

口袋电子系统实验套件(AIY-SEB KIT)

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

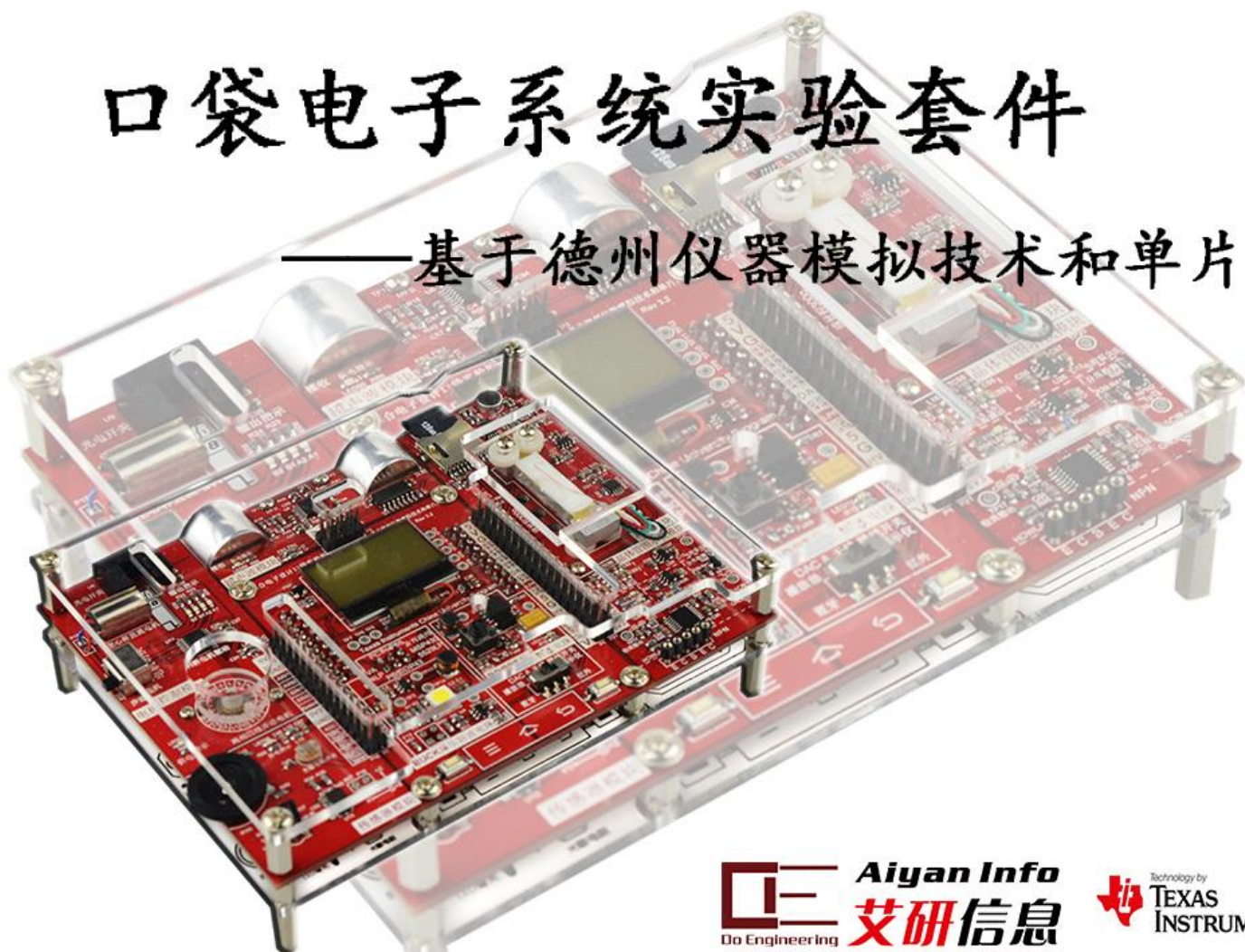
产品&资料下载中心：<http://www.hpati.com/products/>

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

口袋电子系统实验套件

——基于德州仪器模拟技术和单片机



 **Aigao Info**
Do Engineering **艾研信息**

 Technology by
TEXAS
INSTRUMENTS

杭州艾研信息技术有限公司

德州仪器半导体（上海）有限公司大学计划部

目 录

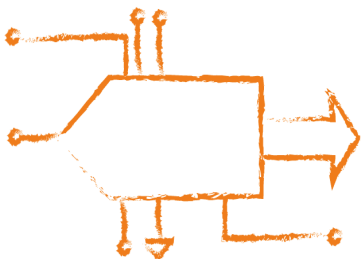
概述	2
分模块化设计的模拟实验平台	3
安装 LaunchPad	4
下载演示例程	5
烧录演示例程	6
人机交互菜单演示	8
直流电机与步进电机例程演示	10
超声波测距例程演示	12
LED 驱动例程演示	16
三轴加速度传感器例程演示	18
红外传感器例程演示	19
录音例程演示	20
电子称例程演示	23
晶体管图示仪例程演示	25
播放器例程演示	28
电容触摸按键例程演示	30
SPWM 例程演示	31
DAC 双极性输出例程演示	33

概述

综合电子设计实验平台涵盖从信号链、电源到电机控制的诸多方面，同时发挥单片机在人机交互方面的优势，生动有趣的学习模拟技术和单片机知识。

信号链

针对超声波、麦克风、压力应变三种传感器的微弱信号，分别采用通用运放电路、三极管放大电路和仪表放大器电路进行处理，全面学习模拟信号调理的知识。对于常见的数字类传感器信号、红外类传感器信号的处理也专门设计了实验。



电机控制

在有限大小的实验平台开发板上，精心设计直流电机测速反馈控制单元与步进电机开环控制的实验单元。

电源管理

设计了最常用的两种斩波电路BUCK斩波电路和B-OOST斩波电路。两个斩波电路分别使用集成芯片和分立MOSFET元件来构造，在功能上也分别为电流输出与电压输出，尽可能的学习电源管理的各方面知识。

