



海纳文库 百川PT 许愿天空 生活服务

挖掘尘封的经典——QS30-1#

主论坛 114 威望 | 【专业学术】 7061 金币 | 专业学术 2878 帖子 | [DIY]挖掘尘封的经典——QS30-1辉光钟模组制作(硬件篇) ...

返回列表 1 2 3 4 1 / 4 页 下一页

名人堂

查看工控电子设计圈 46

积分 2552



[DIY]挖掘尘封的经典——QS30-1辉光钟模组制作(硬件篇) [复制链接]

发表于 2013-12-1 00:45:54 | 只看该作者 | 只看大图



楼主 电梯直达

本帖最后由 Apache 于 2015-5-15 21:40 编辑

本文原创于观海听涛，转载请保留作者信息。

本文部分设计参考于辉光钟之家(<http://www.nixieclock.org>)，原作者严泽远。

本设计由Apache及Xiangxiang共同完成。

相关设计——IV11荧光管电子钟设计链接<http://bbs.gdtt.net/thread-2003847-1-1.html>

相关设计——STM32设计笔记及硬件设计<http://bbs.gdtt.net/thread-1870457-1-1.html>

看不到图片的同学请登录论坛！

近期工作培训无聊，再次翻出了上班前一直想做的一个计划，制作一台辉光钟。

辉光数码管（Nixie Tube），是产自于上世纪60-80年代，利用辉光放电原理，用于显示仪器数字信息的一种电子器件。世界上几乎所有的辉光管，年龄都要比我们大许多。辉光管显示的数字明亮，柔和，尤其在环境昏暗时具有特别的古典艺术气息。但由于其体积较大，寿命较短，在80年代末期逐渐被LED显示屏，液晶显示屏等设备取代。但是随着电子技术发展，可以利用现代技术，使用单片机及电力电子技术，将古典与科技完美结合起来。

本设计采用国产QS30-1辉光管。其特点为：

- 1、采用170V直流高压驱动，工作电流约为4mA。工作时几乎不发热。
- 2、字形独特。辉光管内每一个数字都是用专门的金属片在氖气中放电形成辉光而形成，所有数字堆叠，十分具有层次和朦胧感。
- 3、寿命较短。由于阴极中毒效应，普通辉光管工作寿命理论小于1000小时。
- 4、个头略大。本辉光管直径30mm，底部为13脚插针，可以搭配瓷质底座插接使用。
- 5、亮起来的时候特别帅！！

设计内容包含三部分：控制器，驱动器及电源。先上图：



图1 单个模块显示效果



114 威望 | 7061 金币 | 2878 帖子

名人堂

哈工大电子设计联盟



积分 2552



发消息



图2 六个模块级联显示效果

本模块的特点为：

- 1、整个辉光钟只需一个控制模块及一个供电模块，在电源负载范围内可以带无限个辉光管。
- 2、插接模块设计，每个模块间采用两个双层6P插针互联，各模组任意插接及替换。
- 3、12V直流供电，可输出83-230V直流电压，5V/3A及3.3V/800mA控制器电压。
- 4、使用AVR单片机做控制，可兼容Arduino。
- 5、可采集环境温度，掉电可继续走时，可用遥控器进行对时及配置。
- 6、每个驱动模块带有两个氖管作为小数点及冒号显示，底部带有RGB全彩LED灯作为照明。带有测试按钮，在没有控制器情况下也可测试辉光管及电源。

