

口袋电子系统实验核心板（AY-SEB Module） 用户手册

杭州艾研信息技术有限公司

2014 年 11 月

申明

杭州艾研信息技术有限公司保留随时对其产品进行修正、改进和完善的权利，同时也保留在不作任何通告的情况下，终止其任何一款产品的供应的权利。用户在下订单前应及时获取相关信息的最新版本，并验证这些信息是当前的和完整的。

可通过如下方式获取最新信息、技术资料和技术支持：

技术支持电话：0571-86134572

技术支持邮箱：support@hpati.com

产品&资料下载中心：<http://www.hpati.com/products/>

互动论坛：<http://www.hpati.com/bbs/forum.php>

公司地址：浙江省杭州市西湖区留和路16号新峰商务楼B306

口袋电子系统实验核心板（AY-SEB Module）

用户手册

1 概述

如图 1 所示，综合实验板分独立的 6 个模块设计，包括 1 个核心板和 5 个外围模拟实验板。

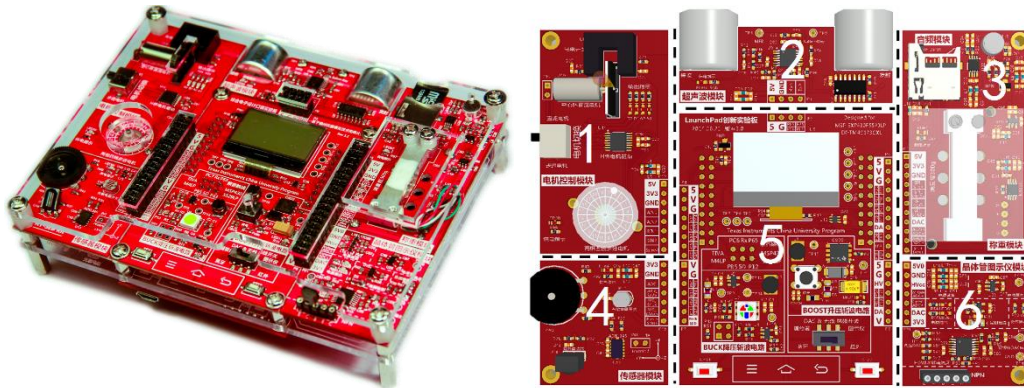


图 1 分模块化设计的模拟实验平台

- 1) 实验板分割为互相独立的 6 块，5 块外围模块（需另行订购）通过对插跳线与核心板相连。
- 2) 5 号核心板提供了 COG 显示、机械/触摸按键、BUCK、BOOST、DAC 输出等功能。
- 3) 1 号板为电机控制模块，提供步进电机、直流电机实验。
- 4) 2 号板为超声波模块，提供超声波测距实验功能，有源滤波器实验功能。
- 5) 3 号板为音频/称重模块，提供音频录放和电子称实验功能。
- 6) 4 号板为传感器模块，提供光敏电阻背光控制，红外遥控、三轴加速度传感器实验功能。
- 7) 6 号板为晶体管图示仪模块，提供了晶体管图示仪的实验功能。

2 核心板开关跳线说明

由于 LaunchPad 的 BoostPack 规范中没有统一的比较器 IO 定义，所以核心板针对 5529LP 和 M4LP 设计了比较器 IO 兼容跳线，如图 2 所示。

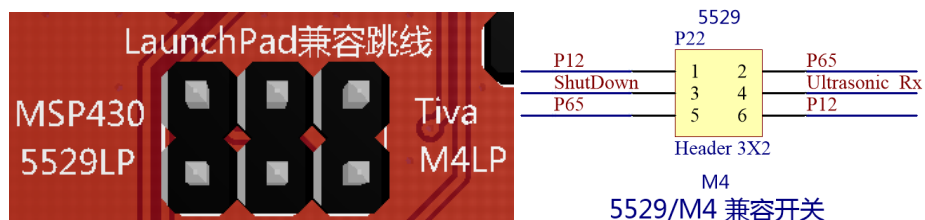


图 2 比较器 IO 兼容跳线

- 1) 对于 5529LP 来说 P6.5 为比较器输入引脚，而对于 M4LP 则是 PC7 引脚，两者不在 LaunchPad BoostPack 的同一位置，所以需要使用跳线。

2) 跳线的位置在核心板的背面，插好特定的 LaunchPad 之后，就无需再调整。

一般单片机内部都没有集成 DAC 功能，所以在核心板上扩展了 1 个 12 位串行 DAC 芯片(DAC7311)。DAC 芯片仅有单路输出，而外围模块中有两个实验单元需要用到模拟输出：

