

是德科技与加州大学圣迭戈分校合作验证 5G 通信可行性， 创造 300 m 内 2 Gbps、100 m 内 4 Gbps 的数据速率纪录

双向链路在 60 GHz 频段工作，具有相控阵列波束指向功能，可支持 5G、航空航天与国防应用

2016 年 12 月 9 日，是德科技公司(NYSE:KEYS)与加州大学圣迭戈分校(www.ece.ucsd.edu)日前宣布，60 GHz 频段超长双向相控阵链路成功通过验证。在 300 m 的链路距离内，32 单元阵列在高达 $\pm 45^\circ$ 的整个扫描角度内可达到 2 Gbps 以上的数据速率。在 100 米距离内，数据速率在绝大多数扫描角度内可达到 4 Gbps；在 800 m 距离内，可达到 500 Mbps。领先的无线提供商经过初始测试获得的结果表明，该系统可在 300 m 的距离内同时为 8 个家庭提供数据内容。

整个相控阵在发射(Tx)或接收(Rx)模式下，将消耗3~4 W 的直流功率。这得益于加州大学圣迭戈分校所提供的高性能系统级芯片(SoC)设计，该设计采用了全球专用晶圆制造领导者 TowerJazz 的第三代硅锗 BiCMOS 标准隐埋集电极(SiGe BiCMOS SBC18H3)制程制造而成。

是德科技的硬件和软件支持工程师快速设计系统原型、实施链路均衡，以及在 2 GHz 调制带宽执行先进的性能测量。核心硬件元素为 M8195A 任意波形发生器、E8267D PSG 矢量信号发生器和 DSOS804A 高清示波器。

加州大学圣迭戈分校使用是德科技的 Signal Studio 软件来定义和生成 60 GHz 802.11ad 波形，为开发工作打下了坚实的基础。是德科技的 81199A 宽带波形中心软件可帮助团队连接发射机和接收机，应用数字预失真和改善误差矢量幅度(EVM)性能。该团队还使用是德科技的 89600 VSA 软件来执行高级信号的解调与分析。

美国国家工程院院士、加州大学圣迭戈分校雅各布工程

学院著名教授和无线通信行业主席 Gabriel M. Rebeiz 表示：“这是加州大学圣迭戈分校第二次与是德科技合作演示高性能相控阵 5G 通信链路，以前无法想像的距离和极低功耗实现了每秒千兆位的速度。是德科技的设备和软件、以及 TowerJazz 的 SBC18H3 技术对我们的成功起到了关键作用。”

H3 制程是 TowerJazz 太比特平台的一部分，该平台包括先进的 240 GHz SiGe 双极晶体管和 CMOS 模拟器件。该平台拥有极低噪声，是用于 60 GHz 频段和高频应用的理想技术，例如雷达、光学无线通信和新兴无线标准。

加州大学圣迭戈分校为此项成果做出主要贡献的人员包括电气工程研究生 Bhaskar Rupakula 和 Ahmed Nafe；以及电气工程博士后 Samet Zehir 和 Tsu-Wei Lin。他们均对是德科技硬件、软件和技术支持的质量交口称赞。

是德科技副总裁兼互联网基础设施解决方案部总经理 Mark Pierpoint 博士表示：“我们与加州大学圣迭戈分校持续合作的成果，以及在毫米波技术领域彰显的优势，为 5G 可行性提供了关键证据，尤其是固定宽带用例，这是很多预先标准化工作的重点。我们将继续加大投入，推出创新的解决方案，从而增强和促进下一代无线通信的发展。”

5G 通信链路开发所使用的所有是德科技产品均已上市。加州大学圣迭戈分校的相控阵 SoC 也已上市。如欲了解更多信息，请访问 www.keysight.com/find/5GTestbed。浏览图片，请访问 www.keysight.com/find/2Gbps_for_5G_images。

簧片继电器获得最多好处

如果合理使用，簧片继电器是非常可靠的器件。触点被完全密封，不像电磁继电器的开放式触点，表面容易氧化或被污染。实际上，继电器基本被认为是普通器件，很少有人认真对待，所以使得其相对比较易损。本指引将帮助您在设计中最大限度地提高其可靠性。

触点损坏

大电流或大功率冲击是最具破坏性并且最常见的触点损坏原因。簧片继电器有最大电流，电压及功率规格。功率指标就是触点闭合前的电压与闭合后初始电流的乘积。

Pickering 公司听到过太多次客户抱怨说，“我们只在 CMOS 逻辑板上切换 5V/50mA”。其实板上几个 mF 的离散电容充放电效应会带来很大的冲击电流。

不能仅仅靠电源限流来保护继电器。这种限流需要时

间来反应，并且容性负载通常在电源的输出端。电阻限流是最好的。

像容性负载充电产生的冲击电流一样，电容放电是更大的问题，因为此时限流措施只有簧片触点与板卡上的线路加起来的电阻。即使电容只充了很低的电压也能产生几十 A 的冲击电流，虽然只有几个 ms 的时间，但对簧片继电器带来很大损坏。

随着在某些应用中电压升高，冲击电流的影响会更大，例如在耐高压测试后的电缆放电。储存于电容的能量等于 $1/2 CV^2$ ，即与电压平方成正比。当电压从 10 V 提高到 1000 V 时，储存能量增长 10 000 倍。

