

中国传媒大学电子竞技设计报告

设计题目：基于 msp430 单片机的低功耗定时开关

姓名：马啸川

学号：201110013145

所在院系：信息工程学院通信工程系

指导老师：卢起斌

目录

中国传媒大学电子竞技设计报告	1
一、 设计任务与要求.....	3
1. 概要.....	3
2. 设计任务.....	3
3. 设计要求.....	3
二、 设计思路.....	4
三、 硬件介绍.....	5
MSP430G2553 单片机.....	5
NCP3335ADM330R2G 芯片	7
MOS 管开关电路	7
其他外设.....	8
四、 电源稳压芯片的测试与选择.....	9
1.测试方法	9
2.测试过程	10
3.测试数据	11
4.数据对比与分析	11
五、 程序设计.....	12
流程图.....	12
程序结构.....	13
六、 最终效果.....	13
七、 功耗指标.....	15
八、 总结.....	16
九、 参考文献.....	17

一、设计任务与要求

1. 概要

本实验设计以 MSP430G2553 单片机为核心，结合 MOS 开关电路，NCP3335ADM330R2G 稳压器等模块，实现按键后给外部负载供电五分钟的功能，允许随时延长定时时间，有工作指示灯，并具有定时结束提示音的功能。

2. 设计任务

1. 实现按键按下后单片机定时五分钟，并通过驱动电路为外部负载供电，定时结束后开关断开，关断负载供电。
2. 定时期间有指示灯作为辅助提示。
3. 当定时临近结束前 10 秒钟，蜂鸣器发出提示音。
4. 可随时延长定时，即定时器计时以最后一次按键为起始时间，在计时过程中，按下按键后定时器计数清零，重新计时五分钟。
5. 电路工作电压为 5-12V。

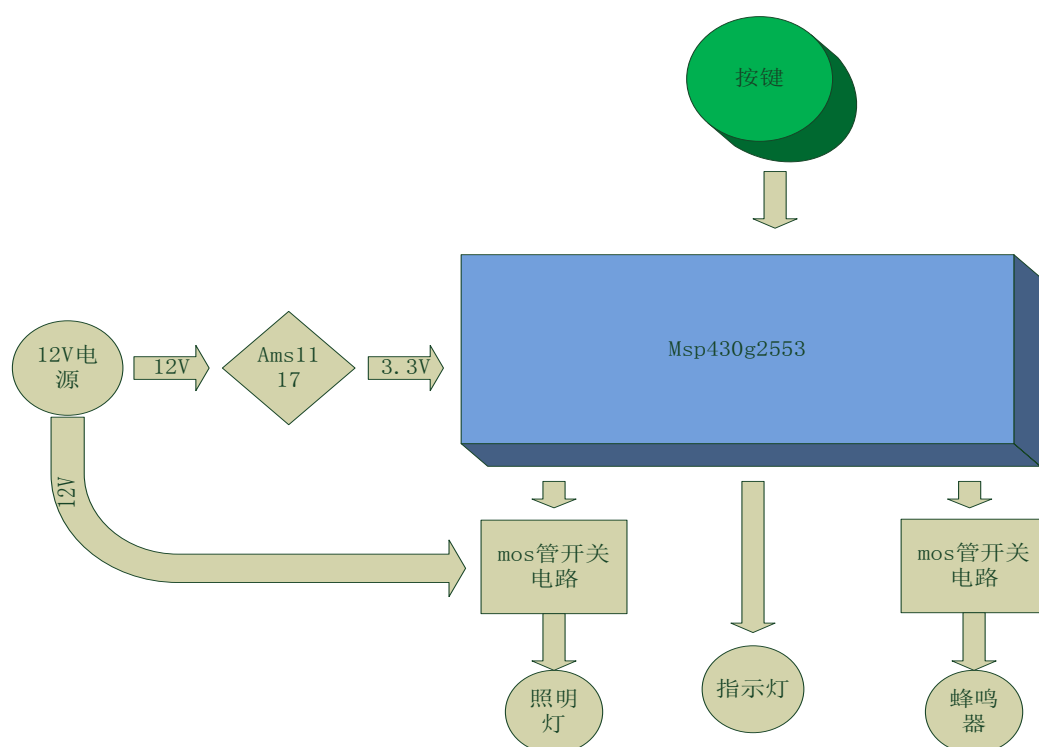
3. 设计要求

本设计在 TI 公司的 MSP—EXP430G2 实验板上完成单片机编程，编译环境是 IAR Embedded Workbench。硬件电路焊接在多孔实验板上，最终整个电路装在塑料盒内。