- 1) “3 号板”的音频单元中，需要单片机控制 DAC 输出模拟音频信号来播放音乐。
- 2) “6 号板”的晶体管图示仪中，DAC 控制 HOWLAND 压控电流源，提供晶体管阶梯基极电流。

实验板可再插选配件 CC256x 低功耗蓝牙模块（需另行订购）进行再次扩展，如图 3 所示。实验板 P1.6 引脚所接的红外输入信号（传感器模块）与蓝牙板的 BoostPack 对应引脚冲突，所以使用蓝牙模块时，P1.6 需要与红外板断开。



图 3 插上蓝牙模块的实验板

综合 DAC 和蓝牙需要，采用了 1 个双刀双掷贴片开关，如图 4 所示。



图 4 DAC 输出及蓝牙兼容开关

3 硬件原理

核心板负责直接与 LaunchPad 相连，将单片机 IO 中继到外围的 5 个模块上。此外核心板还提供了显示、按键等人机交互功能，斩波电源实验功能以及扩展出 1 个 12 位的 DAC 供外围模块使用。

3.1 外围接口

如图 5 所示为核心板和 LanuchPad 对插的接口定义，标注自内向外依次为 5529LP 的 IO 标号、M4LP 的 IO 标号和 LaunchPad Boost Pack 标准功能定义。

