

## **ADGM1304和ADGM1004如何增加测试仪器仪表的通道密度和测试功能**

作者: Eric Carty

### **简介**

本应用笔记探讨 **ADGM1304** 和 **ADGM1004** 微机电系统 (MEMS) 开关, 以及这些开关在测试设备应用中发挥的积极作用, 特别是在自动测试设备 (ATE) 应用领域。与 RF 继电器相比, MEMS 开关具有小尺寸优势、高宽带射频 (RF) 性能、dc/0 Hz 精密性能以及机械寿命优势, 因而在 ATE 应用中非常重要。

典型信号链和方框图显示了 MEMS 开关可在哪些应用中使用, 与常用的 RF 继电器相比, MEMS 开关可在哪些方面实现增值, 包括减少电路板占用面积和改进性能。本应用笔记还讨论在测试设备中使用的常见继电器, 并将其性能与 MEMS 开关进行了比较。

## 目录

简介.....	1	MEMS 技术.....	4
修订历史.....	2	MEMS 开关应用示例.....	5
测试仪器仪表中的开关.....	3	小结.....	7
背景.....	3	参考文献.....	7
MEMS 开关的优势.....	4		

## 修订历史

**2018年4月—修订版0：初始版**

## 测试仪器仪表中的开关

### 背景

开关功能是所有电子测试仪器仪表中的一项基本关键功能。由于待测器件(DUT)的复杂性提高,通道/引脚数量和功能增加,因而测试类型和所需测试数量也随之增加。DC电压和电流精度性能测试、混合信号测试、高频率数字测试、RF测试都可能用于单个器件评估,这些测试通常同时进行。由于每个器件评估需要进行数百项测试,特别是在自动测试设备(ATE)中,因此测试速度非常重要。使用的测试类型和信号的复杂性会影响测试硬件架构,以及相关的开关功能。对于ATE测试仪器仪表,典型测试设备设置的高级别方框图如图1所示。通常数字引脚驱动器、参数测量单元(PMU)、电源和相关开关均集成于ATE测试设备内部的单个仪器测试卡。

在测试设备外部,可能还需要辅助开关功能,特别是在器件接口板(DIB)上,它有时也被称为测试接口单元(TIU)。图2显示用于待测器件的ac/RF测试设置的此类功能和开关示例。在待测器件的测试板上,通常需要信号滤波、放大和校准路径,以提供足够的测试灵活性,从而改进测试系统性能,例如最大程度地降低本底噪声、减少印刷电路板(PCB)的损耗。

使用的开关类型取决于信号类型和所需性能。互补性金属氧化物半导体(CMOS)开关、photoMOS 开关、舌簧继电器、机电继电器(EMR)开关、基于砷化镓(GaAs)和绝缘硅片(SOI)的RF开关都可用于现代测试设备和器件 TIU 板。

很多高性能固态开关也用于 ATE 测试设备;但是,当 dc PMU 信号和高速数字/RF 信号需要在共同测试路径上传输,而且只能产生很小的信号损失和失真时,仍然需要大型 EMR 开关。而在测试高性能电子设备时,通常必须达到上述测试要求。RF 或高速数字器件通常要经过很多次精密电压和电流 DC 测试、高速数字接口测试以及 RF 信号发送/接收测试。这种基于 PMU 的精密测试通常用于待测器件的漏电特性评估,与高速测量相结合,是一种重要的器件性能检查方式。精密测试和高速测试要求通常会带来对高性能 EMR 的使用需求。

EMR 可能存在一些局限性。它们体积大,驱动速度慢,使用寿命也非常有限,从布线的角度来看,很难设计到 PCB 中,需要外部的高功率驱动器电路,返工复杂繁琐。除非使用同轴连接器类型的大型模块化外形 EMR,否则带宽非常有限,可能极大限制可实现的系统性能和系统通道数。

