

# WEBENCH 创新设计大赛

## 项目报告

---

题目：超低能耗数字输出数据采集卡

学校：上海交通大学

平台：主电源芯片/处理器

参赛队成员名单：

姓名	学校	学院	学历	邮箱
罗翔	上海交通大学	电子信息与电气工程学院	硕士在读	robertluoxlong@sjtu.edu.cn

视频观看地址：[http://v.youku.com/v\\_show/id\\_XNjM1Mjc2MTgw.html](http://v.youku.com/v_show/id_XNjM1Mjc2MTgw.html)

粘贴上传视频的网站链接(可选项，有实物作品的必须填写)

题目：超低能耗数字输出数据采集卡

关键词：**数据采集、TPS62122、WEBENCH、MSP430、开关电源、控制器**

## 目录

题 目：超低能耗数字输出数据采集卡 .....	2
摘要（中英文） .....	2
1. 引言 .....	2
2. 系统应用背景 .....	2
3. 系统方案 .....	2
4. 系统硬件设计 .....	3
5. 系统软件设计 .....	10
6. 测试结果与关键设计分析 .....	10

# 题目：超低能耗数字输出数据采集卡

关键词：数据采集、TPS62122、WEBENCH、MSP430、开关电源、控制器

## 摘要（中英文）

超低能耗数字输出数据采集卡使用 MSP430L092 作为核心处理芯片，采用 TPS62122 作为电源管理芯片，实现了 4 路隔离 AD 采样与 2 路隔离数字输出功能，并可通过串口与上位机通信。该系统可工作在 2~6V 供电，最大供电功率仅 15mW 的恶劣供电的环境，可作为廉价的便携式数据采集卡使用。

## Abstract

Ultra-low power acquisition card uses MSP430L092 as a core processing chip and TPS62122 as power management chip. This system has a 4-way isolation AD sample, 2-channel isolated digital output functions, and can communicate with the host computer through the serial port. The system can work in harsh power environment that is 2 ~ 6V power supply and maximum power of only 15mW. This card can be used as an inexpensive portable data acquisition card.

## 1. 引言

数据采集卡在电子行业中越来越被大家所认可，这类板卡均参照 IBM-PC 机的总线技术标准设计和生产，用户只要把这类板卡插入 IBM-PC 机主板上相应的 I/O 扩展槽中，就可以迅速方便地构成一个数据采集与处理系统，从而大大节省了硬件的研制时间和投资，又可以充分利用 IBM-PC 机的软硬件资源，还可以使用户集中精力对数据采集与处理中的理论和方法进行研究、进行系统设计以及程序的编制等。

DIY 选手一般负担不起这类的数据采集卡，只需要比较简单的数据采集功能，并判断判断波形即可，方便日常低端应用的开发与设计。于是超低能耗数字输出数据采集卡应运而生，该采集卡通过串口与上位机相连，并能完成 4 路 AD 隔离地的采样、2 路数字信号输出的任务，整个模块价格低廉，适合初级阶段的 DIY 选手。

## 2. 系统应用背景

现在热爱电子 DIY 的人越来越多。这类人群在起步阶段都希望有一款比较廉价的数据采集分析系统。示波器是一款很好的数据采集系统，但是由于廉价的示波器数据分析处理功能很弱，也缺少与电脑实时通信的数据接口，所以在很多低端应用或者 DIY 产品中都会增加开发调试时间、增加开发成本。然而现在市场上比较多的是数据采集卡，但是它的价格让绝大部分人望而却步，低端应用和 DIY 产品一般无法负担这种开销。

超低能耗数字输出数据采集卡系统采用比较廉价的芯片与光耦，设计出 4 路隔离的数据采样接口与 2 路数字信号输出接口，数字通信接口采用一路串口完成，在低成本下可以满足基本的采样与数据传输的需求。它的体积小、能耗低的优点使得它可在手机、平板等移动设备中作为一个外插接模块使用，便于携带使用。在实际运用中，不仅可做虚拟示波器的采样前端也可以作为开关电源双路 PWM 控制的控制器。

