

MSP430 在单电池供电的 LED 照明中的应用

丁京柱

TI MSP430 技术支持

摘要

便携式设备常采用单节的碱性电池供电，亦称作单电池供电。而 LED 是发光二极管的简称，由于其省电、寿命长和开关速度快等特点，正被广泛应用到照明领域；而部分照明设备如自行车运动爱好者的车灯、头灯以及特殊要求手电筒等又要求能够便携以便于移动，所以对系统的功耗即电池的寿命有着严格的要求。本文针对低功耗、便携以及较低系统成本 LED 照明的要求，基于超低功耗单片机 MSP430 以及升压转换器 TPS61200，设计并完成单电池供电的 LED 照明应用。

内容

1	单电池供电的 LED 照明系统简介	2
2	系统结构和总体设计方案	2
3	硬件电路设计	2
3.1	LED 驱动电路设计	2
3.2	基于比较器实现按键以及电池电压检测	4
4	系统控制流程及软件设计	5
4.1	记忆功能实现	5
4.2	控制流程以及软件流程图	5
5	总结	6
	参考文档	6

图

图 1.	单电池供电的 LED 照明系统框图	2
图 2.	TPS61200 典型应用电路	3
图 3.	白光 LED 恒流驱动控制	3
图 4.	基于比较器实现按键以及电池电压检测原理图	4
图 5.	系统控制流程图	6

1 单电池供电的 LED 照明系统简介

考虑到业界单电池供电的 LED 照明系统的实际应用要求，需满足以下设计要求，

- 工作电压范围：设备供电采用常用的单节碱性电池，为 0.6~1.5V。
- 低电压启动：低至 0.6V 系统也能启动。
- 待机电流：超低待机功耗，待机电流 < 1uA
- 恒流驱动：LED 采用恒流驱动，驱动电流在 48mA±2mA
- 按键控制：通过按键实现开关机、LED 照明状态和灯光闪烁示警信号状态切换等
- 记忆功能：可记忆上次关机时的状态

2 系统结构和总体设计方案

本文描述的单电池供电的 LED 照明系统以 TI MSP430F2011 和 TI TPS61200 为主芯片。MSP430 系列单片机 CPU 采用 16 位精简指令集，集成了 16 个通用寄存器以及常数发生器，极大的提高了代码的执行效率。提供了五种低功耗模式，可最大限度的延长手持设备的电池寿命。其数字控制振荡器(DCO)可在 1us 内由低功耗模式切换到活动模式。MSP430F2011 是 MSP430 系列单片机中的低引脚数单片机，其中集成了带捕获/比较功能的 16 位定时器，10 个 GPIO 口和一个多用途的比较器 [1]。TPS61200 是业界最低输入电压的 DC/DC 升压转换器，其可在低至 0.3V 的输入电压下高效工作；芯片内部集成的 1.5A 开关大大简化了外部电路设计；在升压转换模式下工作效率可达 90%，非常适合在便携式产品中应用。

单电池供电的 LED 照明系统框图如图 1 所示。为达到点亮 LED 所需的导通电压，采用 TPS61200 实现单节电池电压 0.6~1.5V 到 3.6V 的升压变换，并用以进行 LED 的恒流驱动。由于 MSP430 的工作电压为 1.8-3.6V，所以单节干电池电压不能用于 MSP430 的直接供电，若再增加一升压电路专为 MSP430 供电，这将大大增加系统成本。根据系统特点以及成本考虑，可以采用 MSP430 的供电电压取自 TPS61200 的输出。另外，由于 TPS61200 的静态电流典型值为 50uA，为满足整个系统待机功耗小于 1uA 的技术要求，TPS61200 在系统待机时也不能工作（即不能为 MSP430 供电），否则很难达到系统的静态功耗要求。这样，系统待机时 MSP430 处于断电状态。因此，如何实现 MSP430F2011 供电，并使其实现整个系统控制，包括用比较器实现按键、按键开机自锁、关机状态记忆以及 LED 的开关控制以及节电控制等等，也是系统的设计要点。

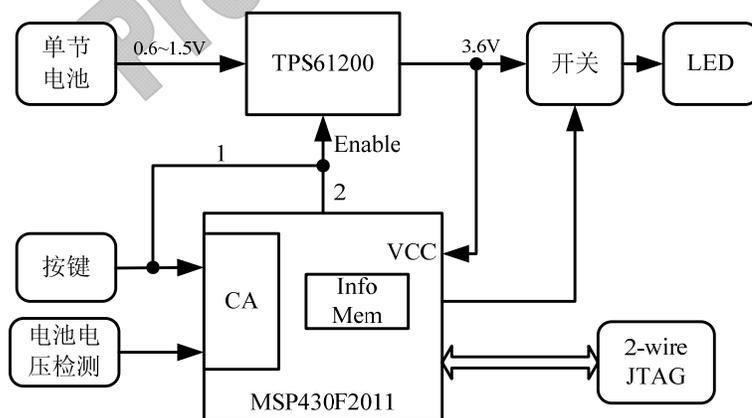


图 1. 单电池供电的 LED 照明系统框图

3 硬件电路设计

3.1 LED 驱动电路设计

对于单节电池供电的 LED 照明设备，首先要选用升压芯片为 LED 提供电源以保证 LED 的正常导通。这里我们选用了 TPS61200，其工作电压为 0.3~5.5V，工作电流最大可承受 1800mA，并且在升压转换中可达到 90% 的转化效率，完全能够满足该方案的设计要求。该照明设备选用白光 LED，其导通压降典型值为 3.2~3.5V，所以升压

