

采用高度灵活32位USB单片机架构优化嵌入式设计

在当今嵌入式市场上取胜的关键是能够对市场需求变化、最终设计变动以及竞争挑战做出快速响应。多年来，单片机（MCU）在这方面为嵌入式系统提供了种类繁多的可配置平台，通过固件升级和I/O改变，开发人员获得极大灵活性，能轻松而高效的实现新系统各项功能。

然而，对于传统MCU来说，即使是微小的I/O变化都会给印刷电路板（PCB）设计工程师带来麻烦，尤其是在成本和空间受限的系统中，而这些在MCU应用中是很常见的。例如，系统中的连接器全部位于外壳一侧，而一些I/O需要通过MCU底部连接到MCU另一侧，这主要是由于MCU供应商在定义引脚输出（例如新系统I/O连接器）不能全部位于IC同一侧。重新调整引脚以取得某种I/O组合功能，可能会迫使PCB布局工程师使用更多板层，导致系统整体成本增加。

设计中所面临的另一个挑战来自于MCU封装。为了降低成本，一些MCU供应商会提供引脚功能共享器件，从而使IC封装变得更小更便宜。寄存器配置能够将这些I/O引脚分配给不同外设，然而这种自由度通常会受到限制。基于配置控制的硬件可能仅仅支持每个引脚具有一或两个功能及有限的选项，如果MCU被用于供应商未预料到的应用中，可能会引起潜在的引脚冲突。各式各样的MCU应用意味着上述情况也许会频繁发生。

Silicon Labs借助其8位混合信号MCU设计的经验和专长，把灵活的I/O系统应用在基于ARM® Cortex™-M3内核的新型Precision32™ MCU设计中。该设计的关键是高度可配置双crossbar架构-可编程开关矩阵，他能够将任一输入连接到任一输出引脚。

Precision32 MCU架构含有两个crossbar（IC两侧各有一个），可以将任意内部I/O功能连接到不同引脚上，如图1所示。此范例中Precision32 MCU采用TQFP-80封装，Crossbar 1 连接到引脚9-40，不包括引脚28和29，这两个引脚是电源引脚和接地引脚。Crossbar 1 支持14种不同的内部功能，包括各种串口、定时器和比较器。所有这些功能都可以与crossbar所支持的任意外部引脚相连。其中，一些引脚可以配置为A/D转换器输入或5 V 电压兼容的输出。