## 3. 系统方案

系统框图如 1 所示。

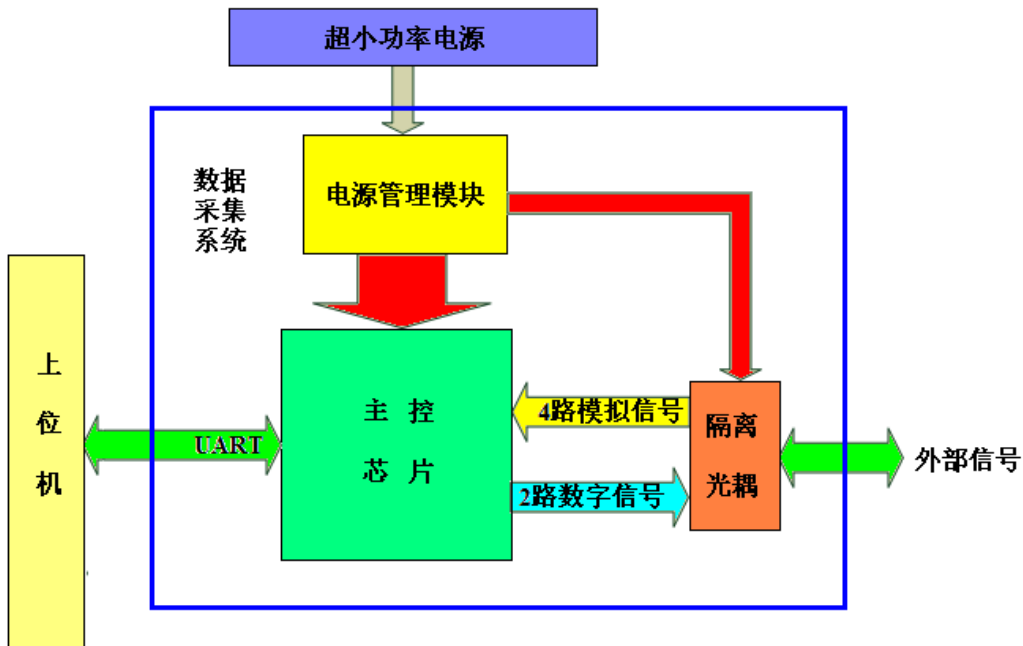


图 1 超低能耗数字输出数据采集卡系统设计框图

系统各部分的功能要求如表 1 所示。

表 1 系统功能要求

	名称	要求
供电 电源	1.1 输入电源电压	2~6V
	1.2 输出电源电压	0.9V~3.3V
	1.3 供电纹波电压(V <sub>pp</sub> )	<15mV
	1.4 最大输入功率	10mW
数据 处理	2.1 模拟信号输入	2~4 路, 光耦隔离
	2.2 数字信号输出	2 路, 光耦隔离
	2.3 UART 通信	1 路, 无隔离(包含接收与发送)
	2.4 可测量信号频率范围(正弦波)	DC~100kHz

按照表 3.1 的功能要求, 在 TI 公司 MSP430 系列产品中经过筛选, 主控芯片采用 MSP430L092, 使用 WEBENCH 软件选取电源管理芯片 TPS62122, 模拟信号输入隔离光耦采用 AVAGO 公司的 HCNR200, 输出信号光耦采用 SHARP 公司的 PC452。

#### 4. 系统硬件设计

系统硬应满足表 1 的设计条件。在以下小结中, 设计描述按照芯片选型、电路原理图设计、周围元器件选型、PCB 设计的顺序描述电路的设计。

##### 4.1 主控芯片

主控芯片主要功能是收集采样数据, 并通过数字接口输出信号或 UART 通信接口向上位机发送数据。

##### (1) 芯片选型

该系统需要满足以下 3 个要求。

##### a) 低能耗

最大输入功率仅 8mW, 在接口处需要电流型元器件——隔离线性光耦, 所以供电电平要尽量低才能保证全部工作时较低功耗。所以需要选择工作电平尽量低的主控芯片。

##### b) 采样频率

测量 100kHz 的正弦波根据香农采样定理, 采样频率至少需要 200kHz, 而按照一般示波器的配置, 采样频率要是频率的 4~5 倍波形才不会出现失真。再

所以芯片的采样频率至少需要 400kHz, 加上代码运行时间, 芯片的主频至少需要 1MHz。

##### c) I/O 引脚

按照表 1 中的要求, I/O 引脚需要 4 个, AD 引脚需要 2~4 个。

由上面分析, 在 TI 网站上选取芯片 MSP430L092 作为主控芯片, MSP430L092 的数据资料如表 2 所示。

表 2 MSP430L092 数据资料

名称	数据
供电电平范围	0.9V~1.65V(选取供电电压 1.5V)
供电电流	45uA/MHz
工作频率(可选)	100kHz~2.5MHz(无外部晶振)
ADC	4 个
DAC	1 个
I/O 口	11 个
Timer	16bit, 2 个