二、设计思路

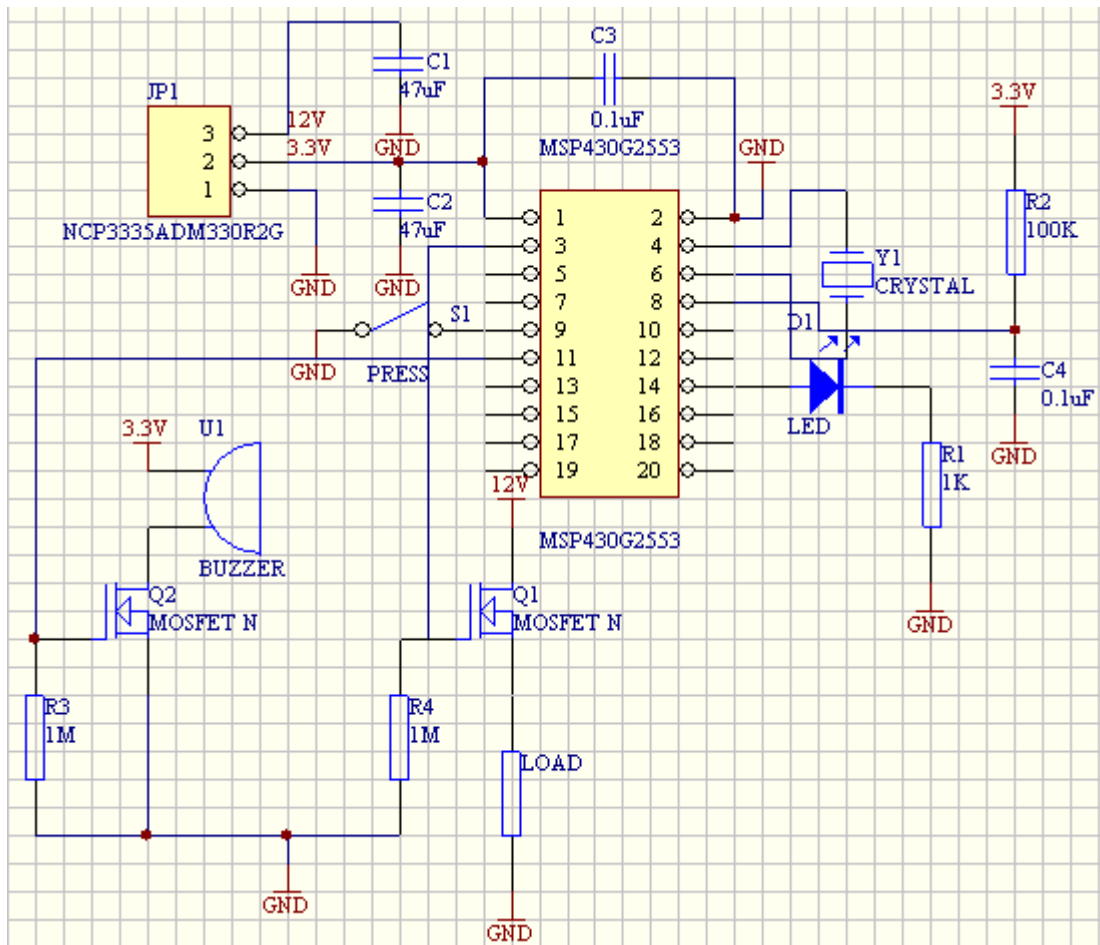
本设计以 MSP430 单片机为核心，通过一些其它的外设电路，实现定时开关的功能。总体的设计思路如下：

1. 根据设计的总体要求，整个电路分成三个模块，即电源模块、主控模块、外设模块。
2. 电源模块为整个电路供电，并将 5-12V 的电压转换到 3.3V 给单片机供电。
3. 主控模块完成整个设计的控制功能。
4. 外设模块包括指示灯、NMOS 开关以及蜂鸣器等电路。
5. 整个设计要突出低功耗的特性。



本设计的电路组成框图

下图为本设计的电路原理图：



三、 硬件介绍

本设计采用 MSP430G2553 单片机为控制中枢，用 NCP3335ADM330R2G 芯片为整个电路提供直流的工作电压，由 MOS 管开关电路根据单片机的输出来控制对应外设是否工作。

