



展开连结：用新的 USB 微控制器来实行 USB 嵌入式解决方案

作者：Keith Odland

Silicon Laboratories Inc.

在过去的几年间，通用串行总线（USB）已经让连接个人计算机与计算机外设变得越来越容易，它以低成本、易于采用与稳定的接口来传输数据，已经成为多种产业都可接受的方式，如同 UART 与 RS-232 通讯协议在二十世纪末期主宰着嵌入式系统的串行数据接口一样，USB 无疑地已经是二十一世纪的嵌入式系统的标准串行接口。

相较于 RS-232，负责实行的工程师在想要实行 USB 接口时，仍在这个过渡时期需要额外的专业知识与需求而面临着一些阻力，许多嵌入式系统工程师对位、定时器、端口输入/输出（I/O）与模拟到数字转换器（ADC）都相当熟悉，但对 DLL、元器件规格、Windows 驱动程序，以及对遵守 USB.org 的注册授权与互通性准则都面临着一些困扰。

Silicon Laboratories 针对要达成完整的“元器件到产品”目标所面临的这些挑战，将实行 USB 接口加以简化，以便让工程师能够专注在嵌入式系统的设计工作上，通过结合了广范围的具备 USB 功能的微控制器，以及合适的硬件与软件开发工具，搭配参考设计、应用注记与软件模板，Silicon Laboratories 提供工程师在进行开发快速设计创新、高度整合产品时所需的一切。

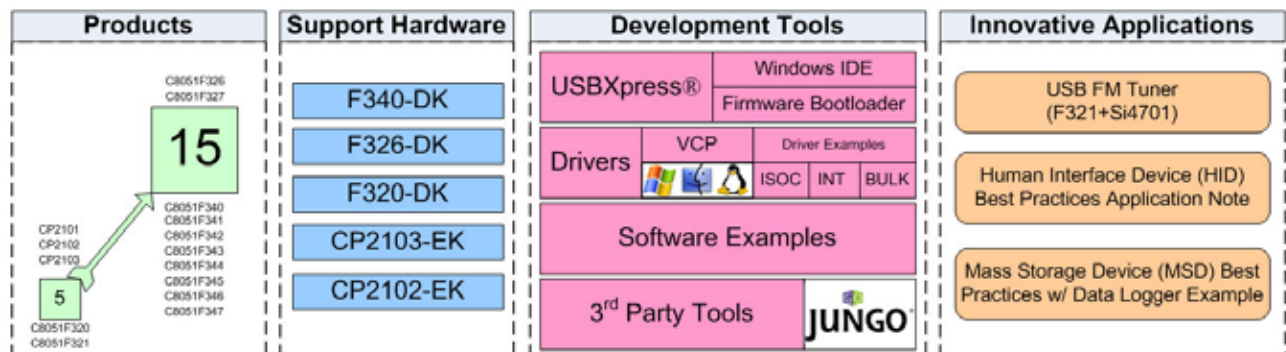


图 1：Silicon Laboratories 的 USB 微控制器产品开发模型

高度集成的 USB 微控制器概述

C8051F34x 是 Silicon Laboratories 最新推出可提供 USB 功能的混合信号微控制器的高度集成产品系列，它包含了高速管线的 8051 兼容微控制器核心，可以高达 48 MIPS 的速率运

作，高达 64 kB 的芯片内建闪存与 5376 字节的 RAM，70%的指令可以在一个或两个机器周期中执行，可以获得同等级中最佳的 CPU 传输率，集成的外部存储器接口可以提供除了芯片内 RAM 之外的额外资料存储，提供了结合外围更具效率的模式，核心包括了为系统开发提供了一个芯片内、全速的、非侵入式调试器，不需成本高昂的仿真器或标头配接器，芯片内的电压调节器允许微控制器可以直接从 USB 端口或从独立的电源供应器取得电源，有效的运作电压范围从 2.7 到 5.25 V，可以适用于广泛多样的应用领域。

USB 功能控制器具有完整的 USB 2.0 认证，支持全速与低速操作并包含一个控制端点、六个具弹性的端点管线，与一个整合式收发器及 1 kB 的 FIFO XRAM。内部的电压调节器可让微控制器从总线取得电源，而不需外部元器件所产生的额外成本与负担，内部精准校正的 12 MHz 振荡器与 4 倍时钟倍加器(Multiplier)都可以支持所有的 USB 时序需求，此外也提供一个内部的低频振荡器，可以动态地选择做为主要的时钟来源，以在 USB 待机模式下进一步地节省电源。

