが必要となります。電源回路における波形解析は回路特性を知る上で大事なことはありますが、波形解析を行う前に、電圧及び電流波形を如何に正確に測定するかが、最も重要な事柄となります。

### 電圧測定

オシロスコープで電源回路の回路解析を行う場合、測定したい回路の電圧基準が大地ではない、ということが最も大きな障害となります。いくつかのテクニックを使ってこの問題を克服してきました。

最もよく使われていて、おそらく最悪の方法が、オシロスコープの電源ケーブルにある大地への接地線を外して、オシロスコープを大地から浮いた状態で電源回路を測定する方法です。こうすることによって、オシロスコープのケースは大地から浮いた状態になり、オシロスコープのケースと接続されているプローブのグランドも同様に大地から浮いた状態となって、大地をからある電位をもった信号にも接続できるようになります。プローブのグランド線が大地からある電位をもった場所に接続していると、オシロスコープのケースも同電位となり、その電位が危険な値だった場合、そのオシロスコープを操作している人間が、オシロスコープの金属部分に触ったとたん感電し、大けがをしたり、場合によっては死に至ることさえもあります。他にも、外部トリガ信号を使うことができなかつたり、プローブのグランド線に非常に高速のスルーレートをもった信号が印可されると、測定波形が歪むなどの問題が起きます。

大地を基準としない電圧をオシロスコープで測定する方法として、疑似差動測定があります。これは、オシロスコープの二つの入力チャンネルにそれぞれプローブを接続し、その測定波形の差分を取る方法です。この方法は安全ではありませんが、やはりオシロスコープは大地に接地されていて、測定したい差動信号振幅が、除去したい同相信号振幅と同じか、あるいは差動信号の方が大きい場合にのみ有効な方法です。この方法では、二つの入力チャンネルのゲインのミスマッチによって、同相除去比（CMRR）が十分に取れないという大きな問題があります。

大地を基準としない電圧を測定するための最良の解決策は、差動アンプを用いることです。DA1855A は最も適した測定器と言えます。

## 電流測定

電流測定の方法は、シャント抵抗を使う方法と、電流プローブを使う方法があります。シャント抵抗を使う場合、測定したい電流が流れている導体を切って、そこにシャント抵抗を取り付ける必要があります。このシャント抵抗は、回路に本来は必要ない抵抗を取り付けることになるので、回路の動作に影響を与えるかもしれません。また、大きく変動する電流を測定するために必要な、抵抗値が低くてインダクタンス成分の小さな、精度のよい抵抗を入手することは困難です。

電流プローブは、シャント抵抗法がもつ欠点を克服できます。多くの電流プローブは、開閉式の「顎」形状を持ち、その「顎」形状部分を電流が流れている導体に挟むことができるようになっています。その為、導体を切る必要がありません。電流プローブは、DCタイプと、ACタイプの二種類があります。DCタイプは、直流から高い周波数まで比較的平坦な周波数特性を持っています。ACタイプの電流プローブは低周波のカットオフ周波数が40Hz またはそれ以上なので、商用電源周波数の電力を測定する能力がありません。

## パワー素子解析を行う時のオシロスコープの設定と構成

図 5-1 に表示されているのは、フライバック型スイッチング電源に使われているパワーFETのドレイン・ソース間電圧波形です。またこの波形でオシロスコープのトリガをかけ、このFETのダイナミックサチュレーション電圧を測定しようとしています。

