

Application Brief

半導体テスター用の高精度アンプの選択方法



Brendan Hess and Soufiane Bendaoud

Precision Amplifiers

はじめに

半導体試験装置は、絶え間ない進化を続ける重要な製品分野です。半導体と IC がますます進化し、エレクトロニクスの限界を超えていくにつれて、試験装置も進化し続ける必要があります。テキサス・インスツルメンツは、IC のテストで最良の結果をもたらす幅広い**高精度アンプ**を提供しています。

電圧印加 (被試験デバイス (DUT) または負荷励起とも呼ぶ) は重要なサブシステムです。半導体デバイスに特定の電圧条件を印加し、その半導体デバイスの応答の仕方を観察することは、そのデバイスが正しく応答することを確認するうえで重要です。最良の最終結果を得るには、電圧印加を正しく行う必要があります。正しい結果を得るため、DUT に印加されている電流と電圧をフィードバックとして測定します。

DUT または負荷励起

半導体デバイスのピンに電圧または信号を印加する際、FPGA (フィールド・プログラマブル・ゲートアレイ) からのデジタル信号が D/A コンバータ (DAC) を制御します。その DAC 出力は、パワー・アンプ (ゲイン・アンプと電力アンプを組み合わせたデバイス) に供給され、増幅されます。そのパワー・アンプの出力が半導体デバイスのピンに印加されます。

半導体試験装置の用途によっては、ゲイン段が必要な場合があります。パワー・アンプを高ゲイン構成で使用すると帯域幅が制限されるため、ゲイン・アンプとパワー・アンプの間でゲインを分配する必要があります。この分配により、DAC 出力に高いゲインを適用しながら、帯域幅を広げることができます。ゲインを分配することは、必要な精度をいくらか緩和するのに役立ちます。パワー・アンプのゲインを下げると、オフセット電圧とノイズが増幅されないため、精度を高めることができます。

パワー・アンプは、テスト電圧を駆動する回路の一部です。パワー・アンプの最も重要な仕様の 1 つは電源電圧範囲です。設計しようとしている試験装置のタイプによって、さまざまな電源電圧範囲が必要とされます。自動試験装置 (ATE) は、幅広いデバイスをテストするために広い電源電圧範囲を必要とします。たとえば、OPA462 は最大 180V の電源電圧で使えます。メモリ試験装置は -10V ~ +32V の仕様範囲を必要としますが、OPA454 オペアンプは ±50V の電源電圧範囲によってこれに対応できます。

プロセス技術に起因して、一部のアンプでは長い熱起因のリングング (セトリングタイムが長くなる現象) を示す場合があります。この現象の原因は、アンプのオフセット電圧ドリフトです。オフセット・ドリフトが小さいアンプを選択すると、セトリングタイムを大幅に短縮できます。JFET の場合は特にそうです。

正しい結果を得るために、テスト信号は厳格に制御されます。そのため、許容誤差要件を満たすために低オフセット・ドリフトが必要とされます。また、テスト時間がデバイスのコストに大きな影響を及ぼすため、短時間で結果を得るための高速セトリングと高スルーレートが必要とされます。表 1 に、OPA454、OPA455、OPA462 の精度、セトリングタイム、スルーレートの仕様を示します。

表 1. パワー・アンプの仕様

製品名	ドリフト ($\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 、最大値)	セトリングタイム (μs)	スルーレート ($\text{V}/\mu\text{s}$)
OPA462	20	5 (120V ステップ)	32 (80V ステップ)
OPA454	10	10 (80V ステップ)	13 (80V ステップ)
OPA455	20	5.2 (120V ステップ)	32 (80V ステップ)

各種負荷を駆動できる堅牢な出力段を維持するには、広い電源電圧範囲、高い精度、高速なセトリングの他にも各種機能が必要です。高い出力負荷駆動能力、過熱保護、電流制限保護、独立した出力ディセーブルなどの機能は、回路を過負荷から保護するだけでなく、入力信号または電力バジェットを犠牲にすることなく低電圧回路へと信号を伝達することができます。

電圧と電流のフィードバック

デバイスに対して正しい条件を確実に印加するには、電圧と電流のフィードバックを測定する必要があります。図 1 に、計測アンプ (IA) を使用して電流測定を実装し、分圧器を使用して電圧測定を実装し、両方の測定結果を別々の A/D コンバータ (ADC) にドライバで入力する様子を示します。