模拟外围包含一个真正 10 位 200 ksps 差分或是具有模拟多任务器的单端 ADC，可以支持高达 17 个外部差分模拟输入，芯片内的参考电压消除了对独立外部参考电压的需求，而且内建一个温度传感器，精准度达到 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ ，也包含了两个异步电压比较器，可以同时支持可编程响应时间与磁滞。

数字外围包含一个 SMBus、两个 UART 与一个增强型 SPI 模块。时序功能可以通过四个通用型 16 位定时器或一个 5 个通道的可编程计数器/定时器数组 (PCA) 模块来达成。在此有五个全功能端口可以提供 40 个可控制的 I/O 线路，全部都具有 5 V 的容差。系统的可靠性特色包括一个看门狗定时器、整合式启动重置、一个供应电源监视器与一个遗失时钟侦测器。

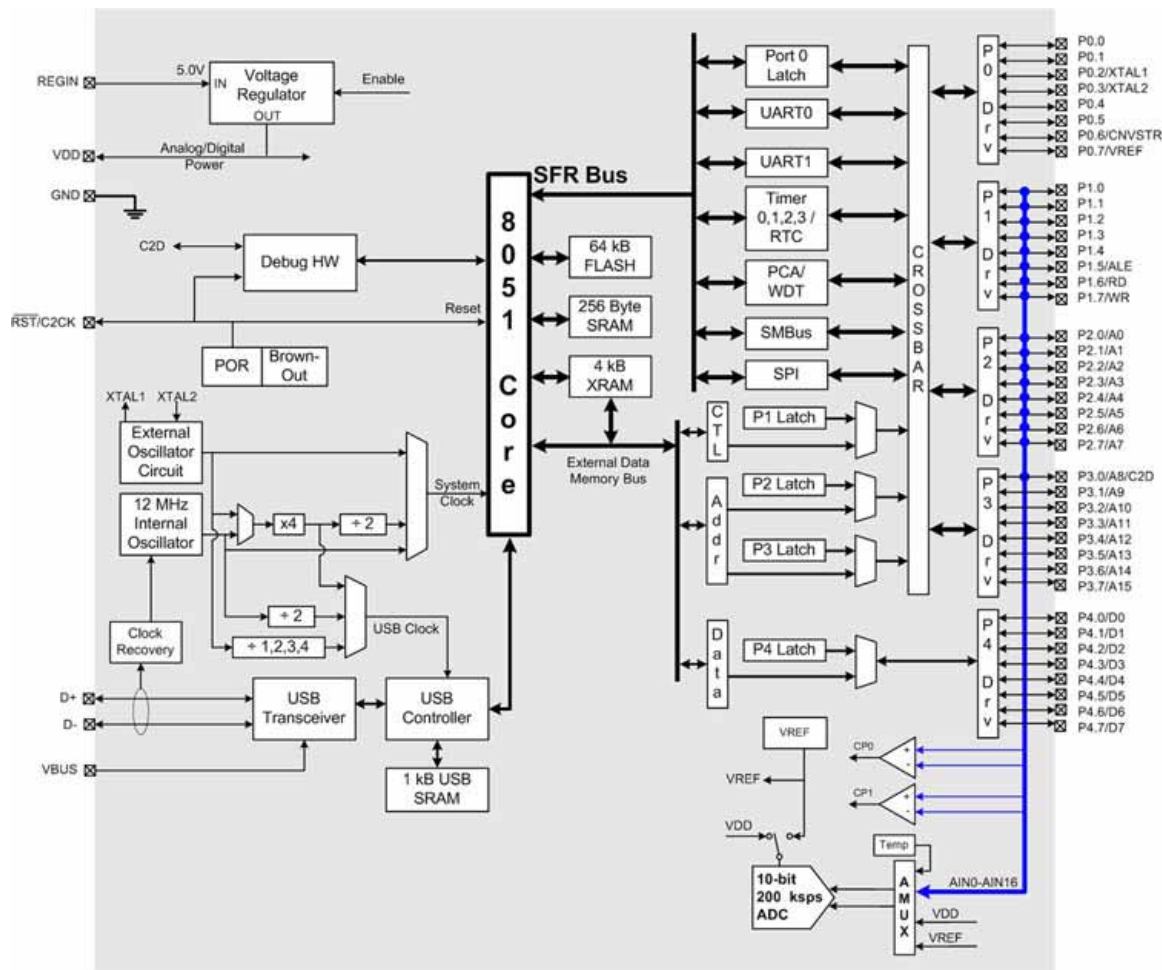


图 2：C8051F340 的方块图

C8051F340 真正地提供单芯片系统的集成，减少了不需要的成本与增加外部元器件所产生的相关问题。

USB 串行接口引擎 (SIE)

