

# Application Brief

## 利用电流监控器 提高功率放大器效率



Kyle R. Stone

本应用简报介绍了一些在无线基础设施中与功率放大器级搭配使用的电流分流监控器 (CSM) 实施方案，文中权衡了每种特定实施方案的利弊，并推荐了与该方法相关的器件。

### PA 反馈

揭开有源天线系统 (AAS) 或远程无线电单元 (RRU) 中天线、发送器和接收器的神秘面纱，这有助于研究输出功率放大器、微处理器、多路复用器、DAC 和传感器系统。其中，向网络用户传输数据的功率放大器级是影响功耗的关键元件之一。此功率放大器级可包含一个具有前置驱动器的 Doherty 放大器，该放大器级还可进一步简化为采用 LDMOS 或 GaN 晶体管的 B、AB 和 C 类放大器。

控制 PA 级晶体管的偏置点可以提升系统效率。偏置的开环、固定控制电压会忽略漏极侧电源变化、器件老化以及散热和环境温度导致温度变化进而引起的跨导波动所产生的影响。因此，需通过可促进动态控制的反馈来调整 PA 晶体管的偏置点，如图 1 所示。进行动态控制的有效方法有很多，具体取决于设计人员在布板空间、成本、精度、天线数量等方面做出的限制。其中一种方法是将电流分流监控器 (CSM) 作为反馈链的一部分，用于调整偏置，从而提升效率。本手册介绍了三种通用方法，其后续实施均能对偏置点及相关的 PA 级效率实现更好的控制。

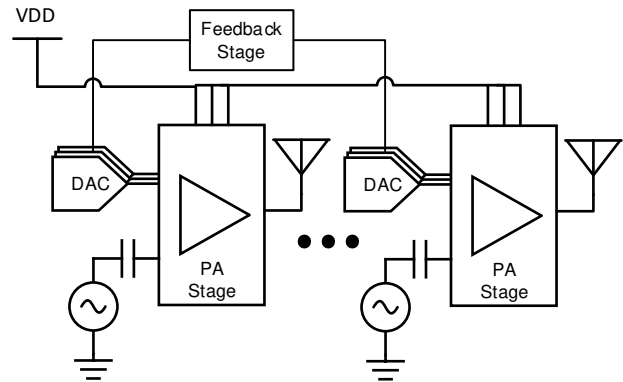


图 1. 具有反馈的 PA 级

### 工厂校准

用生成的检查表进行单次工厂校准是控制 PA 级的一种方式。在校准期间，PA 会受到一系列偏置电压或温度的影响，而板载或非板载 CSM 可监控负载（如图 2 中所示）。根据负载测量，可将一个偏置值或一组偏置值编程到检查表中，供 DAC 后续用于控制偏置。此过程可扩展到系统中的每个 PA。因此，CSM 数量取决于生产中允许的校准时间和 BOM 成本。生产后，可通过使用非板载或短接的传感器来节省功耗（否则会在分流监控器中消耗）。此外，如果使用检查表时反馈链中包含温度传感器，可根据温漂更快地调整 PA 级区域，从而提升效率。由于工厂校准主要产生较高共模范围的高侧测量成本，因此考虑使用 INA290 或 INA186 等器件。

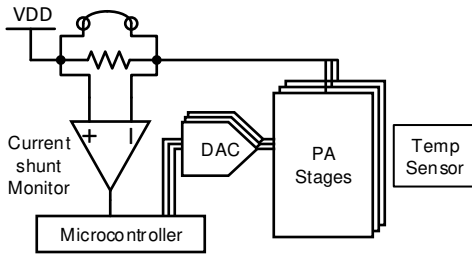


图 2. 电流检测反馈

### 定期校准

虽然工厂校准方法可提高偏置电压固定时的效率，但这种方法会忽略电源变化，这一点会直接影响偏置和器件老化，而器件老化会逐步影响偏置。为了克服这些缺点，这些系统可设计为定期断电并重新校准。就定期校准而言，可根据 PA 的老化程度对检查表进行调整，系统可在电池和太阳能之间切换，或在电源出现压降时切换。封装电路板同时集成电流监控和电压监控功能后，可实现更严格的控制，如 [INA226](#) 或 [INA228](#) 器件。为了提高集成度，EZShunt™ 技术将分流电阻器直接集成到引线框中，这通常能够缩小设计尺寸并减少采购工作量。[INA700](#) 或 [INA780A](#) 等器件均配备了 EZShunt™ 技术，其引线框电阻分别为  $2\text{m}\Omega$  或  $400\ \mu\Omega$ 。定期校准要求电路板固定安装分流电阻器，不可拆卸，这会导致分流器一直产生功耗。为了最大限度地降低功耗，可使用具有低输入失调电压的器件，例如 [INA190](#) 或 [INA290](#)，因为失调电压更低，分流器会更小，但具有同样出色或更高的精度。另外，也可选择 [TMCS1123](#) 等电流传感器，它具有隔离型霍尔传感器，可实现非常高的共模，还能最大限度地减少  $0.67\text{m}\Omega$  引线框的功耗。除了分流器的功耗，定期校准的其他考量包括，为了最大限度地减少传输中断，要在增加编程工作量和监控器数量之间进行权衡。

### 实时检测

虽然定期校准能够解决设计人员可以预测的已知老化和温度相关问题，但校准对意外情况无法立即进行动态响应。对于需要更严格控制的关键应用，有时需要持续电流监控。当工作条件发生任何可能的改变时，这种方法可快速调整任何 PA 级。由于持续监控时所有 PA 级均需要 CSM，可以考虑使用 [INA2290](#) 或 [INA4181](#) 等多通道器件来节省布板空间。为了实现进一步集成、节省布板空间并提升系统保护，可使用具有集成式比较器的 [INA381](#) 和 [INA310A](#) 等器件，以应对过流情况。

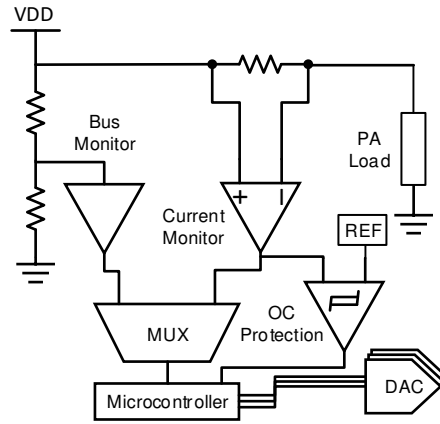


图 3. 总线电压、电流和 OC 反馈

表 1. CSM 方法比较

方法	BOM 数目	控制	集成式总线监控器	集成 OC	分流监控器功耗
工厂校准	低	宽松	否	否	从不
定期校准	中	较严格	是	否	持续
实时检测	高	最严格	是	是	持续

表 2. 备选器件建议

器件	特征
<a href="#">INA310A</a>	共模范围 -4V 至 110V；比较器。
<a href="#">INA226</a>	共模范围 -0.3V 至 36V；16 位 $\Delta-\Sigma$ ADC。
<a href="#">INA290</a>	共模范围 2.7V 至 120V，1.1MHz，小型 (SC-70) 封装。

表 3. 相关的 TI 应用简报

文献编号	标题
<a href="#">SBOA366</a>	通信基础设施设备的电流检测应用
<a href="#">SLPA013</a>	用于电信设备且具有负载控制功能的混合电池充电器

## 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 © 2023，德州仪器 (TI) 公司