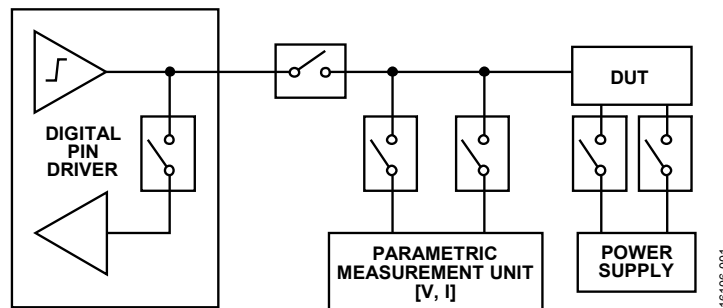


图1. 连接到待测器件的典型ATE测试系统,使用指定的开关

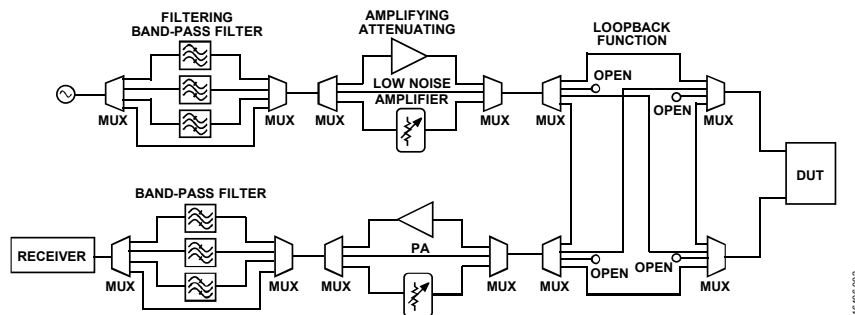


图2. 显示开关功能复杂性的AC/RF DIB示例

## MEMS开关的优势

### MEMS技术

ADI公司的MEMS开关既具备EMR的优点,同时尺寸大幅缩小,而且还提高了RF额定性能和使用寿命。有关MEMS开关技术的详细讨论,请参见技术文章“[ADI公司的革命性MEMS开关技术基本原理](#)”。在测试仪器仪表中,开关尺寸非常重要,可决定在测试设备仪器电路板或待测器件接口TIU板上能够实现的功能和通道数。图3显示ADGM1304 0Hz/dc至14 GHz带宽、单刀四掷(SP4T) MEMS开关,被放置在典型的3 GHz带宽双刀双掷(DPDT) EMR之上。就体积差异来看,尺寸可缩小90%以上。

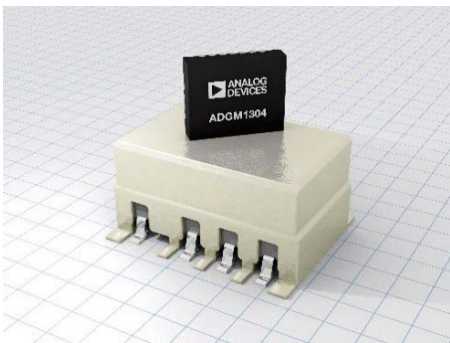


图3. ADGM1304 5 mm × 4 mm × 0.95 mm LFCSP封装  
(与典型RF EMR进行比较)

除了MEMS技术的物理尺寸优势之外, MEMS开关的电气和机械性能也具有很大优势。表1显示ADGM1304和ADGM1004器件的一些关键规格,与典型的更高频率单刀双掷(SPDT) 8 GHz EMR进行比较。ADGM1304和ADGM1004器件具有出色的带宽、插入损耗和切换时间,

使用寿命为10亿个周期。高带宽是驱动开关进入新应用领域的关键。低功耗、低电压、集成电源的驱动器是MEMS开关的另外几大关键优势。ADGM1004具有较高的静电放电(ESD)额定值,人体模型(HBM)的ESD额定值为2.5 kV,电场感应器件充电模型(FICDM)的ESD额定值为1.25 kV,从而进一步增强了易用性。

图4显示ADGM1304 SP4T MEMS开关的插入损耗和关断隔离,与测试仪器仪表中常用的DPDT 3 GHz EMR进行比较。图4显示了MEMS开关相对于EMR的信号带宽优势。