具备 USB 功能的微控制器的最重要特色是具有 SIE。C8051F340 相较于其它供货商具有其独一无二的特色，因为它的架构相当健全，并可完全地通过 SIE 来实行。C8051F340 的 SIE 完全通过了 USB 2.0 认证，具备全速 (12 Mbps) 或低速 (1.5 Mbps) 功能，并包括一个集成式收发器与端点 FIFO XRAM。接口架构由一个控制端点 (端点 0) 与由三个成对的输入/输出端点 (端点 1 到端点 3) 所组成的六个弹性化端点所构成，端点 1 到端点 3 支持大量、可中断与同步传输形式，在三个端点管线的任一个传输方向都有最大的传输效率。一个 1 kB 的 RAM 区块被用于做为 USB 的 FIFO 空间，并在各个端点之间进行分布。端点 1 到 3 的 FIFO 端口可以被配置为输入、输出或同时做为输入与输出，这也被称为“分离模式” (Split mode)。每个独立端点的最大 FIFO 大小为 512 字节，任何未使用的 FIFO 内存都可以被用于做为额外的系统内存来使用。所有上述的这些功能与系统弹性在实行嵌入式 USB 系统时均相当有用。

一个内部的 4 倍时钟倍加器与独立的时钟恢复电路均可以在全速与低速选项下实行，使用芯片内的精准振荡器 做为 USB 的时钟来源，外部振荡器 来源也可以使用 4 倍时钟倍加器来产生 USB 时钟，CPU 时钟来源可以独立于 USB 时钟，这可以对系统增加额外的弹性，内部时钟不需要与标准的 USB 时钟频率相同，当在对电源与效能进行抉择或是遇到标准的 USB 时钟频率与核心应用不一致时，将可提供简易的解决方案。

USB 收发器通过了 USB 2.0 认证，并包括了芯片内阻抗匹配与内部上拉电阻器，上拉电阻器可以在软件中被启用或停用，且依据软件所选择的速度设定（全速或低速）将显示在 D+或 D-接脚上。

就算是需要 USB 连接能力的最具挑战性嵌入式项目，C8051F340 也包括了所有要达成目标所需的一切功能，然而，具备了强大的微控制器仅仅是第一步，强大的硬件与软件开发工具的搭配，才是整个项目能否成功最重要的要素。

支持的硬件与软件开发工具

所有的 Silicon Laboratories 的 USB 微控制器都具有独一无二的硬件开发套件，C8051F340-DK 是针对所有不同的 C8051F34x 产品系列的开发平台，这个套件同时包括了硬件目标板，以及做为在个人计算机上执行集成式开发环境（IDE）与芯片内非侵入式除错接口之间的桥梁的 USB 串行接口配接器，一旦您使用 USB 串行接口配接器来连接在目标板上的元器件时，您便可以立即地开始来为您的系统开发固件。

IDE 是由全功能的开发平台所构成，所有您在除错器中预期的功能都包括在 Silicon Laboratories 的 IDE 之中。独立式的缓存器映像图与内存窗口可让您检查您的系统的目前状态，单一周期的硬件断点可让您暂停 MCU，检查机器运行状态。客制化的观察窗口可让您检查任何变量的值，甚至是更详尽的数据架构内容（例如指针器(pointers)与数组）。

直觉的使用界面包括一个专业的文字编辑器与可靠的管理界面，项目可以用档案与工作空间(workspace)两种方式来进行管理，IDE 可以与业界公认的 8051 C 语言编译器如 Keil、Raisonance、Tasking、SDCC、Hi-Tech 与 IAR 完全兼容。

此外，Silicon Laboratories 还为常用的 USB 和各种设备提供它的客户主机与设备的源代码例子。这些例子包括：大量(Bulk)传输、同步(Isochronous)传输和中断(Interrupt)传输等类型以及人机接口设备（HID）、大容量存储设备（MSD）与 USB 音频设备等。这可让设计师建构他们的系统与标准的主机操作系统之间的接口，而不需要进行客制化的驱动程序开发，这种具备随插即用、不需安装磁盘的特性，对设计师与终端产品使用者都同样具有吸引力。USB 驱动程序开发的另一个替代方法是使用 USBXpress® 配置公用程序，这个不需成本的软件包可以提供最简单的免权利金方法来达到“大量的” (Bulk)数据传输，固件与 Windows 主机驱动程序都包含在内，这是一个仅需 15 分钟便可开箱即用的嵌入式解决方案，可方便地进行快速原型与概念验证。