MSP430G2553 单片机

MSP430 系列单片机是美国德州仪器 1996 年开始推向市场的一种 16 位超低功耗、具有精简指令集的混合信号处理器。MSP430 单片机

之所以有超低的功耗，是因为其在降低芯片的电源电压和灵活而可控的运行时钟方面都有其独到之处。

首先，MSP430 系列单片机的电源电压采用的是 1.8–3.6V 电压。因而可使其在 1MHz 的时钟条件下运行时，芯片的电流最低会在 165 μ A 左右，RAM 保持模式下的最低功耗只有 0.1 μ A。

其次，独特的时钟系统设计。在 MSP430 系列中有两个不同的时钟系统：基本时钟系统、锁频环（FLL 和 FLL+）时钟系统和 DCO 数字振荡器时钟系统。可以只使用一个晶体振荡器（32.768kHz）DT-26 OR DT-38[4]，也可以使用两个晶体振荡器。由系统时钟系统产生 CPU 和各功能所需的时钟。并且这些时钟可以在指令的控制下，打开和关闭，从而实现了对总体功耗的控制。

由于系统运行时开启的功能模块不同，即采用不同的工作模式，芯片的功耗有着显著的不同。在系统中共有一种活动模式（AM）和五种低功耗模式（LPM0~LPM4）。在实时时钟模式下，可达 2.5 μ A，在 RAM 保持模式下，最低可达 0.1 μ A。

MSP430 系列单片机的这些片内外设为系统的单片解决方案提供了极大的方便。

另外，MSP430 系列单片机的中断源较多，并且可以任意嵌套，使用时灵活方便。当系统处于省电的低功耗状态时，中断唤醒只需 5 μ s。

NCP3335ADM330R2G 芯片

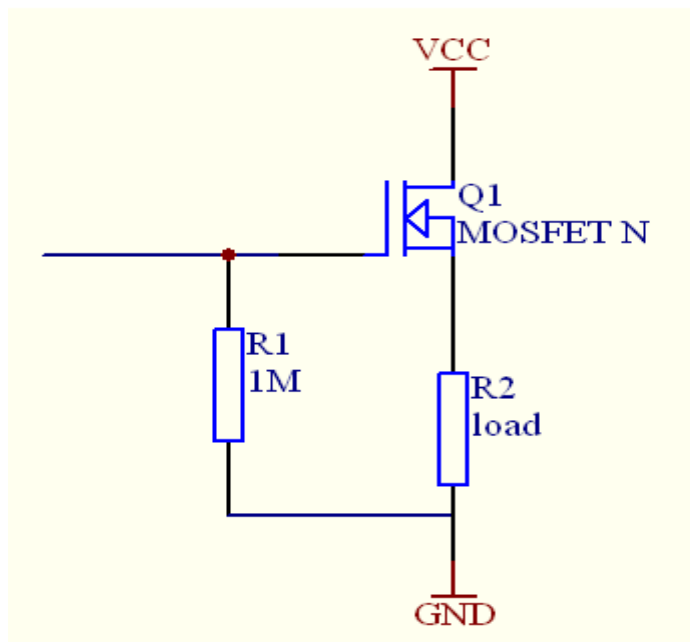
NCP3335ADM330R2G 是一种高性能、低压降的线性稳压器。它具有超低的功耗与噪声,而且,它正常工作时没有最小负载电流的限制。它还配备了反向偏压保护功能。在满负载的时候,它拥有非常稳定的超低压差。

在 NCP3335ADM330R2G 芯片的输入端与输出端要加上去耦电容,以增加电路工作的稳定性。设计过程中的实践表明,当供电为 12V 时,如果不加去耦电容,单片机有较大的概率出现跑飞的情况,定时失效或功能紊乱。值得注意的一点是,去耦电容距离电源芯片越近越好,否则可能会削弱去耦电容的效果。

MOS 管开关电路

MOS 管开关电路是利用 MOS 管的栅极电压控制管子的饱和状态来实现的。本设计采用的是 NMOS 管,型号为 SI2306。

其工作电路如下图:



当单片机给 G 端输出高电平时， $V_{gs} > V_{t0}$ ，MOS 管转入饱和状态， $V_{ds} > V_{gs} - V_p$ ，则此时流过负载的电流就与 V_{gs} 的大小相关，在 V_{gs} 合适的时候，就可以让负载上有适当的电流从而使负载工作；反之若 $V_{gs} < V_{t0}$ 时，负载上没有电流（或者说电流可以忽略），所以负载无法继续工作。这样就相当于有一个开关根据单片机的输出情况来控制负载的工作与否。

其他外设

蜂鸣器

当到达定时时间的最后十秒时，单片机管脚间歇输出三次长脉冲，通过 NMOS 管控制蜂鸣器的供电，让蜂鸣器间歇发声，以提示使用者定时即将结束。

指示灯

在五分钟的定时时间内，指示灯点亮以显示负载正在工作。

四、 电源稳压芯片的测试与选择

本设计的主要特色就是低功耗，从而可以在长期待机时节省电量消耗。所以为了满足这个要求，就要尽可能减小电路自身消耗的功率。因为供给整个电路的电压是固定的（如本设计最高为 12V），所以较小的电路工作电流，意味着较小的功耗。由于设计中单片机不处理复杂事务，且 MSP430 系列单片机本身就是低功耗单片机，进入低功耗模式后功耗已经可以达到足够小，而电路其它模块的功耗也基本固定且功耗不大，挖掘潜力有限，只有电源芯片还有选择的余地，所以降低功耗就要从电源芯片上入手。

实验室里常用的并且可以满足本设计要求的电源稳压芯片有 NCP3335ADM330R2G 和 AMS1117M3 两种，这两款芯片都可以将 12V 电压降至 3.3V，前者最大输出电流为 500mA，后者为 800mA。

为了得到使用这两种芯片后整个电路的功耗，需要对接上两种芯片后的电路进行测量，根据测试结果，选用能使电路总功耗更低的器件。

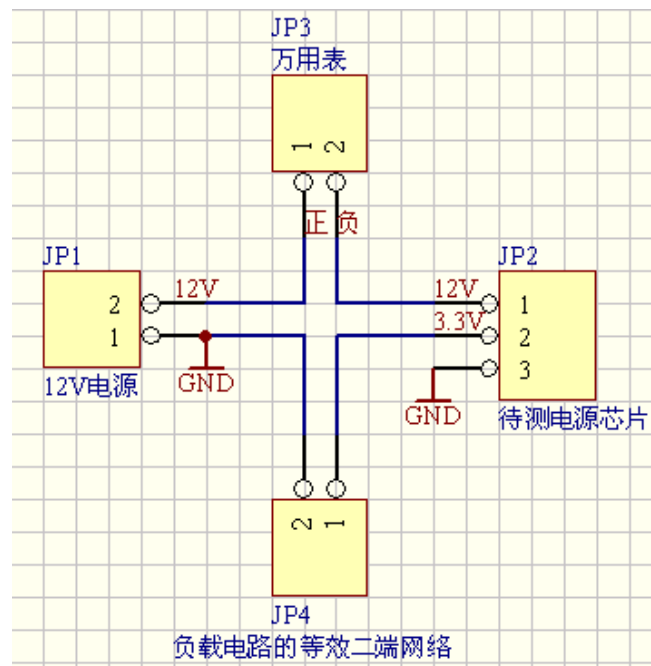
1.测试方法

使用 12V 电压给电路供电，用万用表在电源端口测量其在各种工作情况下的电流，最后用得到的电流乘以供电电压（12V）即为电路总的消耗功率。在测试过程中采用两块烧录了相同程序的单片机，用

它们对电路采样交叉验证的方法进行测试，以排除单片机对功耗变化的影响。

2.测试过程

- 首先，将其中一种电源芯片，按照各自引脚连接的要求连接到电路中。
- 在两块单片机中烧写相同的程序，并把它们编成 1 号和 2 号。然后，将 1 号单片机接入电路。
- 然后，将万用表和 12V 电源按照下图连接到电路中。



- 分别在电路待机、按键按下和蜂鸣器响起三种情况下测出流过整个电路的电流。
- 换 2 号单片机，重复上一步的操作。
- 换另一块电源稳压芯片连接到电路中，返回第一步重新进行测试。

3.测试数据

➤ 方案一：使用 AMS1117M3 芯片

电 流 工 作 情 况	单 片 机 号	1 号	2 号
待机时		3.3mA	3.2mA
按键后		64.5mA	64.7mA
蜂鸣器发声时		72.8mA	73.3mA