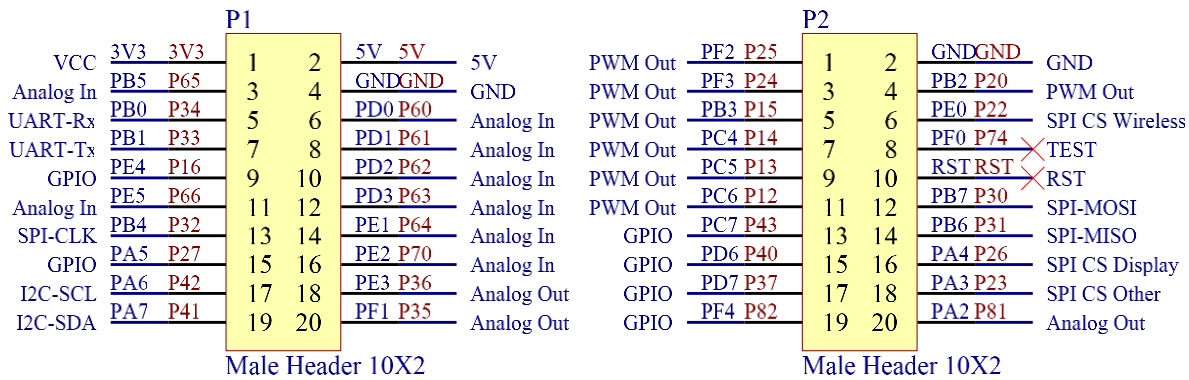


图 5 LaunchPad Boost Pack 接口定义

如图 6 所示为核心板与外围模拟模块连接的接口定义。按方位排列，左侧接口为电机板和传感器板接口，上侧为超声波板接口，右侧为音频/称重板和晶体管图示仪板接口。

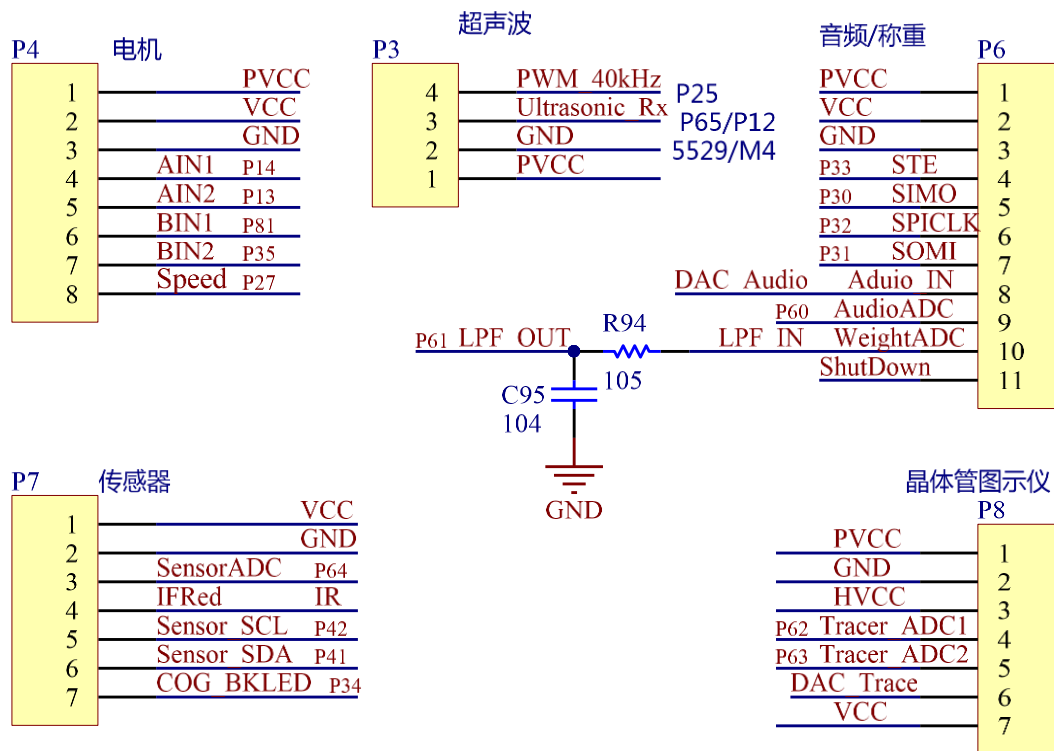


图 6 连接外围模块的接口定义

3.2 COG 点阵显示屏

COG 点阵屏的分辨率为128×64，硬件连接原理图如图7所示，共占用6个 GPIO。图7中 C₁₁、C₁₂、R₁₆、C₁₄为说明书中标准电路配置，无需深究。R₁₃为背光 LED 的限流电阻，背光控制由 PNP 三极管实现，三极管的基极 COG_BKLED 端同时连接 P34和光敏电阻电路（光敏电阻位于传感器板）。当 P34设为高阻时，背光亮亮度将由光敏电阻控制。当 P34设为输出时，背光将由 P34直接控制。

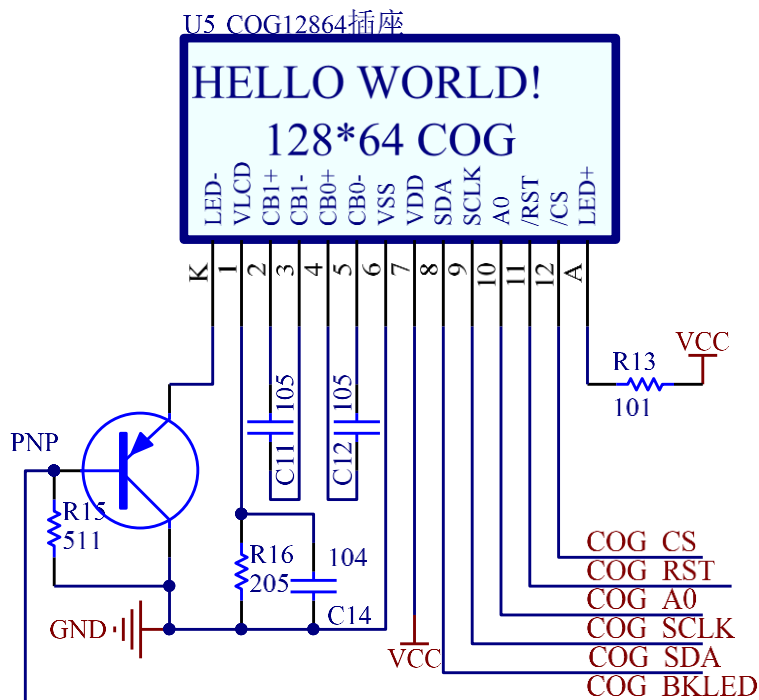


图 7 COG 点阵液晶原理图

COG 点阵液晶内部主控芯片为 ST7567，采用类似 SPI 协议的串行接口控制，本身不带字库：

- 1) COG_RST 引脚作上电复位用途，正常工作以后无需控制，但是频繁进行仿真调试时，宜使用 IO 控制复位。节省 1 个 IO 口，使用阻容复位电路会带来极大不便，因为仿真器能复位单片机，却不能复位 COG 屏幕。
- 2) COG_CS 是片选信号，每次数据或指令通信完毕，需要拉低拉高一次。
- 3) COG_A0 是数据命令选择端，低电平表示传输的是数据，高电平表示传输的是命令。
- 4) COG_SCLK 是时钟线，上升沿有效。
- 5) COG_SDA 为数据线，只能写不能读，无法读取 COG 内部显存数据。所以单片机必须另外用 1KB 的 RAM 来“映射”COG 内部的显存，否则就会由于“记性不好”，无法按像素点操作屏幕显示。
- 6) COG_BKLED 为屏幕背光控制 IO，低电平背光亮，高电平背光灭。当连接有“4 号板”（传感器模块）的时候，该 IO 可以高阻输出，改由光敏电阻自动背光控制。

