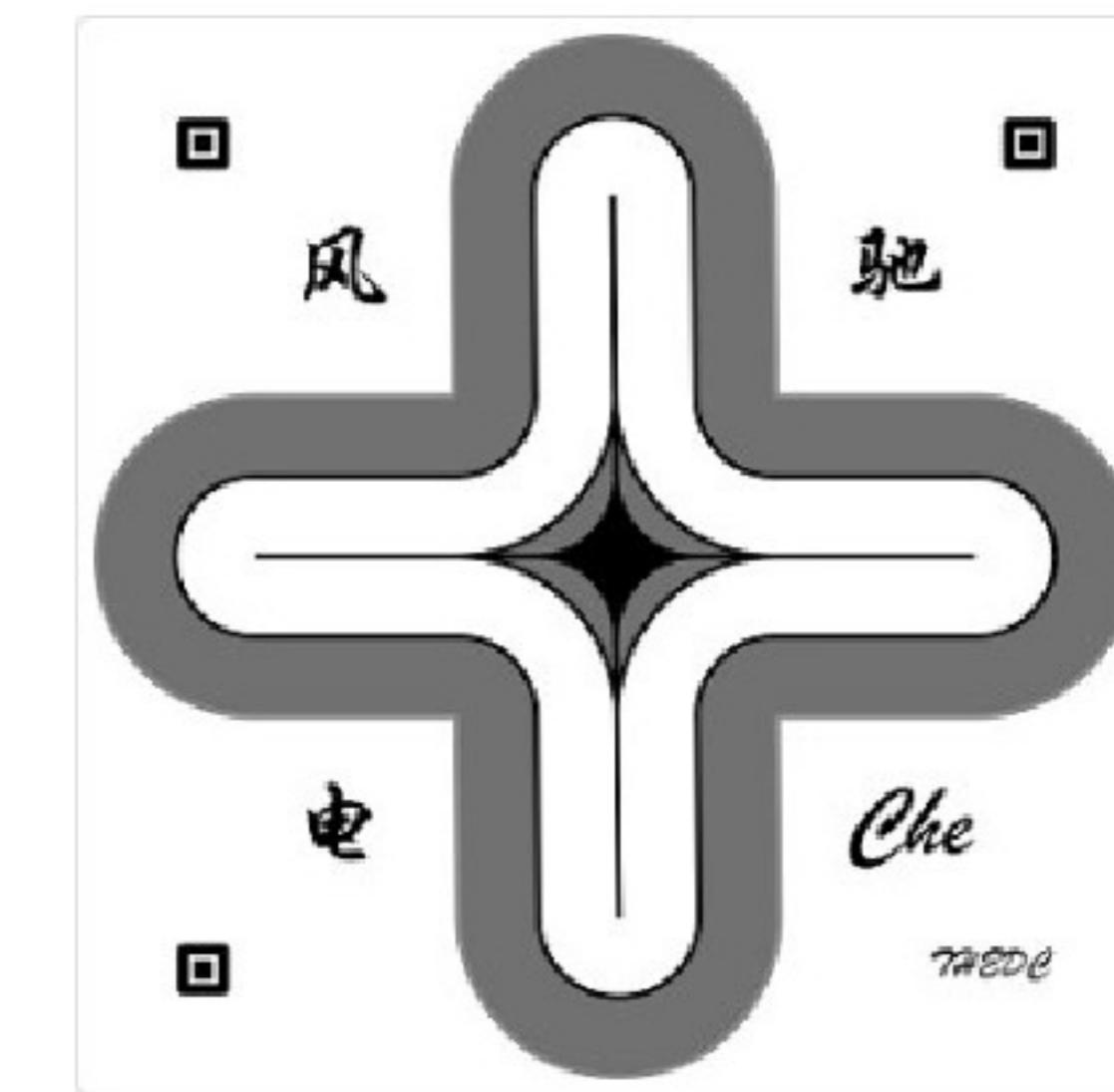


17th Electronic Design Competition in Tsinghua University

电子综合设计辅导讲座

Comprehensive Electronic Design

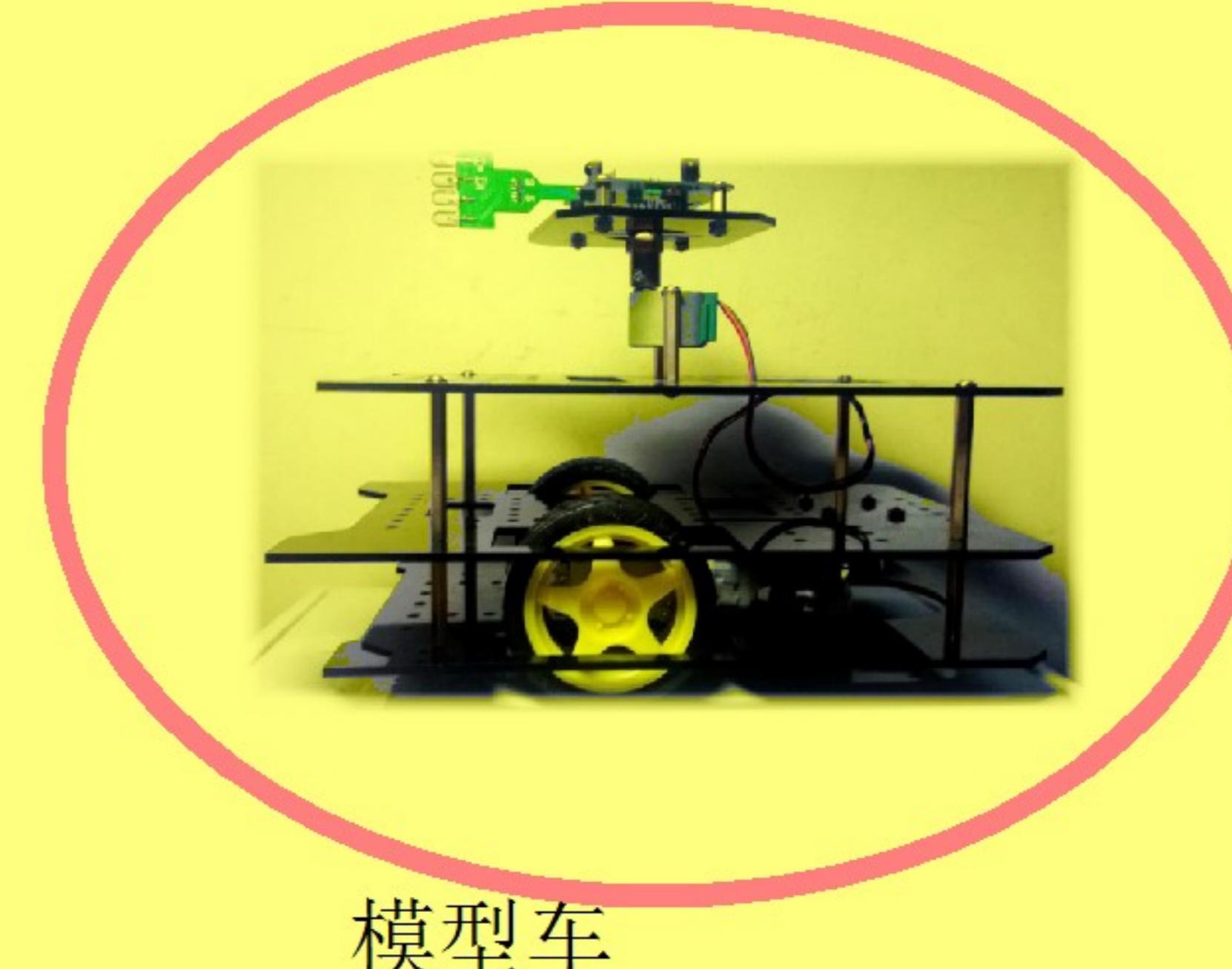
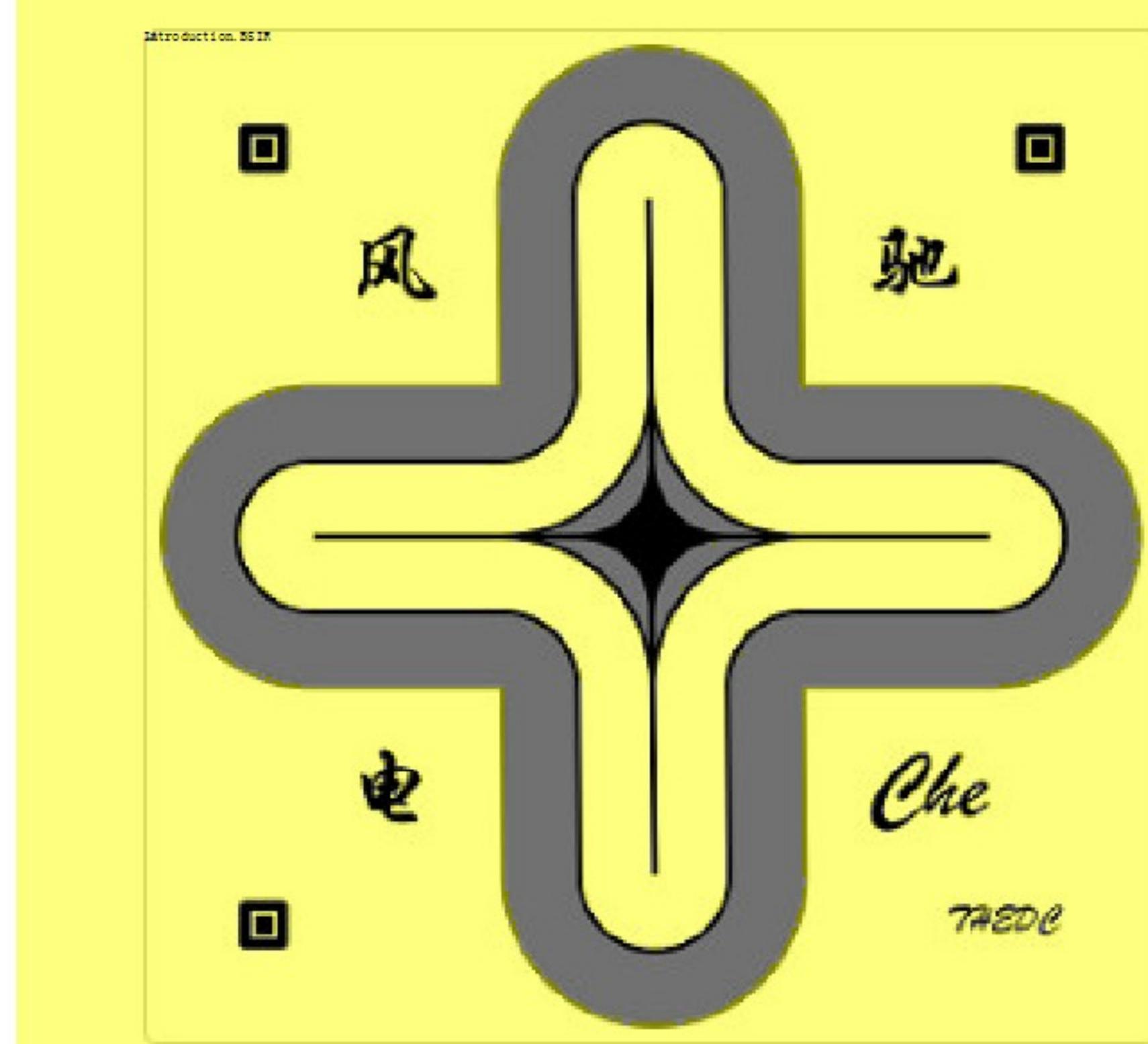


微信订阅号 tsinghuazhuoqing

- ☆ 赛题介绍
- ☆ 电路接口
- ☆ 电机驱动
- ☆ 电源管理
- ☆ MCU选型与设计
- ☆ 电路板制作

卓晴 自动化系信息研究所
中央主楼 626A 62773349
zhuoqing@tsinghua.edu.cn
(2015, 10)

赛题分析



模型车

什么是智能汽车竞赛?



www.smartcar.au.tsinghua.edu.cn

MCU选择与设计

MCU选型与设计指南 ☆

概述

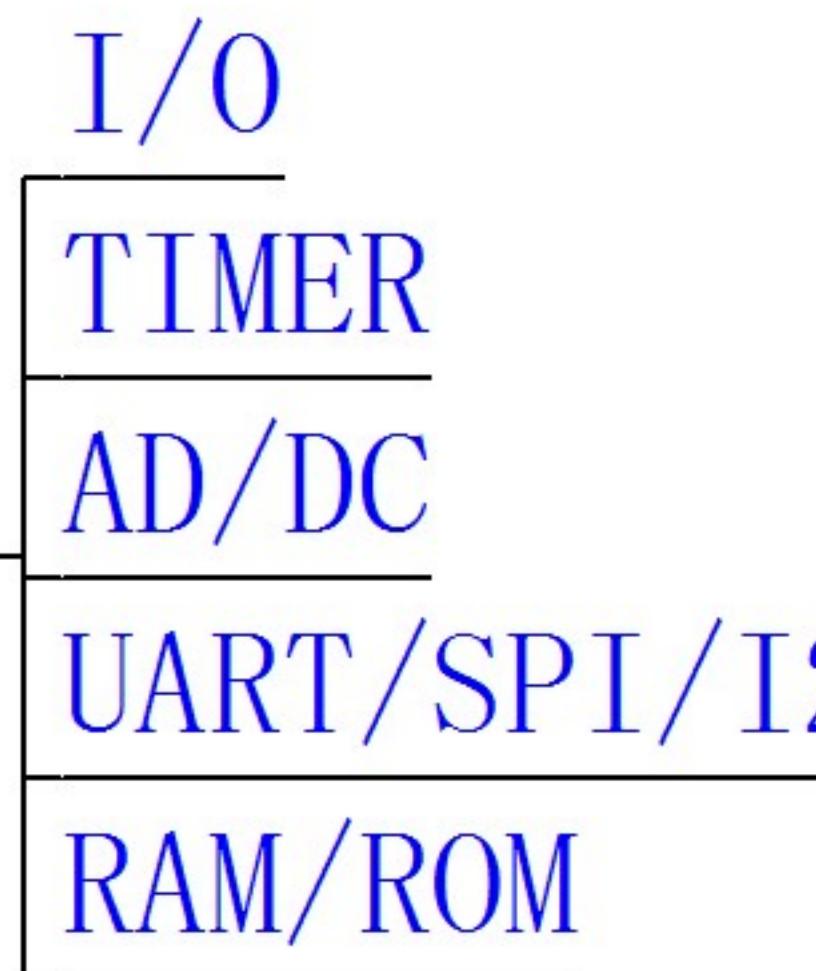
飞思卡尔MicroSelector是一个可下载的产品搜索器。使用MicroSelector，您可以：

- 寻找最适合的应用方案。根据特性对我们各种DSC、MCU和处理器解决方案进行过滤。
- 寻找引脚数和温度范围内的产品。
- 查看或选择整个系列的相关器件。
- 访问产品页面。快速链接到我们的产品网页。

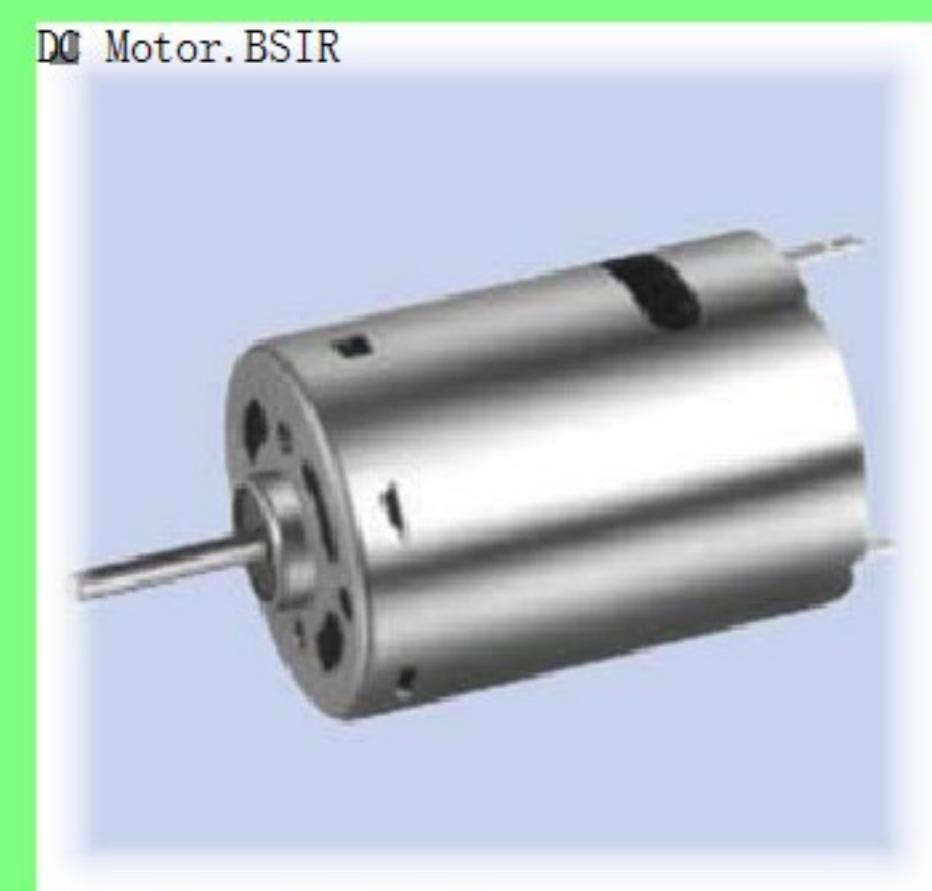
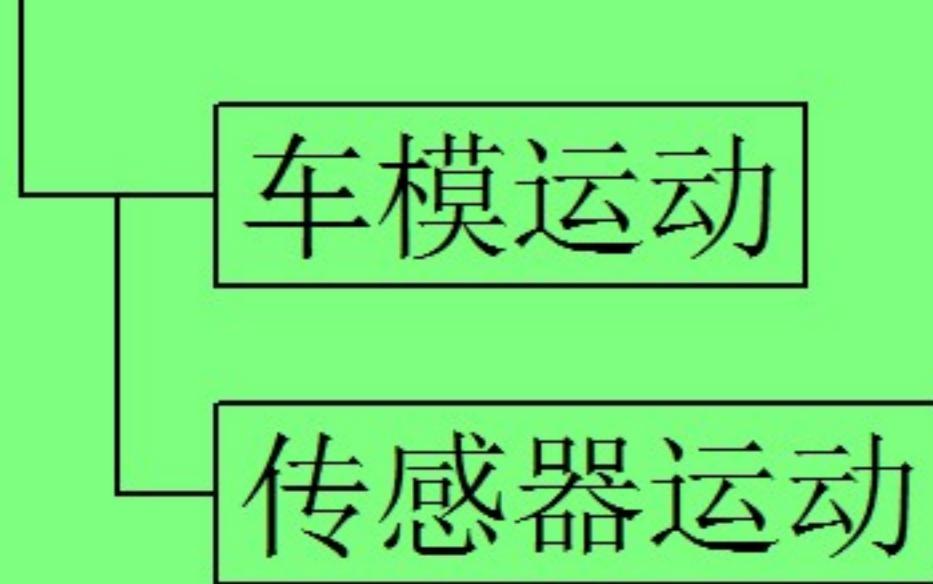
使用MicroSelector:

- 下载飞思卡尔MicroSelector安装程序。
- 执行文件。
- 打开飞思卡尔 MicroSelector。
- 选择产品类型:
 - 微控制器
 - 数字信号控制器
 - 微处理器
- 浏览并寻找信息。
- 点击“查询更新信息”以获得最新的产品信息。

[下载MicroSelector](#)



运动控制



直流有刷电机

传感器

- ▷ 跑得多快?
- ▷ 距离多远?
- ▷ 方向多准?
- ▷ 是否危险?

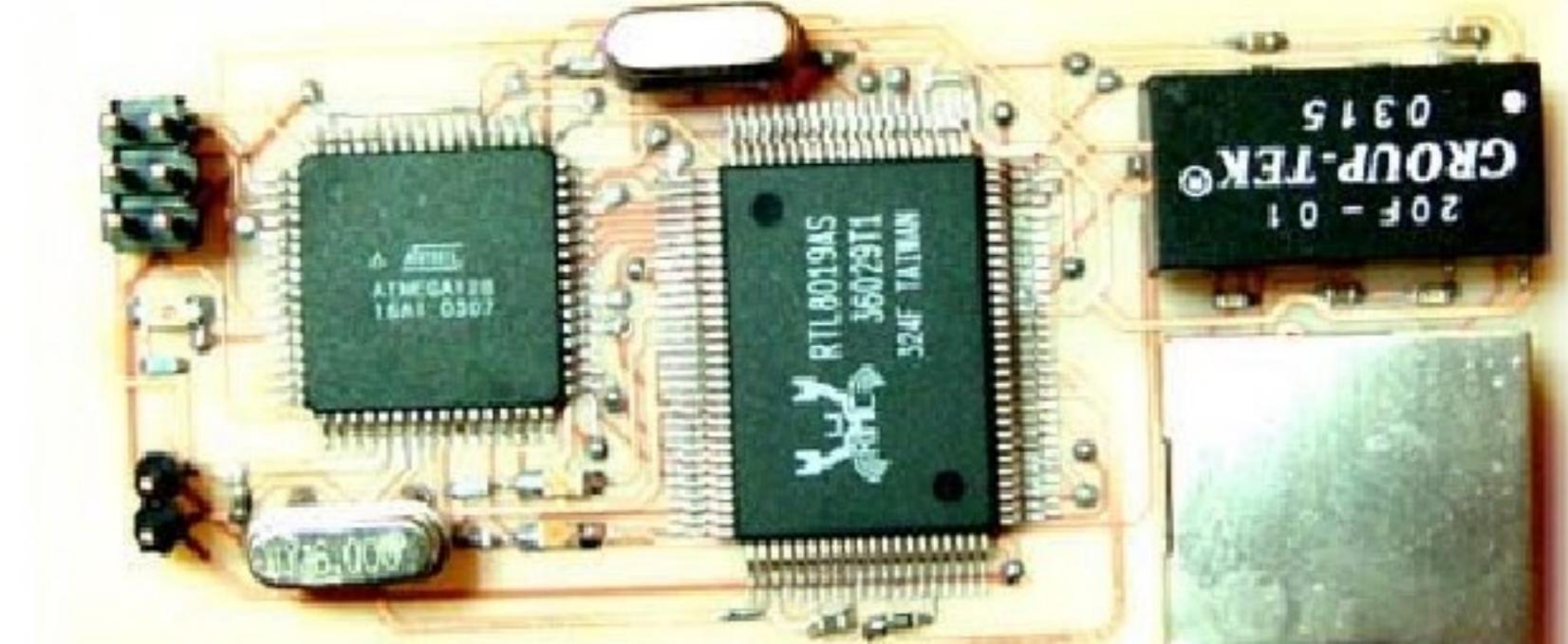
能源管理



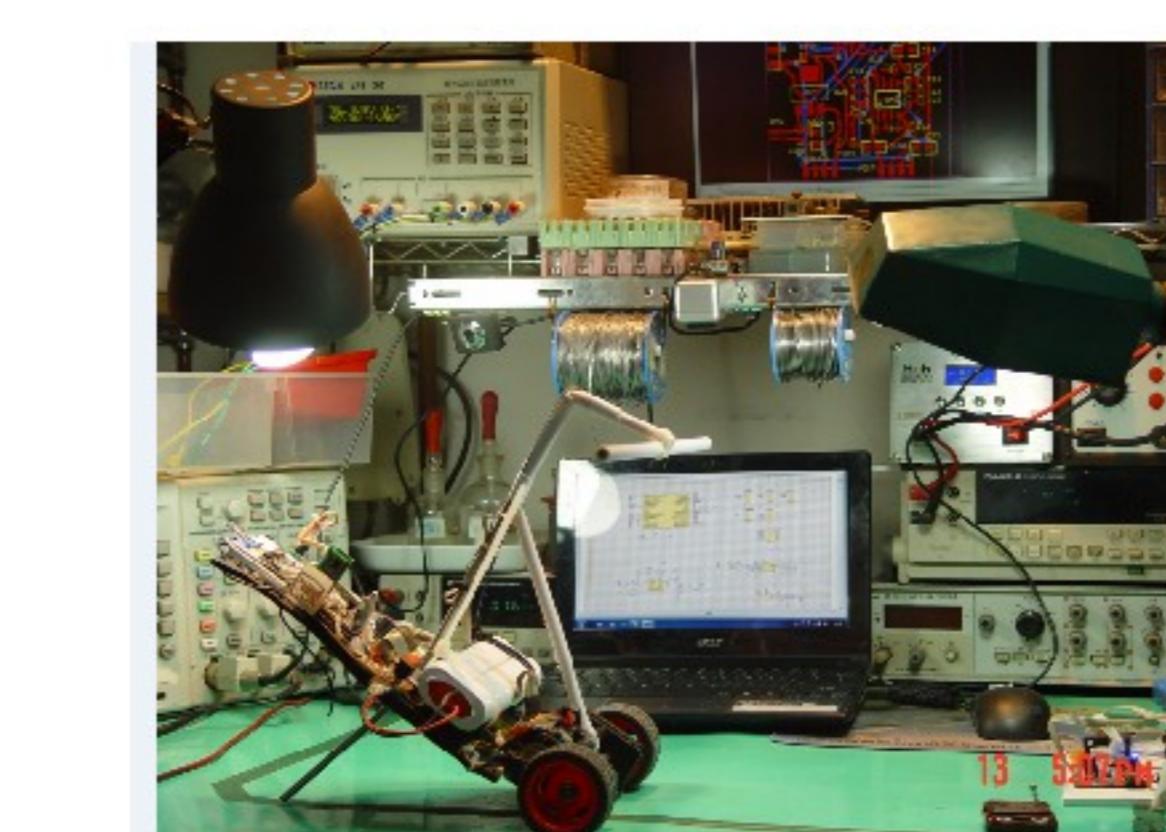
镍氢电池

PCB详细制作过程

PCB制作.BSIR

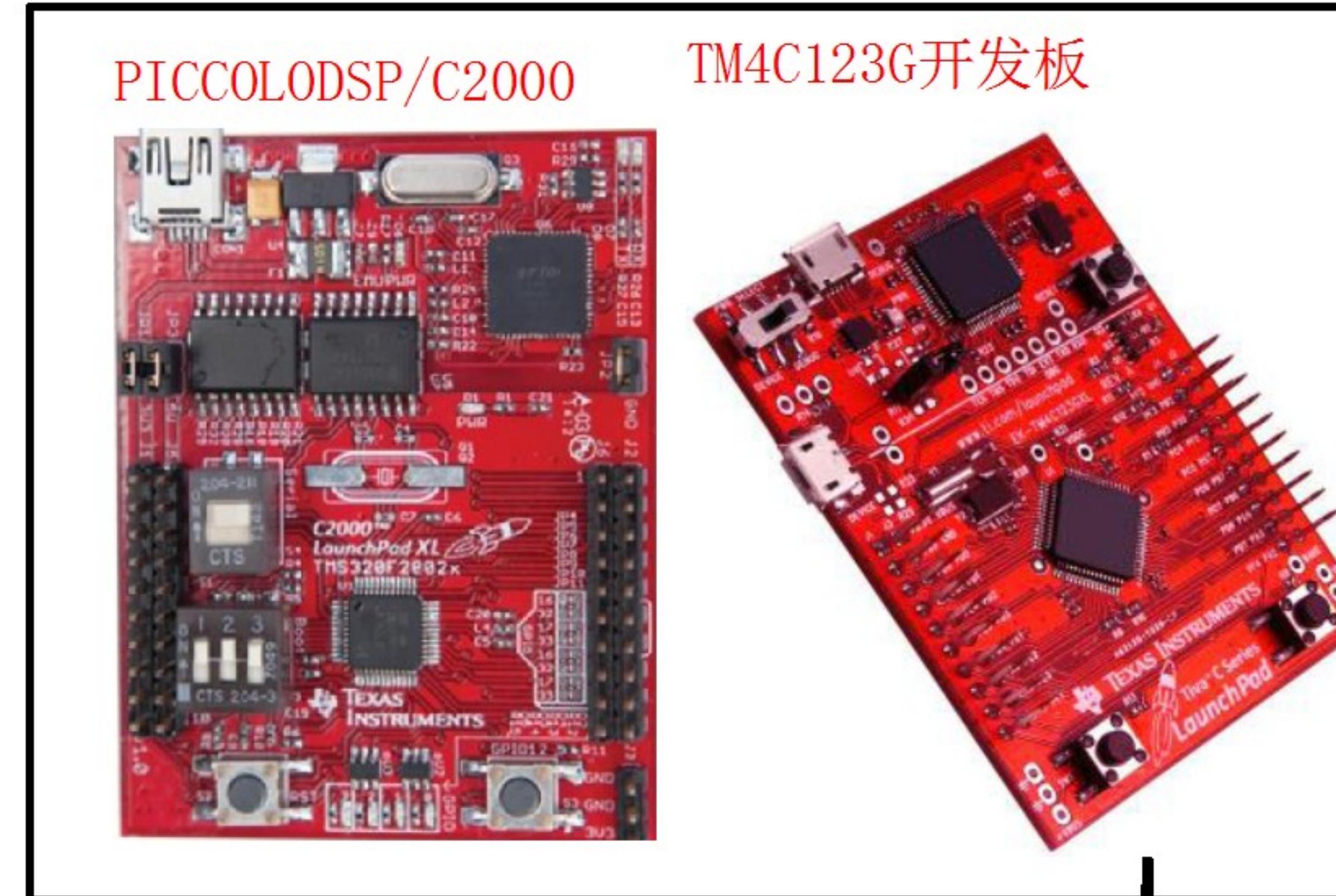
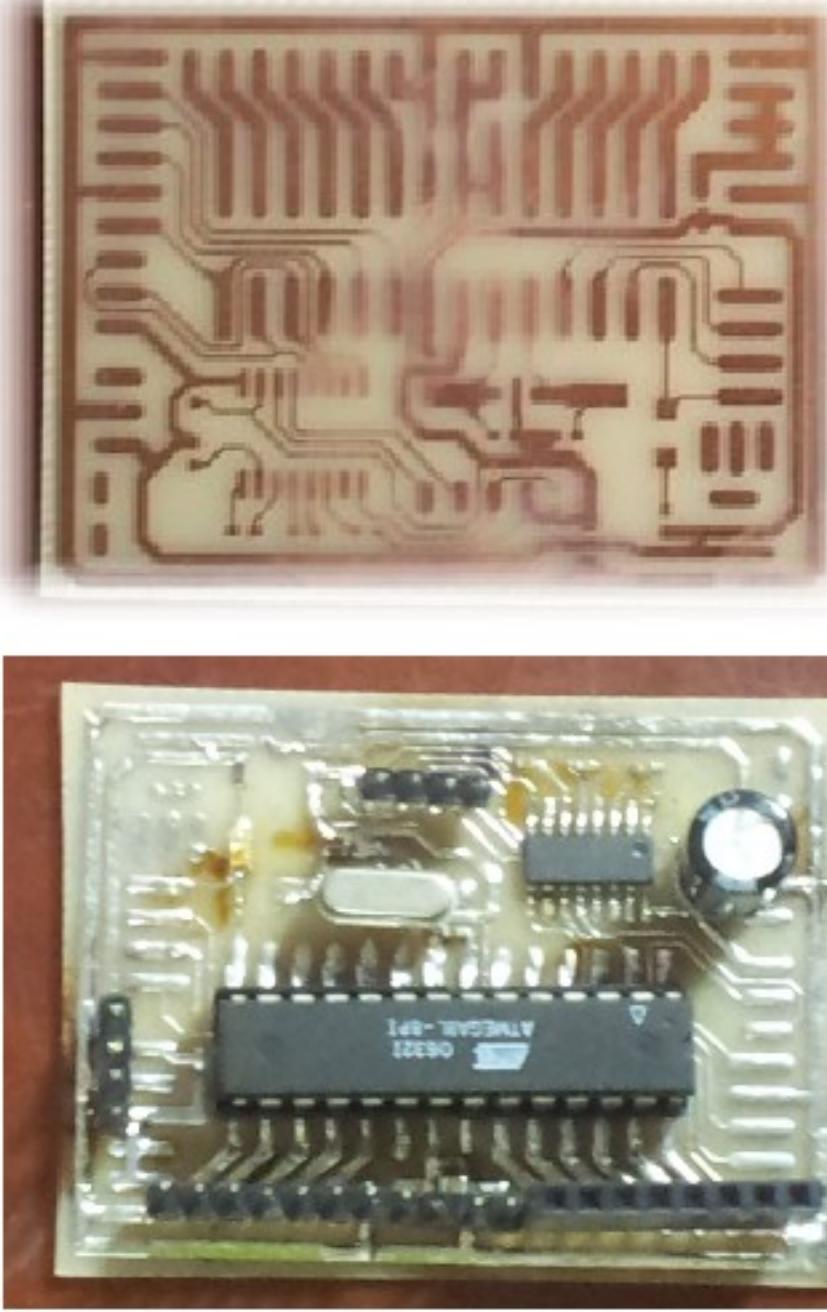


一个基于MEGA128的网络设备试验电路板



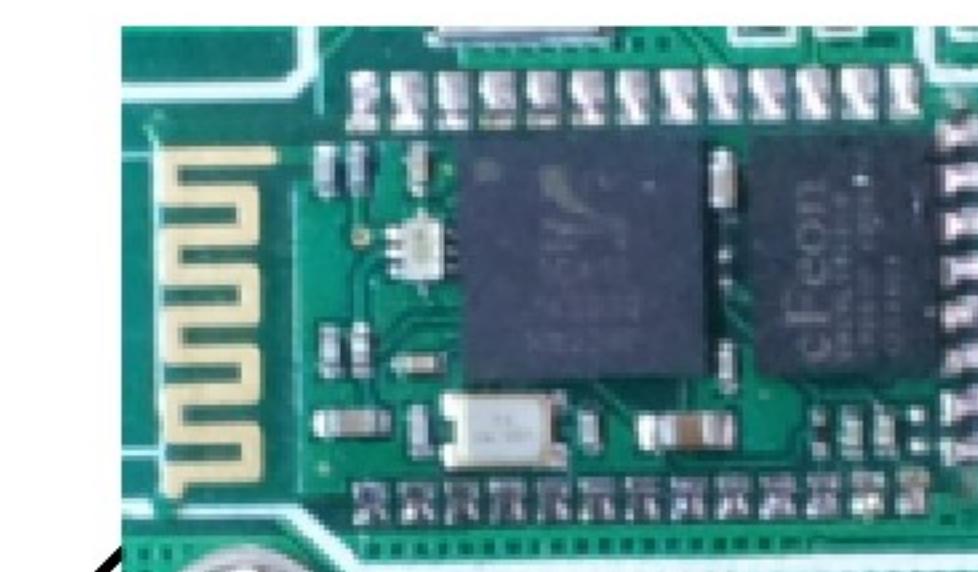
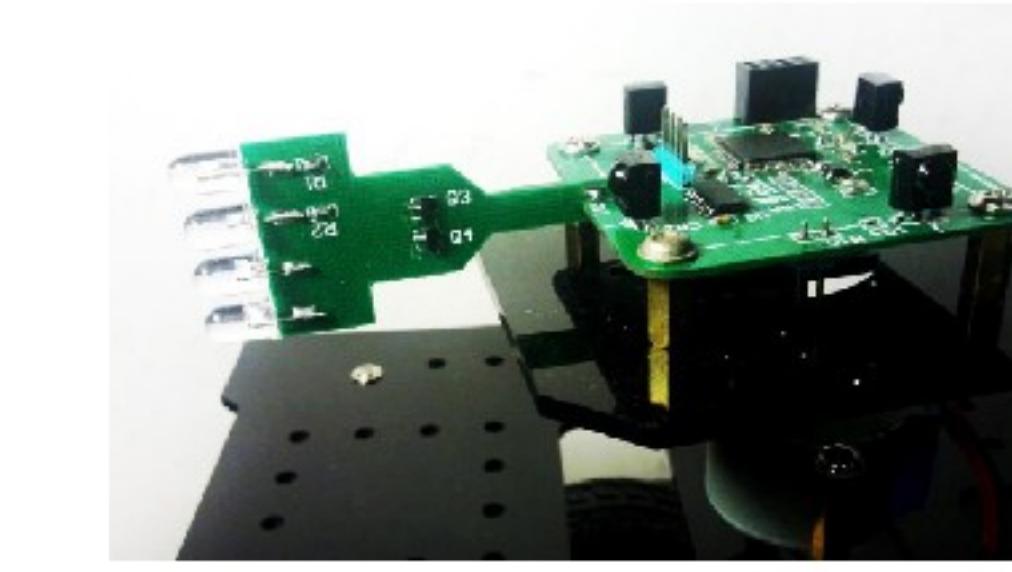
车模参数调整桌面平台

万用表
电源
示波器
烙铁
电脑

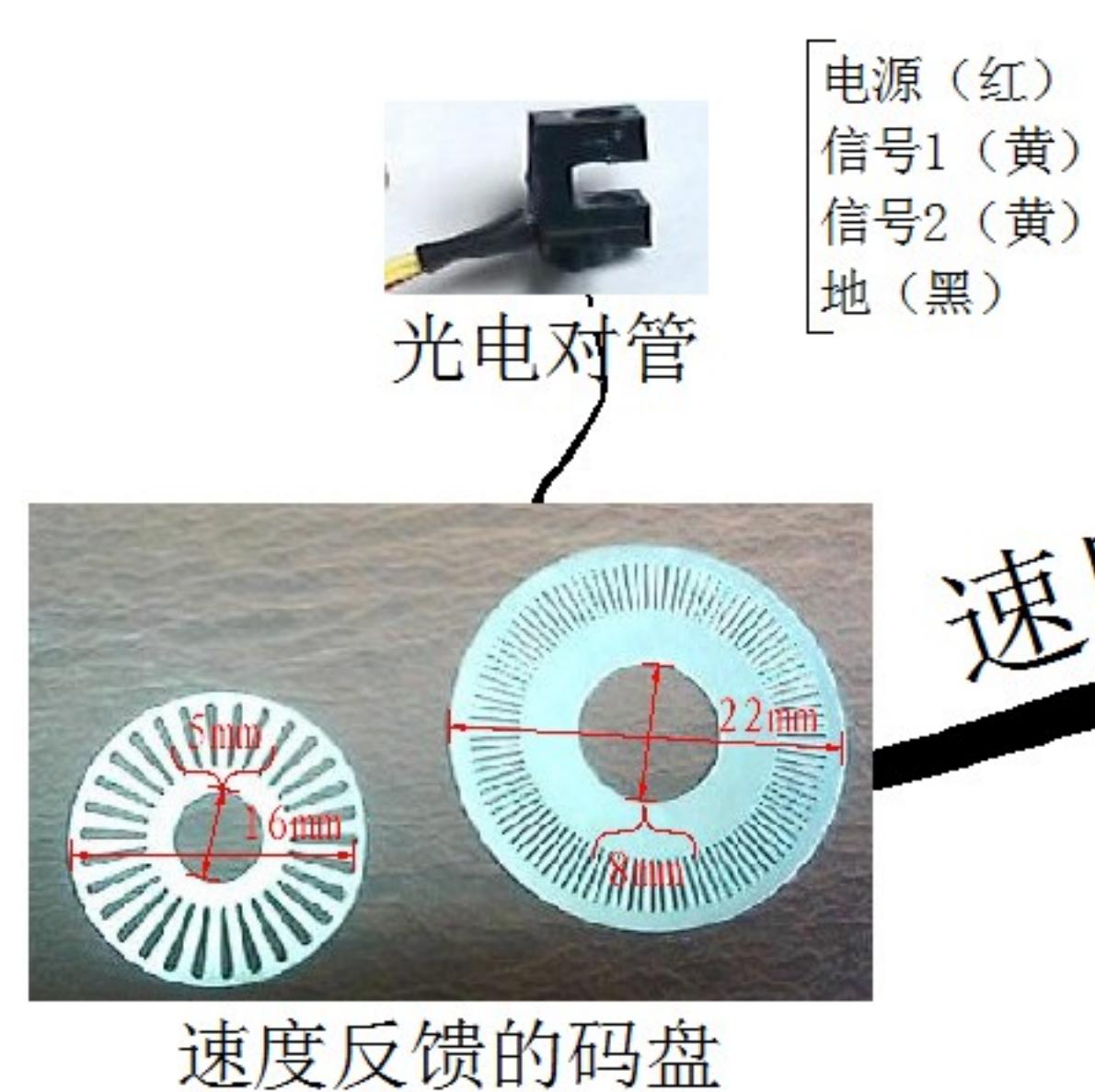


单片机选择和设计

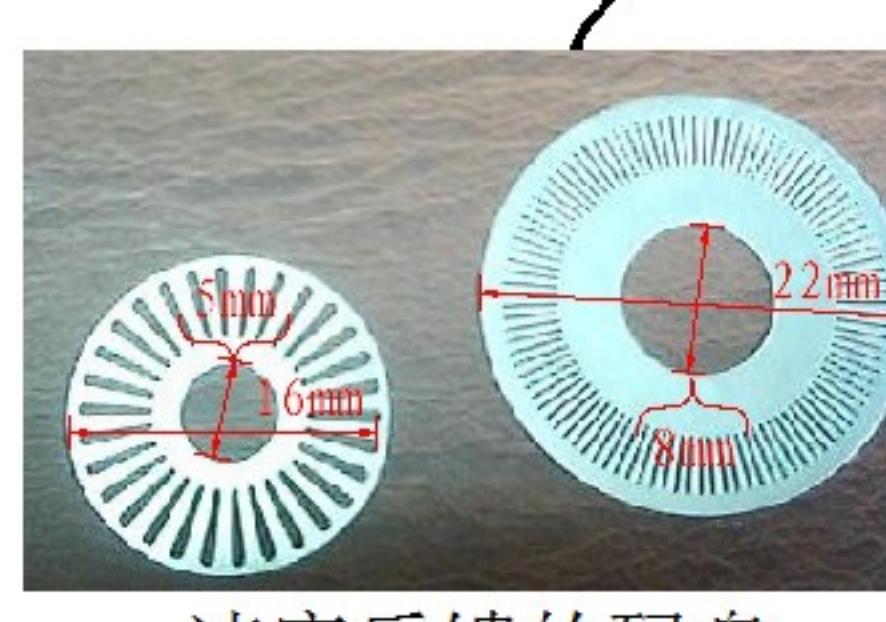
信息检测
信息处理
控制算法
可以选择使用
单片机或者FPGA



车体运动速度
反馈，保证运行
可靠性



速度检测



速度反馈的码盘

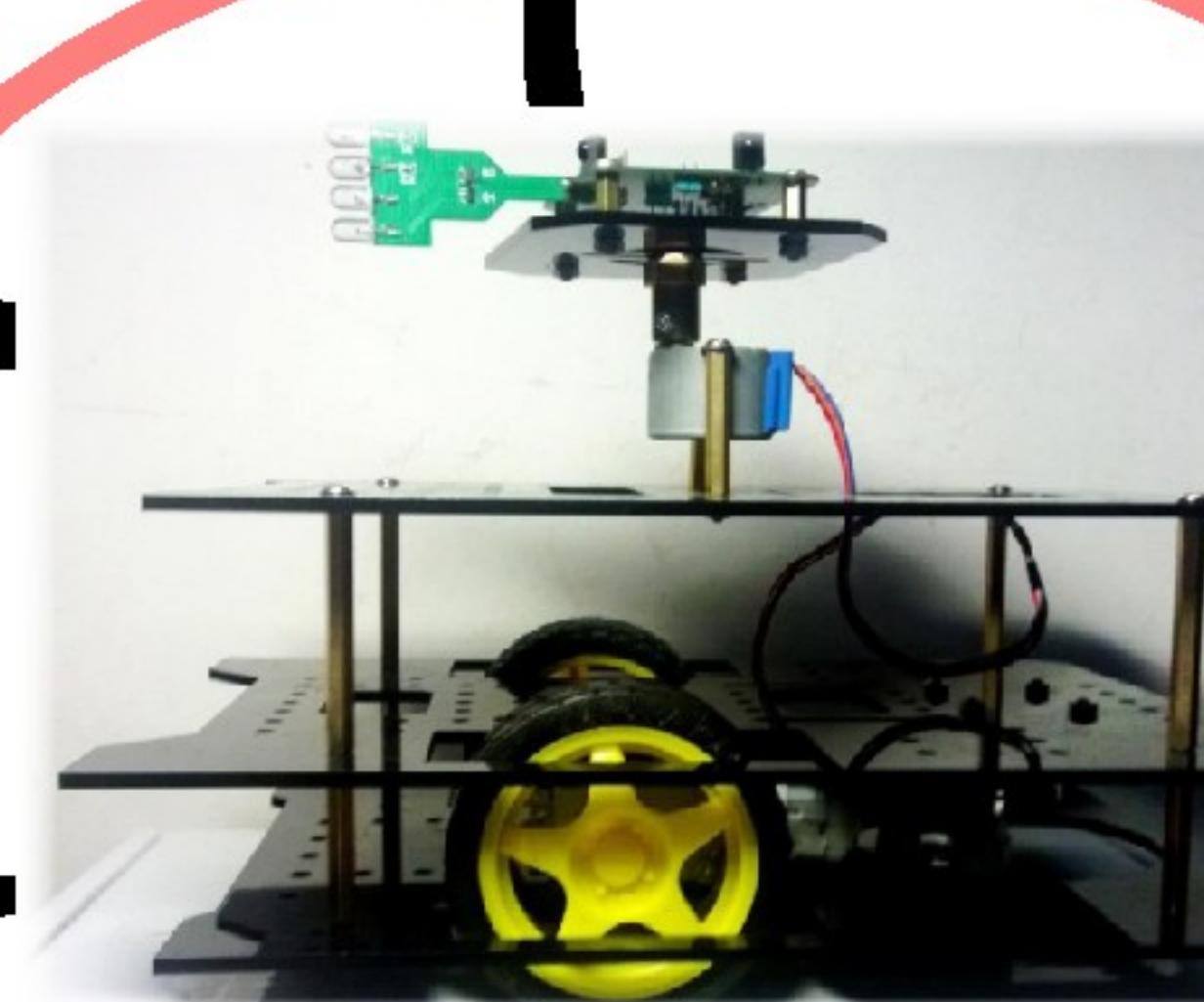
电机驱动
电路设计



模型车
车轮驱动



控制电路



模型车

电源

无线通讯

环境检测

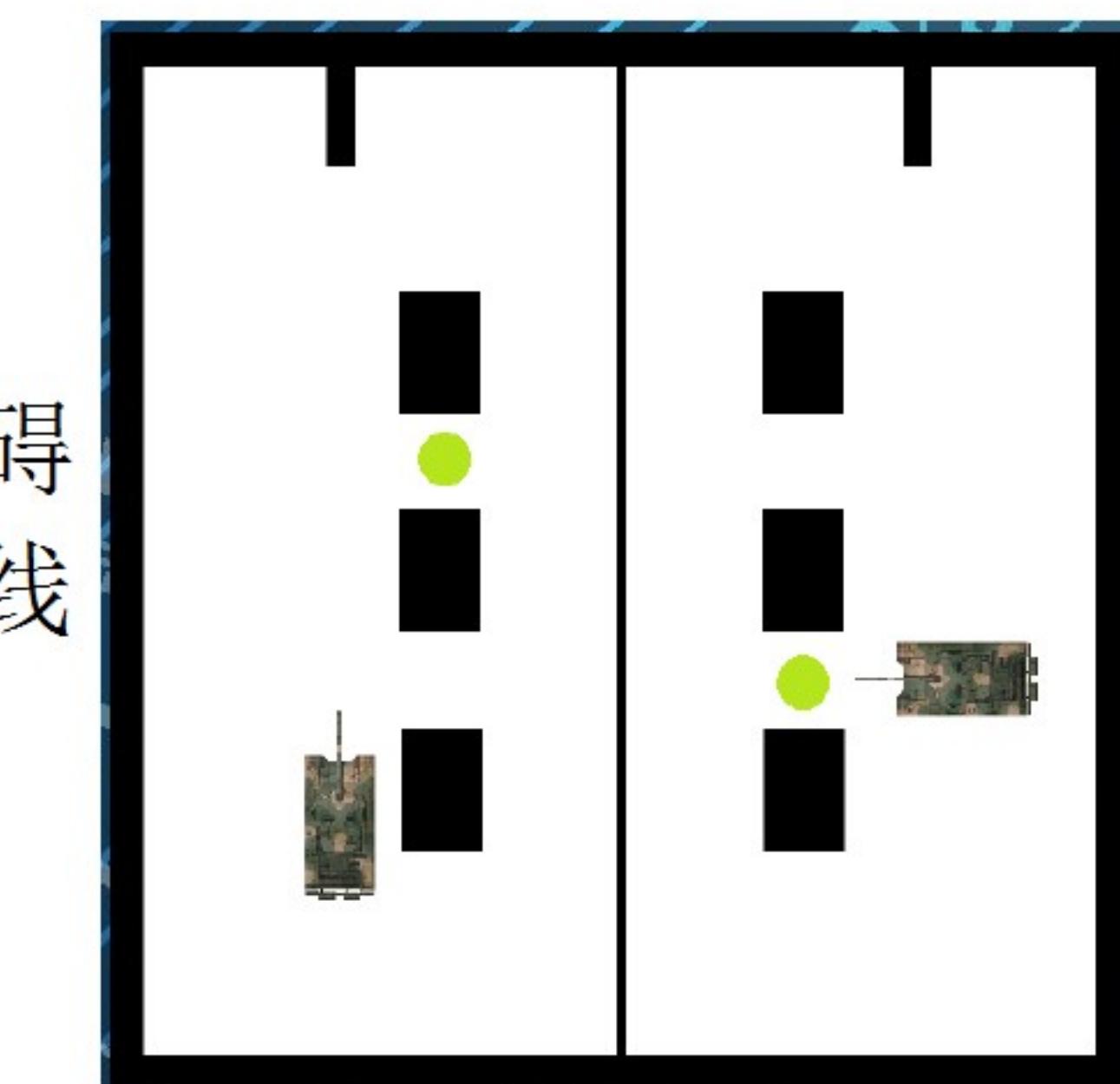


光电管



超声测距

检测障碍
检测黑线



竞赛场地



电源：光电池
提供运动能源
提供单片机、传感器
工作电源

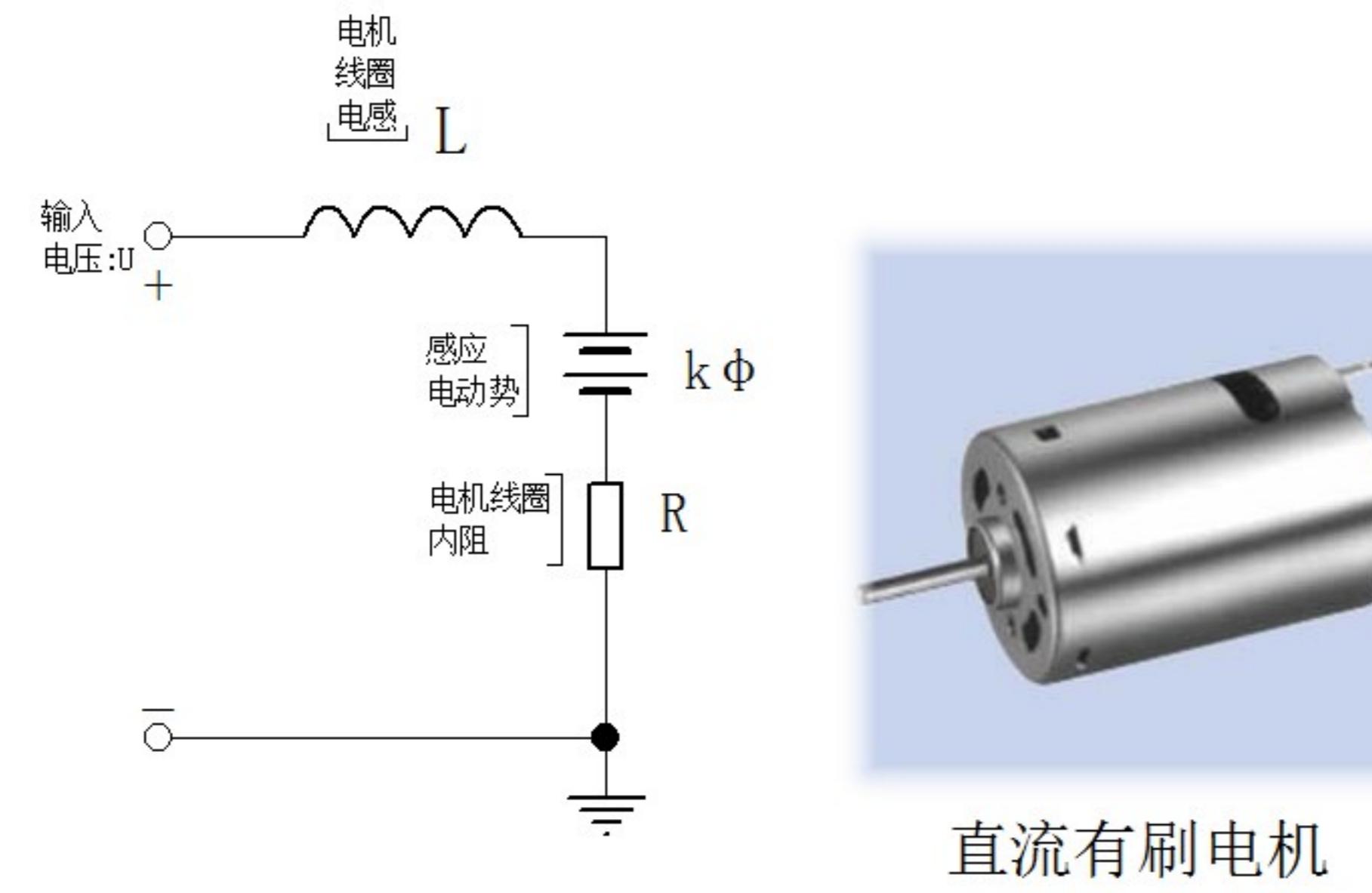
镍氢电池

电源
管理

电压滤波
电压转换
电压检测

● 电机模型-稳态模型

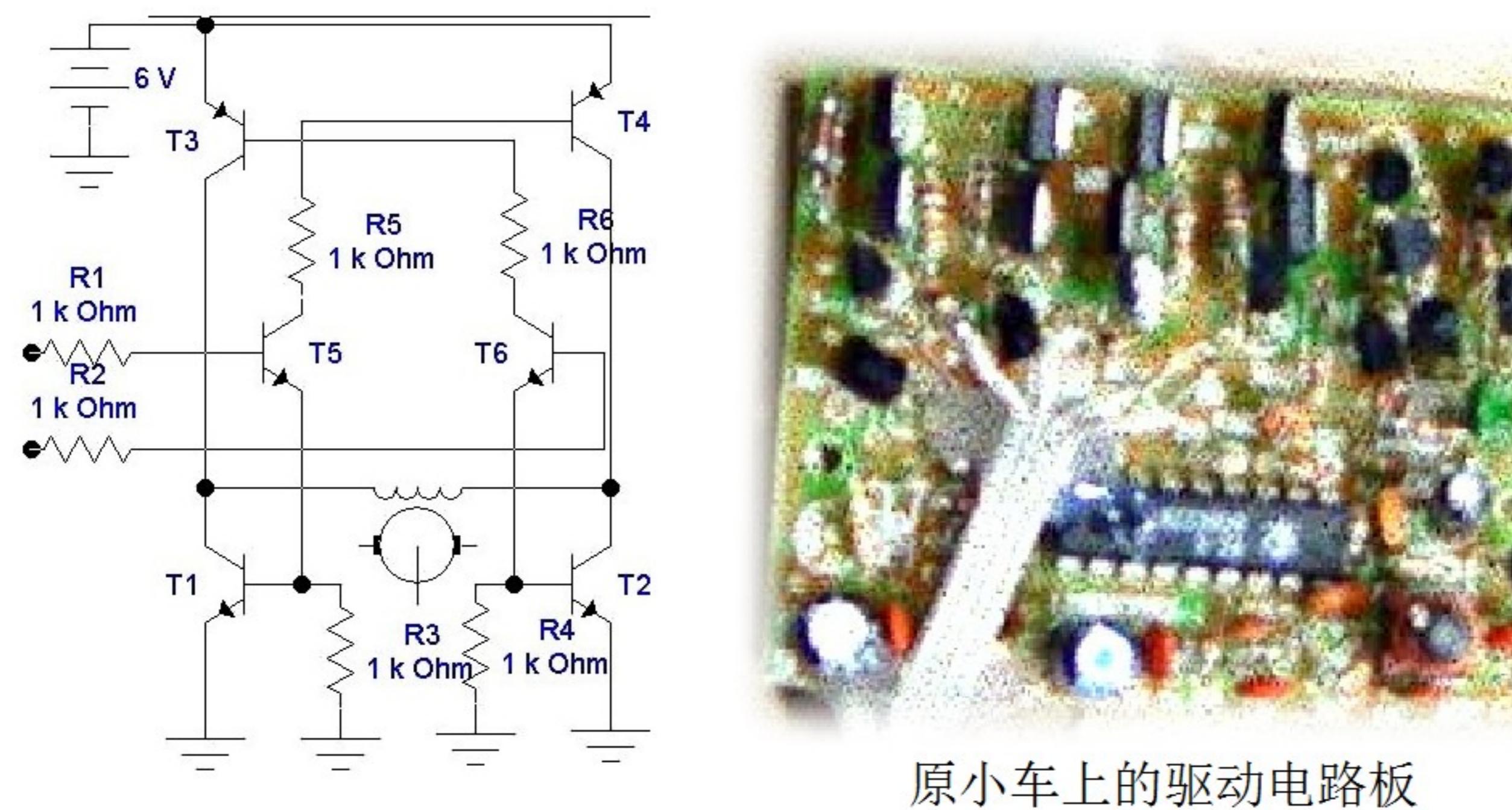
$$U = k\phi + Ri \quad Ri \ll U \quad \phi \approx \frac{1}{k}U \quad \star \text{ 电压大小决定了电机的转速}$$