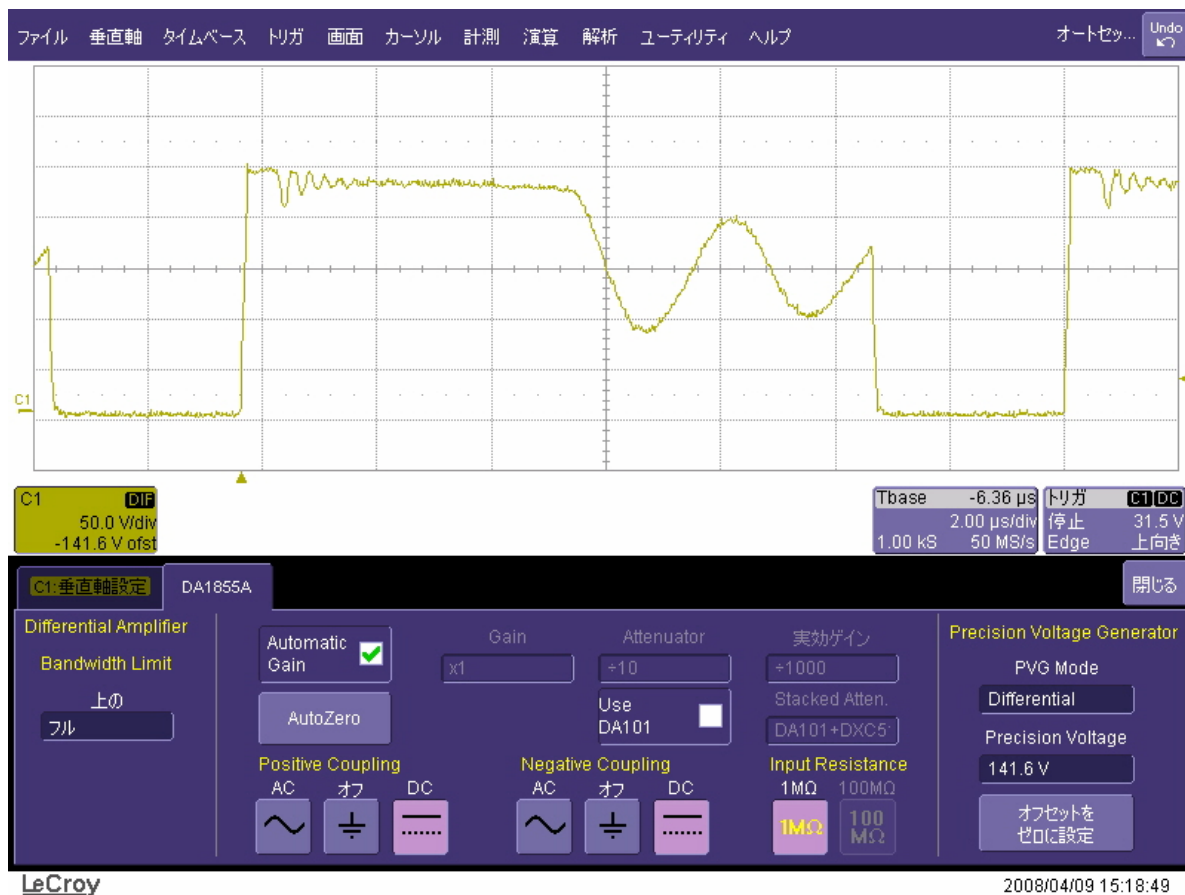


図 5-1 オシロスコープ画面上の各種情報

CH1 に DA1855A を接続した場合、Ch1 のチャンネル設定画面に DA1855A の設定タブが追加されます。DA1855A のゲインやアッテネータ、プローブを含めた実行ゲインが表示され、それぞれのカップリングや PVG の設定が行えます

## サチュレーション電圧測定におけるプローブの影響

デバイスが動作している時に、そのスイッチングデバイスのサチュレーション電圧を測定する場合には、いくつかのテクニックを組み合わせる必要があります。

第一に、大地を基準としない電圧を測定をする必要があるため、差動電圧測定が必要です。差動電圧測定を行うアンプは、高速なオーバードライブ・リカバリ特性を持つ必要があり、またアンプと同様、プローブも優れた高周波特性を持つことが要求されます。

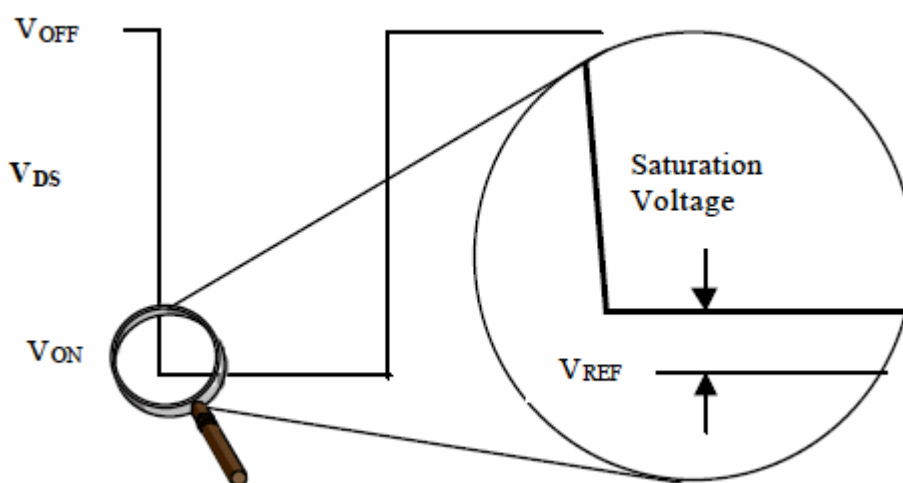


図 5-3 サチュレーション電圧

この測定において最も問題になるのは、被測定信号が非常に大きなダイナミックレンジを持っているということです。デバイスがオフになると、電圧は数 100V まで上昇し、オンになると 1V 以下まで下降します。その様子を図 5-3 に示します。