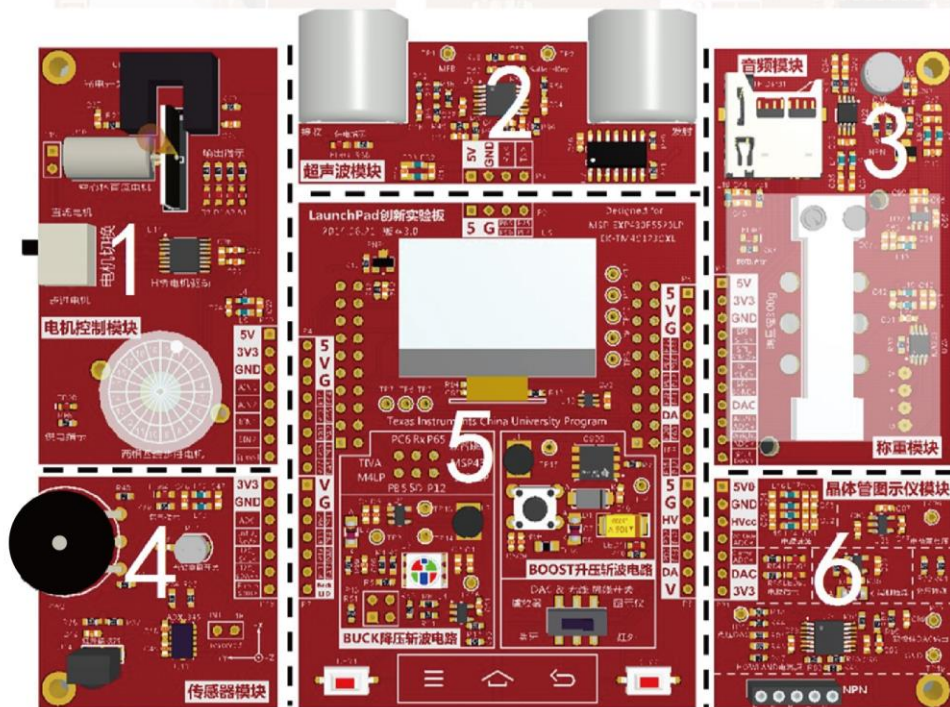


综合实验

综合实验部分选取了基于数控微电流源的晶体管图示仪，学习模拟仪表的设计知识。

分模块化设计的模拟实验平台

模拟板分独立的6个模块设计，包括1个核心板和5个外围模拟实验板。



为了方便使用，所有板卡连接跳线在背面进行了预连接(默认无需焊接排针插跳线帽)。如有必要，可隔断连线，焊接排针使用。



模拟实验板可以切割为互相独立的6块，5块外围模拟板通过对插跳线与核心板通过跳线相连：

1号板为电机控制模块，提供步进电机、直流电机实验功能。

2号板为超声波模块，提供超声波测距实验功能。

3号板为音频/称重模块，提供音频录制和电子称实验功能。

4号板为传感器模块，提供光敏电阻背光控制，红外遥控、三种加速度传感器实验功能。

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。

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。

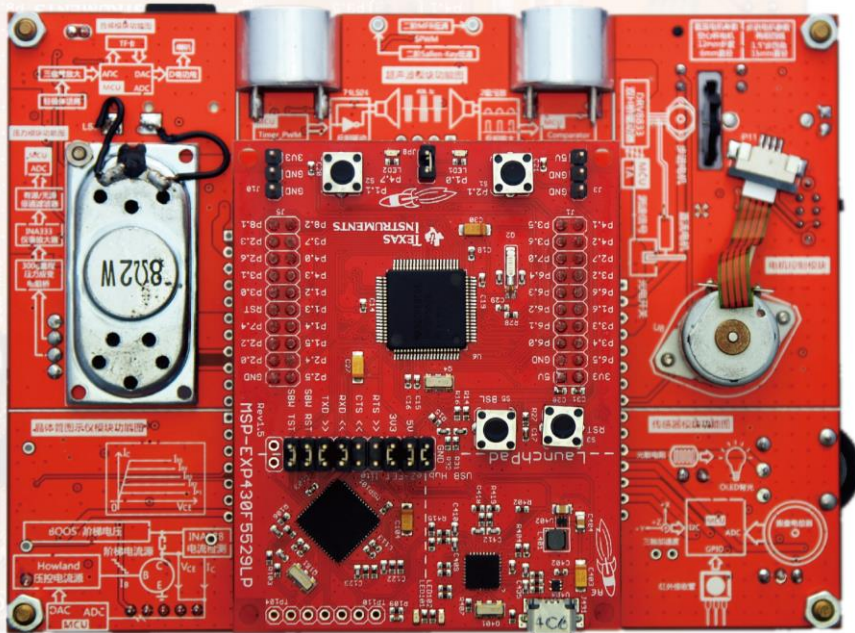
安装LaunchPad

综合电子设计实验平台（以下简称实验平台）兼容MSP-EXP430F5529LP（以下简称5529LP）和EK-TM4C123GXL（以下简称M4LP）。



左图所示，选择使用5529LP或M4LP后，需要将实验平台背面的兼容跳线插上跳线帽。以下讲解均以5529LP为例，跳线帽插上左侧两个（横插）。

设置好跳线之后，就可以将5529LP与实验平台进行对插，插好后的实验平台应为右图所示。5529LP上的各跳线帽保持默认状态即可。



下载演示过程

Aiyan Info
Do Engineering 艾研信息

1 资源中心

2 代码类

AY-SEB KIT 口袋电子系统实验套件

当前位置: 首页 > 资源中心 > 代码类

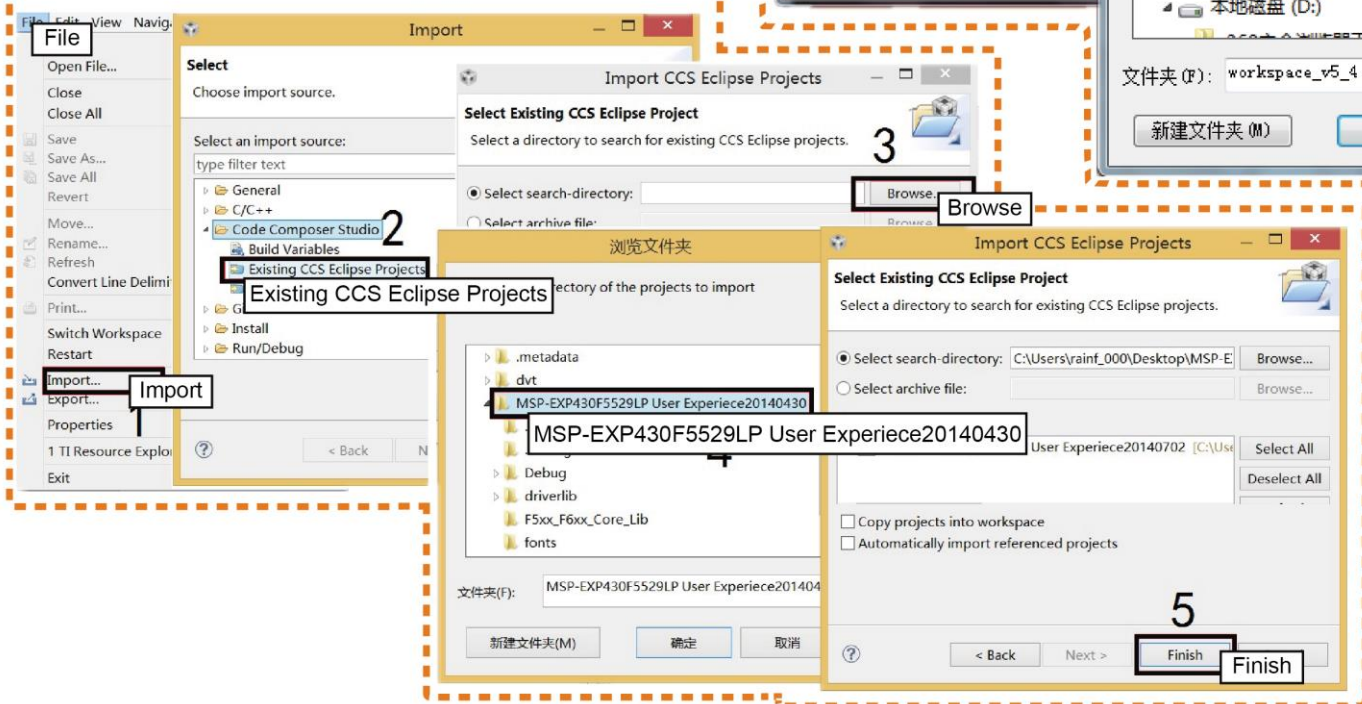
名称	大小	时间	权限	下载
AY-SEB Kit_例程_For_F5529LP_&_M4LP	2 MB	2014-12-12	公开	3 下载
AY-LDC1000_例程.rar	904 KB	2014-11-26	公开	下载
AY-G2 PL KIT_例程.rar	2 MB	2014-11-21	公开	下载
AY-CC2564 EVM_例程.rar	9 MB	2014-12-01	公开	下载
AY-MSE-Kit_例程_For_Tiva LP.rar	1 MB	2014-12-13	公开	下载

访问艾研信息网站<http://www.hpati.com/>
无需注册登录, 即可在资源中心下载演示例程。

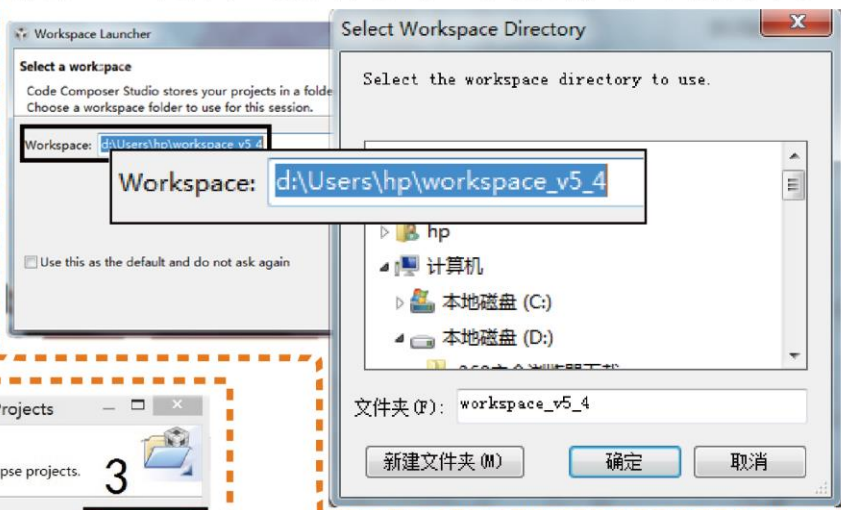
- 1 进入网站后鼠标放置资源中心出现下拉列表
- 2 在下拉列表框中选择代码类
- 3 在弹出的页面中选择需要下载的资源, 点击下载即可

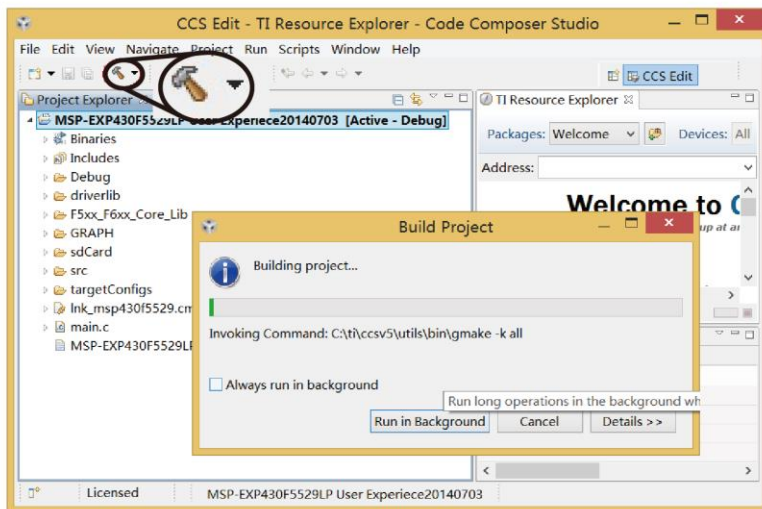
烧录演示例程



通过导入现有CCS工程的方法
添加演示例程工程，如下图所示。

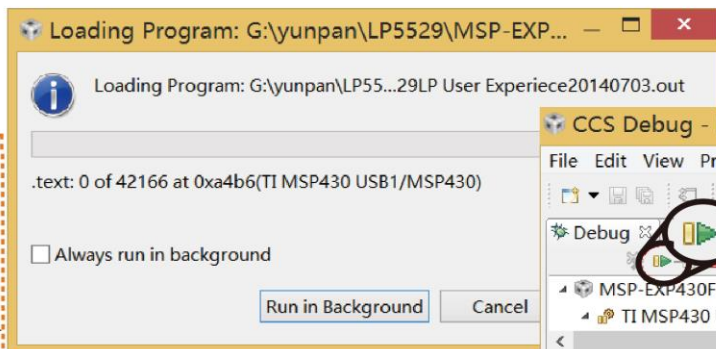


演示例程采用TI CCS编写，解压缩例程文件后，
打开CCS软件，选择自己的工作空间，如下图所示。



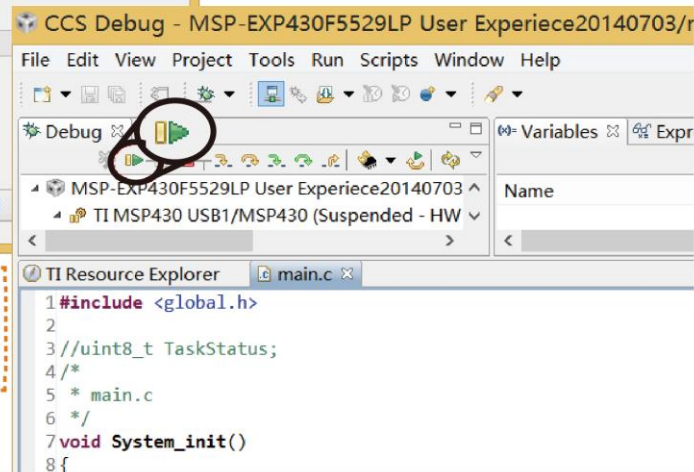


导入工程后，点击工程导航栏内的工程文件，激活工程(显示Active-Debug)，点击编译，等待编译通过。插上5529LP的microUSB点击进行下载，下载完成后，点击运行程序，如左图所示

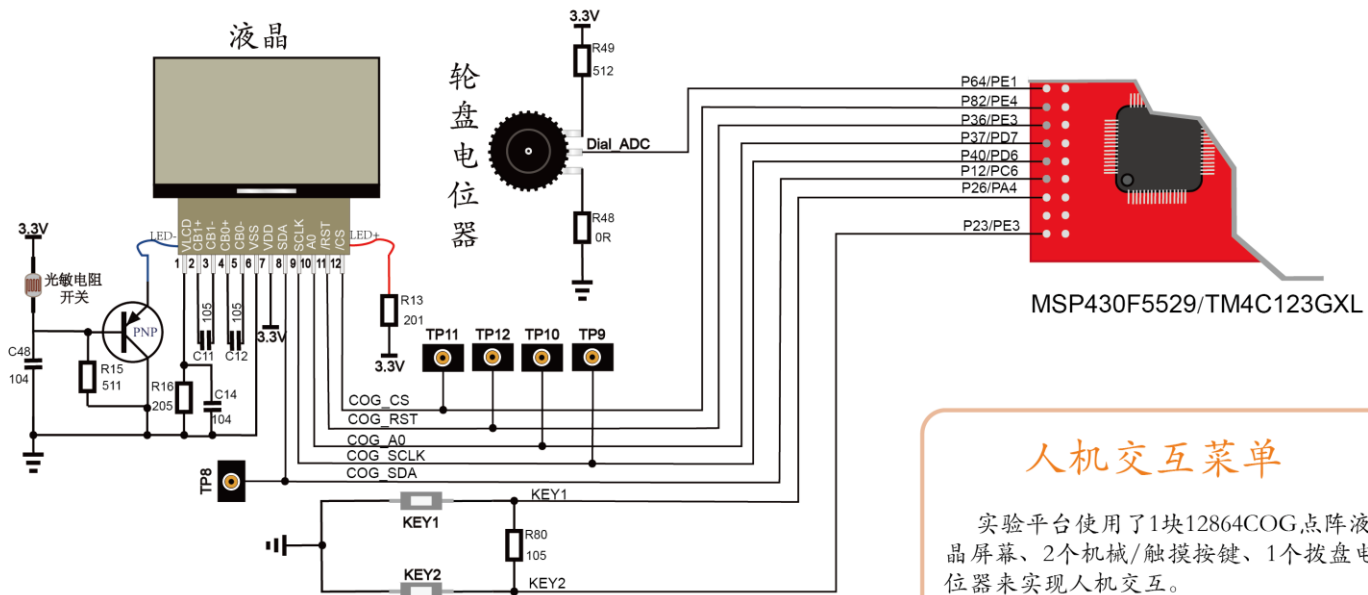


以后每次只要插上USB线，即可运行演示程序。有几点**注意**事项：

- (1) 下载程序的过程中，实验平台上的白光LED会以最大亮度点亮，注意不要直视。LED点亮的原因是控制LED亮度的IO口在下载程序时失控所致。
- (2) 5529LP供电的特殊设计，导致只有计算机的USB口才能给5529-LP供电，单纯的移动电源和其他类型的5V电源均不能给5529LP供电。



人机交互菜单演示



人机交互菜单

实验平台使用了1块12864COG点阵液晶屏幕、2个机械/触摸按键、1个拨盘电位器来实现人机交互。

COG屏幕控制芯片型号为ST7567，电路图如左图所示。R13、R15、PNP三极管和连接到传感器板的光敏电阻共同构成背光自动调节电路。

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。按键电路原理图如左图所示。机械按键和触摸按键共用IO口。MSP430和TivaM4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。