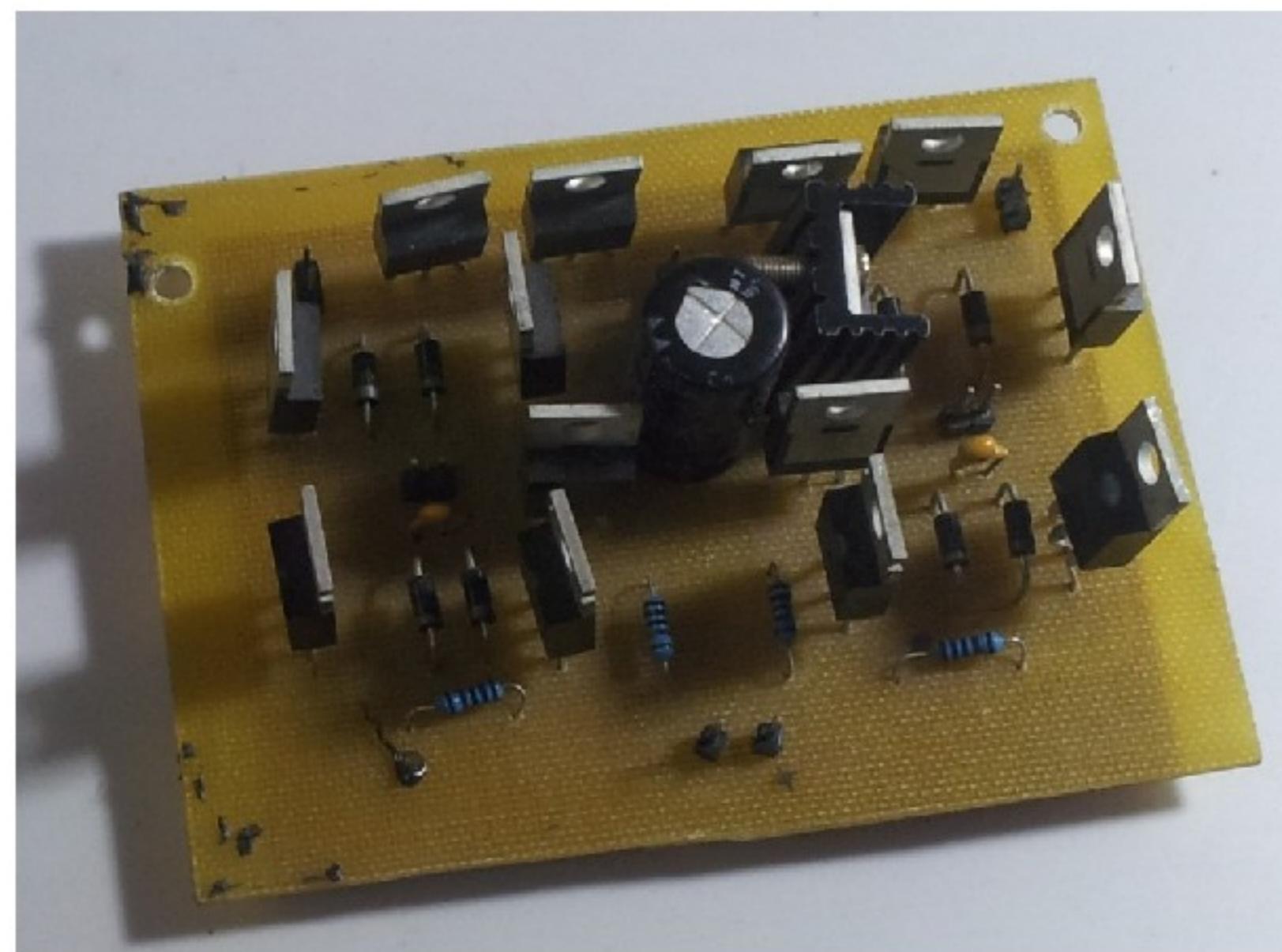
\star 电压极性决定了电机的转向

\times 由于控制电路一般输出的都是弱信号，不能够直接驱动电机。故需要增加电机驱动电路。

\times 分离元器件驱动电路-利用原有的驱动电路板



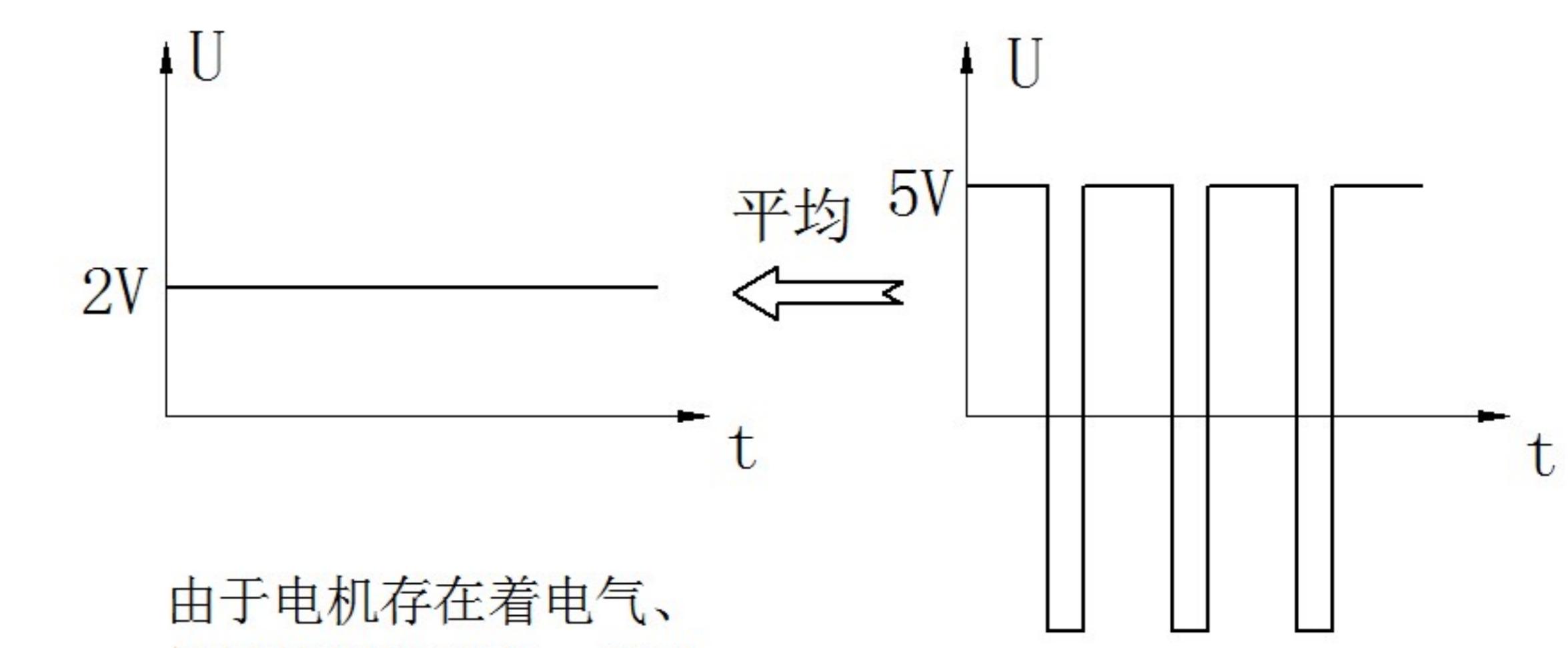
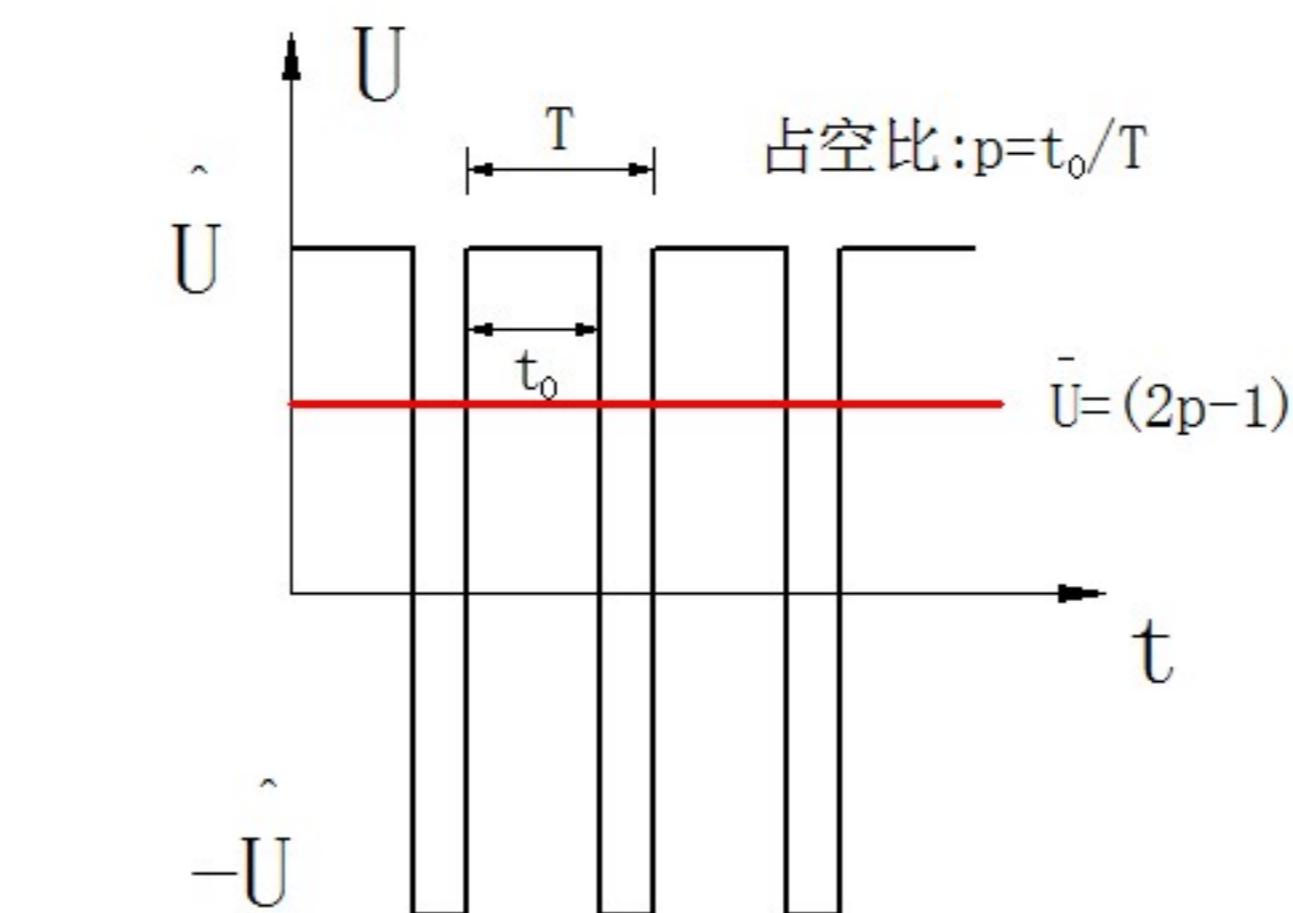
● 不合理的设计杀鸡用牛刀



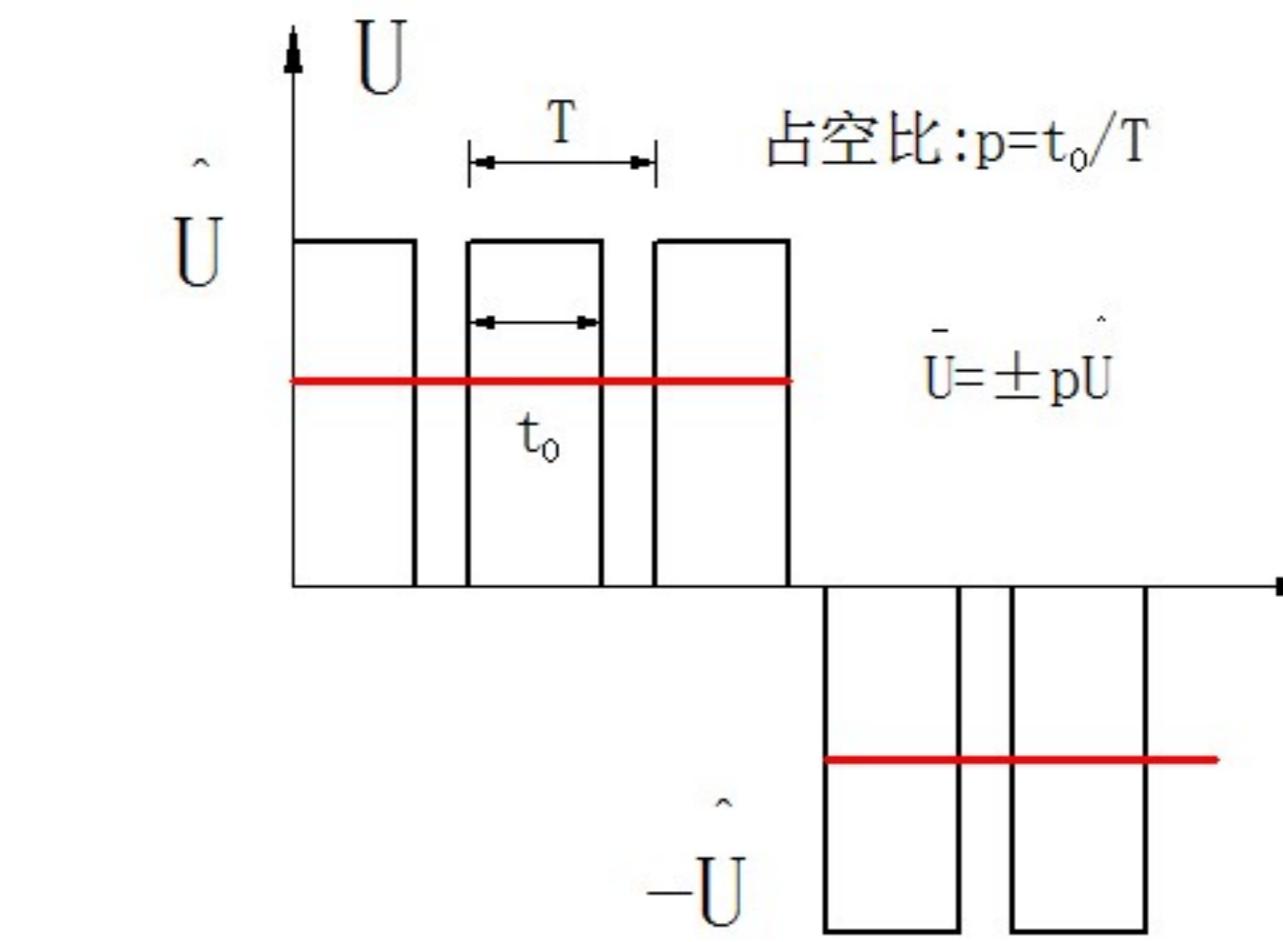
● PWM控制

- \star 优点:
 - 效率高；
 - 适合数字接口；
- \star 缺点:
 - 电路复杂

\times 双极型PWM驱动

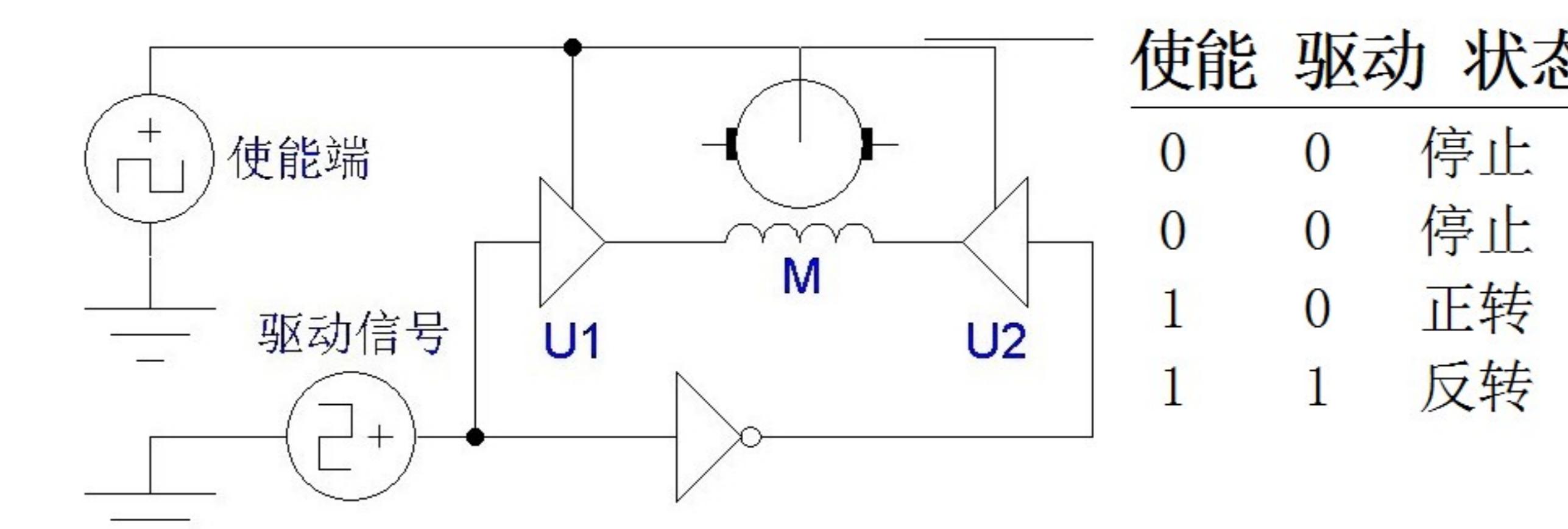
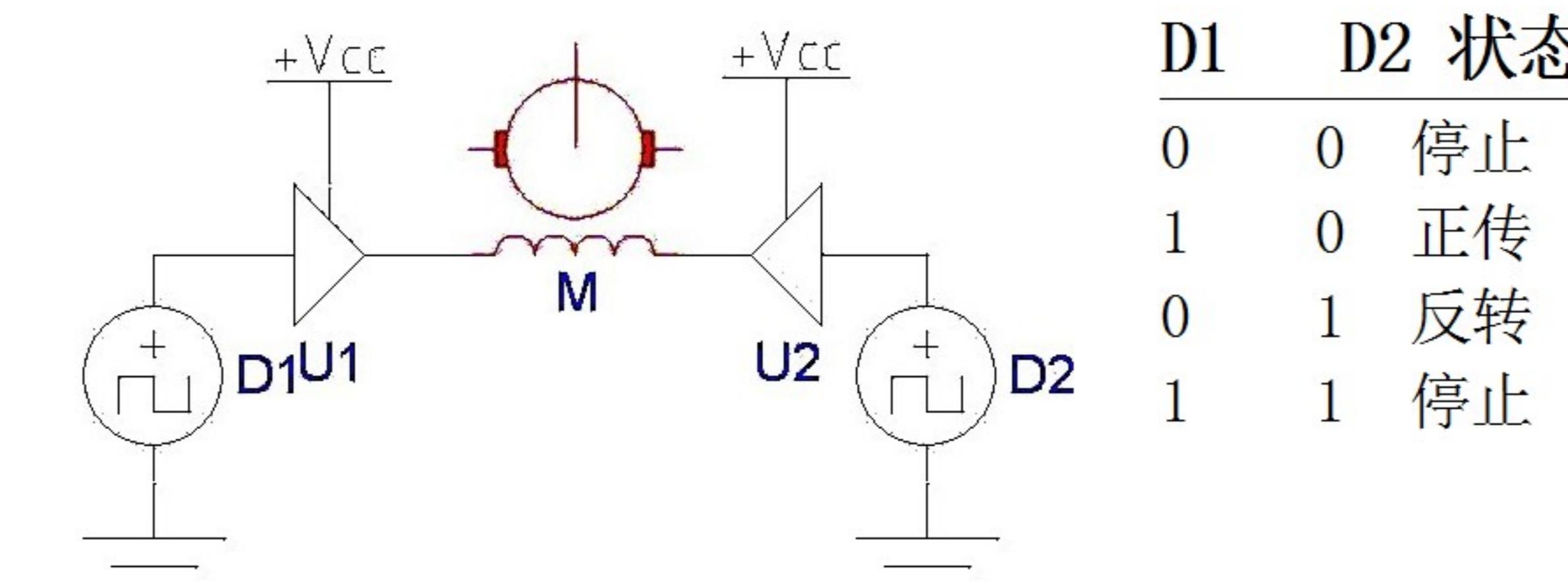


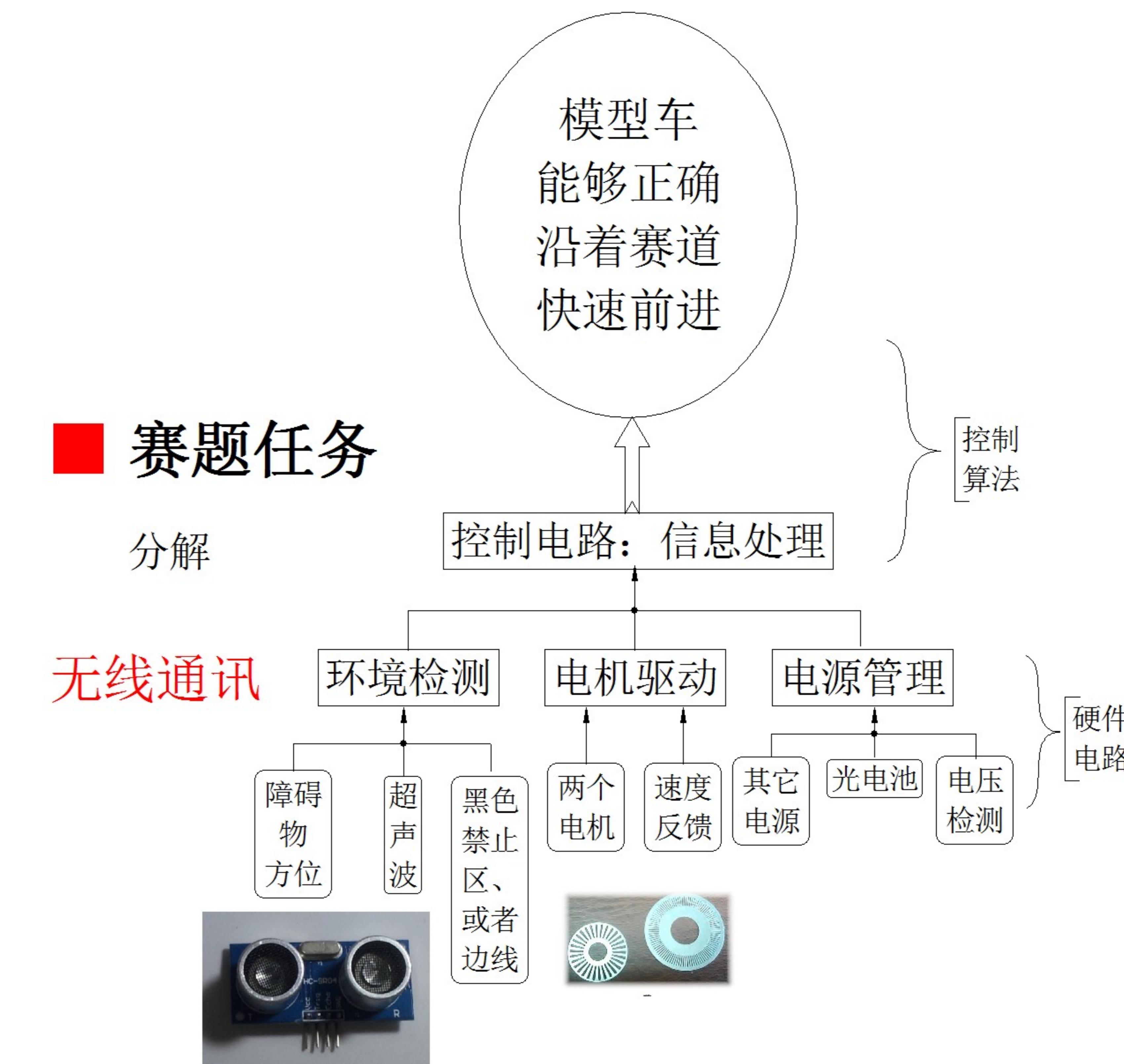
\times 单极性PWM驱动



● 电机驱动信号两种形式:

- \star 反极性驱动型
- \star 允许禁止型





■ 赛题的主要问题:

- ☆ 电机驱动: 驱动电机 (差动), 速度反馈;
- ☆ 传感器: 检测障碍物, 检测黑色区域, 黑线;
- ☆ 控制电路: MCU, FPGA, DSP, PSOC;
- ☆ 电源部分: 转换 $6\text{-V} \rightarrow 5\text{V}, 3.3\text{V}$ 等, 检测;
- ☆ 控制算法: 综合检测的信息-指挥小车运行, 获取当前位置信息。

什么是智能汽车竞赛？

☒ 北科大校内多车追逐比赛

☒ 上海交通大学冠军车模

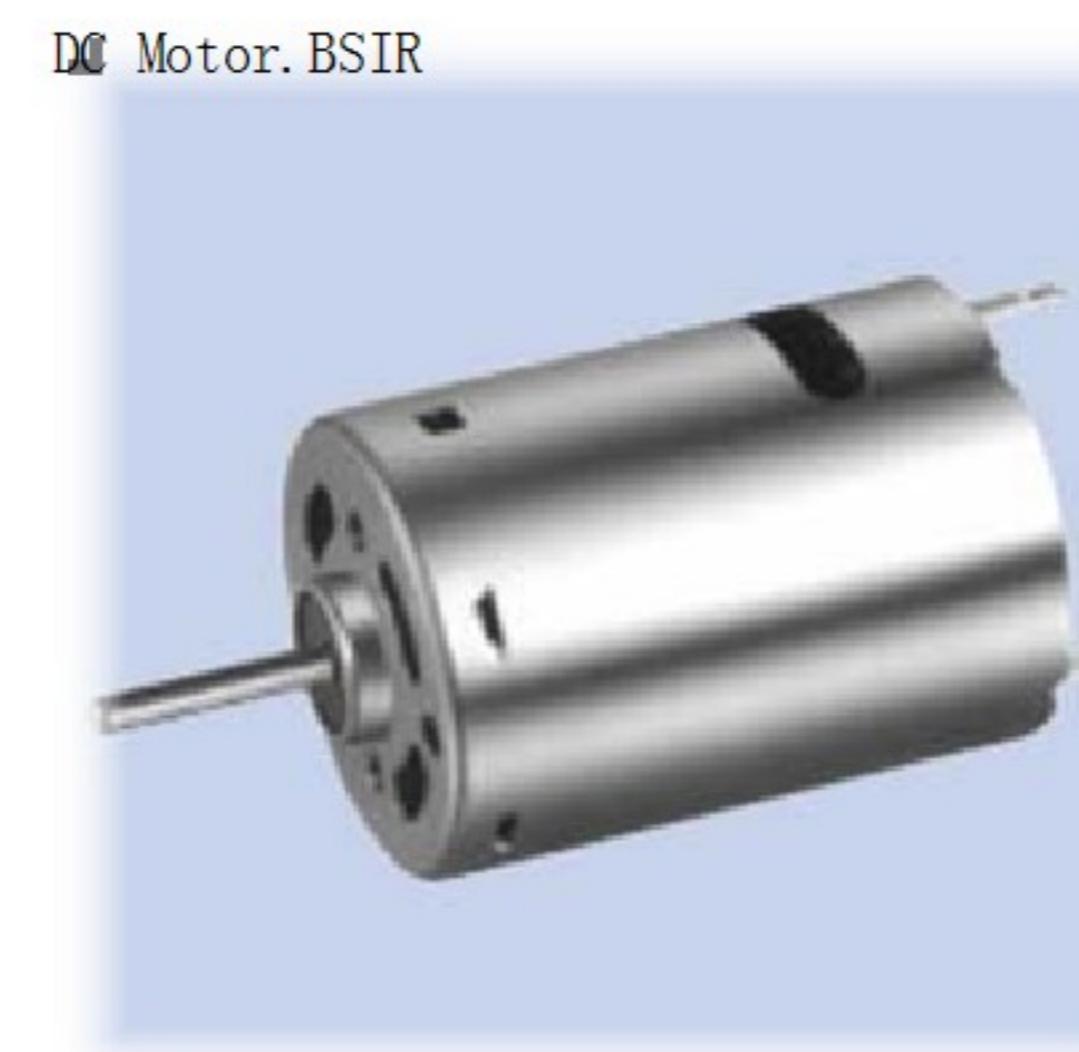
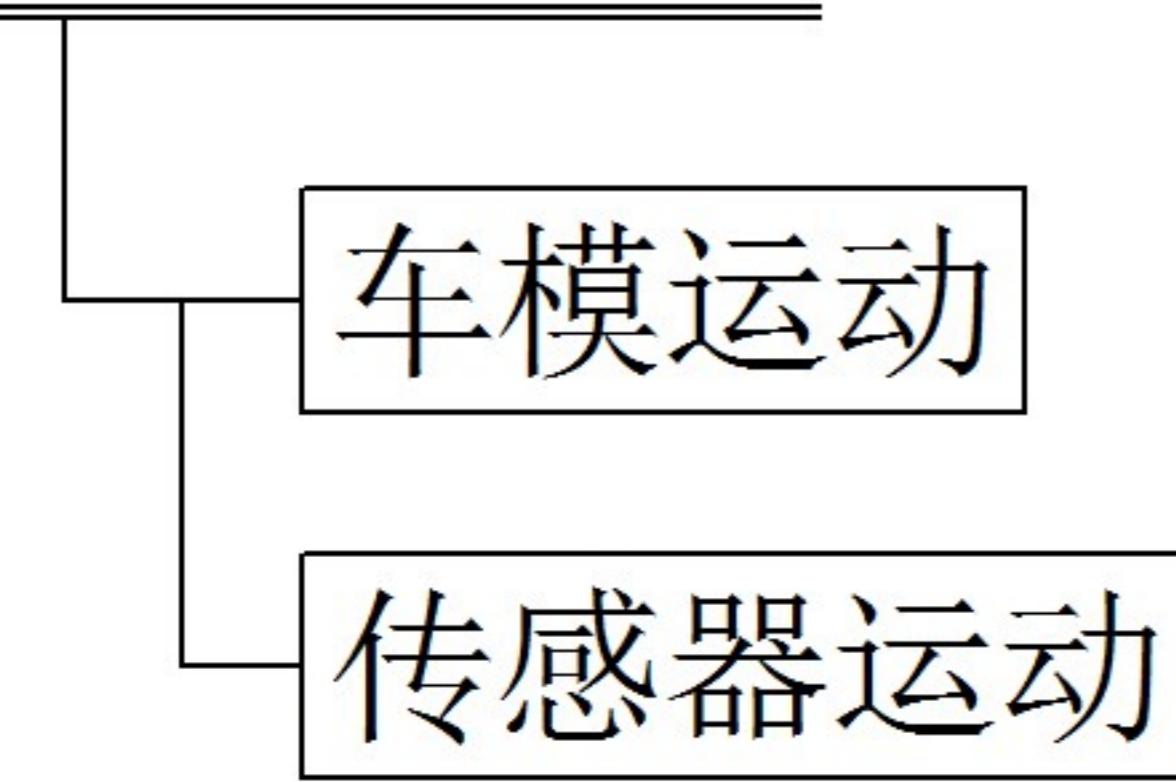


■ 直立行走

☒ 电磁车模



■ 运动控制



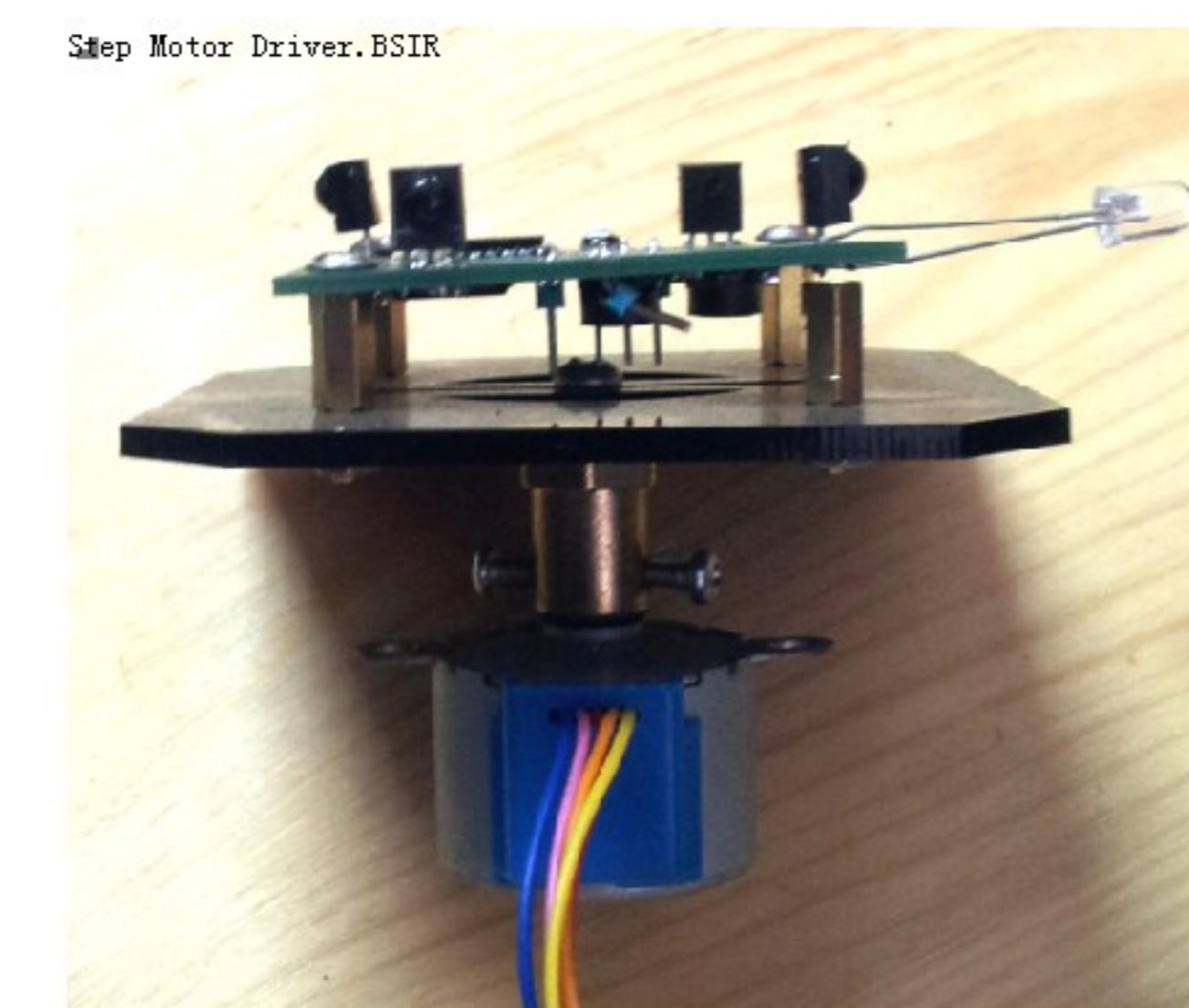
直流有刷电机

● 集成电机驱动芯片

LM293, LM298, 33886, LM9110



舵机



支撑着炮塔的步进电机

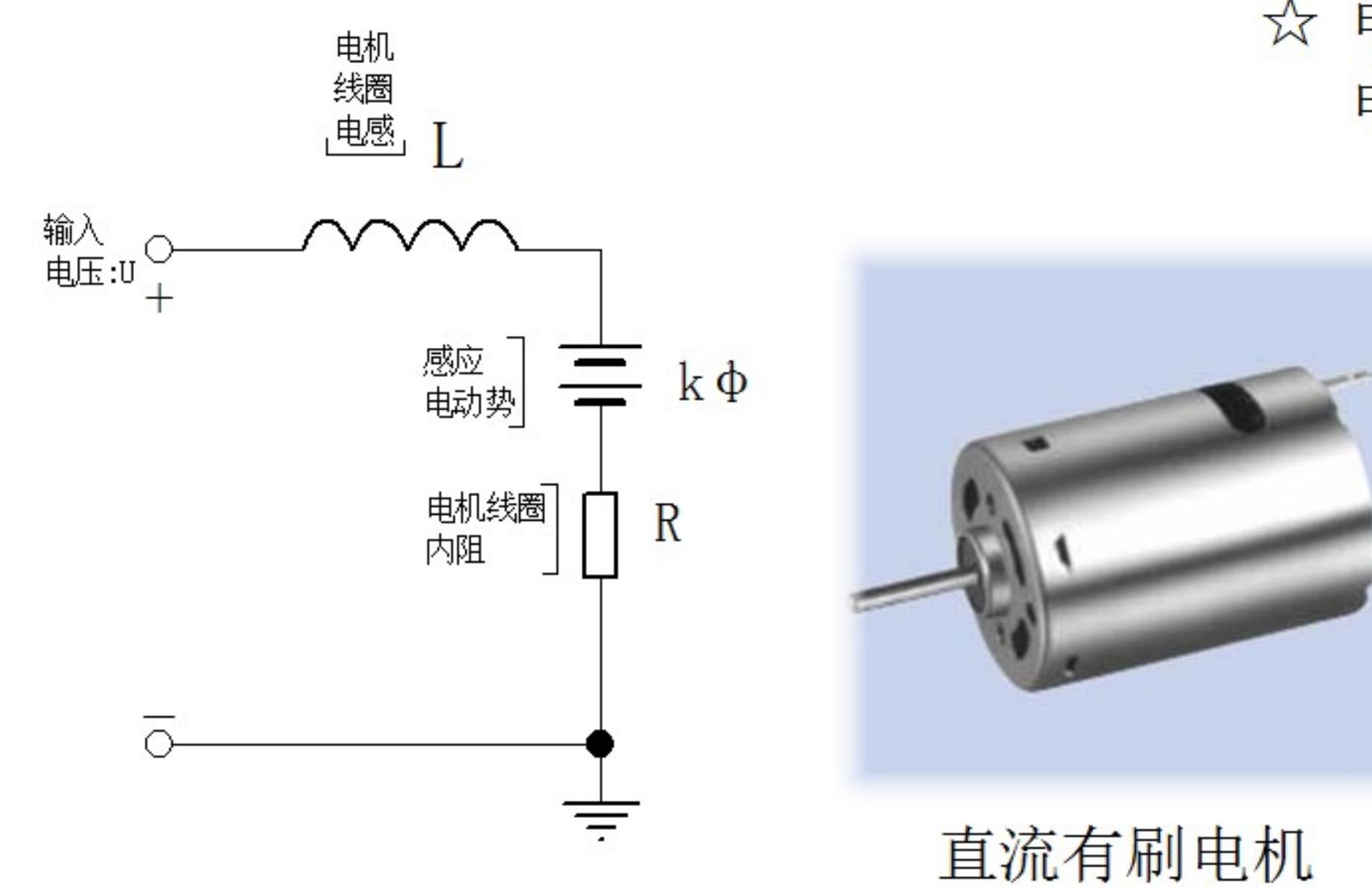


§ 2.1

2-1

● 电机模型-稳态模型

$$U = k\varphi + Ri \quad Ri \ll U \quad \varphi \approx \frac{1}{k}U$$

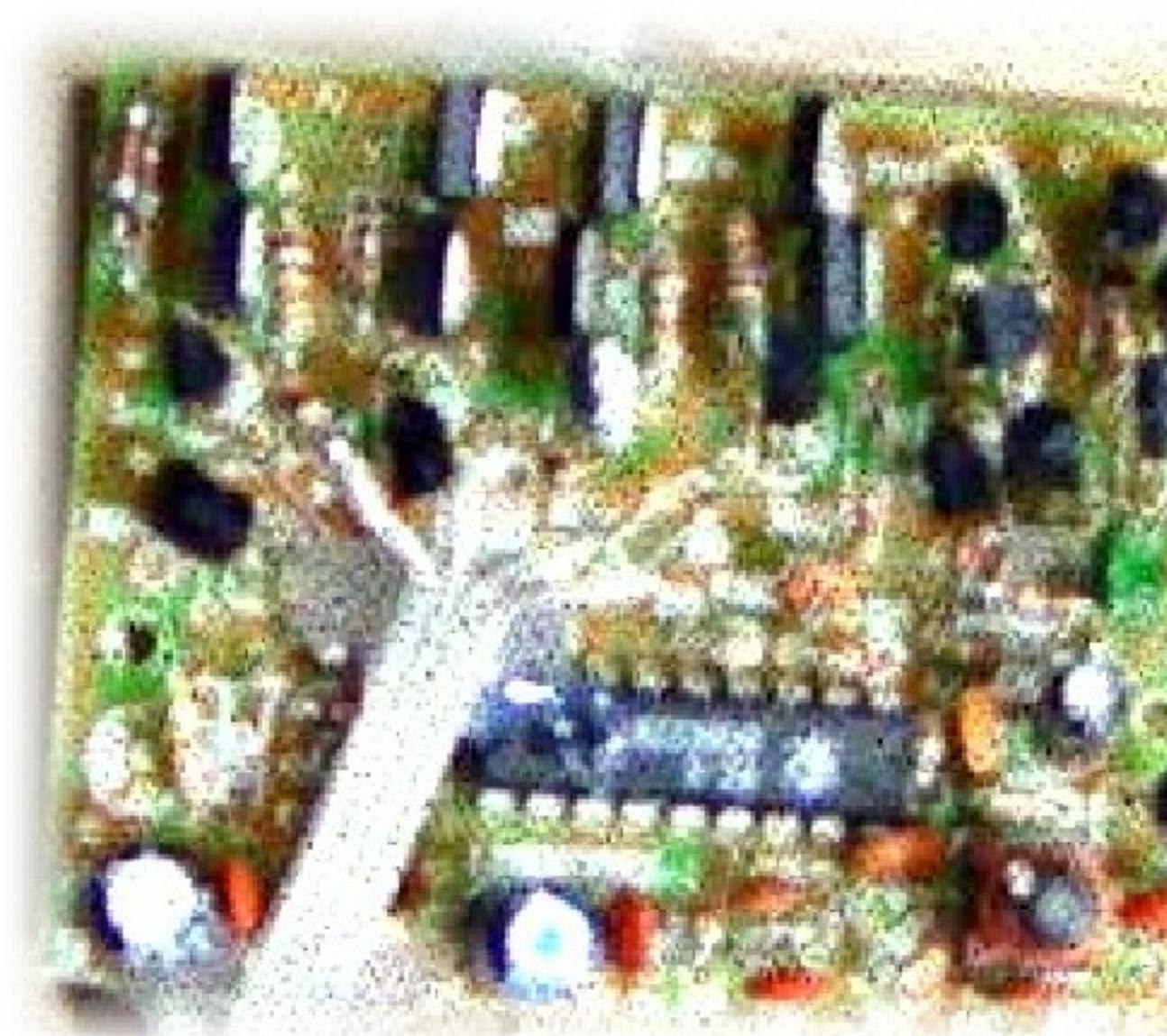
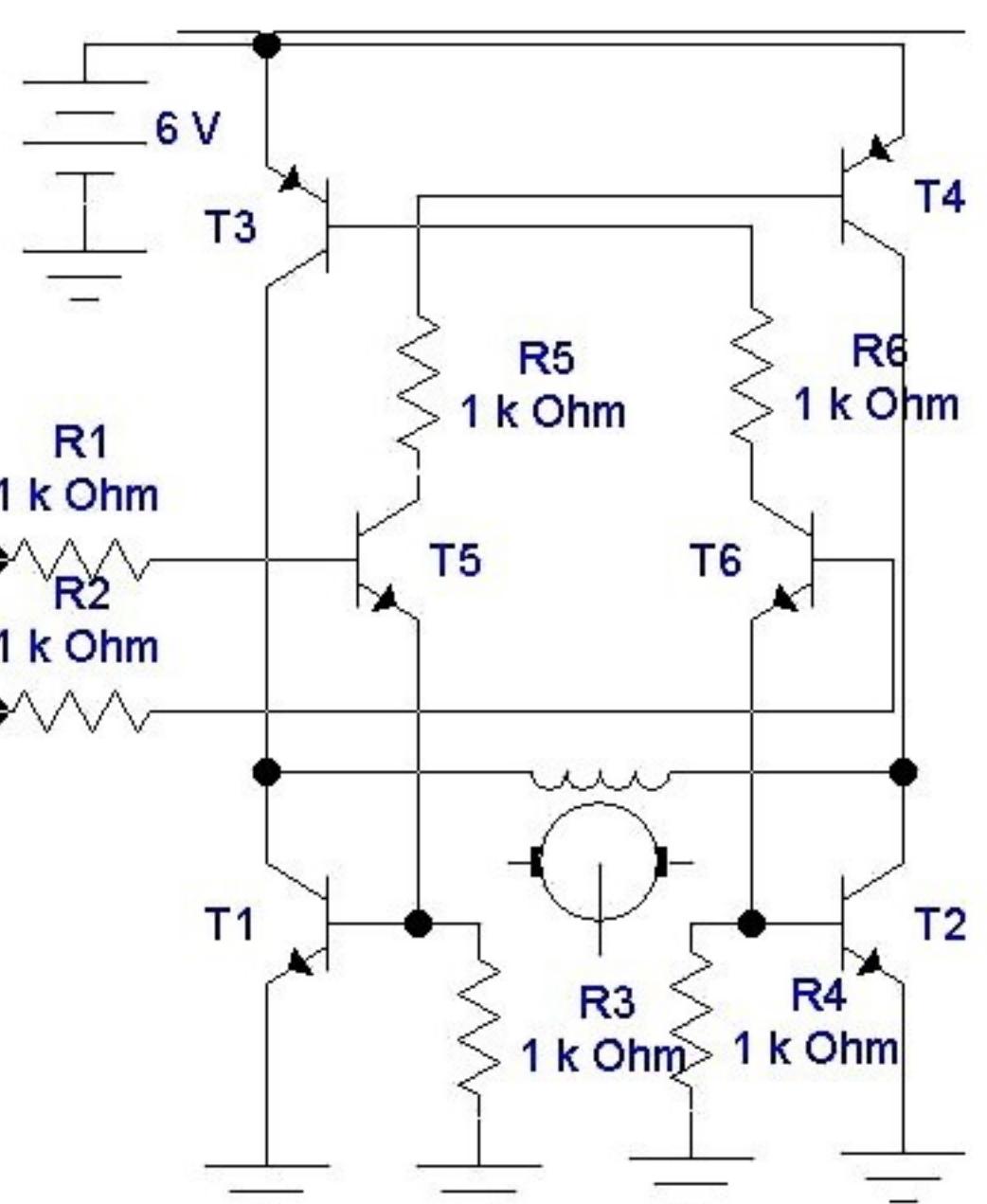


☆ 电压大小决定了电机的转速

☆ 电压极性决定了电机的转向

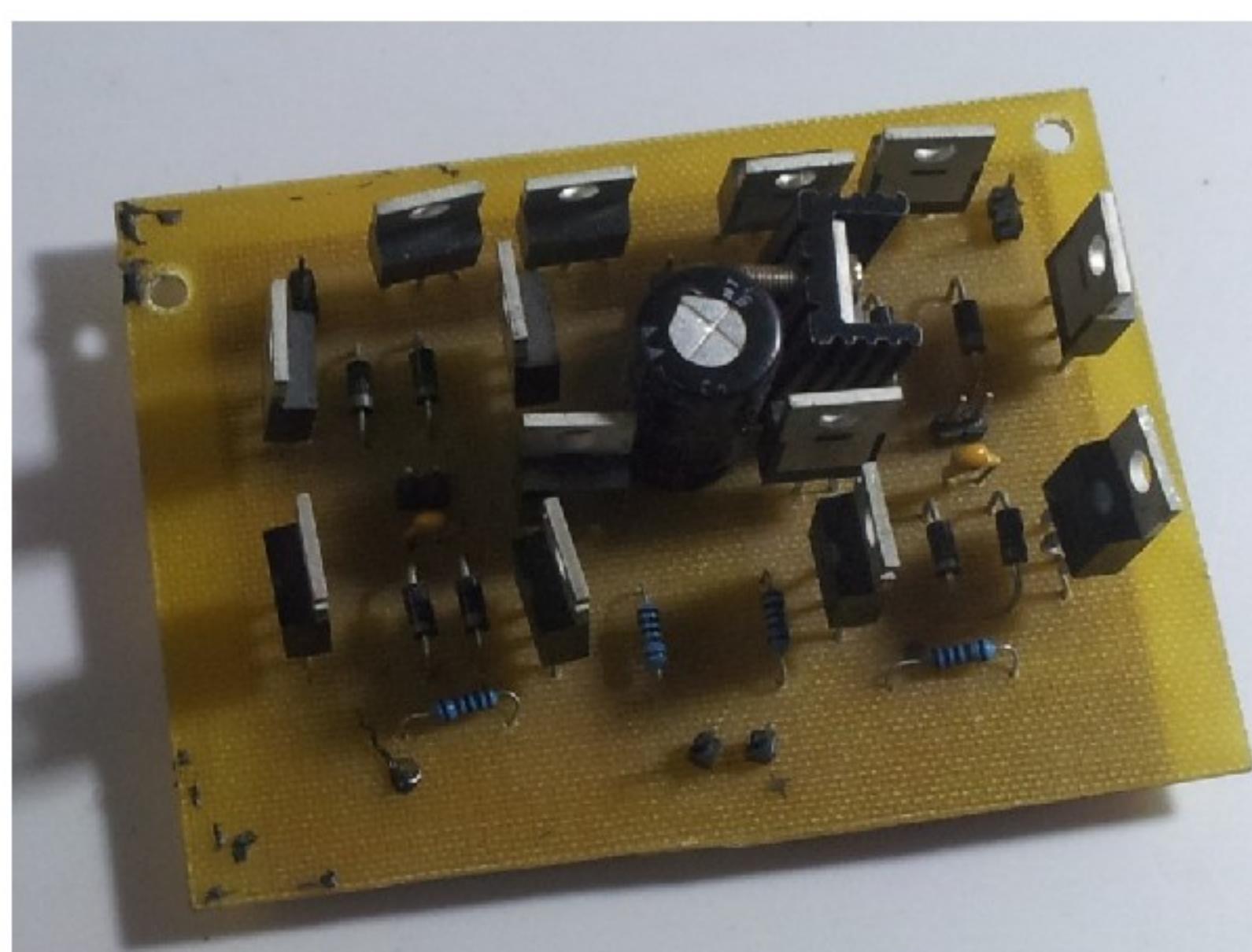
- ☒ 由于控制电路一般输出的都是弱信号，不能够直接驱动电机。故需要增加电机驱动电路。