➤ 方案二：使用 NCP3335ADM330R2G 芯片

电 流 工 作 情 况	单 片 机 号	1 号	2 号
待机时		0.192mA	0.202mA
按键后		1.448mA	1.467mA
蜂鸣器发声时		8.80mA	8.88mA

4.数据对比与分析

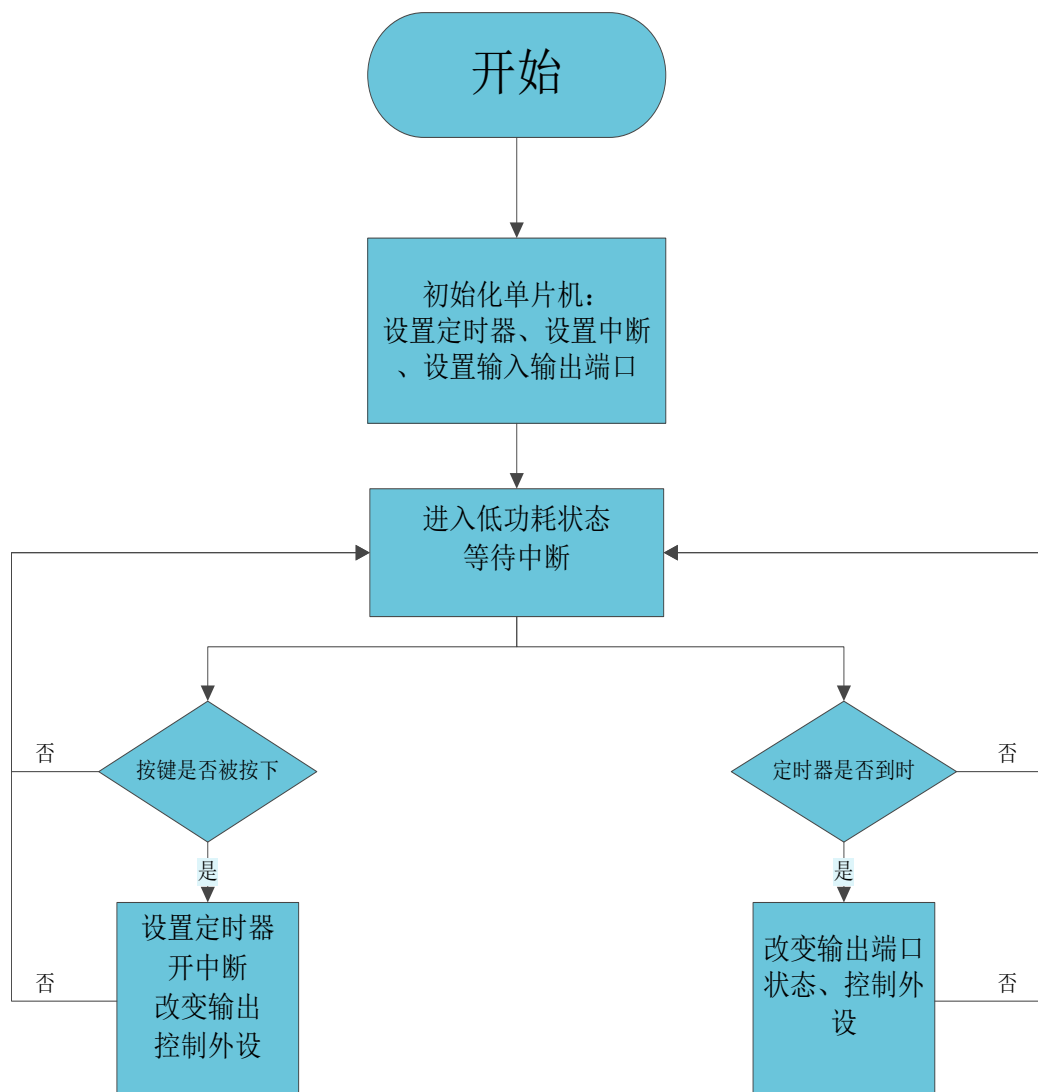
从上面的测量数据可以很明显地看出，使用 NCP3335ADM330R2G 的电路工作电流要比使用 AMS1117M3 的电路小很多。如果更直观地从功率上来分析，我们可以通过计算得出，使用 NCP3335ADM330R2G 的电路的待机功率、按键后消耗的功率、以及蜂鸣器工作时的功率的平均值分别是 0.0024W、0.0175W、0.106W；而使用 AMS1117M3 的电路的这三项参数分别是 0.039W、0.7752W、0.8766W，均远远超过了使用 NCP3335ADM330R2G 的电