实验板上采用了轮盘电位器充当编码器“滚轮”使用。使用单片机ADC对电位器电压进行采样，就可以得出相应的键值，硬件原理图左图所示。

COG显示屏及按键控制IO列表

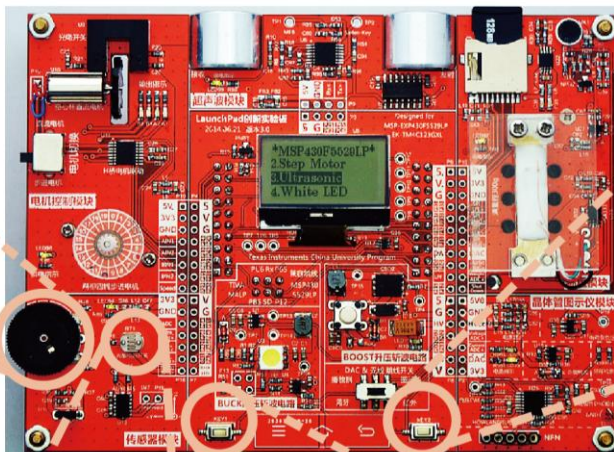
信号名称	功能	5529LP引脚	M4LP引脚	IO描述
COG_RST	复位	P36	PE3	GPIO
COG_SDA	片选	P12	PC7	GPIO
COG_SCLK	数据/命令选择	P40	PD6	GPIO
COG_A0	时钟	P37	PD7	GPIO
COG_CS	数据	P82	PF4	GPIO
KEY1	按键	P26	PA4	振荡 IO/GPIO
KEY2	按键	P23	PE3	振荡 IO/GPIO
Dial_ADC	电压测量	P64	PE1	ADC

人机交互菜单实验步骤及现象

1 上电后，5个模块指示灯点亮COG屏幕显示

3 滚动轮盘电位器，可观测到COG屏幕菜单变化。

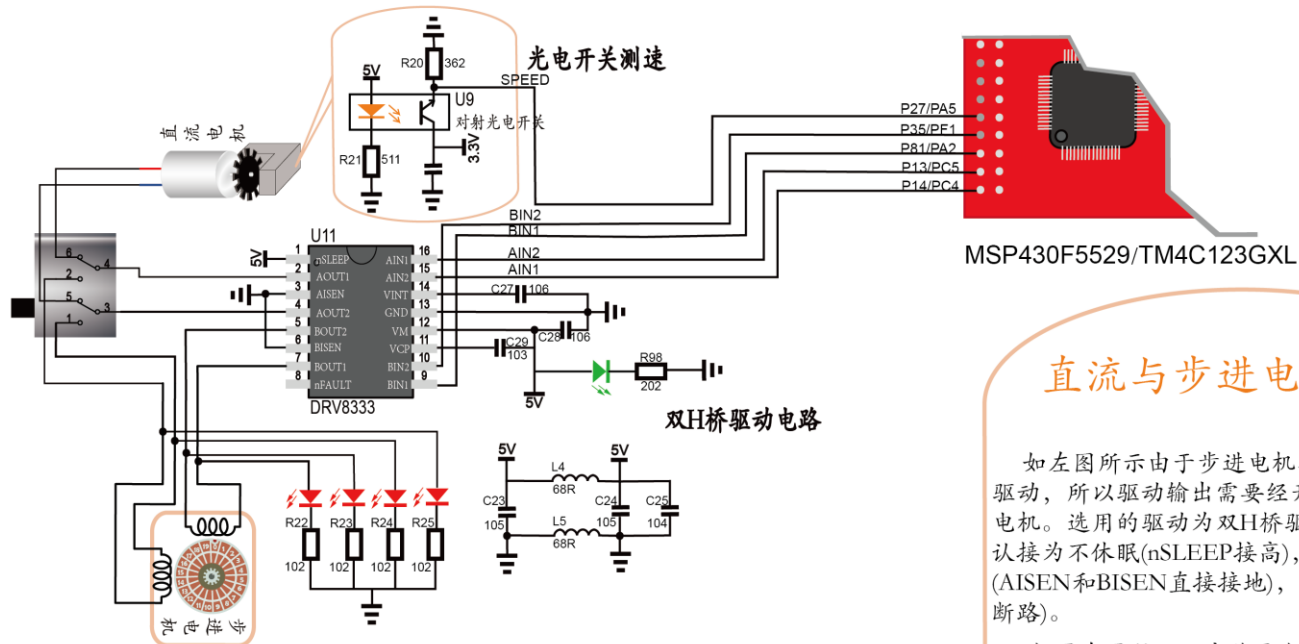
5 按下按键2退出实验子菜单。



2 遮挡光敏电阻（白圈中TF卡），可观察到屏幕背光的亮面变化

4 按下按键1进入某一实验子菜单

直流电机与步进电机例程演示



直流与步进电机模块

如左图所示由于步进电机与直流电机共用驱动，所以驱动输出需要经开关选择接入直流电机。选用的驱动为双H桥驱动DRV8333，默认接为不休眠(nSLEEP接高)，不检测电流(AISEN和BISEN直接接地)，不报警(nFAULT断路)。

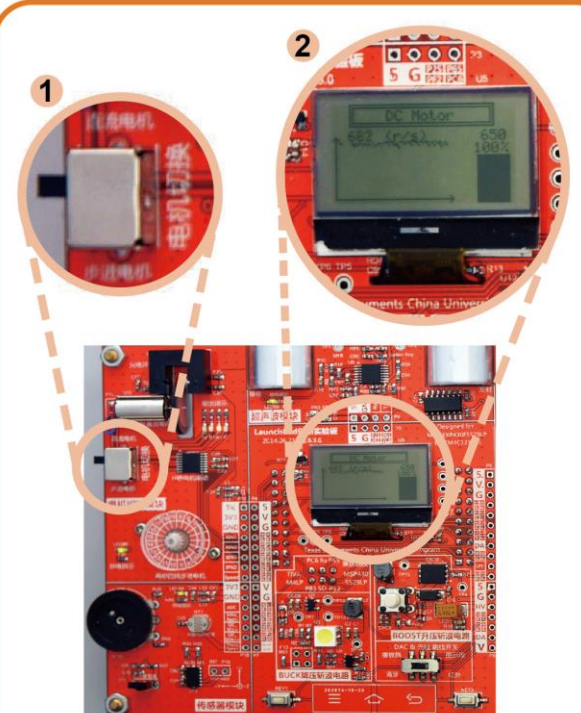
如图左图所示，实验平台采用对射式光电开关实现直流电机测速。光电开关的输出采用射随电路，R20的取值可以保证符合单片机IO的门限检测需求。

实验平台上的步进电机参数为2相4线，步进角 18° 。如左图所示，使用一个带孔的有机玻璃转盘来指示电机运行位置，电路板的丝印层相应印有0-19的刻度盘。为方便步进电机时序控制学习和排除故障，H桥驱动的4路输出分别接有LED指示。

H桥驱动及光电测速IO列表

信号名称	功能	5529LP引脚	M4LP引脚	IO 描述
AIN1	H 驱动输入	P14	PC4	PWM_OUT
AIN2	H 驱动输入	P13	PC5	PWM OUT
BIN1	H 驱动输入	P81	PA2	GPIO
BIN2	H 驱动输入	P35	PF1	GPIO
Speed	光电测速	P27	PA5	中断 GPIO

直流电机实验步骤及现象



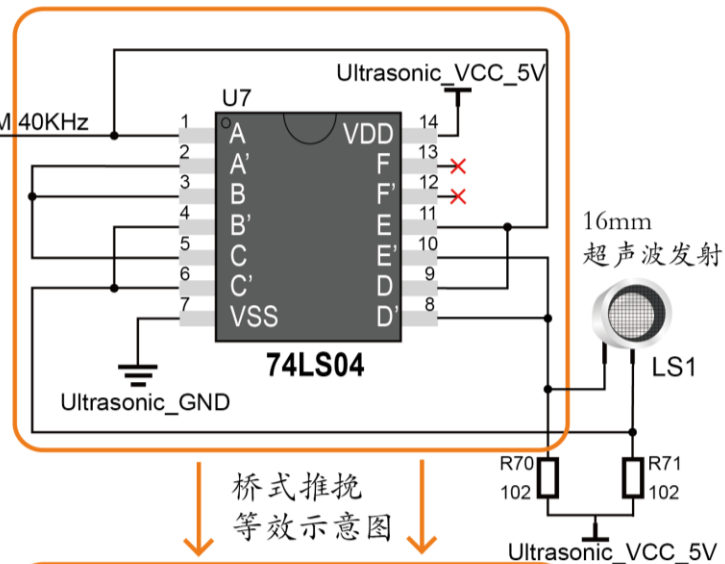
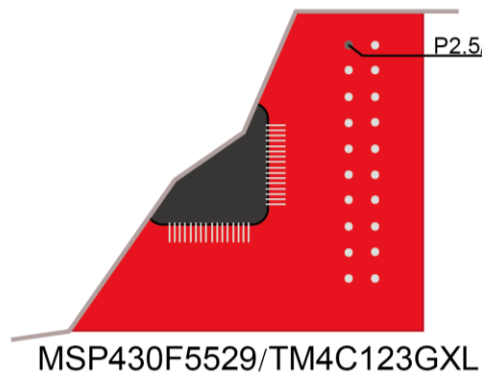
- 1 如 1 所示将电机切换开关置于直流电机档位。
- 2 滚轮选择菜单程序“1.DC Motor”，按KEY1进入直流电机演示程序。
- 3 通过上下转动滚轮调节电机转速，光电开关检测电机转速，并显示在如图 2 所示演示界面。如图，右侧分别为数字显示和柱状图显示当前转速。左侧为电机实际转速，实际转速的显示分为数字显示 (r/min) 和时域波形图 (坐标部分)。同时可观察到直流电机转动速度的变化。

步进电机实验步骤及现象

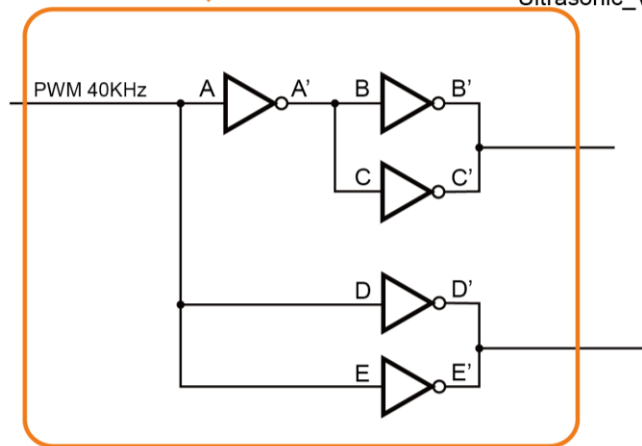


- 1 如 1 所示将电机切换开关置于步进电机档位。
- 2 滚轮选择菜单程序“2.DC Motor”，按KEY1进入直流电机演示程序。如图 2 右侧为设定转速，由轮盘电位器控制，采用柱状图显示。左侧为电机运转状态，由KEY1控制，默认状态为停止，每次按键后循环切换运行状态。中间最大的数字为刻度盘示数，0-19变化，对应实际步进电机转盘小孔指向的刻度。
- 3 上下转动滚轮，调节转速可见转盘转动速度的变化，无论以何种速度任意方向切换电机演示界面的数字如图 2 总与实际刻度盘读数如图 3 保持一致。H桥驱动的4路输出分别接有LED如图 4 指示步进电机时序控制。