- ☒ 分离元器件驱动电路-利用原有的驱动电路板



原小车上的驱动电路板

- 不合理的设计杀鸡用牛刀



● PWM控制

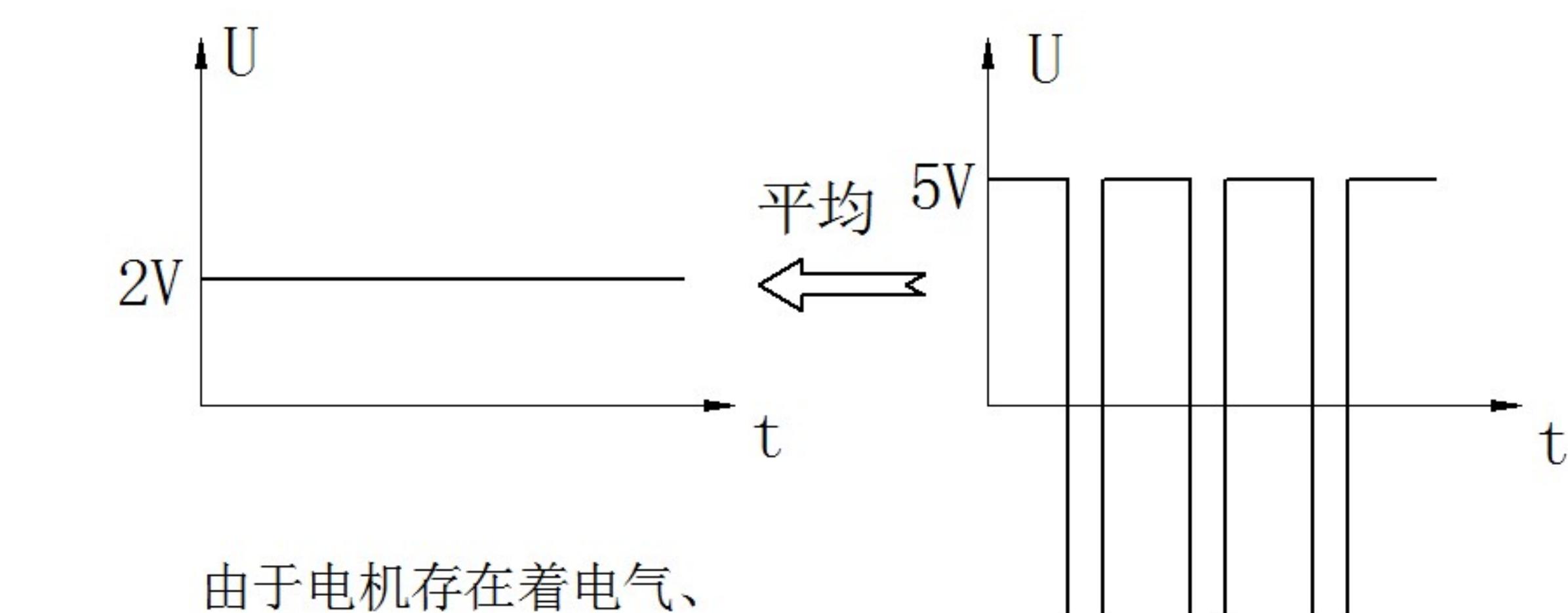
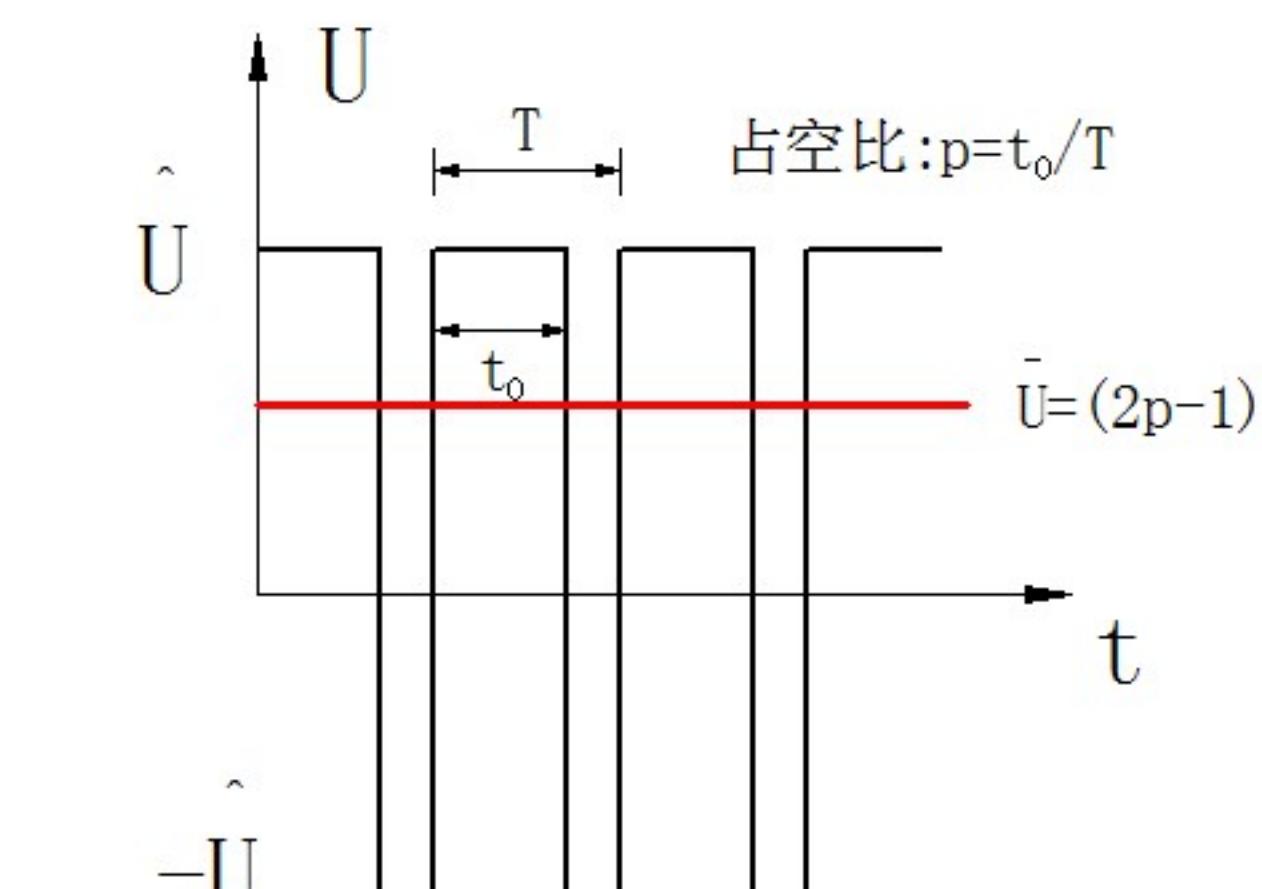
☆ 优点:

- 效率高；
- 适合数字接口；

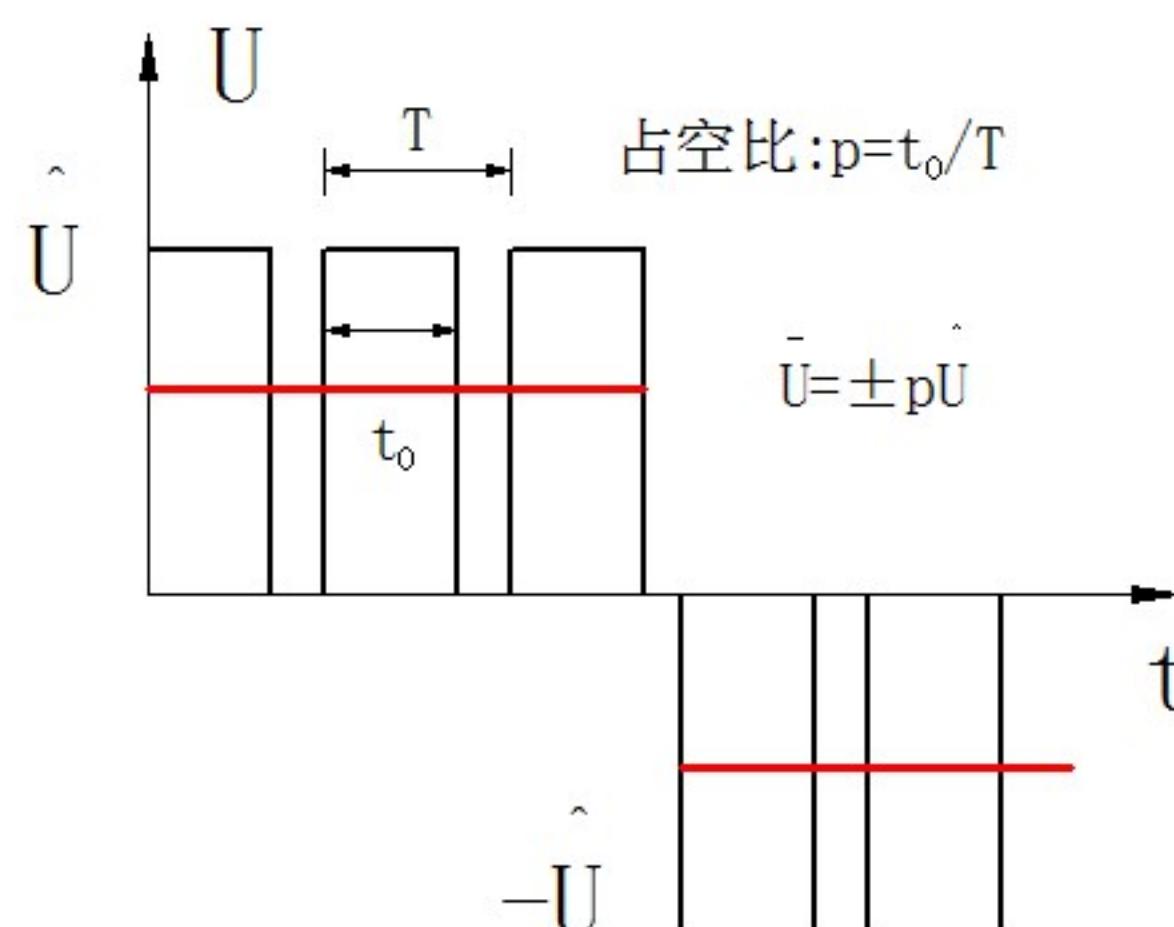
☆ 缺点:

- 电路复杂

☒ 双极型PWM驱动



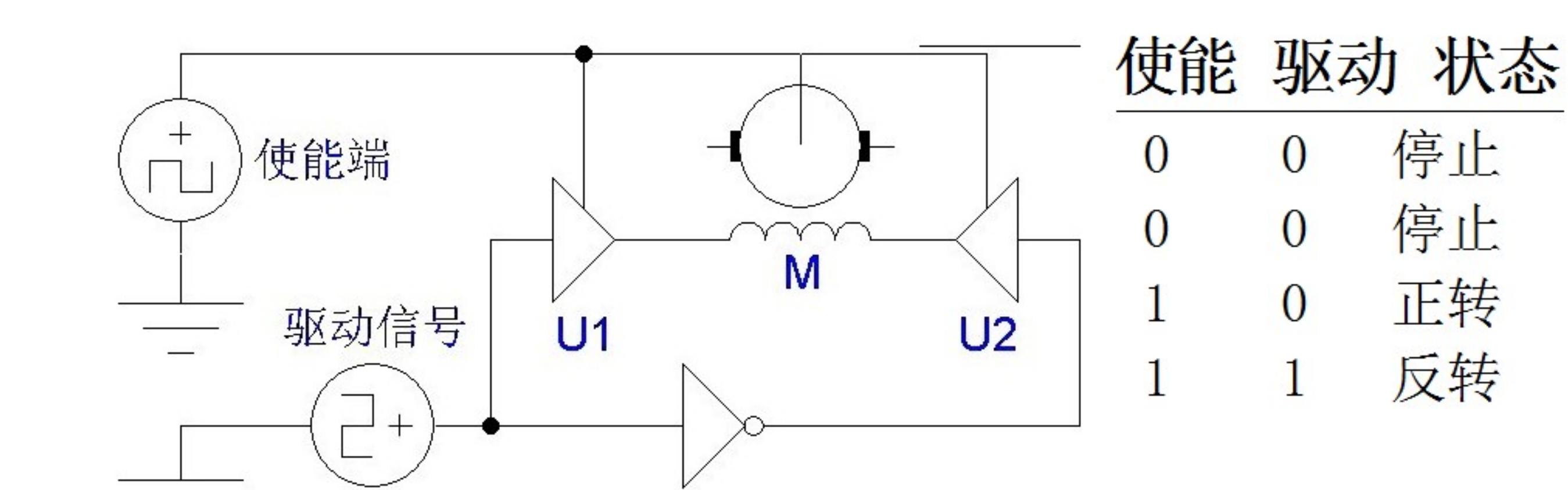
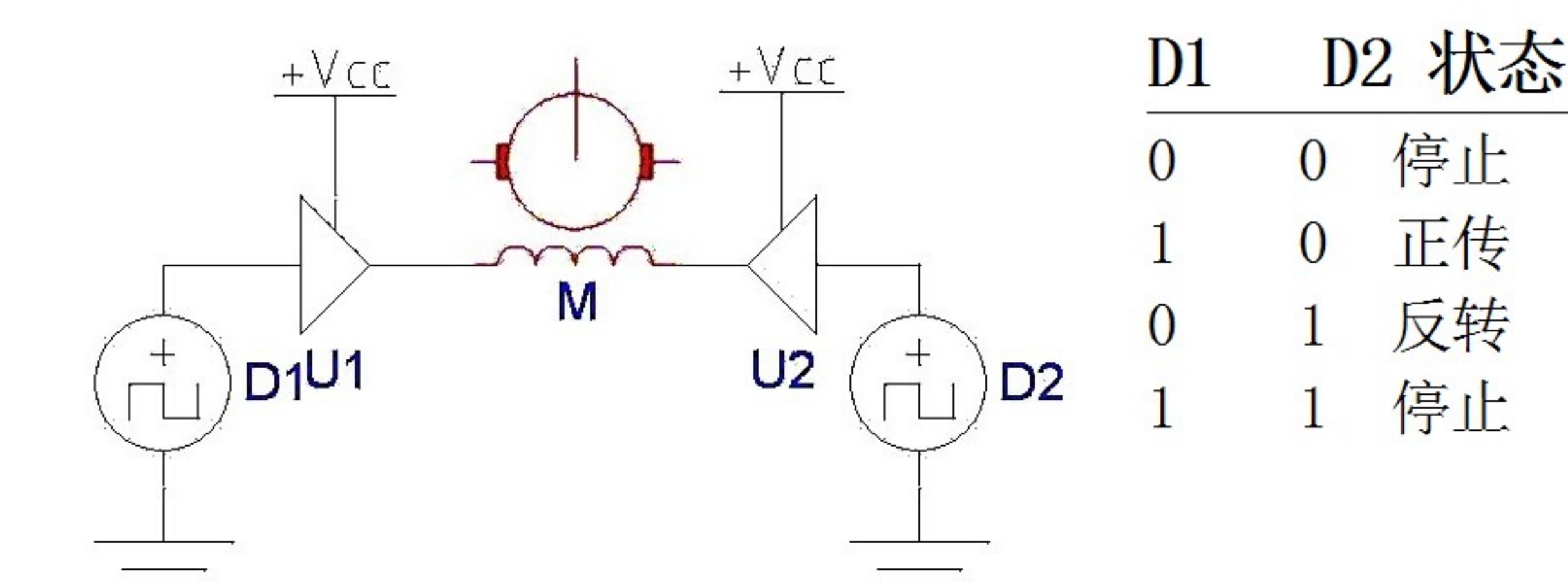
☒ 单极性PWM驱动



● 电机驱动信号两种形式:

☆ 反极性驱动型

☆ 允许禁止型



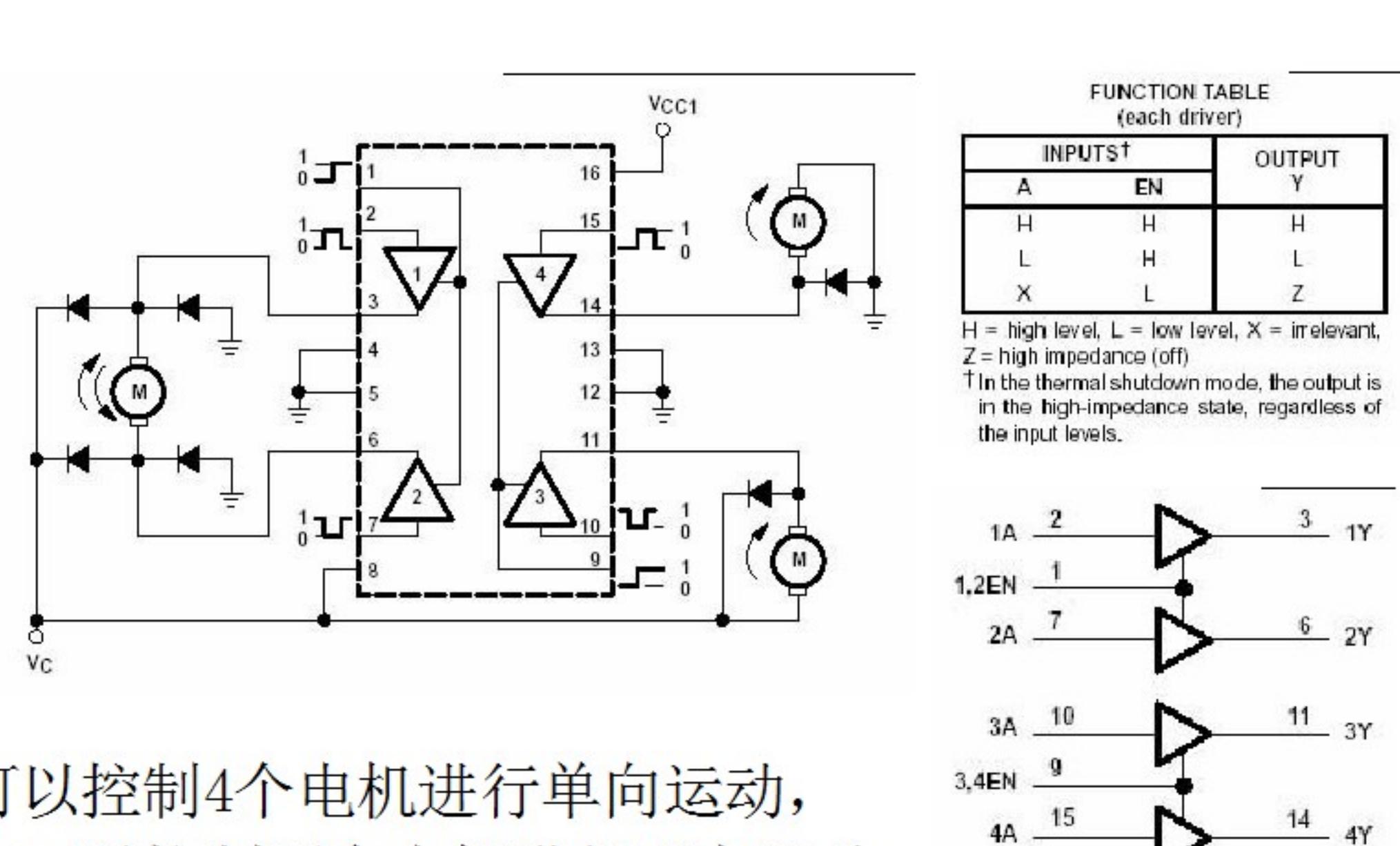


集成电机驱动芯片

LM293, LM298, 33886, LM9110

LM293

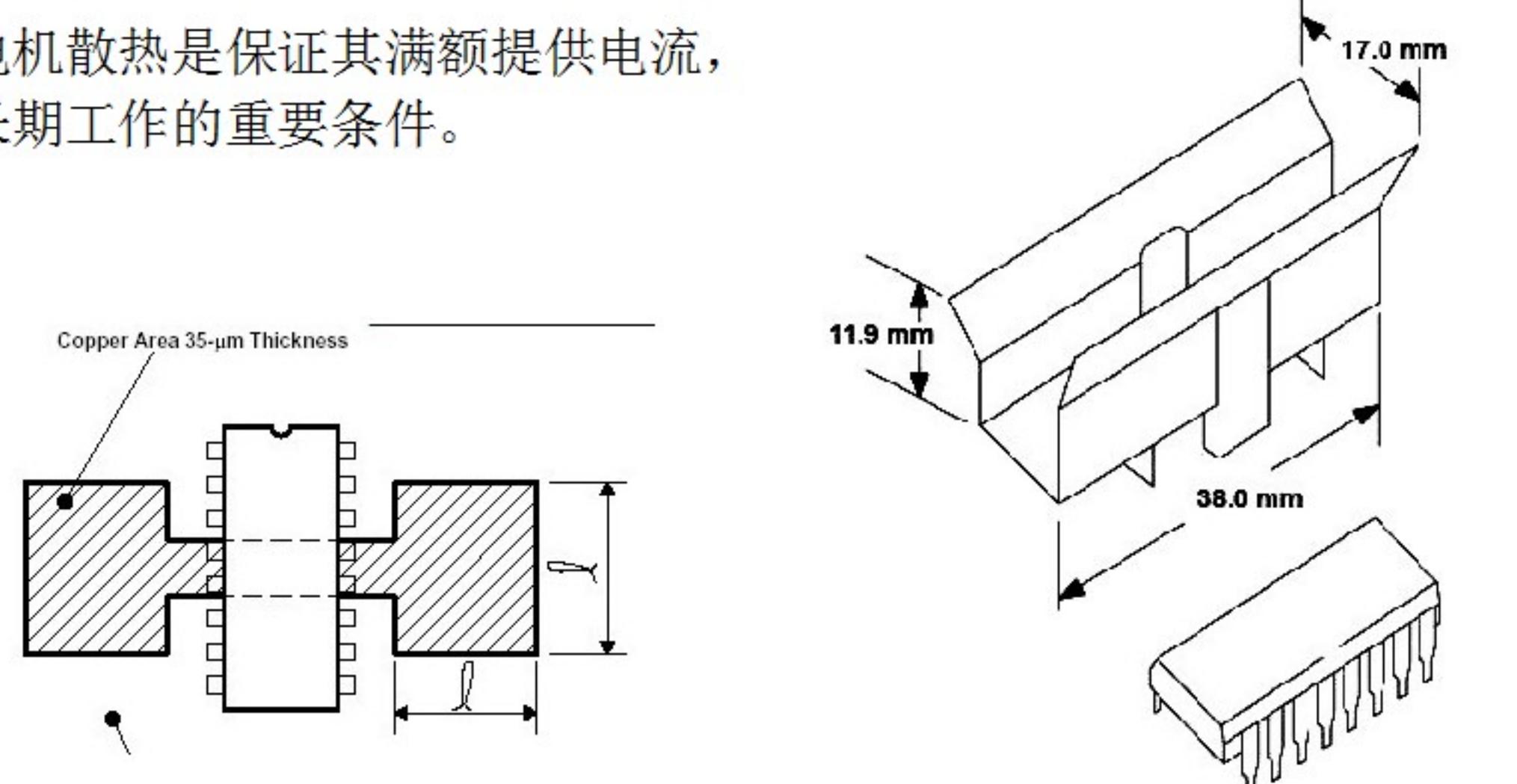
- Wide Supply-Voltage Range: 4.5 V to 36 V
- Separate Input-Logic Supply
- Internal ESD Protection
- Thermal Shutdown
- High-Noise-Immunity Inputs
- Functional Replacements for SGS L293 and SGS L293D
- Output Current 1 A Per Channel (600 mA for L293D)
- Peak Output Current 2 A Per Channel (1.2 A for L293D)
- Output Clamp Diodes for Inductive Transient Suppression (L293D)



可以控制4个电机进行单向运动，
也可以控制两个电机进行双向运动

电机散热

电机散热是保证其满额提供电流，
长期工作的重要条件。



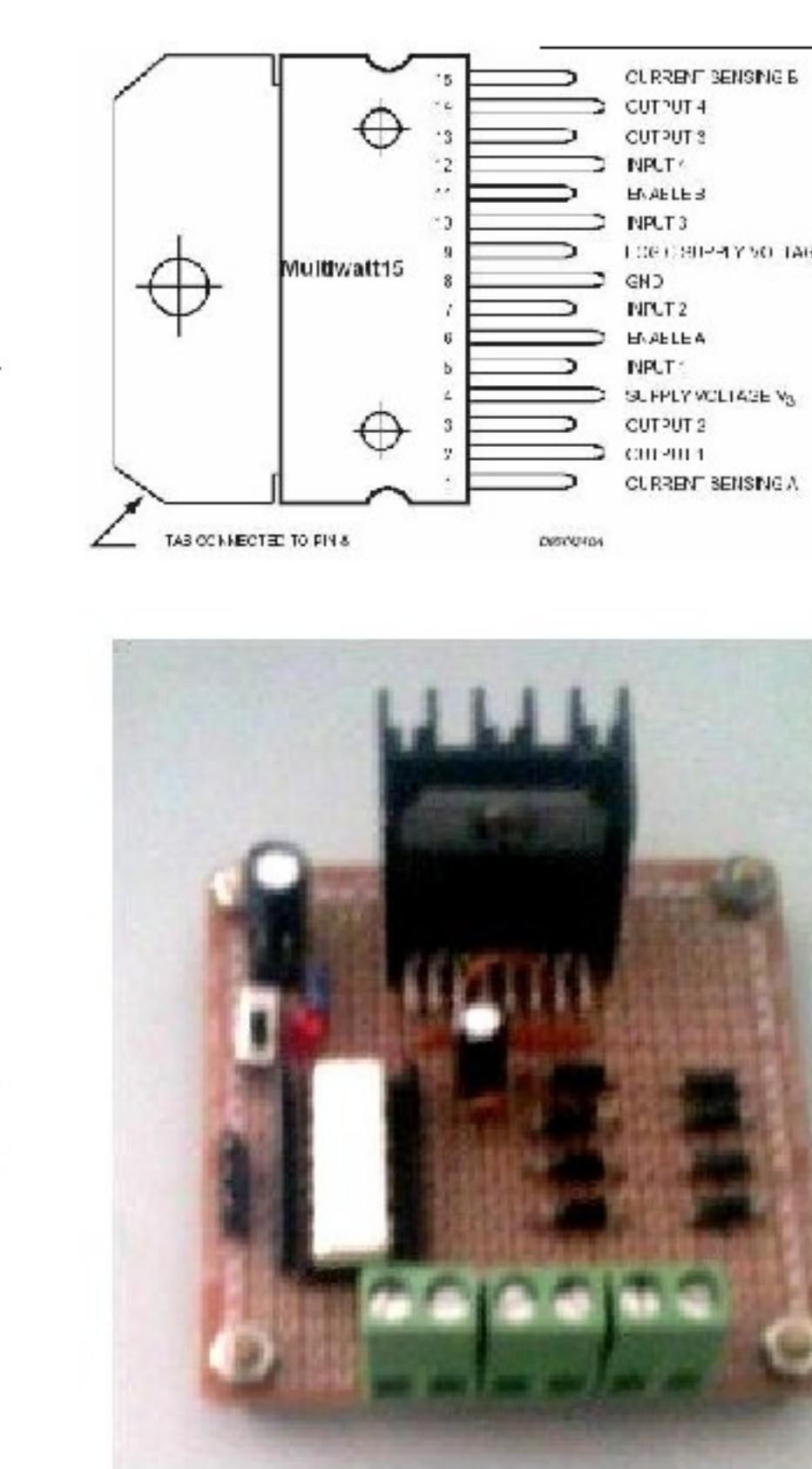
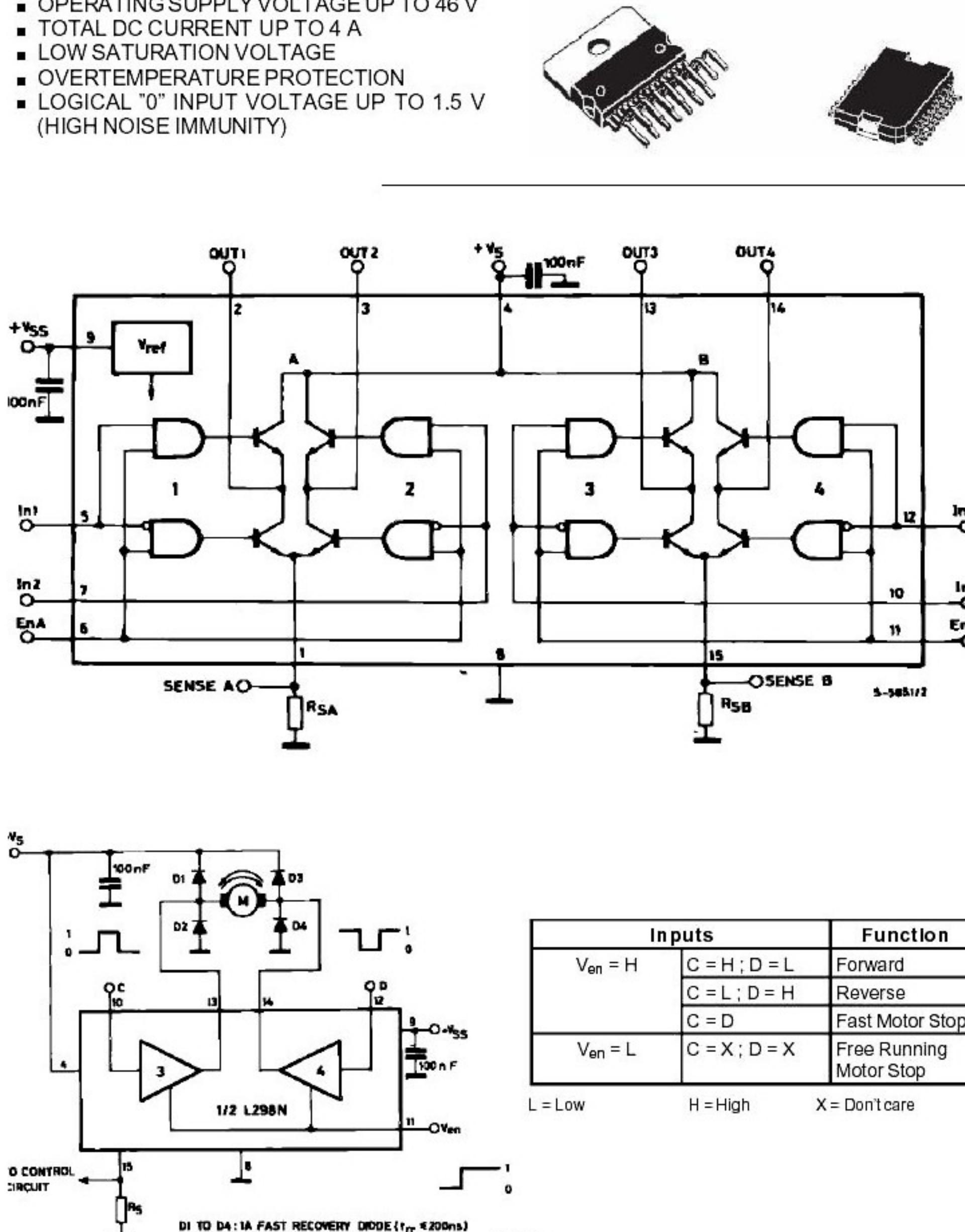
§2.1.1

驱动电路两个注意事项

☆ 续流二极管
 ☆ 快速制动与自由运转
 ☆ PWM频率: 200-20KHz
 建议使用2-10KHz

298

- OPERATING SUPPLY VOLTAGE UP TO 46 V
- TOTAL DC CURRENT UP TO 4 A
- LOW SATURATION VOLTAGE
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)



LM9110

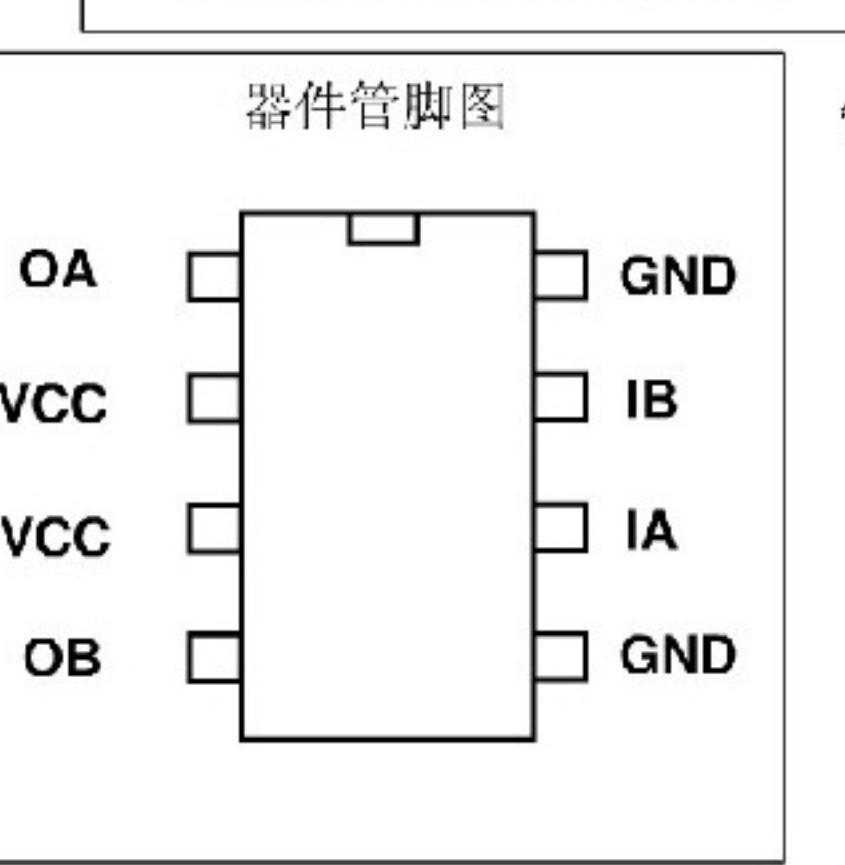
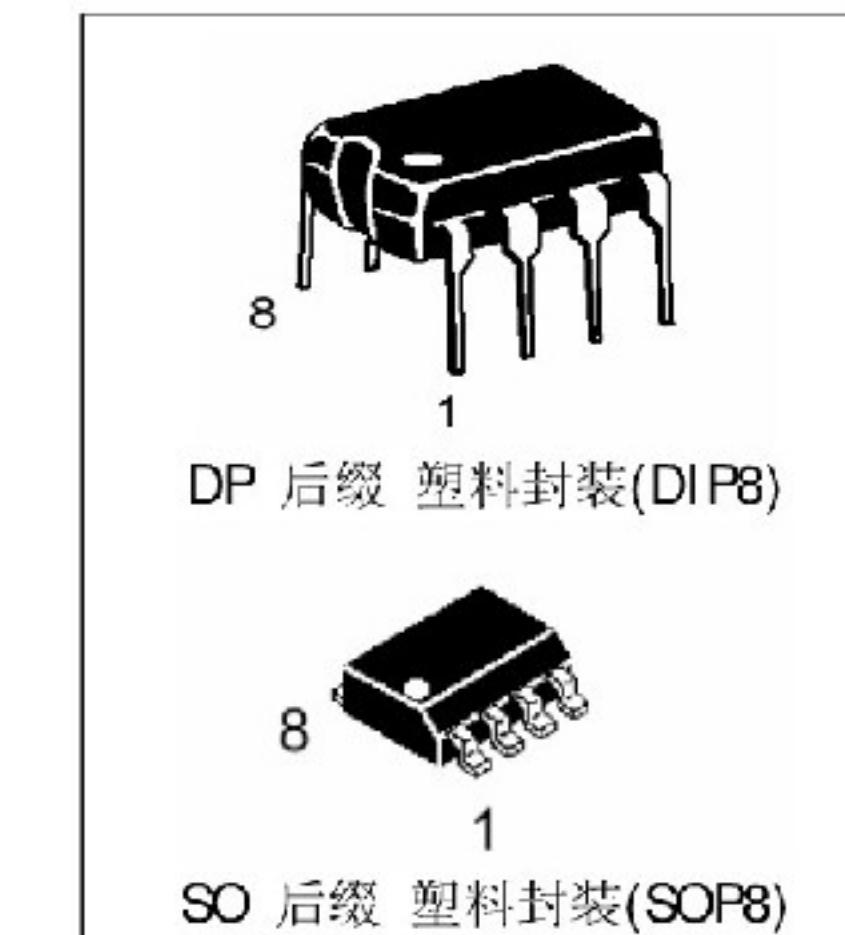
马达控制驱动芯片

J 坚崇电子

L9110

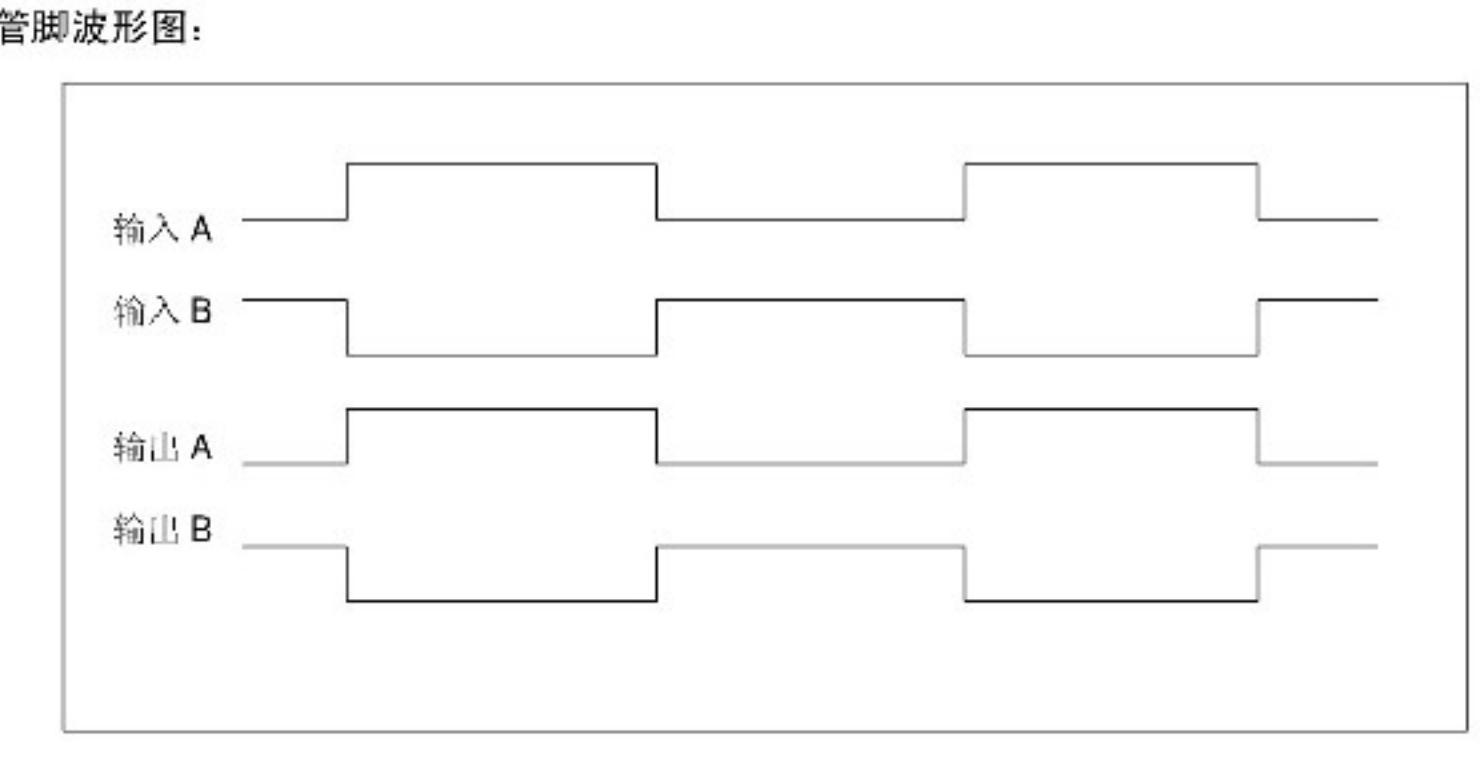
特点:

- 低静态工作电流;
- 宽电源电压范围: 2.5V-12V;
- 每通道具有 800mA 连续电流输出能力;
- 较低的饱和压降;
- TTL/CMOS 输出电平兼容, 可直接连 CPU;
- 输出内置钳位二极管, 适用于感性负载;
- 控制和驱动集成于单片 IC 之中;
- 具备管脚高压保护功能;
- 工作温度: 0°C-80°C。



管脚定义:

序号	符号	功能
1	OA	A路输出管脚
2	VCC	电源电压
3	VCC	电源电压
4	OB	B路输出管脚
5	GND	地线
6	IA	A路输入管脚
7	IB	B路输入管脚
8	GND	地线



测试条件: V_{cc} = 9V, I_{out} = 750mA

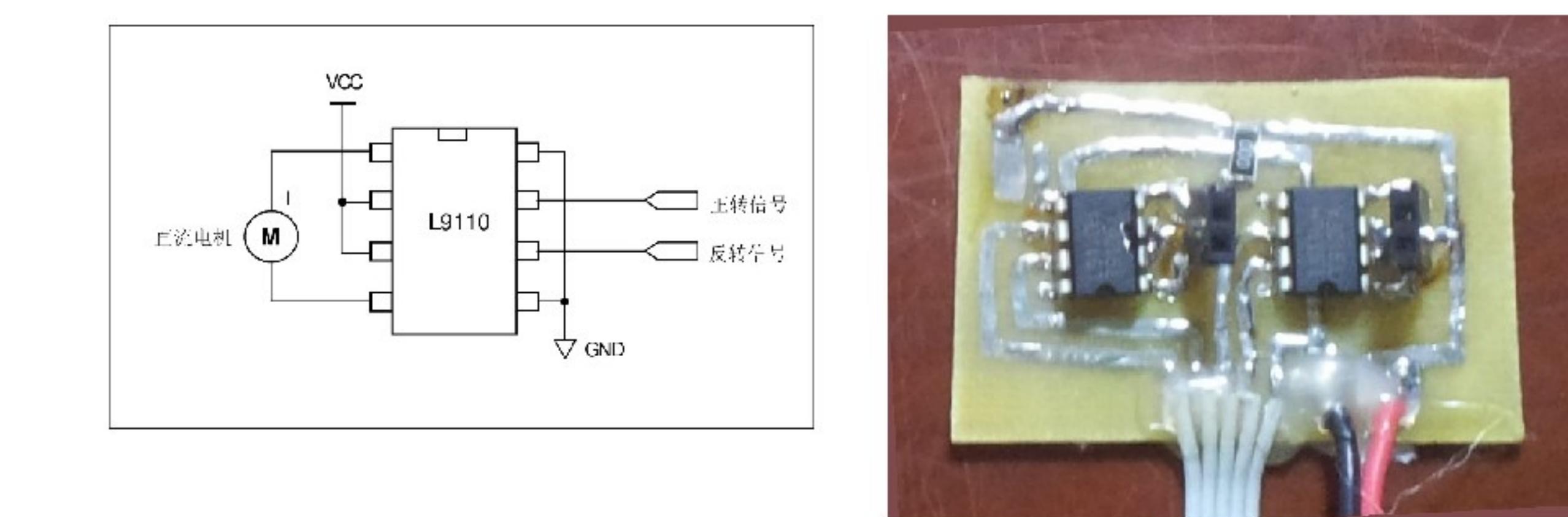
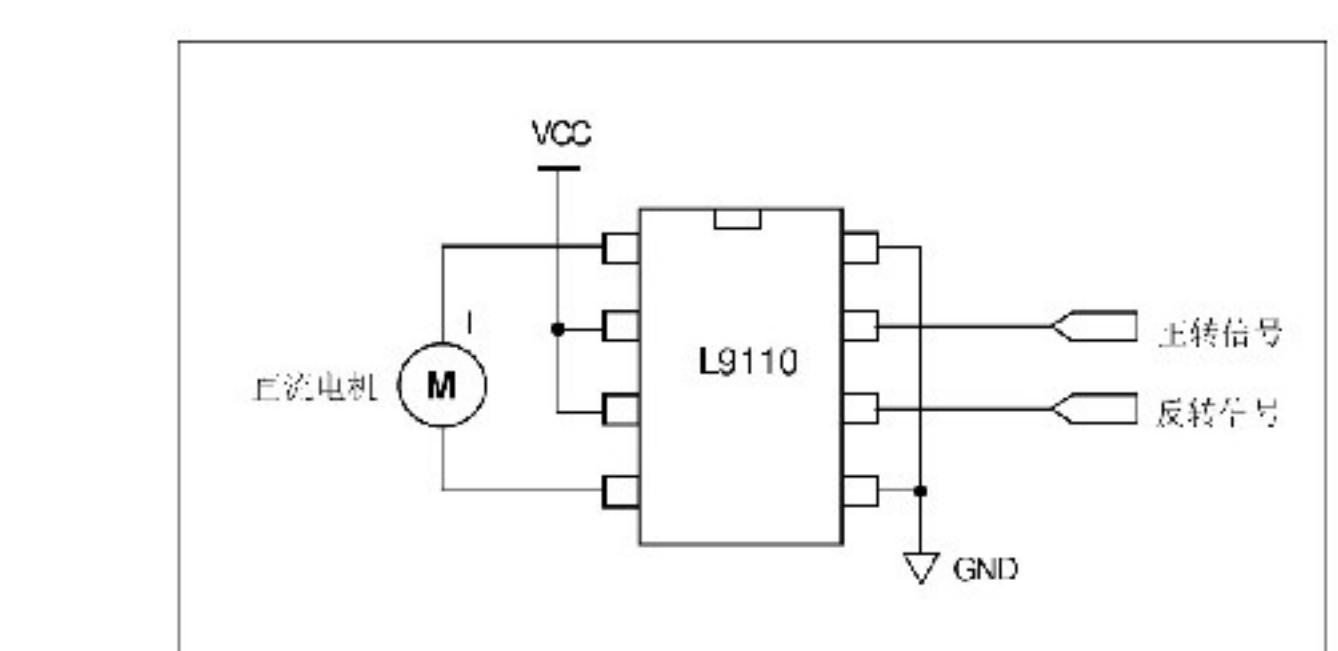
符号	参数	最小	典型	最大	单位
V _{Hout}	输出高电平	7.50	7.60	7.70	V
V _{Lout}	输出低电平	0.35	0.45	0.55	V
V _{Hin}	输入高电平	2.5	5.0	9.0	V
V _{Lin}	输入低电平	0	0.5	0.7	V

电气特性:

符号	参数	范围	单位		
		最小	典型	最大	单位
V _{CC}	电源电压	2.5	6	12	V
I _{dd}	静态电流	—	0	2	uA
I _{in}	操作电流	200	350	500	uA
I _C	持续输出电流	750	800	850	mA
I _{Max}	电流峰值	—	1500	2000	mA

逻辑关系:

IA	IB	OA	OB
H	L	H	L
L	H	L	H
L	L	L	L
H	H	L	L





■ 28BYJ48步进电机

主要技术参数

电机型号	电压 V	相数	相电阻Ω	步距角	减速比	起动转矩 100°·P.S.	启动频率 P.P.S	定位转矩 g.cm	摩擦转矩 g.cm	噪音 dB	热强度
28BYJ-48	5	4	300	5.625/64	1:64	>300	>550	>300	-	<35	600VAC 1S



(1) 单项4拍

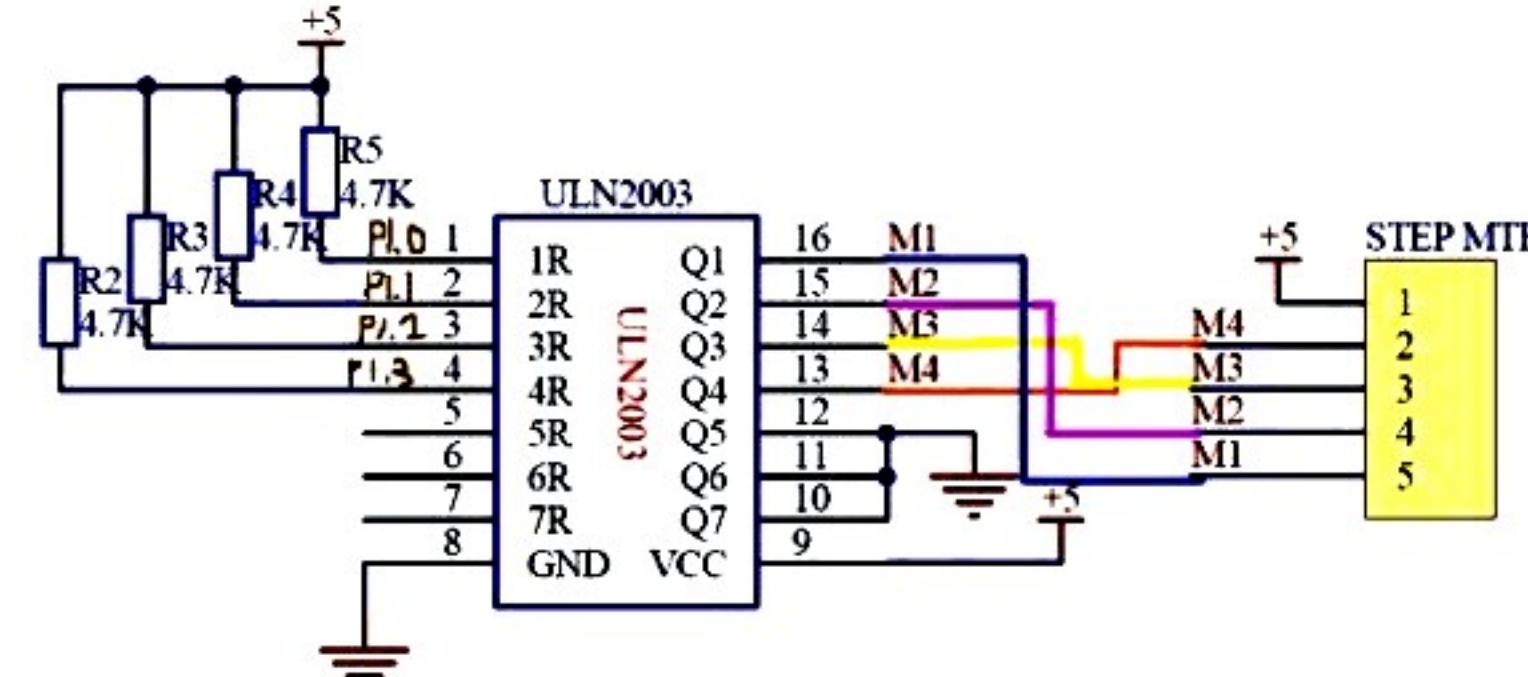
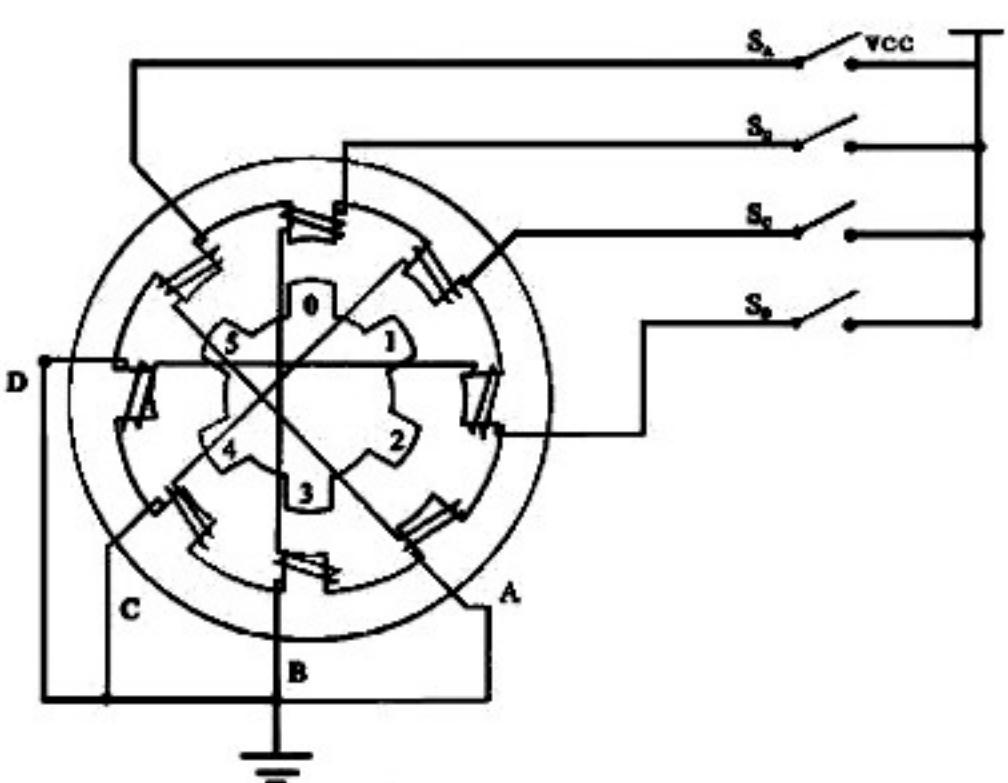
A-B-C-D