本设计难点在于如何产生辉光管工作所需电压，以及如何实现高压驱动。以下分别以电源部分，驱动部分及控制部分分别叙述。

电源模块设计：

升压部分采用Boost拓扑，其结构如下：

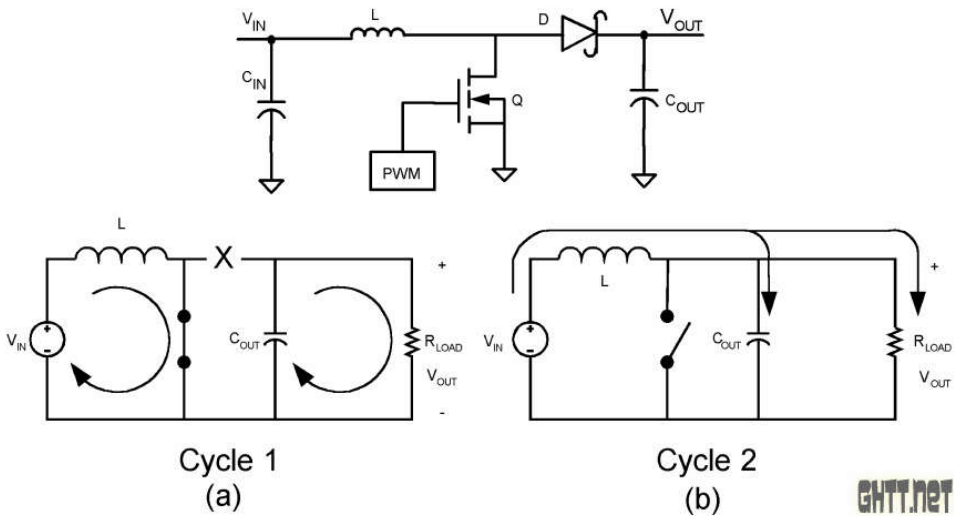


图3 Boost拓扑结构

由图可以看出，Boost拓扑结构核心器件为续流电感，功率MOS管，肖特基二极管及高压电容。

其升压原理为：在第一周期（图3a），MOS管开通，电感从电源开始充电，此时电路右半部分截止。在第二周期（图3b），MOS管关断，由于电感的续流作用，在电感两端产生了一个左低右高的电势。这个电势与电源电压串联相加，减去二极管压降，即为输出电压。此时电感能量释放对高压电容进行充电，同时对负载进行供电。在第三周期，MOS管再次开通，再次开始对电感充电，右侧截止，由高压电容进行负载供电保证输出连续。可以看出，由于MOS管开通时为充电过程，当升压比较大时，MOS管控制端PWM占空比也较大。输出电压与占空比计算公式为：

$$D=1-(V_{in}/V_{out})$$

如果考虑MOS管开通压降及二极管导通压降，公式变形为：

$$D=1-((V_{in}-V_q)/(V_{out}+V_d))$$

由此可计算出，在输出230V电压时，占空比约为94%。在输出电压为83V时，占空比约为85%。

设计采用TI公司LM3478升压控制器。其特点为：

- 1、采用SOIC8贴片封装，易于焊接，节省空间



114 威望 | 7061 金币 | 2878 帖子

名人堂

哈工大电子设计联盟



积分 2552



发消息

- 3、具有欠压闭锁，软启动，电流限制和过流保护功能
- 4、使用一个电阻设定工作频率
- 5、可工作于电流模式
- 6、最大输出占空比可达到100%。

该控制器典型升压结构模型及芯片引脚顺序如图：

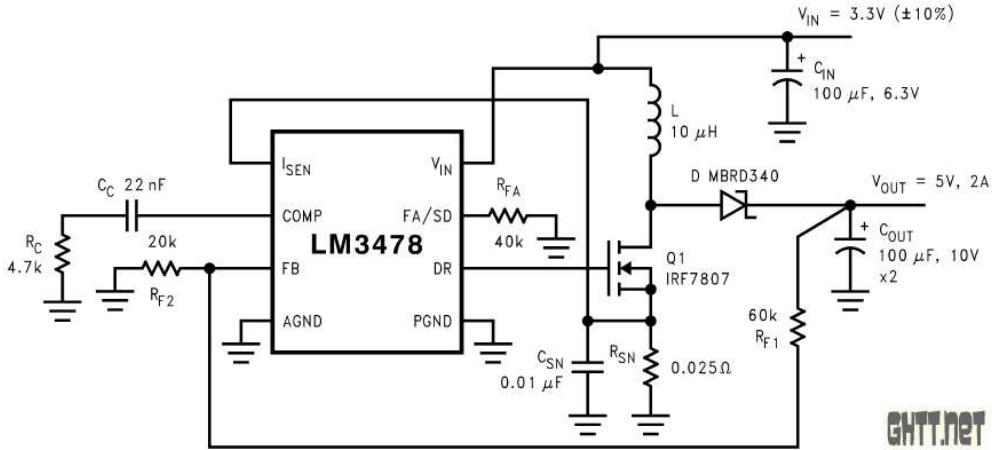


图4 典型升压电路结构

以下是电路配置计算过程：

频率设定：根据公式

$$R_{FA} = 4.503 \times 10^{11} \times f_s^{-1.26}$$

可计算出，当系统工作于500kHz时，Rfa阻值约为30K。

频率设定接口同时具有输出使能功能，本设计暂未考虑。

电感计算：根据公式

$$L > \frac{D(1-D)V_{IN}}{2I_{OUT}f_s}$$

以输出电流50mA计算，可以算出最小电感感值约为12uH。但由于电感感值选取过大会导致饱和及输出电流下降，牺牲一些效率及余量，在此使用47uF的TDK 12*12功率电感，型号为SLF12575。

输出电压配置：根据公式

$$R_{F2} = (1.26V \times R_{F1}) / (V_{out} - 1.26V)$$

可知，输出电压由两只电阻分压决定。芯片参考电压为1.26V，当输出电压分压后等于参考电压时，输出稳定。由于设计为输出电压可调，采用三级电阻串联，使用2M-3k可变-11k串联形式。固定电阻采用1%精密型，可变电阻采用Bourns-3314G型贴片可变电阻，节约空间。在反馈端同时并联100pF电容减小噪声干扰。

电流环配置：电流检测采用小电阻串联至MOS管栅极方式，通过检测电压实现。根据公式

$$R_{SEN} = \frac{V_{SENSE} - (D \times V_{SL})}{ISW_{LIMIT}}$$
$$ISW_{LIMIT} = \left[\frac{I_{OUT}}{(1-D)} + \frac{(D \times V_{IN})}{(2 \times f_s \times L)} \right]$$

可算出测流电阻阻值约为0.05Ω。由于Boost电路在电流模式下占空比50%时，控制环容易发生不稳定，造成过压，通常需要添加斜坡补偿电阻。先对测流电阻进行验算，根据公式

$$R_{SEN} < \frac{2 \times V_{SL} \times f_s \times L}{V_o - (2 \times V_{IN})}$$