(2) 电路原理图设计

按照经验电路原理图设计如图 2 所示。

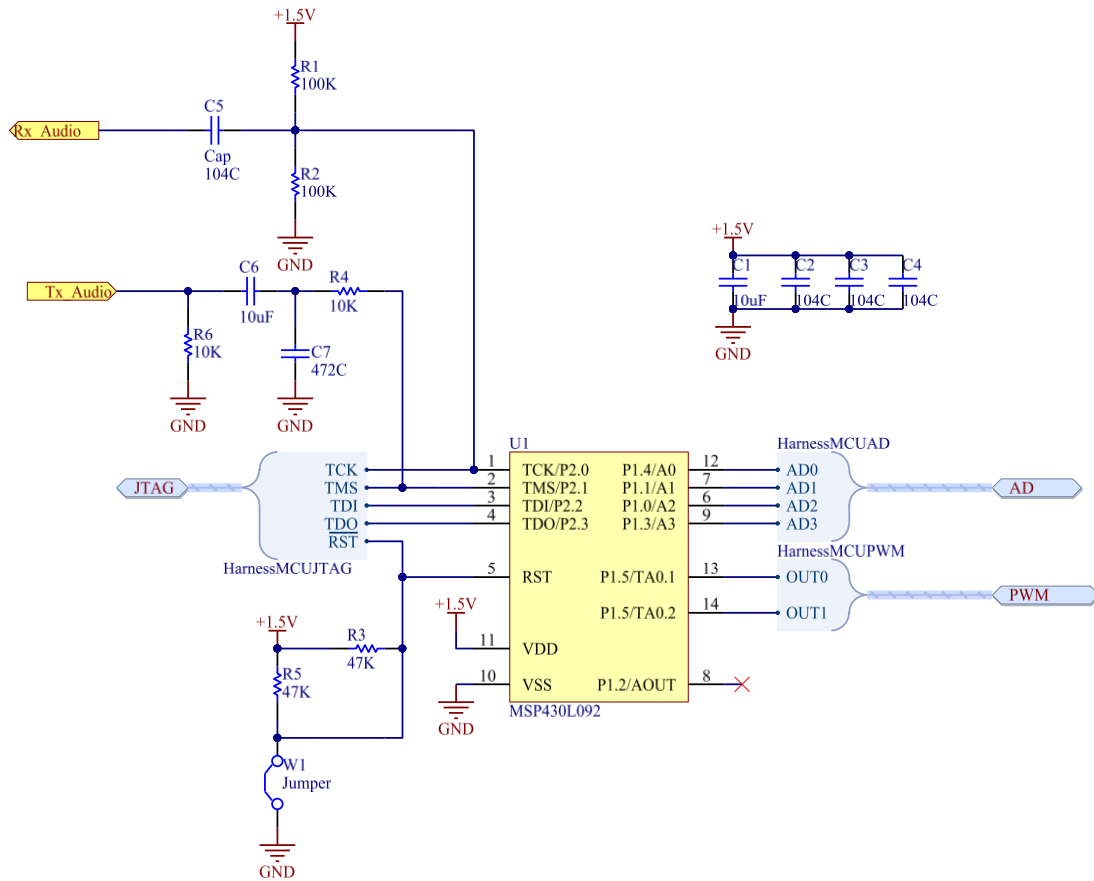


图 2 MSP430 周边电路原理图

(3) 周边元器件选型

由于手工焊接,周边元器件选取 0603 封装的电容与电阻,电解电容选取常用的 D 型 7343 封装的钽电容, BOM 表如表 3 所示。

表 3 MSP430L092 电路 BOM 表

编号	型号	封装
U1	MSP430L092SPWR	TSSOP14(PW014)
C1, C5, C6, C7	104, 贴片电容	0603
C2	10uF, 贴片电容	0603
C3	472, 贴片电容	0603
C4	1uF, 贴片钽电容	D 型, 7343
R1, R2, R5	100k, 5%	0603
R3, R4	10k, 5%	0603