超声波发射器等效原理图



桥式推挽
等效示意图

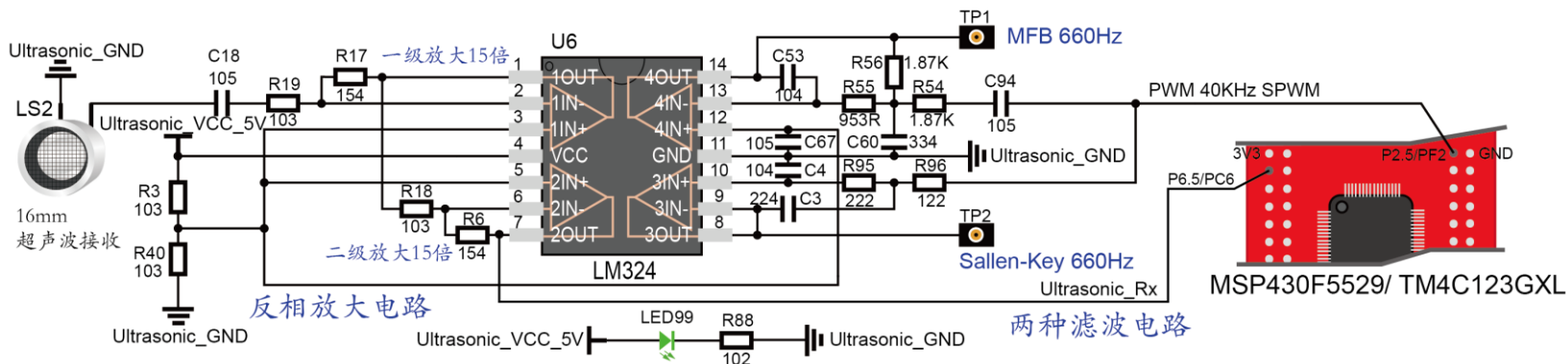


超声波发射所需的40KHz信号由Launchpad产生，一般使用定时器的PWM输出功能。（这里用5529LP的P2.5端口）

驱动超声波发射探头至少需要10Vpp电压，而实验平台的最高供电仅有5V。

如右图所示，可采用6反相器芯片74LS04构成桥式推挽，等效实现交流倍压效果。
使用其中5个反相器来构成正负5V驱动。

超声波接收器等效原理图



超声波接收探头相当于电阻值随声信号变化的电阻，需要外接多级放大电路才能将微弱的信号取出，再进入比较器变成数字信号供单片机处理。(这里为5529LP的P6.5端口)

只有反相放大电路才能给超声波接收探头以“激励”，运放同相放大电路是无法取出信号的。两级反相放大每一级的放大倍数均为15倍。

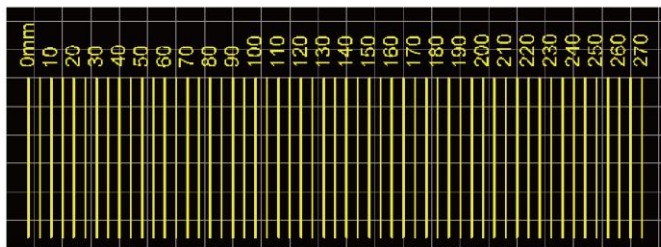
整个电路采用单电源供电，所以信号需要平移。利用R3和R40分压电阻获得 $0.5U_{\text{Ultrasonic_VCC}}$ 的直流平移电压，C67可以减小平移电压的纹波噪声。

C18的引入可以抵消直流偏移电压的放大倍数。

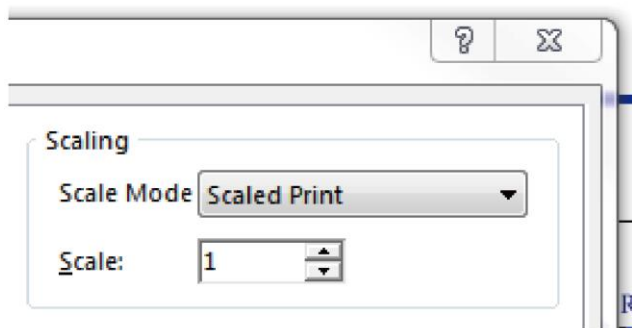
测距原理

1. 单片机通过PWM输出IO发出8个40kHz的超声波驱动信号。启动定时器开始计时。
2. 一段时间后，超声波接收探头收到反射信号，经放大后触发比较器门限，引发中断，单片机定时器停止计时。读出时间间隔T即为声音在空气中传播的2倍时长。
3. 根据空气中声音传播速度340m/s (25℃) 得出探测距离为170T。

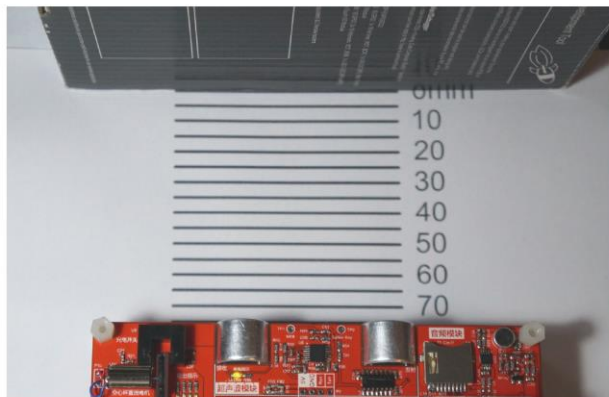
超声测距实验步骤



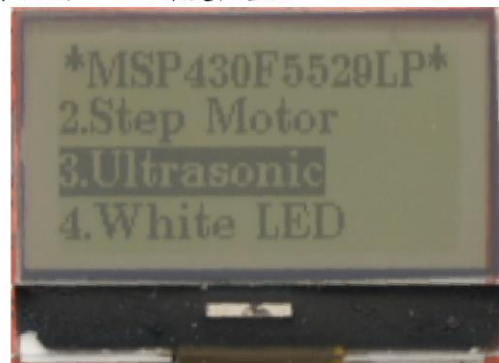
- 1 如图所示，利用PCB制图软件精确地画出一张标尺



- 2 如图所示，按1:1比例在A4白纸上打印出该标尺



- 3 如图所示，摆放一个垂直障碍物在A4白纸标尺的0mm刻度位置。



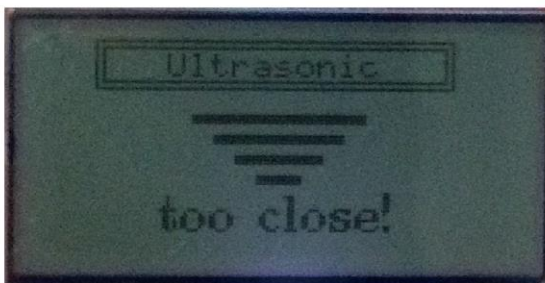
- 4 如图所示，滚轮选择菜单程序“3.Ultrasonic”按KEY1进入超声波演示程序

超声测距实验现象

按KEY2可退出超声测距演示界面，回到主菜单。



如图所示，进入超声波演示例程后可以观察到实验测距的精度

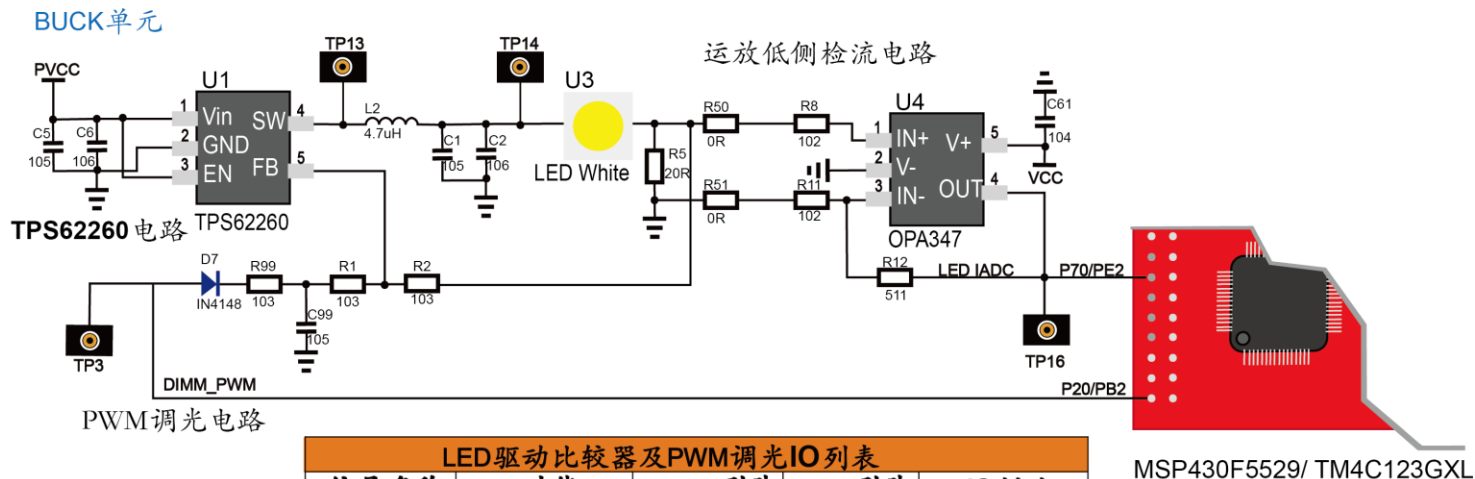


如图所示，当距离小于40mm时，COG屏幕显示“too close!”



如图所示，当距离大于200mm时，COG屏幕显示“out of range”

LED 驱动例程演示



LED驱动比较器及PWM调光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 输出
LED IADC	LED检流	P70	PE2	ADC输入

LED驱动模块

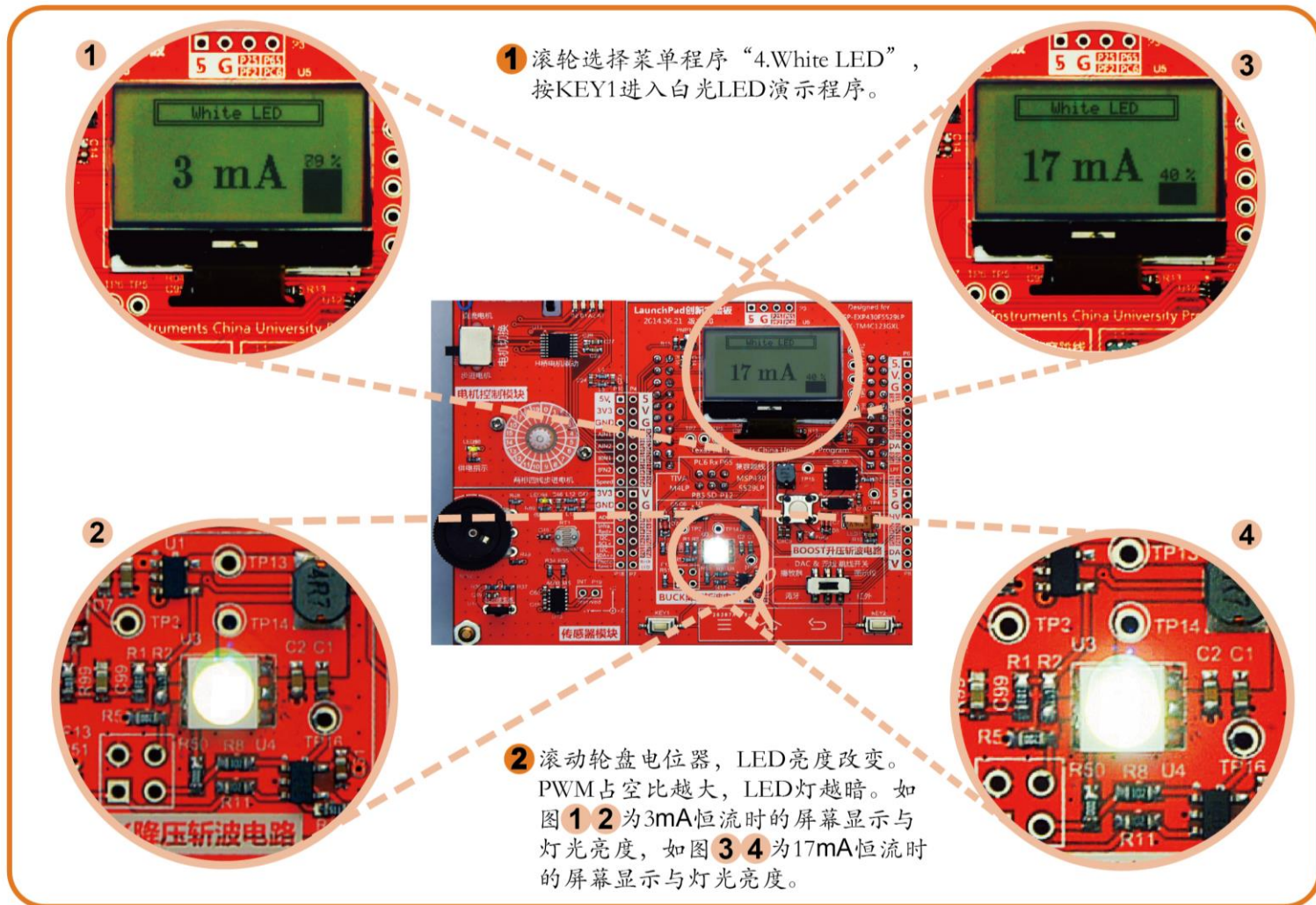
LED应采用恒流驱动，BUCK斩波电路反馈端的不同接法可以实现恒压输出或是恒流输出。FB所接位置不同，输出情况不同。TPS62260内部的Vref为0.6V，所以无论何种接法，反馈的最终效果都是 $V_{FB}=V_{ref}=0.6V$ 。实验平台采用集成BUCK斩波芯片TPS62260的恒流输出来实现LED驱动。