可得出此时系统已经较为不稳定，需要添加斜坡补偿电阻。根据公式：



114 威望 | 7061 金币 | 2878 帖子

名人堂

哈工大电子设计联盟



积分 2552



发消息

$$R_{SL} > \frac{2 \times f_s \times L}{40 \mu A}$$

可估摸出斜坡补偿电阻约为1K。
电阻添加电路如图所示：

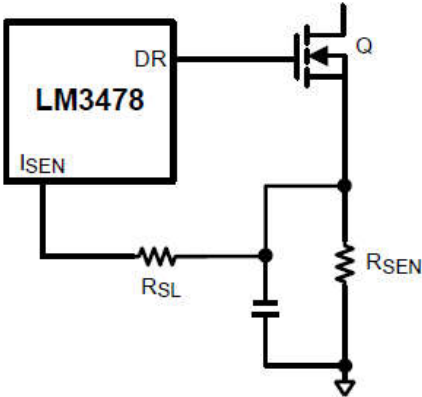


图5 斜坡补偿电阻

功率二极管计算：根据公式

$$I_{D(Peak)} = I_{OUT} / (1-D) + \Delta I_L$$

可算出二极管峰值电流约为830mA。反向耐压为最大输出电压，故选择ER3J肖特基二极管。

输出高压电容采用nichicon的UG系列高压贴片电容，规格为10uF/250V。其特点为较小的体积和较低的ESR，可以提高效率，减小纹波。

输入电容采用普通铁片铝电解电容，规格为220uF/35V。

MOS管选用VISHAY公司SUM45N25-58型号N沟道管，其通态阻抗在Vgs=10V时为0.058Ω，Vds=250V，采用TO-263封装，符合设计要求。

系统升压部分最终电路图如图所示：

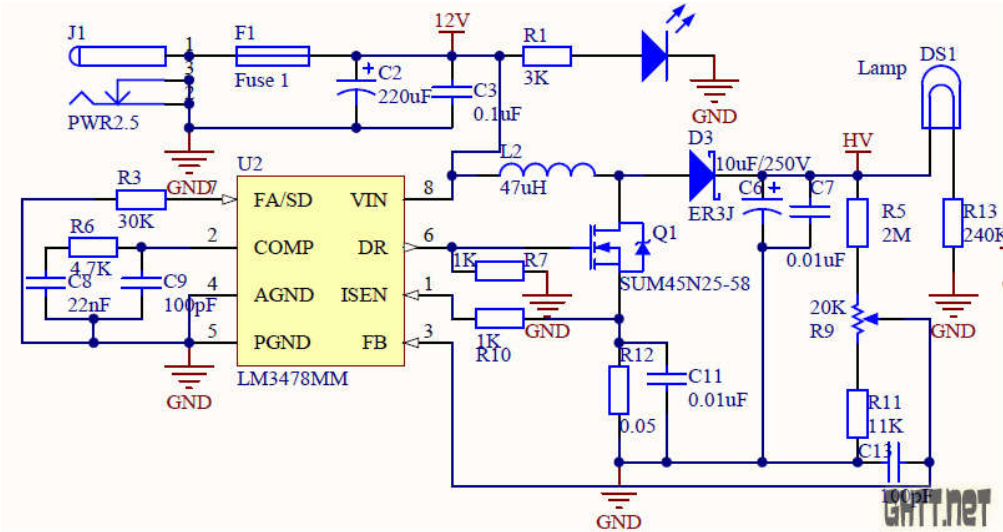


图6 升压电路原理图

在输出部分另增加氖管作为指示，电源输入部分带有自恢复保险防止过流。芯片控制环COMP引脚配置为仿真加意淫，由于自动控制原理考试挂科，计算频率特性和画波特图及配置系统稳定点十分费劲，此部分并未加谨慎计算。

设计存在问题：

- 1、主要问题为，升压变比过大，MOS管及电感通电时间非常长，导致效率低下，发热严重。
- 2、在高升压比下，系统更加趋向于不稳定，稳定点配置较为困难。
- 3、升压后，电路板裸露，对人体有电击危险



114 7061 2878
威望 金币 帖子

名人堂
哈工大电子设计联盟
积分 2552



降压部分采用BUCK拓扑结构，其结构如下：

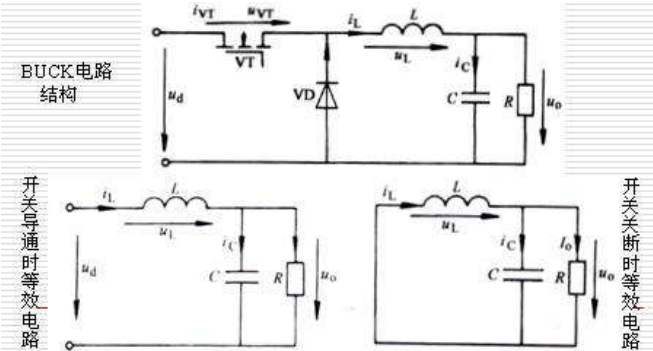


图7 BUCK电路结构

可以看出，BUCK结构核心也是由MOS管，电感，续流二极管和输出电容组成。在第一个周期，MOS管开通，向电感进行充电，二极管截止。在第二个周期，MOS管关断，由电感进行续流释放能量对电容充电并对负载供电，此时二极管续流。在第三个周期，重新对电感进行充电，由电容对负载供电保证电流连续。对MOS管控制PWM占空比的不同，使得输出电压产生变化。