(2) 双相4拍

DA-AB-BC-DA

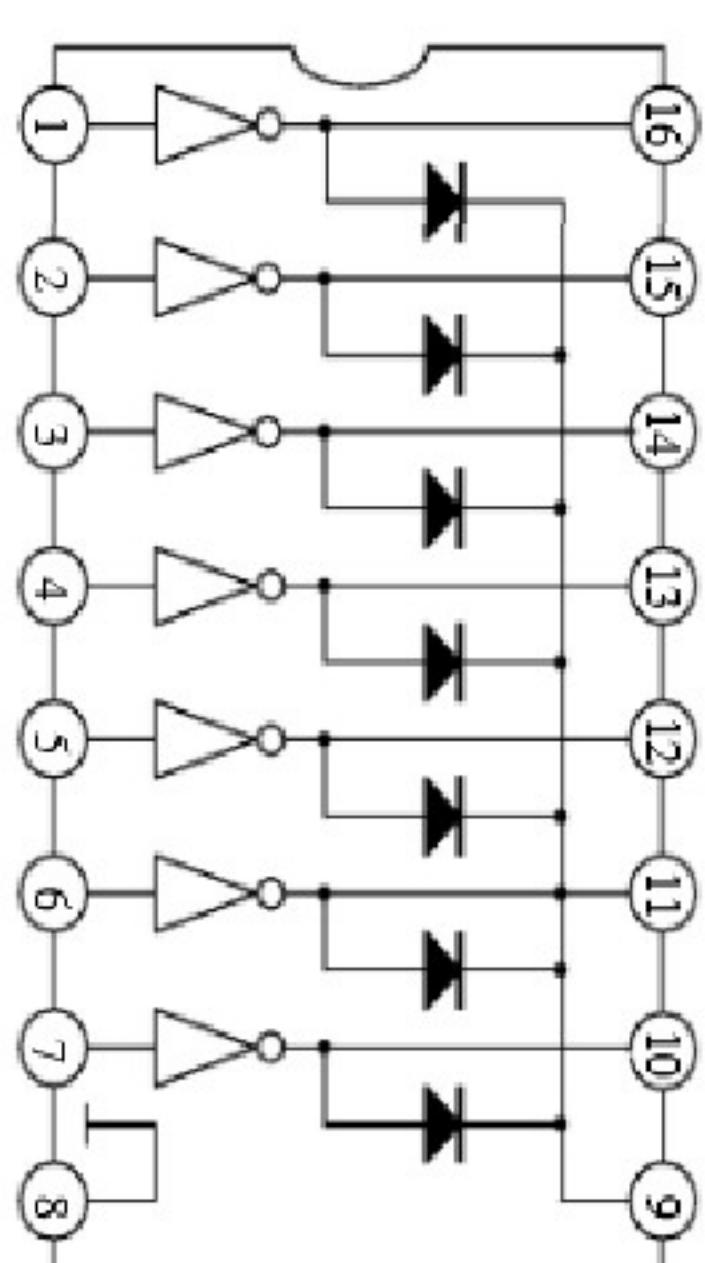
(3) 8拍

A-AB-B-BC-C-CD-D-DA



驱动方式: (4-1-2 相驱动)

导线颜色	1	2	3	4	5	6	7	8
5 红	+	+	+	+	+	+	+	+
4 橙	-	-						-
3 黄	-	-	-	-				
2 粉				-	-	-		
1 蓝					-	-	-	-



● 高耐压、大电流达林顿阵列—ULN2003

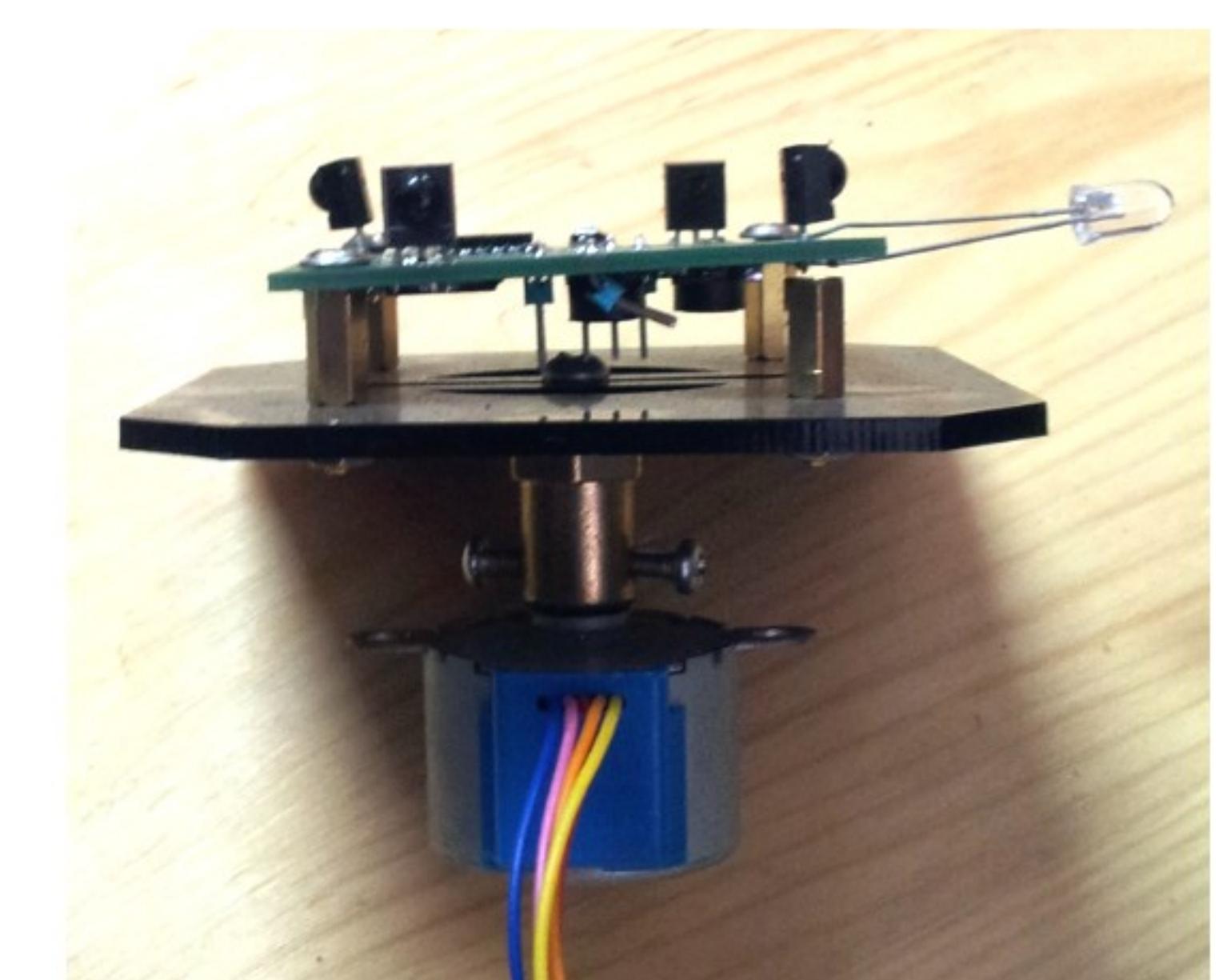
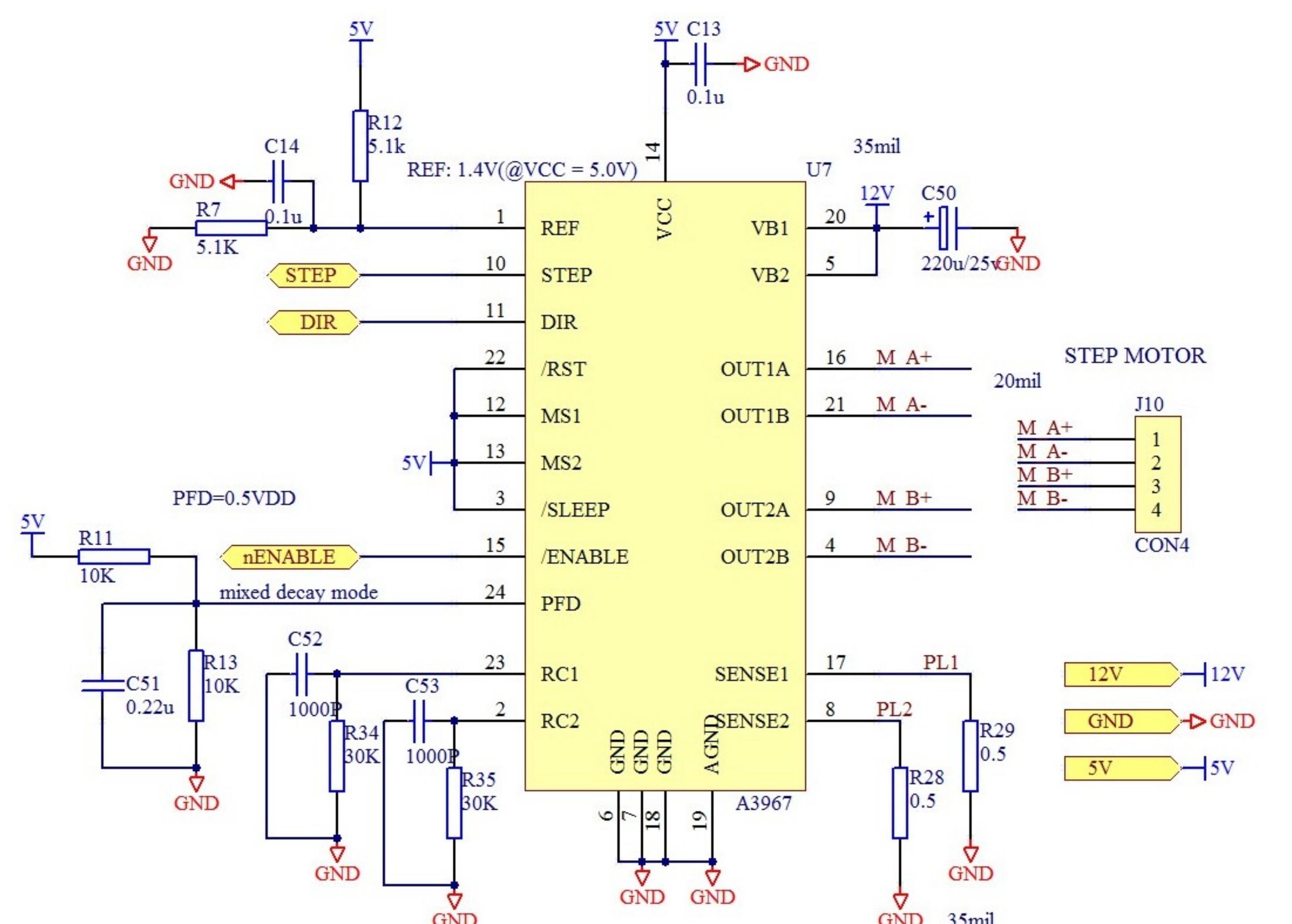
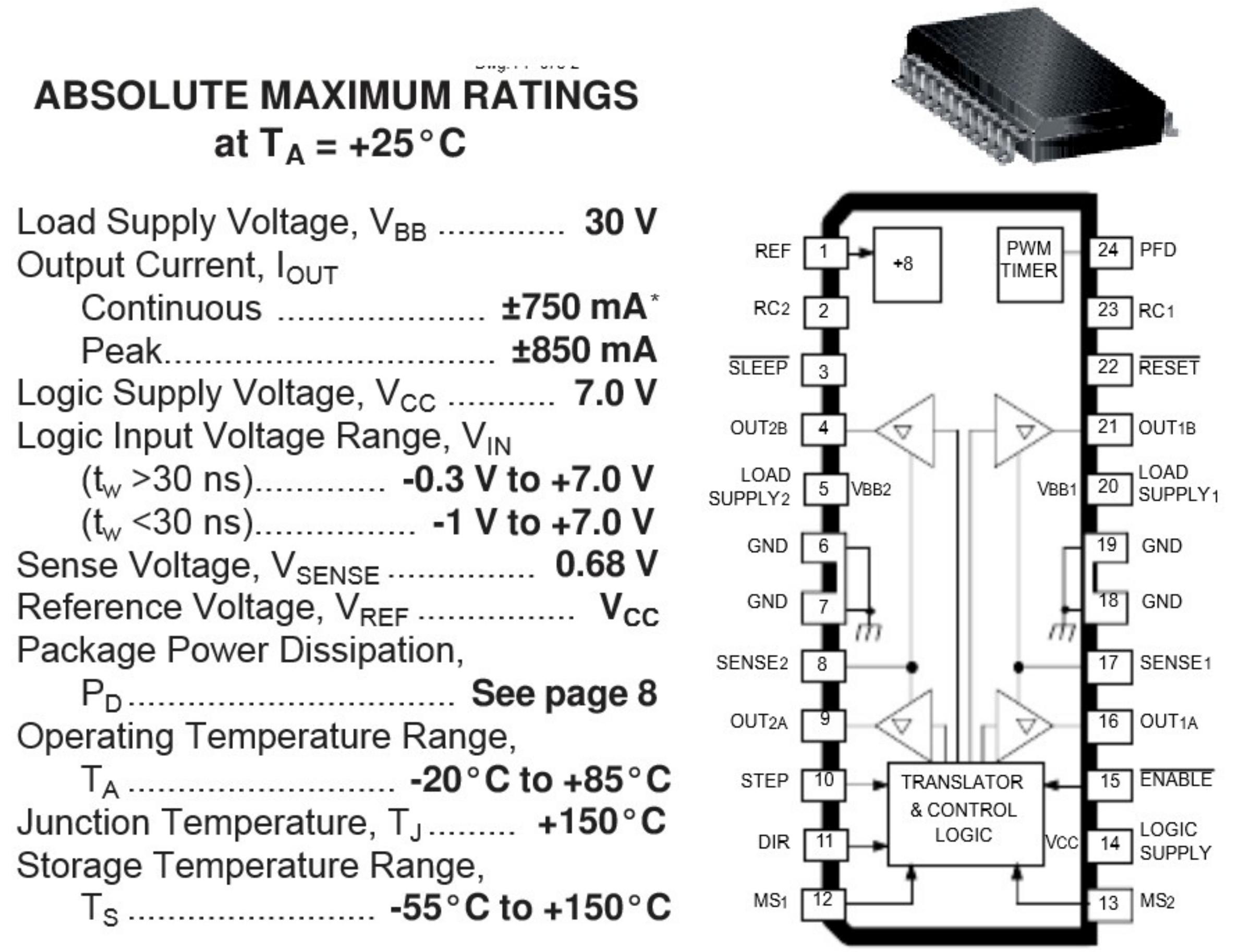
ULN2003是高耐压、大电流达林顿阵列，由七个硅NPN达林顿管组成。该电路的特点如下：ULN2003的每一对达林顿都串联一个2.7K的基极电阻，在5V的工作电压下它能与TTL和CMOS电路直接相连，可以直接处理原先需要标准逻辑缓冲器来处理的数据。ULN2003工作电压高，工作电流大，灌电流可达500mA，并且能够在关态时承受50V的电压，输出还可以在高负载电流并行运行。ULN2003采用DIP-16或SOP-16塑料封装。

■ A3967LSB

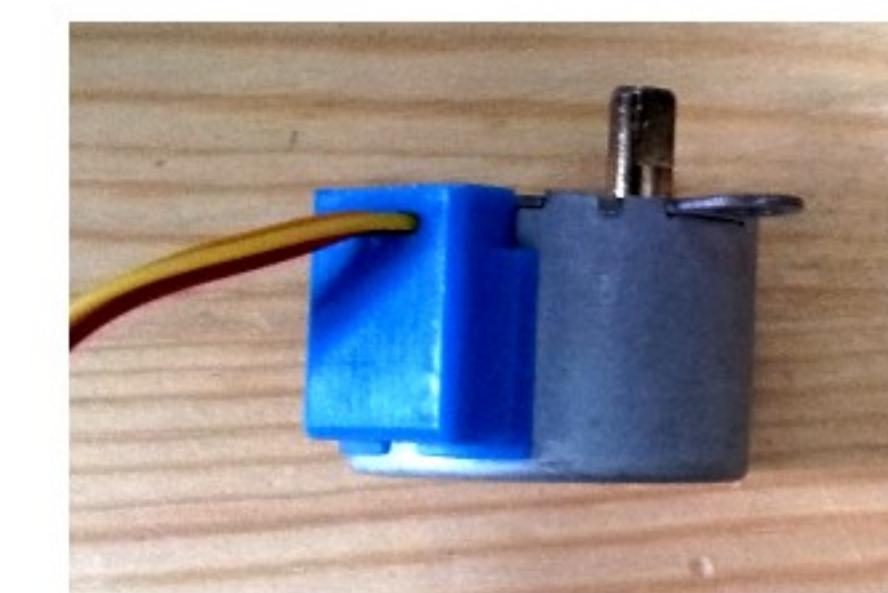
Package: 24-pin SOIC with internally fused pins (suffix LB)

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS at $T_A = +25^\circ\text{C}$

Load Supply Voltage, V_{BB} 30 V
Output Current, I_{OUT}
Continuous $\pm 750 \text{ mA}^*$
Peak $\pm 850 \text{ mA}$
Logic Supply Voltage, V_{CC} 7.0 V
Logic Input Voltage Range, V_{IN}
 $(t_w > 30 \text{ ns})$ -0.3 V to +7.0 V
 $(t_w < 30 \text{ ns})$ -1 V to +7.0 V
Sense Voltage, V_{SENSE} 0.68 V
Reference Voltage, V_{REF} V_{CC}
Package Power Dissipation, P_D See page 8
Operating Temperature Range, T_A -20 °C to +85 °C
Junction Temperature, T_J +150 °C
Storage Temperature Range, T_S -55 °C to +150 °C



支撑着炮塔的步进电机



28BYJ48

Tank Battle

2015-10-28





舵机的基本工作原理

在机器人机电控制系统中，舵机控制效果是性能的重要影响因素。舵机可以在微机电系统和航模中作为基本的输出执行机构，其简单的控制和输出使得单片机系统非常容易与之接口。

舵机是一种位置伺服的驱动器，适用于那些需要角度不断变化并可以保持的控制系统。其工作原理是：控制信号由接收机的通道进入信号调制芯片，获得直流偏置电压。它内部有一个基准电路，产生周期为20ms，宽度为1.5ms的基准信号，将获得的直流偏置电压与电位器的电压比较，获得电压差输出。最后，电压差的正负输出到电机驱动芯片决定电机的正反转。当电机转速一定时，通过级联减速齿轮带动电位器旋转，使得电压差为0，电机停止转动。

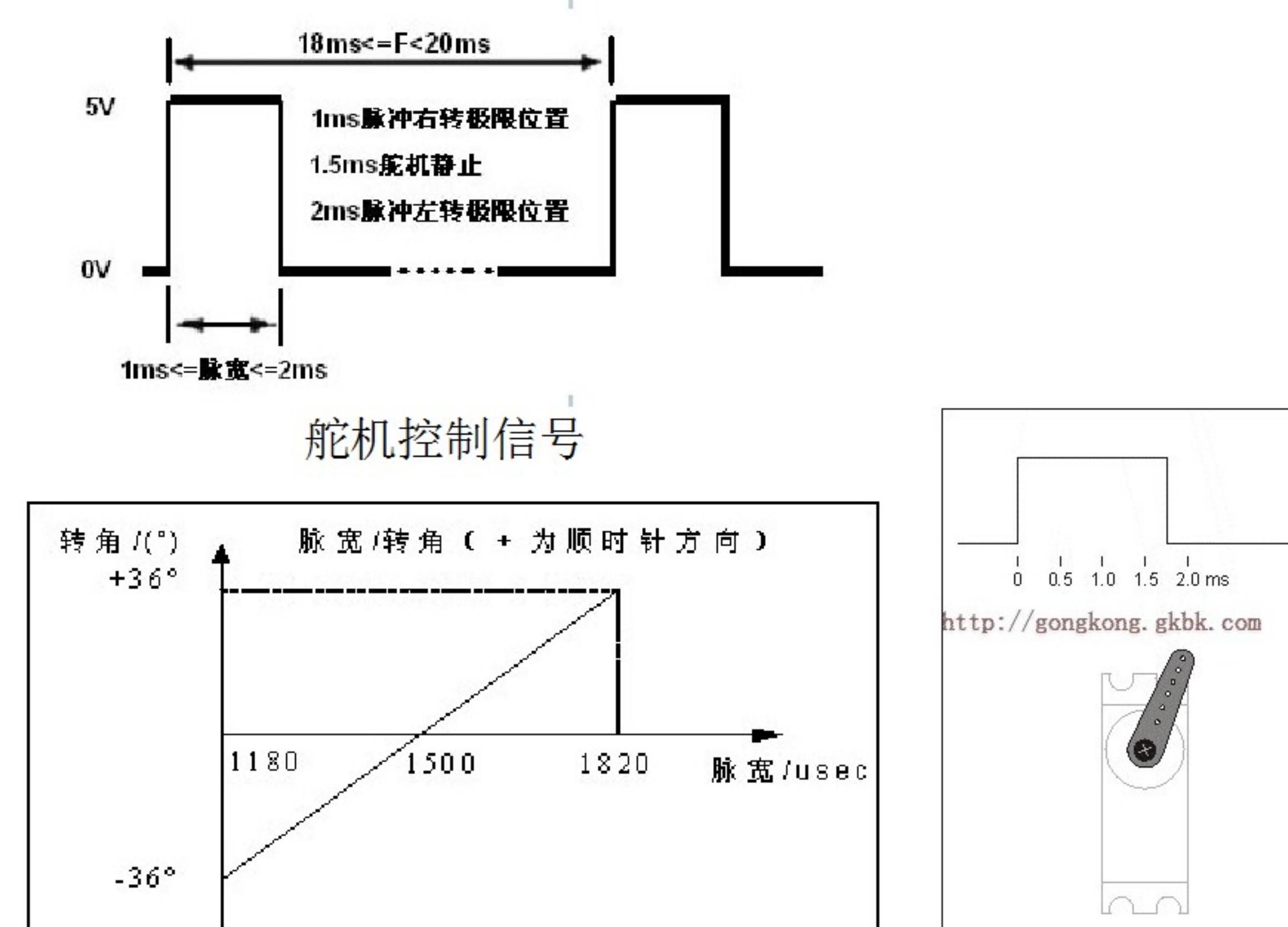


舵机的一般应用

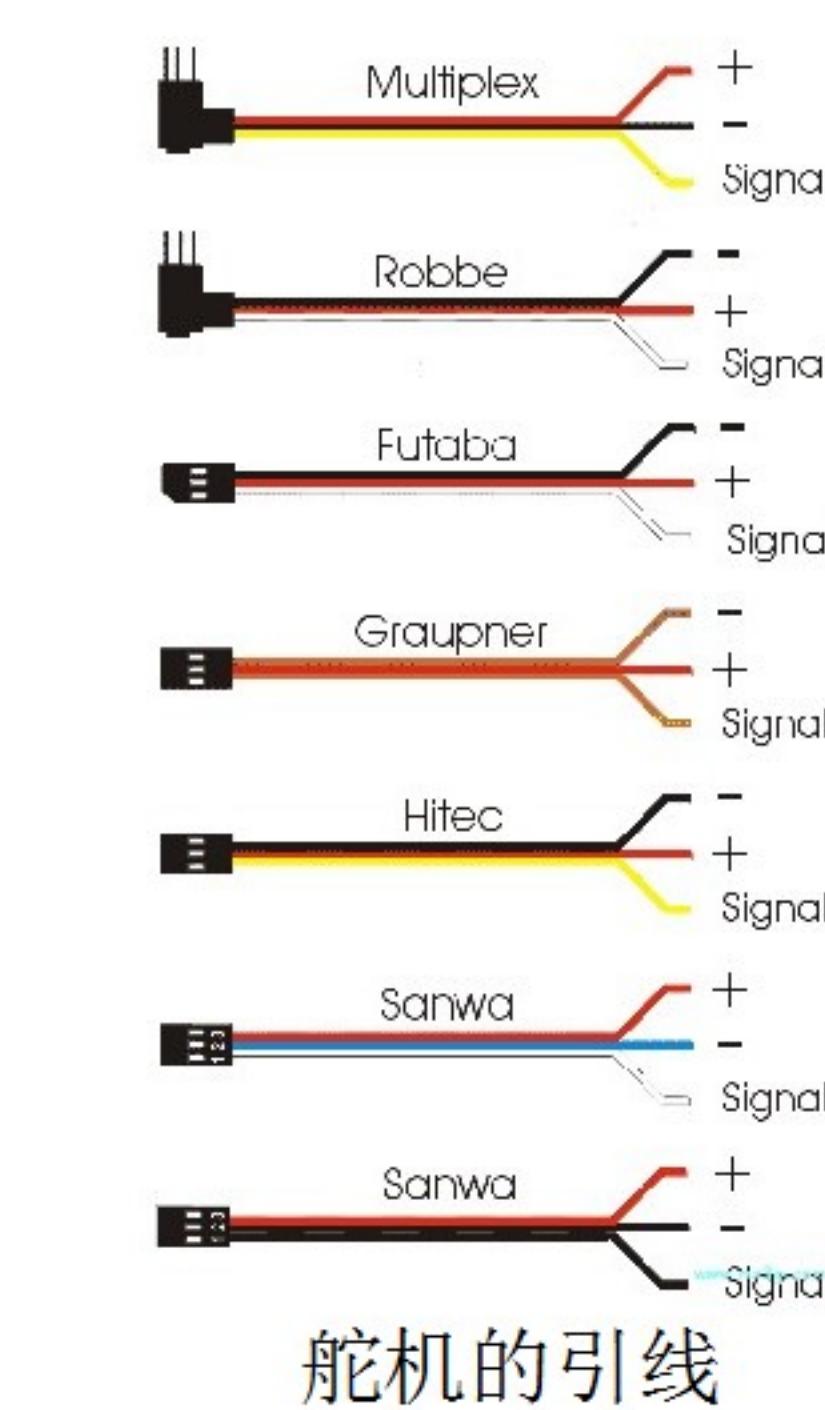



单片机控制舵机

单片机系统实现对舵机输出转角的控制，必须首先完成两个任务：首先是产生基本的PWM周期信号，本设计是产生20ms的周期信号；其次是脉宽的调整，即单片机模拟PWM信号的输出，并且调整占空比。



输入正脉冲宽度 (T=20ms)	舵机转动角度
0.5ms	≈ -90°
1ms	≈ -45°
1.5ms	≈ 0°
2ms	≈ 45°
2.5ms	≈ 90°







§ 3.1

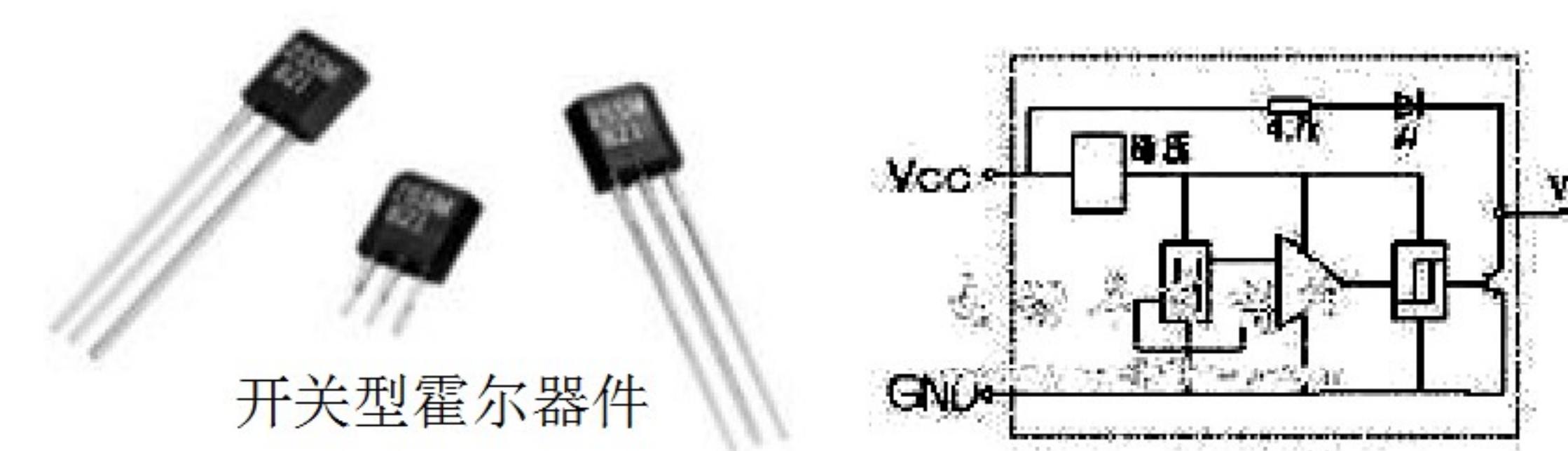
■ 位置传感器

- 场地的边界
- 场内的障碍物
- 传感器的起始位置
- ...

- 光电
- 霍尔
- 激光
- 摄像头

▷ 霍尔位置传感器

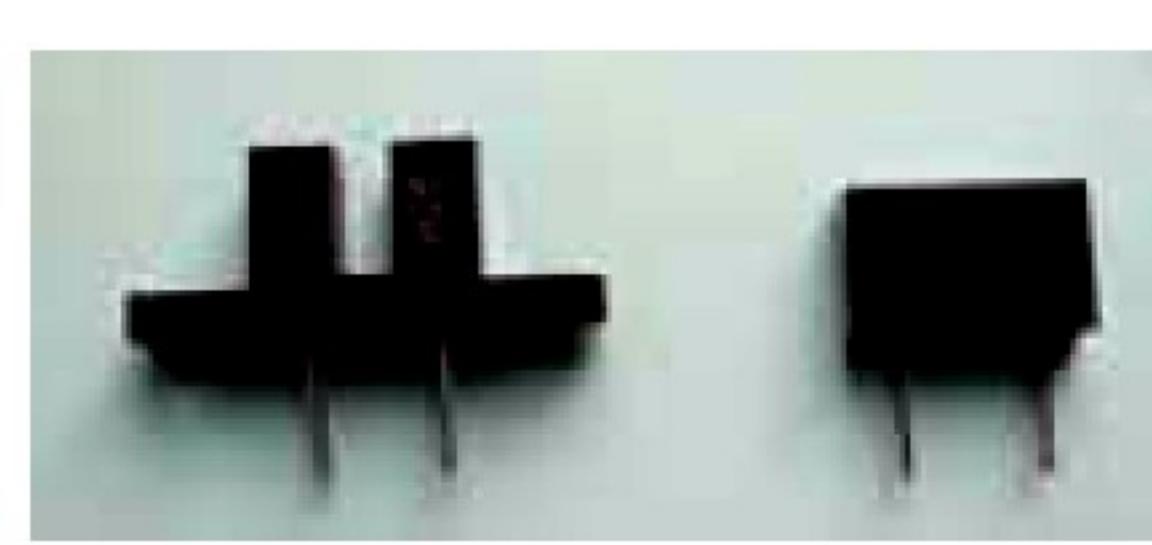
永磁铁



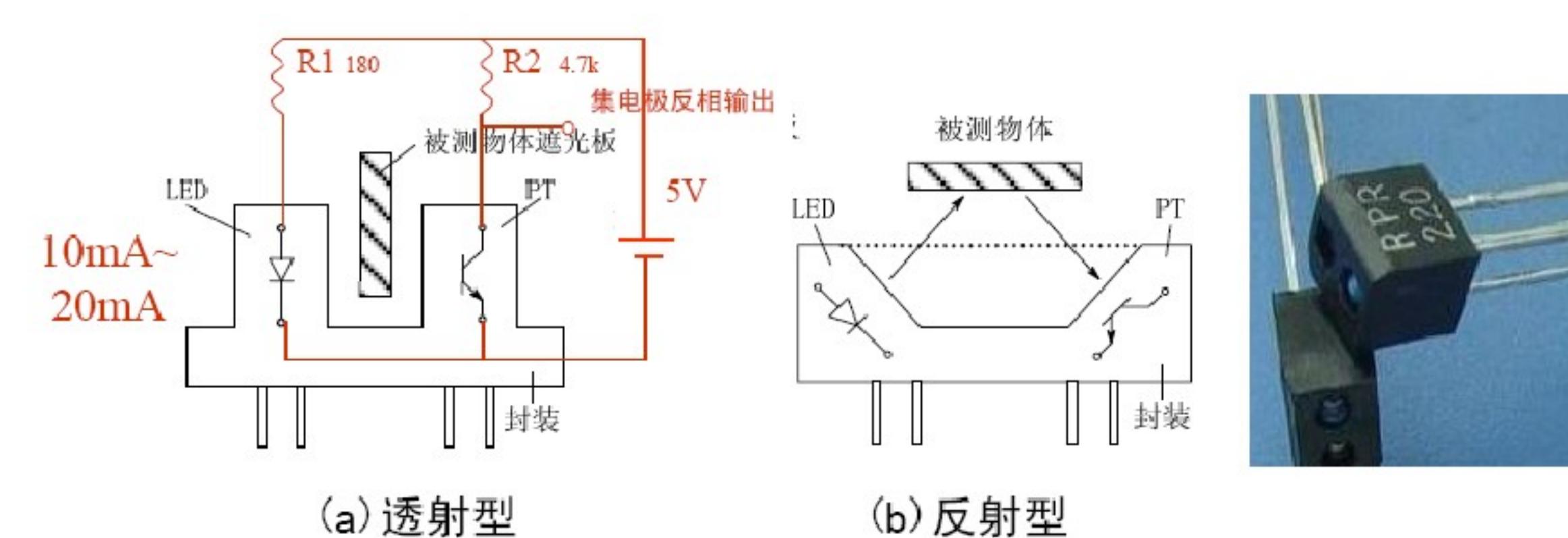
▷ 光电位置传感器



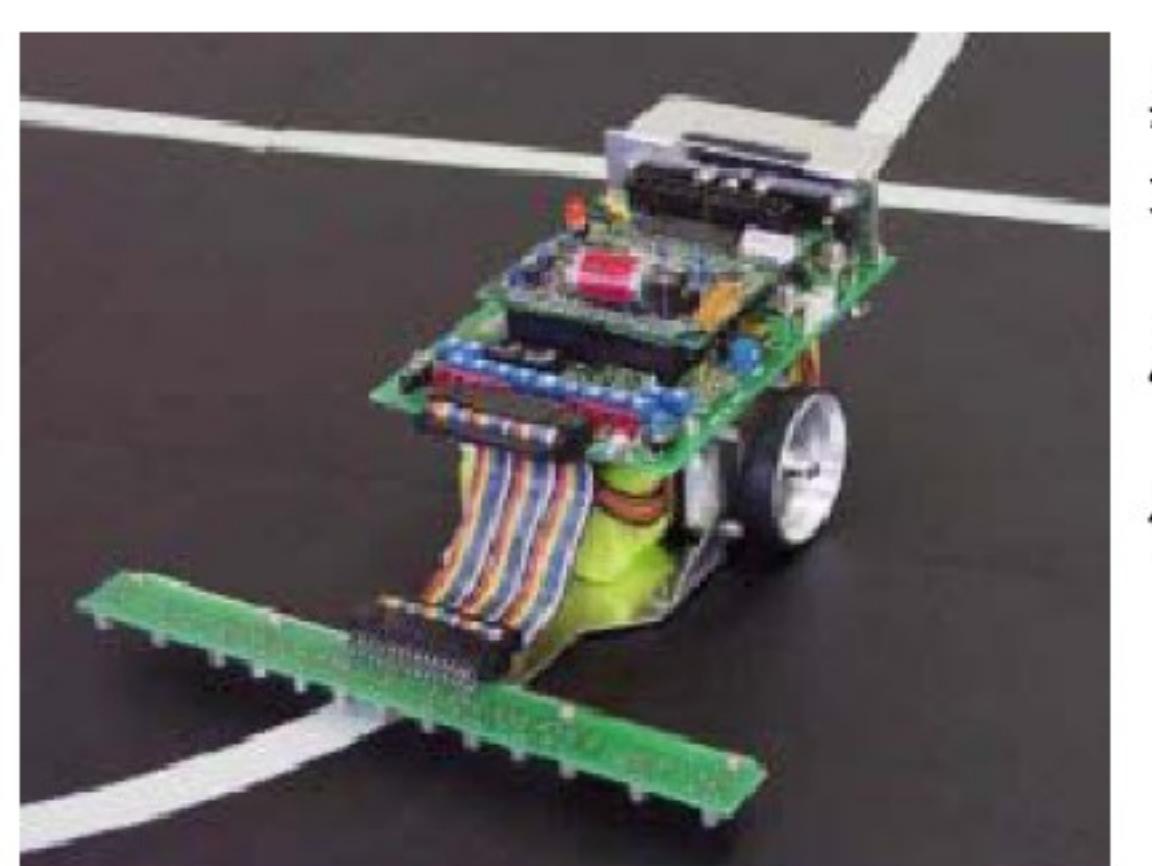
光敏二极管
光敏三极管
发光二极管



透射型光电管
反射型光电管

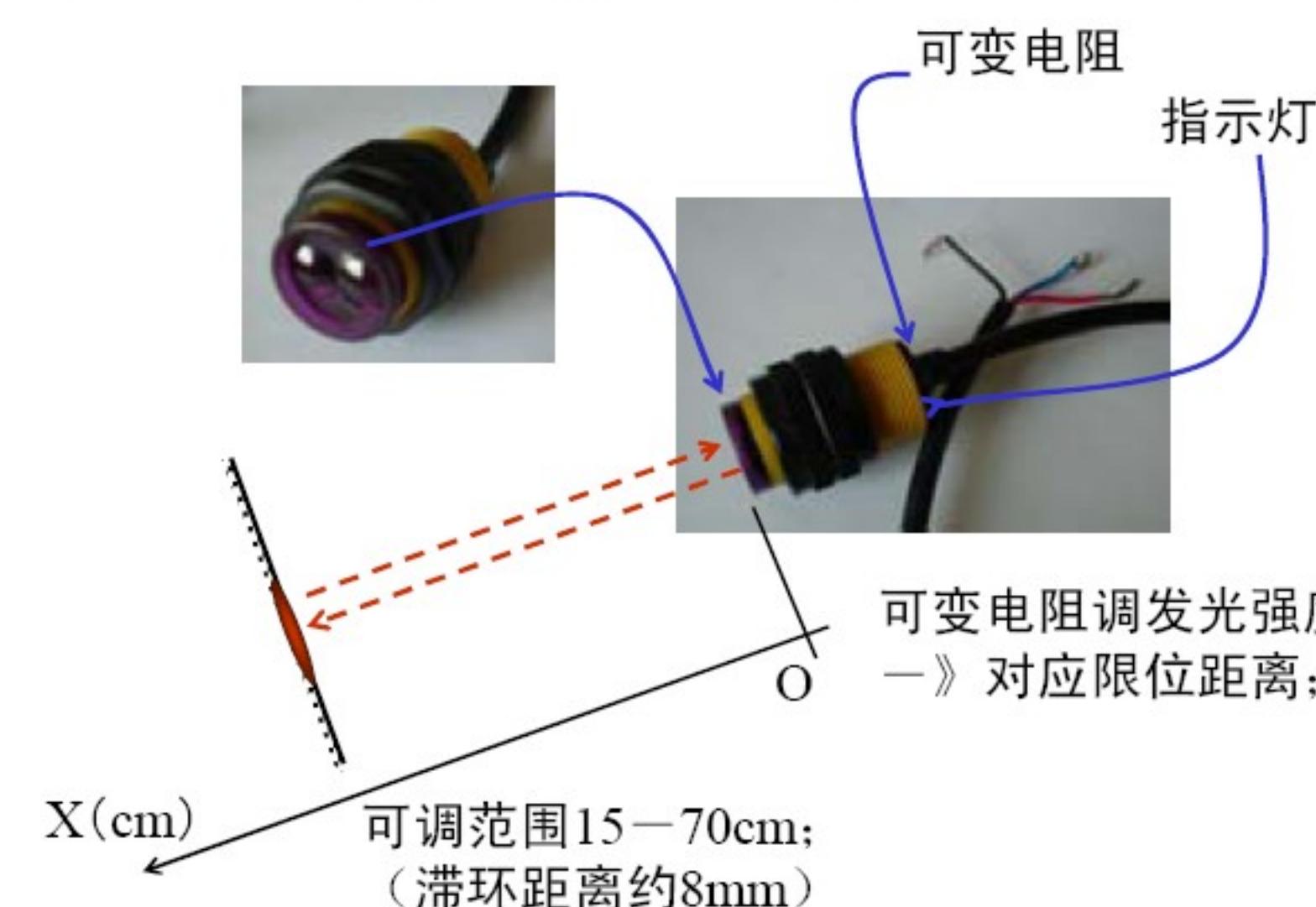


线条检测



黑白地面:
光反射系数不同;
反射型光电耦合器;
传感器阵列。

光电距离传感器（开关量）

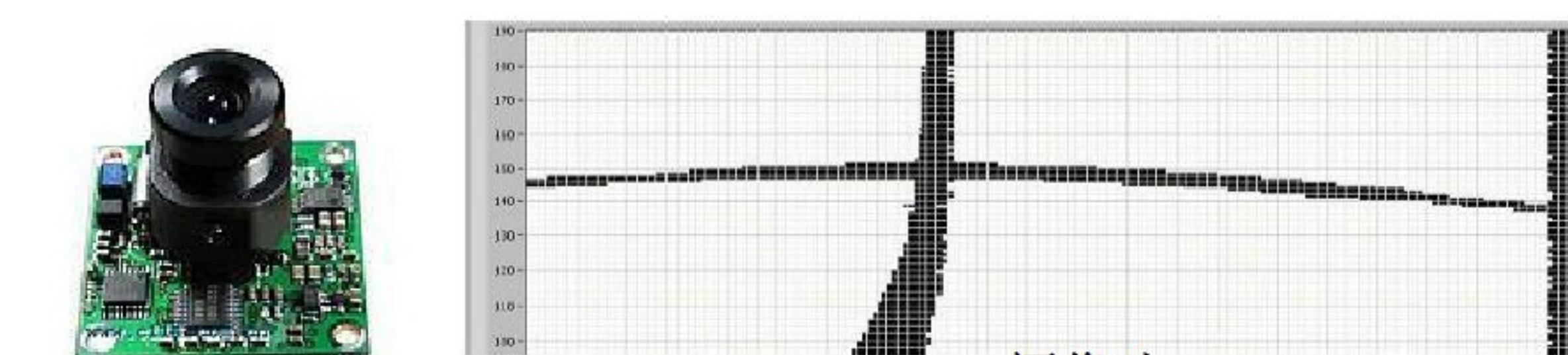


▷ 霍尔位置传感器

▷ 激光探测器



▷ 摄像头探测器



▷ 详细测设计参考资料参见

全国大学生智能汽车竞赛
技术文档:

<ftp://ftp.smartcar.au.tsinghua.edu.cn>

Tank Battle



■ 距离传感器

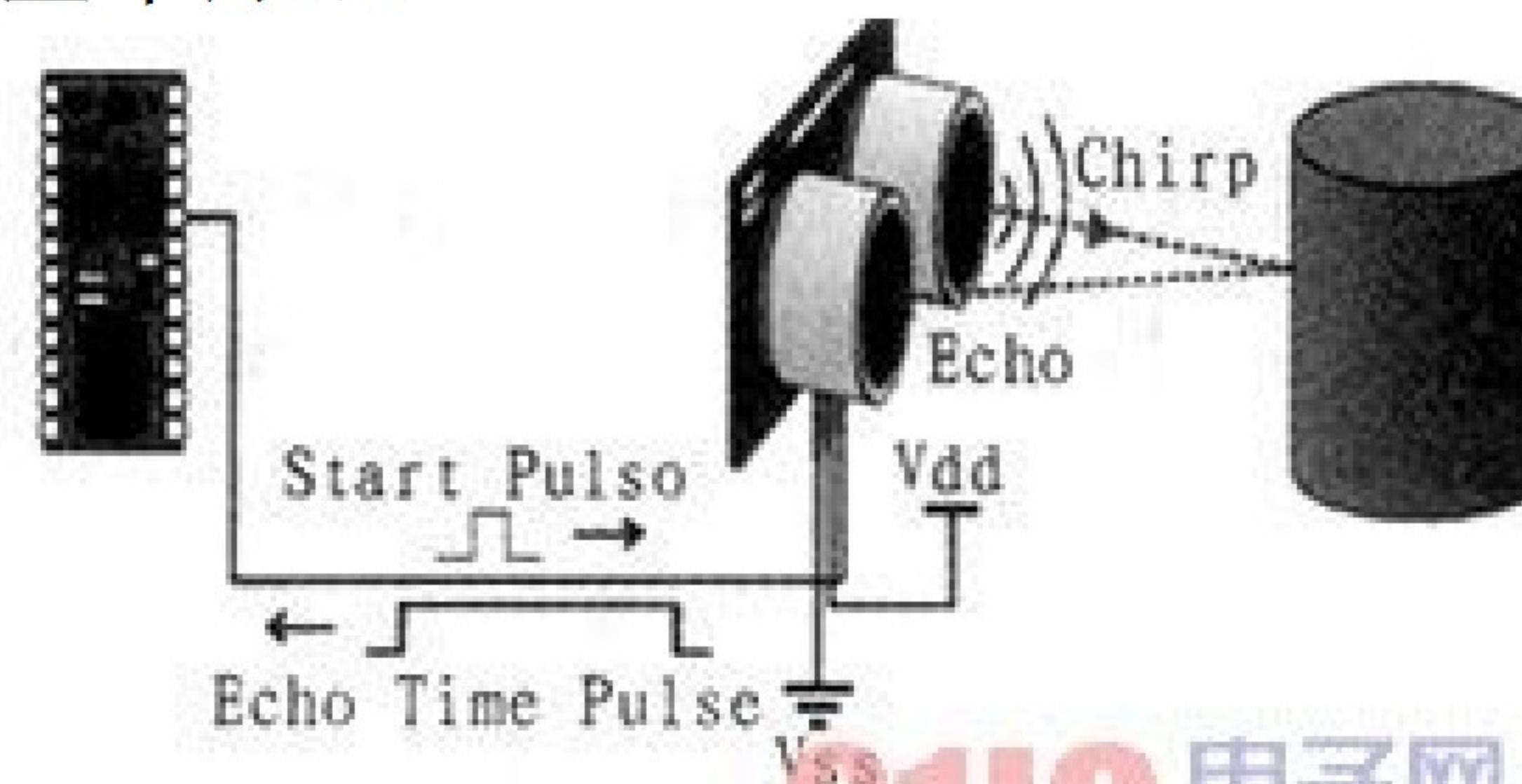


超声波距离传感器

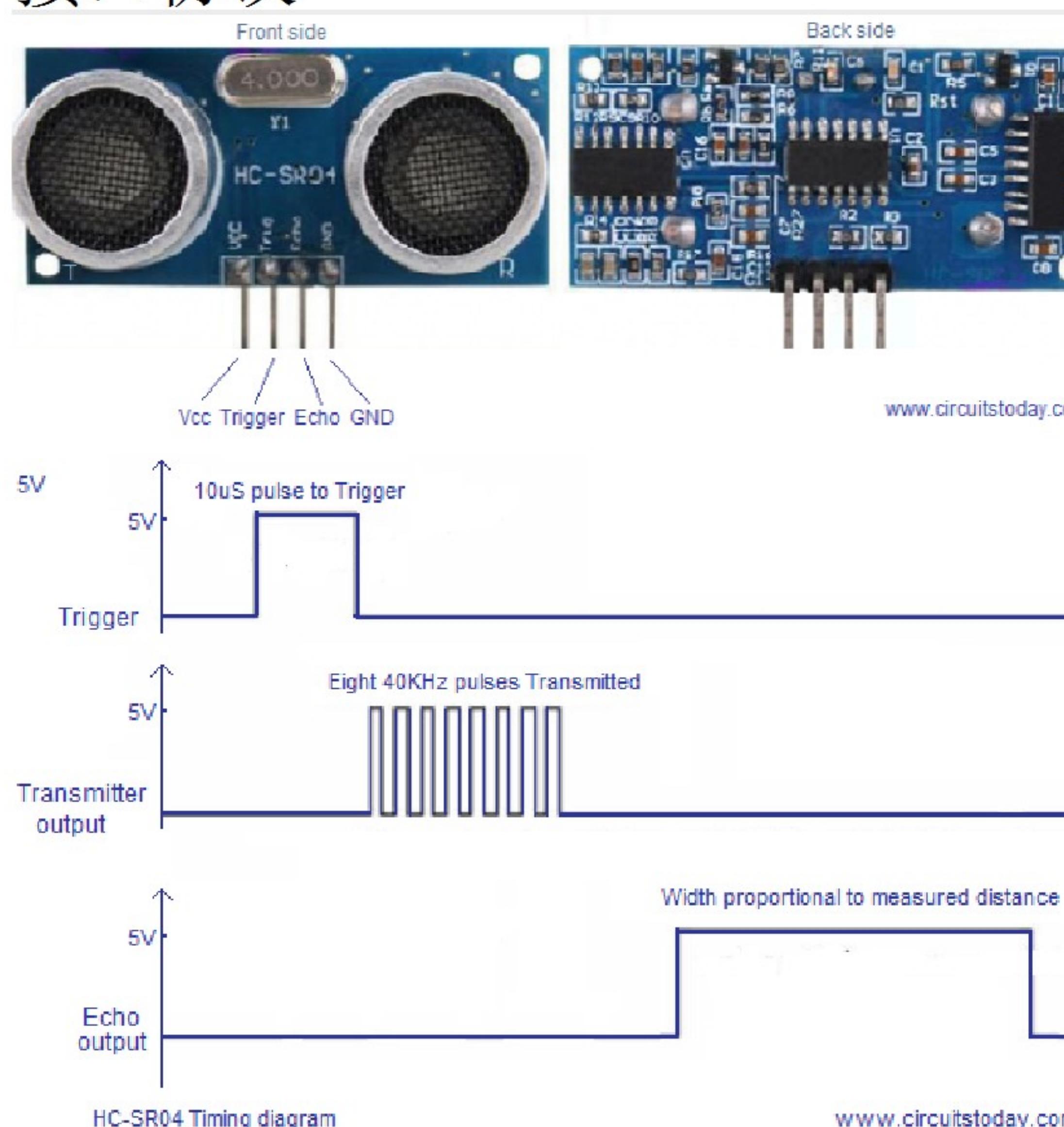
PSD光电距离传感器

▷ 超声波传感器

○ 基本原理



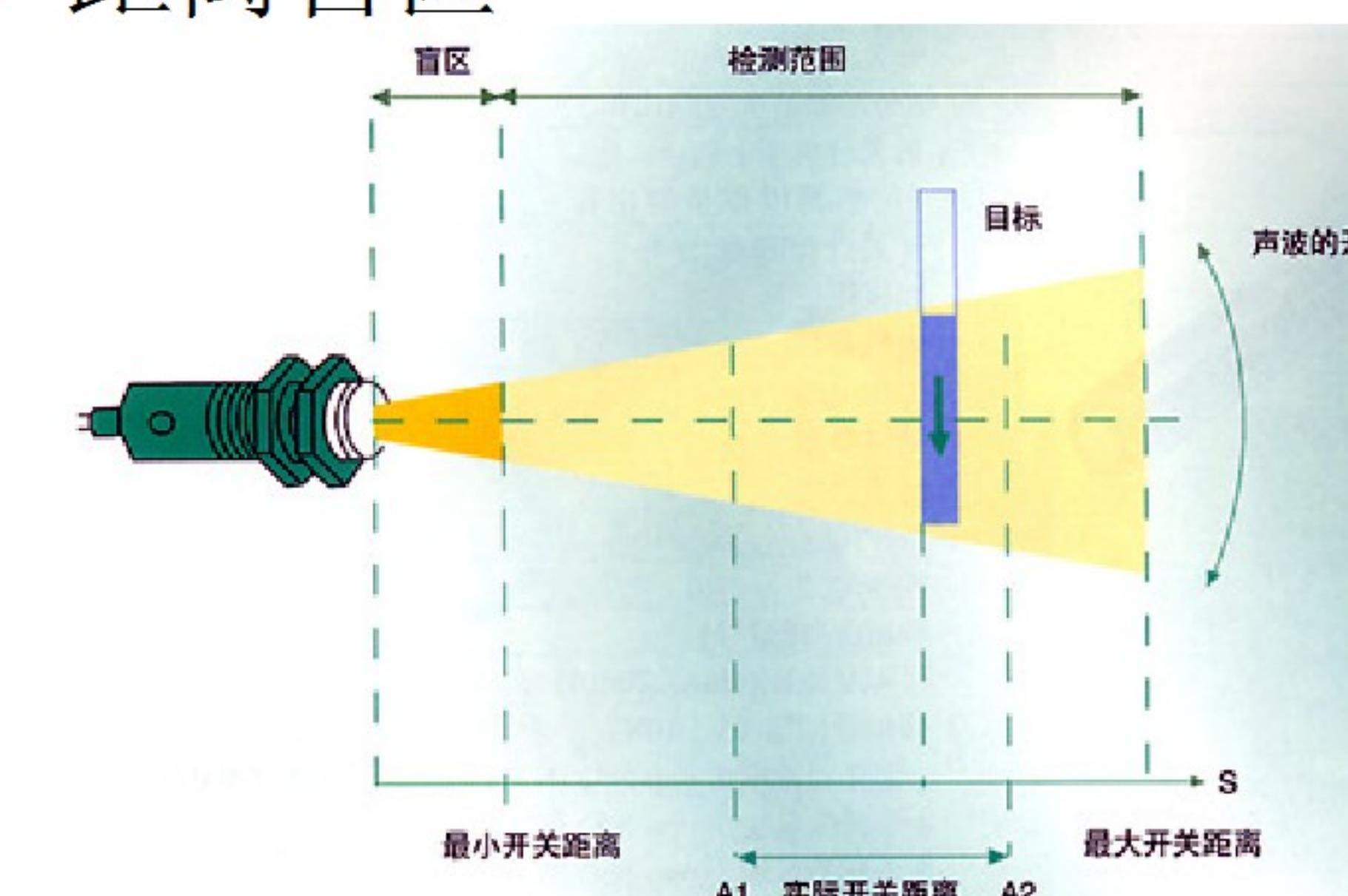
○ 接口协议



▷ 方向盲区

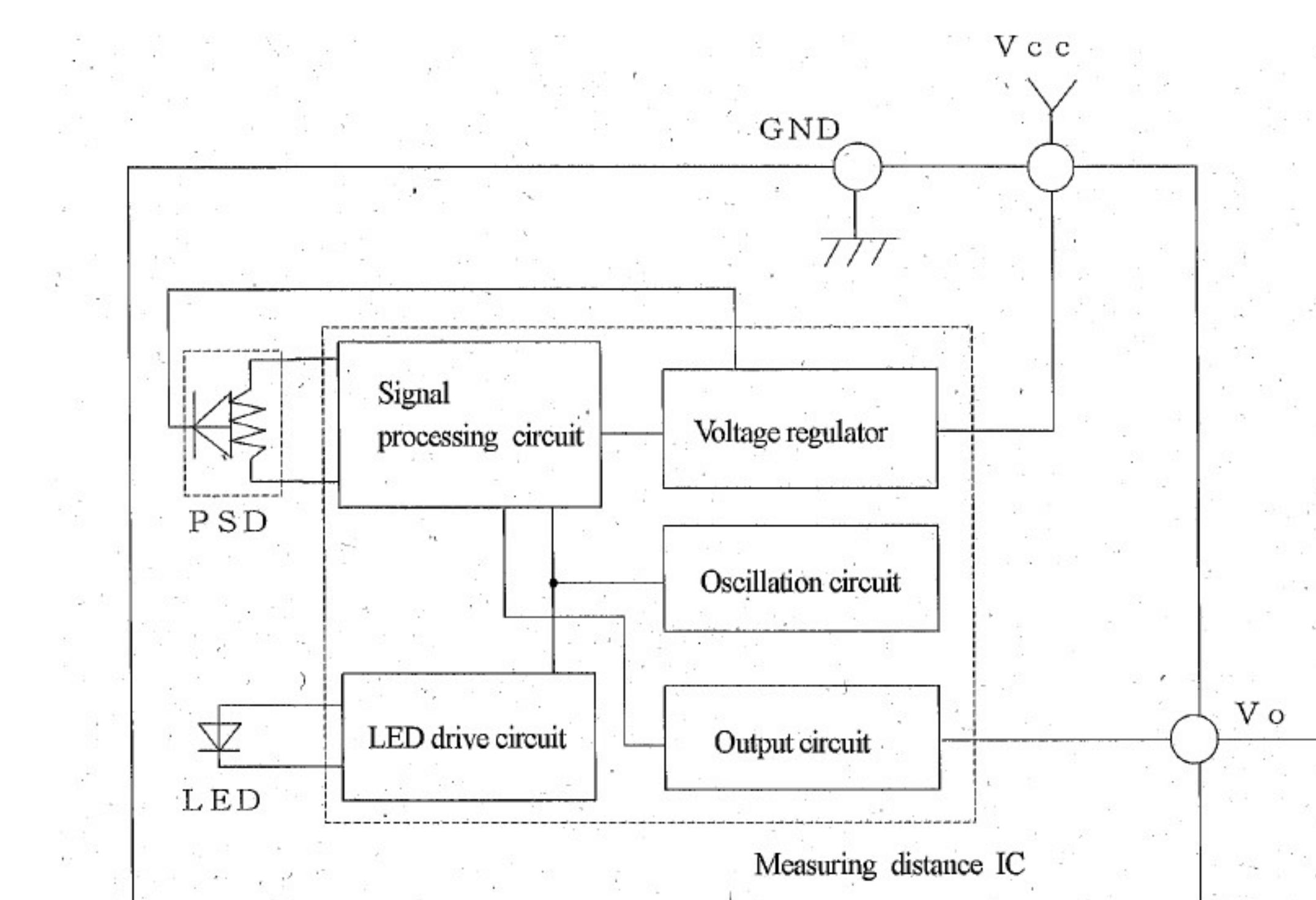
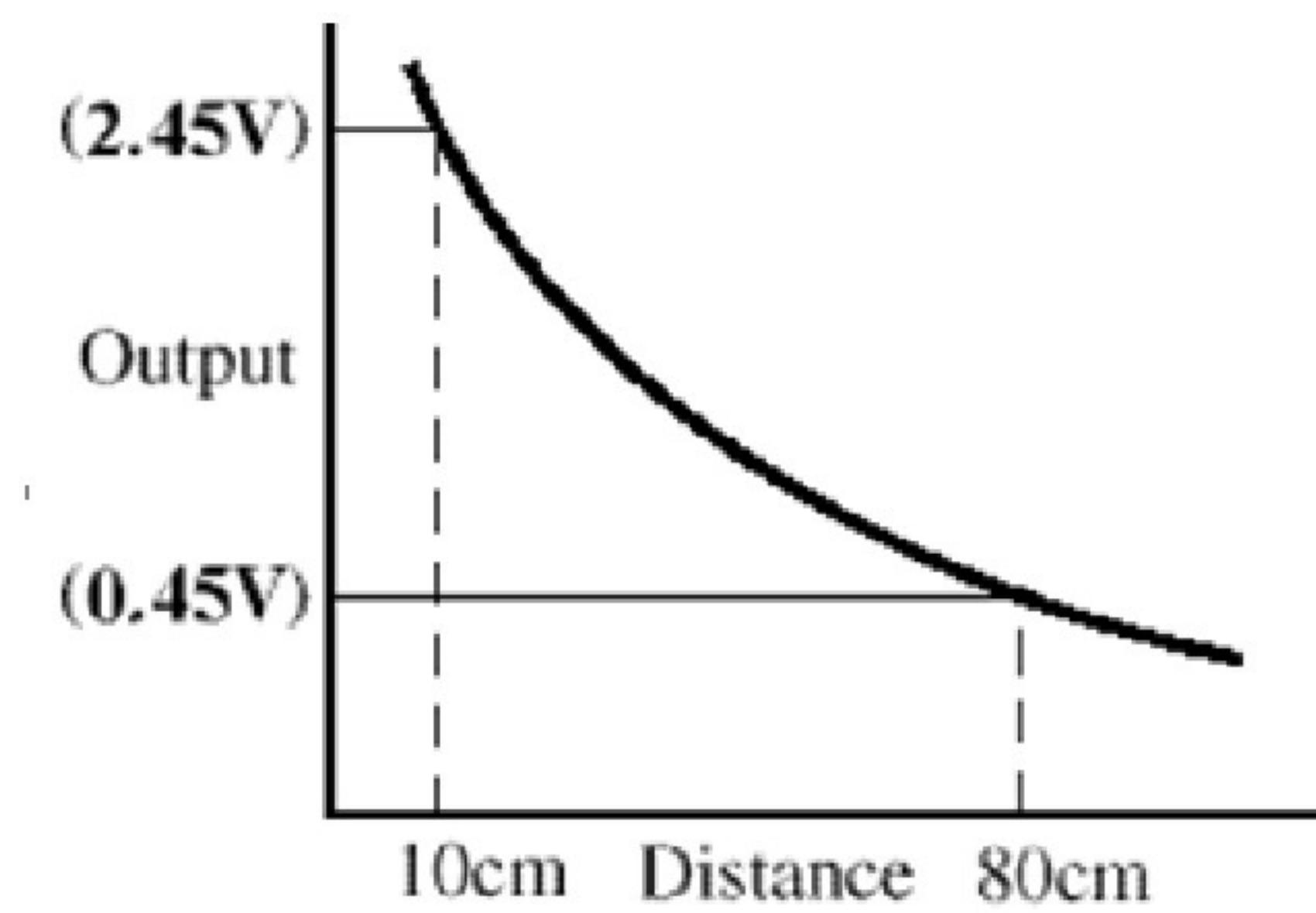