路。

所以本设计最终选用了 NCP3335ADM330R2G 作为电源稳压芯片，这样保证整个电路的低功耗性能。

五、程序设计

流程图



程序结构

■ 主函数

主函数内的操作为：首先关闭看门狗，然后设置单片机 I/O 口，让 P1.0、P1.4、P1.6 和 P2.0 设为输出，其余为输入。然后打开 P1 口中断和定时器中断，并为 P1.3 口设置上拉电阻，使按键可以正常工作。最后，单片机进入低功耗模式，等待中断。

■ P1 口中断程序

当按键按下程序进入中断后，P1 口输出 0x58，此时指示灯和照明灯亮起。然后打开定时器，先设置其计数器使计数清零，然后开始计时。单片机回到低功耗模式，等待中断。

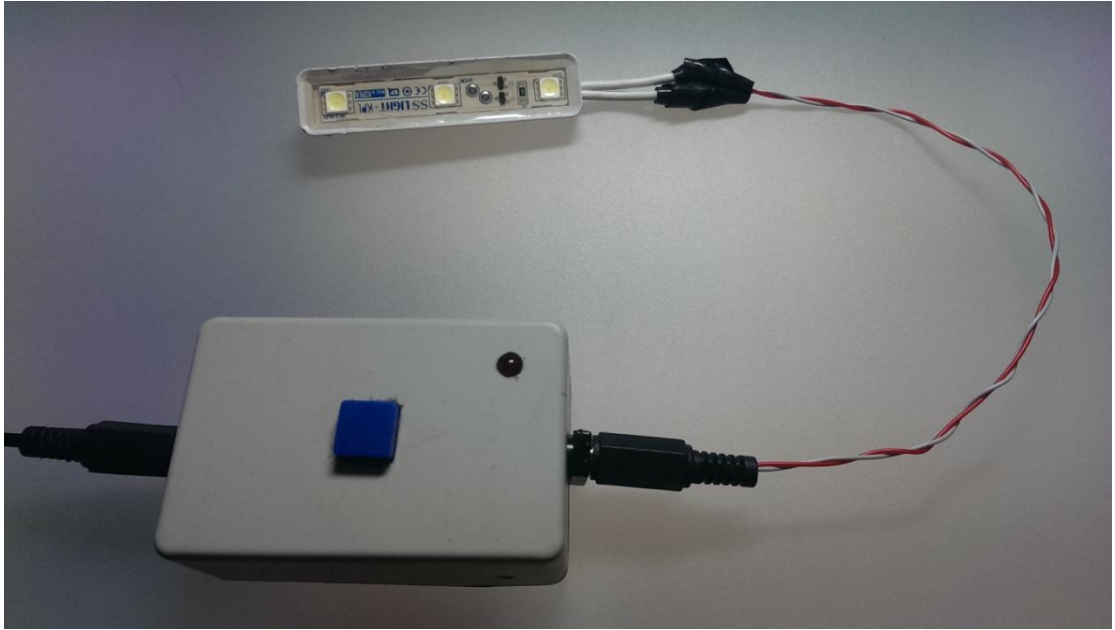
■ 定时器中断

设置一个变量 a，定时器每次溢出就意味着计时了 2 秒，此时 a++，当 a>145 时，说明定时时间已过了 4 分 50 秒，这时让蜂鸣器响起。当 a==150 时则说明五分钟定时时间已到，则关闭定时器，并进入低功耗模式，等待下次中断。