COG 显示电路涉及的 IO 如表 1 所示：

表1 COG 屏控制引脚列表

信号名称	功能	5529LP 引脚	M4LP 引脚	IO 描述
COG_RST	复位	P36	PE3	GPIO
COG_CS	片选	P43	PC7	GPIO
COG_A0	数据/命令选择	P40	PD6	GPIO
COG_SCLK	时钟	P37	PD7	GPIO
COG_SDA	数据	P82	PF4	GPIO
COG_BKLED	背光控制	P34	PB0	GPIO

7) 为方便学习调试，5 个控制 IO（不含背光 IO）引出了测试点（TP8 至 TP12），测试点位于屏幕的右侧，如图 8 所示。

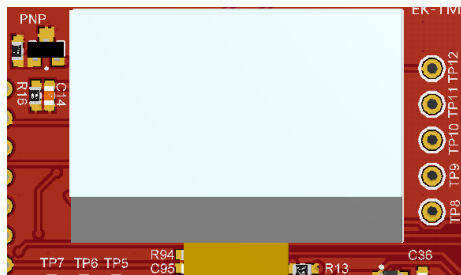


图 8 COG 屏控制 IO 的测试点

3.3 按键

核心板占用 2 个 IO 来充当功能选择按键，这样可以保证快速操作，如图 9 所示。

- 1) 机械按键和触摸按键共用 IO 口。MSP430 和 TivaM4 系列单片机均有内部可编程上下拉电阻，作为机械按键时，无需外接元件。
- 2) 作为触摸按键时，5529LP 的 IO 具有振荡功能，无需外接电阻，即可用振荡测频法实现触摸识别。M4LP 的 IO 需要外接 R_{80} ，用阻容充放电法来识别按键。为了兼容所有 LaunchPad，默认采用阻容充放电法来识别按键。

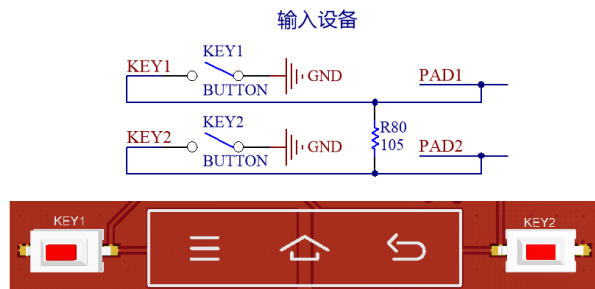


图 9 按键电路

按键电路涉及的 IO 如表 2 所示：

表 2 按键控制引脚列表

信号名称	功能	5529LP 引脚	M4LP 引脚	IO 描述
KEY1	按键	P26	PC7	振荡 IO/GPIO
KEY2	按键	P23	PE3	振荡 IO/GPIO

3.4 开关电源实验单元

为了更好的学习开关电源知识，核心板上的开关电源既有高性能的集成开关电源芯片的降压斩波电路，也有分立的元件构成的升压斩波电路。

3.4.1 BUCK 降压 LED 驱动电路

任何电路的输出均可以用电压表测到电压，均可以用电流表测得电流，那么到底该算是电流源还是电压源呢？

- 1) 改变负载，如果负载电压基本不变，那就是输出电压。
- 2) 改变负载，如果输出电流基本不变，那就是输出电流。
- 3) 改变负载，如果电流电压都变化很大，那就别当电源看待，光当成信号看待好了。

如图 10 和图 11 所示的 BUCK 电路，FB 所接位置不同，输出情况不同。

- 1) TPS62260 为 TI 推出的 BUCK 控制器，内部已集成了开关和续流二极管。其中续流二极管使用 MOSFET 同步整流实现，以提高效率。
- 2) TPS62260 内部的 V_{ref} 为 0.6V，所以无论何种接法，反馈的最终效果都是 $V_{FB}=V_{ref}=0.6V$ 。
- 3) 图 10 所示的接法，在忽略 I_{FB} 的条件下 (R_1 加上 R_2 小于 1M)，可得输出电压为 1.2V，与负载“无关”，所以这属于恒压输出。
- 4) 图 11 所示的接法中， R_1 上的电压为 0.6V，只要反馈稳定正常，无论负载 R_L “电阻”多大，都可以计算出负载电流为 6mA，所以这是恒流输出。

