采用SPI接口的模拟开关提高通道密度

作者：Stephen Nugent

共享

摘要

设计一个要求高通道密度的系统时，例如在测试仪器仪表中，电路板上通常需要包括大量开关。当使用并行接口控制的开关时，控制开关所需的逻辑线路以及用于生成GPIO控制信号的串行转并行转换器会占用很大比例的板空间。本文讨论旨在解决这种设计挑战的ADI公司新一代SPI控制开关及其架构，以及相对于并行控制开关，它在提高通道密度上有何优势。ADI公司创新的多芯片封装工艺使得新型SPI转并行转换器芯片可以与现有高性能模拟开关芯片结合在同一封装中。这样既可节省空间，又不会影响精密开关性能。

测试设备中的通道数最大化至关重要，因为通道越多，可以并行测试的器件就越多，进而压缩最终客户的测试时间和成本。测试仪通过开关来分享其资源以支持多个被测器件(DUT)，故开关是增加通道数的关键元件。但是，并行控制的开关数量越多，控制线路也就越多，占用的电路板空间相应地增加，这严重制约了可以实现的通道密度。

在此情况下，使用SPI控制的开关在解决方案尺寸和通道数方面具有显著的优势。SPI开关可以采用菊花链形式布置，相比于传统解决方案，此举可大幅减少所需的数字线路数。

本文将详细说明通道数最大化过程中会遇到的问题，讨论用于控制一组开关的传统方法及其缺点，提出SPI控制的模拟开关解决方案，最后介绍同类产品中性能最佳的ADI SPI控制精密开关。

通道数最大化的常见问题

当模块开发的主要目标是通道数最大化时，板空间就会变得很珍贵。开关是提高系统通道数的关键，但随着开关数目增加，开关本身、逻辑线路及生成这些逻辑信号所需的器件会占用大量板空间，使可用空间减少。最终，受制于控制开关本身所需的相关因素，只能实现很有限的通道数。

传统并行开关解决方案

提高通道密度的最常见解决方案是使用由并行逻辑信号控制的开关。这需要大量GPIO信号，标准微控制器无法提供如此多的信号。为了生成GPIO信号，一种解决办法是使用串行转并行转换器。这些器件输出并行信号，并由I²C和SPI等串行协议进行配置。

图1中的布局显示了8个ADG1412四通道、单刀单掷(SPST)开关，采用4 x 8交叉点配置，位于一个6层板上。这些开关由两个串行转并行转换器控制，串行线路来自一个控制板。每个转换器提供16条GPIO线路，这些线路分布到8个开关。布局显示了器件、电源去耦电容和数字控制信号（灰色）的占地大小。采用并行控制开关的4x8矩阵解决方案的尺寸为35.6 mm x 19 mm，占用面积为676.4 mm²。

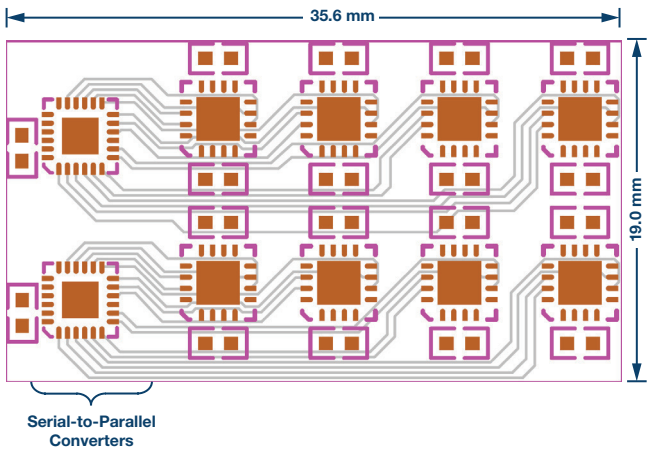


图1. 并行控制开关4 x 8矩阵布局

从图1可以明显看出，很大比例的面积被串行转并行转换器和数字控制线路占用，而不是被开关本身占用。对板空间的这种低效使用是很糟糕的，会大幅减少模块中的开关数目，进而影响系统通道数。

SPI开关解决方案

图2显示了一个4 x 8交叉点配置，8个四通道SPST开关位于一个6层板上。不过，这次开关是SPI控制的ADGS1412器件。像之前一样，图中显示了器件尺寸、电源去耦电容和SDO上拉电阻。

