

# Application Brief

## 如何为半导体测试仪选择精密放大器



Brendan Hess and Soufiane Bendaoud

Precision Amplifiers

### 简介

随着半导体产业的不断发展，半导体测试设备发挥着重要作用。由于半导体和集成电路的不断发展以及对电子产品的越发苛刻的要求，测试设备必须不断改进。德州仪器 (TI) 提供了各种各样的精密放大器，它们能为测试集成电路提供了更准确的结果。

电压强励 (也称为被测器件 (DUT) 或负载激励) 是一个重要方面。在半导体器件上施加某些电压条件并观察半导体的反应对于确保器件正确响应很重要。为提供理想的最终结果，必须精确进行电压强励。施加强励电压后，通过测试 DUT 反馈的信息来确定准确的施加电压和电流值，可进一步提高准确性。

### DUT 或负载激励

将电压或信号施加到半导体器件的引脚时，来自现场可编程门阵列 (FPGA) 的数字信号将控制数模转换器 (DAC)。DAC 输出会传送到功率放大器或者是增益和功率放大器的组合，从而实现放大。然后将功率放大器的输出应用到半导体器件的引脚上。

根据半导体测试设备的应用，可能需要增益级。在高增益配置中使用功率放大器会限制带宽；因此，必须在增益放大器和功率放大器之间分配增益。这种分配支持更高的带宽，同时仍可对 DAC 输出端实现高增益。分配增益的做法还有助于提高一些所需的精度。因为从功率放大器中减轻一些增益，失调电压和噪声增益值会减小，从而提高了精度。

功率放大器是驱动测试电压线路的一部分。电源电压范围是功率放大器中一个非常重要的参数。根据设计的测试仪类型，可能需要不同的电源电压范围。自动化测试设备 (ATE) 需要较高的电源电压范围，以便测试更多种类的器件。例如，OPA462 可提供高达 180V 的电源电压。存储器测试设备需要 -10V 至 +32V 的电源电压范围，而 OPA454 放大器能够以 ±50V 的电源电压范围测试各种器件。

根据工艺技术的不同，某些放大器可能会出现较长的热尾，从而使稳定时间受到很大影响。这种现象归因于放大器的失调电压温漂。选择低温漂放大器有助于显著减少稳定时间，对于 JFET 尤其如此。

为提供准确的结果，测试信号受到严格控制；因此，需要低温漂才能满足容差要求。另外，为了快速获得结果，需要快速稳定和高压摆率等特点的放大器，因为测试时间会对器件成本造成重大影响。表 1 显示了 OPA454、OPA455 和 OPA462 精度规格，以及稳定时间和压摆率。

表 1. 功率放大器规格

器件	温漂 ( $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ , 最大值)	稳定时间 ( $\mu\text{s}$ )	压摆率 ( $\text{V}/\mu\text{s}$ )
OPA462	20	5 (120V 阶跃)	32 (80V 阶跃)
OPA454	10	10 (80V 阶跃)	13 (80V 阶跃)
OPA455	20	5.2 (120V 阶跃)	32 (80V 阶跃)

除了宽电源电压范围、精度和快速稳定特性之外，还需要其他特性来维持一个稳定的输出值，以便能够驱动各种负载。高输出负载驱动器、过热保护、电流限制保护和独立输出禁用等特性不仅可以保护电路免受过载影响，而且还可以与低压电路连接，而不会影响输入信号或功率预算。

## 电压和电流反馈

必须使用电压和电流反馈电路进行测量，以确保在器件上施加了正确的测试条件。图 1 显示了使用**仪表放大器 (IA)** 进行电流测量，以及使用分压器进行电压测量，二者均通过驱动器馈送到单独的模数转换器 (ADC)。

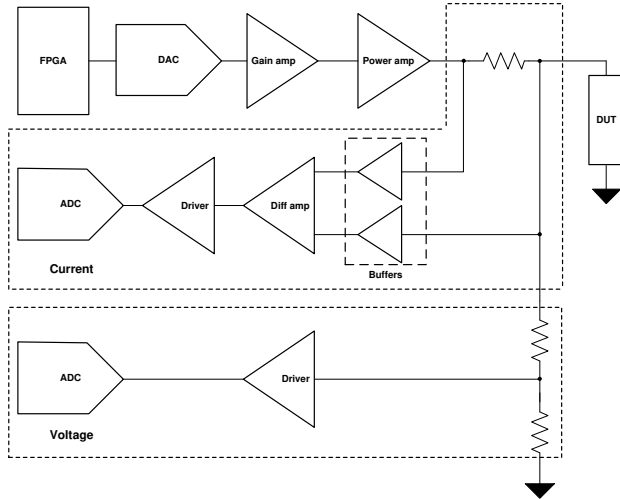


图 1. 半导体测试仪的典型框图

为了测量电流，必须采用 IA。分立式解决方案可用来增加信号带宽或电源电压，为此可以使用功率放大器作为缓冲器以馈送到**差分放大器**（如 **INA149**）。为减小电路板尺寸和降低设计复杂性，可以使用单片 IA（例如具有 120V 输入保护的 **INA818**）代替分立式解决方案。然后将输出信号馈送到 ADC，以便可以通过测试接口读取反馈数据。

但是，在将差分信号发送到 ADC 之前，ADC 必须由精密放大器驱动才能达到可接受的系统精度。这主要是因为大多数差分放大器或 IA 未进行低噪声优化，并且无法在 ADC 采集期间使信号稳定。**INA849** 是一个例外，它具有超低本底噪声和快速稳定时间

为了获得准确的结果，必须使用超低噪声放大器来驱动 ADC。**OPA2210** 提供低  $1/f$  和宽带噪声以及足够高的带宽，旨在避免影响信号处理。

使用先进的 36V 精密全差分放大器 **THP210**，可将反馈差分放大器和 ADC 驱动器组合在一起。**THP210** 具有 3V 至 36V 的宽电源电压范围，可提供更宽的动态范围。这些特性不仅可以节省布板空间，而且还能保持信号完整性并提供准确的结果。

进行电压测量时，需要在 DUT 附近采用一个分压器。分压器的输出通过驱动器发送到 ADC，该驱动器还必须缓冲信号。**OPA2182** 使用 TI 的零漂移技术提供出色的温漂。该器件借助低温漂特性消除了对温度校准的需要，并可用作缓冲器和驱动器组合，从而降低电路板尺寸和电路复杂度。

## 结论

德州仪器 (TI) 提供可用于 ATE 和存储器测试仪等多平台的各种精密放大器。在对 DUT 进行电压强励的情况下，精密放大器可用于测量反馈电压，并施加正确的强励电压。

表 2 是相关器件的汇总。

表 2. 用于半导体测试仪的精密运算放大器汇总

器件	说明
<b>INA849</b>	超低噪声 ( $1\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ )、高速 (28MHz、35V/ $\mu\text{s}$ )、精密 ( $35\mu\text{V}$ ) 仪表放大器
<b>INA149</b>	550V 高共模电压差分放大器
<b>INA818</b>	具有过压保护功能的低功耗 ( $350\mu\text{A}$ )、高精度 ( $35\mu\text{V}$ )、低噪声仪表放大器
<b>OPA2210</b>	超低噪声 ( $2.2\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ )、高精度 ( $35\mu\text{V}$ )、高带宽放大器 (18MHz)
<b>THP210</b>	出色的高电压、全差分、低噪声 ( $3.7\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ ) 放大器和 ADC 驱动器
<b>OPA2182</b>	具有极低温漂 (最大 $0.012\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ) 的斩波稳定型运算放大器

## 重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2022，德州仪器 (TI) 公司