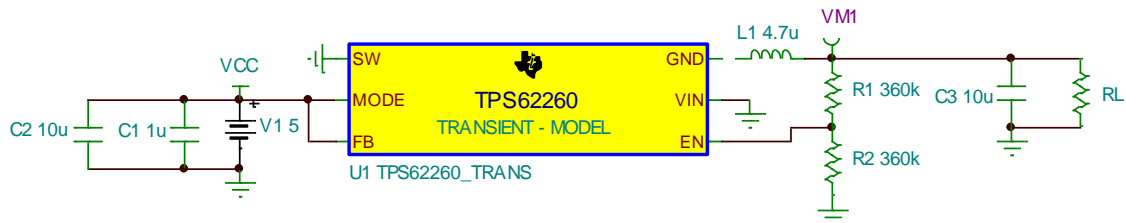


图 10 电压反馈的 BUCK 电路

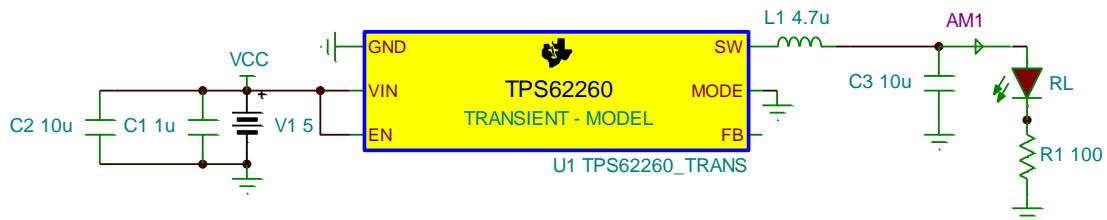


图 11 电流反馈的 BUCK 电路

驱动 LED 需要恒流模式，那如何引入数字调光呢？如图 12 所示：

- 1) R_5 电阻很小， R_1 和 R_2 的引入基本不影响 R_5 节点对地电阻。
- 2) DIMM_PWM 信号经 R_{99} 和 C_{99} 滤波后可以等效为一个幅值可调的直流电平，与 V_{R5} 做加法共同构成 V_{FB} 。
- 3) V_{FB} 是一定的，DIMM_PWM 占空比增加，则 V_{R5} 就要降低，LED 亮度就会降低，反之亦然。
- 4) 按图 12 接法，当 DIMM_PWM 占空比为 0 时， V_{R5} 将等于 V_{FB} ，LED 电流为 $600mV/20\Omega=30mA$ 。

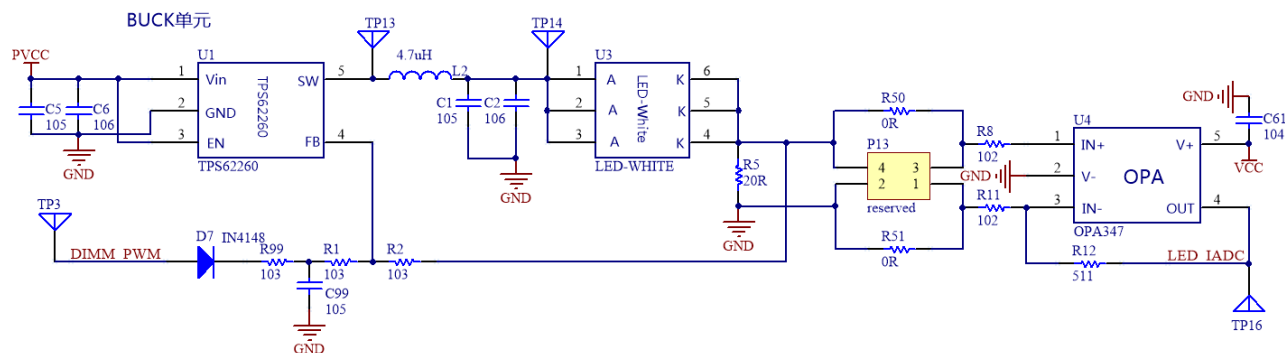


图 12 数字调光电路

图 12 中还引入了低侧电流检测电路：

- 1) R50、R51 默认焊接 0 欧电阻，将低侧电流检测电路引入核心板。也可拆除 R50 和 R51 后通过 P13 接线将 U4 运放电路挪作他用。P13 兼做测试点用途。
- 2) U4 构成同相放大电路，由于 R5 端电压最高为 600mV，所以同相放大电路的放大倍数仅取 1.5 倍以适应 ADC 量程。在通常的检流电路中，R5 电压都很小，这时放大倍数应相应增大。