本设计采用TI公司TPS5420芯片实现降压控制。其特点如下：

- 1、SOIC8封装，小体积，易于焊接
- 2、最大2A输出能力
- 3、内置110mΩMOS管，最高效率可达95%
- 4、500kHz固定工作频率
- 5、内部控制稳定补偿
- 6、外围电路非常简洁

降压部分电路非常经典，几乎只做器件选型即可。

电感选用SLF6028功率电感，1N5822肖特基二极管，47μF钽电容。输出电压设定选用3.24K与10K精密电阻串联实现。

降压部分原理图如图所示：

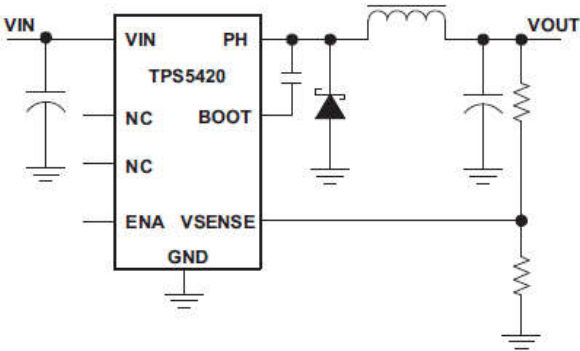


图8 降压部分原理图

电源部分实物展示：



图9 电源印刷电路板

PCB采用单面板，双面布线，除接插件外全部元件贴片化，背面除两根走线外全部覆铜接地，背面表明电击警告，版权信息及二维码信息，以及一只兔斯基。电路板长宽均在5cm以内，标准DC头作为输入，公头2.54双层6P插针作为输出。正面中央电位器用于调节电压。由于断电后电容有残压，在高压与地之间额外挂了一个30K放电电阻以防电击。



114 7061 2878
威望 金币 帖子

名人堂

哈工大电子设计联盟



积分 2552



发消息

驱动模块设计：

首先需了解QS30-1管本身参数。此次购买管子原产地南昌，带有13P的陶瓷管座。管座中间为通孔用于容纳辉光管充气玻璃尖，本设计中也同时用来放置全彩LED灯作为照明。管子参数如下：

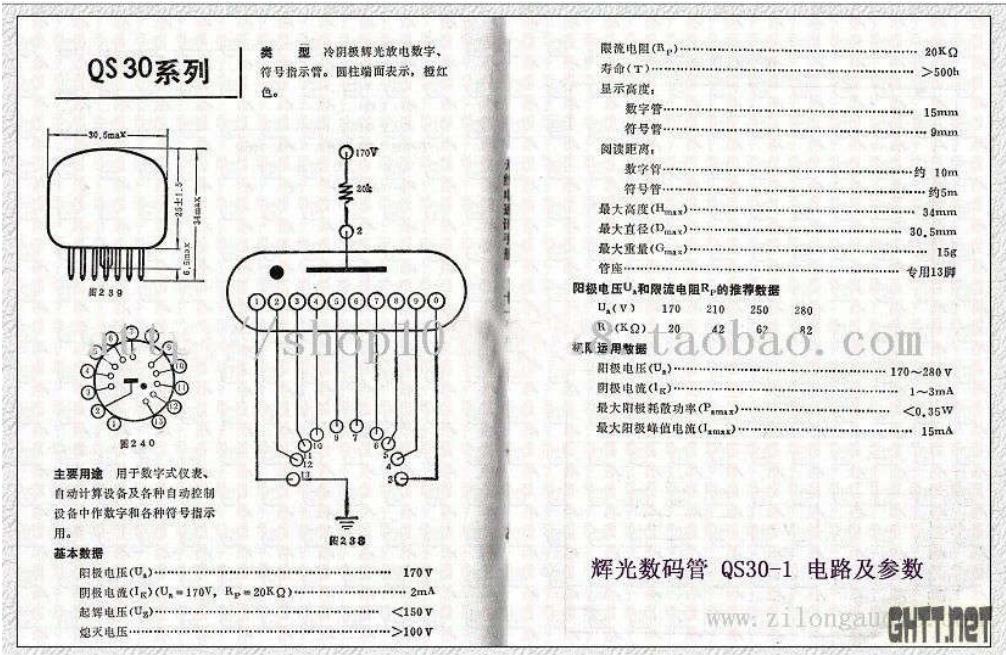


图10 QS30-1辉光管参数

根据参数可制定出PCB封装及周边电路参数。

模块级联并行输出采用经典的74HC595芯片，其特点为四根线即可通讯，带有级联控制，两层锁存器实现静态显示，由于用的实在太多不做过多介绍。芯片输入及输出均使用双层6P插针及插座引出。