如上图所示为LED恒流驱动电路，根据图中R5电阻的取值，由 $V_{FB}=0.6V$ 可知，白光LED的驱动电流为30mA。测量出R5上的电压就可以实现检流，由于R5一端接地，所以可以采用普通运放进行单端放大后再进行ADC采样。运放OPA347采用同相比例放大接法，P13提供监测点，拆掉R50和R51后，运放OPA347可经P13引出作他用。R12取值510Ω，意味着放大倍数约为1.5倍。通常“检流电阻”上电压都很微弱，需要高放大倍数才能ADC采样，但R5处最大电压为0.6V，仅需很小的放大倍数即可ADC采样。

实验平台引入了数字调光：

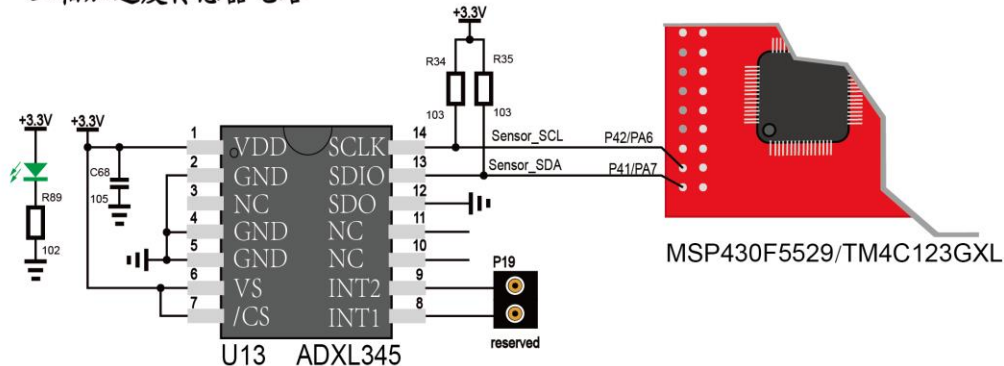
- 1) R5电阻很小，R1和R2的引入基本不影响R5节点对地电阻。
- 2) DIMM_PWM信号经R99和C99滤波后可以等效为一个幅值可调的直流电平，与VR5做加法共同构成VFB。
- 3) VFB是一定的，DIMM_PWM占空比增加，则VR5就要降低，LED亮度就会降低，反之亦然。
- 4) 按上图接法，当DIMM_PWM占空比为0时，VR5将等于VFB，LED电流为 $600mV/20\Omega=30mA$ 。

高亮LED驱动实验步骤及现象



三轴加速度传感器例程演示

三轴加速度传感器电路

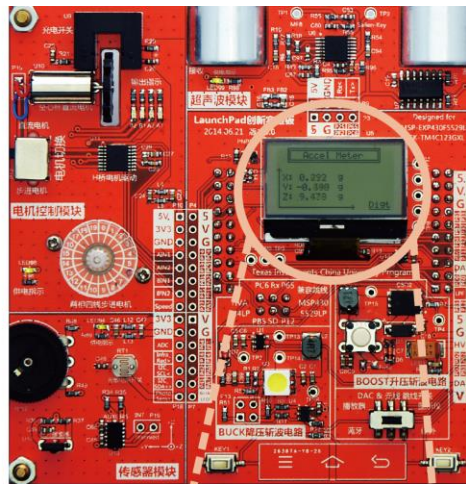


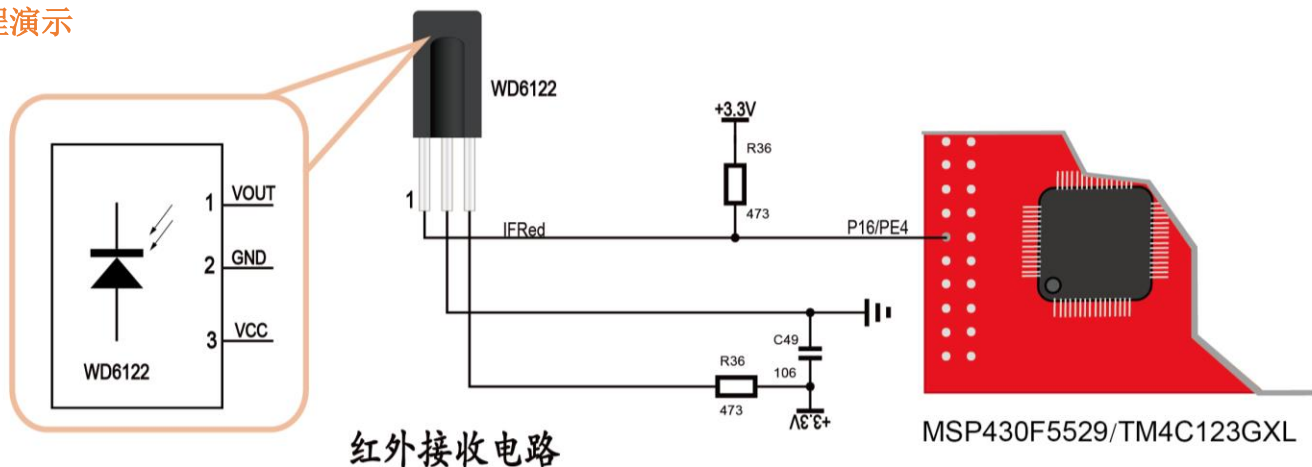
实验板上使用了基于I2C协议的ADXL345三轴加速度传感器。

- 1) 加速度传感器可以用于感知静态时板卡的倾斜角度，即重力加速度在X,Y,Z三轴方向上的重力压力。
- 2) 压力的方向如板上所标识。注意板卡运动时，人为附加的加速度会叠加在重力加速度上产生影响。

三轴加速度传感器实验步骤

- 1 理解原理图以后编写Launchpad代码，代码可参考网上资源。然后烧写代码。
- 2 滚轮选择菜单程序“5.Accel Meter”，按KEY1进入三轴加速度计演示程序。
- 3 滚动拨盘电位器可切换显示模式，柱状图代表的轮盘电位器取值被分成了4个档位。如右图所示，最低一级将直接数字化显示XYZ三轴的加速度值。
- 4 所示的第二档将显示X轴的加速度情况，按时域坐标轴显示。第三档为Y轴，第四档为Z轴。
- 5 实验完成以后，按KEY2退出界面，回到主菜单进行下一项实验。



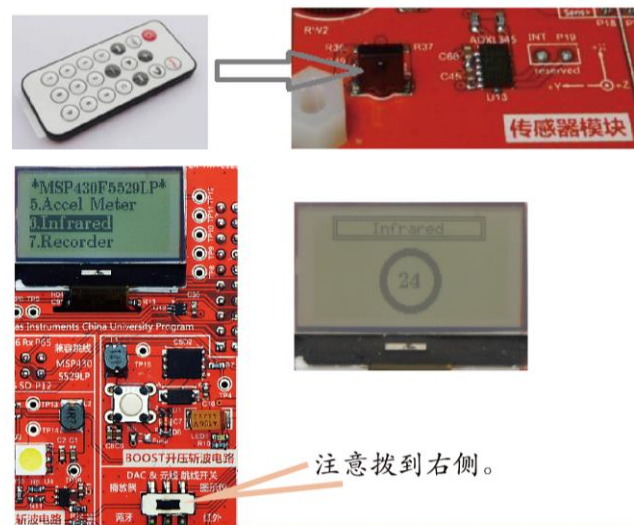


传感器板上所用的红外接收传感器的型号为HS0038，基本上任何940nm波长38kHz红外调制接收探头都是通用的。

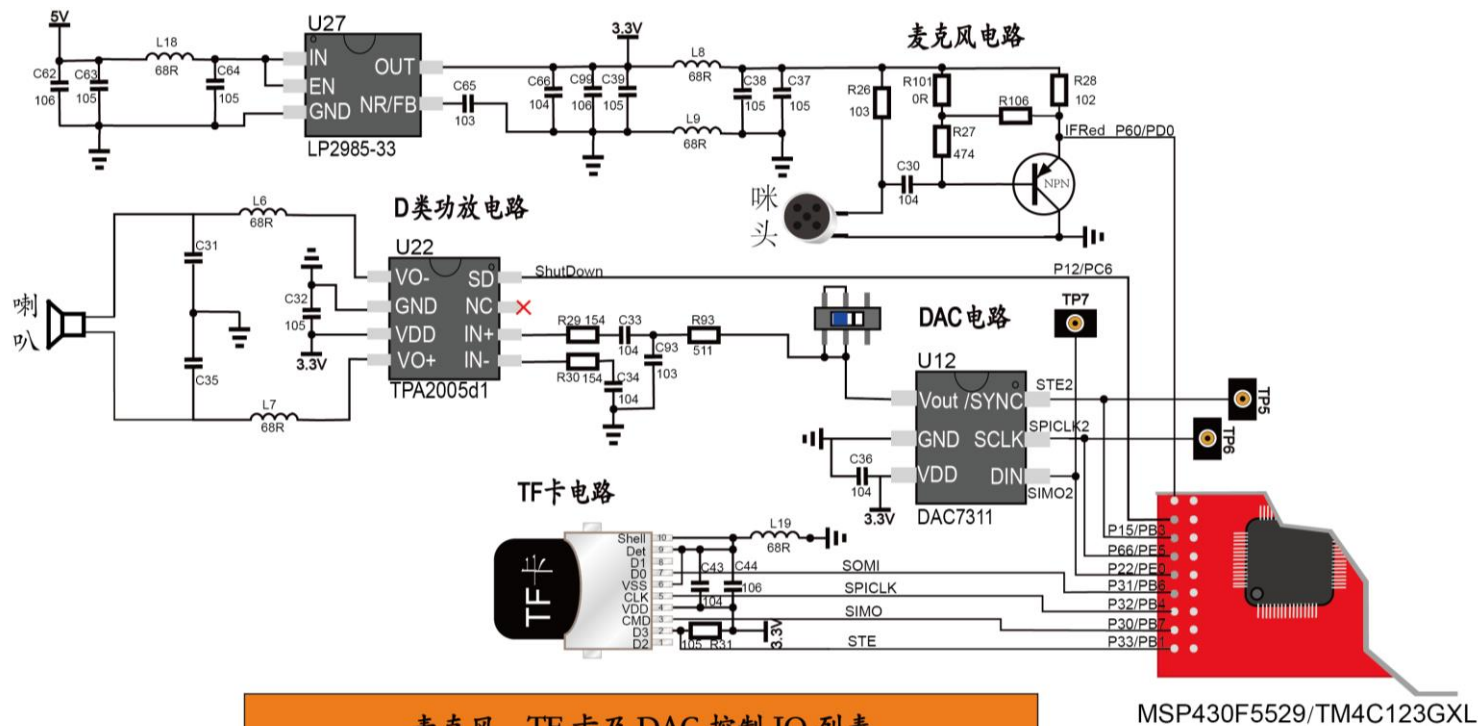
- 1) R36为输出级的上拉电阻，无论芯片内部是否已经有上拉电阻，外部接上拉电阻只会增大输出电流而不会改变输出逻辑。
- 2) R37是一个小阻值电阻，与C49配合后供电起到一定的滤波作用。由于内部含有模拟电路，所以红外传感器对供电要求较高。