BUCK 降压 LED 调光电路涉及的 IO 如表 3 所示：

表 3 调光控制 IO 列表

信号名称	功能	5529LP 引脚	M4LP 引脚	IO 描述
DIMM_PWM	LED 调光	P20	PB2	PWM OUT

3.4.2 BOOST 升压电路

核心板上的升压斩波电路采用分立元件设计：

- 1) 升压斩波电路的开关管在低侧，小功率情况下，基本无需“驱动”。
- 2) 输出电压越低的电路越“在乎”二极管的管压降，降压斩波电路使用同步整流的情况较普遍。而升压电路一般采用肖特基二极管即可。

核心板上的 BOOST 电路如图 13 所示：

- 1) BOOST 电路输出电压为 H_{VCC} ，负载为“6 号板”晶体管图示单元的待测晶体管集电极。
- 2) 默认使用按键作为保护电路，确定一定以及肯定使用 BOOST 电路时，才按下按键，松手即断电。
- 3) D_8 为额外引入的二极管，目的是当 SW 突然断开时，给电感电流提供续流回路，避免产生“高压”。
- 4) 电感值 L_1 与 PWM 开关频率有关，频率高则电感低，具体可根据示波器实测开关电压波形来设计。
- 5) 二极管 D_1 选择肖特基二极管 1N5819，导通压降虽不如同步整流 MOSFET 那么低，但优于快恢复二极管。
- 6) 滤波电容选择了 35V 耐压的 $10\mu F$ 钽电容和 $0.1\mu F$ 瓷片电容的组合。LED₁ 和 R₁₀ 即作为假负载使用避免 BOOST 空载高压，又可以作为 BOOST 输出指示，一举两得。
- 7) 栅极电阻 R_7 在实验板上默认焊接了 $10k\Omega$ 。虽然栅极电阻越小驱动效果越好，但是在合适的开关频率下，即使 $10k\Omega$ 的 R_7 依然能可靠驱动 MOSFET。实验时，可更换 R_7 以及改变开关频率以实验 MOSFET 驱动知识。

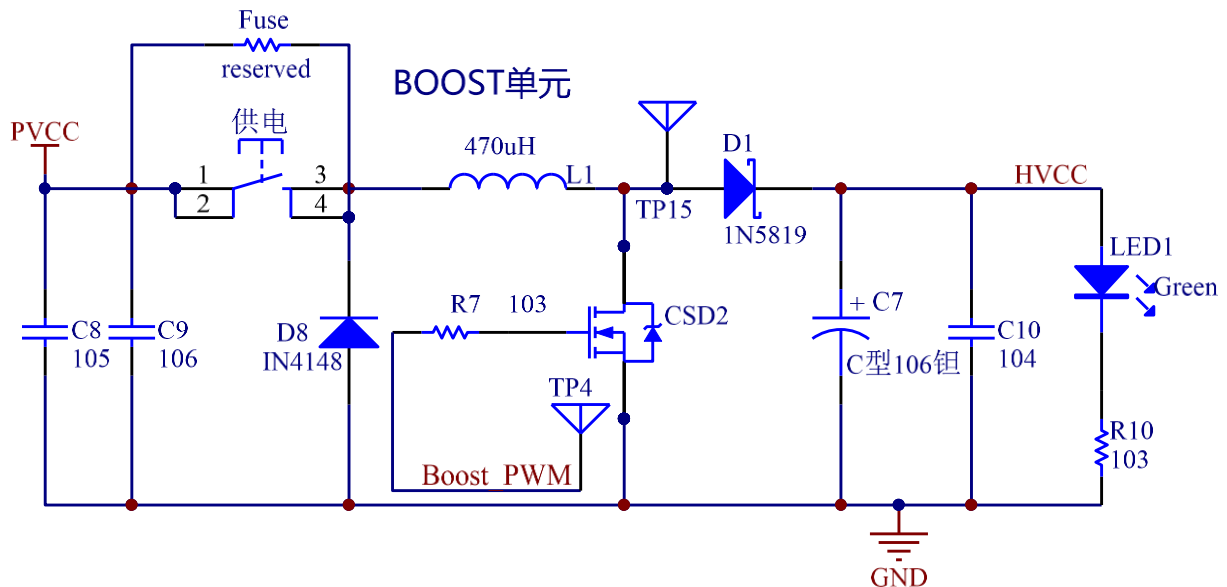


图 13 BOOST 升压电路

BOOST 升压电路所涉及的 IO 如表 4 所示：

表 4 BOOST 电路 IO 列表

信号名称	功能	5529LP 引脚	M4LP 引脚	IO 描述
BOOST_PWM	调压	P24	PF3	PWM OUT

3.5 DAC 单元

虽然大部分单片机中都不带 DAC，但是 DAC 却是非常有用及有趣的元件，因为只有模拟输出人才可以“切身”感受。核心板使用 12 位串行 DAC 型号是 DAC7311，基于 SPI 协议控制。