高压驱动采用MMBTA42三极管。其最高耐压为300V，最大通过500mA电流，采用SOT-23封装，符合设计要求。

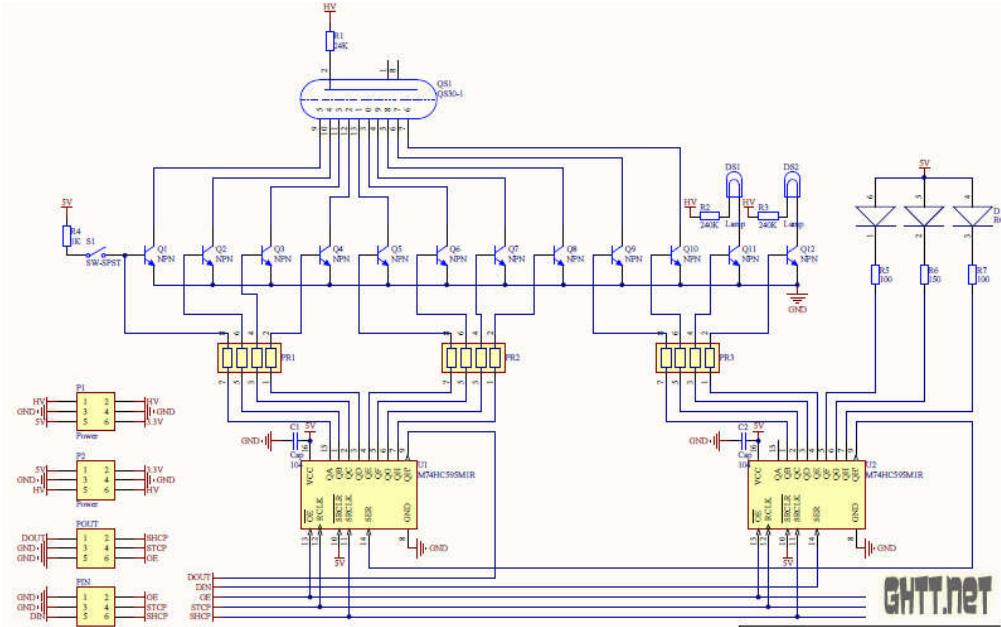
每个模块在中间布置两颗氖管，使用辉光管供电作为电源，串联240K电阻进行限流。氖管使用普通电饭锅上即可，但国产货质量参差不齐，部分起辉电压很高，部分发光不稳定，部分就是不好使。有部分国外货比较靠谱。

辉光管照明采用5050 RGB LED灯。放置位置为辉光管管座正中间，通过玻璃进行传光，当实现七彩渐变效果时非常漂亮。按照手册，对不同颜色串接不同限流电阻，采用灌电流方式直接由595控制。

每个板上带有一个3*8贴片小开关，串接一个电阻与最近的三级管相连，按下即可使辉光管数字发光进行测试。

辉光管本身为13引脚，一个阳极，10个阴极，上下各一个空引脚。阳极根据说明书串接电阻，本设计考虑寿命选择24K电阻。阴极进行不同选通时，即可显示出不同数字。辉光管本身需要十个引脚进行控制，氖管需要两个，LED需要三个，共需要15个引脚，故采用两片74HC595芯片。

驱动模块原理图如图所示：





114	7061	2878
威望	金币	帖子

名人堂

哈工大电子设计联盟



积分 2552



发消息

驱动模块头部图如图所示：



图12 辉光管驱动部分硬件背板



图13 会光杆驱动部分硬件正面

控制部分设计：

控制部分采用AT公司Atmega328单片机作为控制核心。以Arduino Pro Mini作为蓝图定制改造而成。整版几乎完全兼容Arduino Pro Mini, 额外添加温度传感器, 实时时钟, 红外遥控及供电通讯接口。程序可通过标准SPI方式下载, 或者在烧写bootloader后使用串口进行下载。

电路板上所有引脚均做引出，串口程序下载支持DTR自动复位。实时时钟芯片采用经典的DS1302Z搭配32768晶振实现，并加装后备电源。测温芯片同样使用经典的DS18B20芯片，红外接收使用SM0038B集成式接收头。单片机SPI接口MOSI及SCK引脚与驱动模块595数据及时钟引脚相连，OC1A引脚与OE引脚相连，可支持硬件驱动方式及PWM调光。单片机额外驱动一个LED用于指示工作状态，额外输入一个开关用于测试。在初次使用时，熔丝位配置为使用外部高速晶振，并取消8分频即可。