注：未标明明确公司型号，选择在市场上符合封装、数值的电容与电阻

#### 4.2 电源管理芯片

电源管理芯片需要转换输入电平为有效可用电平，保证全板上的电源供给，并保证效率与较低的纹波峰峰值。

##### (1) 芯片选型

利用 WEBENCH Designer 在图 3 界面中输入表 4 的参数

表 4 设计参数

设计项目	设计要求
供电要求	直流
输入电压	Min.2V, Max.6V
输出电压	1.5V
最大输出电流	6mA
环境温度	30°C

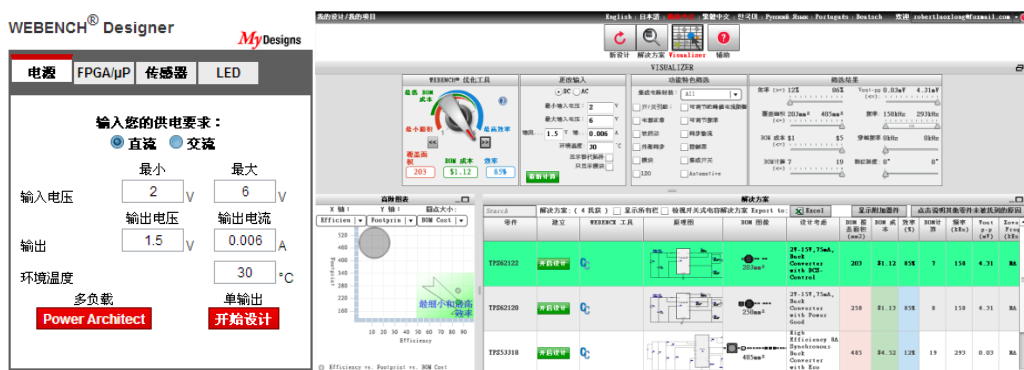


图 3 WEBENCH 设计界面

利用 WEBENCH 仿真得到所需波形图如图 4 所示。

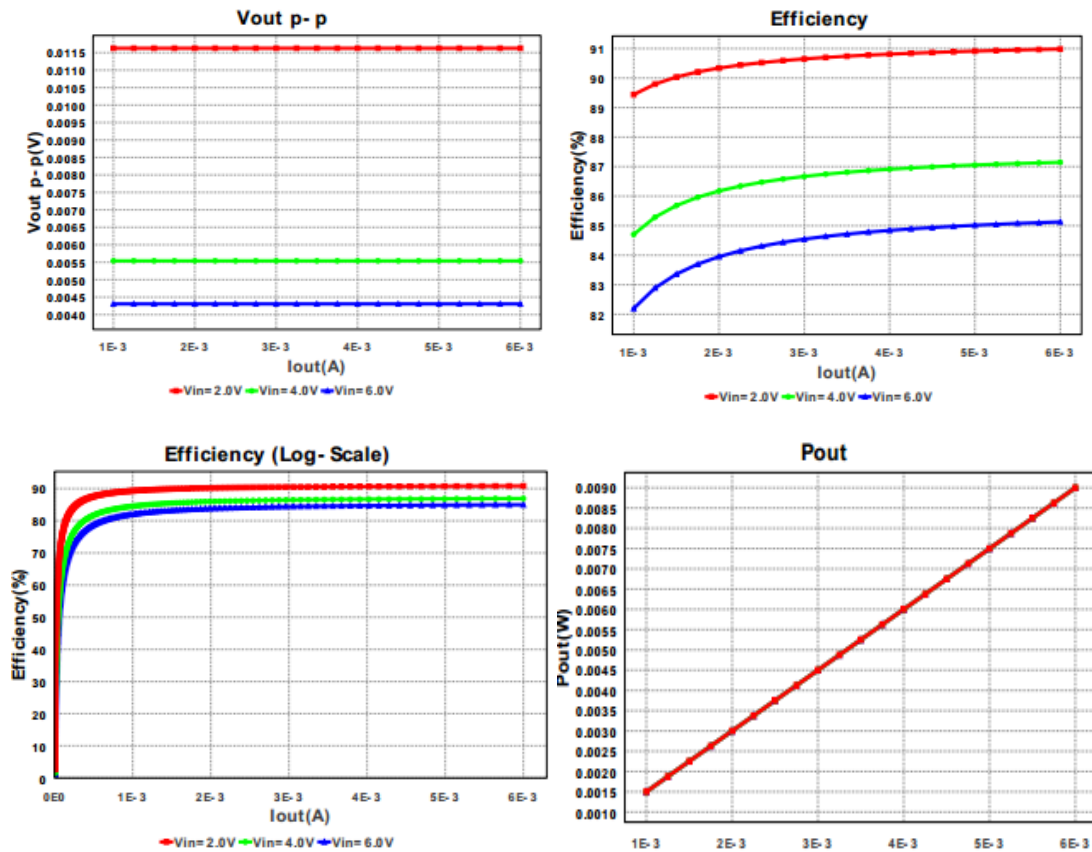


图 4 仿真波形图

在 4 路 AD 与 2 路 I/O 同时在使用时，工作电流约在 5mA，考虑到纹波与效率，可选择 4V 供电。WEBENCH 还给出了器件型号的选择，如图 5 所示。在敲定该设计之前，设计了多种电流的电路，都会直接给出周边元器件的电气材料清单，加快开发进程。

电气材料清单



#	名称	制造商	零件编号	属性	Qty	Price	大小
1.	Cff	Yageo America	CC0805JRN09BN330 Series= C0G/NP0	Cap= 33.0 pF VDC= 50.0 V IRMS= 0.0 A	1	\$0.01	0805 7mm2
2.	Cin	MuRata	GRM21BR61A106KE19L Series= X5R	Cap= 10.0 μF ESR= 2.0 mOhm VDC= 10.0 V IRMS= 0.0 A	1	\$0.04	0805 7mm2
3.	Cout	MuRata	GRM188R60J475ME19D Series= X5R	Cap= 4.7 μF ESR= 1.0 mOhm VDC= 6.3 V IRMS= 0.0 A	1	\$0.02	0603 5mm2
4.	L1	Bourns	SRU1048-220Y	L= 22.0 μH DCR= 42.0 mOhm	1	\$0.33	 SRU1048 144mm2
5.	Rfbb	Susumu Co Ltd	RR1220P-244-D Series= 264	Res= 240.0 kOhm Power= 100.0 mW Tolerance= 0.5%	1	\$0.01	0805 7mm2
6.	Rfbt	Vishay-Dale	CRCW0805210KFKEA Series= CRCW..e3	Res= 210.0 kOhm Power= 125.0 mW Tolerance= 1.0%	1	\$0.01	0805 7mm2
7.	U1	Texas Instruments	TPS62122DRVR	Switcher	1	\$0.70	 S-PWSON-N6 10mm2