▷ 距离盲区



▷ PSD光电距离传感器

GP2D12J





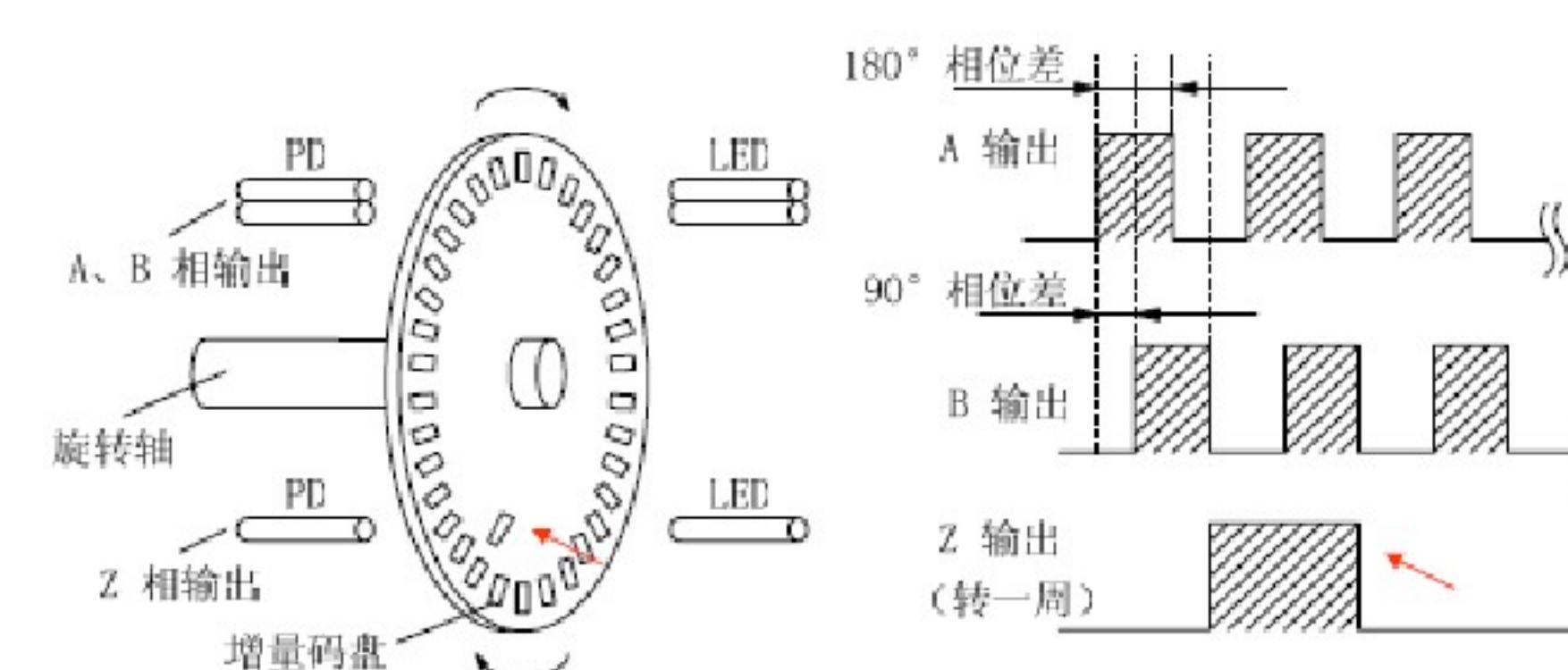
▲ 车轮及其速度编码器



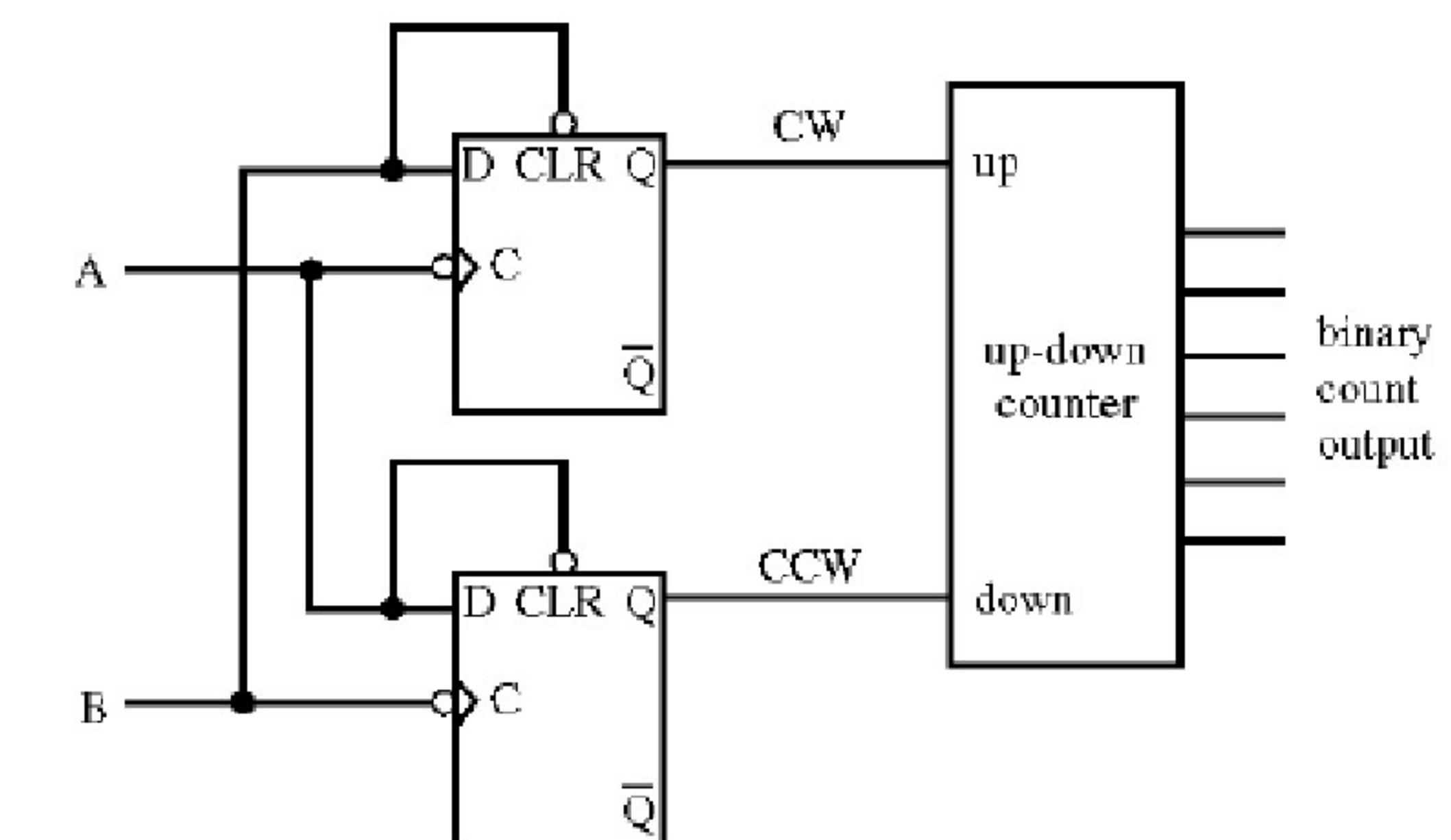
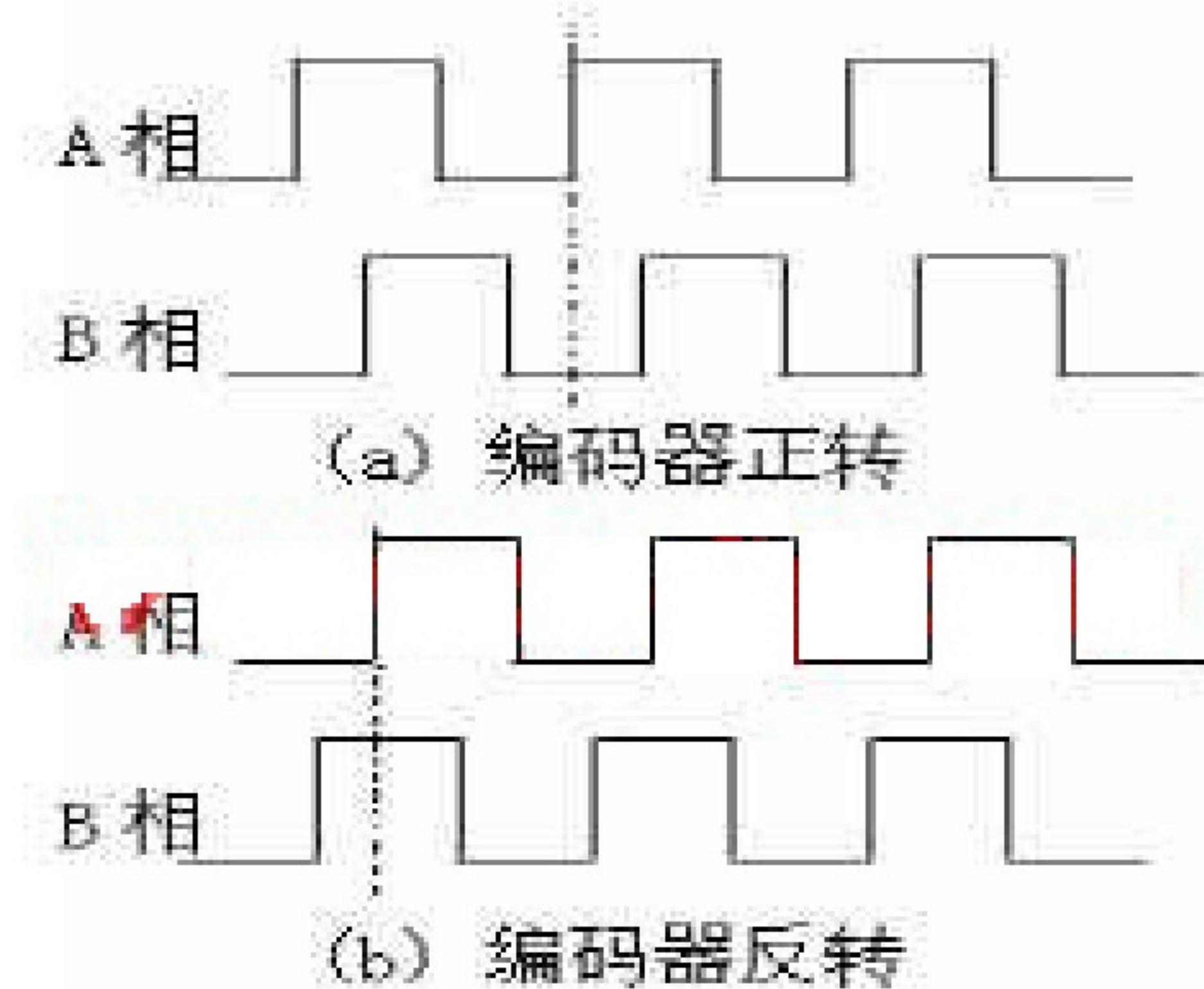
不同的安装方式



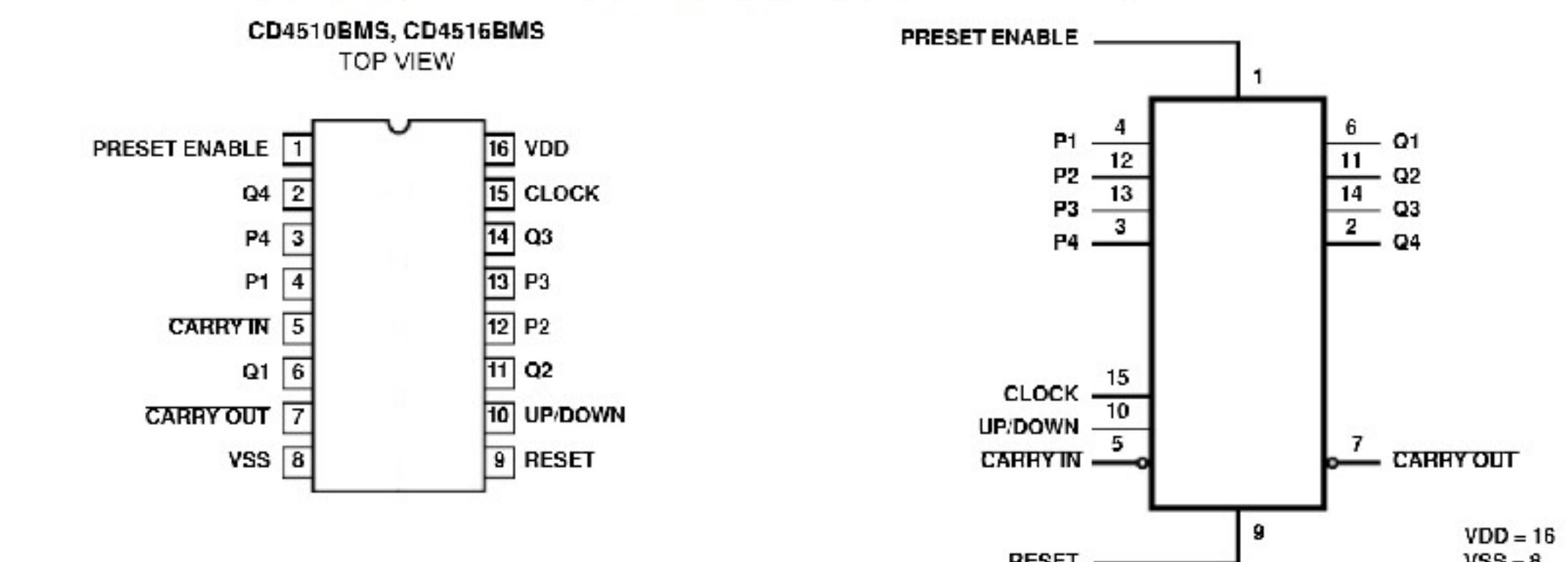
▷ 两种光电编码盘



▷ 运动方向鉴定



▷ 二进制可逆计数器CD4516



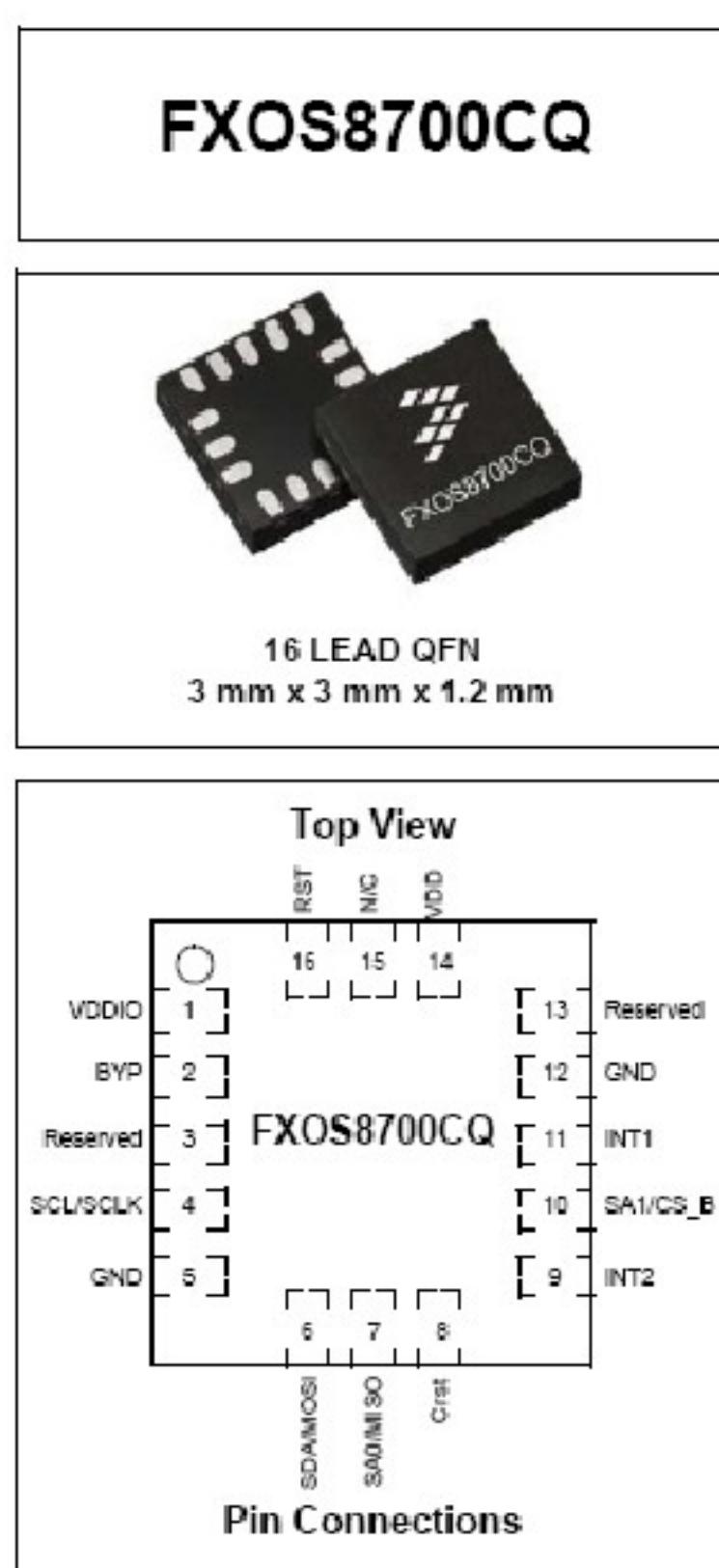


方向传感器

方位角度 罗盘
角速度 陀螺

电子罗盘

FXOS8700CQ

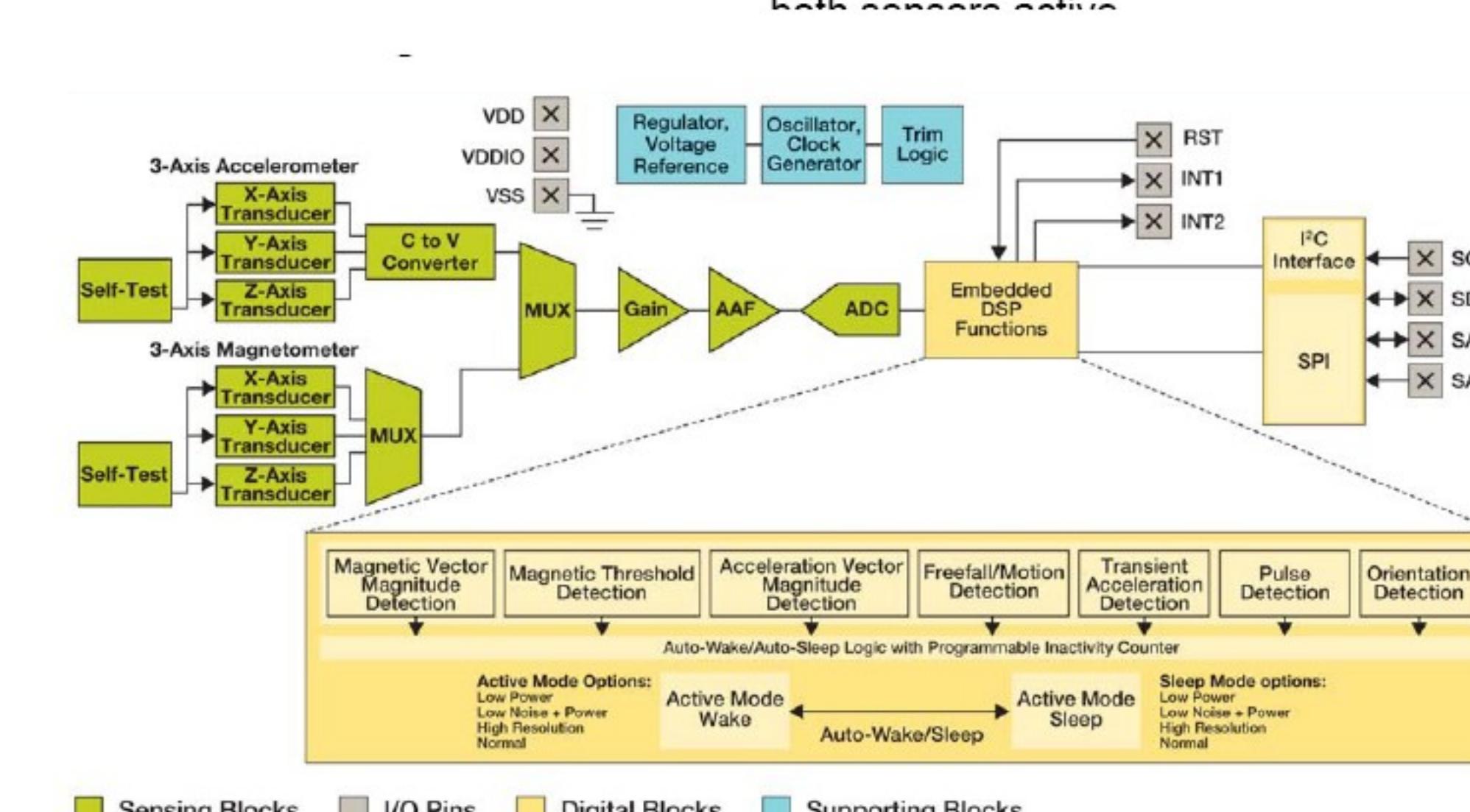


Xtrinsic FXOS8700CQ, 6-Axis Sensor with Integrated Linear Accelerometer and Magnetometer

FXOS8700CQ is a small, low-power, 6-axis linear accelerometer and magnetometer combined into a single package. The device features a selectable digital I²C or point-to-point SPI serial interface with 14-bit accelerometer and 16-bit magnetometer resolution along with smart-embedded functions. FXOS8700CQ has dynamically selectable acceleration full scales of $\pm 2 g/\pm 4 g/\pm 8 g$ and a fixed magnetic measurement range of $\pm 1200 \mu T$. Output data rates (ODR) from 1.563 Hz to 800 Hz are selectable by the user for each sensor. Interleaved magnetic and acceleration data is available at ODR rates of up to 400 Hz. FXOS8700CQ is available in a plastic QFN package and it is guaranteed to operate over the extended temperature range of -40°C to +85°C.

Features

- 1.95 V to 3.6 V VDD supply voltage, 1.62 V to 3.6 V VDDIO voltage
- $\pm 2 g/\pm 4 g/\pm 8 g$ dynamically selectable acceleration full-scale range
- $\pm 1200 \mu T$ magnetic sensor full-scale range
- Output data rates (ODR) from 1.563 Hz to 800 Hz for each sensor, and up to 400 Hz when operated in hybrid mode with both sensors active
- Low noise: < 126 $\mu g/\sqrt{Hz}$ acceleration noise density at 200 Hz bandwidth, < 100 nT/ \sqrt{Hz} magnetic noise density at 100 Hz bandwidth
- 14-bit resolution for acceleration measurements
- 16-bit resolution for magnetic measurements
- Low power: 240 μA current consumption at 100 Hz, and 80 μA at 25 Hz with both sensors active



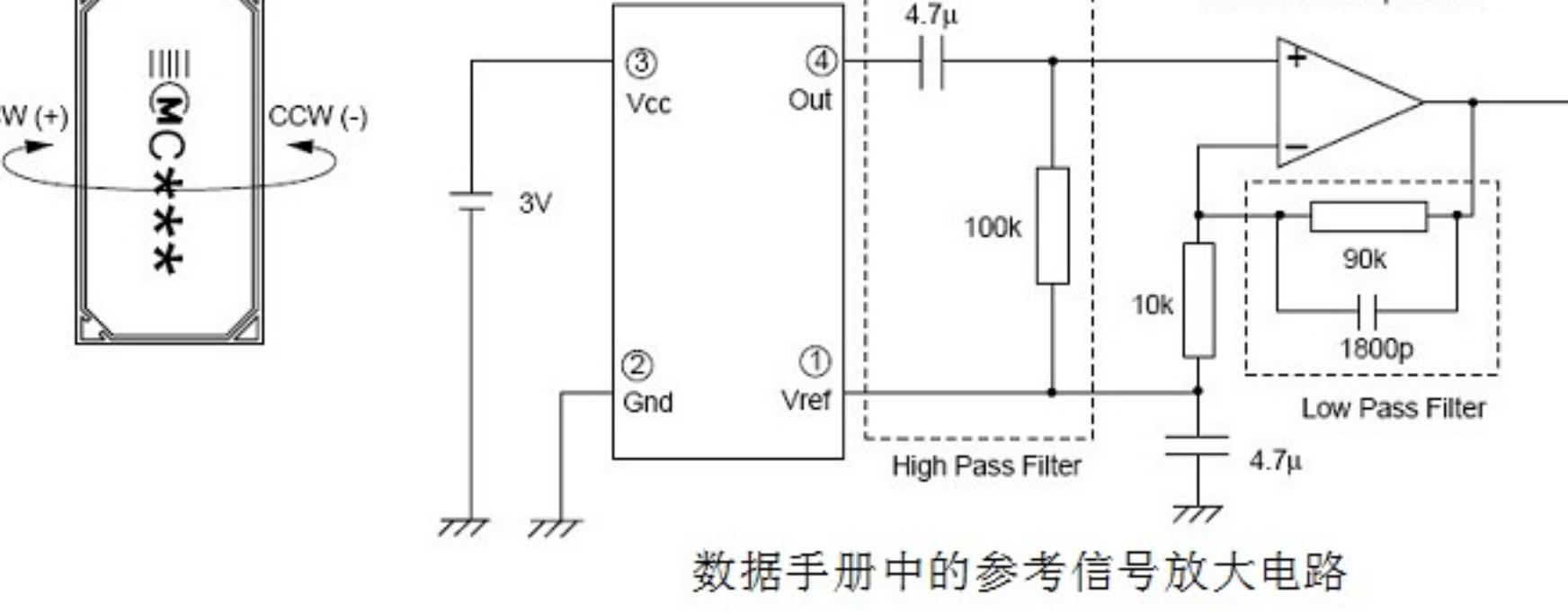
§ 3.4

陀螺仪

陀螺仪可以用来测量物体的旋转角速度。

ENC-03

角速度传感器



3-1

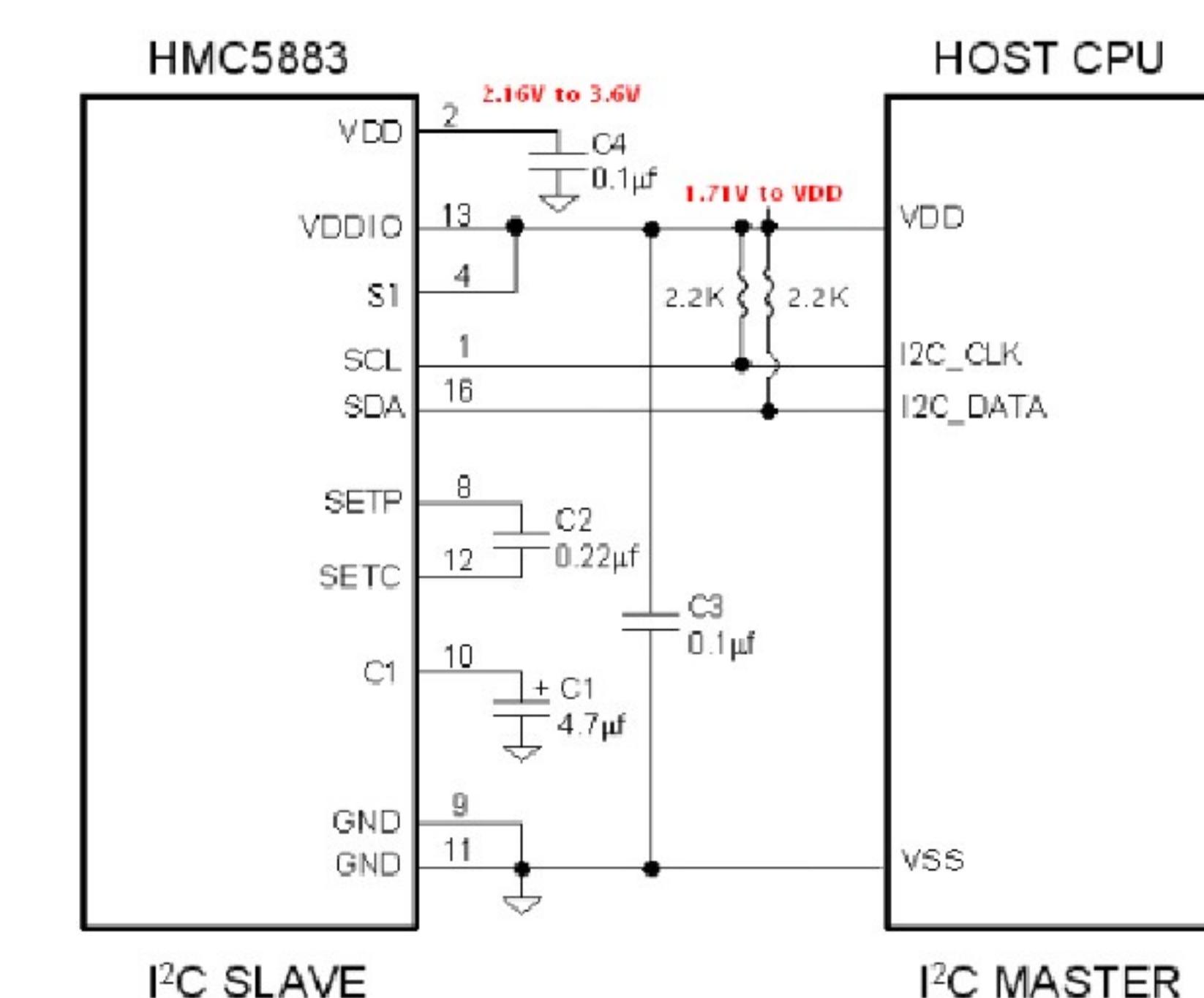
3轴数字罗盘



Honeywell

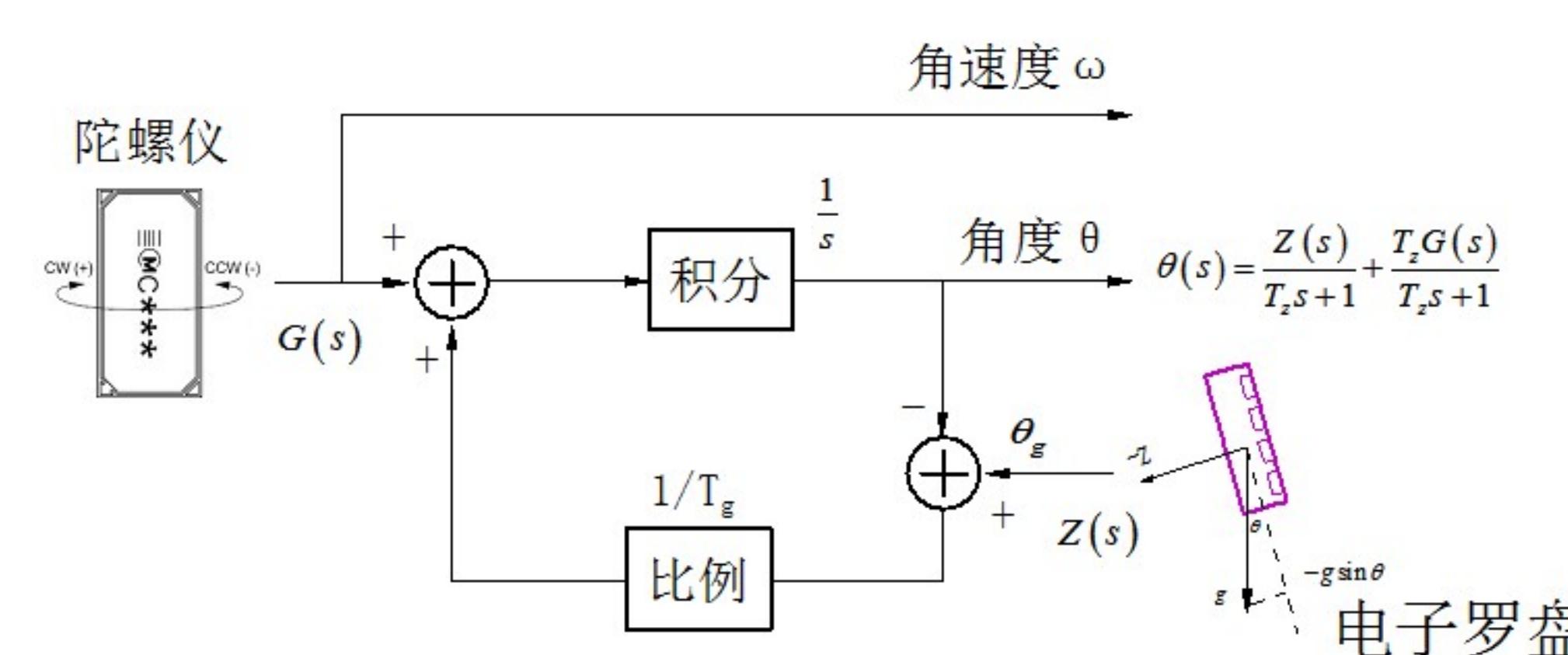
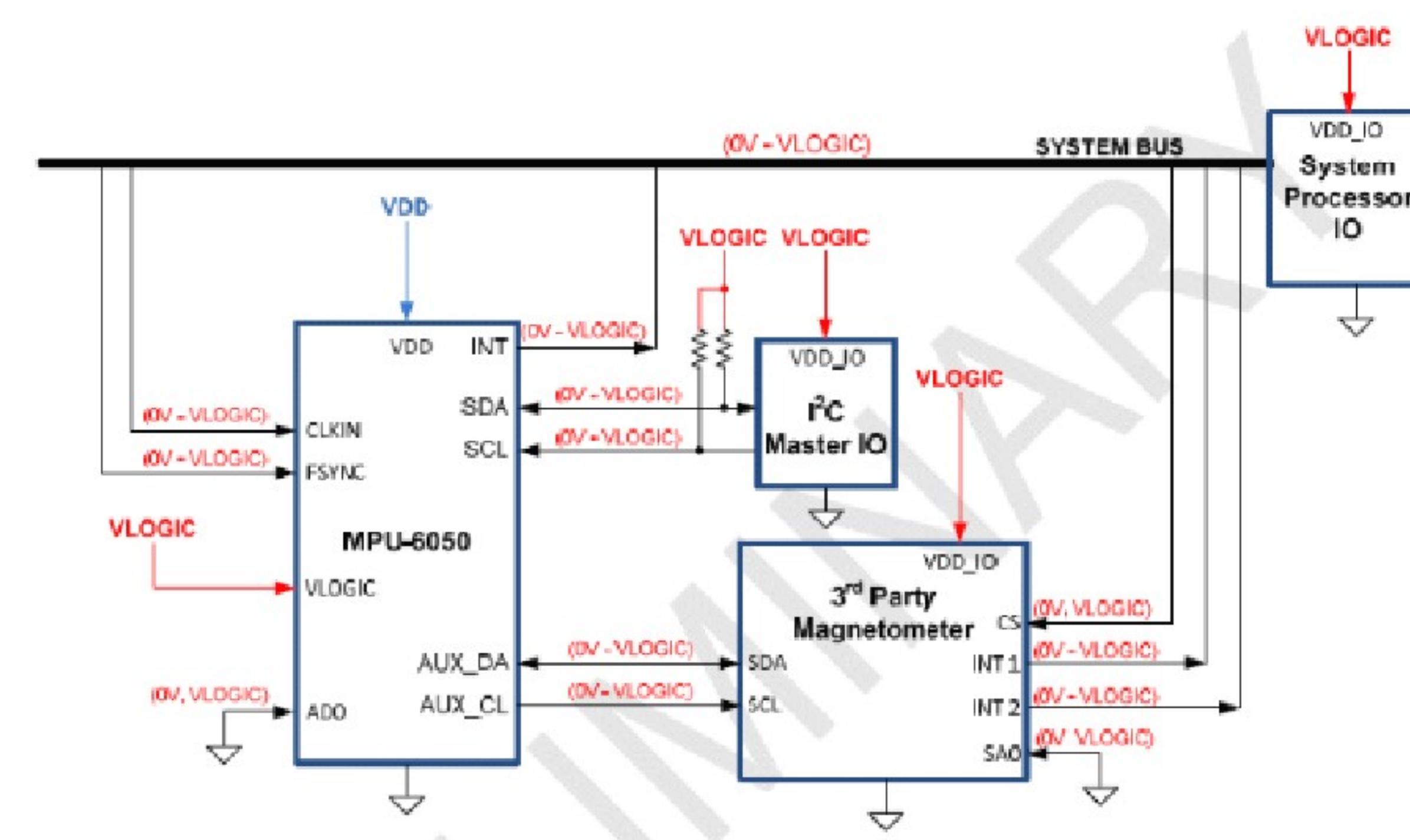
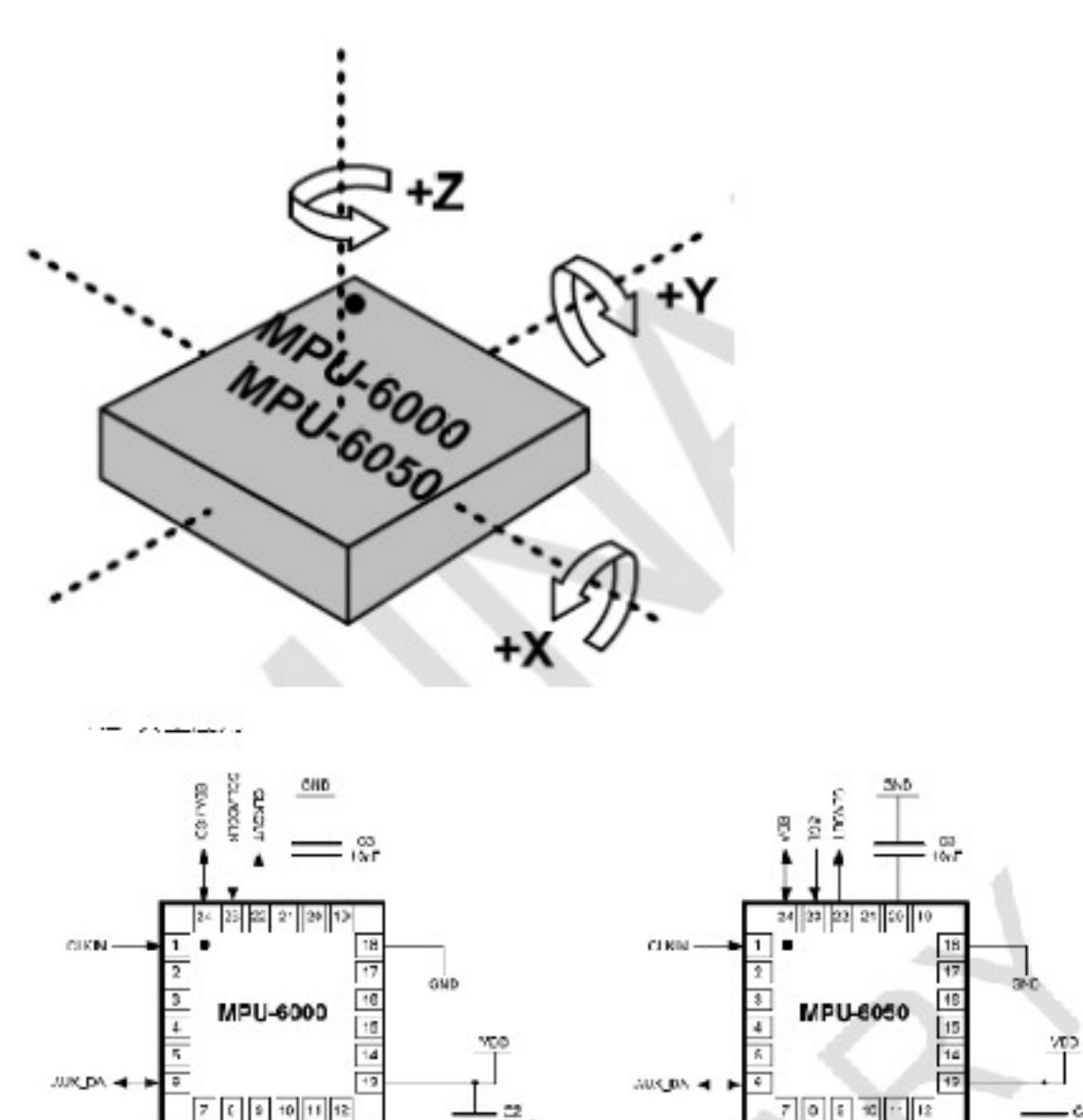
特点:

- 数字量输出: I²C数字量输出接口, 设计使用非常方便。
- 尺寸小: 3x3x0.9mm LCC封装, 适合大规模量产使用。
- 精度高: 1—2度, 内置12位A/D, OFFSET, SET/RESET 路由, 不会出现磁饱和现象, 不会有累加误差。
- 支持自动校准程序, 简化使用步骤, 终端产品使用非常方便。
- 内置自测试电路, 方便量产测试, 无需增加额外昂贵的测试设备。
- 功耗低: 供电电压1.8V, 功耗睡眠模式—2.5微安 测量模式—0.1mA



MPU6050

MPU-6000 (6050) 整合了3轴陀螺仪、3轴加速器。



Tank Battle

2015-10-28





■ 能源管理



镍氢电池

◆ 电源稳压

- ▷ 建立正确工作电压
- ▷ 隔离电路相互干扰
- ▷ 提高电源利用效率

§ 4.0



电池

☆ 电池：

电池电压：1.5, 3V, 7.2V, 9V, 12V

电池容量：1000mA, 2000mA

电池选择：7, 5, 1碱性一次性电池，锂电池
可充电电池



☆ 电压变换：

单片机：3.3V, 5V

传感器：≥5V

电机：3~12V



☆ 电源干扰

消除高频干扰的瓷片电容；

维持电压稳定的电解电容；



☆ 电源效率

串联稳压电源，开关稳压电源



金顶碱性 9V 电池

● 充电率

(C-rate)

C是Capacity的第一个字母，用来表示电池充放电时电流的大小数值。



● 终止电压

指电池放电时，电压下降到电池不宜再继续放电的最低工作电压值。



镍氢电池

● 开路电压

电池不放电时，电池两极之间的电位差被称为开路电压

● 能量密度

电池的平均单位体积或质量所释放出的电能。

● 自我放电

电池不管在有无被使用的状态下，由于各种原因，都会引起其电量损失的现象。

● 特征用途

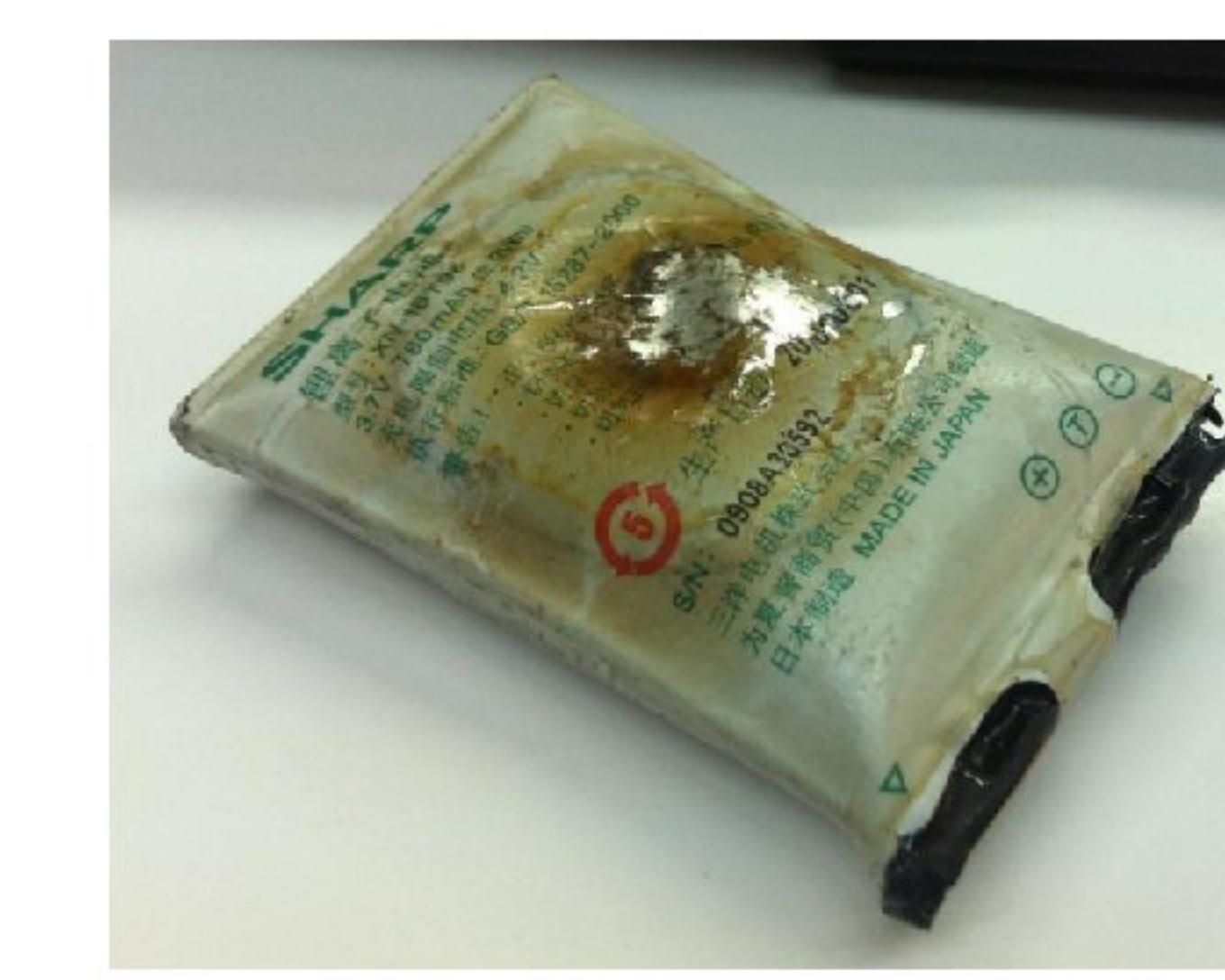
☆ 镍镉：有记忆效应 容量小

☆ 镍氢：记忆效应小 容量大

☆ 锂离子：无记忆效应 身薄 容量大，因电极材料不同，电动势为3V或3.6V不等。锂电池是目前相同体积中容量最大的电池，广泛用于数码相机、笔记本电脑、移动电话等电子产品中。

☆ 铅蓄：电动势约为2V，铅蓄电池可以反复充电使用，电解液是硫酸溶液，内阻很小，广泛用于汽车、摩托车中。

☆ 铁锂：电力更足，更安全，也更轻，未来电动车的主要发展方向。



烧焦的锂电池

◆ 异常处理

1. 充电器冒烟：迅速拔出充电器，并取出电池。充电器冒烟一般是因市电电压过高而烧坏变压器所引起的；
2. 电池发烫（严重时外包装会裂开）：迅速取出电池，并用硬质的盒子盖住1小时以防止可能的危险。电池发烫一般是因短路电池或电池内部异常引起的，此时应检查充电器电路是否正常，并检测电池电压有无异常（充电电池在充电时的发热是正常现象）；