该解决方案展示器件以菊花链形式配置。所有器件共享来自SPI接口的片选和串行时钟数字线路，菊花链中的第一个器件接收串行数据。然后，该数据被传送至链（像一个移位寄存器）中的所有器件。这个示例解决方案的尺寸是30 mm x 18 mm，面积为540 mm^2。

以菊花链形式使用SPI接口可大大减少串行转并行转换器和数字线路占用的板空间。采用这种开关配置，总电路板面积可减少20%，这使得通道密度大大提高。系统平台也得到了简化。当电路板上的开关数目提高时，节省的面积随之增加，包含数百个开关的电路板可节省50%以上的空间。

这说明在更小的面积中可以放入更多开关，相比于传统串行转并行转换器方案，同样面积的电路板将能支持更多通道。

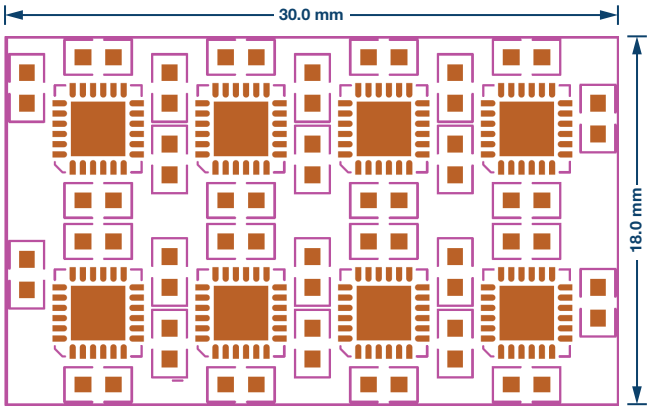


图2. 菊花链开关4 x 8矩阵布局

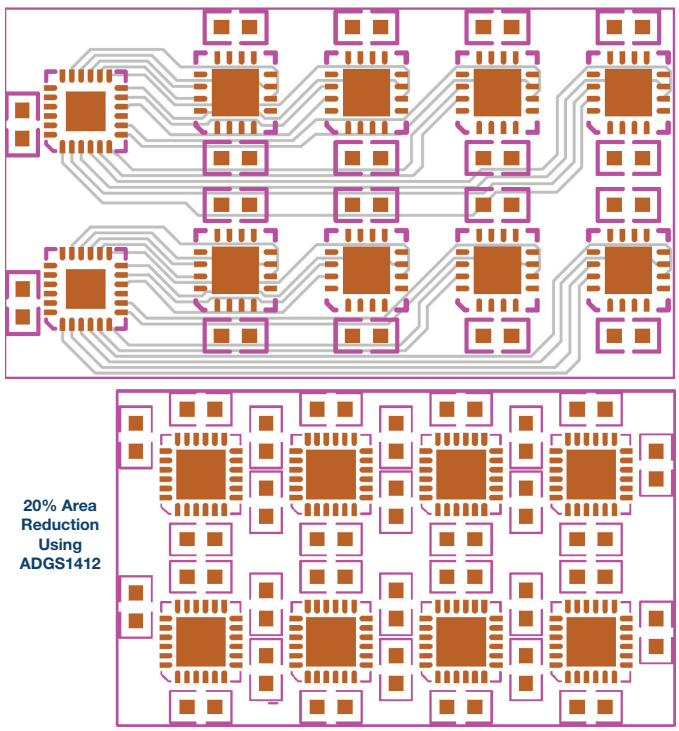


图3. SPI开关和并行开关解决方案的面积对比

ADI SPI开关特性

ADI公司的新型SPI开关系列可用来实现更高通道密度，如上例所示。通过创新的堆叠式双芯片解决方案（图4），ADI公司目前的精密开关可以利用工业标准SPI模式0接口进行配置。这意味着不仅可以节省空间，而且不会对系统性能造成不利影响。下面是ADI新型SPI开关的主要功能总结。

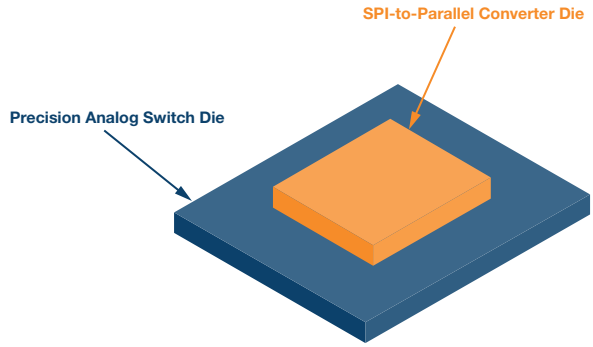


图4. ADI公司创新堆叠式双芯片解决方案

菊花链模式

如上所述，ADI SPI开关能以菊花链模式工作。采用菊花链配置的ADGS1412器件连接如图5所示。所有器件共享$\overline{CS}$和SCLK数字线路，而器件的SDO与下一器件的SDI形成连接。利用单个16位SPI帧指令菊花链中的所有器件进入菊花链模式。在菊花链模式下，SDO是SDI的8周期延迟版本，故期望的开关配置可以从菊花链中的一个器件传递到另一个器件。

