

利用超低功耗单片机 MSP430 作为系统伴随芯片

丁京柱

TI MSP430

摘要

微控制器会被运用在很多系统中，比如 GPS、税务控制模块、PoE 以及一些智能手机等等。在这些系统中，通常需要上电时序控制、电源监控、实时时钟、低功耗人机接口、远程监控等功能。本文就超低功耗微控制器 MSP430 作为系统伴随芯片做出讨论。MSP430 超低功耗的性能能够有效延长电池供电的便携式设备的电池寿命。MSP430 丰富的片上资源和简单易用的特性能够满足各种系统灵活性的设计要求。

内容

1	超低功耗微控制器 MSP430 简介.....	2
2	实现实时时钟.....	2
3	系统电源管理.....	3
3.1	利用带有可关闭功能的外部设备	3
3.2	运用 GPIO 提供芯片电源	3
4	实现复杂系统上电时序控制	4
5	低功耗人机接口	5
6	丰富的可扩展串行接口	5
6.1	USART、USI 和 USCI.....	5
6.2	MSP430 实现低功耗的多 URAT 接口	6
7	总结	6
	参考文档.....	6

图

图 1.	MSP430 系统结构简图	2
图 2.	RTC 电路示意图	2
图 3.	利用带有可关闭的外部设备的 MSP430 控制系统	3
图 4.	用 GPIO 给外部设备供电控制系统	4
图 5.	MSP430 控制上电时序示意图	4
图 6.	MSP430 低能耗按键示意图.....	5
图 7.	Timer_A UART 功能框图.....	6

1 超低功耗微控制器 MSP430 简介

MSP430 系列是一个超低功耗，结构先进，并拥有丰富外设模块的 16 位 RISC 微控制器。如图 1 所示其系统结构简图。它的架构采用了先进设计特征，高效率正交架构能使处理指令更加强大和灵活。MSP430 在 3V 系统中以 1MIPS 工作状态下只消耗电流约 250 μ A，而且它可以从 0.8 μ A 的待机状态下在 1 μ s（F2xx 系列）内唤醒进入全速运行模式。低电流消耗，快速唤醒，这些特性使得用户创建的系统能够使用最低限度的电量的同时最大程度延长电池寿命。同时，MSP430 系列拥有丰富外设，帮助实现真正的片上系统（SoC）设计。其主要外设包括 slope ADC，10/12-bit SAR ADC 数模转换器 和 sigma-delta ADC SD16，多功能定时器，LCD 驱动，片上时钟生成器，硬件乘法器，USART，USI，USCI，Watchdog 计时器，GPIO 等等。

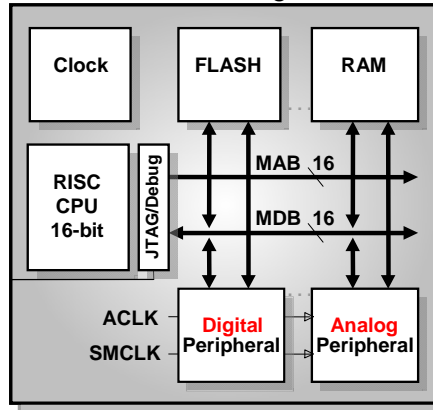


图 1. MSP430 系统结构简图

2 实现实时时钟

实时时钟（RTC）是各类系统中重要功能中的一部分，从 GPS、税务控制和一些运用时间标记的设备，比如常见的动态口令卡应用。在一些应用中，带有实时时钟的 MSP430 可以被用作替代其他专用实时时钟设备，如此可以简化系统设计并降低系统成本。图 2 所示为基于 MSP430x111 的 RTC 应用实例。事实上，MSP430 片上有多个定时模块能够实现 RTC 功能，比如 Timer_A 和 Watchdog 计时器；基本上，其他的 MSP430 计时器也可以被类似的方法所运用。事实上，所有 MSP430 芯片在特定的计时时钟源基础上都可以实现 RTC。

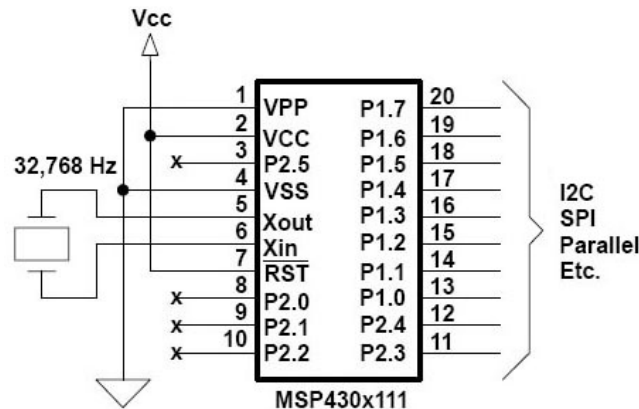


图 2. RTC 电路示意图

实现普通的 RTC 是相对简单容易的，它包含了一个计时器/计数器所提供的 1 秒钟中断和一个简短的 CPU 程序来计算中断次数。CPU 在相邻的中断中可以休眠或处理其他功能。实时时钟利用了可在低频模式下工作的 LFXT1 振荡器外加一个 32768Hz 晶体来实现 RTC。LFXT1 振荡器的输出被选作 ACLK 的源。然后，ACLK 被选作计时器/计数器的时钟源来为 RTC 提供时间基准。此时，RTC 的精确度取决于被选作晶振的晶体。