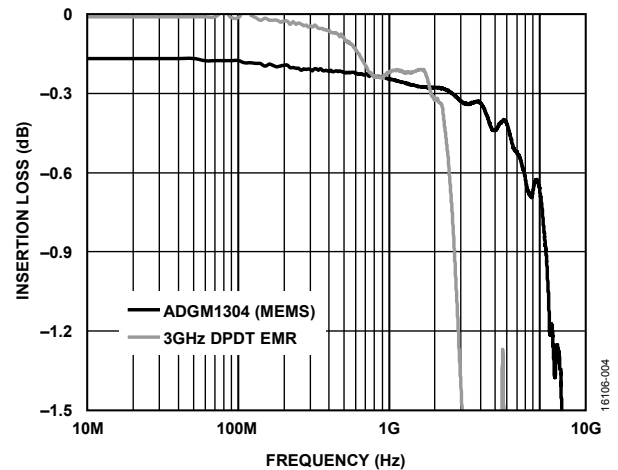


图4. ADGM1304和3 GHz DPDT EMR的插入损耗与频率

表 1. ADGM1304和ADGM1004 SP4T MEMS 开关与典型 8 GHz SPDT EMR 规格比较

开关参数	ADGM1304 MEMS	ADGM1004 MEMS	8 GHz EMR (典型值)
开关配置	SP4T	SP4T	SPDT (1 Form C)
工作频率(3 dB)	0 Hz/dc至14 GHz	0 Hz/dc至13 GHz	0 Hz (dc)至8 GHz
LFCSP尺寸	4 mm × 5 mm × 0.95 mm	4 mm × 5 mm × 1.45 mm	8.0 mm × 9.4 mm (TO-5)
导通电阻( $R_{ON}$ )	1.6 $\Omega$ (典型值)	1.8 $\Omega$ (典型值)	0.15 $\Omega$ (最大值)
导通泄漏	5 nA	5 nA	5 nA
驱动寿命	10亿周期 (最小值)	10亿周期 (最小值)	1000万个周期 (典型值)
开关速度	30 $\mu$ s (典型值)	30 $\mu$ s (典型值)	4 ms (最大值)
电源	3.3 V (10 mW = 3.3 V × 2.9 mA), 集成驱动器	3.3 V (10 mW = 3.3 V × 2.9 mA), 集成驱动器	5 V (280 mW), 需要外部驱动器
插入损耗(IL)	0.4 dB (典型值, 6 GHz)	0.6 dB (典型值, 6 GHz)	0.8 dB (典型值, 6 GHz)
关断隔离	24 dB (典型值, 2.5 GHz)	24 dB (典型值, 2.5 GHz)	27 dB (典型值, 3.0 GHz)
功率额定值	36 dBm, $\pm$ 6 V dc	32 dBm, $\pm$ 6 V dc	1 Amp/28 V dc
ESD额定值, RF端口 (HBM; FICDM)	100V; 500V	2.5 kV; 1.25 kV	未指定

## MEMS开关应用示例

过去，要在ATE测试设备中实现dc/RF开关功能，必须使用EMR开关。但是，由于存在以下问题，使用继电器可能会限制系统性能：

- 继电器开关的尺寸较大，必须遵守“禁区”设计规则，这意味着它要占用很大面积，缺乏测试可扩展性。
- 继电器开关的使用寿命有限，仅为数百万个周期。
- 必须级联多个继电器，才能实现需要的开关配置（例如，SP4T配置需要三个SPDT继电器）。
- 使用继电器时，可能遇到PCB组装问题，通常导致很高的PCB返工率。
- 由于布线限制和继电器性能限制，实现全带宽性能可能非常困难。
- 继电器驱动速度缓慢，为毫秒级的时间量级，从而限制了测试速度。

图5至图7显示了MEMS开关如何消除这些限制，增强其在ATE应用中的价值。图5和图6显示了典型的dc/RF开关扇出应用原理图，分别使用EMR开关以及ADGM1304或ADGM1004 MEMS开关。图7显示了实现这两个原理图的视觉演示PCB的照片。该演示中使用扇出16:1多路复用功能。图5中的继电器为DPDT EMR继电器。需要九个DPDT继电器和一个继电器驱动器IC，来实现18:1多路复用功能（八个DPDT继电器只能产生14:1多路复用功能）。物理继电器解决方案显示在图7左侧，该图说明了继电器解决方案占用了多大的面积、保持布线连接之间的对称如何困难，以及对驱动器IC的需求。

图6和图7右侧显示了相同的扇出开关功能，仅使用五个ADGM1304或ADGM1004 SP4T MEMS开关，因而得以简化。从图6和图7右侧可看出，占用PCB面积减小，开关功能的布线复杂性降低。按面积计算，MEMS开关使占用面积减少68%以上，按体积计算，则可能减少95%以上。ADGM1304和ADGM1004 MEMS开关内置低电压、可独立控制的开关驱动器；因此，它们不需要外部驱动器IC。由于MEMS开关封装的高度较小（ADGM1304的封装高度为0.95 mm，ADGM1004的封装高度为1.45 mm），因此开关可以安装在PCB的反面。较小的封装高度增大了可实现的通道密度。