- 1) DACxx11 系列串行 DAC 的外部电路都非常简单，只需要供电和去耦电容即可。
- 2) DAC8411、DAC8311、DAC7311 的位数分别为 16、14、12 位，针对 DAC8411 的程序代码可直接兼容后两个，它们的基准电压直接使用 VCC。

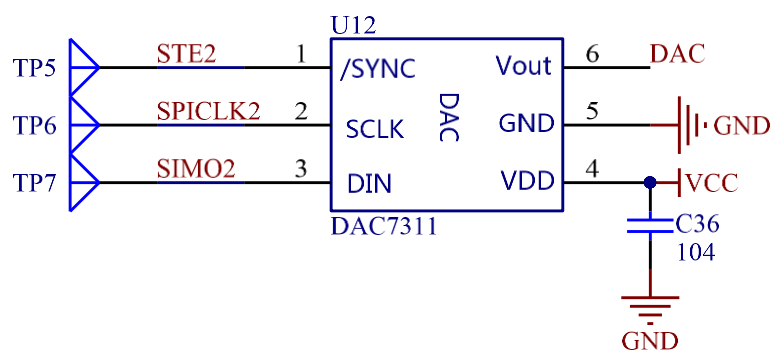


图 14 12 位串行 DAC

表 5 所示为 DAC7311 所使用的处理器 IO，均为普通 GPIO，也就是 DAC 是用软件 SPI 协议控制的，而且是单向通信，只需主发从收。

表 5 DAC 控制引脚列表

信号名称	功能	5529LP 引脚	M4LP 引脚	IO 描述
STE2	片选使能	P15	PB3	GPIO
SPICLK2	串行时钟	P66	PE5	GPIO
SIMO2	数据线	P22	PE0	GPIO

实验板上有两个模块需要 DAC，分别是播放器的模拟信号输入和晶体管图示仪中压控电流源的压控端，使用拨档开关进行选择，在前面的小节已有说明。

4 核心板测试程序

在艾研信息网站 (<http://www.hpati.com/>) 上既提供了核心板搭配外围模拟模块的综合实验例程，也提供了单独核心板的测试程序。核心实验板如图 15 所示，底板丝印层标注有各外围模块原理框图。

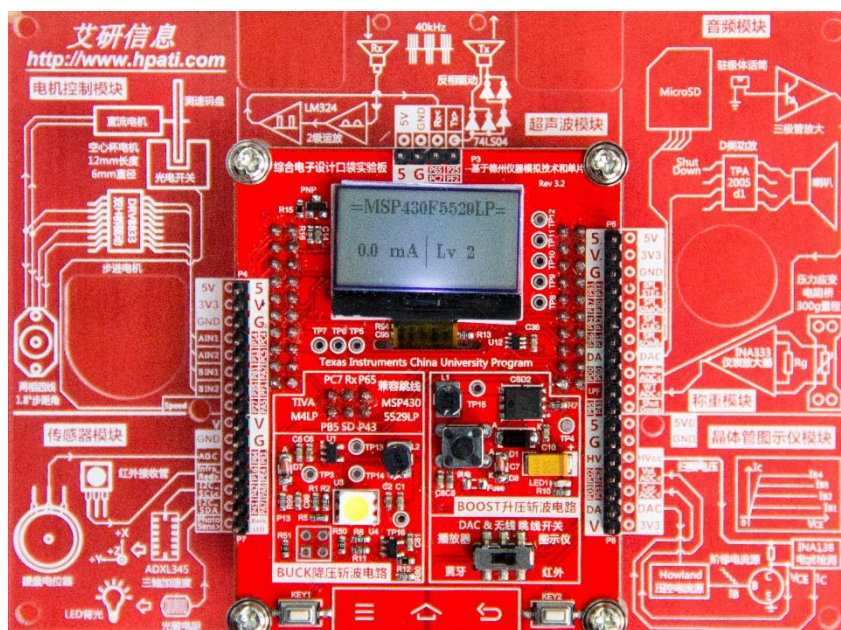


图 15 核心实验板

将核心板对应的跳线与开关拨到正确位置，再将实验核心板与 launchpad 正确对接，对 launchpad 通电，核心板会显示核心板测试程序界面（如图 16 所示）。