红外传感器实验步骤

- 1 遥控器的红外编码芯片型号为WD6122，按说明书时序编写MCU代码。
- 2 滚轮选择菜单程序“6.Infrared”，将J2这个开关拨到右侧，按KEY1进入红外接收传感器演示程序。
- 3 用遥控器（选配件）对准红外接收传感器按下任意一个按键。
- 4 液晶所示的红外接收演示界面中，圆圈中的数字就是接收到的遥控器键值。（注意，显示的键值不是遥控器面板的印字，而是按键红外编码代表键值。）
- 5 实验完成以后，按KEY2退出红外接收演示界面，回到主菜单进行下一项实验。



录音例程演示



麦克风, TF 卡及 DAC 控制 IO 列表

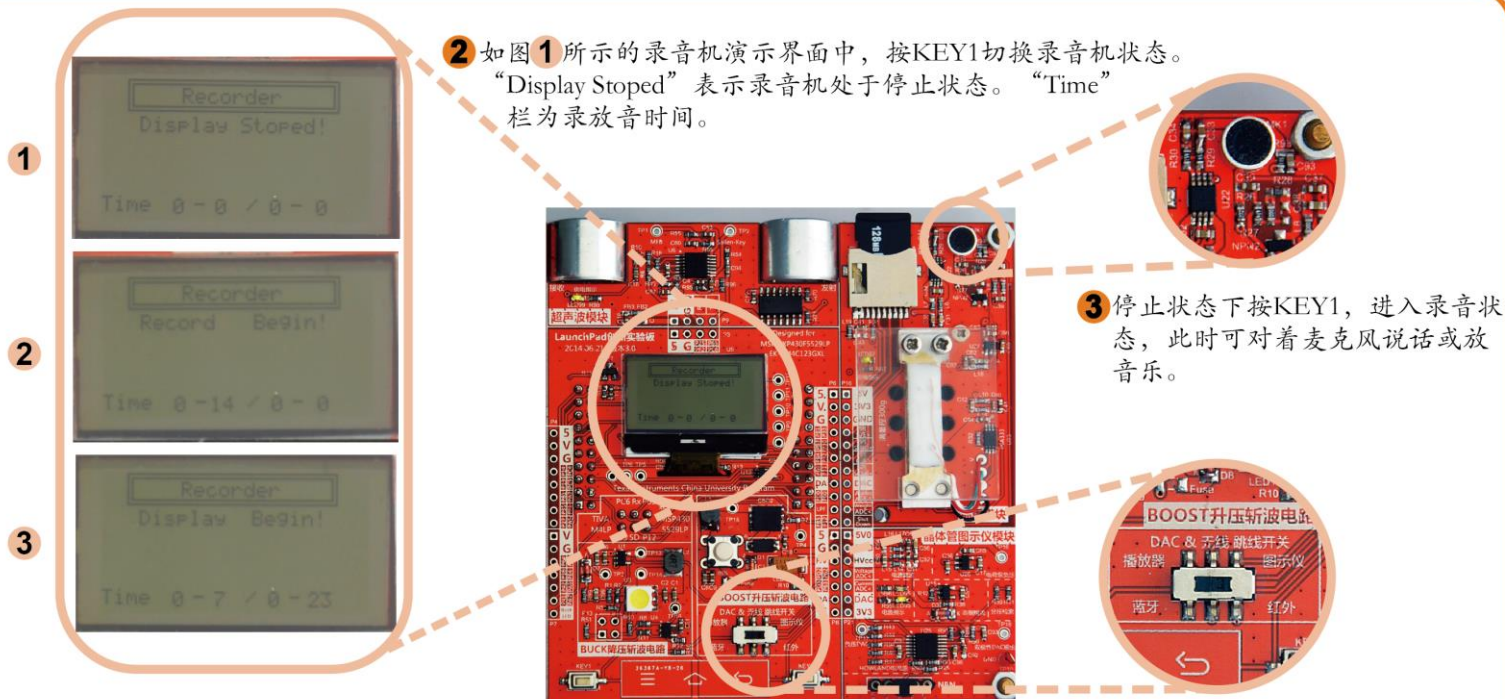
信号名称	功能	5529LP引脚	M4LP引脚	IO 描述
IFRed	红外传感器信号	P60	PD0	ADC
STE	片选使能	P33	PB1	GPIO
SIMO	从收主发数据线	P30	PB7	硬件 SPI 接口
SPICLK	时钟线	P32	PB4	硬件 SPI 接口
SOMI	从发主收数据线	P31	PB6	硬件 SPI 接口
STE2	片选使能	P15	PB3	GPIO
SPICLK2	串行时钟	P66	PE5	GPIO
SIMO2	数据线	P22	PE0	GPIO

MSP430F5529/TM4C123GXL

录音播放模块硬件原理

模块电路	电路原理
麦克风电路	<p>如上图所示是驻极体话筒放大电路，采用三极管进行信号放大。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) R101和R102是0Ω跳线电阻，只接一个。无论焊接哪一个电阻，三极管均构成共射放大电路。 2) R26与MK1驻极体话筒（俗称咪头）串联，它们的分压值就是声音电信号。信号经C30隔直耦合进入共射放大电路。
TF卡电路	<p>经三极管放大后的音频信号，进入单片机的ADC采样，采样信号使用TF卡来存储，使用SPI协议控制。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) TF卡也就是micro-SD卡，有两种工作模式，SD模式和SPI模式。使用单片机来控制SD卡一般用SPI模式。 2) 推荐使用FatFS文件系统来操作SD卡。
DAC电路	<p>录音回放所使用12位串行DAC型号是DAC7311，基于SPI协议控制。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。</p> <ol style="list-style-type: none"> 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的程序代码可直接用于后两个，它们的基准电压直接使用VCC。
D类功放电路	<p>创新板上所使用的TPA2005 D类功放，Aduio_IN来源于创新板上DAC输出。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) DAC输出信号首先经过R93、C93组成的低通滤波器滤波后进入功放芯片。 2) 图中L6、L7、C31、C35为芯片说明书中的一个标准参考设计，实际C31和C35不焊元件。L6和L7用0欧姆电阻代替。 3) 如上图所示为TPA2005的内部原理图，输入端由一个差动放大器组成，内部电阻值为150kΩ，按音频版板原理图中按单端输入来使用，根据取值放大倍数为2倍。 4) C33为音频应用中必须的隔直电容，直流分量输出到喇叭上会损坏喇叭。C34电容与C33对称，保证同相和. 反相输入阻抗一致。

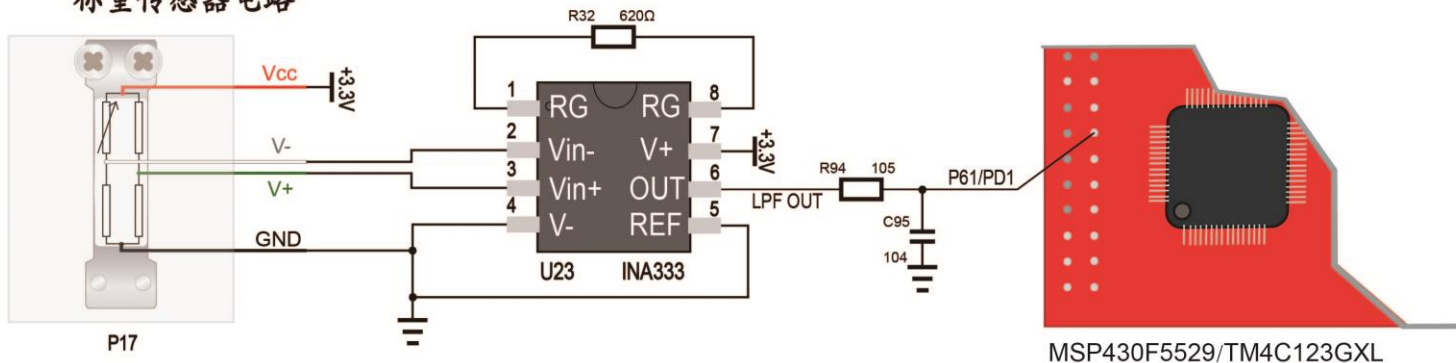
录音机实验步骤及现象



- 4** 如图**2**所示,演示界面显示“Record Begin!”,时间显示当前录音时间11秒(仍在继续)。
- 5** 录音状态下按KEY1,进入回放状态,喇叭发出声音,如图**3**所示。演示界面显示“Display Begin!”,时间显示当前录音总时间14秒,目前播放到第7秒。播放完成后,自动返回到图**1**所示的录音机停止界面。
- 6** 实验完成以后,按KEY2退出录音机演示界面,回到主菜单进行下一项实验。

电子称例程演示

称重传感器电路



实验平台采用压力传感器参数如右表格所示：

1) 右表中表明传感器满量程300g，正常电阻值1kΩ。

2) 输出灵敏度1mV/V的含义是满压力量程时，输出电压改变0.1%。

根据以上信息，可以画出该压力传感器的等效电路来。如右下角图所示的压力传感器输出信号可以说是最难“对付”的一种模拟信号。

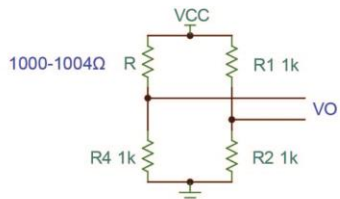
1) 信号变化微弱：电阻R的阻值随压力会在1000-1004Ω变化。VCC供电为3.3V，按300g量程计算，1g重量所引起的输出电压变化只有 $3.3\text{mV}/300=11\mu\text{V}$ ，如此微弱的信号起码要放大百倍以上才能有效采样。

2) 共模信号大：虽然差模信号极其微弱（ $11\mu\text{V}/\text{g}$ ），但是共模信号高达1.65V，要分辨出1g的信号，两者差15万倍，放大电路需要极高的CMRR。

3) 信号内阻高：传感器的等效内阻1kΩ，这意味着VO端即使带1MΩ负载，也会引起千分之一数量级的误差，影响g分辨率

压力传感器参数

参数(Technical)	单位(Unit)	数值(data)
量程	g	300
输出灵敏度	mV/V	1.0 ± 0.15
输入阻抗	Ω	1000 ± 5
输出阻抗	Ω	1000 ± 5



称重传感器实验步骤



- 1 理解原理图以后编写Launchpad代码，代码可参考网上资源。然后烧写代码。
- 2 滚轮选择菜单程序“8.Elec scale”，按KEY1进入电子称演示程序。



- 3 将滚轮滚至最上端，屏幕显示“make zero”，进入“归零”校准模式，也就是所谓的“去皮”。可以在电子称托盘上放上放上一张卡片，模拟“皮重”，按下KEY1，程序将把此时ADC值当成0g校验点。（也可不放卡片，空盘状态下按KEY1）