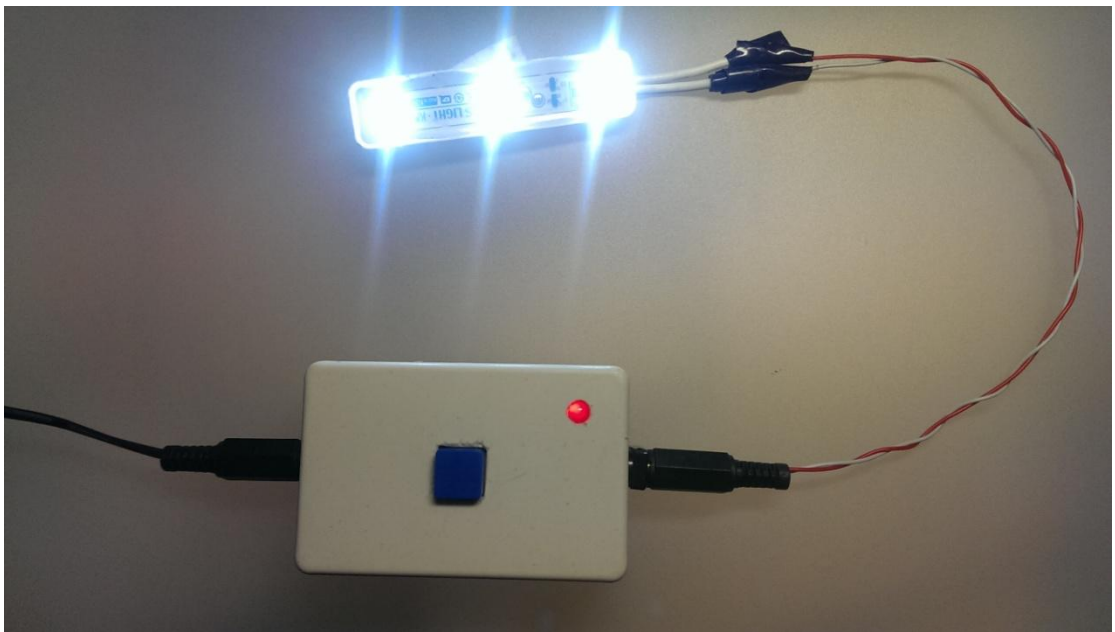
六、 最终效果

所设计的电路，最终封装在 10*6*2.5cm 的塑料盒中，为了安装电路板以及按键、LED 指示灯，还对塑料盒进行了开孔。

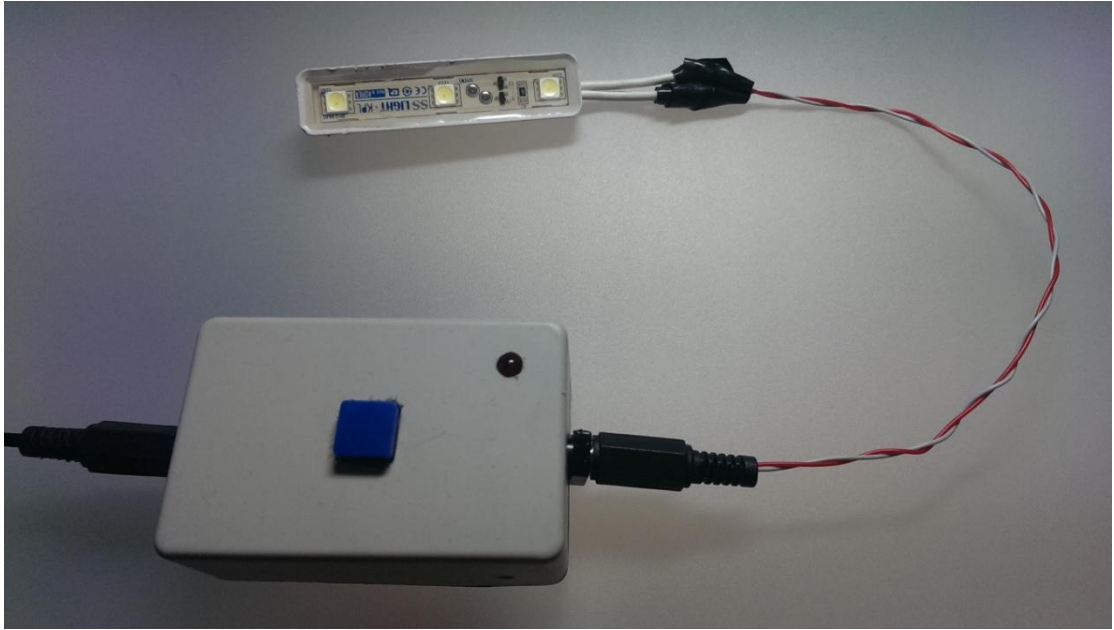
1. 插上电源，指示灯和作为负载的 LED 照明灯都处于熄灭状态。



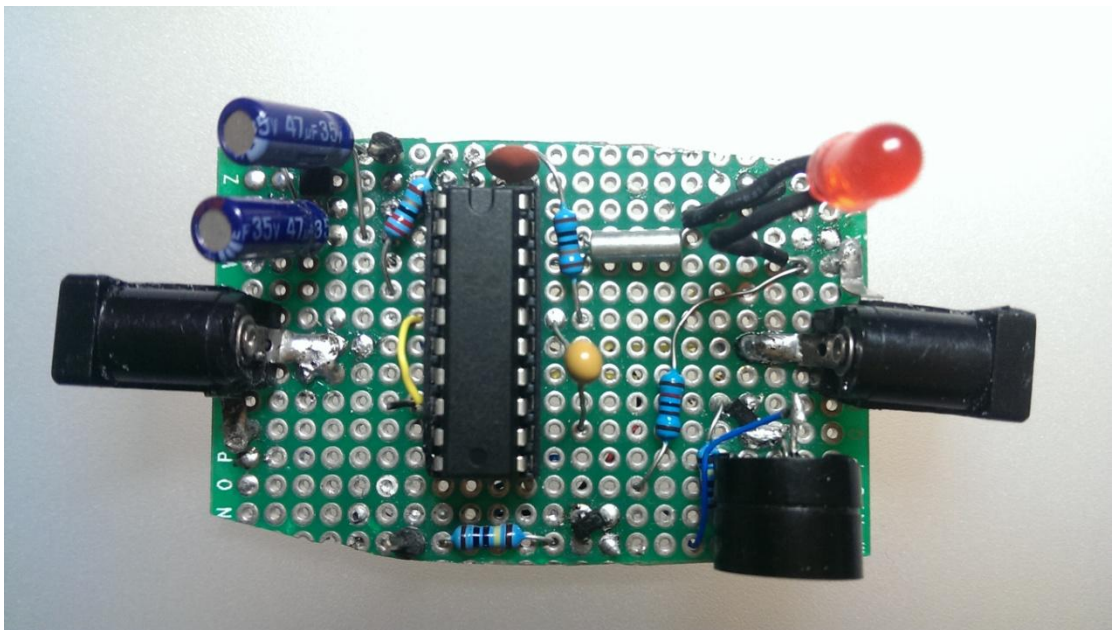
2. 按下按键，指示灯与照明灯被点亮点亮。



3. 5 分钟后，指示灯和照明灯都熄灭。



4. 内部电路



七、 功耗指标

设计过程中，我采用万用表测试了采用 12V 电源供电时，各种工作状态下通过电源的电流，从而得出对应情况下电路消耗的功率。

当电路中按键未按下时，通过电源端口的电流是 0.202mA，对应

的功率是 0.00242W。

当电路中按键按下、但蜂鸣器没有发声时，通过电源端口的电流是 1.467mA，对应的功率是 0.0176W。

当电路中按键按下后蜂鸣器发出提示音的时刻，通过电源端口的电流是 8.88mA，对应的功率是 0.10656W。