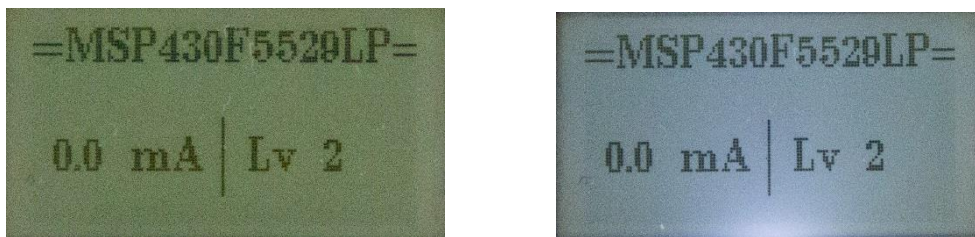

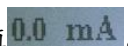







图 16 核心板测试程序界面

1) COG 屏幕背光通过触摸板控制，右侧触摸板  可以控制背光点亮，左侧触摸板  控制背光熄灭（如图 16 左右对比）。

2) 按左键 ，BUCK 电路白光 LED 灯亮度分档变化，屏幕左栏显示检测到的电流值 。

3) 按右键, 可控制 BOOST 电路输出的电压, 屏幕右栏显示电压等级 **Lv 2**。板上 LED11  作为负载可观察到明显的亮度变化。电路测试操作步骤为: 先按住 BOOST 电路的供电按键 , 然后按右键  改变电压输出, 观察 LED11 灯亮度的变化。

4) 用示波器观察核心板 DAC 的输出管脚 , 可观察到类似正弦波形状的阶梯波 (如图 17)。

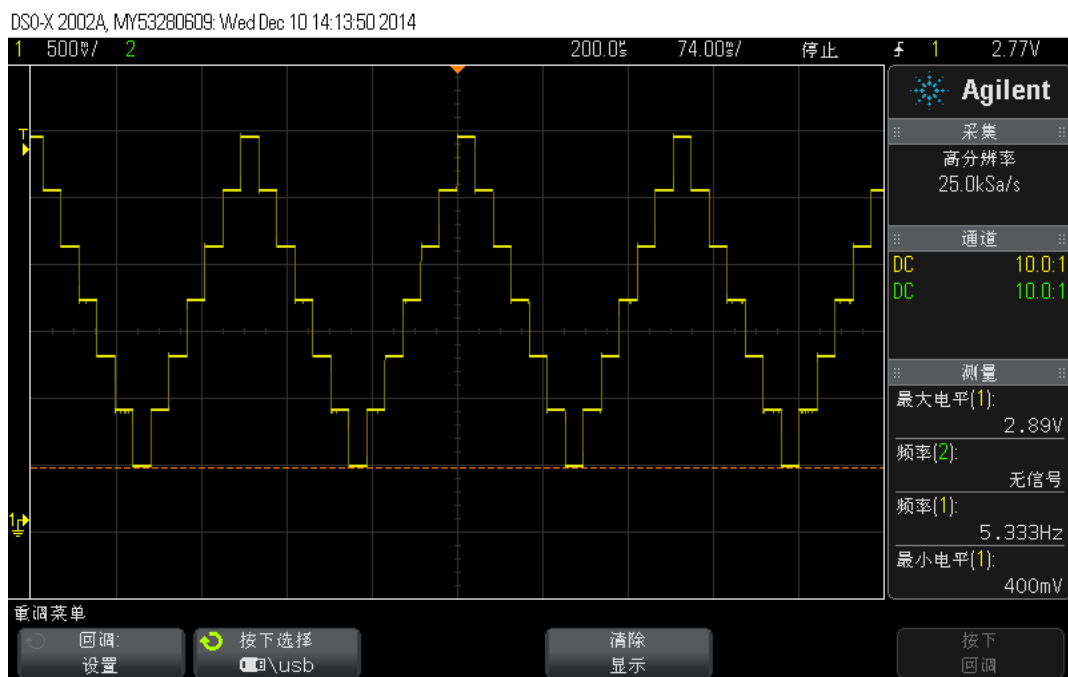


图 17 DAC 输出测试图

图 18 为核心板测试程序的流程图, 左图为主程序流程图, 右图为中断程序流程图。