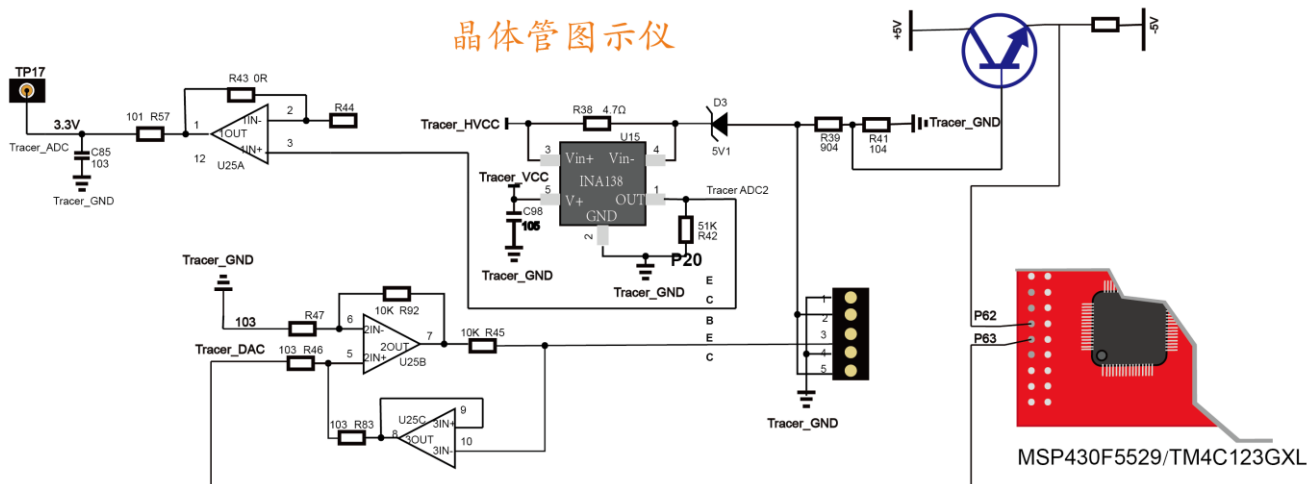
- 4 保留卡片，滚轮滚至中间位置，屏幕显示“put 1 yuan coin”，进入预设“砝码”校验模式，将1枚新版1元硬币放置于托盘上，按下KEY1键，程序将把此时ADC值当成6g校验点。



- 5 滚轮滚至最下端，屏幕显示“WEIGHTING”，进入称重模式，便可正常使用。

晶体管图示仪例程演示

晶体管图示仪



HOWLAND电流源IO 列表

信号名称	功能	5529LP引脚	M4LP引脚	IO 描述
	检测集电极电压	P62	PD2	ADC
		P63	PD3	ADC

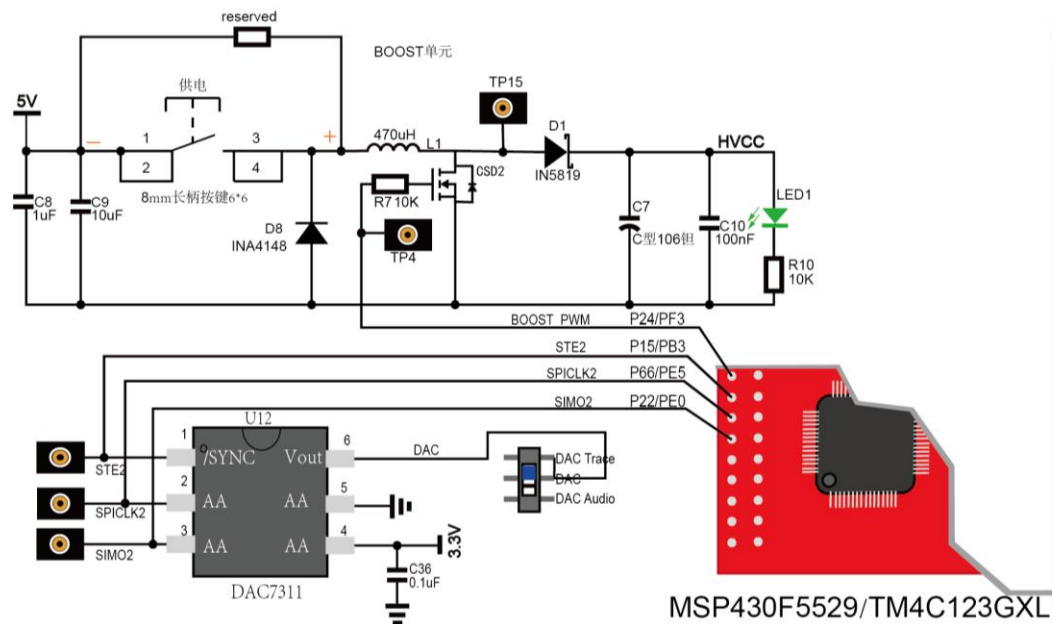
Tracer_ADC1

Tracer_ADC2 检测集电极电流

U25A反相比例放大电路，获取负压输出的DAC。U25D所示的同相比比例放大电路，获得正负均有的DAC，在反相输入端加入VCC即可起到平移输出电平的作用。

为了验证DAC双极性输出电路的性能，HOWLAND电路（U25B,U25C）采用反向输入接法，由TP17所在的DAC负压控制。P20代表NPN型三极管的接插口，HOWLAND电路的输出提供待测NPN三极管基极电流 I_B 。根据HOWLAND电路的计算公式， $I_B = -U_{TP17}/R_{45}$ 。

升压电路直接输出的电压HVCC将大于5V，所以需要串联5.1V稳压管D3进行降压，这样才能做到从0V开始扫描集电极电压。升压电路只管扫描输出渐变电压，具体的集电极电压由ADC通过R39和R41分压电阻采样得到。集电极电流检测采用高侧检流，使用专门的电流检测放大器INA138，输出给ADC采样。



BOOST及DAC模块 IO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
SPICK2	串行时钟	P66	PE5	GPIO
SIMO2	数据线	P22	PE0	GPIO
BOOST_PWM	调压	P24	PF3	PWM_OUT

1) BOOST电路输出电压为HVCC，负载为晶体管
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。
自恢复保险丝默认不焊。

3) D8为额外引入的二极管，目的是当BUTON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L1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D1选择肖特基二极管IN5819，导通压降虽
不如同步整流 MOSFET，但是比普通二极管还是
要低一些的。

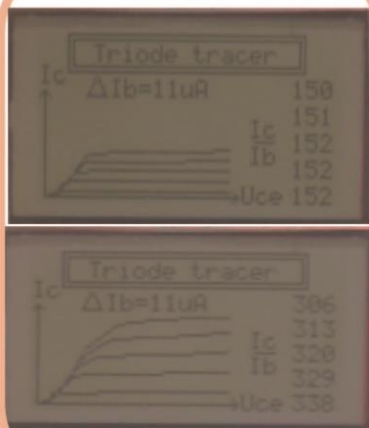
6) 滤波电容选择了35V耐压的10uF钽电容和0.1uF瓷片
电容的组合。在大部分电路中，我们均使用的是
瓷片电容，因为它的性能最好。但是达到10uF耐
压高的瓷片电容非常昂贵，这里退而求其次选了
钽电容。

7) 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。

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。创新板上有两个模
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。

晶体管图示仪实验步骤及现象

4



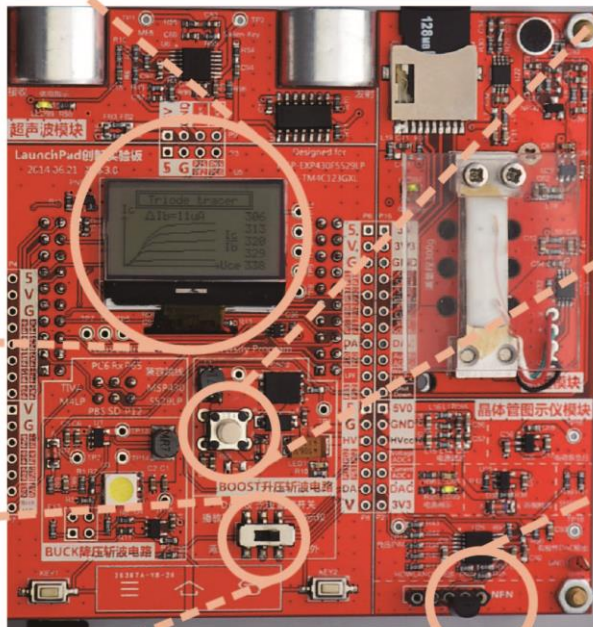
5 COG屏幕显示晶体管特性曲线。如图4所示。更换不同规格的晶体管，观察晶体管特性曲线的变化。

1

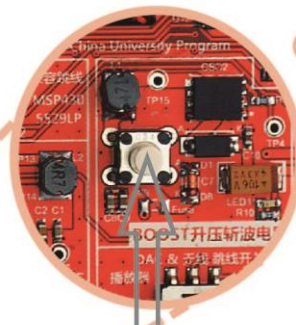


1 如图1所示，将DAC输出开关拨到图示仪位置（靠右）。

3 滚轮选择菜单程序“9.Triode tracer”，按KEY1进入晶体管图示仪演示程序。

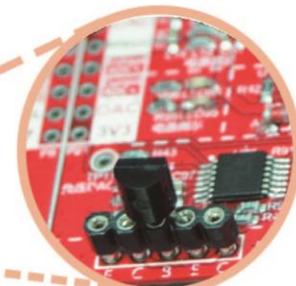


3



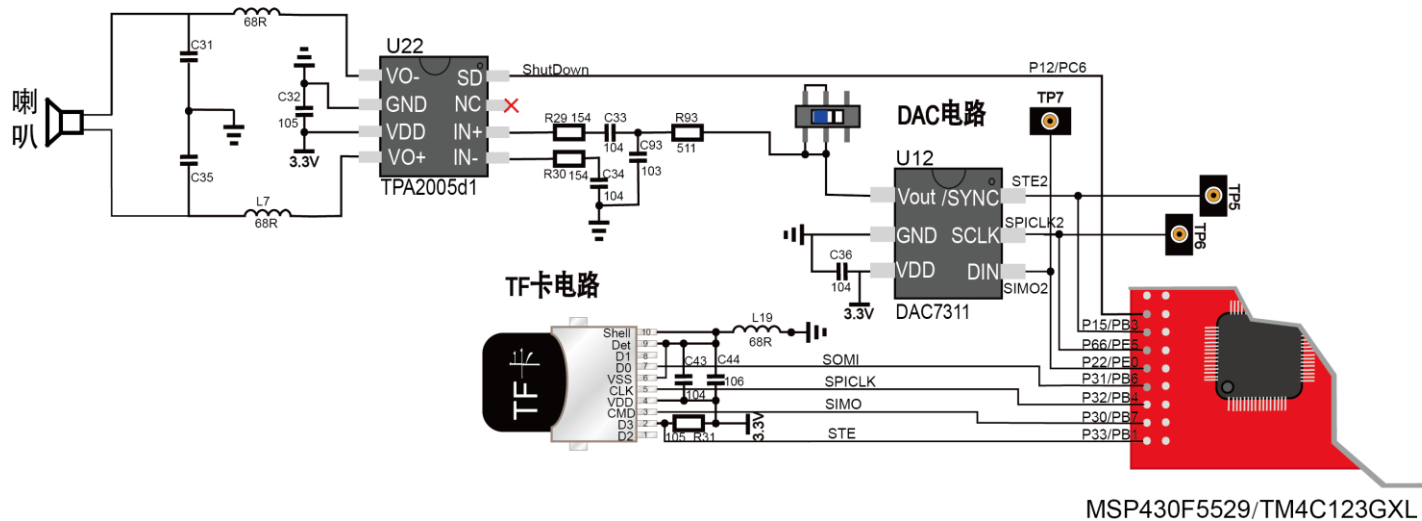
4 按住如图?所示的升压电路供电开关，再按KEY1。
注意：是一直按住供电开关，按下KEY1后再放开供电开关，来完成一次晶体管特性测量。

2



2 如图2所示，按实际引脚插好待测NPN三极管

播放器例程演示



麦克风, TF 卡及 DAC 控制 IO 列表

信号名称	功能	5529LP引脚	M4LP引脚	IO 描述
IFRed	红外传感器信号	P60	PD0	ADC
STE	片选使能	P33	PB1	GPIO
SIMO	从收主发数据线	P30	PB7	硬件 SPI 接口
SPICLK	时钟线	P32	PB4	硬件 SPI 接口
SOMI	从发主收数据线	P31	PB6	硬件 SPI 接口
STE2	片选使能	P15	PB3	GPIO
SPICLK2	串行时钟	P66	PE5	GPIO
SIMO2	数据线	P22	PE0	GPIO