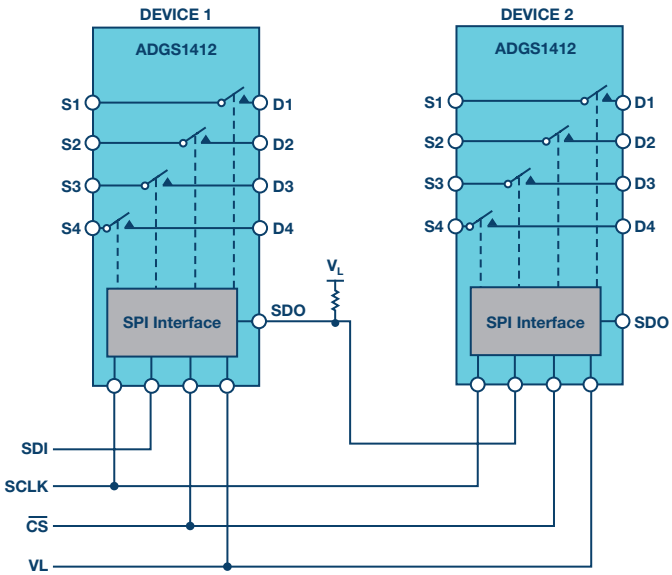


图5. 采用菊花链配置的两个开关

错误检测功能

当器件处于寻址模式或突发模式时，可以检测SPI接口上的协议和通信错误。有三种错误检测方法，分别是SCLK错误计数、无效读取和写入地址以及最多3位的CRC错误检测。这些错误检测功能确保数字接口即使在恶劣环境下也能可靠工作。

ADI SPI开关系列

ADGS1412是ADI公司正在开发的SPI开关系列中的首款产品。得益于ADI公司开发的创新双芯片解决方案，ADGS1412不仅具有与并行控制器件ADG1412相同的同类最佳的低R_{ON}性能，而且具备串行接口带来的优势。

该系列将以ADI公司的高性能开关为基础构建，提供现有、的开关的SPI控制版本。表1列出了ADI新型SPI开关系列当前和计划发布的产品。产品型号代表何种模拟开关芯片与SPI转并行转换器进行多芯片封装，附加的S表示其为SPI控制版本。这些产品将在2017年陆续发布。

表1. 计划中的新型SDI SPI器件优化产品

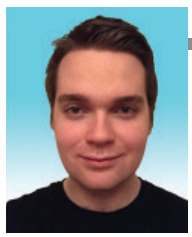
产品型号	配置	器件优化
ADGS1412	4 × SPST	R_{ON}优化
ADGS5412	4 × SPST	低R_{ON}，防闩锁
ADGS1212	4 × SPST	电荷注入和C_{ON}优化
ADGS1612	4 × SPST	R_{ON}优化，中压
ADGS5414	8 × SPST	低R_{ON}，防闩锁

结语

在高通道密度应用中，与使用并行控制开关相比，使用SPI控制开关有很多优势。它能减少每个开关占用的电路板空间，进而实现更高的开关密度。这是因为它减少了所需的数字控制线路，并且不再需要其它器件来提供这些控制线路。

ADI公司的创新精密SPI开关解决方案支持提高通道密度。这些器件提供的菊花链模式有利于实现上述目标。由于采用双芯片解决方案，ADI公司当前开关产品的开关性能得以传承到新产品。ADGS1412是新型SPI控制开关系列中的首款产品，完整产品系列将于2017年和2018年陆续发布。

Stephen Nugent [stephen.nugent@analog.com]是ADI公司线性与精密技术部的应用工程师。2014年毕业于英国贝尔法斯特女王大学，获电气电子工程硕士学位。2014年7月加入ADI公司的线性与精密技术部，负责为模拟开关和多路复用器产品系列提供技术支持。他以前也曾在ADI公司的精密转换器部工作。



Stephen Nugent