图 5 电气材料清单(推荐)

(2) 电路原理图设计

电路原理图按照所购元器件与 WEBENCH 给出的推荐电路图绘制，如图 6 所示。



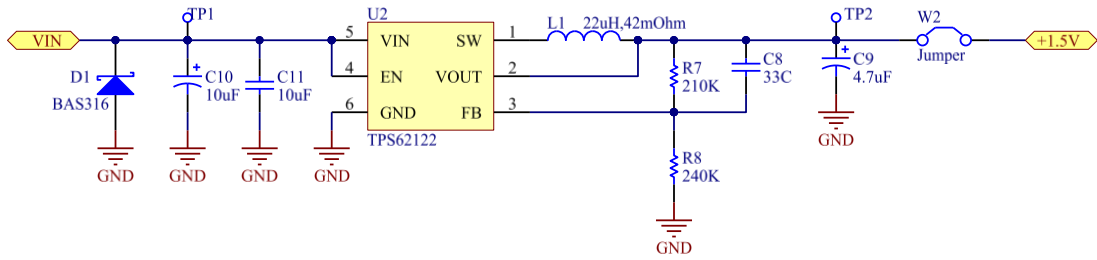


图 6 电源管理芯片

(3) 周边元器件选型

周边元器件结合 WEBENCH 推荐的外围芯片与所处地区购买方便性选择元器件，器件 BOM 表见表 5。

表 5 TPS62122 电源管理电路 BOM 表

编号	型号	封装
U2	TPS62122DRVR	S-PWSON-N6
C8	4.7uF,贴片钽电容	D 型,7431
C10	10uF,贴片钽电容	D 型,7431
C9	33pF,贴片电容	0603
L1	22uH,42mΩ	NLCV25
R6	210k,1%	0603
R7	240k,1%	0603

(4) PCB 设计

PCB 按照选择的芯片推荐 PCB 制版样式(图 7)制图，见图 y 左下角电路。

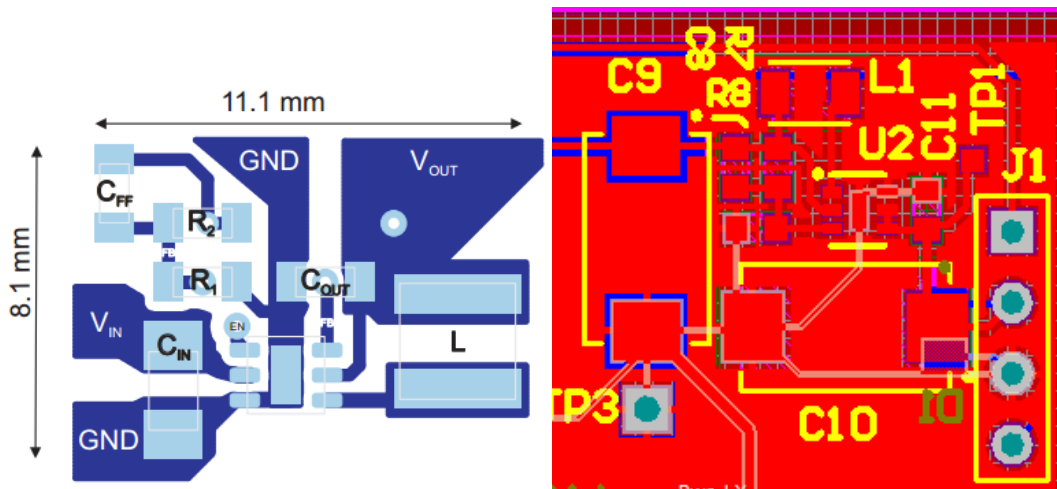


图 7 PCB 布板图

左：推荐布线图 [2]，右：实际布线图

由于元器件型号的限制，实际布线图较推荐选型布线面积大了 1 倍左右。

4.3 隔离光耦选型

(1) 芯片选型

隔离光耦需要有满 0.1 足高线性度传输模拟信号需求的隔离光耦，也需要高 CTR、高速率的隔离光耦。经选型选择 SHARP 公司的 PC452 与 AVAGO 公司的高线性光耦 HCNR200，数据表格见表 6 与表 7。

表 6 PC452 数据表

CTR	Vf	Viso(rms)	V <sub>ECO</sub>
min.1000%,1mA,2V	max.1.4V,typ.1.2V	max.3.75kV	max.0.1V

表 7 HCNR200 数据表

CTR	CTR 温度系数	DC 非线性度(BF)	Viso(rms)	LED 带宽
typ.0.5%	typ.-0.3%/°C	typ.0.01%	max.1.414kV	typ.9MHz