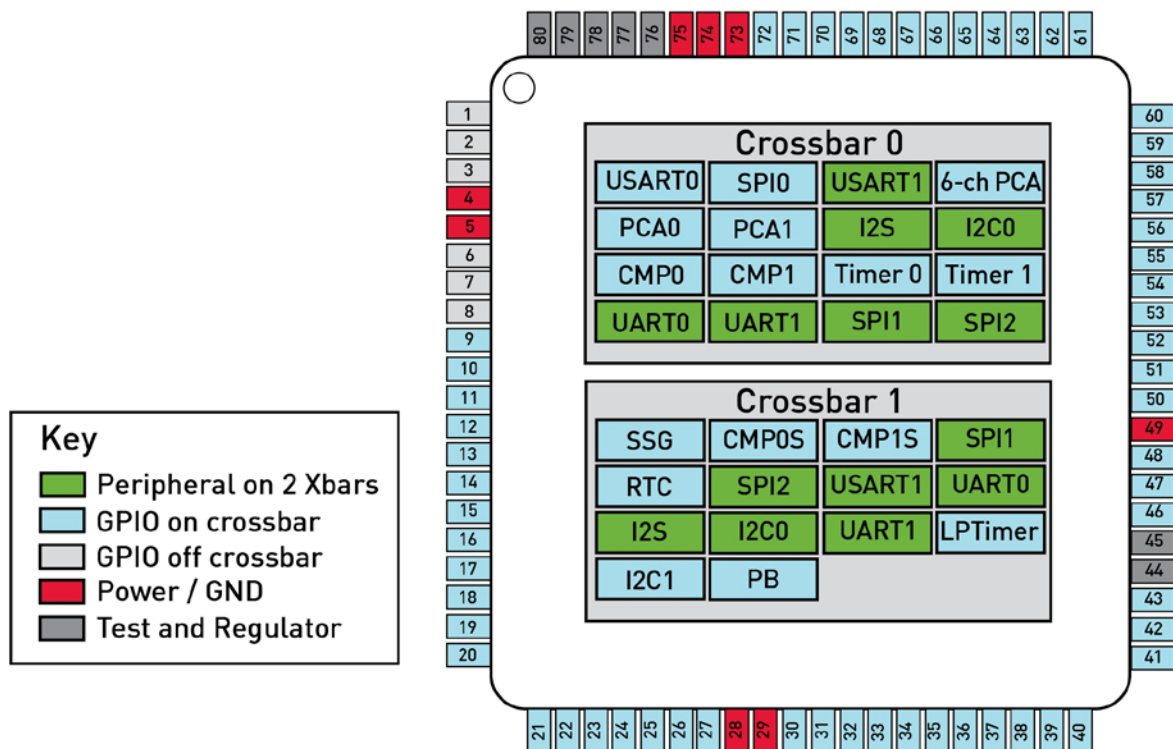


图1. Precision32 MCU双Crossbar架构

Crossbar架构为设计人员提供许多便利之处，这种架构可以对芯片引脚功能进行重新配置，以简化电路板设计，他可以分配一组I/O引脚以尽可能靠近IC或需要连接连接器。通过允许使用更少PCB布线层，该方法通常能减少成本，因为能避免在MCU下走线或在PCB上放置更多的电路线，同时也能通过使对噪音较敏感的走线尽可能短或尽可能靠近地线来提升信号完整性。此外，仅需对crossbar控制寄存器进行重新编程，就可以轻松实现引脚功能的改变，以适应最终电路板变动。

这种I/O配置的微调控制允许设计人员使用更加经济有效的封装，可以选择将哪些功能连接到引脚、哪些功能不连接。

为了简便的从其他MCU移植到Precision32 MCU，Silicon Labs选择ARM Cortex-M3作为Precision32系列产品的处理器内核。由于这种处理器内核在嵌入式市场上被众多MCU供应商和软件工具供应商所广泛采用，因此他已快速成为32位MCU架构约定俗成的标准，这为嵌入式开发人员提供高可选择性。就传统开发工具而言，例如C和C++编译器和实时操作系统，ARM Cortex-M3被众多软件公司所支持。当前，ARM内核的标准化前所未有的简化32位MCU间的代码移植。因此，选择MCU的决定性因素已经不再是CPU

内核架构，而是外围设备以及MCU供应商解决系统设计问题的创新方法。

灵活的crossbar机制比其他MCU供应商所采用的多种特殊I/O重映射模式更加简便。为了进一步提高易用性，Silicon Labs 优异的软件工具简化了器件配置。Silicon Labs AppBuilder工具提供一个图形用户界面，允许设计人员把各种功能通过拖拽连接到各引脚上。一旦配置完成后，该工具会自动生成所需的引导代码，加载配置到MCU中。该工具可以与商业IDE一起工作，包括Keil和IAR以及广受欢迎的Eclipse开发环境，这些已经被Silicon Labs采用并加以优化以支持Precision32产品。

AppBuilder工具（如图2所示）具有极佳的功能特性，可以使开发人员快速图形化选择外设组合、配置外设属性、设置时钟模式和定制引脚功能，所有这些无需阅读数据手册即可做到。在MCU支持方面，IDE也表现极佳，能提供对Precision32 MCU系列产品的直接支持。**Precision32**控制板（dashboard）可同时提供最新文档、代码例程和软件，从而不再需要在数据手册和应用笔记中搜索寄存器功能配置和驱动源代码。

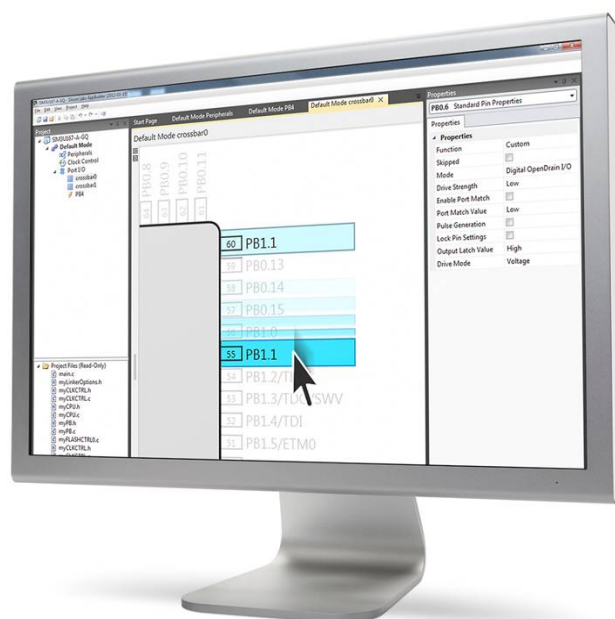


图2. Precision32 AppBuilder工具

Precision32 MCU对外设的软件支持是通过包含Cortex单片机软件接口标准（CMSIS）兼容代码来实现的。CMSIS为常用外设提供一个接口，可以实现外设驱动重用，简化基于ARM的MCU间移植。此外，Silicon Labs也实现多种中间件设计，可以利用他们简化对多任务和数据传输的代码编写，为复杂系统提供所需的重要支持，例如USB支持。USB有许多配置选项和使用模式，Silicon Labs利用长期积累的USB经验提供丰富的中间件功能并且有助简化应用的实现。当今，从运动手表到数据记录仪，很多应用需要USB支持，工程师需要尽可能快的加速USB设计，而这套中间件软件库使之成为可能。例如，要实现USB到UART传输，开发人员仅需简单的配置属性即可实现，例如USB传输类型、数据大小、以及同步或异步UART操作。