如果你发现触点有粘合现象，轻轻拍一下又可以弹开，或者释放时间变得比预期长，很可能是由于冲击电流产生的触点轻微焊接。

热 vs 冷切换

簧片继电器通常的负载电流规格大于其“热”切换的开关电流规格。“热”切换时通常触点会产生拉弧。严重的超负载电流会即刻将触点表面融化焊接,在闭合时产生一个硬焊点。轻一点的冲击电流会带来轻微焊接,根据电流方向,一个触点会逐渐产生凸起,另一个凹坑。最终它们会相互粘在一起。当有感性负载时,触点开路状态也可能有拉弧。应该限制这种反向电动势,通常在直流负载是用一个二极管,或者交流时用缓冲器或变阻器。

一个减少或消除这些问题的方案是“冷”切换。这在测试仪表领域经常使用,即在继电器完全闭合并且反弹结束后再加载。

簧片继电器 vs 其他可选产品

Graham Dale

Pickering Electronics

簧片继电器具有简单的金属回路,如果在规格范围内正确使用,可实现长寿命和高可靠性。

簧片继电器是贝尔实验室 1936 年发明的。自那时起已经从体积庞大的粗糙器件演变成非常可靠的小器件。簧片开关的触点被完全密闭在玻璃管中,内部充惰性气体或在耐压开关情况下抽真空,所以触点不会被外部环境氧化。这样使得簧片开关具有非常长的机械寿命与优异性能。

用户也可以选择其它继电器,与簧片继电器特性不同。对于具体应用,各有所长。

本篇将对这些不同技术应用做一些客观对比。

固态继电器

固态继电器指以半导体器件为基础的开关产品。目前市场上有很多种类。最常见的与簧片继电器竞争的是 FET 开关器件。固态 FET 开关使用 2 个串联 MOSFET 与一个隔离驱动来实现继电器通断。二者间有以下关键区别:

1) 固态继电器有半导体器件固有的漏电流问题,所以其绝缘电阻不高。而且漏电流是非线性的,随着温度的变化而变化。导通电阻也非线性,随负载电流变化而变化。

2) 固态继电器需要在电容与内阻直接作出妥协,低内阻但高电容(有时达到 nF 级)产品会限制带宽,导入容性负载。如需实现低容性负载,FET 尺寸需降低,内阻将增加。固态 FET 开关的电容显著高于簧片继电器。

3) 簧片继电器具有天然的线圈与回路的隔离,固态开关没有,所以其必须带有隔离驱动从而增加体积与成本。

4) 固态继电器可以实现大功率切换。

总的来说,簧片继电器与电磁继电器具有金属回路,比固态继电器更接近理想开关,

微型机电系统

相对于通用继电器,MEMs 开关目前尚处于发展阶段,已有 20 多年。MEMs 开关在硅基材料上制作,用半导体加工技术产生一个三维结构,实现继电器开关。触点通断经由磁场或静电场实现。有很多文章介绍 MEMS 开关,特别是

同理,触点完全断开后再撤掉负载。这样处理后将没有拉弧或冲击电流,继电器寿命达到最大,通常有十亿次级别。

当要计算线圈通电后多久才可以加载时,重要的一点是需要考虑环境温度。规格书中给出的开关时间与反弹次数是在 25℃ 环境下的数值。当温度增高时,线圈电阻会以 0.4%℃ 增加,这是铜线的电阻温度系数。电阻增加后会使得线圈电流减少磁场强度降低,进而稍微增加闭合时间。一般情况下,Pickering 公司的规格书都比较保守,在环境温度 85℃ 以下,不会感到规格书上数值与实际结果有不符。然而,如果在大负载电流时,有自加热产生,加上接触电阻(I²R Watts),有必要考虑这些因素,给出稍微长一点的闭合时间,然后加载。

RF 切换,但目前为止商业化的很少。技术上的困难已经导致很多厂商产品失效,或者转作贸易或者调整计划。

像簧片继电器一样,MEMS 可以将开关完全密封(在陶瓷封装或硅级封装中),可以实现小信号切换的一致性。然而,MEMS 开关的触点太小,闭合力也小,经常导致触点焊接问题,其热切换能力非常弱。如果可以实现可靠工作,MEMS 继电器的最大优势是低功耗与快速切换。

在目前发展阶段,MEMS 尚不能与簧片继电器竞争。开发商集中在高价值特定市场与军工应用。

电磁继电器

电磁继电器广泛用于工业领域,是成本最低的开关解决方案。制造商已经投入巨大资金在生产技术上,可实现大批量产出。使用者需要了解电磁继电器与簧片继电器的主要不同点。

电磁继电器在闭合时有一个擦除动作,帮助打开小焊点及自清洁触点。这确实可以实现大额定值,但同时也增加了触点电镀层的磨损。由于采用大触点,电磁继电器比簧片继电器额定规格高很多。簧片继电器通常的负载电流为 2~3 A。电磁继电器的大触点使其有更好的抗冲击电流能力。

电磁继电器的接触电阻通常比簧片继电器小,因为其拥有大的接触面积,使用比簧片继电器的镍铁合金电阻更低的材料。簧片继电器的开关时间比电磁继电器快很多(通常 5~10 倍)。移动部件更加简单轻便使得二者间速度差异很大。

簧片继电器的触点被完全密封,切换小信号是开关特性更加一致,断开时绝缘更高。

电磁继电器通常是塑封,有一定程度的保护,但长期来看触点还是会暴露在外部污染物,塑料体排放的气体与氧气侵入的环境。

轻负载下簧片继电器比电磁继电器的机械寿命长 10~100 倍,由于簧片继电器比电磁继电器的移动部件少。

簧片继电器比电磁继电器需要较少的功耗驱动。