控制部分原理图如下：

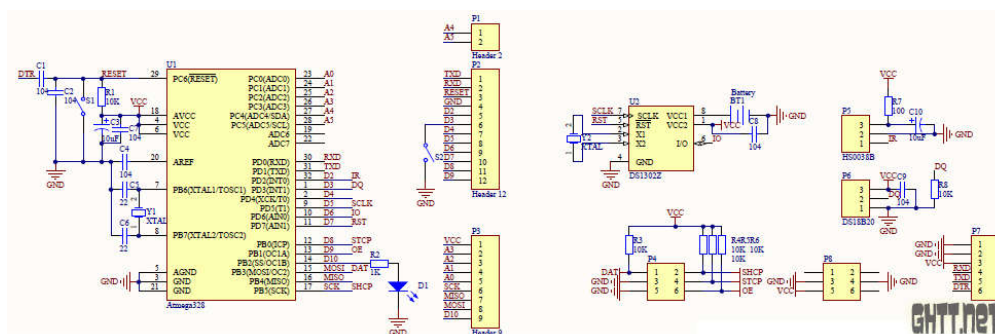


图14 控制部分原理图

控制部分实物图如下：



114 | 7061 | 2878
威望 | 金币 | 帖子

名人堂
哈工大电子设计联盟

积分 2552



发消息

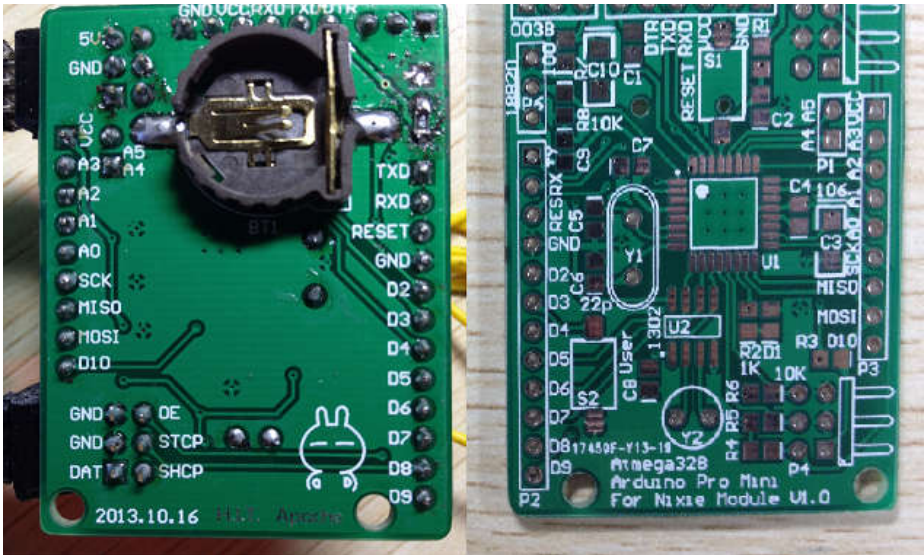


图15 控制部分实物图

由此可见，控制部分设计很简单。

总结：

整体设计历时半个多月，从器件选型，到原理图绘制，到元件库绘制，到PCB绘制，到工厂加工，拿回来买器件焊接，程序调试，基本完成了功能。但是有一些问题依旧较为棘手。升压效率过低是很大的问题，在下一版中将考虑设计220V市电输入的反激电路。在每个板子插接中，对插针位置预留不够，导致板子之间缝隙特大，松松垮垮。电源部分未加放电电阻需要手工焊接，低压电源未加TVS放障电。整个板子定位孔数量很少，很难固定。外壳在下一版中会考虑使用亚克力板，同时起到防人体触电的作用。绿色喷锡PCB也是很土，未来方案敲定会使用其他颜色阻焊和沉金工艺。

下图为焊接过程：



图16 焊接过程

左下角的万能表还是14块钱的，220V市电测不准的，电阻不归零的.....

由于没有好的照相设备，图片没有照太多，但是这货晚上看起来真的特别带感。



114 威望 | 7061 金币 | 2878 帖子

名人堂
哈工大电子设计联盟

积分 2552



发消息



图17 晚上未变色效果

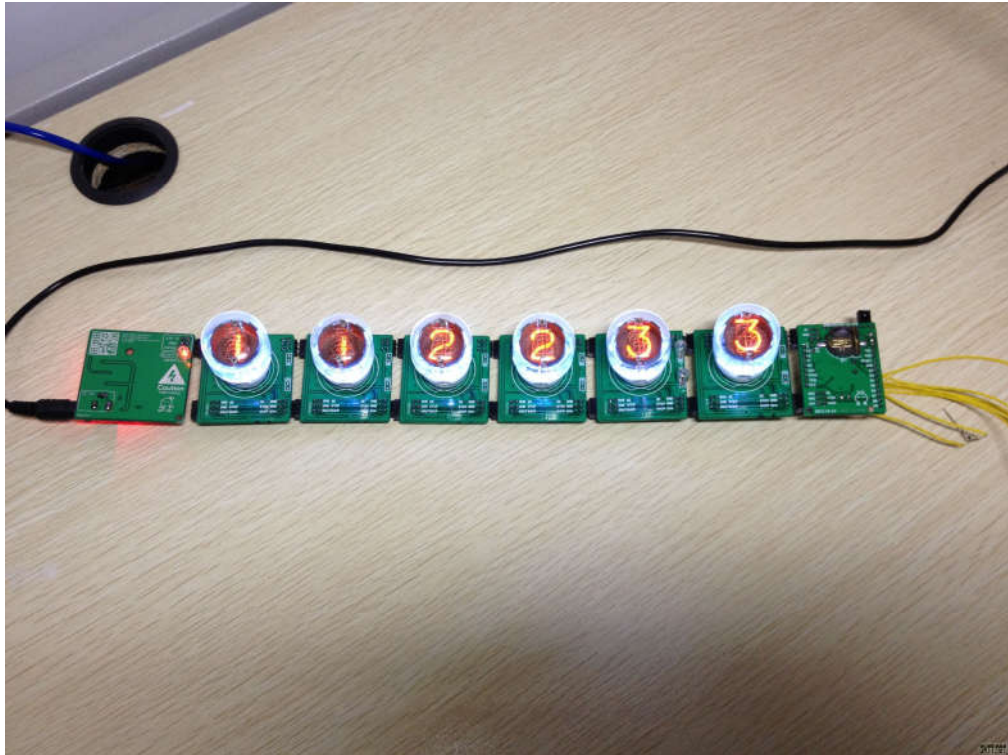


图18 白天未变色效果

本设计所有硬件部分由陶宇航(Apache)完成，软件部分由王相 (Xiangxiang) 完成。如果了解软件怎么写的，请大家跟帖@他.....