电路的升压输出值设计为 3.6V。另外由于 LED 的温度特性，为保证 LED 的发光稳定性，必须实现 LED 的恒流驱动且流过 LED 的电流变化范围小于 5mA，即需要设计 $I_{led} = 48mA \pm 2mA$ 。

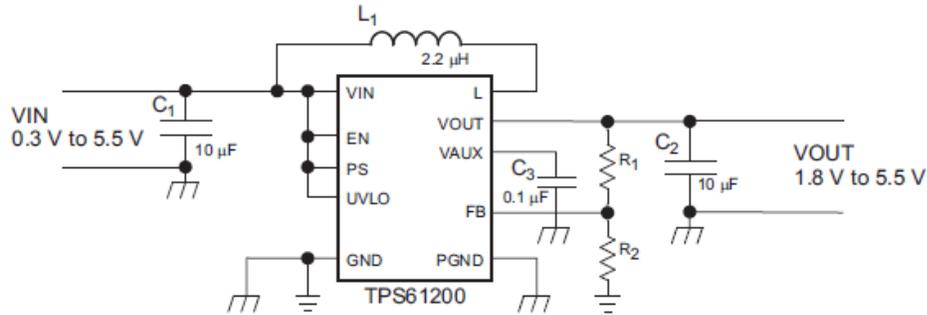


图 2. TPS61200 典型应用电路

如图 2 所示的 TPS61200 典型应用电路[2]，其是一种输出电压可设定的电路。输出电压 V_{OUT} 与外接电阻分压器 R_1 和 R_2 有关，如下式所示：

$$V_{OUT} = V_{FB} \left(\frac{R_1}{R_2} + 1 \right)$$

式中， $V_{FB}=500mV$ ， R_2 可设定为 51Kohm，则可根据该公式计算出 R_1 值。根据我们的设计要求，LED 驱动电压 $V_{OUT}=3.6V$ ，通过上式计算可求出 $R_1=316Kohm$ 。但这种算法是基于实现恒压输出的。

为实现 LED 恒流驱动，即实现亮度恒定的设计要求，我们需设计电流反馈实现恒流控制。如图 3 所示的电路图。参考文献 3 的 LED 恒流控制计算公式，[3]

$$I_{LED} = \frac{V_{FB}}{R_F} - \frac{R_2}{R_F \times R_1} \times (V_{OUT} - V_{FB})$$

电流反馈电阻 R_F 的取值为 1.5ohm。在设定 $R_F=1.5ohm$ 和 $R_2=51Kohm$ 的条件下，计算出反馈电阻 $R_1=373Kohm$ ；通过实实验证及调节并按标称电阻取值， $R_1=374Kohm$ 。