このデバイスのサチュレーション電圧を 100mV の精度で測定する為には、オフ時の電圧が 400V の場合、250ppm の電圧を測定するだけの能力が必要です。約 1V のオンの時の電圧を、オシロスコープを使って精度良く測定するためには、電圧感度を 200mV/div から 500mV/div に設定する必要があります。このような設定の場合、被測定信号のほとんどの部分は、オシロスコープ画面の外にあることとなります。また、この信号は、マイクロ秒のオーダーで変化します。つまり、被測定信号が入力されているアンプは、数 100V の振幅を持つ信号でオーバードライブされても、数マイクロ秒でそのオーバードライブ状態から戻り、1V 程度の信号を正確に表示できる能力が必要です。従って、オシロスコープのフロントエンドアンプ、または DA1855A のようなプリアンプは、オーバードライブリカバリ特性が良いことが求められ、さらに高周波特性の良いプローブが求められます。



オーバードライブの問題を克服するために、オシロスコープのフロントエンドアンプは、最もリニアリティの良い範囲に入力信号を高速にクリップする回路を備えています。このクリップ回路は被測定波形に歪みを与えることなく、十分に高速にオン・オフするように設計されています。

デバイスのサチュレーション電圧の測定精度に関して、プローブの低周波における位相補償行為が、どのような影響を与えるのかは、あまり明言されていません。ほとんどのオシロスコープユーザーは、プローブを使う際には低周波における位相補償をしなければいけないこと知っています。通常は波形全体がオシロスコープの画面からはみ出さない状態で、プローブの位相補償を行います。波形全体をオシロスコープの画面内に収めて位相補償を行う事は、ほとんどの波形観測においては有効な手段です。

しかしながら、差動アンプを使って、入力されている波形を出来るだけ拡大して観測する場合、低周波における位相補償の小さな誤差が、大きな波形測定上の最も大きな誤差要因となってしまいます。特にサチュレーション電圧を測定する場合に顕著です。

図 5-4A から図 5-4D では、一見してわからない低周波における位相補償ミスが、サチュレーション電圧の DC レベルをどれほど不正確なものとするかを示しています。