本文完成仓促，如有疏漏，请跟帖指正。同时欢迎对电子设计感兴趣和希望对此交流的同学联系我，QQ458729218。



转载请注明出处及原作者信息！

附件：

- [Arduino-Pro-Mini-schematic.pdf](#) (37.43 KB, 下载次数: 7)
- [MMBTA42.pdf](#) (59.67 KB, 下载次数: 3)
- [nichicon.pdf](#) (928.23 KB, 下载次数: 8)
- [bourns 3314.pdf](#) (581.49 KB, 下载次数: 2)



114 | 7061 | 2878

威望 | 金币 | 帖子

名人堂

哈工大电子设计联盟



积分 2552



发消息

Apache 



114 | 7061 | 2878

威望 | 金币 | 帖子

名人堂

哈工大电子设计联盟



积分 2552



发消息

卡布奇诺 



[ER3J中文资料.pdf](#) (362.84 KB, 下载次数: 2)



[lm3478.pdf](#) (1.36 MB, 下载次数: 19)



Apache

2013.12.1

观海听涛&哈工大电子设计联盟出品

www.hitee.net

评分

参与人数	2	金币	+10	威望	+4	理由	收起
	静言思之	+ 10				很给力!	
	Xiangxiang		+ 4			重磅级DIY，绝对精品	

[查看全部评分](#)

分享到:  QQ好友和群  腾讯微博  QQ空间

 收藏5  支持  反对


规格严格 功夫到家 军令如山 国之所托

哈工大电子设计联盟 www.hitee.net

专业维修核潜艇，核弹头翻新，改装，抛光，上蜡，回收二手航母，拆洗导弹，发动机，清洗航母油槽，航天飞机保养换三滤，卫星表面高空除尘保养，两极冰川修复，全球变暖自适应PID控制，反物质提取技术支持，热核聚变余热回收全国领先。批发歼10，F22，B2轰炸机，各种大型巡洋舰，单片机，电子元器件。全面接受预定

回复

使用道具 举报

 楼主 | 发表于 2013-12-1 00:53:42 | 只看该作者

沙发

@Xiangxiang来给我精华！！



规格严格 功夫到家 军令如山 国之所托

哈工大电子设计联盟 www.hitee.net

专业维修核潜艇，核弹头翻新，改装，抛光，上蜡，回收二手航母，拆洗导弹，发动机，清洗航母油槽，航天飞机保养换三滤，卫星表面高空除尘保养，两极冰川修复，全球变暖自适应PID控制，反物质提取技术支持，热核聚变余热回收全国领先。批发歼10，F22，B2轰炸机，各种大型巡洋舰，单片机，电子元器件。全面接受预定

回复

举报

 发表于 2013-12-1 01:06:08 来自iphone7 plus 128T 土豪金镶钻版  | 只看该作者

板凳



威望114 | 金币7061 | 帖子2878

爱吃苹果的咖啡猫

名人堂

哈工大电子设计联盟

积分432

 2552

发消息

kevin_mars



威望98 | 金币215 | 帖子3995

名人堂

性别男...爱好女...

积分1023



发消息

Apache



威望114 | 金币7061 | 帖子2878

名人堂

哈工大电子设计联盟

积分2552


 

发消息

学长

回复

举报

 发表于 2013-12-1 01:33:19 | 只看该作者


地板

一看就是孟博士带出来的学生。格式不错。



回复

举报

 楼主 | 发表于 2013-12-1 01:37:36 | 只看该作者

地下室


kevin_mars 发表于 2013-12-1 01:33
一看就是孟博士带出来的学生。格式不错。

我思来想去，公式还是不标号了.....

规格严格 功夫到家 军令如山 国之所托
哈工大电子设计联盟 www.hitee.net
专业维修核潜艇，核弹头翻新，改装，抛光，上蜡，回收二手航母，拆洗导弹，发动机，清洗航母油槽，航天飞机保养换三滤，卫星表面高空除尘保养，两极冰川修复，全球变暖自适应PID控制，反物质提取技术支持，热核聚变余热回收全国领先。批发歼10，F22，B2轰炸机，各种大型巡洋舰，单片机，电子元器件。全面接受预定