为了简化开发，此套软件库提供许多USB类驱动，包括音频、人机接口设备、大容量存储设备和设备固件升级（DFU，Device Firmware Update）。

32位MCU需要满足当今系统对成本、时间和空间约束的需求，同样，USB硬件本身的设计就是以最少外部组件支持实现最大功能。许多片上USB控制器功能并不完整，需要其他外部元器件，例如外部时钟发生器。Precision32 MCU系列产品USB控制器自身集成高精度振荡器，利用创新的时钟恢复技术实现0.25%的精度，并且无需外部晶体。MCU其他部分可以使用该振荡器或其他外部独立振荡器（可以在低功耗模式下实现更灵活的时钟机制），独立振荡器可以是一个低成本32kHz晶体，或者能在开环模式（open-loop）下运行。这种创新方法使得Precision32 MCU系列产品无需配置成本高昂的外部晶体即可以运行。

同样，Precision32 MCU内置电压调节器，因此也可以无需外部调节器。MCU支持5V供电运行，能直接从USB或独立未调节电源供电。该电压调节器还支持可编程的电压输出，这使得MCU可以为外部IC提供电源，减少外部调节器的需要。另外，该输出还可以作为恒流源驱动LED显示器上的背光。

其他模拟和数字外设的实现可采用类似措施。例如，A/D转换器提供12位分辨率。此外，所有Precision32模拟外设都经过温度和电压测试，而许多其他32位MCU供应商并未对其批量生产的MCU模拟外设进行测试，由此可能会引起现场失效。如果模拟电路不工作，

或在电压低于2.4V时性能衰减，那么此MCU在AA/AAA碱性电池应用中会变得毫无价值。相比之下，Precision32模拟外设则非常可靠，经常用来替代独立的模拟器件。

可配置性扩展了模拟外设的性能，因而可以利用同样的器件优化许多不同应用的性能。Precision32 MCU有两个ADC，支持包括交错模式的多工模式，最大速率可达2MSPS。为了减少I/O对处理器内核的负担，ADC支持可编程自动扫描系统，可对ADC通道进行自动循环，并读取每个输入上的数据。支持突发模式使其可以自动采样并可对最大64个采样数据进行平均计算。

模拟比较器支持四种不同的工作模式，包括低功率模式（400nA）和高性能模式（150ns响应时间），以及内部6位的DAC，可提供64级比较。两个10位DAC具有循环缓冲区，可以实现12位模式。

此外，超低功耗已经成为很多嵌入式应用的主要卖点。当前，随着人们对节约能源、减少浪费和绿色环保的重视，设计人员正密切关注其功耗预算。许多架构提供低功率休眠模式，仅当处理器处于休眠状态时节约能耗。然而Precision32系列产品在休眠和工作两种模式下都能节约功耗。

如图3所示，Precision32 MCU架构节省功耗，并提供多种休眠模式，当配合使用于优化低功耗的电路拓扑时，可以在很大程度上提高MCU的能效。Precision32 MCU充分利用Silicon Labs先进的专利技术低功率设计，MCU设计的每个部分都实现功耗节省。与其他同类32位产品相比，工作电流（80MHz时20mA或0.25mA/MHz）可节约高达33%，休眠模式电流（0.35μA，启用RTC）可最高节约100倍。

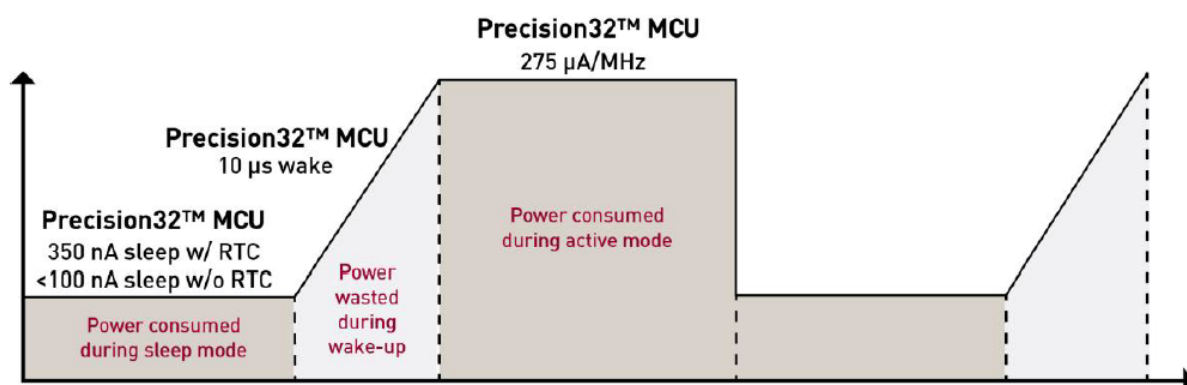


图3. Precision32在休眠及工作模式下的超低功耗

嵌入式开发中存在着越来越大的成本和性能压力，促使OEM厂商和系统设计人员将重点放在最受广泛支持的处理器架构上，然而围绕ARM技术的标准化进程正推动大量MCU设计创新关注可配置性、易用性和系统成本。Precision32 MCU系列产品诞生代表这场革新的重要进展。

#