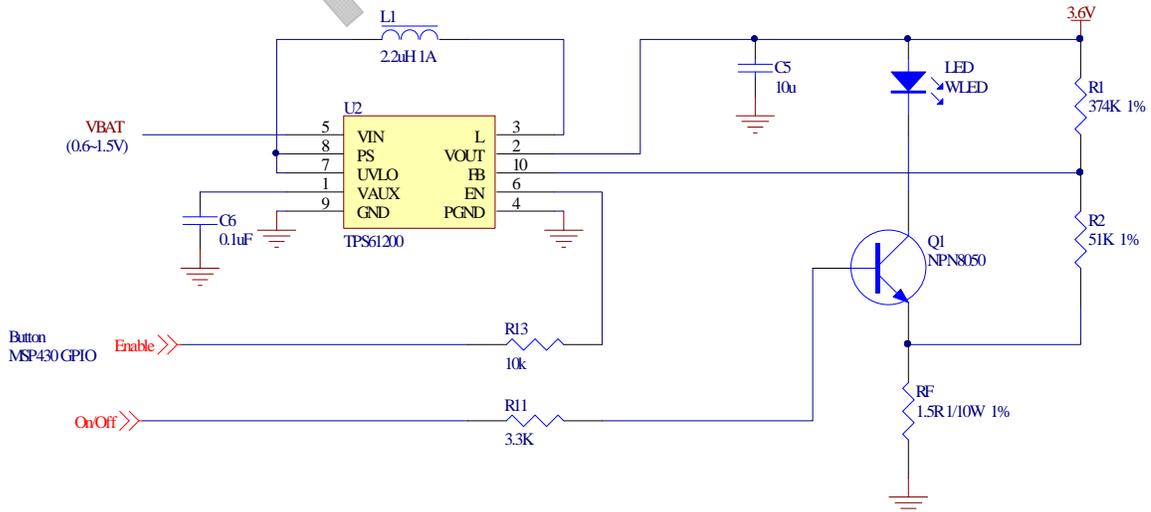


图 3. 白光 LED 恒流驱动控制

在图 3 中，EN 端是芯片 TPS61200 的使能端，用以控制 TPS61200。在本设计中，EN 端接按键和 MSP430 的 GPIO 使能端，用以控制升压电路的开通或关闭。系统的进一步功耗控制，也是基于单片机 MSP430F2011 通过对 TPS61200 的使能控制来实现的。

4 系统控制流程及软件设计

4.1 记忆功能实现

本文设计的照明设备有两种工作状态，LED 照明状态和灯光闪烁示警状态，通过按键短按可在两种状态之间切换。对于每个状态，MSP430 能够记录当前状态以便下次开机时进入上一次的工作状态。MSP430 单片机内置信息段闪存（information flash）可用作 EEPROM，通过 flash 操作来实现记忆功能。

4.2 控制流程以及软件流程图

系统控制流程如图 5 所示，其中虚线下方为 MSP430 软件流程图，上方为通过硬件实现按键判读使能 TPS61200 的流程。MSP430F2011 单片机内部具有多个时钟源，可以灵活地配置给相应的模块使用以及工作于多种低功耗模式，大大降低系统功耗。本设计的软件采用 C 语言编写，整个程序包括的子模块有：按键检测模块、电池电压检测模块、flash 读写模块（实现记忆功能状态）等几个部分。

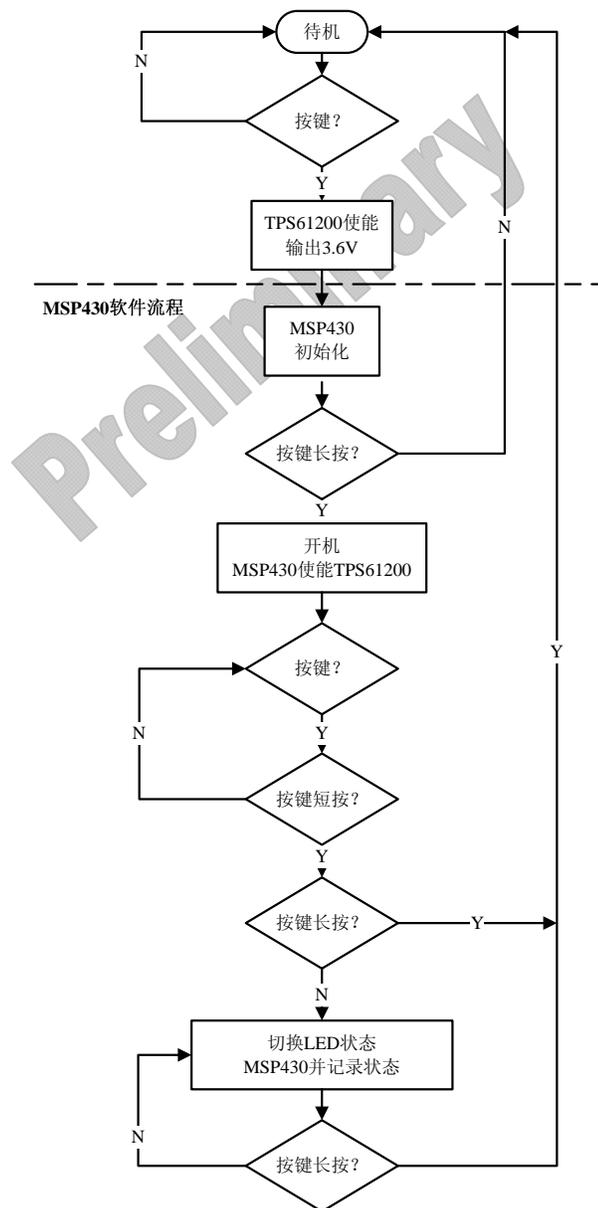


图 5. 系统控制流程图

5 总结

本文描述的单电池便携式 LED 照明设备采用超低功耗单片机 MSP430F2011 为控制核心，以 TPS61200 实现 LED 功率变换电路。通过按键自锁，主回路供电等设计满足系统低成本以及恒定亮度等要求，并能够实现较低电池电压启动、以及低电池电压报警等设计要求。通过对 TPS61200 输出控制，既满足单片机 MSP430F2011 的供电要求同时实现对 LED 的恒流驱动。实测结果表明系统在待机状态其功耗仅为 0.1 μ A，实现了非常低的待机功耗。

参考文档

1. *MSP430F2011 data sheet (SLAS491)*
2. *TPS61200 datasheet (SLVS577)*
3. *Using TPS61200 as WLED Driver (SLVA364)*

Preliminary

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