计算一下 MSP430 RTC 的耗电量，它仅需 0.83uA。

$$\text{RTC 功耗} = \text{LPM3} + \text{实时钟功能} = 0.80\mu\text{A} + 250\mu\text{A} \times 100\mu\text{s} / 1000000\mu\text{s} = 0.80\mu\text{A} + 0.030\mu\text{A} = 0.83\mu\text{A}$$

如果 MSP430 RTC 被用作替代其他专用 RTC 芯片，几种通讯接口可供选择，如图所示包括 I2C、UART、SPI 以及其它串行接口等。

3 系统电源管理

我们知道，没有什么比关闭整个设备更省电的了。基于这个想法，我们可以通过 MSP430 控制一些外部电路来降低系统功耗。

3.1 利用带有可关闭功能的外部设备

在很多 MSP430 的应用中，设备工作时间是非常短的。这意味着外部设备工作时间也很短。在这类低占空比的工作模式应用中，使用外部设备同时启用其完全关闭的功能比让普通低功耗的设备一直处于启动状态更能降低能量消耗与工作时间的比例。图 3 所示通过运放实现 ADC 的信号调理电路，图中用 GPIO 控制 TLV2760 的 shutdown (SD) 来降低系统功耗。

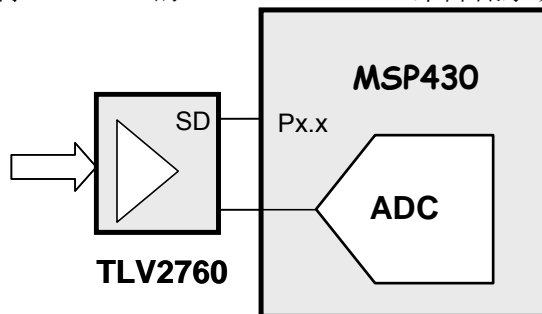


图 3. 利用带有可关闭的外部设备的 MSP430 控制系统

3.2 运用 GPIO 提供芯片电源

以实现 RS232 接口为例。一个 MAX3221 被选作 RS-232 接口，且 MAX3221 的最大供电电流 (ICC) 仅为 1mA，但是 MSP430 GPIO 的供电电流却可以达到数 mA。如图 4 所示，我们可以通过 MSP430 的一个端口来实现对芯片 MAX3221 供电。这样，当系统不需要 RS232 通讯时我们可以通过 GPIO 来关闭电源以进一步降低系统功耗。

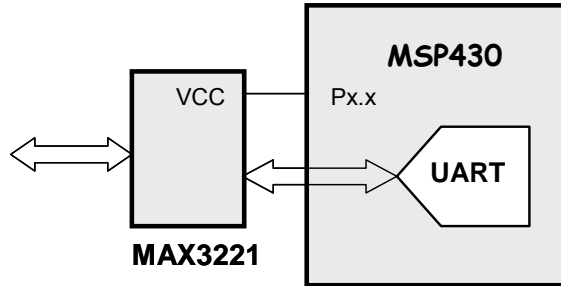


图 4. 用 GPIO 给外部设备供电控制系统

4 实现复杂系统上电时序控制

对于一些具有多种供电电压的 CPU 以及复杂系统来说，在启动与关闭时有时需要考虑上电时序和电压等级。MSP430 具有丰富的片上资源如定时器、ADC 以及 GPIO 口等，能够轻松实现上电时序控制。如果电源芯片带有使能的控制引脚，那么只需使用通用输入和输出（GPIO）就可以实现。如图 5 所示。如果电源芯片不带有使能的控制引脚，一个 MOSFET 或电源分配开关与一个 GPIO 或 PWM 信号一起来使用控制上电时序。