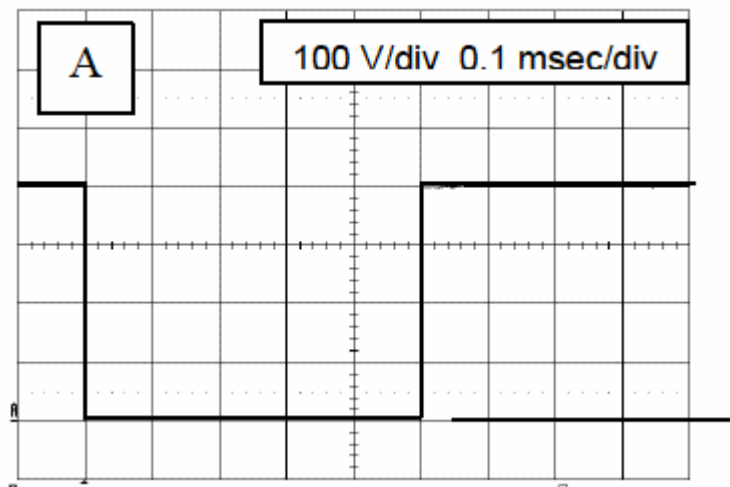


図 5-4A 400V の振幅を持つ方形波を 100V/div で観測してみると、位相補償が正確に行われているように見える。

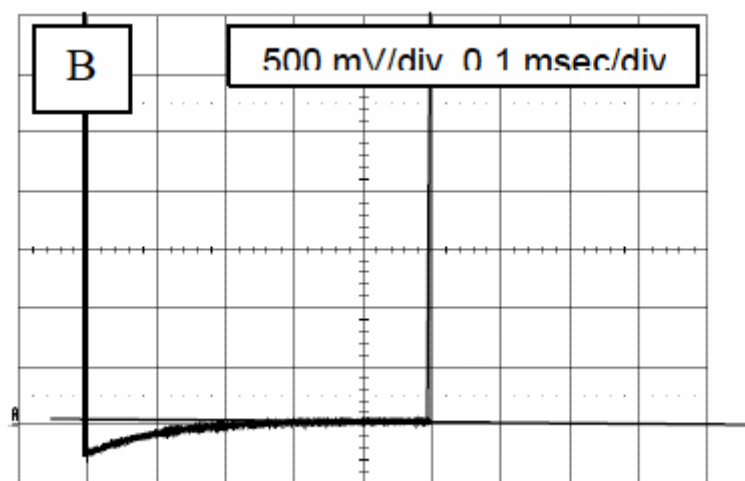


図 5-4B 500mV/div に設定して同じ 400V の方形波を観測すると、プローブの位相補償が若干過補償ぎみになっていることがわかる。

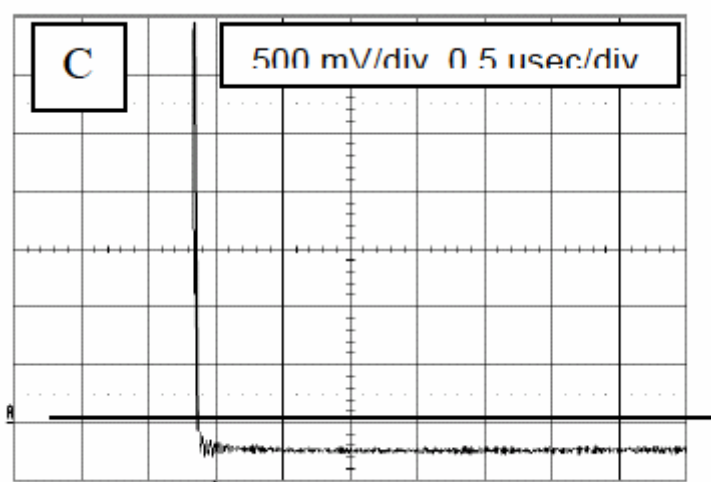


図 5-4C 今度は time/div を、20 から 150kHz のスイッチングスピードで動作しているスイッチング電源の波形を観測する時によく使う設定 (0.5us/div) にして見ると、低周波における位相補償のずれが DC レベルずれとして現れているのがわかる。

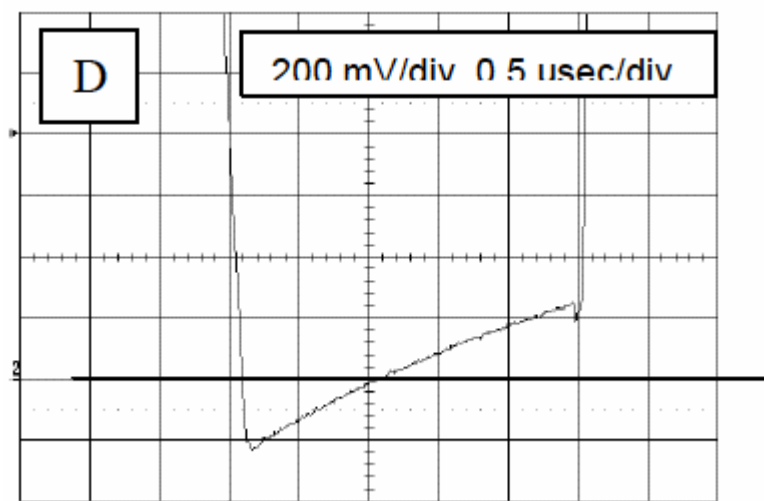


図 5-4D 低周波における位相補償のずれを持った測定系で、パワーFET のサチュレーション電圧を観測すると、波形がマイナスの方向に振られていることがわかる。この時のスイッチング周波数は 60KHz である。

## サチュレーション電圧測定

フライバック型スイッチング電源のパワーFETのサチュレーション電圧を観測するためには、DA1855Aの+INPUTに接続されているプローブをFETのドレインに、-INPUTに接続されているプローブをFETのソースに接続します。このとき、オシロスコープを大地から浮かせる必要は全くありません。

-INPUTに接続されたプローブは、デジタルマルチメータの黒いリード線と同様、波形測定の基準点となります。DA1855Aは、観測したい信号に重畳している商用電圧（同相モード電圧）を除去し、測定したい波形の真の電圧を測定することができます。このとき、オシロスコープのVolts/divを50mV/divに設定し、DA1855Aのフロントパネル上に示される電圧が、00.000となるようにオフセットノブを調整します。