## (2) 电路原理图设计

光耦接口电路如图 8 所示。

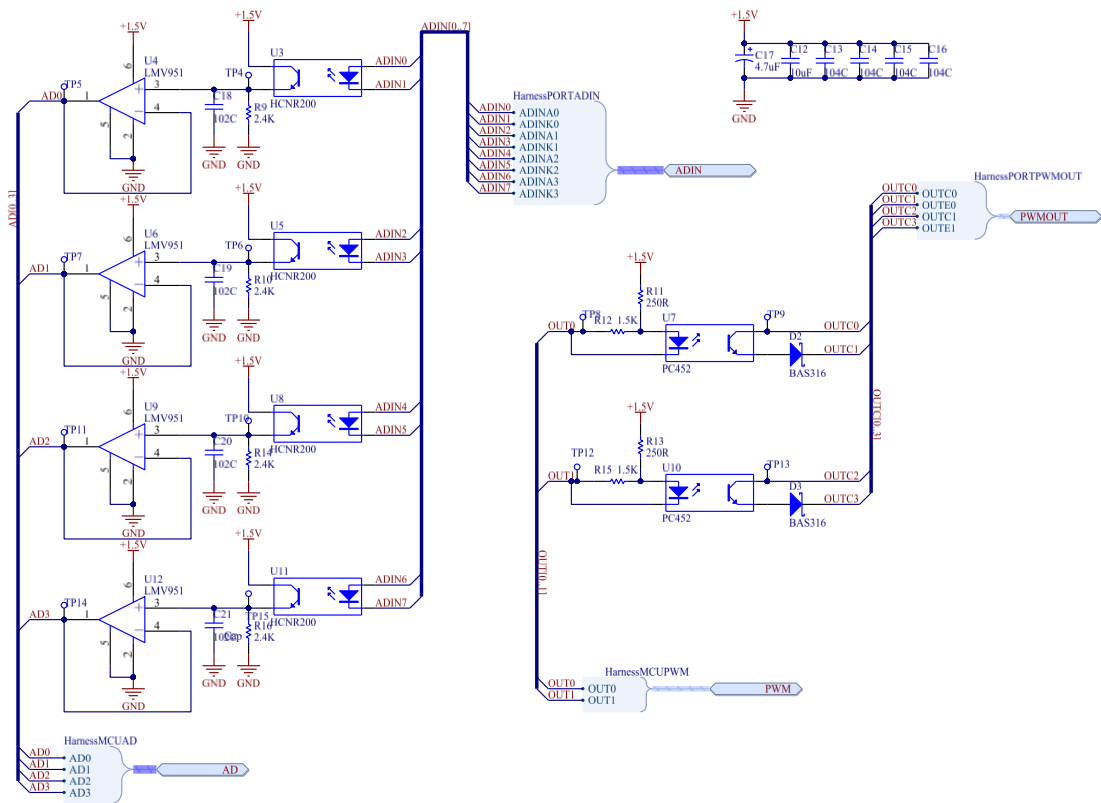


图 8 光耦接口电路原理图

## 4.4 系统电路原理图与 PCB 图

总原理图与最终制作 PCB 图如图 9 与图 10 所示。