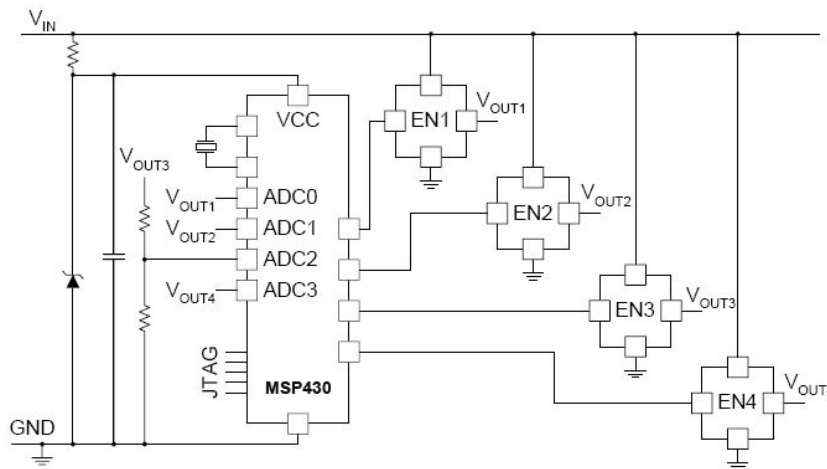


图 5. MSP430 控制上电时序示意图

基于对时序控制的要求，我们能够轻松调整时间变量来满足时序的要求。同时，MSP430 拥有从 10-bit 到 12-bit，从 SAR 到 sigma-delta 架构的高性能的 ADC。它可以通过控制电压变量来使功率监视变得更加容易。更重要的是，一旦 MSP430 完成了上电时序，它还可以进入监控模式了。它可通过 ADC 来持续监控输出电压，来实现系统可靠供电以及监控的要求。

5 低功耗人机接口

按键是大多数系统中最常用的人机接口。如果使用粘滞性按键控制，将会消耗更多的电流并减少便携式设备电池寿命。使用 MSP430 能非常轻松的实现一个低功耗的人机接口方案，如图 6 所示 MSP430 低功耗按键示意图，在等待按键被按时其功耗仅为 0.1 μ A，在 3V 电压下当所有按键被同时按住不放时其功耗仅为 2 μ A。另外，此方案完全依靠中断，无需轮询。并且这个方案适用于任何 MSP430 设备，因为 MSP430 拥有 16 个具有中断能力的 GPIO。MSP430 的端口 1 和端口 2 拥有触发中断的能力，一共有 16 个引脚。如图 6 示，横排按键被连接到常用端口引脚 P3.x。纵列按键被连接到带有中断功能的 P1.x 端口引脚。这里采用常规的端口引脚替代那些有中断能力的引脚作为键盘的横排，可以大大节省可用中断源。

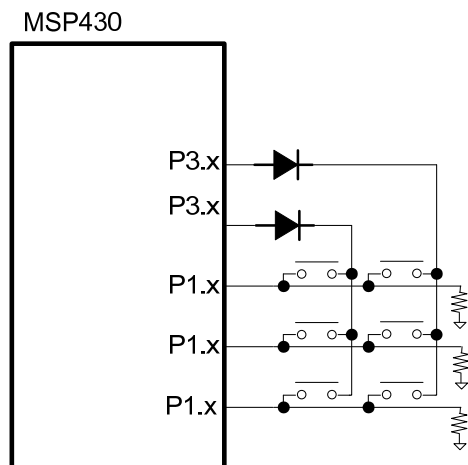


图 6. MSP430 低能耗按键示意图

当电路在等待一个按键被按时(wait-for-press 模式)，P3.x 口置输出，横排电位被拉高，P1.x 纵列引脚被设置成输入端，把中断功能激活并在上升沿执行中断。在按键按下状态 4.7Mohm 电阻将输入端降低，P1.x 检测到中断，执行按键程序。然后 MSP430 被置于低功耗模式 4，这时 MSP430 耗电量约为 100nA。。

6 丰富的可扩展串行接口

6.1 USART、USI 和 USCI

在 MSP430 系列中微控制器中有三种串行通讯模块。它们分别是 USART、USI 和 USCI。USART 支持同一硬件模块的两种串行模式，分别是 UART 和 SPI。而且，内置于 MSP430F15x/F16x 的 USART0 支持的 I2C 通讯模式。USART 实现了独立的收发转换暂存器和分离的收发缓冲暂存器以及中断能力。

通用同步串行通讯(USI)，对于一个 GPIO 数量少的设备来说，是一个高性能串行接口。它是一个 8 或 16bit 移位寄存器，可被用作输出数据，或配合软件一起使用时，可以实现串行通讯。而且 USI 包含了一个能轻松实现 SPI 和 I2C 通讯的硬件功能。USI 模块还包含了中断功能来减少必要的对串行通讯管理软件并保持 MSP430 超低功耗的能力。

通用串行接口(USCI)是 MSP430 串行接口的新标准, 支持使用单个硬件模块实现多种串行通讯模式。USCI 支持所有异步通讯模式和一个 SPI。异步模式包括了 UART, IrDA 和 LIN。IrDA 和 LIN 只提供了其物理层的支持。有两个独立模块 USCI_A 和 USCI_B 可以同时工作。所有模块能够从任何 LPMx 模式中唤醒。而且, USCI 有中断驱动和 DMA 功能。所有这些特性均能够更好的降低系统功耗。