3. 电池泄漏：迅速取出电池，并用硬质的盒子盖住约1小时以防止可能的危险，然后擦干净充电器；
4. 充电电池在发生泄漏之后不能再使用；
5. 无法充电：检查充电器和电池。此时应将产品送供应商售后服务处进行处理，而不应私自拆解充电器和电池。



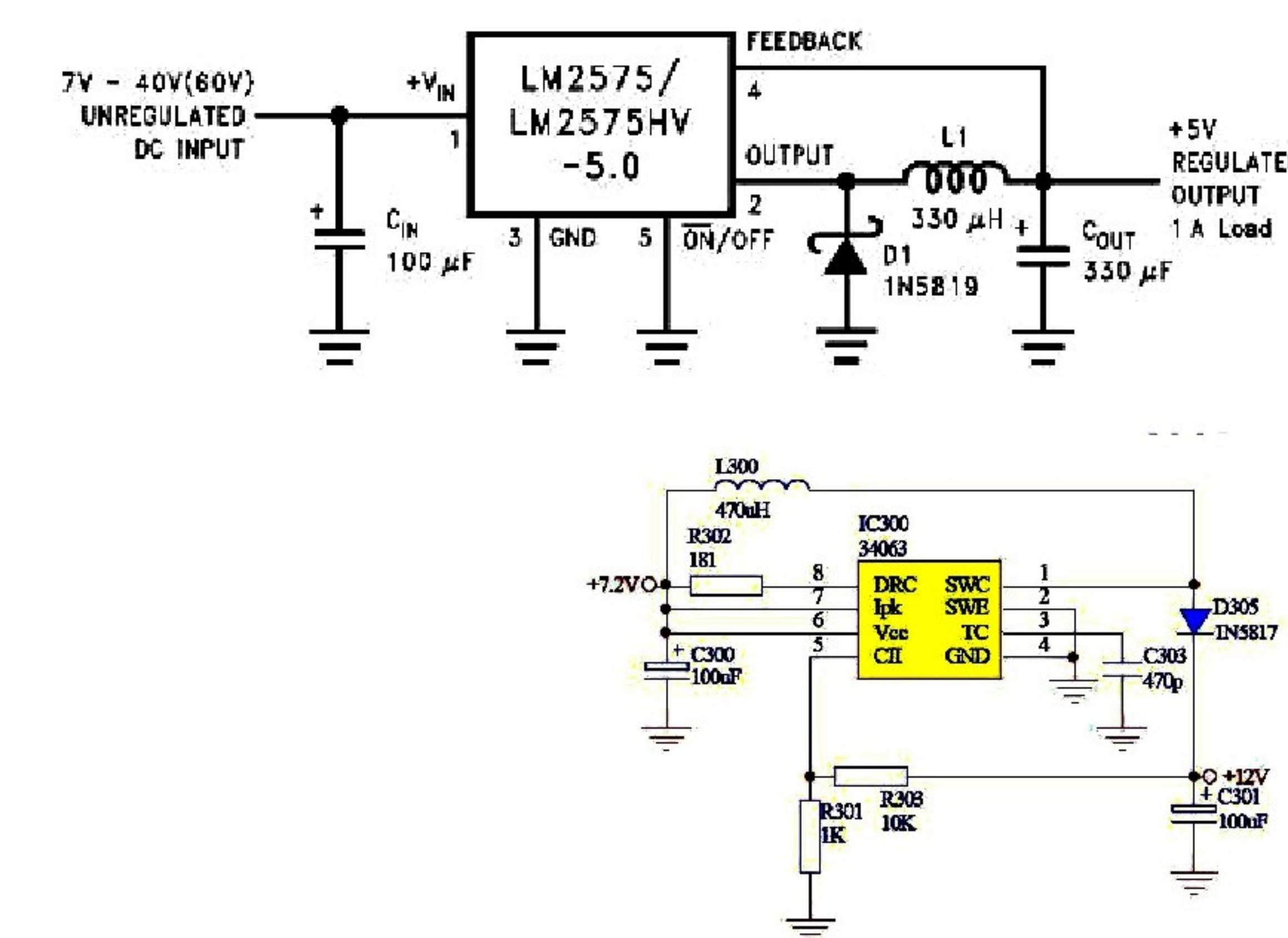


◆ 电源稳压

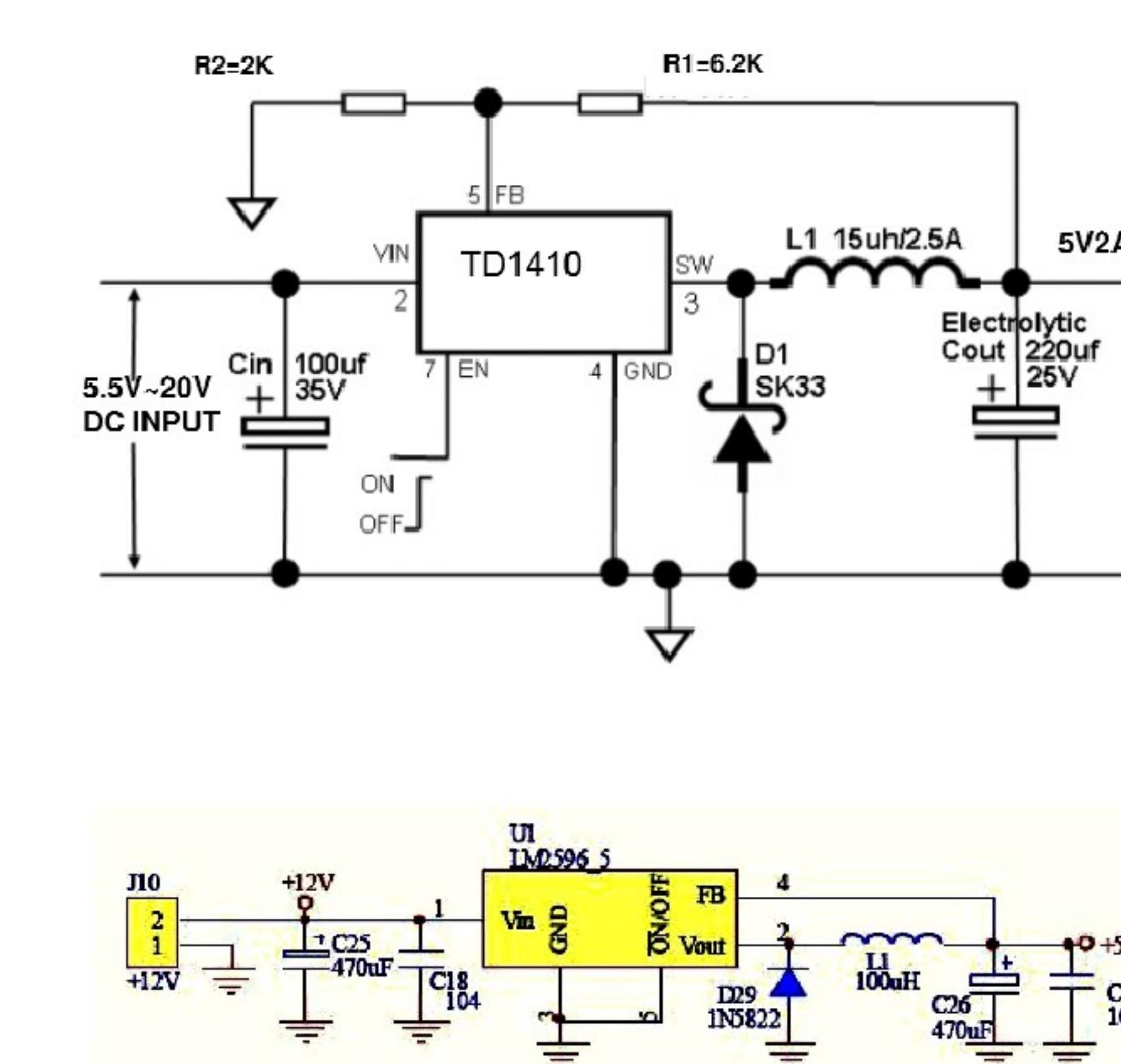
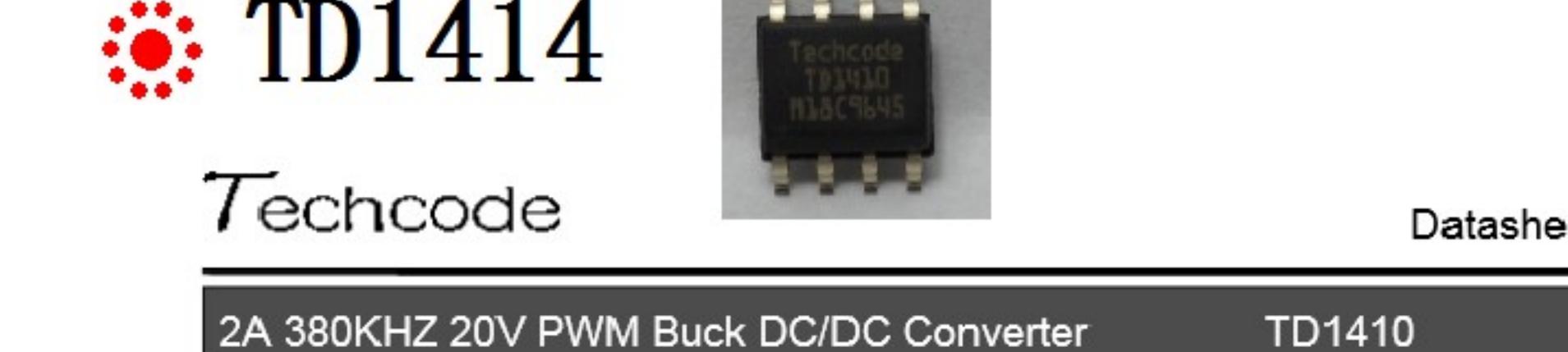
- ▷ 建立正确工作电压
- ▷ 隔离电路相互干扰
- ▷ 提高电源利用效率

☆ 对于部分消耗功率比较大的电路，或者电压差比较大的电路可以使用开关稳压电路提高电池的利用效率。
 ☆ 如果功率比较小，也可以使用串联稳压电路模块。

● LM2575

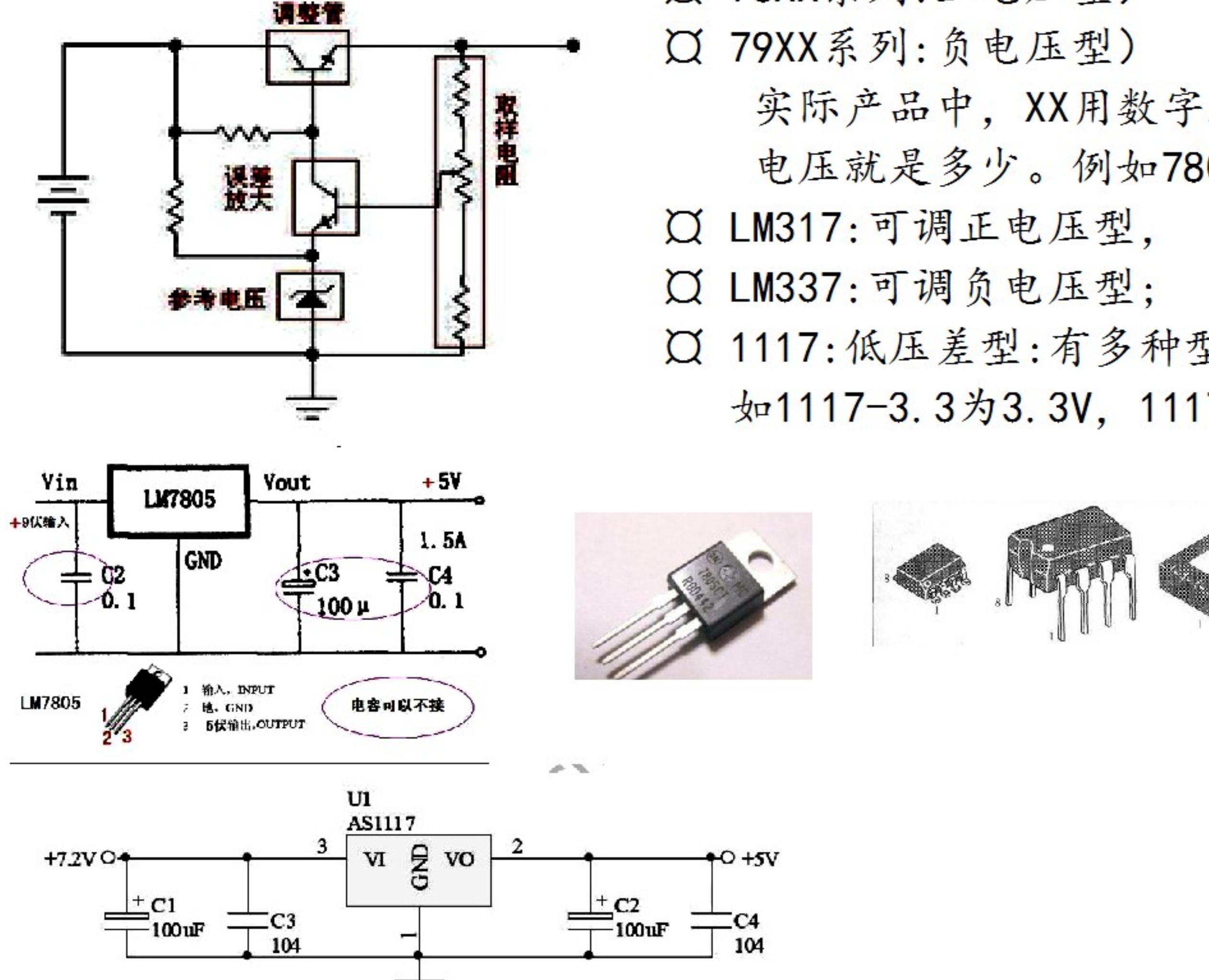


● TD1414



- ① 2A Constant Output Current
- ② 140mΩ R_{DSON} Internal Power PMOSFET Switch
- ③ Up to 95% Efficiency
- ④ Fixed 380KHz Frequency
- ⑤ Wide 3.6V to 20V Input Voltage Range
- ⑥ Output Adjustable from 1.222V to 18V
- ⑦ Built in Frequency Compensation
- ⑧ Built in Thermal Shutdown Function
- ⑨ Built in Current Limit Function
- ⑩ SOIC-8 Package is Available
- ⑪ The minimum dropout up to 0.3V

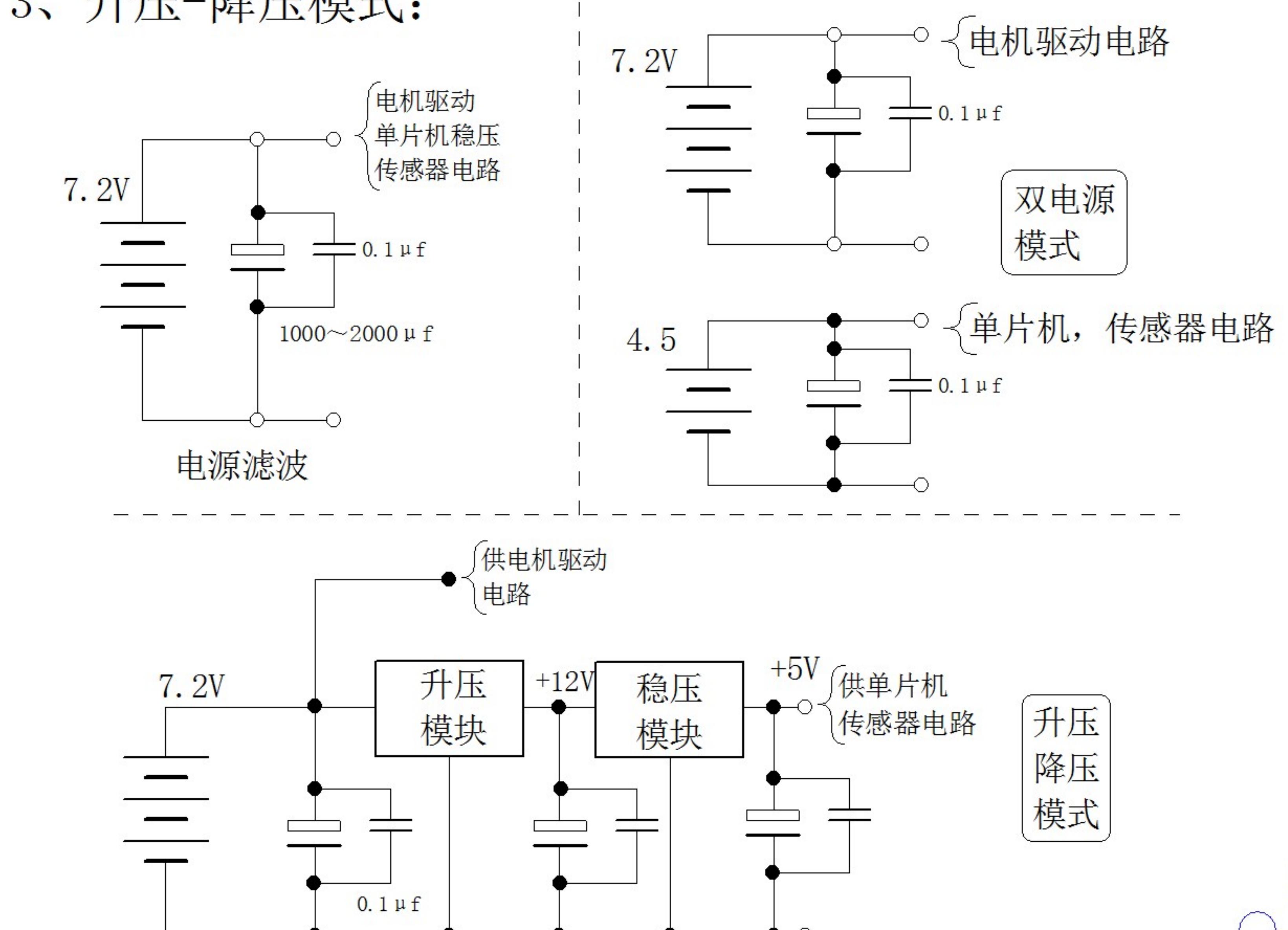
● 串联稳压



- 78XX系列：正电压型
- 79XX系列：负电压型
- 实际产品中，XX用数字表示，XX是多少，输出电压就是多少。例如7805，输出电压为5V。
- LM317：可调正电压型，
- LM337：可调负电压型；
- 1117：低压差型：有多种型号，用尾数表示电压值。如1117-3.3为3.3V，1117-ADJ为可调型。

● 消除强电和弱电之间的干扰电源模式

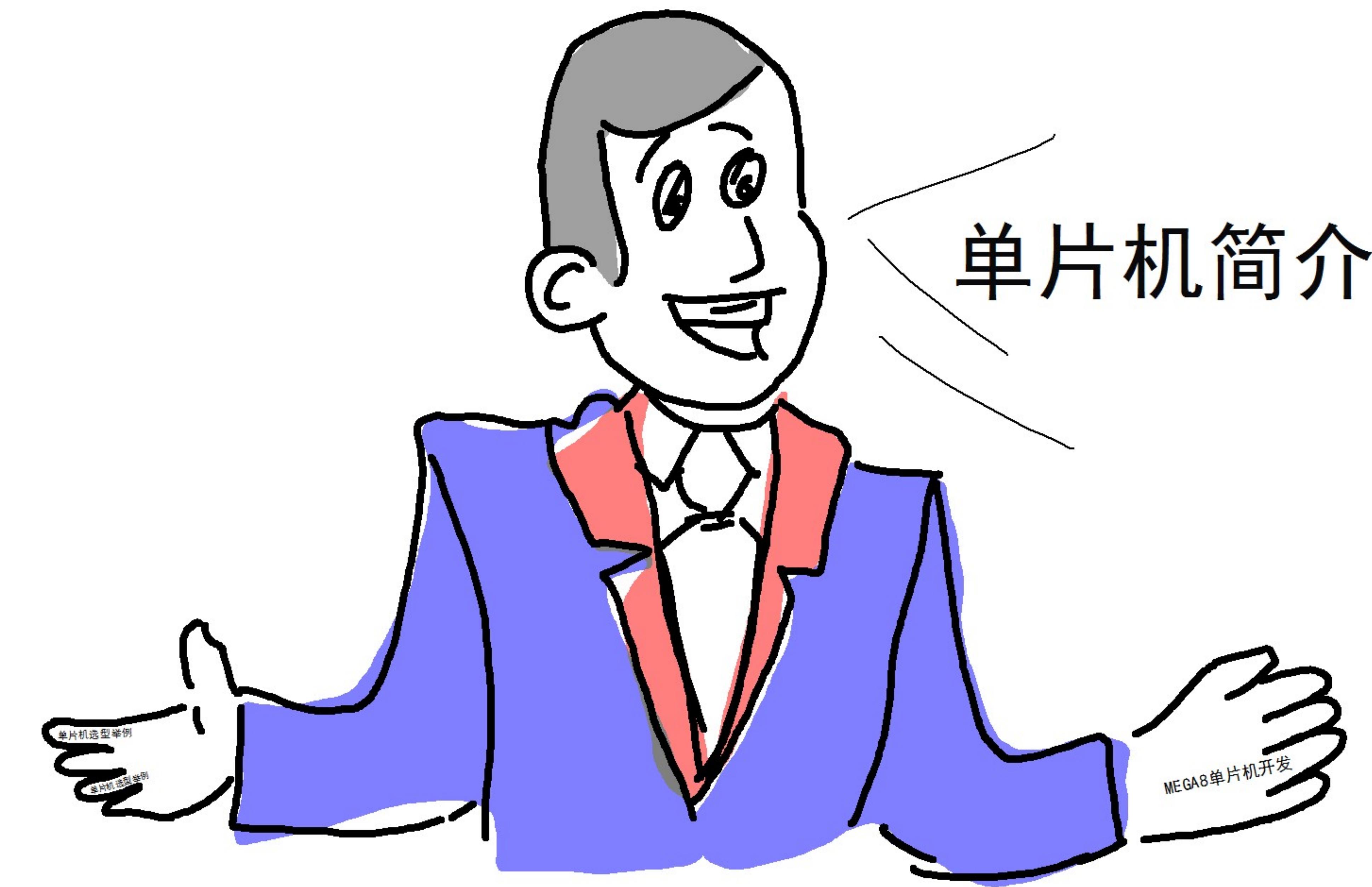
- 1、电源滤波：电解电容的应用，1000~2000μf
- 2、双电源：电机驱动电路、单片机电路单独供电
- 3、升压-降压模式：



Tank Battle


2015-10-28





单片机设计原则和可编程器件

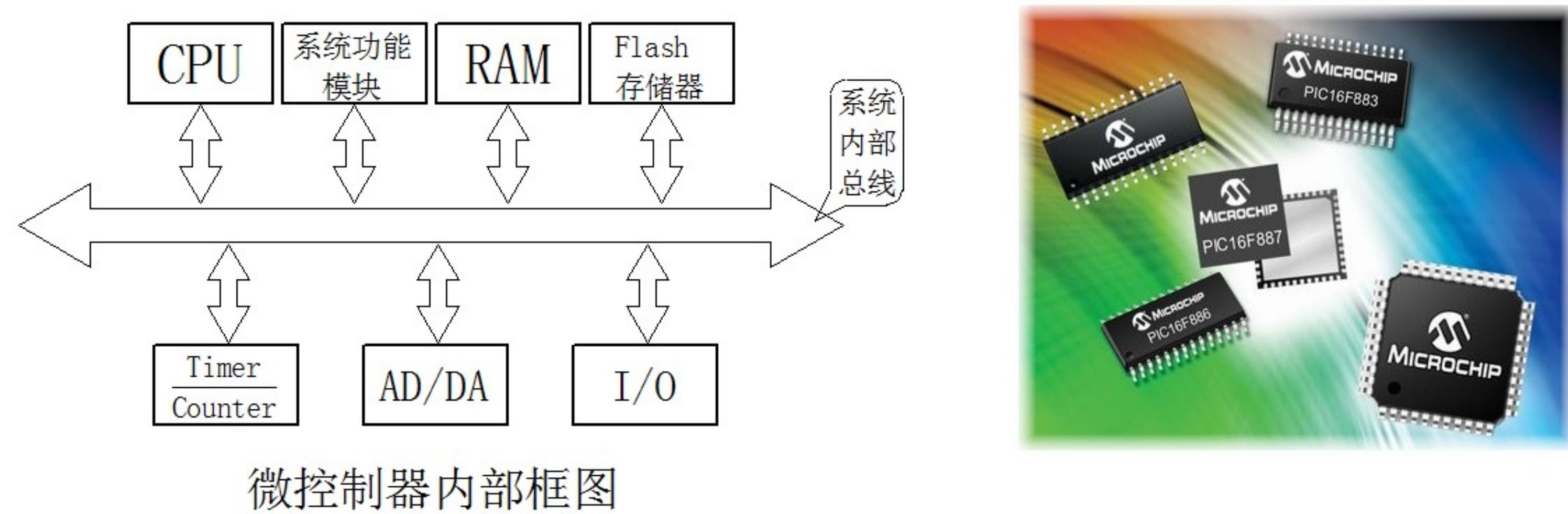
§5.1



单片机的定义

微控制器(Microcontroller或者MCU)的基本含义是：在一块芯片上继承了中央处理器单元(CPU)、存储器(RAM/ROM)、定时器/计数器及多种输入/输出(I/O)等电路接口模块的比较完整的数字处理系统。

在我国有个通俗的名字 - 单片机。
.....



嵌入式控制器

- ☆ MCU: Micro Controller Unit
- ☆ DSP: Digital Signal Processor
- ☆ FPGA: Field Programmable Gate Array

85.1.1

我们身边的嵌入式计算机系统数不胜数： 看得到的：手机，电话机，IC卡，洗衣机，电饭煲….

嵌入式计算机在数量、应用范围、
产值、“计算能力”等方面将超过普通微机



单片机特点

- 体积小
- 价格低
- 可靠性高
- 低功耗
- 易于开发



主要单片机供应商

- ★ TI
- ★ Freescale
- ★ Microchip
- ★ Philips
- ★ Atmel
- ★ SST
- ★ ...

TEXAS INSTRUMENTS

freescale™ semiconductor

ATMEL Everywhere You Are Microchip

Silicon Storage Technology, Inc.

选择单片机原则

资源满足要求

- I/O: 具体计算
- A/D(可选)
- PWM(可选)
- ISP/IAP:

开发条件

- 软件开发环境: 高级语言编译支持。
- 硬件开发环境: ISP, IAP, ICD
- 下载线, 或者烧制器;

价格, 购买渠道, 封装与焊接….

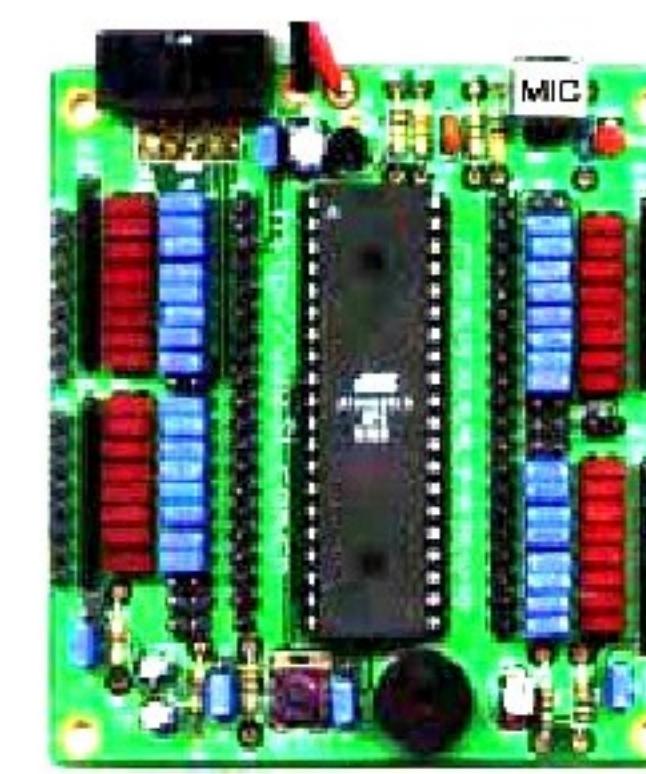
首要选择要点

- (1) 电路工艺: TTL, CMOS;
- (2) 电压工作范围: 5V, 3.3V;
- (3) 指令集: RISC, CISC;
- (4) 中断能力: 是否支持硬堆栈;
- (5) 总线宽度: 8、16、32、64;
- (6) 编译器性能: 是否支持C语言;
- (7) 软、硬件设计难易程度: 是否有大量参考资料;
- (8) 仿真调试能力: 在线仿真;
- (9) 内存容量: FLASH\EEPROM\RAM;
- (10) 通信能力: UART\CAN\SPI\I²C;
- (11) 价格、购买渠道:



可供选择的单片机

- ☆ 51系列: Atmel/Winbond/Sygnal/SST/STC/Philips/Dallas/
- ☆ AVR系列: Mega8/16/128
- ☆ MCS9s08/16系列:
- ☆ TI MSP430:
- ☆ Microchip 18F/16F:
- ☆ NEC/Fujitsu系列:
- ☆ Holtek:



次要选择要点

- (1) 功耗:
- (2) 硬件资源:
- (3) 外部总线:
- (4) 总线体系和流水线:
- (5) 成熟与否:



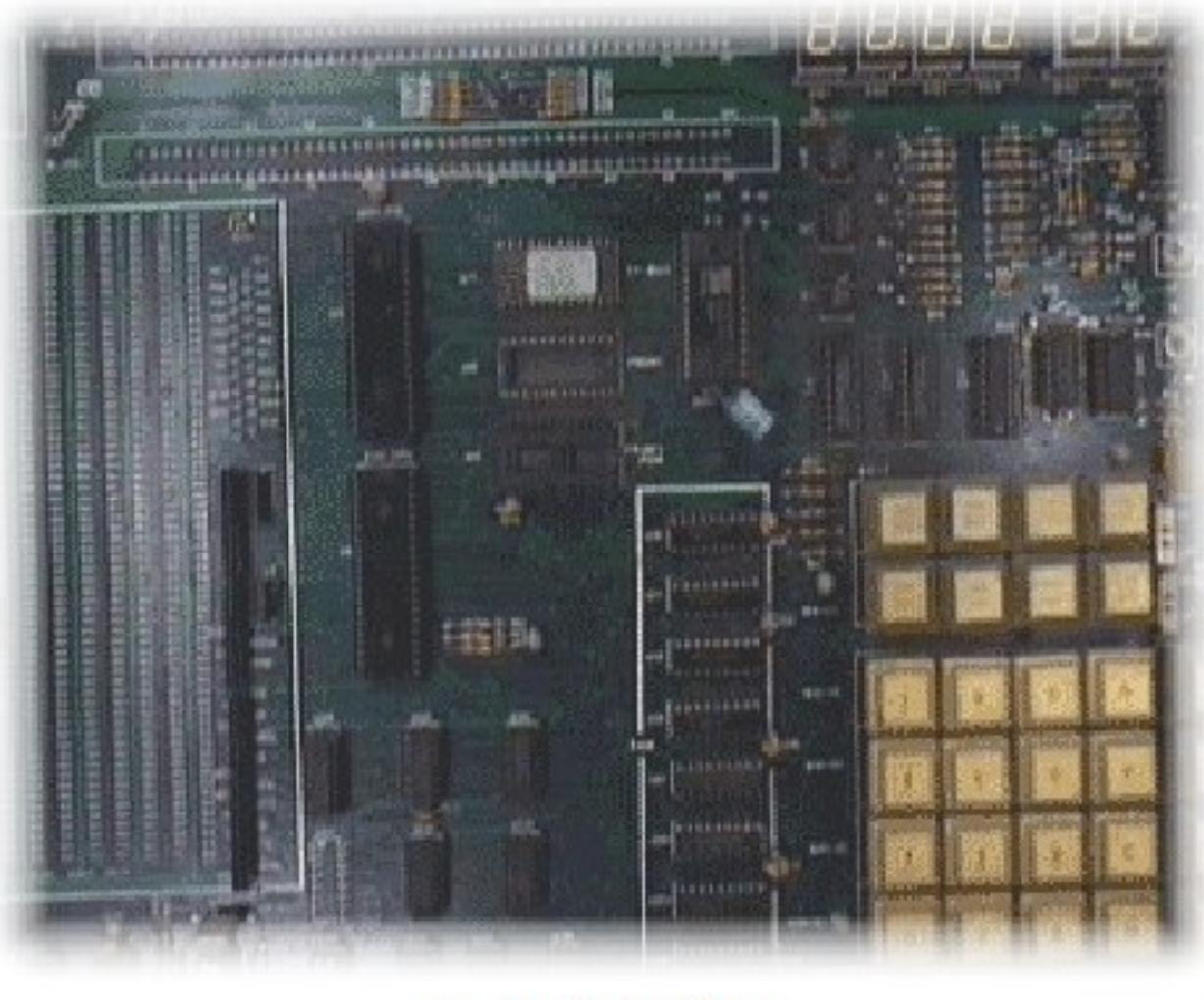
单片机开发技术：ISP, IAP

- ☆ ISP: In-System Program
- IAP: In-Application Program

抛开调试开发工具，基于应用级别的开发：

- 1、能够实现程序下载；
- 2、能够进行用户应用级别的交互：

LCD+Key, UART



古老的单板机



开发容易的实验板

§ 5.1.2

PLD发展历程

摩尔定律(Moore's Law)：集成度/功耗 $\downarrow \uparrow / 18$ 个月
SSI→MSI→LSI→VLSI→ULSI→SoC

PLD(Programmable Logic Device, PLD)：
使用硬件描述语言将电路特性转换成硬件电路。

工艺和结构变革

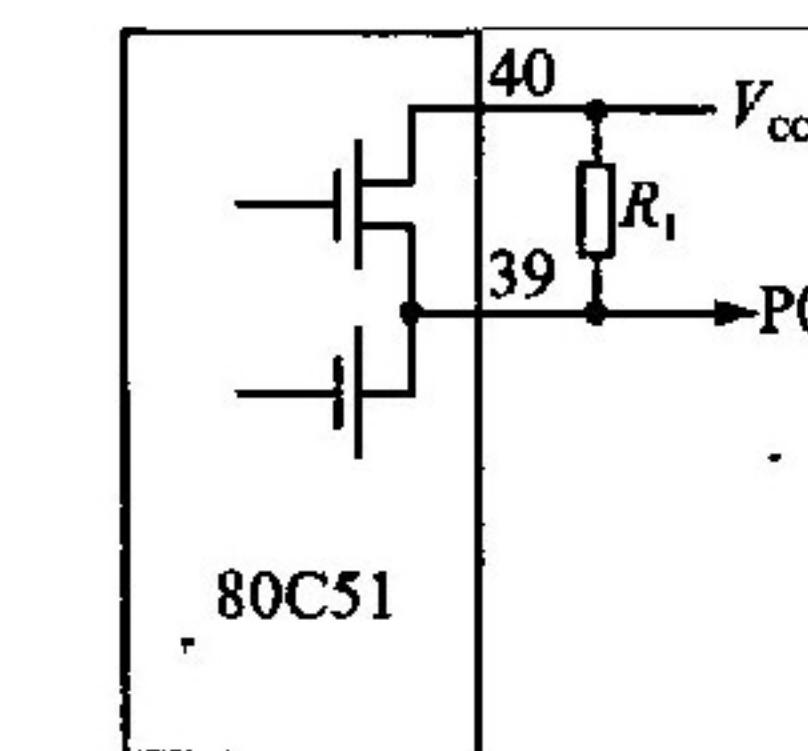
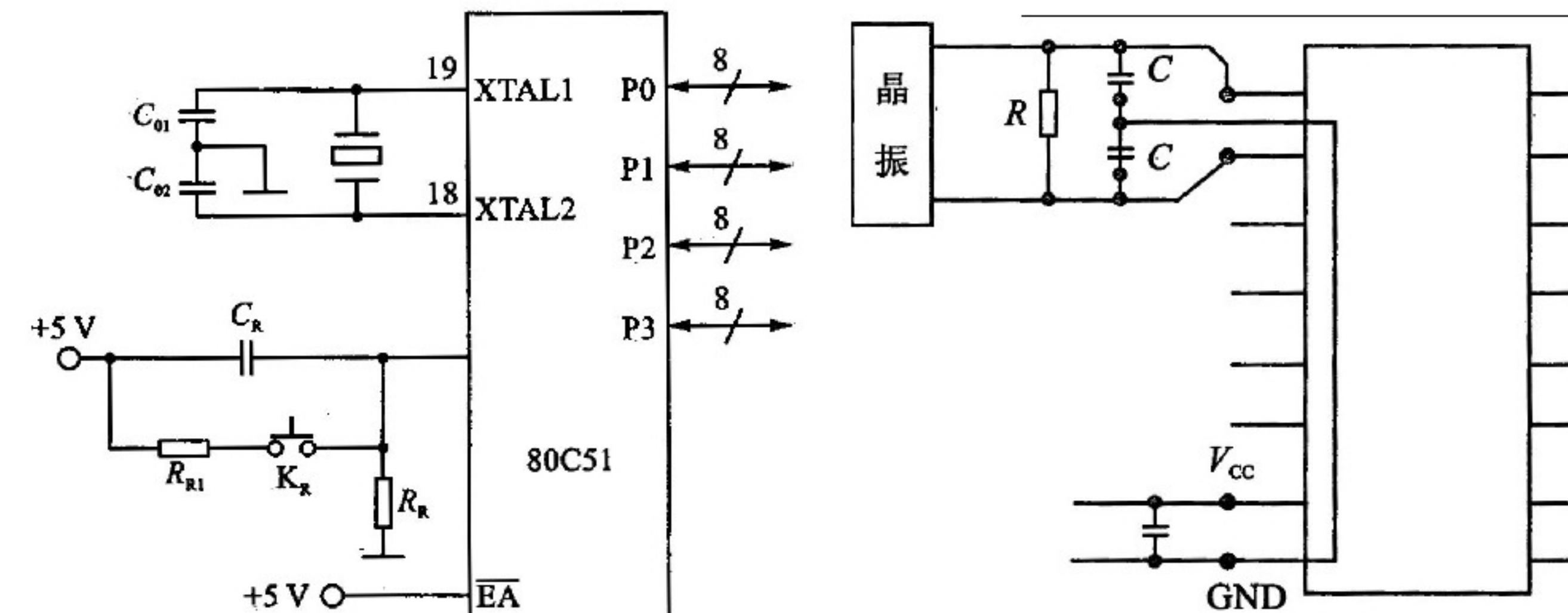
- 1、20世纪70年代：基于PROM/EPROM/EEPROM的简单数字逻辑功能；
- 2、20世纪70年代中期：可编程逻辑阵列（PLA）：
可编程阵列和固定阵列构成，使用熔丝技术；
- 3、20世纪80年代：美国Lattice公司：通用阵列逻辑(GAL)：
输出逻辑宏单元+EEPROM
- 4、1985年：美国Xilinx公司：FPGA：许多独立的可编程逻辑单元组成，采用CMOS+RAM的方式实现；
- 5、CPLD：从PAL和GAL发展起来，规模大、结构复杂的器件。

单片机设计

单片机最小系统

POWER+CRYSTAL+RESET

☆ 单片机接口设计：
I/O, AD, PWM, ISP, MotorDriver;



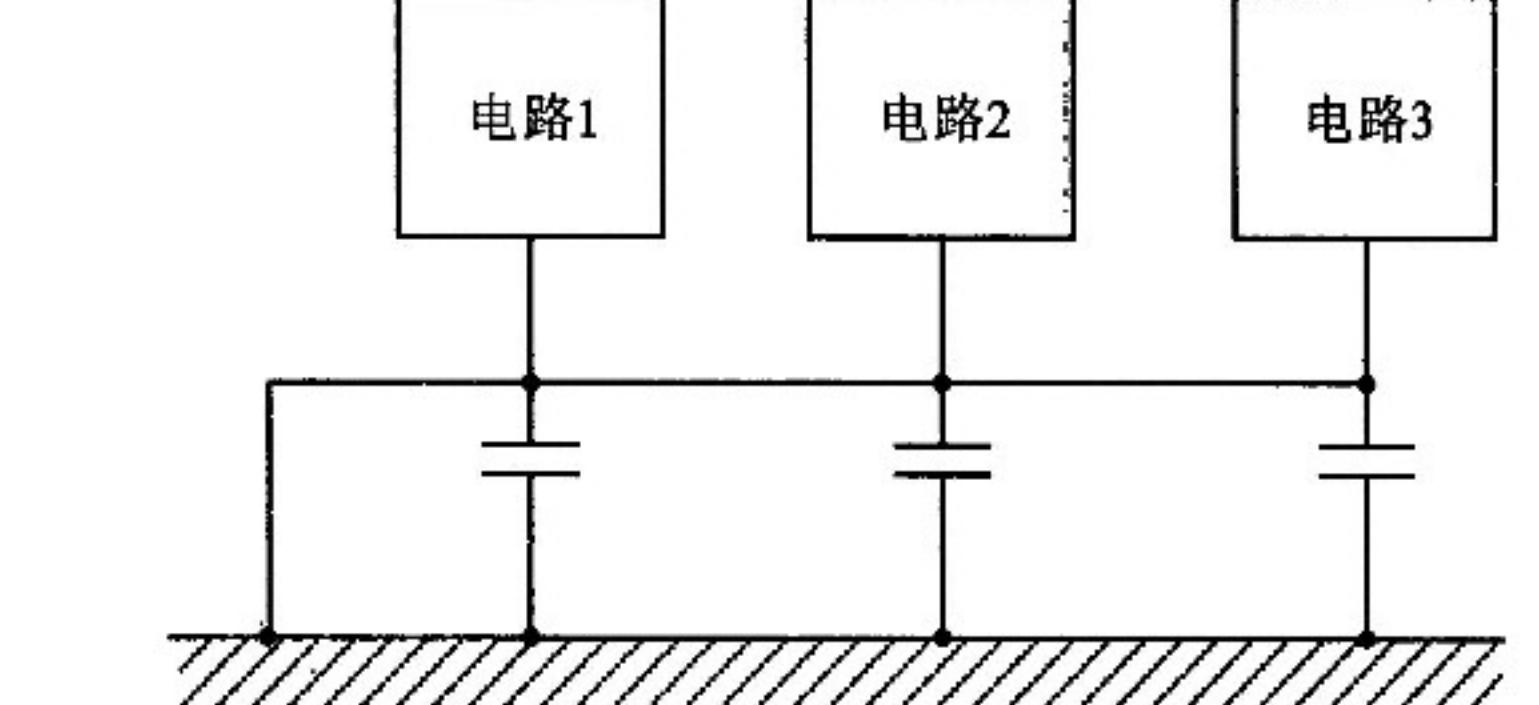
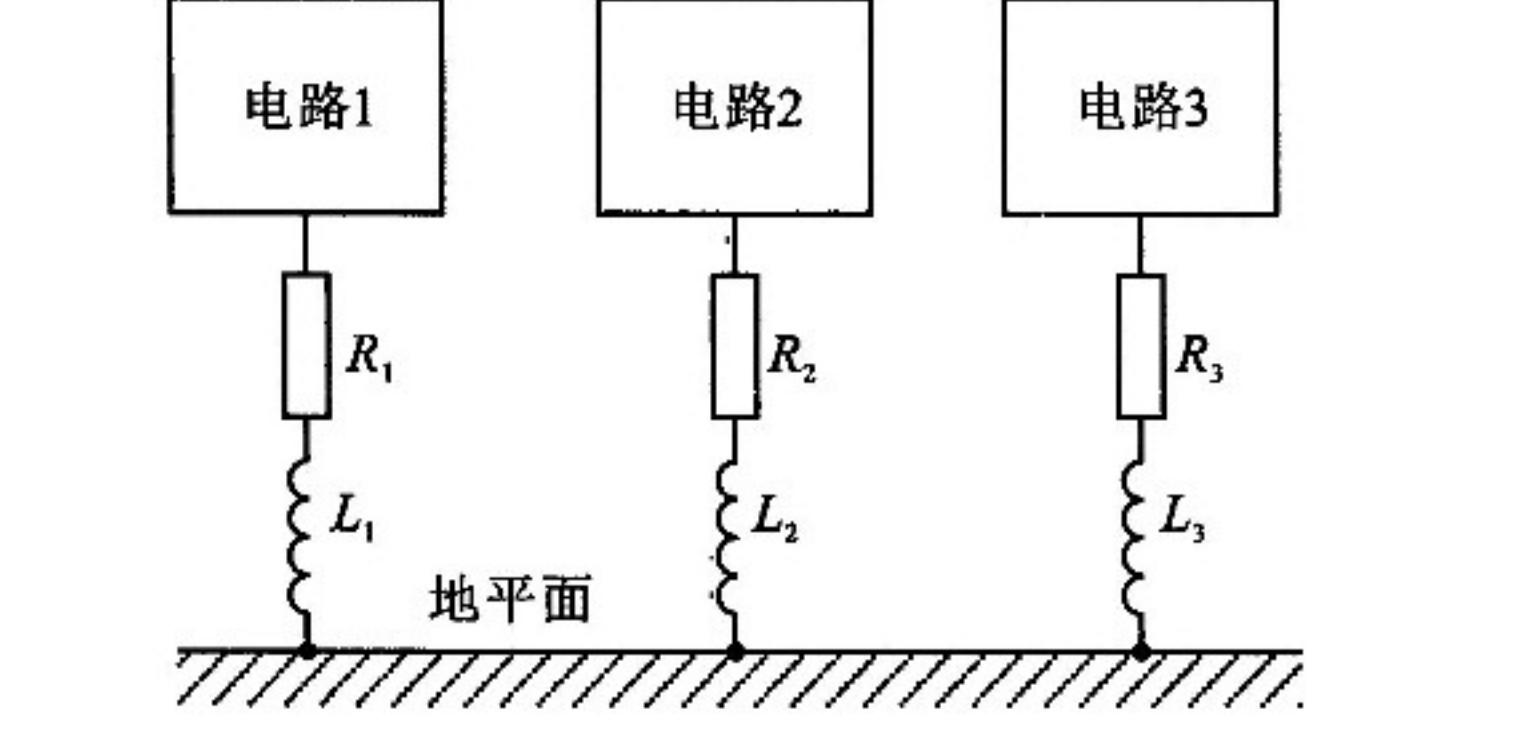
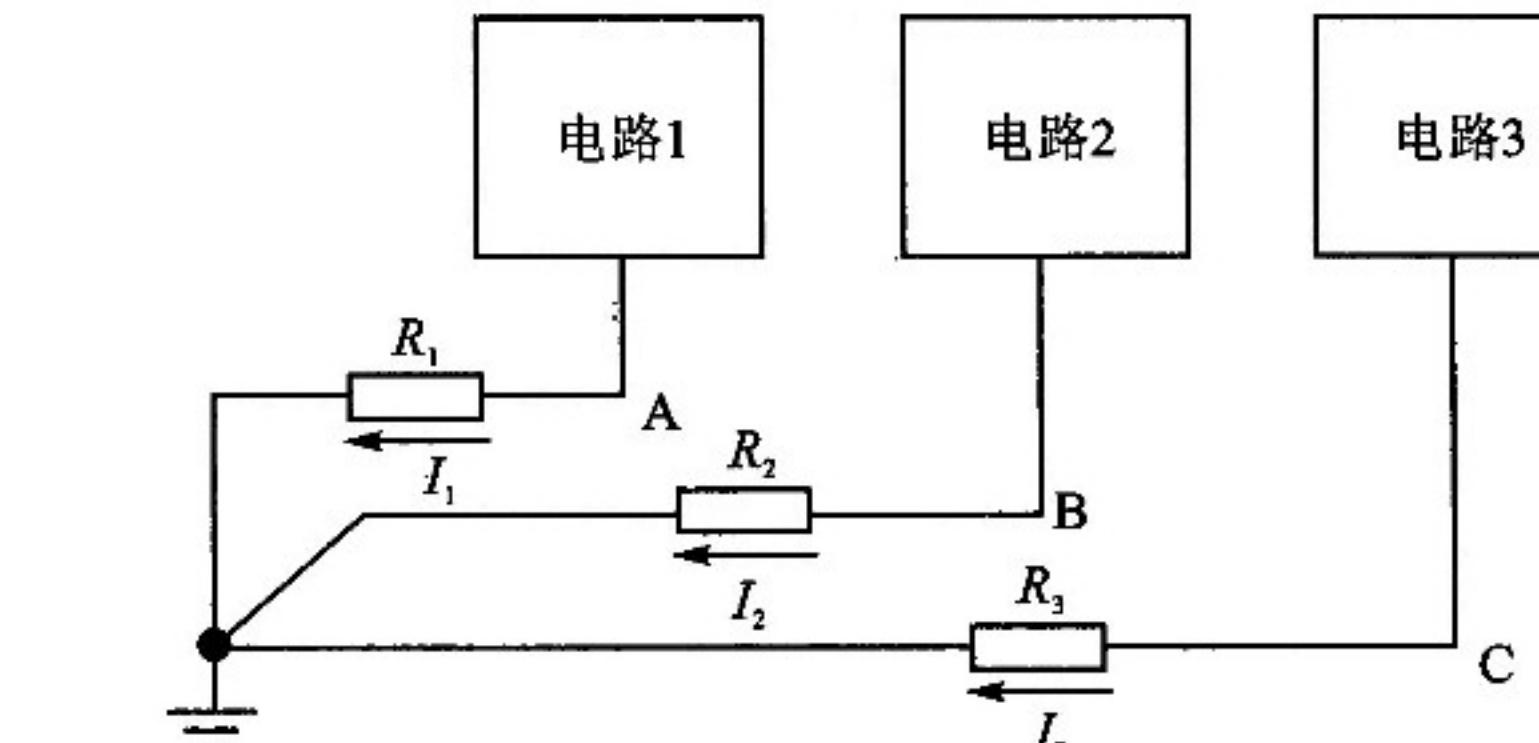
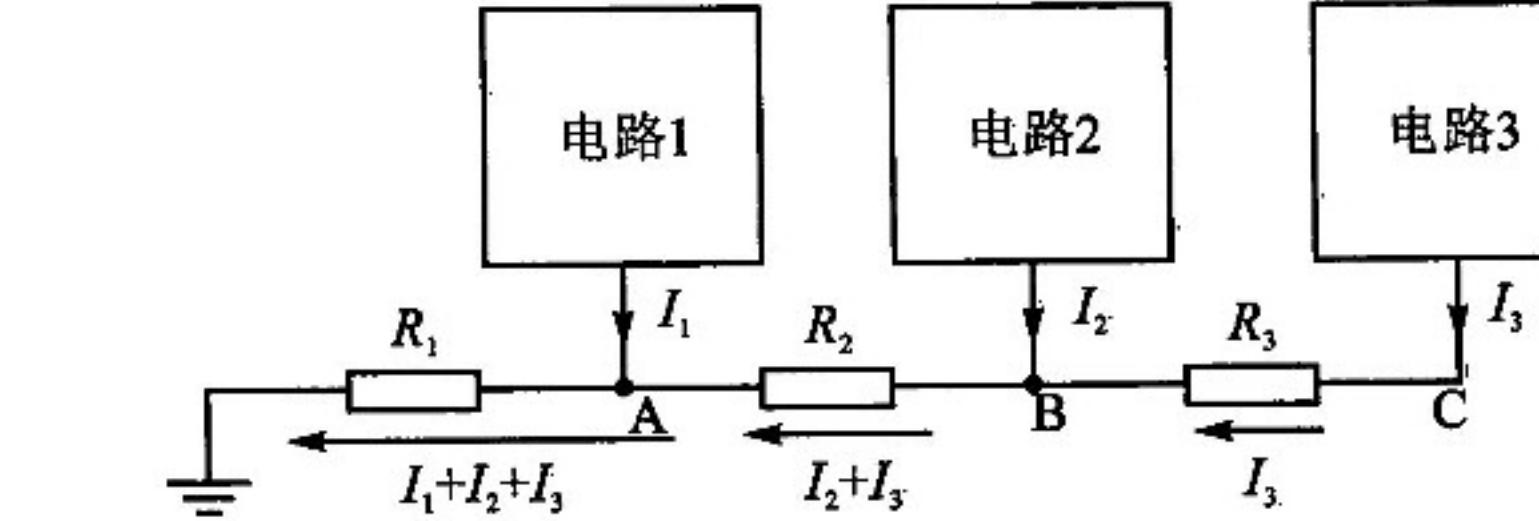
电路接地

单点接地

串联单点接地：功率不高，要求不高的场合；
并联单点接地：功率大，要求高的场合；

多点接地：高频电路中，需要多点接地；

混合接地：低频单点接地，高频多点接地；



PLD 分类

简单的PLD

- 1、可编程只读存储器(Programmable Read-Only Memory:PROM)
- 2、可编程逻辑阵列 (Programmable Logic Array: PLA)
- 3、可编程阵列逻辑 (Programmable Array Logic: PAL)
- 4、通用阵列逻辑 (Generic Array Logic: GAL)

复杂的PLD

- 1、复杂可编程逻辑器件
(Complex Programmable Logic Device:CPLD)
- 2、现场可编程门阵列
(Field Programmable Gate Array :FPGA)