DA1855A内部アンプのDCバランスを取るため、AUTOZEROボタンを押します。プローブの位相補償が正確に行われていると、図5-5のように、FETがオフになると同時にドレイン電圧は0Vに限りなく近い値まで下降し、ついで一次側のトランスに流れる電流が増えるに従って徐々に上昇を始めます。もし波形のドレイン電圧が0V近辺まで来ない場合、プローブの位相補償が正確になされていない可能性があります。

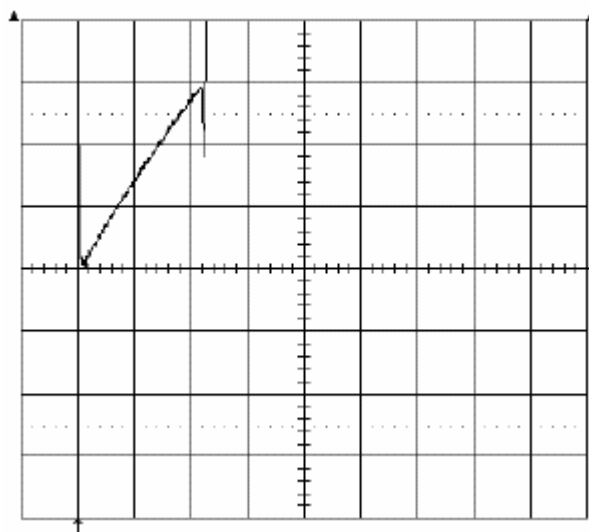


図 5-5 サチュレーション電圧

## ゲートドライブ電圧

ゲートドライブ電圧を測定する主な理由は、FET が高速にオン・オフしているか確認するためと、FET 自身が完全に飽和（サチュレーション）して動作しているか確認する為です。

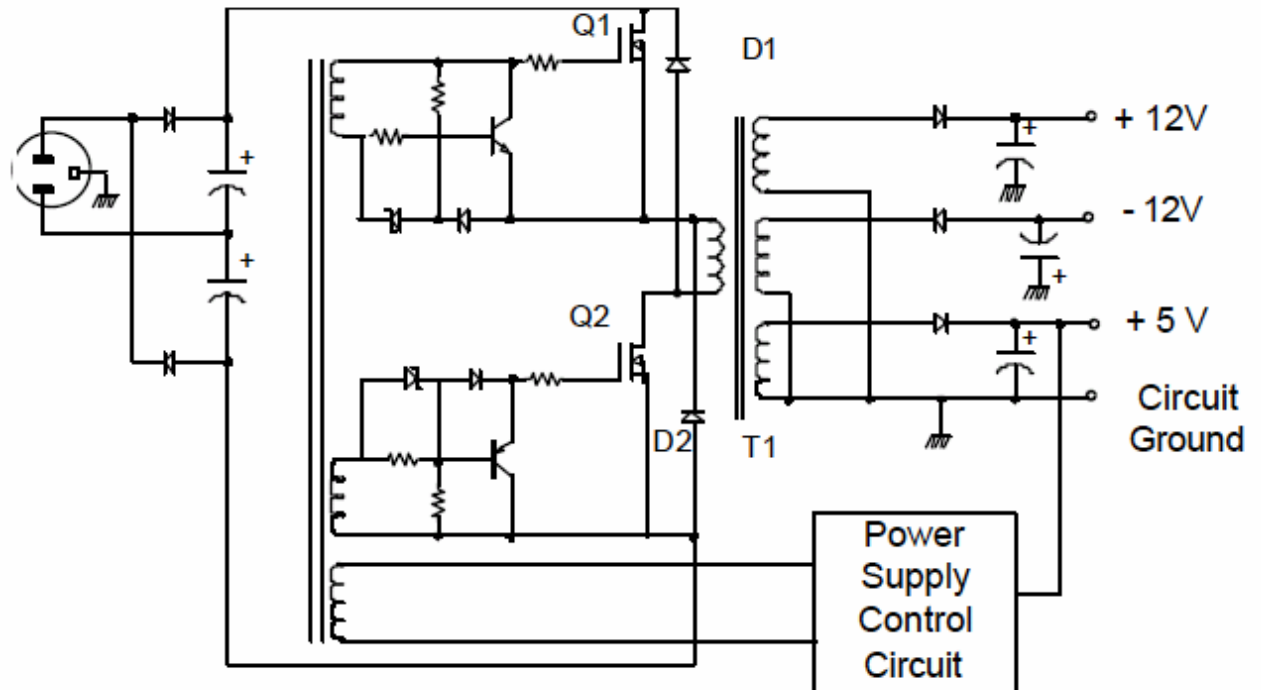


図 5-6 アッパーサイドとローアーサイドに FET を持つスイッチング電源

ゲートドライブ電圧を観測する場合、オフ状態にあるパワーFET のゲート電圧は、商用電源電圧まで上昇することに十分注意してください。DA1855A は、高い CMRR をもっているのです、このような測定には最適と言えます。