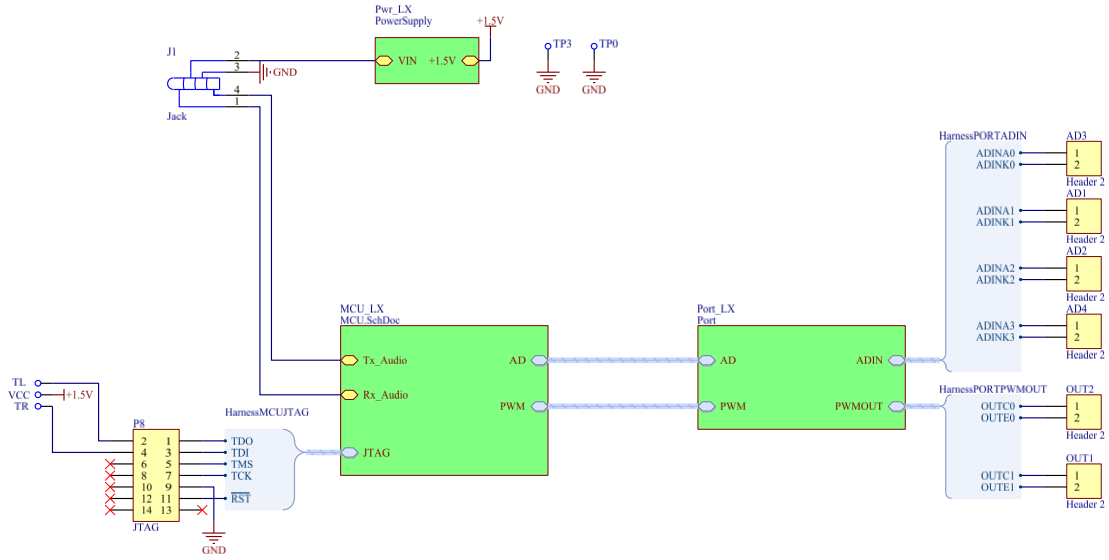


图9 系统顶层总原理图

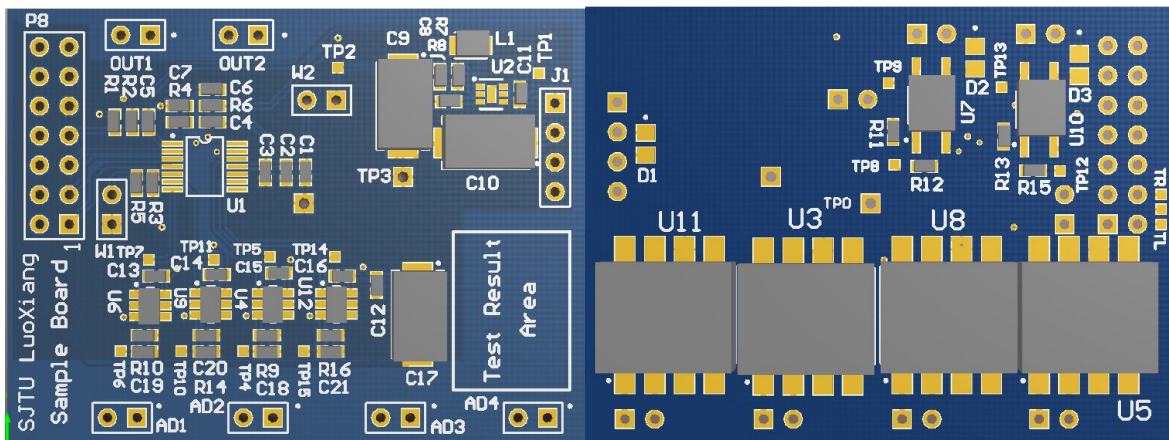
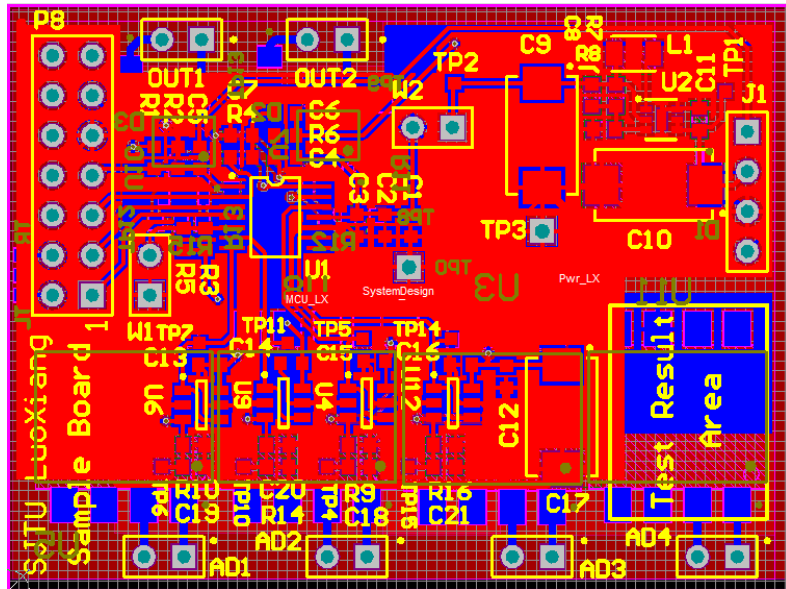