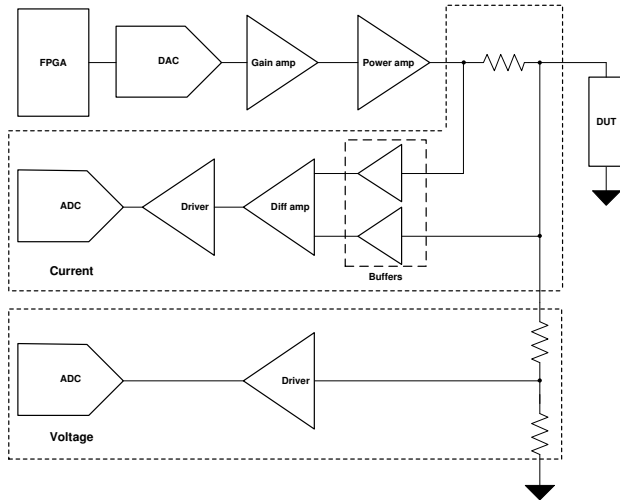


図 1. 半導体テスターの代表的なブロック図

電流を測定するには、IA を実装する必要があります。ディスクリート・ソリューションを使って信号の帯域幅または電源電圧範囲を広げることができます。これは、差動アンプ (INA149 など) に入力するためのバッファとしてパワー・アンプを使うことで行うことができます。ディスクリート・ソリューションの代わりに、120V 入力保護機能を備えた INA818 などのモノシック IA を使うと、ボード・サイズを縮小し、設計の複雑さを減らすことができます。次に、テスト・インターフェイスでフィードバック・データを読み取ることができるように、その出力信号を ADC に入力できます。

しかし、差動信号を ADC に送る前に、ADC を高精度アンプで駆動し、満足できるシステム精度を確保する必要があります。この要件が必要とされる最大の理由は、ほとんどの差動アンプ (IA) が低ノイズ向けに最適化されておらず、ADC のアキュジションタイム中に信号を確定させることができないことです。例外の 1 つは INA849 です。このデバイスは超低ノイズ・フロアと高速セトリングタイムを両立させています。

正しい結果を得るには、超低ノイズ・アンプを使って ADC を駆動する必要があります。OPA2210 は、低ノイズ (1f および広帯域) と十分に高い帯域幅を実現することで、信号処理能力の低下を防止しています。

業界初の 36V、高精度完全差動アンプ THP210 を使用すると、フィードバック用の差動アンプと ADC ドライバを統合できます。THP210 は電源電圧範囲が 3V~36V と広いいため、ダイナミック・レンジを広げることができます。これらの機能はボード面積を節約するだけでなく、信号の品位を維持し、高い精度を得ることができます。

電圧測定の際、DUT の近くに分圧器を接続します。分圧器の出力は、ドライバ (この信号もバッファリングする必要があります) を使って ADC に送られます。OPA2182 は、TI のゼロドリフト・テクノロジーを採用することで優れたオフセット・ドリフトを実現しています。オフセット・ドリフトが小さいこのデバイスは温度較正が不要であり、バッファとドライバを組み合わせたデバイスとして使えるため、ボード・サイズと回路の複雑さを低減できます。

まとめ

テキサス・インスツルメンツは、ATE とメモリ・テスターのための各種プラットフォームで使える幅広い高精度アンプを提供しています。DUT 励起では、正しい電圧を印加し、印加された電圧を測定してフィードバックするために高精度アンプを使います。

表 2 に、関連デバイスの概要を示します。

表 2. 半導体テスター用高精度オペアンプの概要

製品名	概要
INA849	超低ノイズ (1nV/√Hz)、高速 (28MHz、35V/μs)、高精度 (35μV) の計測アンプ
INA149	550V、高同相電圧、差動アンプ
INA818	低消費電力 (350μA)、高精度 (35μV)、低ノイズの計測アンプ、過電圧保護付き
OPA2210	超低ノイズ (2.2nV/√Hz)、高精度 (35μV)、広帯域幅 (18MHz) のアンプ
THP210	業界初の高電圧、完全差動、低ノイズ (3.7nV/√Hz) のアンプおよび ADC ドライバ
OPA2182	業界最小のオフセット・ドリフト (0.012μV/°C、最大値) のチョッパー安定化オペアンプ

重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス・デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションが適用される各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、またはその他の要件を満たしていることを確実にする責任を、お客様のみが単独で負うものとします。上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、TI の販売約款 (<https://www.tij.co.jp/ja-jp/legal/terms-of-sale.html>)、または [ti.com](https://www.ti.com) やかかる TI 製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ合同会社
Copyright © 2021, Texas Instruments Incorporated