DA1855A 差動アンプと、DXC100A 差動ペアプローブを使って、スイッチング電源のアッパーサイド FET のゲートドライブ信号を測定するかを以下に示します。図 5-6 に示したようなフライバック式スイッチング電源の場合、Q1 と Q2 が同時にオンになることがあり、D1 と D2 によって、Q1 と Q2 のドレイン電圧が、一次側のリアクタンスによって商用電源電圧まで到達するのを防いでいます。

図 5-7 は、大地を基準とするオシロスコープを使って、Q2 のドレイン電圧波形を観測した例です。これは、FET のドレインソース間電圧波形に商用電源波形が重畳した波形になっています。

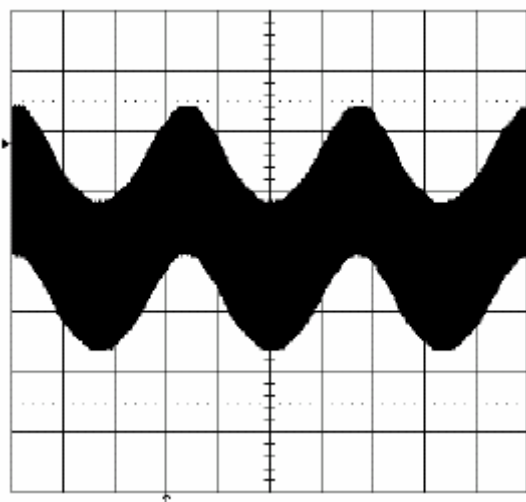


図 5-7 大地を基準とした Q2 のドレイン電圧波形

DA1855A と DXC100A 差動プローブを使うと、信号の基準電位を回路上のどのポイントにも置くことができます。Q2 のソースを基準電位に選ぶには、-INPUT に接続されているプローブをその点に接続します。+INPUT に接続されているプローブを Q2 のソースに接続し、両方の入力のカップリングを DC カップルとすることで、Q2 のソースドレイン間の電圧を測定することができます。DA1855A は、その部分に重畳している商用電源波形（同相モード電圧）を除去し、Q2 の真のソースドレイン間の電圧波形を観測できるのです。この測定の場合、DXC100A のプローブ減衰率は、100:1 に設定し、DA1855A のアッテネータを ÷10、ゲインを X1 と設定します。プローブ先端から見たトータルの減衰率は 1000:1 となります。

この値は、DA1855A の EFFECTIVE GAIN 表示 LED にも示され、さらに DA1855A が接続されているオシロスコープの画面にも、システムとしてのトータル減衰率、EX 1K（1K は 1000 の意味）として表示されます。

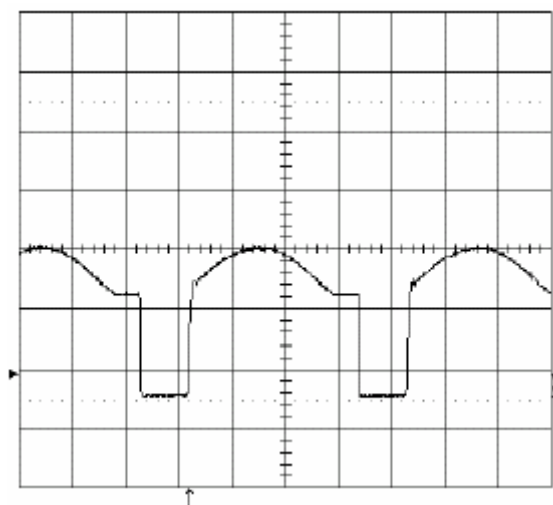


図 5-8 Q2 のドレイン・ソース間電圧波形

オシロスコープのPVGモードメニューで、V<sub>DIFF</sub>を選択して差動モードにします。次いで、オフセットノブを回してオフセット電圧を245Vとします。こうすると、オシロスコープ画面のトレースが約2.5ディビジョンほど下がります。図5-8を参照ください。この時、ドレイン波形のトップは、オシロスコープのセンターライン上にあり、ソースを基準としたドレイン電圧の最大値が245Vであることを示しています。