图10 PCB设计图

上-2D制板图，左下-正面3D效果图，右下一背面3D效果图

由于有 WEBENCH 的帮助，本硬件设计总时间为 1 天，WEBENCH 可大大加快原型设计开发的速度。

## 5. 系统测试软件设计

软件要求如表 8 所示。

表 8 系统测试软件要求

功能项目	软件要求
AD 采样	可选路采样，最大可 4 路同时采样
数字输出	2 路可 GPIO 电平输出

系统测试软件流程图如图 11 所示。

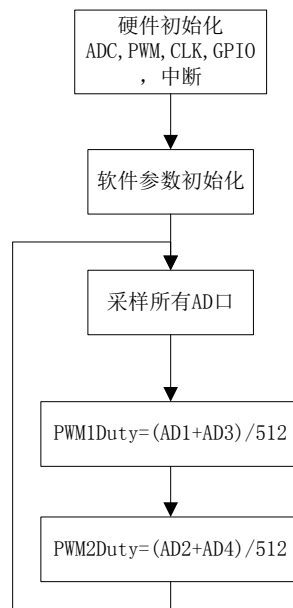


图 11 系统测试软件流程图

## 6. 测试结果与关键设计分析

制作实物图如图 12 所示。

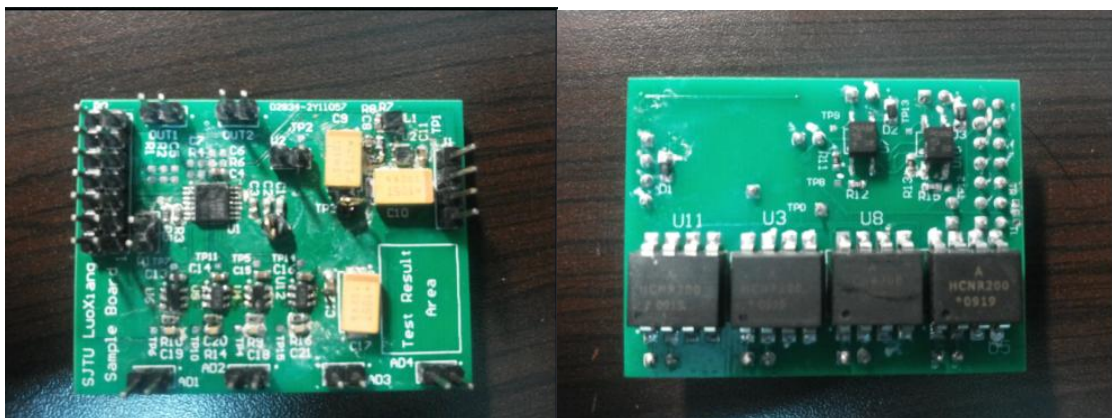


图 12 制作实物图

测试器材：FLUKE 万用表、带宽 60MHZ TYCO 示波器。

### 【测试 1】电源管理部分测试

测试条件：供电电压 2V、4V、6V；

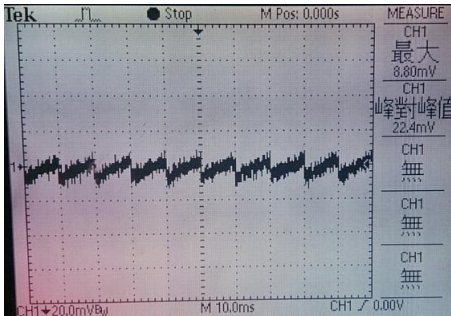
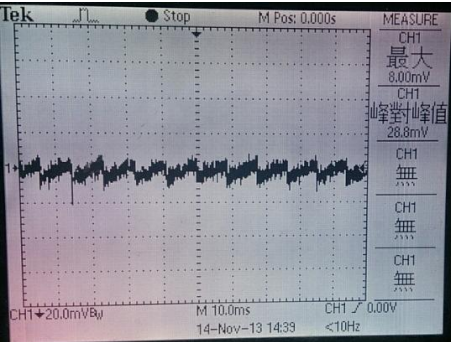
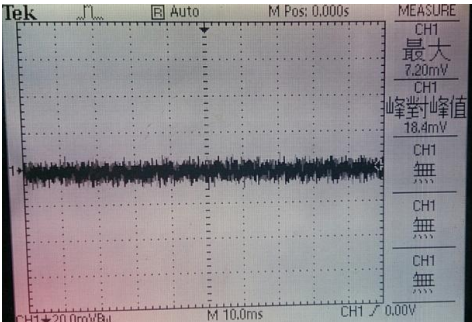
测试方式：测试 TP2 与 TP3 之间的电压波形与电压值；

测试项目：输出电压、输出电压纹波；

测试器材：万用表、示波器；

测试结果

表 9 满载情况(单位:V)

供电电压	输出电压	纹波峰峰值	示波器纹波测试图像
2.0	1.510	0.224	
4.0	1.511	0.288	
6.0	1.514	0.184	

测试结论：满足设计要求。

### 【测试 2】AD 采样部分测试

测试条件：输入直流电流 37mA；

测试方式：测量 TP4,TP5,TP6,TP7,TP10,TP11,TP14,TP15 对地电压值

测试项目：各路采样调理后电压线性度

测试器材：万用表

测试结果：

测试结果如表 10 所示，可见各路的调理采样值比较接近。

表 10 AD 采样调理采样值

供电调理电 压	AD1 输出电压(mV)	AD2 输出电压(mV)	AD3 输出电压(mV)	AD4 输出电压(mV)
1.561V	241	252	268	250
电流变比	0.33%	0.35%	0.37%	0.34%

### 【测试 3】功耗测试

测试条件：4 路 AD 口，每路均输入 37mA 电流，PWM 口输出 100% 占空比的波形；

测试方式：测试输入口的输入功率

测试项目：输入电流与输入电压值

测试结果：

输入电压： 1.561V      输入电流： 4mA      输入功率： 6.244mW

### 【关键设计分析】

MSP430L092 是本设计的核心芯片，TPS62122 是电源管理部分核心芯片，MSP430L092 外围电路较为简单，所耗费设计时间较短。在本设计中，电源管理芯片需要反复的纠偏设计，如果手动计算优化参数，确定购买元器件，这将浪费大量的时间与精力，拉长了设计开发时间。使用 WEBENCH 只需要修改几个数字，点几个按键既可以出现符合自己优化预期的电路设计方案，这方便了电路的设计，也大大缩短了开发周期。在时间就是金钱的现在，缩短了周期就相当于握紧了商机。