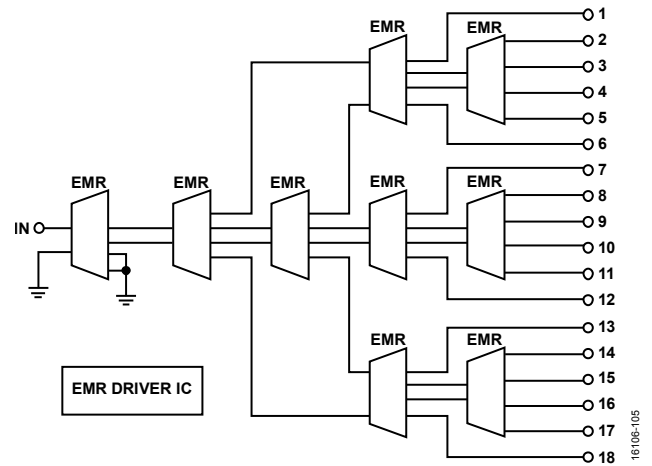


图5. 示例DC/RF扇出测试板原理图，九个DPDT继电器的解决方案

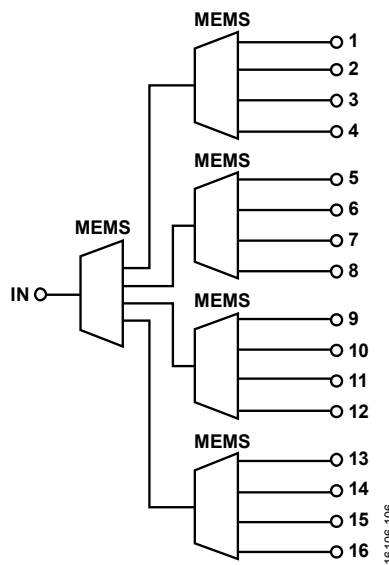
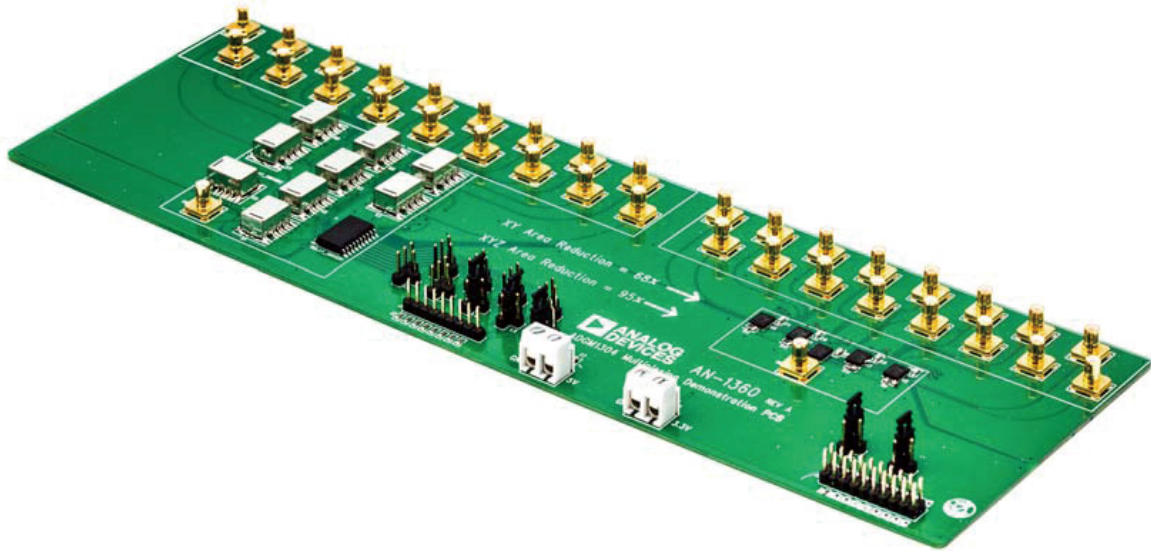