回复

举报

 发表于 2013-12-1 08:25:42 | 只看该作者

6楼

电子设计联盟上的东西不支持下载了？



本科毕业

114 | 7061 | 2878

不洗脸就长痘痘 | 帖子

角奎 | 金币

名人堂

稻龙大电子设计联盟

发消息

积分 2552



发消息



49 | 2195 | 1329

威望 | 金币 | 帖子

助理工程师

🌙🌟

积分 929

发消息

GameBoy V



1 | 1624 | 1028

威望 | 金币 | 帖子

本科毕业

🌙

积分 335

发消息

灾变 V



99 | 6319 | 5121

威望 | 金币 | 帖子

学长只能帮你到这了

回复

举报

 发表于 2013-12-1 10:17:28 | 只看该作者

7楼

收藏个，有时间我也做个玩

回复

举报

 发表于 2013-12-1 10:54:06 | 只看该作者

8楼

牛逼！

回复

举报

 发表于 2013-12-1 11:59:48 | 只看该作者

9楼

学霸!!!!!!学霸都去屎,,,,,

人就像刺猬，离得越近，越容易伤害别人，也容易伤害自己。越是喜欢的也就越应该远离=。=



114 威望 | 7061 金币 | 2878 帖子

名人堂

哈工大电子设计联盟

云端的日子

积分 2552

6 846 750



发消息



积分 229

发消息

Apache V



114 威望 | 7061 金币 | 2878 帖子

名人堂

哈工大电子设计联盟



积分 2552



发消息

Apache V



114 威望 | 7061 金币 | 2878 帖子

名人堂

哈工大电子设计联盟



积分 2552



发消息

回复

举报



发表于 2013-12-1 12:23:43 | 只看该作者

10楼



都工作了还跑到观海来发帖

回复

举报



楼主 | 发表于 2013-12-1 12:27:09 | 只看该作者

11楼

学长 发表于 2013-12-1 08:25

电子设计联盟上的东西不支持下载了？

服务器没开FTP，资料转到威海的内网了

规格严格 功夫到家 军令如山 国之所托

哈工大电子设计联盟 www.hitee.net

专业维修核潜艇，核弹头翻新，改装，抛光，上蜡，回收二手航母，拆洗导弹，发动机，清洗航母油槽，航天飞机保养换三滤，卫星表面高空除尘保养，两极冰川修复，全球变暖自适应PID控制，反物质提取技术支持，热核聚变余热回收全国领先。批发歼10，F22，B2轰炸机，各种大型巡洋舰，单片机，电子元器件。全面接受预定

回复

举报



楼主 | 发表于 2013-12-1 12:27:37 | 只看该作者

12楼

灾变 发表于 2013-12-1 11:59

学霸!!!!!!学霸都去屎,,,,,

你见过挂科无数的学霸么.....

规格严格 功夫到家 军令如山 国之所托

哈工大电子设计联盟 www.hitee.net

专业维修核潜艇，核弹头翻新，改装，抛光，上蜡，回收二手航母，拆洗导弹，发动机，清洗航母油槽，航天飞机保养换三滤，卫星表面高空除尘保养，两极冰川修复，全球变暖自适应PID控制，反物质提取技术支持，热核聚变余热回收全国领先。批发歼10，F22，B2轰炸机，各种大型巡洋舰，单片机，电子元器件。全面接受预定

回复

举报



114 威望 | 7061 金币 | 2078 帖子

名人堂

哈工大电子设计联盟



积分 2552



发消息

云端的日子 



6 威望 | 846 金币 | 750 帖子

本科毕业



积分 229

发消息

和谐之风



51 威望 | 5849 金币 | 862 帖子

工程师

这个人很懒,什么都没有留下?貌似。。。



积分 1680

发消息

云端的日子 发表于 2013-12-1 12:23
都工作了还跑到观海来发帖

工作了也要找点乐趣嘛.....

规格严格 功夫到家 军令如山 国之所托
哈工大电子设计联盟 www.hitee.net

专业维修核潜艇,核弹头翻新,改装,抛光,上蜡,回收二手航母,拆洗导弹,发动机,清洗航母油槽,航天飞机保养换三滤,卫星表面高空除尘保养,两极冰川修复,全球变暖自适应PID控制,反物质提取技术支持,热核聚变余热回收全国领先。批发歼10,F22,B2轰炸机,各种大型巡洋舰,单片机,电子元器件。全面接受预定

回复

举报

 发表于 2013-12-1 13:37:20 | 只看该作者

14楼

Apache 发表于 2013-12-1 12:31
工作了也要找点乐趣嘛.....

 说得好~

回复

举报

 发表于 2013-12-1 14:02:26 | 只看该作者

15楼

啊哈哈,终于咱们学校也有玩辉光电子管的了,点赞



伪鸟居新项目孵化中,ACG程序员招募中(ACG程序员到底是什么意思不明的东西啊喂!)



回复

举报





[发表回复](#)

[将此回复同步到](#)

☐ [回帖后跳转到最后一页](#)

[本版积分规则](#)

114

威望

7061

金币

2878

帖子

名人堂

哈工大电子设计联盟



积分

2552



[发消息](#)

[举报](#) | [Archiver](#) | [手机版](#) | [观海听涛论坛-哈尔滨工业大学（威海）](#)（[鲁ICP备06020633号](#)）
CNZZ

Powered by **Discuz!** X3.2© 2001-2013 Comsenz Inc. Skin by 恩斯道

GMT+8, 2017-5-6 20:07 , Processed in 0.305325 second(s), 67 queries , Gzip On, Memcache On.