由上面的数据可以证明，本设计基本完成了低功耗这一设计要求。

八、总结

首先，我想先指出本次设计中我暴露出的问题：

1. 本次的电路设计，存在一些硬件上的问题，如有时 12V 电源插入电路板后单片机直接进入 P1 中断，开始工作；
2. 本次电路的焊接存在着布局不紧凑、美观，焊接质量有待提高等问题；
3. 外壳的开孔和打磨不精细。

虽然如此，我还是在本次设计中学到了许多的知识，比如电源芯片要加装去耦电容才能稳定工作、MOS 管开关电路的使用方法等，我还学会了利用实验室里的许多工具和材料来完成设计，如电钻、铡刀、锉刀、多孔实验板、热塑管等。通过自学 MSP430 单片机应用，我的编程能力也有了提高。更重要的是，我学会了如何通过实际的测试和对比来从多个方案中选择最优方案。另外，在感性认识方面，我从这次设计过程中认识到细心对做工科工作是非常重要的，只有足够细心并精益求精，才能做出用户体验更好的作品。

最后，要感谢卢老师的悉心指导，也要感谢电赛辅导组提供给我这么好的实验室环境。

九、参考文献

1. 沈建华 杨艳琴,《MSP430 超低功耗单片机原理与应用(第 2 版)》,清华大学出版社
2. 百度百科关于各芯片的说明