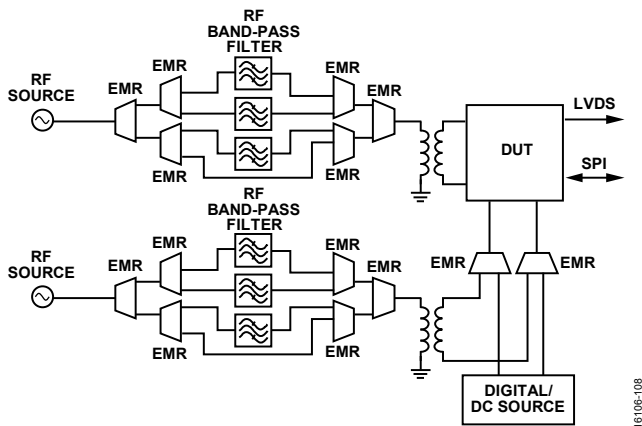
图6. 示例DC/RF扇出测试板原理图，五个ADGM1304或ADGM1004 MEMS开关的解决方案



16106-005

图7. DC/RF扇出测试板的视觉比较，16:1多路复用功能，使用九个EMR开关（左）和五个MEMS开关（右）

图8显示了另一个测试设备开关使用示例。该图显示连接高速或RF待测器件的测试接口的典型原理图，使用EMR作为开关元件。在本例中，评估电子设备需使用高速RF信号和数字/DC信号。



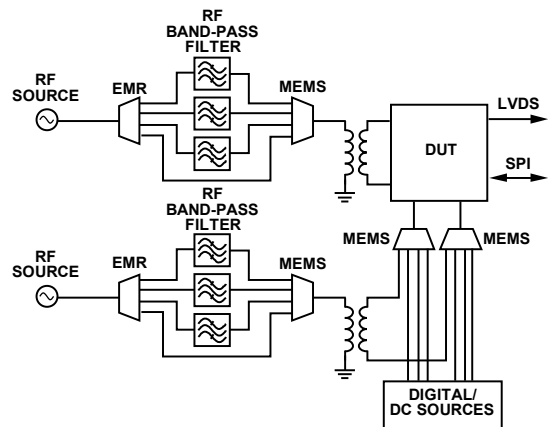
16106-108

图8. 示例RF和数字/DC DIB，使用14个EMR开关

图8所示的解决方案使用继电器作为开关解决方案。需要14个SPDT继电器来实现带通滤波器选择、数字信号路由、DC参数测试功能。需要级联继电器。

使用MEMS开关的等效解决方案如图9所示。图9显示使用MEMS开关时功能增强型测试接口简化设计。此设计仅需六个ADGM1304/ADGM1004开关，从而显著降低了布线复

杂性和占用电路板面积。整体而言，ADGM1304或ADGM1004开关的SP4T配置可提供更多功能通道，并实现更多数字和DC参数测试功能：使用MEMS开关可实现八种功能，而使用继电器仅实现四种功能。MEMS开关具有14 GHz宽带宽、0 Hz/dc工作频率、小尺寸封装和低电压控制特性，这种解决方案更加灵活，延长了使用寿命，减小了占用面积，能够同时实现高精度高速数字信号路由和较宽带宽的RF信号路由。



16106-109

图9. 简化和增强的RF和数字/DC DIB，使用六个MEMS开关

## 小结

随着器件复杂性和测试要求提高，从最佳性能和空间效率的角度来看，实现ATE解决方案的难度很大。由于dc/数字和RF功能现在成为普遍要求，开关也成为ATE自动测试解决方案的必不可少的部分。ADI公司的MEMS开关技术独树一帜，与传统的RF继电器解决方案相比，它提升了测试功能和性能，而且占用的PCB面积更小。ADGM1304和ADGM1004 SP4T MEMS开关具有精密DC性能和宽带RF性能，采用小尺寸SMD封装，驱动功率要求较低，使用寿命长，ESD可靠性增强。这些特性使得ADI公司的MEMS开关技术成为所有现代ATE设备的理想通用开关解决方案。

## 参考文献

[ADI 公司将 MEMS 开关技术真正投入商用](#)。ADI 公司产品亮点。2017。

[Carty, Eric。关于 ADI 新型 RF MEMS 开关技术的基本知识](#)。视频。ADI 公司。2016。

[Carty, Eric 和 McDaid, Pdraig。开创性的 5 kV ESD MEMS 开关技术](#)。技术文章。ADI 公司。2017。

[Carty, Eric、Fitzgerald, Pdraig 和 McDaid, Pdraig。ADI 公司的革命性 MEMS 开关技术基本原理](#)。技术文章。ADI 公司。2016。