商用電源波形を除去することはさほど難しいことではありません。しかしここでは、ドレイン・ソース間に生じる同相信号を除去することが出来る事に注目して欲しいと思います。図5-8を見てわかるように、FET(Q2)がオフになったとき、ドレイン・ソース間電圧は245Vまで上昇しています。この波形が最も高速に変化するの、最も低い電位から立ち上がり、円弧状の波形のスタート点までの部分で、スルーレートは15V/nsあります。この信号がアッパーサイドFET(Q1)にとって同相信号となり、Q1各点の測定を阻害します。DA1855Aは、このような高速で変化する同相信号も除去できる能力があり、スイッチング電源回路で最も測定が難しいと言われるアッパーサイドFETの差動測定を可能にしています。

## アッパーサイド及びローアーサイドFETへのゲートドライブ波形測定

アッパーサイドFET(Q1)のゲートドライブ信号を測定するには、-INPUTに接続されているプローブをQ1のソースに、+INPUTに接続されているプローブをQ1のゲートに接続します。DXC100Aプローブの減衰率は100:1に設定し、DA1855Aの減衰率÷1に、ゲインはX1に設定します。EFFECTIVE GAIN表示は、トータルゲインとして÷100のLEDが点灯するはずですが、Q2のゲートドライブ信号を表示させて比較するため、オフセットノブで、オフセット電圧を-5Vにセットします。すると、観測波形がセンターラインから1ディビジョン上に移動します。この状態で波形データをセーブしてから、演算領域(図5-9の例では「A」)を使って表示します。

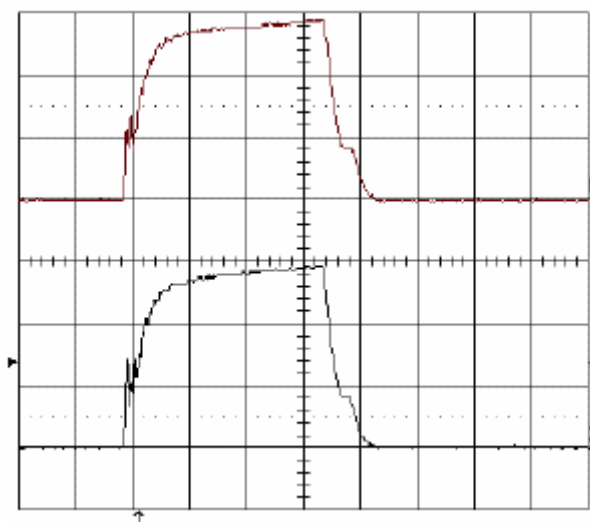


図 5-9 アッパーサイドとローアーサイド FET のゲートドライブ信号の比較

Q1 で行った同様の操作を行います。この時、Q1 の波形と重ならないようにオフセット電圧を+15V に設定し、波形を 3 デビジョン下げます。その結果が図 5-9 です。

Volts/div の感度を上げたり、Time/div の設定を変えることで、これらの波形をさらに詳細に検討することができます。

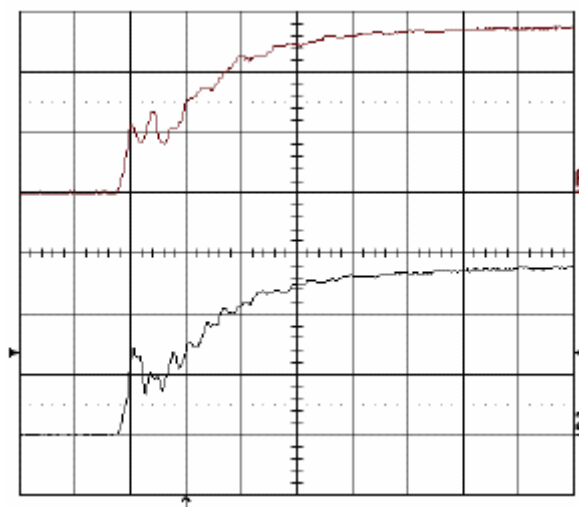


図 5-10 Time/div 設定を変えて、図 5-9 で測定した波形を時間軸方向に拡大して比較した。



## 測定誤差を避けるために

近年のデジタル・オシロスコープが持つ演算機能を使えば、いままで手作業で行っていた計算に必要な時間と労力を著しく短縮することができるようになりました。

しかし、演算機能によって間違っただけの結果を得る場合があり、その間違っただけの結果がユーザーを間違っただけの方向へ導いてしまって、今までの努力が無駄になってしまうことも少なくありません。間違っただけの結果を得る場合の例としては、以下のものが挙げられます。