6.2 MSP430 实现低功耗的多 URAT 接口

基于 MSP430 Timer_A 的特性, 它帮助设计者能轻松实现低功耗的多 URAT 接口。图 7 是利用 Timer_A 实现 UART 的功能框图。Timer_A 可以用来协助各种形式的异步软件通讯。Timer_A 的硬件实现输入输出的锁存, 来实现一个 1 位 UART。因为比特的锁存是通过硬件和精确的 Timer_A 硬件计时完成的, 这个实施是在单个 CC 单元里半双向的, 由事件驱动, 低功耗, 并支持一个在 1200 到 115200 波特率的 8N1 协议, 且速度更快。

在发送模式中, 软件提前准备一个要发送的比特, 输出单元通过完美的计时将这个比特发送。在一个比特被发送后, 一个中断请求被发送给 CPU 以准备下一个比特。作为接收器, SCCI 硬件锁存器通过精确的 timer_A 自动锁存并输入。软件只用于在一比特接收到后的读取。如果需要半双工通讯, 只需单个 CCRx 暂存器。全双工通讯需要两个 CCRx 暂存器。

对比一下 MSP430 Timer_A UART 和一个 3.58MHZ 系统主时钟 9600 波特率的专用串行端口的系统总开销, 系统软件开销计算如下:

软件开销 = (26 CPU cycles) * (9600BPS) / 3 579 545 = 6.9%。可见基于 MSP430 Timer_A 其较低的 CPU 占有率可实现非常低的系统功耗。

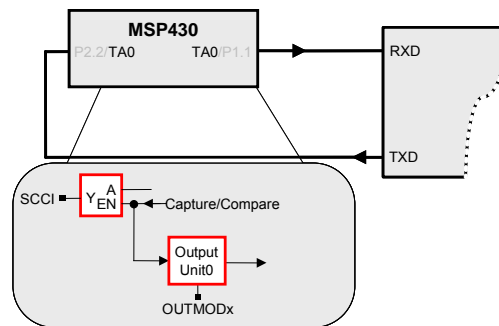


图 7. Timer_A UART 功能框图

7 总结

电池供电的便携式系统需要低功耗的特性, MSP430 是个非常好的选择。事实证明了它在 GPS, 税控机等应用非常的成功。与此同时, 简单易用的特性可以缩短产品从设计到投入市场的时间。而且具有中断向量作为密码的特性可以有效的保护用户知识产权。所以不论你的应用设计是否需要低能耗, 所有嵌入设计师都应该考虑将 MSP430 作为一个系统伴随芯片。

参考文档

1. *MSP430 Product Brochure (SLAB034)*
2. *Implementing a Real-Time Clock on the MSP430 (SLAA076)*
3. *Implementing an Ultra-Low-Power Keypad Interface with MSP430 (SLAA139)*
4. *Implementing a UART Function with Timer_A3 (SLAA078)*

重要声明

德州仪器 (TI) 及其下属子公司有权在不事先通知的情况下, 随时对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改, 并有权随时中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的 TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的硬件产品的性能符合 TI 标准保修的适用规范。仅在 TI 保修的范围内, 且 TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非政府做出了硬性规定, 否则没有必要对每种产品的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用 TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何 TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了 TI 产品或服务的组合设备、机器、流程相关的 TI 知识产权中授予的直接或隐含权限作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息, 不能构成从 TI 获得使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是 TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

对于 TI 的数据手册或数据表, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。在复制信息的过程中对内容的篡改属于非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任。

在转售 TI 产品或服务时, 如果存在对产品或服务参数的虚假陈述, 则会失去相关 TI 产品或服务的明示或暗示授权, 且这是非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类虚假陈述不承担任何责任。

可访问以下 URL 地址以获取有关其它 TI 产品和应用解决方案的信息:

产品

放大器	http://www.ti.com.cn/amplifiers
数据转换器	http://www.ti.com.cn/dataconverters
DSP	http://www.ti.com.cn/dsp
接口	http://www.ti.com.cn/interface
逻辑	http://www.ti.com.cn/logic
电源管理	http://www.ti.com.cn/power
微控制器	http://www.ti.com.cn/microcontrollers

应用

音频	http://www.ti.com.cn/audio
汽车	http://www.ti.com.cn/automotive
宽带	http://www.ti.com.cn/broadband
数字控制	http://www.ti.com.cn/control
光纤网络	http://www.ti.com.cn/opticalnetwork
安全	http://www.ti.com.cn/security
电话	http://www.ti.com.cn/telecom
视频与成像	http://www.ti.com.cn/video
无线	http://www.ti.com.cn/wireless

邮寄地址: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2006, Texas Instruments Incorporated