包含在支持数据中的还有 USB “启动加载器” (boot-loader) 的源代码，这可以提供一个简易的机制来进行现场重新编程能力——这是几乎每个嵌入式系统都会需要的功能。这种可在现场进行固件升级的能力可以缩短产品的上市时间，延伸产品的生命周期，以及让嵌入式系统的供货商可以让他们先前未能拥有新功能的客户提供额外的特性。

真实范例：具备嵌入式数据输入器的大量存储装置

想要展示如何将所有的这些系统建构模块在一起运作，Silicon Laboratories 使用 C8051F340-DK 与一个扩展板 (TB5) 来建立一个嵌入式数据输入器范例，可以提供 Compact Flash (CF)、SD 与 MMC 内存接口，这个 USB 大量存储装置 (MSD) 的规格架构是直接利用 C8051F340 来实行，在实行 USB MSD 时不需额外的个人计算机装置驱动程序或软件，大多数现今的操作系统在板上都有这种等级装置的标准装置驱动程序，在任何现代的操作系统上的任何档案管理器都可以用来存取这个装置。

整个实行仅需要 23% (1031 字节) 的 RAM 资源，以及 27% (17382 字节) 的可用程序内存，仍然留下大量的资源供嵌入式应用的其它功能来使用，这也可以进一步进行最佳化，以及针对特定应用的需求来重新定义，更进一步缩减所需的内存空间。



图 3：采用 C8051F340-TB 的 Silicon Laboratories 大量存储装置参考设计

存取档案系统的内容可以通过两种方式达成：个人计算机模式或装置模式。在个人计算机模式，系统通过 USB 总线来连接到主个人计算机，主机的操作系统可以通过 SCSI 命令来管理在存储卡上的档案系统，系统兼容于 Windows 2000、XP、Mac OS X 与 Linux 2.4.7。在装置模式，目标板并未通过 USB 来连接，但通过在微控制器上两个可用 UART 中的一个来进行串行连接，在这个模式中，C8051F340 是交由档案系统管理来负责。

在个人计算机模式中，系统的作业方式是类似于一个通过实体存储卡连接到 TB5 来定义 USB 存储卡的内存容量，将它连接到个人计算机系统将让操作系统抓到一个新的磁盘驱动器，通过档案管理员可用大家熟悉的方式来显示，操作系统将让这个磁盘驱动器的作业方式就像任何在系统中的其它磁盘驱动器一样，可以浏览、搜寻、重新命名、拖移与放置，甚至支持在网络上分享磁盘驱动器，因为它将被操作系统视为与任何其它的磁盘驱动器一样地对待。

当系统采用装置模式时，这个参考设计的真正价值才能够被体现出来，在这个例子中，微控制器执行这些工作并从管理档案系统获得效益，仔细想想，您的 8 位嵌入式系统现在也可以存取超过 1 GB 的非易失性数据存储装置，想要阐述这个特性，一个温度登记功能也包含在这个固件模板之中，启动这个功能将可让微控制器记录下它的内部温度，它是由在 C8051F340 中的整合式温度传感器所回报，并将其写入存储卡的一个文字文件之中，这个结果档案可以被微控制器或个人计算机来存取或操作。

温度数据输入功能仅是做为一个范例，在嵌入式领域中有许多其它应用会需要这种形式的档案系统能力，维护多重的固件修订、存取大型数据库或检索表，以及能够支持广泛的非易失性数据存储领域的能力，正好有一些应用可以从这个诉求中得到效益。

Silicon Laboratories 提供所有所需的技术文件，来协助工程师在他们自己的系统中实行这个功能，电路图、印制电路板布线图、材料表、C 语言源代码固件与项目文件都完全免费提供，其它详细的 USB 参考设计还包括一个 HID 最佳实践应用注记与一个 USB-FM 调谐器参考设计。

卸下对嵌入式 USB 设计的畏惧感

Silicon Laboratories 提供的不仅是一个具有 USB 功能的微控制器，它们提供的是实行 USB 嵌入式解决方案的一个经过验证之路，高度集成的 C8051F340 搭配了一组低成本的开发板与功能丰富的 IDE，设计师可以依据已经建构好的主机与装置的软件范例来建立 USB 连结能力，具备 USB 特性的参考设计与应用注记可以为许多嵌入式系统提供设计准则，这将可加速与简化 USB 连结能力的实行，提供设计师他们真正的需求：花更多时间专注在他们的核心应用。