- 入力信号そのものが問題だった場合。例えば、波形がクリップされていたり、DA1855Aの帯域よりも高速な信号が入力され、その為に波形がなまってしまう、など。
- デジタル・オシロスコープの波形捕捉能力の限界。例えば、サンプリングレートが低い、メモリ長が短い、など。
- 演算機能のアルゴリズムによる制約。

パワーメジャメントにおいて、最も大きな誤差要因となるのは電圧と電流波形の時間のズレ（スキュー）です。電流プローブの伝搬遅延時間と電圧プローブ+差動アンプの伝搬遅延時間は、決して同じにはなりません。

この誤差を無くする為に、これら二つの信号の時間差を一致させる（デスキュー）ことが必要です。多くのデジタル・オシロスコープは、チャンネル間のデスキュー機能をもっているため、測定の前には、この機能を使って電流と電圧波形のスキューを合わせておきます。

もう一つ気をつけなければいけない事は、プローブや差動アンプで発生する位相シフトです。入力信号の立ち上がり時間が、電流プローブや差動アンプ自身もつ立ち上がり時間と等しくなってくると、本来の入力信号と、電流プローブや差動アンプから出力される信号との間に位相シフトが起き、その結果パワーメジャメントにおける電圧誤差を発生させる要因となります。

## 用語解説

### 差動モードと同相モード

差動アンプは、プラス入力端子とマイナス入力端子に加えられる電圧の差分を増幅します。増幅された信号を差動モード電圧またはノーマルモード電圧と呼びます。大地を基準として、プラスとマイナスの二つの入力端子に加えられている同じ値の電圧成分は、この差動アンプでは取り除かれます。この除去される電圧の事を同相モード電圧と呼び、以下の式のように表されます。

$$V_{CM} = \frac{V_{+ Input} + V_{- Input}}{2}$$

### 差動モードレンジと同相モードレンジ

差動モードレンジは、プラス入力端子とマイナス入力端子間に加えることができる最大電圧値で、その範囲を守れば、差動アンプの出力は飽和することなく増幅され、その信号をオシロスコープで波形観測を行っても、歪みを生じることはありません。

同相モードレンジは、プラスまたはマイナス入力端子に加えることができる、大地を基準とした最大電圧値です。この値を超える電圧が入力端子に加えられた場合、差動アンプから出力される電圧値は、全く意味のないものとなります。同相信号は通常、差動アンプによって取り除かれ、オシロスコープの画面には現れません。そのため、差動アンプの使用者が気づかない場合が多く、定められた同相モードレンジを超えないように、十分な注意を払うことが重要です。

### 同相除去比

理想的な差動アンプは、差動電圧のみを増幅し、同相電圧を完全に除去します。しかし、現実の差動アンプは、当然完璧ではなく、少量の同相電圧成分が増幅されて出力端子に表れます。同相除去比 (CMRR : Common Mode Rejection Ratio) は、差動アンプがどの程度同相信号を除去できるかを示した値です。CMRR は、差動モードゲイン (またはノーマルモードゲイン) を同相モードゲインで割り算したものと定義します。同相モードゲインは、プラスとマイナスの入力端子にある振幅を持つ同相信号のみを加えた時に、差動アンプの出力端子に出力される電圧と、入力された同相信号の電圧との比で求めることができます。CMRR は、比としての表現、例えば 10,000:1 と書くことも出来ますし、dB での表現、例えば 80dB と書くことも出来ます。いずれの場合も大きな値であるほど、同相信号を除去することができ、特性が良いと言えます。

CMRR を良くするためには、プラス入力電圧とマイナス入力電圧が通過する回路網の相対的なゲインを一致させることが重要です。高い CMRR を得るためには、二つの回路網にあるアッテネータを精度良く合わせ込むことです。直流の特性のみならず、交流成分の特性を決めるコンデンサの値の合わせ込みも必要

です。同相信号の周波数が高くなってくると、回路網に存在する寄生容量や寄生インダクタンスが、差動アンプの交流特性に大きな影響を与えるようになります。従って、CMRR は通常、同相信号の周波数を横軸したグラフ示されます。

CMRR を示したグラフでは、同相信号は正弦波であると仮定して描かれています。しかし現実の測定では、同相信号は理想的な正弦波であることは極めて希です。パルス波形の場合、その繰り返し周波数よりもずっと高い周波数成分を含んでいます。そのような測定条件においては、マニュアルに記載されている CMRR グラフから、CMRR の値を正確に知ることは極めて難しいと言えます。従って、CMRR を示したグラフは、異なった差動アンプ間の相対的な CMRR の特性を比較するために用いるのが一般的です。