音乐播放实验步骤及现象

1 将开关调至播放器位置如 **2** 做好准备

2 旋转滚轮如 **5** 选择10进入音乐播放如 **4** 按下 **3** 确定进入音乐播放

3 旋转滚轮如 **5** 选择音乐,音乐界面如 **1**, 按下 **3** 确认播放

4 屏幕显示: MSP430F5529LP=, 0.Triode tracer, 10.Music Display, 11.Miscell Demo

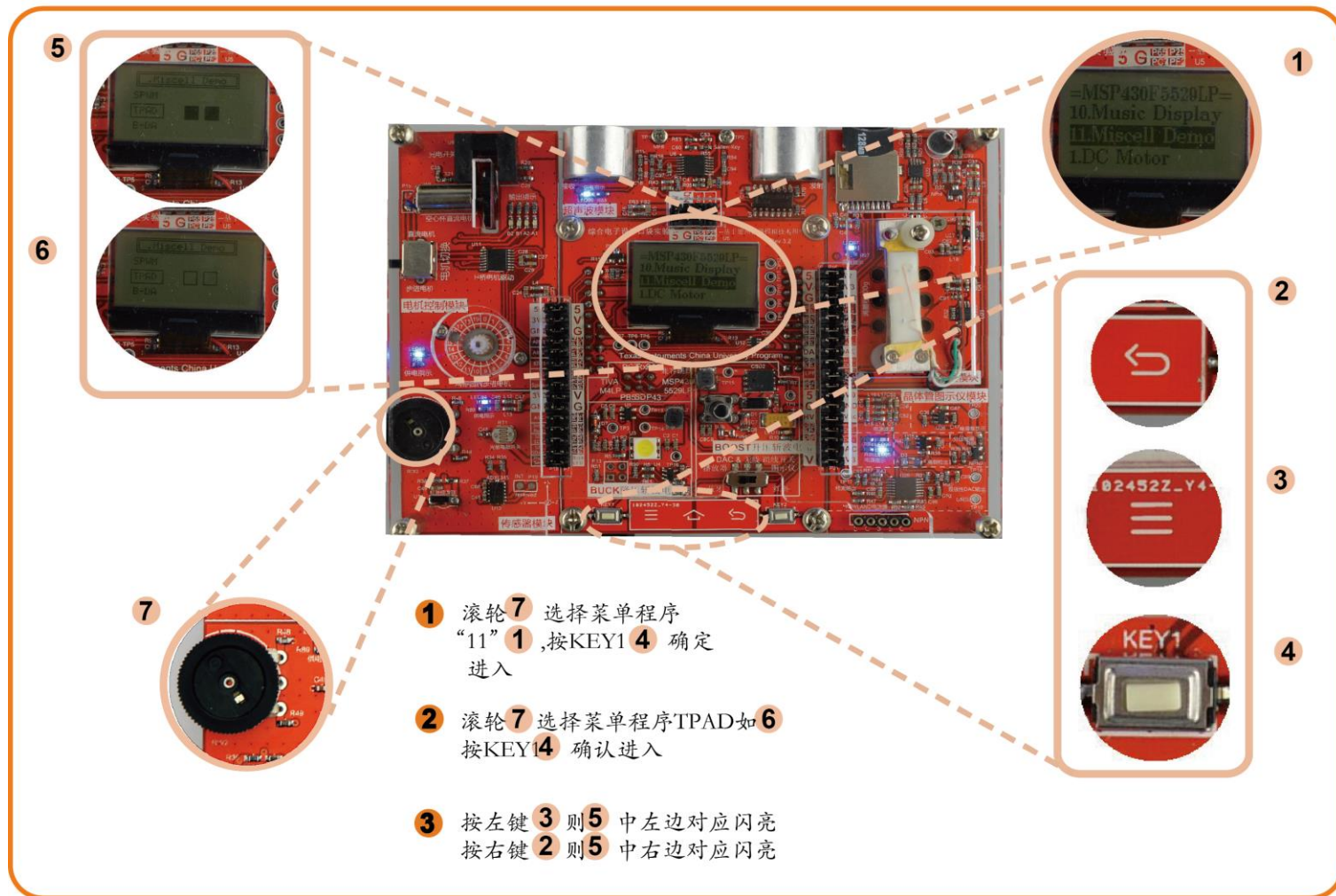
5 屏幕显示: Music List, 0-Mayday.wav, 10-3ray9.wav, Record1.wav

2 DAC & 无线 播放器 蓝牙

3 KEY1

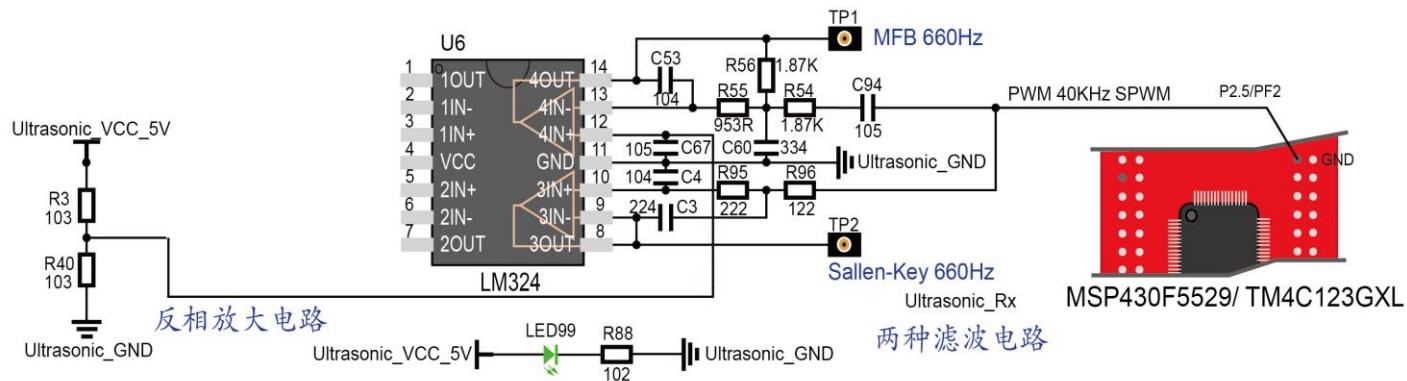
电容触摸按键例程演示

电容触摸实验步骤及现象



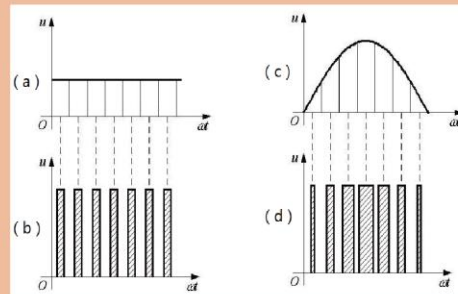
SPWM 例程演示

SPWM等效原理图



如图20.1所示为PWM等效波形的原理。

- 1) (a) (b) 图展示的是利用占空比不变的PWM等效直流电压。
- 2) 如果占空比按一定规律变化, 便可得到 (c) (d) 图展示的等效正弦波。
- 3) 当然, 占空比按别的规律变化就可以等效合成其他形状的波形。
- 4) 对于用PWM合成正弦波, 有一个专门的词, 叫SPWM (Sinusoidal PWM)。



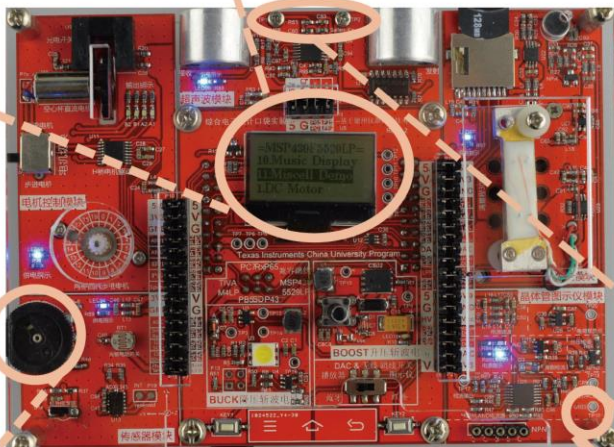
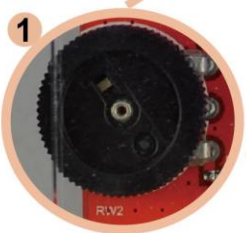
实验步骤

2



1 通过滚轮**1**选择进入“11.Miscell Demo”，拨盘电位器档位最高，选择SPWM。COG屏幕上给出SPWM波形的示意图如图**2**右侧。

1



2 将示波器的表笔分别接在Sallem-Key**3**和GND**5**以及MFB**4**和GND**5**上。观察示波器波形变化。

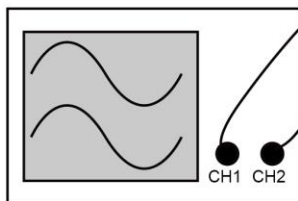
3



4

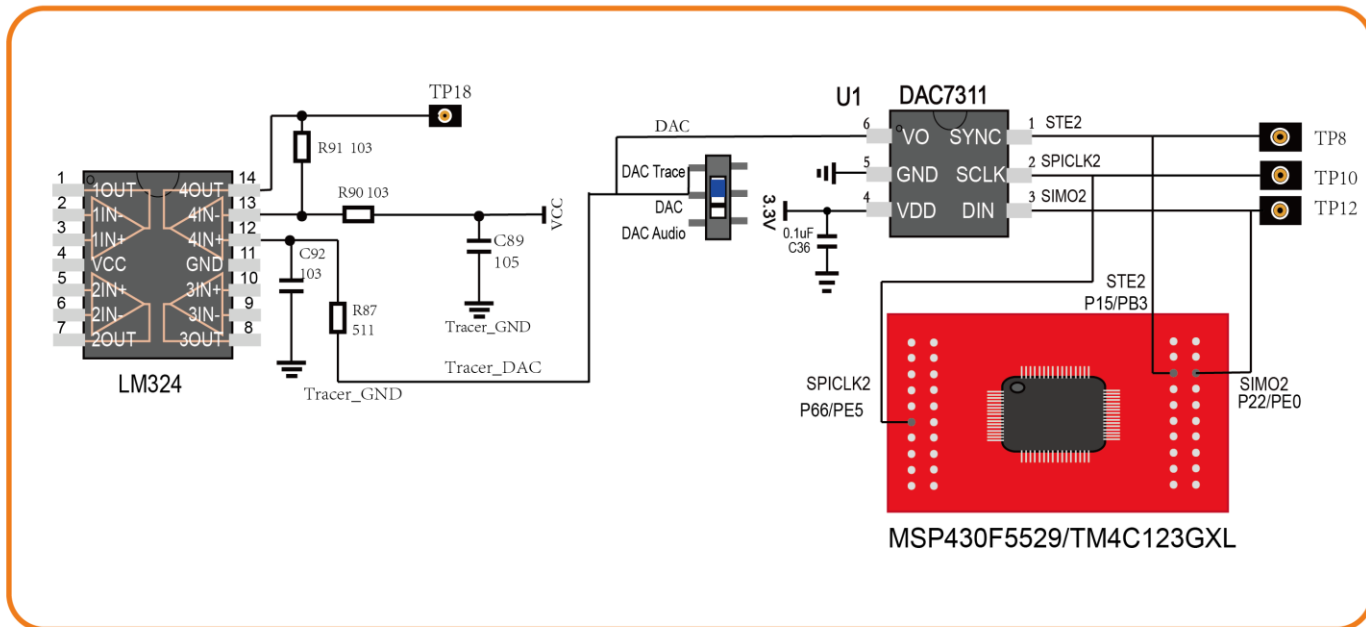


5



DAC 双极性输出例程演示

双极性DAC输出实验的原理图



在晶体管图示仪模块中，利用LM324四运放中多余的一个运放搭建了一个双极性DAC变换电路

实验步骤

1 如图1所示，将DAC输出开关拨到图示仪位置（靠右）。

2 如图2所示，滚动滚轮可查看菜单，至COG屏幕出现“Miscell Demo”子菜单。

3 滚轮选择菜单程序“Miscell Demo”，拨盘电位器档位最低，进入后选择“B-DA”，COG屏幕上给出如图3所示的DAC波形的示意图。

4 示波器通道1接DAC直接输出的单极性信号如图4，通道2接经运放输出的双极性信号如图5。注意示波器连接时需要接地如图6。