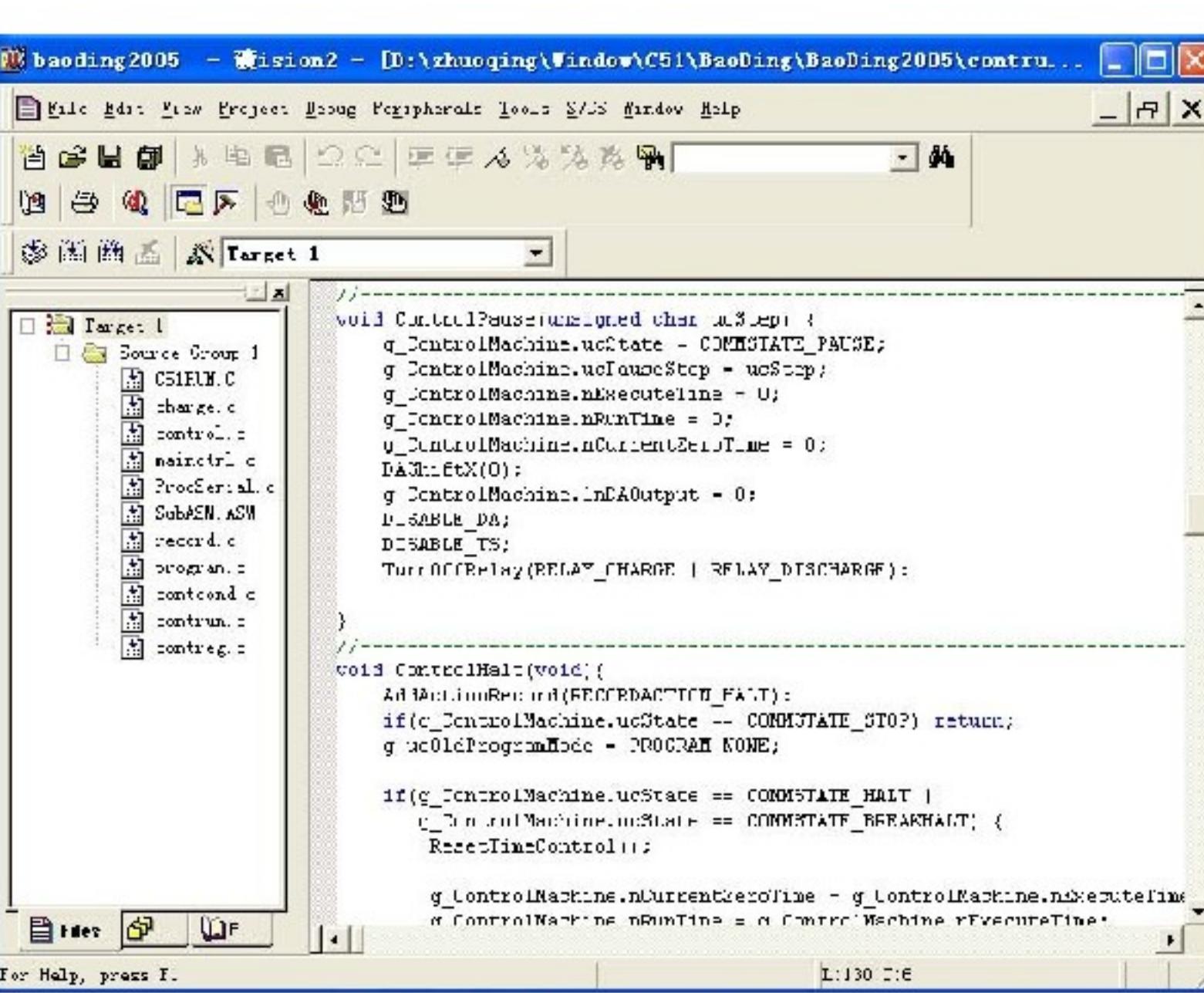
FPGA/CPLD 的基本概念

- ☆ 基于乘积项的CPLD结构和原理
- ☆ 基于查找表的FPGA结构和原理
- LUT适合SRAM工艺，所以大部分的FPGA都需要外置一个配置芯片。

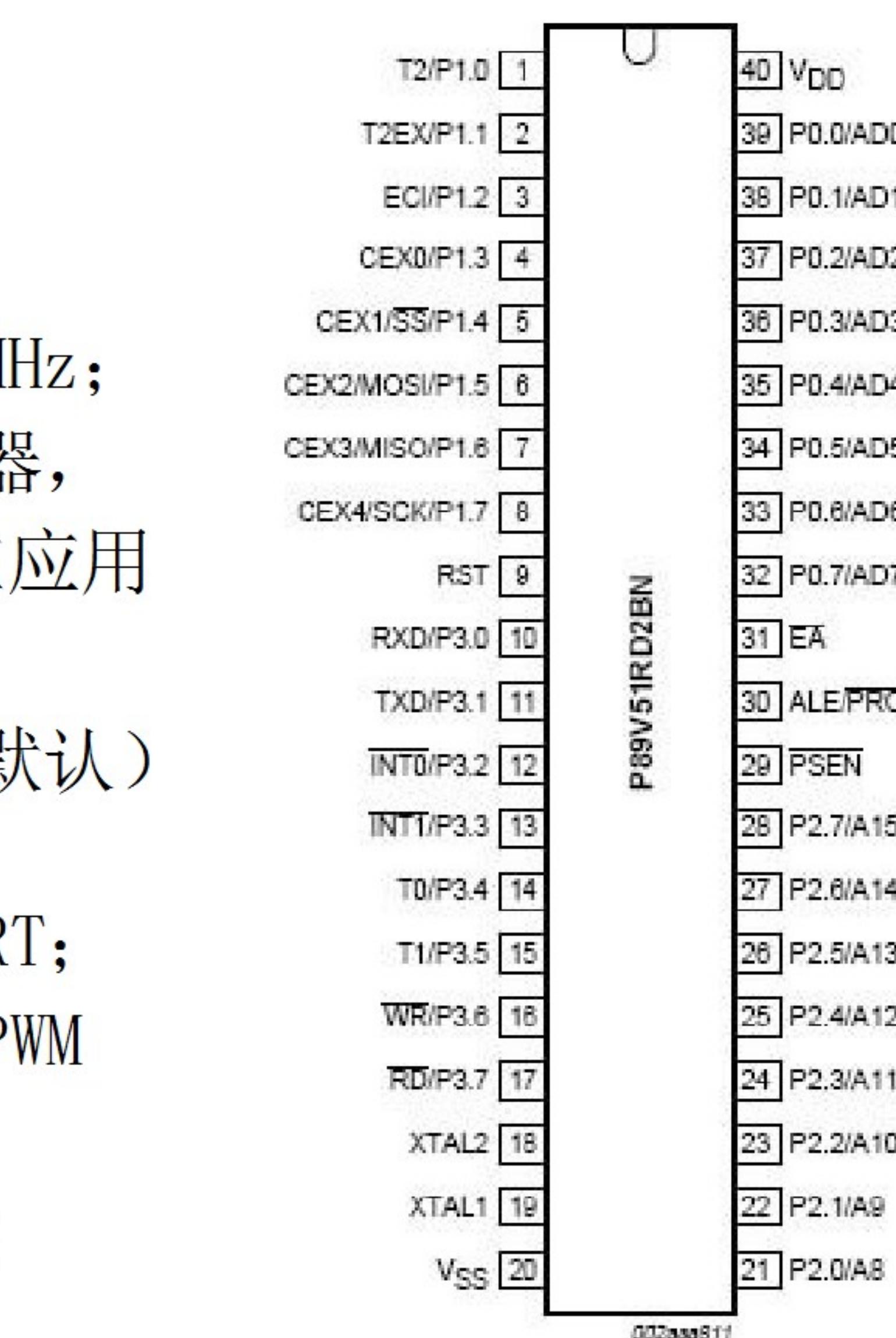


P89V51RD2FA设计

- ☆ 80C51核心处理单元；
- ☆ 5V的工作电压，操作频率为0~40MHz；
- ☆ 16/32/64kB的片内Flash程序存储器，具有ISP（在系统编程）和IAP（在应用中编程）功能；
- ☆ 通过软件或ISP选择支持12时钟（默认）或6时钟模式
- ☆ SPI（串行外围接口）和增强型UART；
- ☆ PCA（可编程计数器阵列），具有PWM和捕获/比较功能；
- ☆ 4个8位I/O口，含有3个高电流P1口（每个I/O口的电流为16mA）；
- ☆ 3个16位定时器/计数器；
- ☆ www.zlgmcu.com
- ☆ Flash程序存储器支持并行和串行在系统编程（ISP）。并行编程方式提供了高速的分组编程（页编程）方式，可节省编程成本和上市时间。ISP允许在软件控制下对成品中的器件进行重复编程。应用固件的产生/更新能力实现了ISP的大范围应用。
- ☆ P89V51RB2/RC2/RD2也可采用在应用中编程（IAP），允许随时对Flash程序存储器重新配置，即使是应用程序正在运行也不例外。



开发软件环境



- ☆ 软件开发: KeilC51
- ☆ 下载软件: FlashMagic

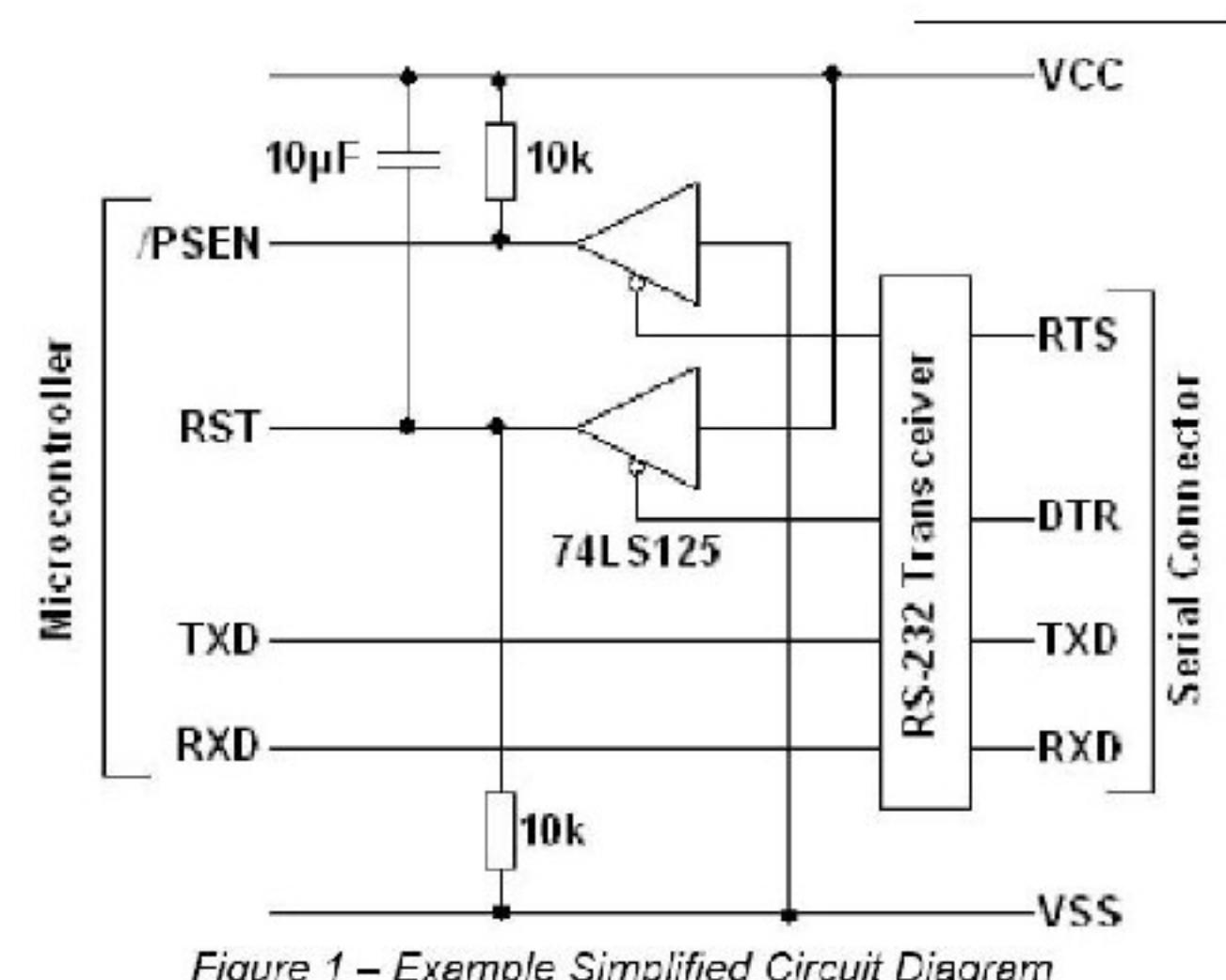
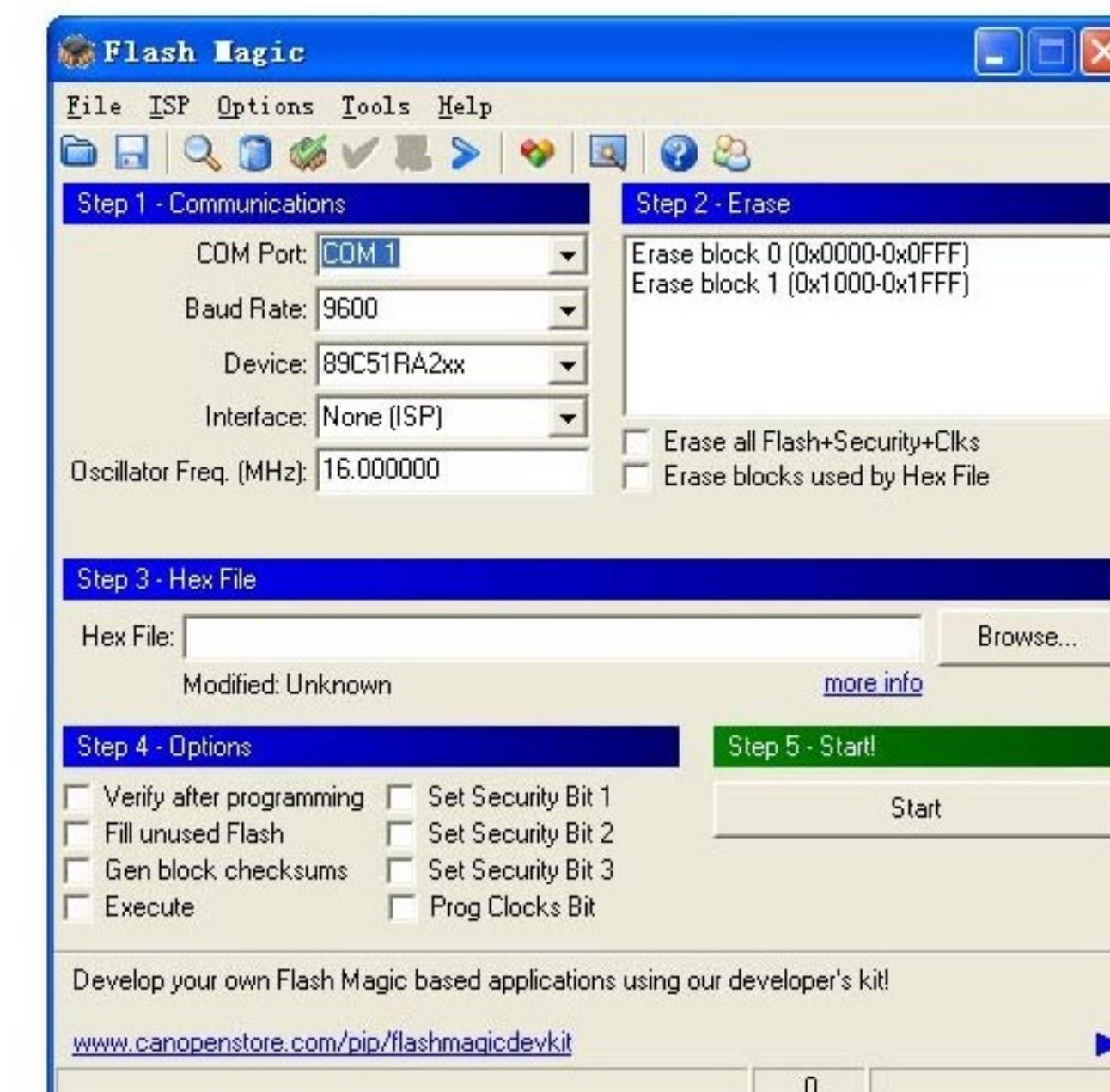
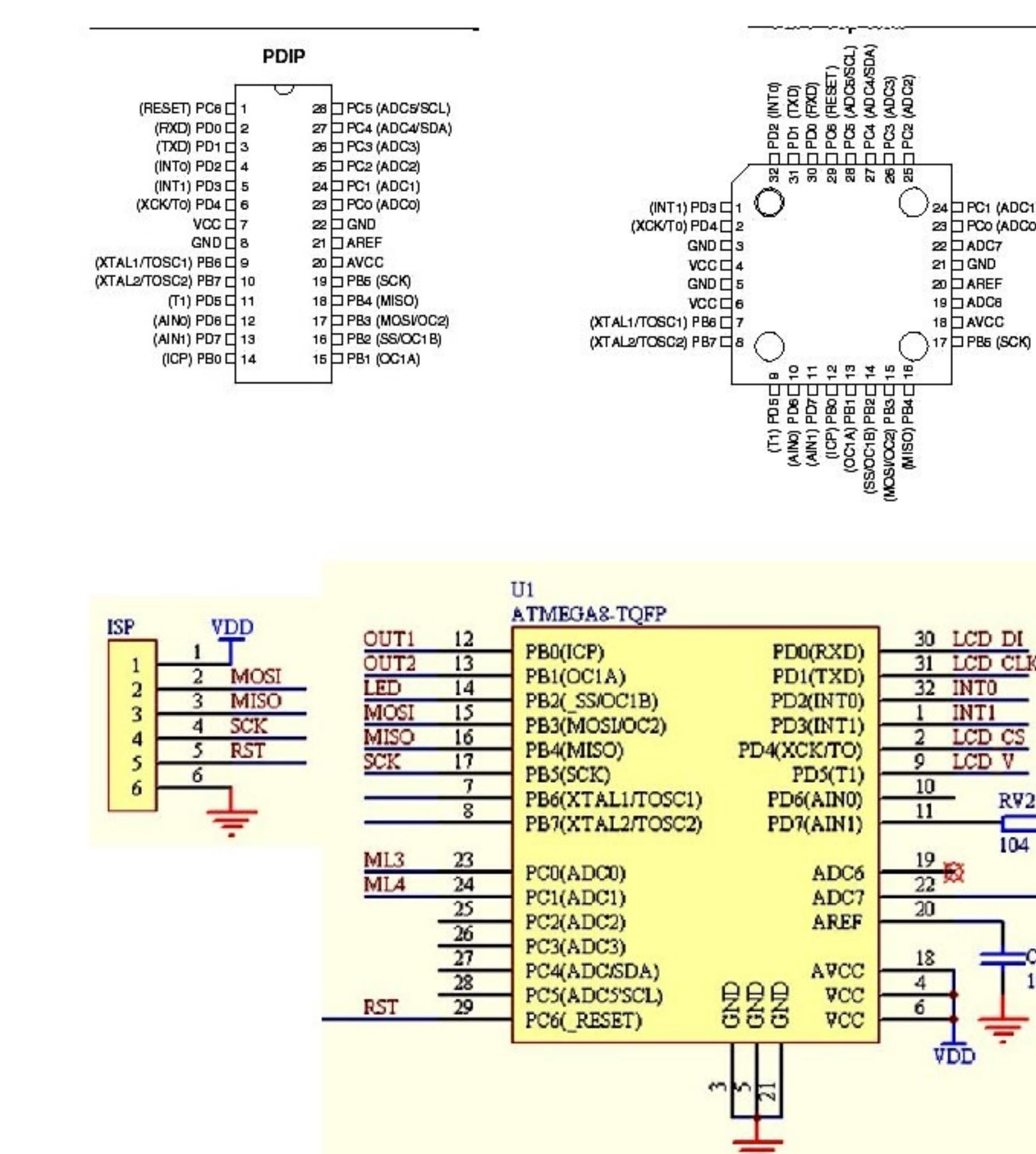
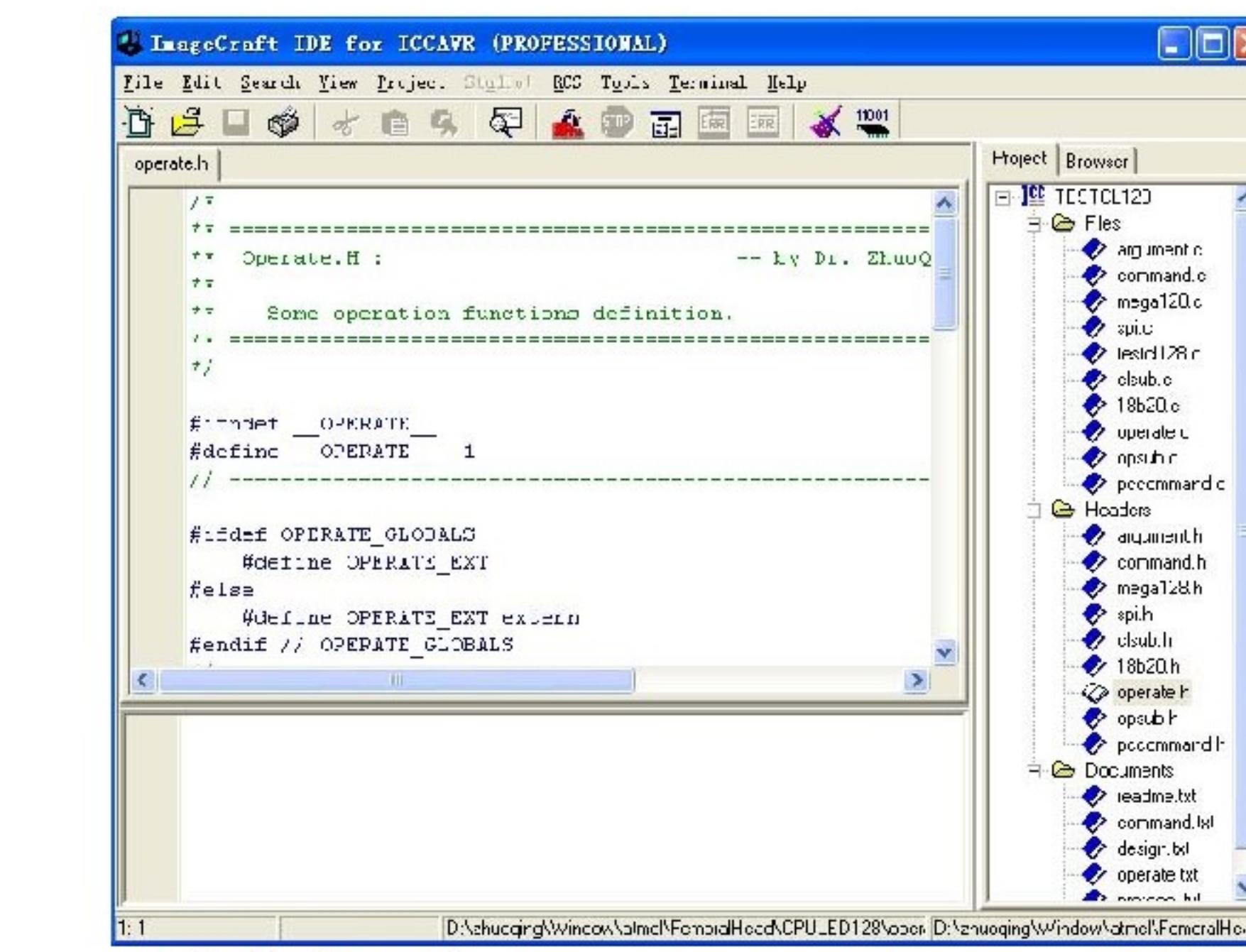


Figure 1 - Example Simplified Circuit Diagram

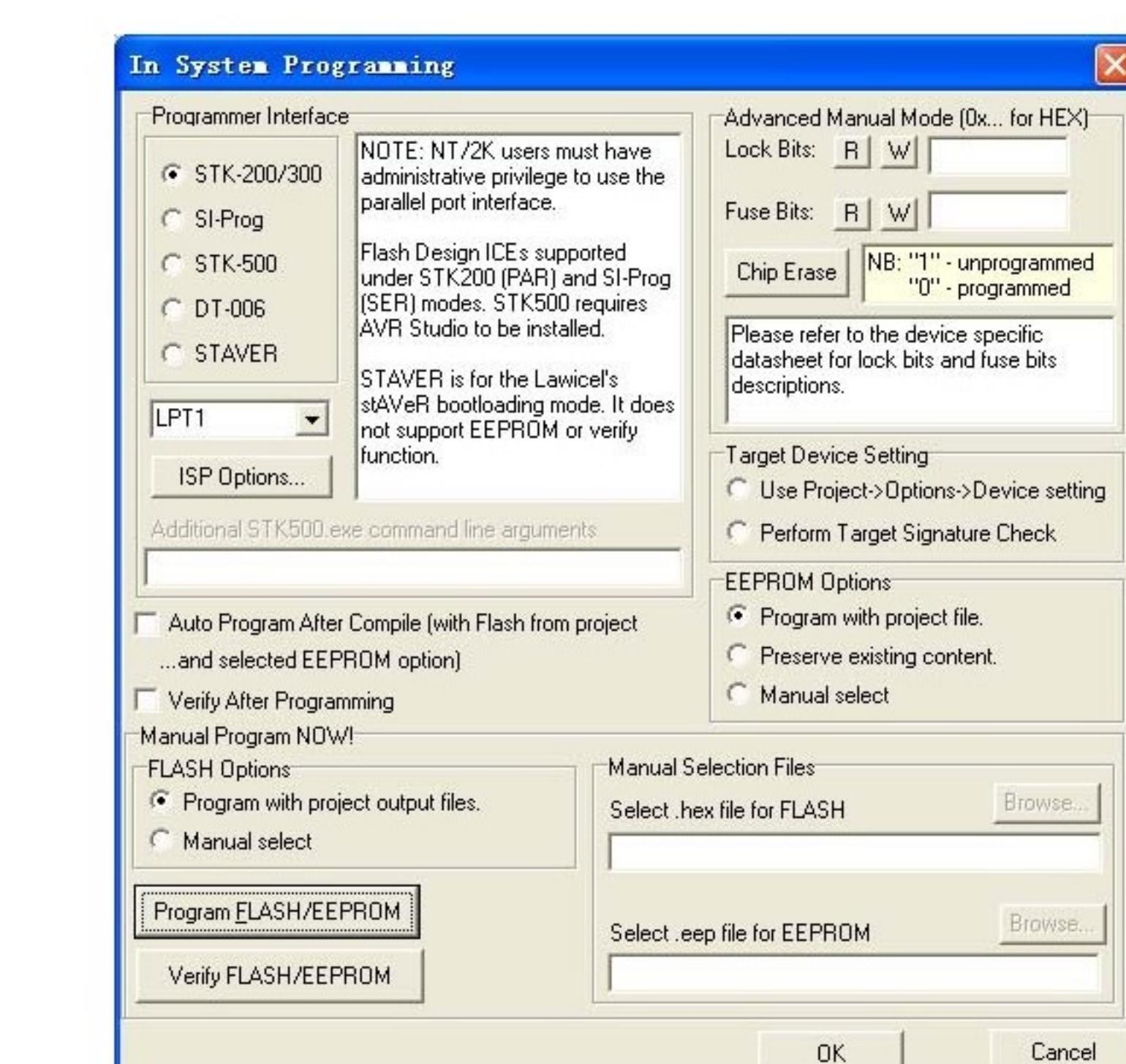
AVR MEGA8设计举例



- ☆ ImageCraft AVR:C编译器
- ☆ PonyProg: 下载程序
- ☆ www.s1.com.cn: 供应商网站

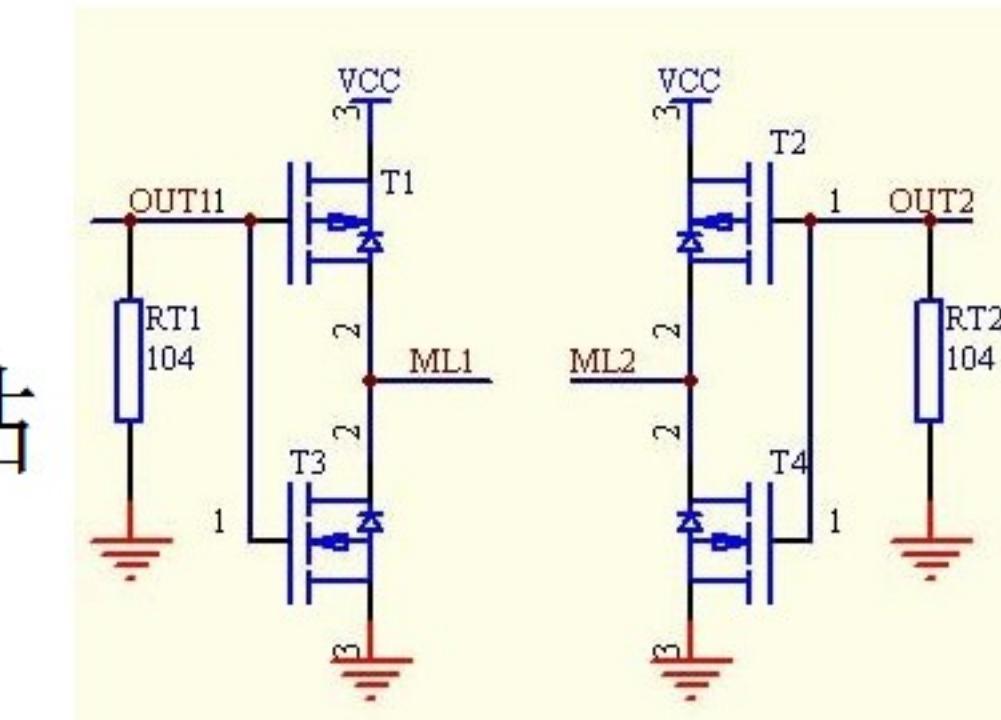


开发软件环境 ImageCraft IDE For ICCAVR

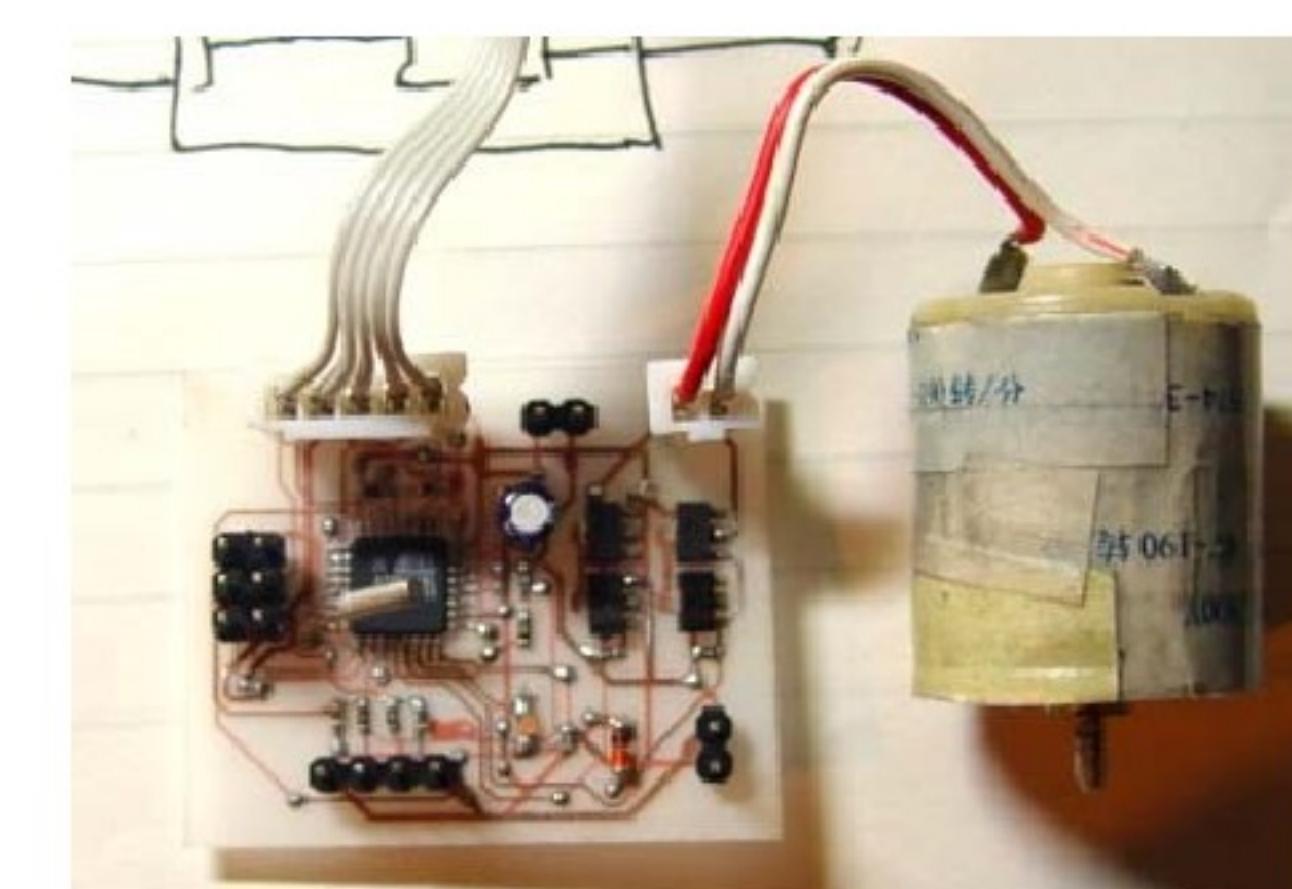


ISP下载软件

- High-performance, Low-power AVR® 8-bit Microcontroller
 - 130 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
 - 32 x General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
 - 16-Bit 2-Cycle Arithmetic
- Nonvolatile Program and Data Memories
 - 8K Bytes of In-System Self-Programmable Flash Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program True Read-While-Write Operation
 - 512 Bytes EEPROM Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
 - 1K Byte Internal SRAM
 - Programming Lock for Software Security
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler, one Compare Mode
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Modes
 - Dual Time Counter with Separate Oscillator
 - Three PWM Channels
 - 8-Channel ADC in TOFP and MLF package 6 Channels 10-bit Accuracy
 - 2 Channels 8-bit Accuracy
 - 6-channel ADC in PDIP package 4 Channels 10-bit Accuracy
 - 2 Channels 8-bit Accuracy
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated RC Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Five Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, and Standby
- I/O and Packages
 - 23 Programmable I/O Lines
 - 28-lead PDIP, 32-lead TQFP, and 32-pad MLP
- Operating Voltages
 - 2.7 - 5.5V (ATmega8)
 - 2.7 - 5.5V (ATmega8)
- Speed Options
 - 0 - 8MHz (ATmega8)
 - 0 - 16MHz (ATmega8)
- Power Consumption
 - Active: TBD
 - Idle Mode: TBD
 - Power-down Mode: TBD



电机驱动电路



实物照片

- ☆ ISP
- ☆ IAP: bootloader



下载电缆

MC9S12C32 设计举例

☆ 单片机特点:

- 16bitMCU, 32KFlash, 2KRAM
- 6PWM, 8-Ch10BitAD, 8-Timer
- UART, SCI, IIC, 58I/O(80QFN)
- Power:5V

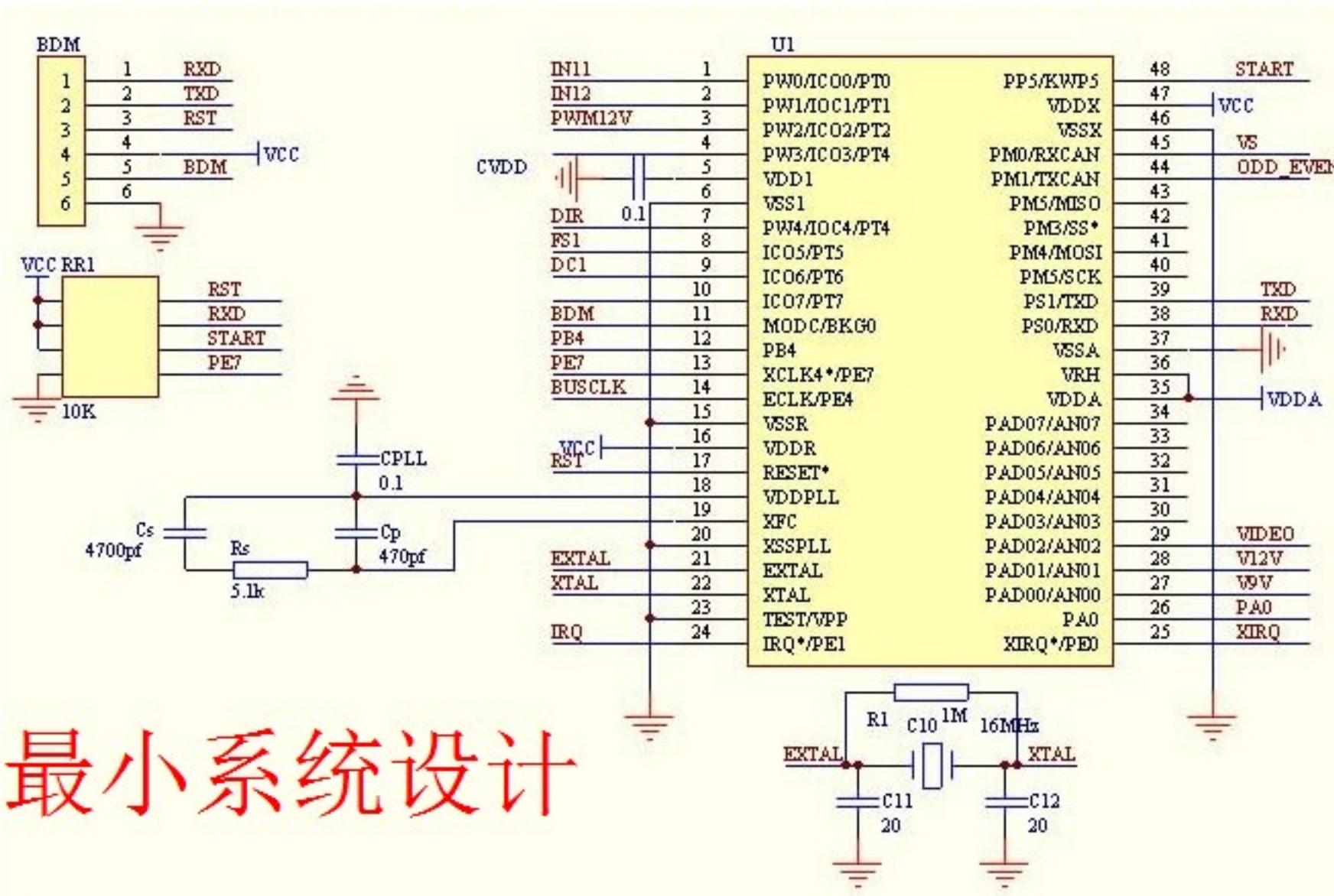
☆ 资源网站:

☆ www.freescale.com

☆ 软件开发: Codewarrior

☆ 硬件开发: BDM调试器;

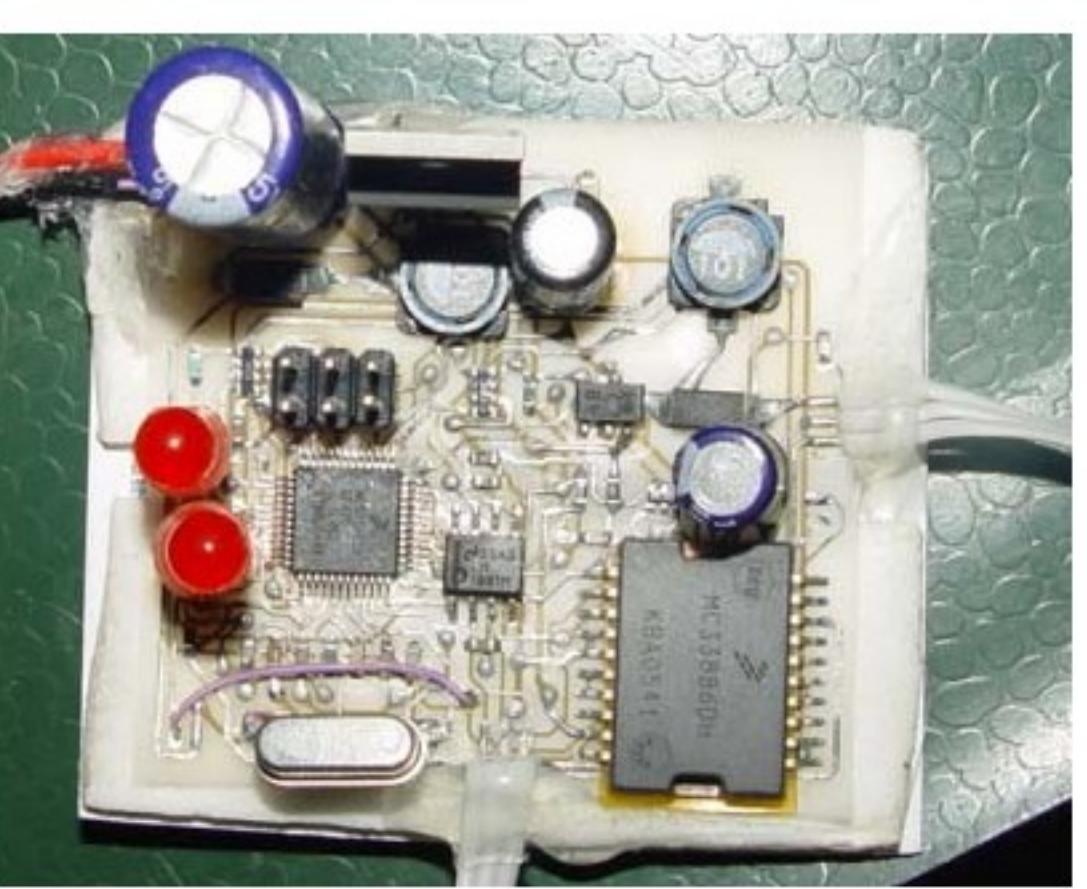
☆ 清华大学工物系邵贝贝实验室



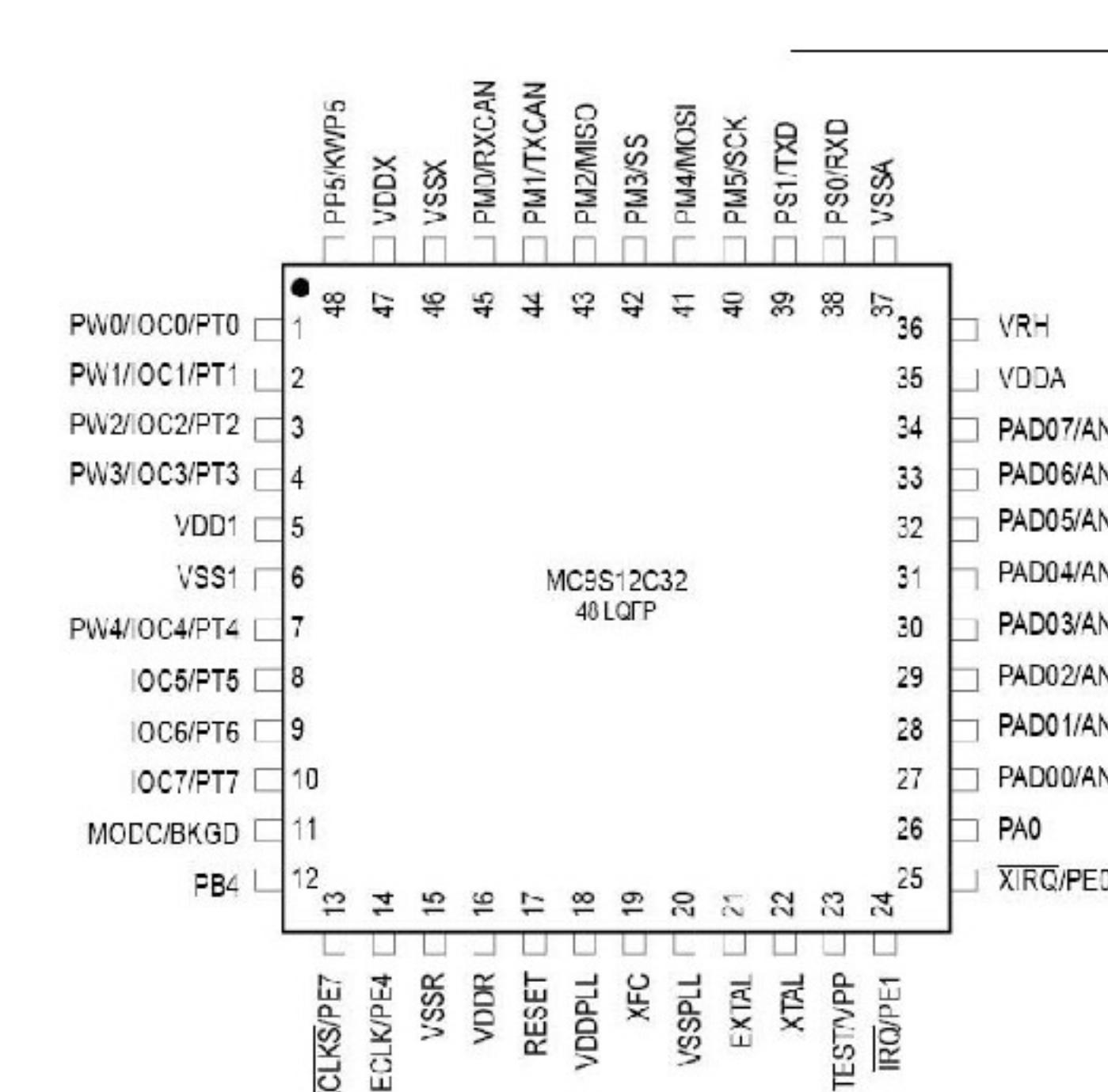
85.1.3.1

☒ MC9S12C32 设计举例

- 使用CCD检测路径
- 使用MC33886进行电机驱动;
- 使用LM2575进行电源转换;

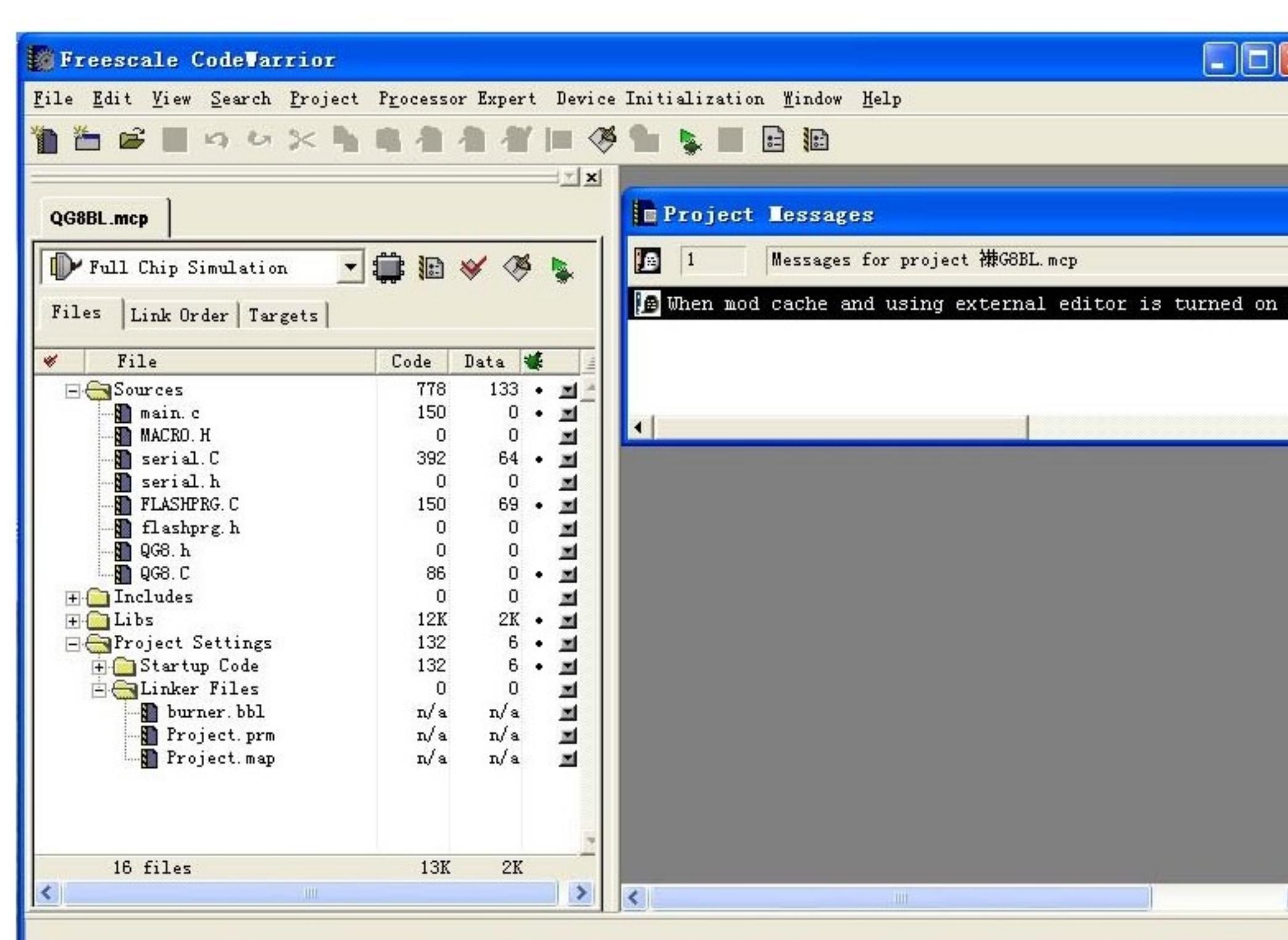


具有CCD检测路径的智能汽车控制板



☒ Freescale 单片机推荐使用

- 8bit, MC9S08AW60
- 16bit, MC9S12C32, DG128
- www.freescale.com/ 申请样片
以及MC33886



CodeWarrior软件开发环境

PIC18F2331, 2431, 4331, 4431

☆ FLASH:8k/16k, RAM:768

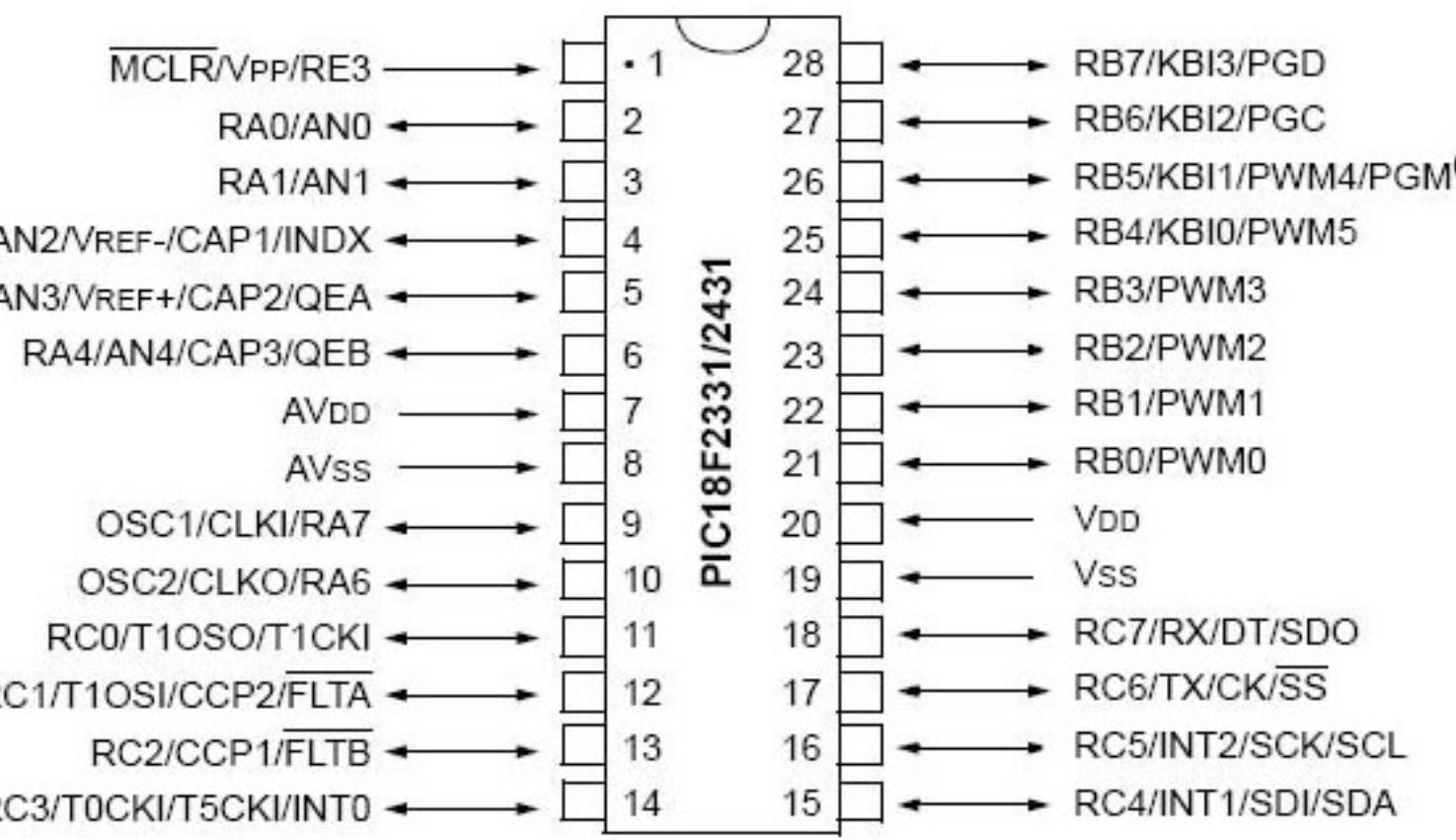
☆ IO:24/36

☆ UART:

☆ PWM: 4Ch, 14bit

☆ AD:200kps

☆ 公司网站: www.microchip.com

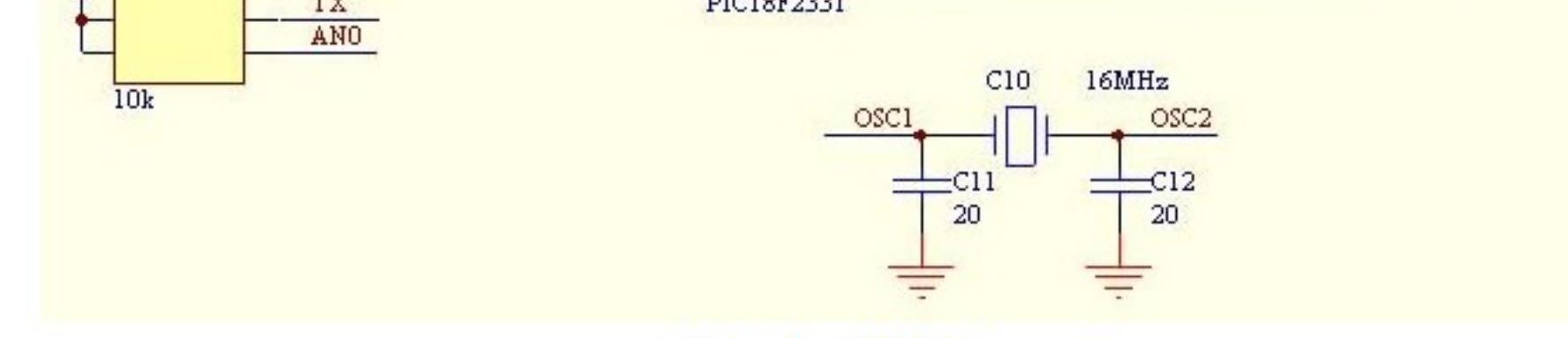
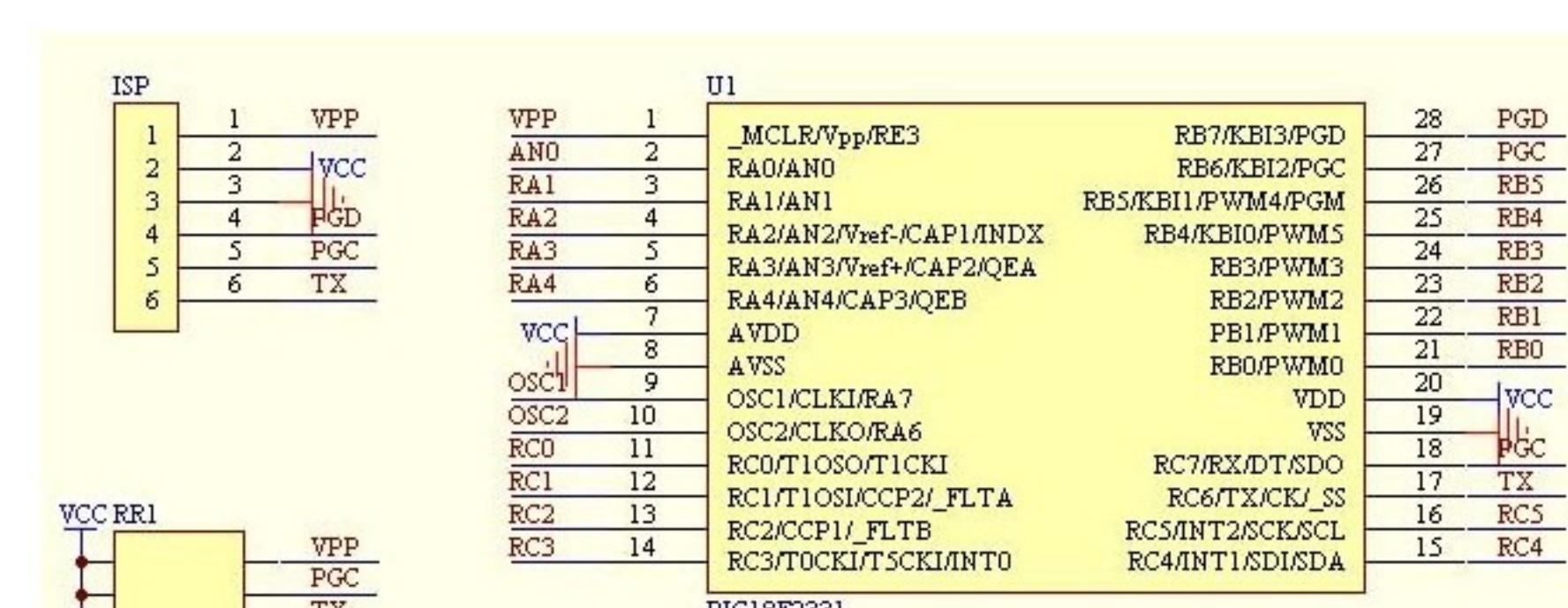


☆ 可以下载免费的开发环境

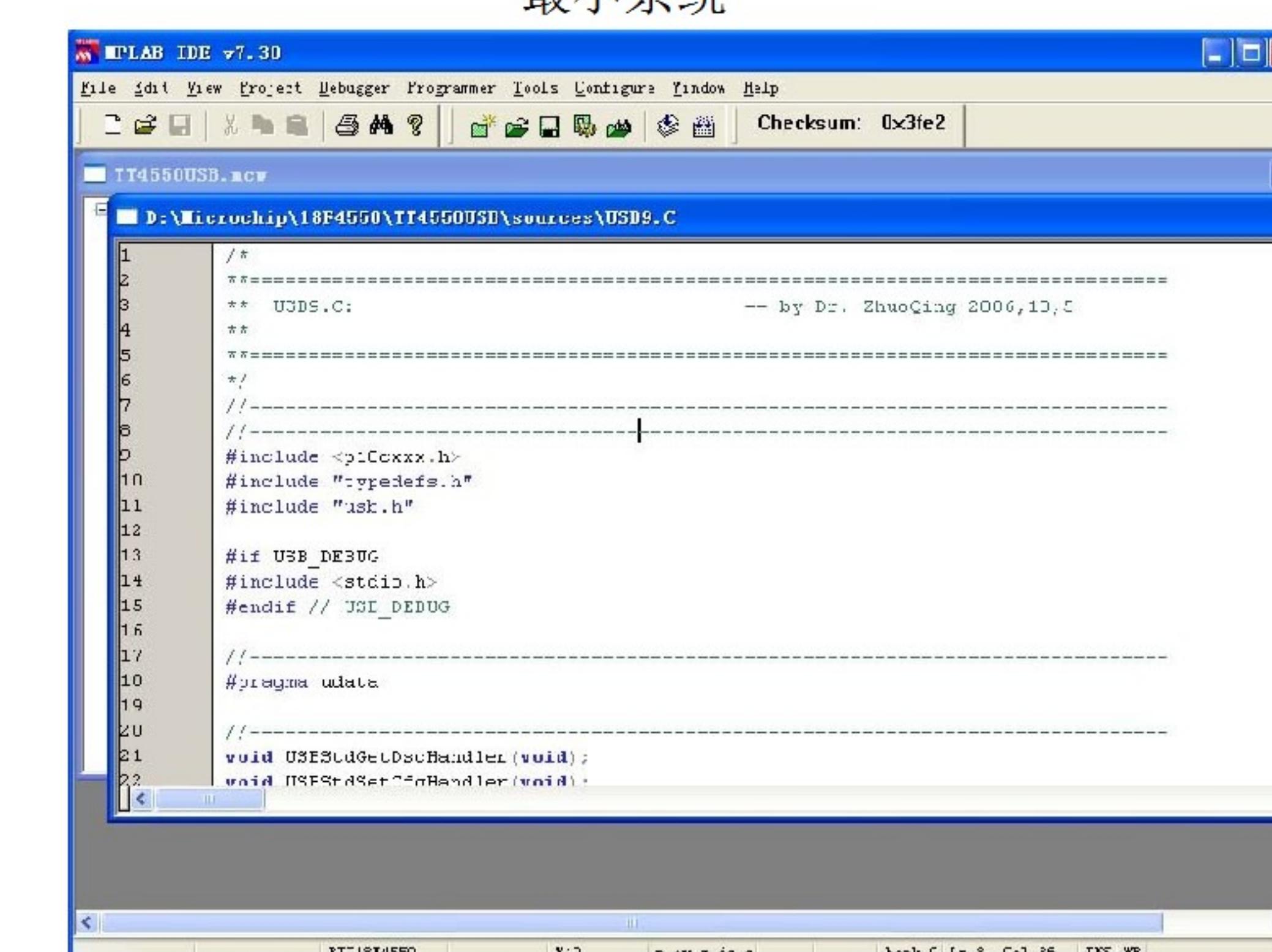
可以申请免费的样片

使用简易的下载开发工具

具有ISP, IAP的功能



最小系统

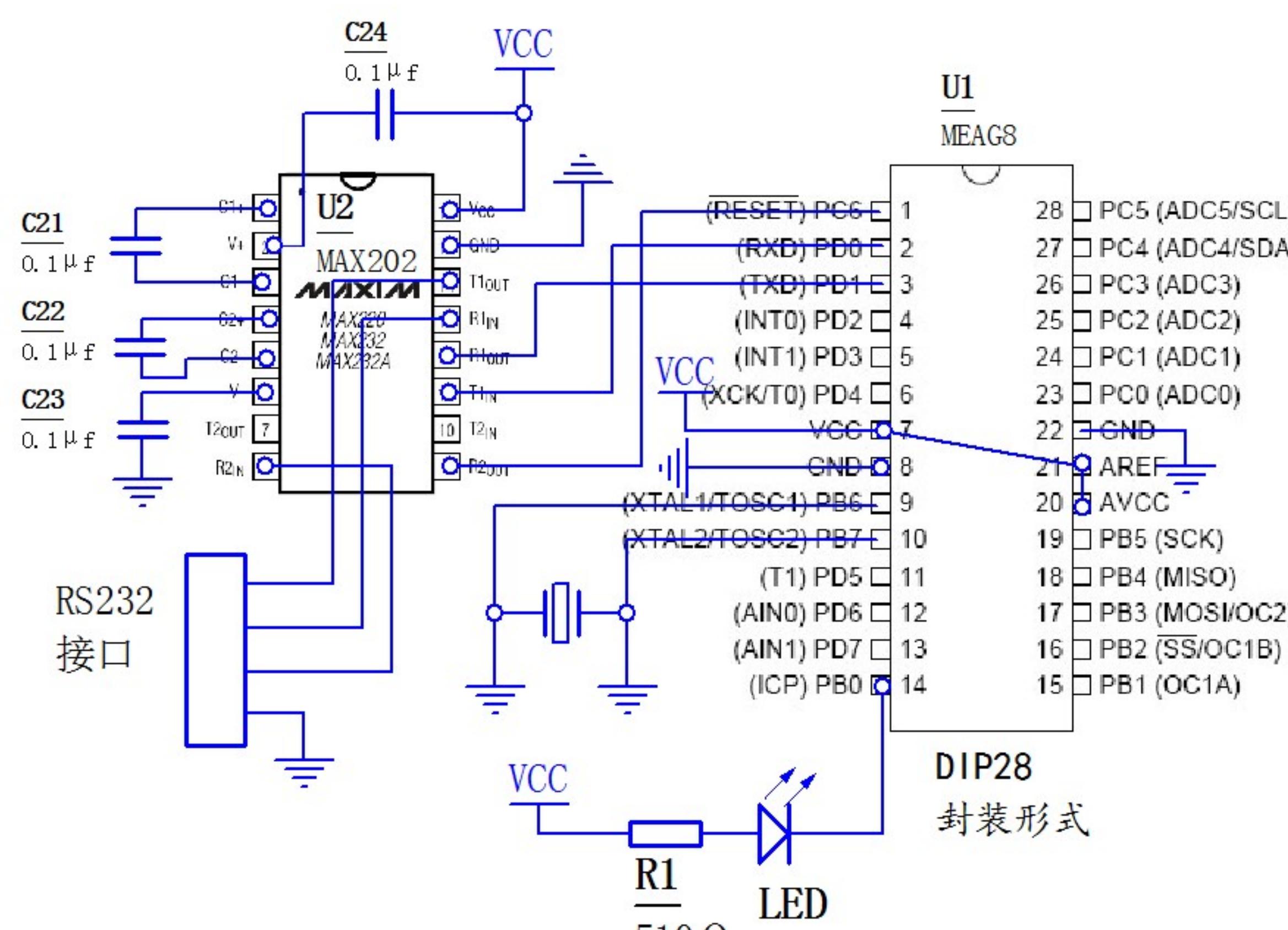


MPLAB IDE 开发环境

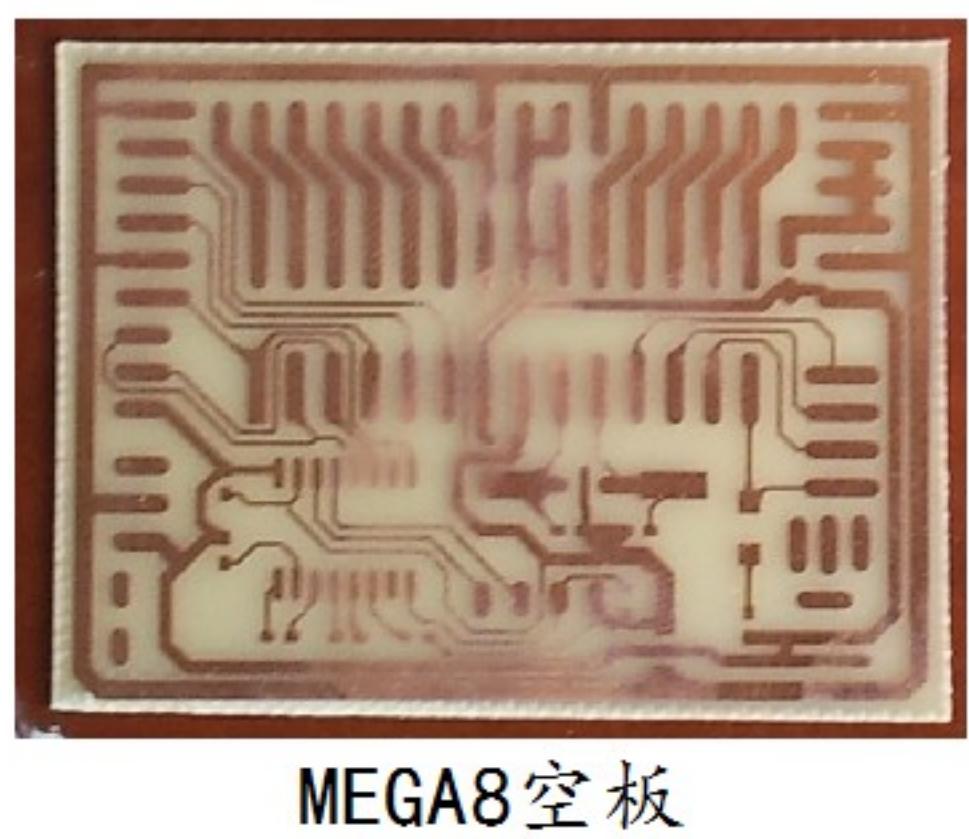
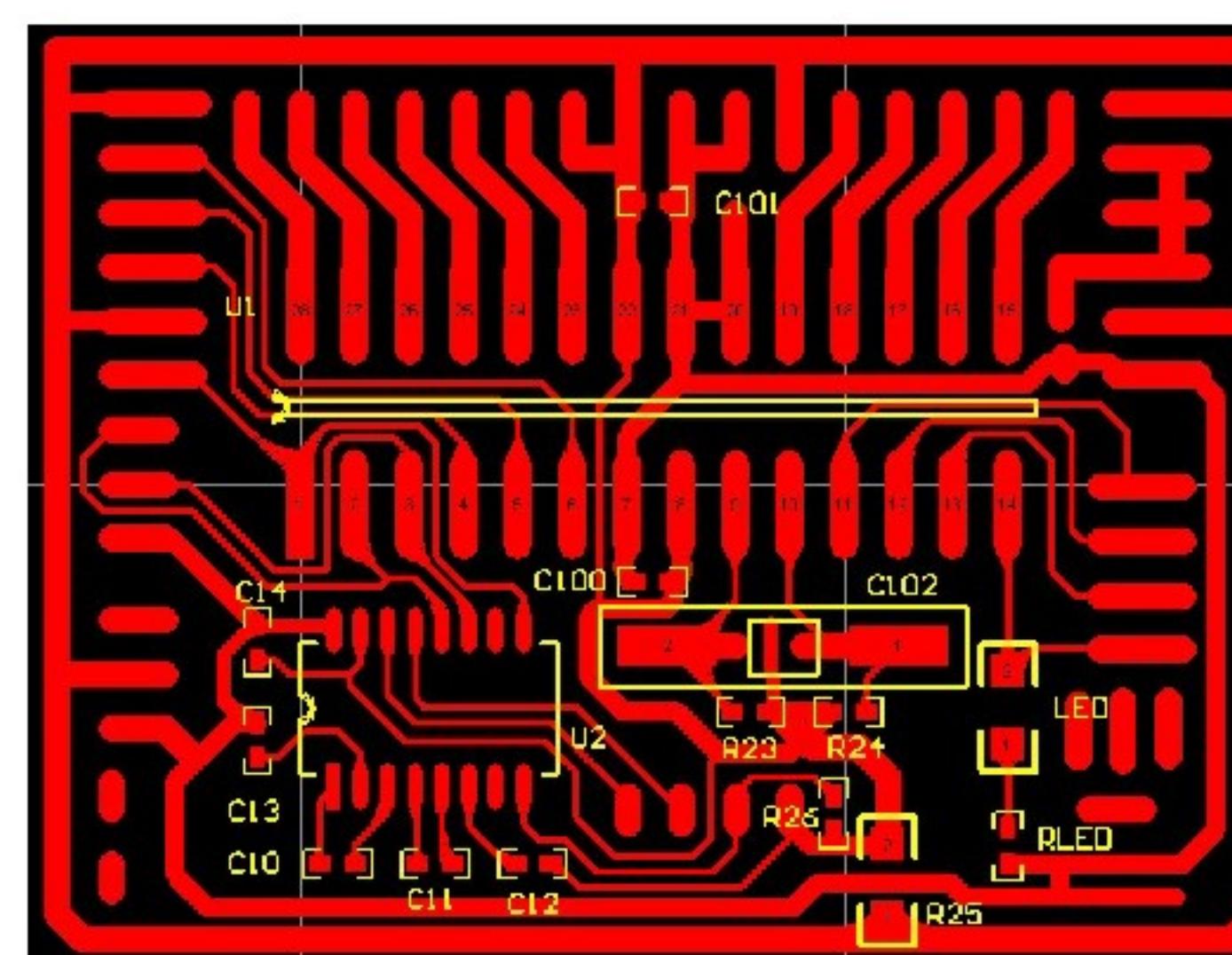
☒ 硬件开发

■ MEGA8最小系统设计：

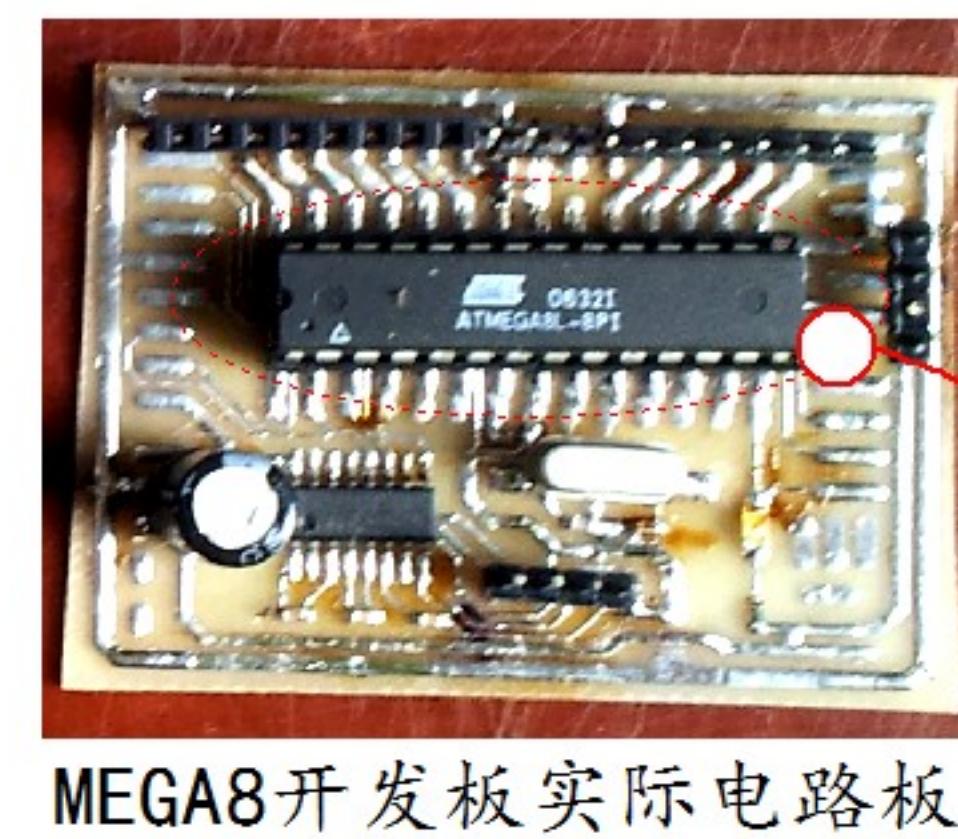
1. 配有MAX202和上位机通讯，通过单片机的串口下载程序。
2. 配有外部16M晶体。实际上这个晶体可以省略，使用内部的振荡器。



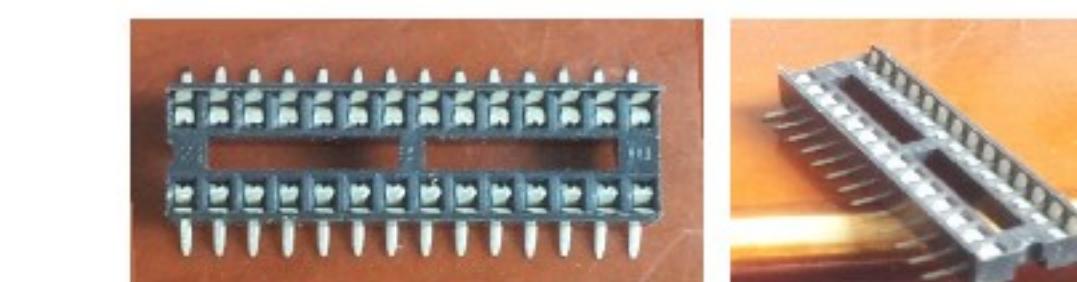
这个电路板没有留JTAG接口，因此需要单片机内部已经下载了BOOTLOADER程序。如果没有下载BOOTLOADER程序，则需要设计上JTAG接口。



MEGA8空板



MEGA8开发板实际电路板



焊接PIN24插座

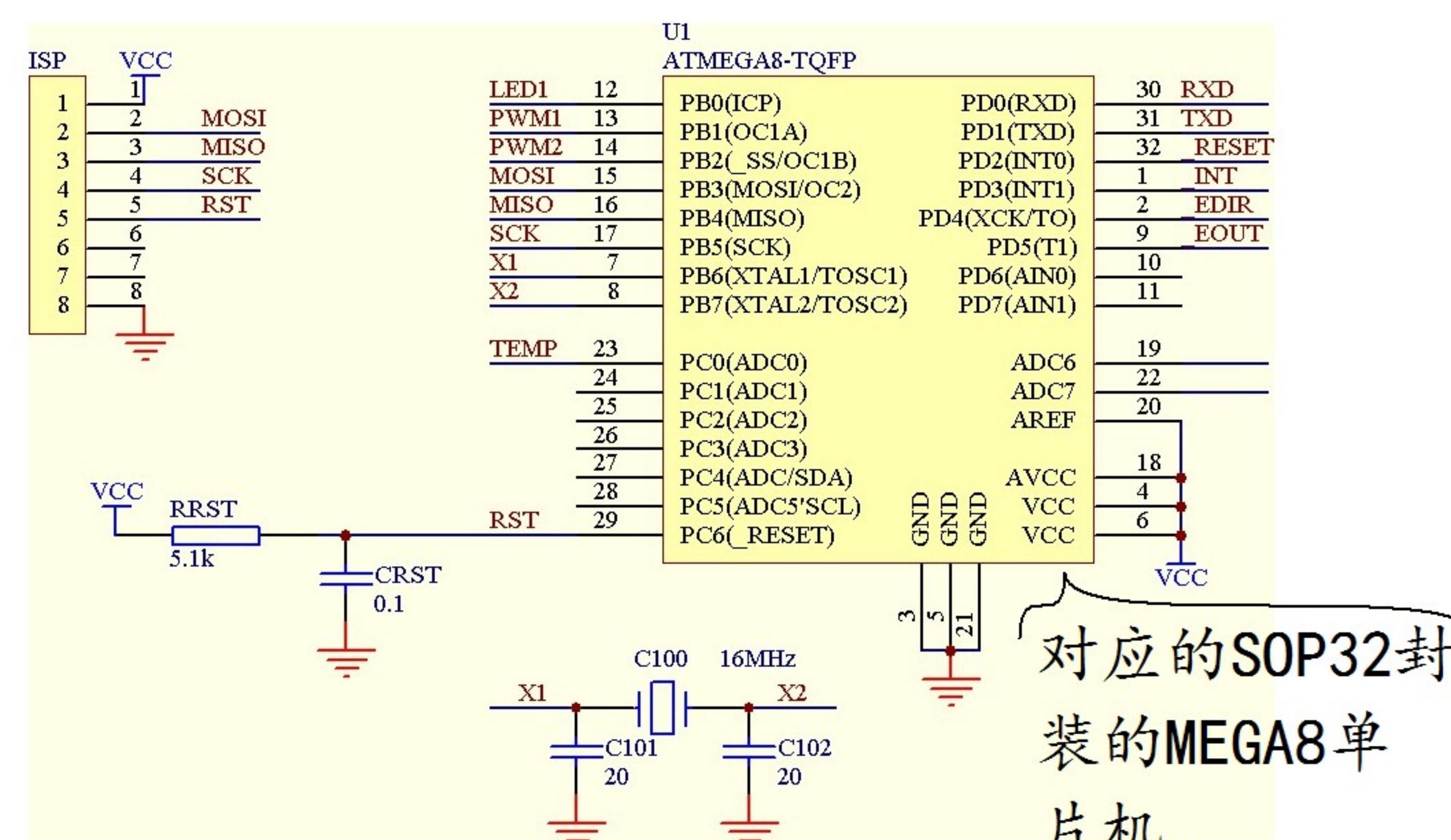
将插座的插针掰平便于焊接在电路板的表面。

使用JTAG进行单片机开发的原理图。

基于计算机并口的JTAG调试工具。



这个工具可以在中发电子大厦双龙公司购买的到。



对应的SOP32封装的MEGA8单片机。

☒ 软件开发

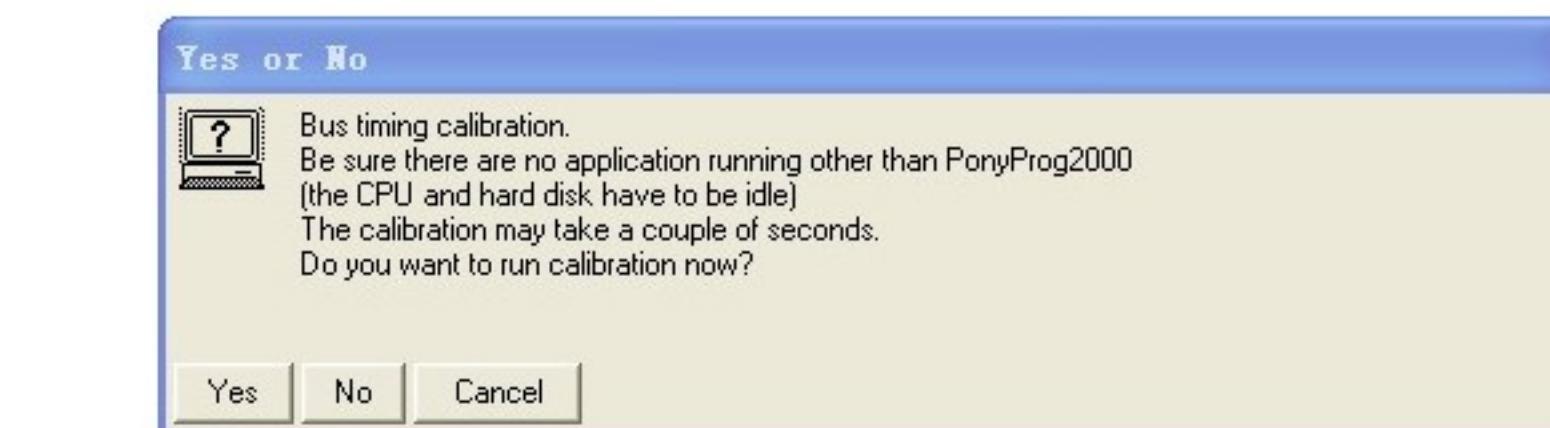
■ 融丝图配置



配置融丝图的软件：PonyProg



PonyProg软件可以下载程序，可以配置融丝图。它使用单片机的JTAG接口，利用计算机简单并口线进行配置。

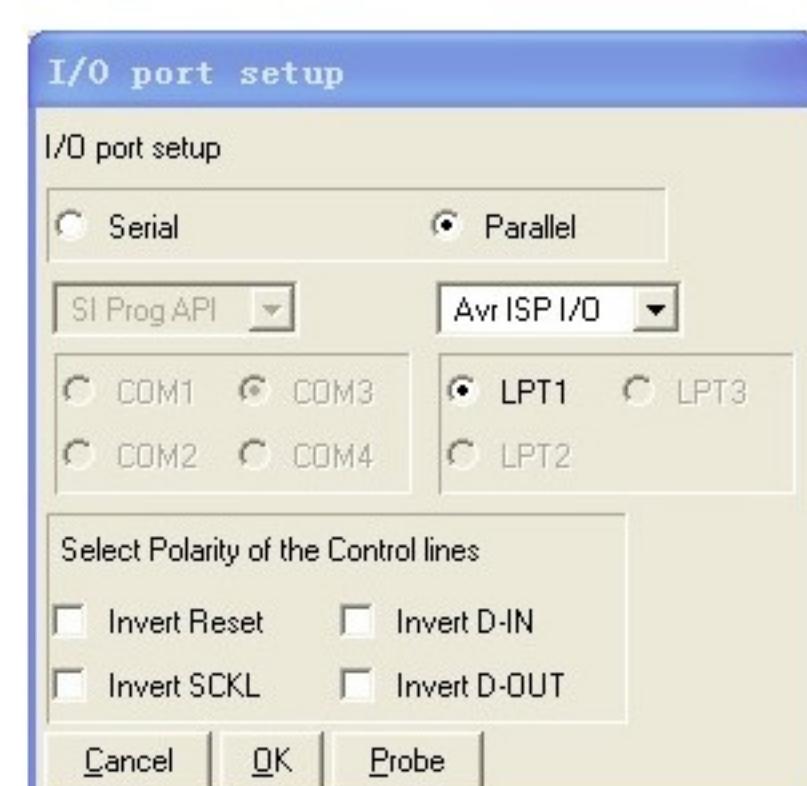


安装完之后，第一次使用PonyProg软件需要使用其中Setup菜单中的两个命令：

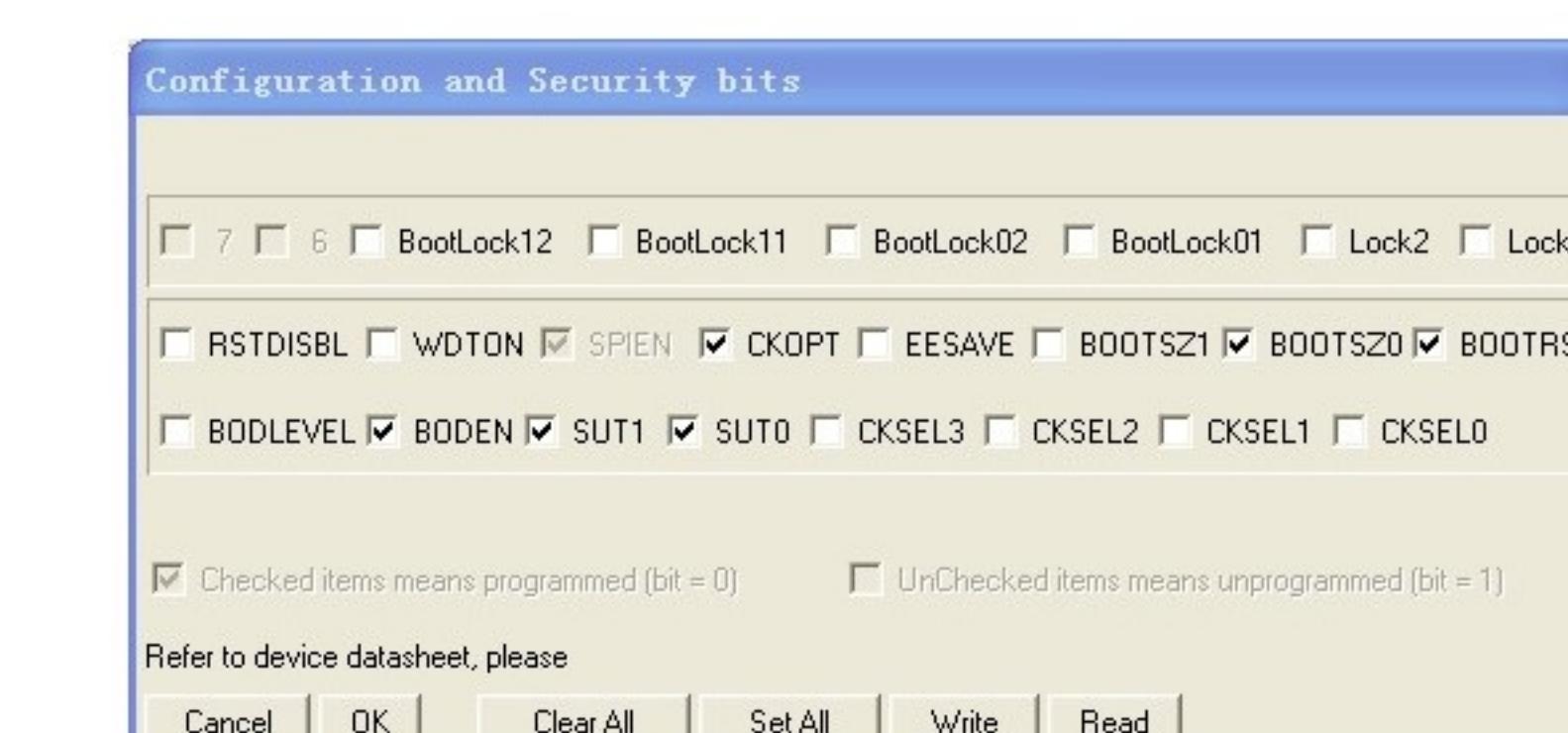
1. IO port setup
2. Calibration:

分别进行软件接口的设置。

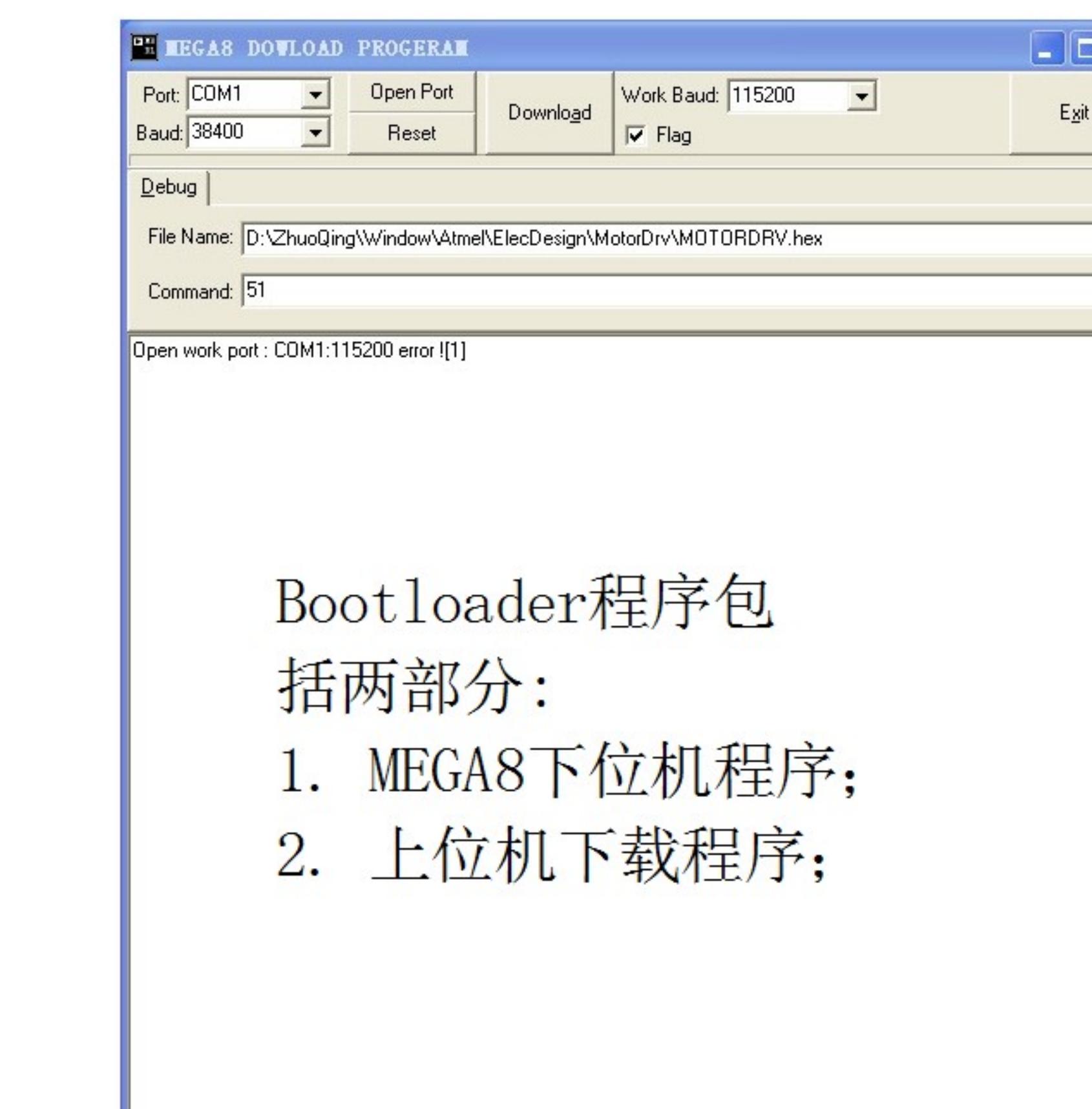
注：这个操作只需要在安装软件完之后进行一次。



配置mega8的融丝图需要参照MEGA8的DATASHEET中相关的说明进行设置。请按照下面的配置设置MEGA8的融丝图。



■ BOOTLOADER下载

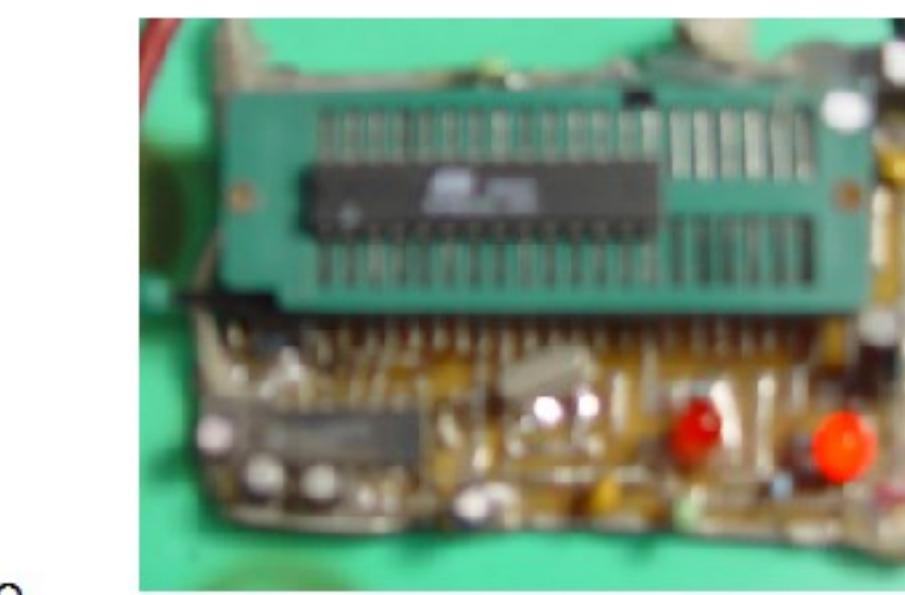


Bootloader程序包括两部分：

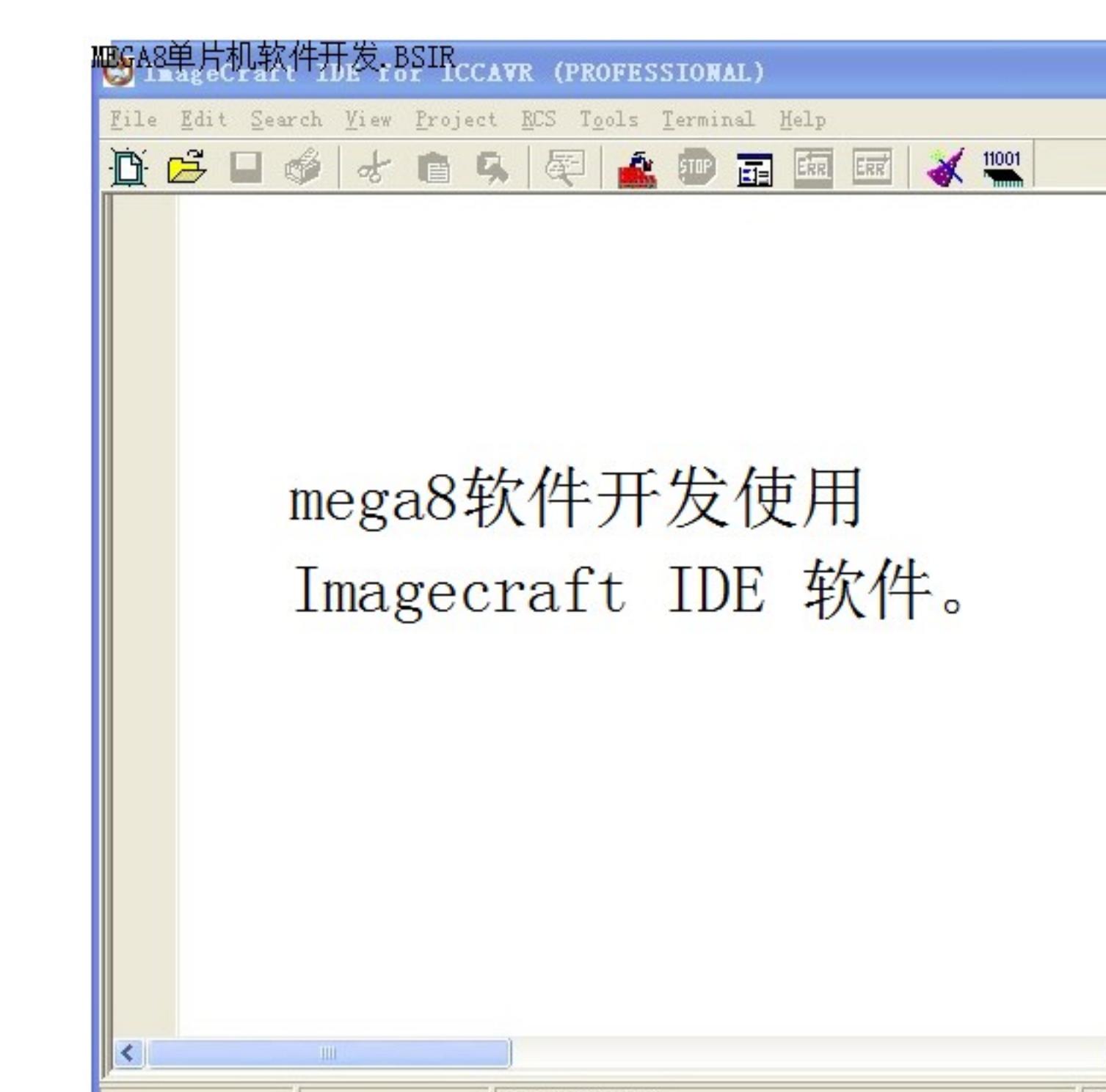
1. MEGA8下位机程序；
2. 上位机下载程序；

需要MEAG8Bootloader程序同学请与卓晴教师联系。

■ 专门用于DIP28封装形式的MEGA8 BOOTLOADER下载和融丝配置的电路板。



☒ 软件开发



mega8软件开发使用Imagecraft IDE 软件。

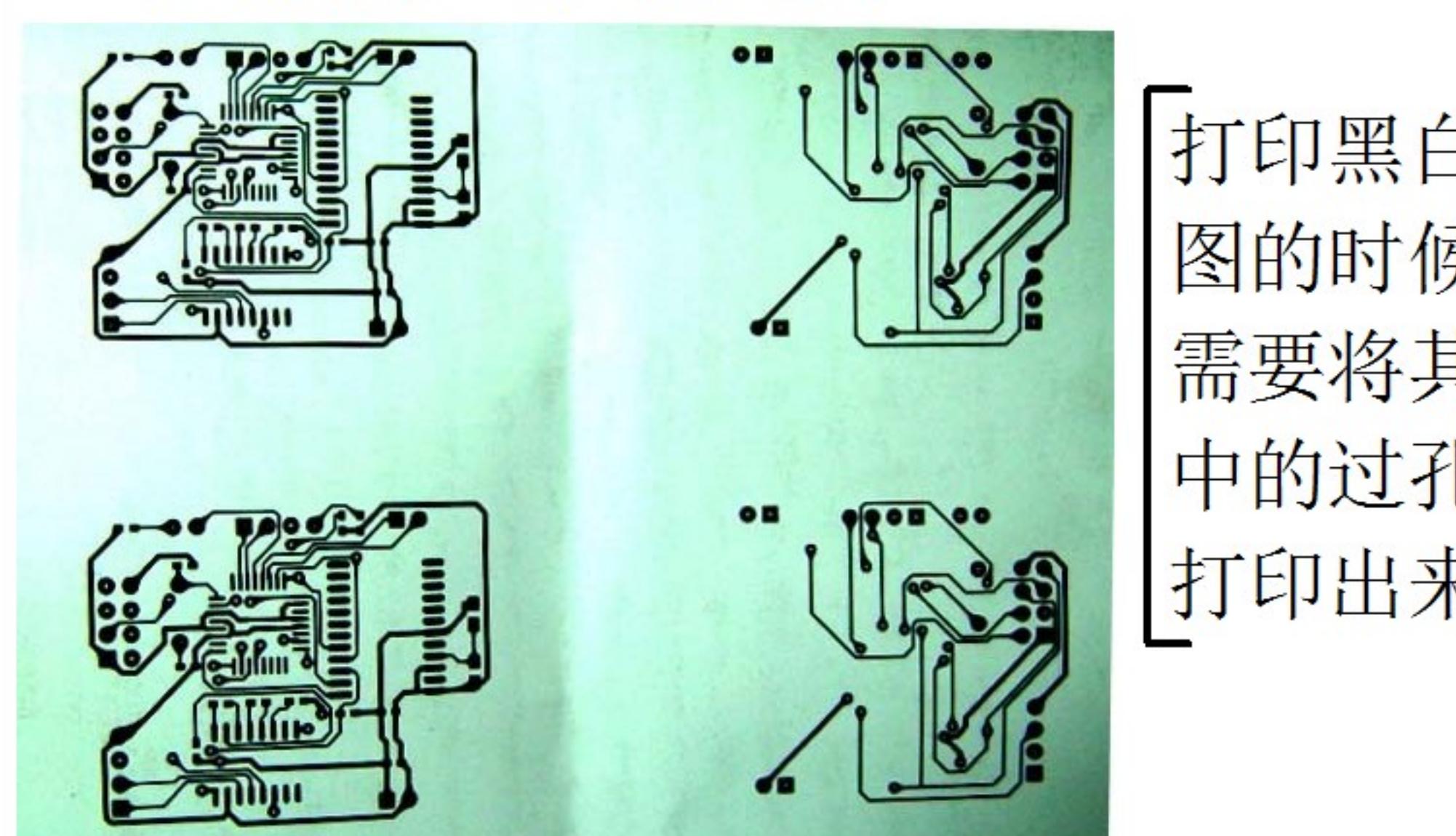
沐光之城

2015-10-28



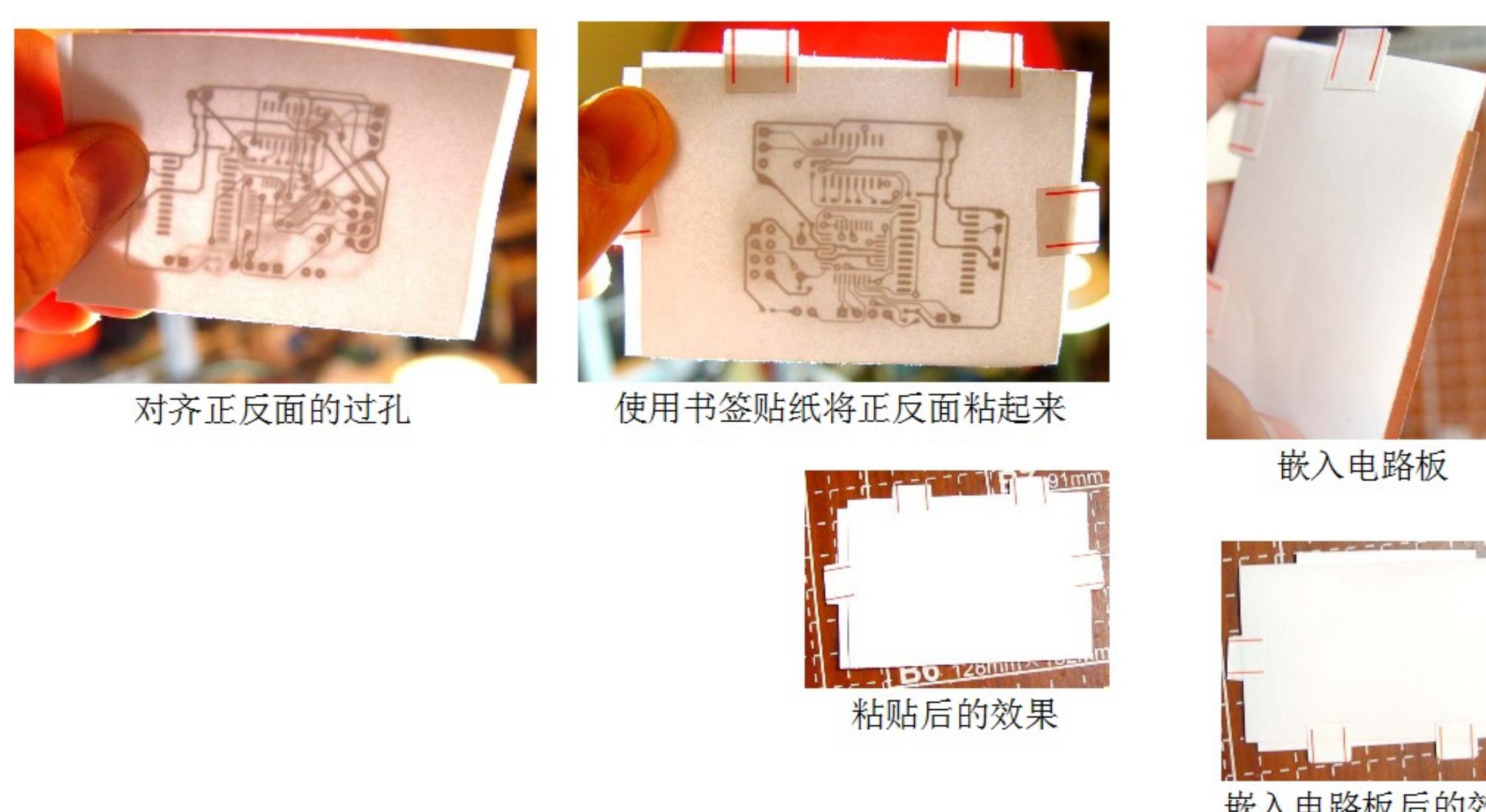
第一步：准备热转印纸

- ☆ 使用Protel 绘制电路图；
- ☆ 打印双面的黑白图；
→ 正面左右颠倒打印，反面直接打印；
- 黑白打印；
- 打印过孔；
- 过孔的直径设置为:20-25mil



第二步：封装覆铜板

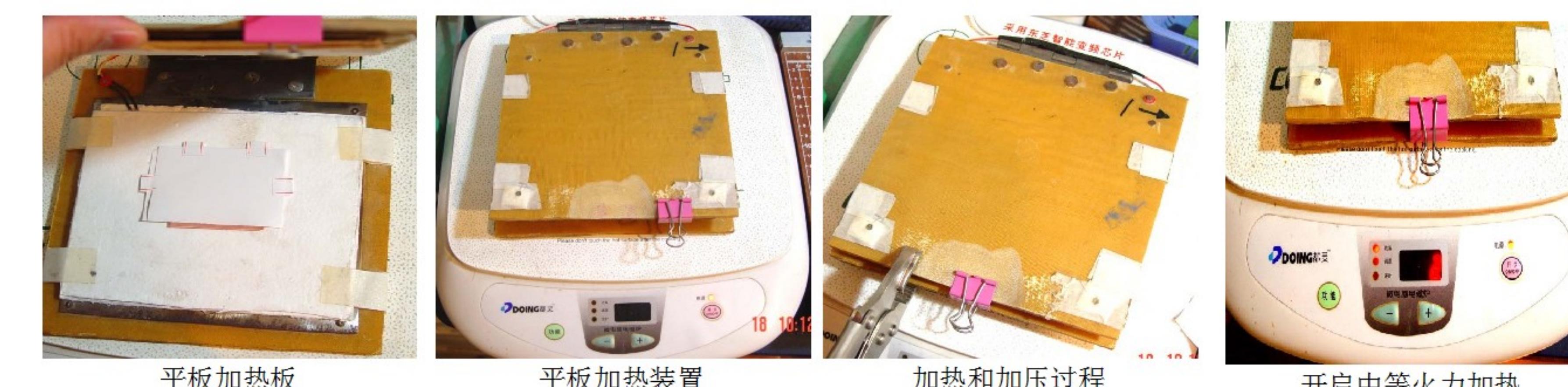
- ☆ 正反面对其封装；
- ☆ 裁剪合适的薄的双面覆铜板；
- ☆ 双面覆铜板表面处理；
- ☆ 插入封装纸盒内；



85.2

第三步：热转印

- ☆ 条件: 150-180摄氏度，均匀，加压；
- ☆ 滚筒式加热加压设备；
- ☆ 平板式加热加压设备；
- ☆ 电吹风；电熨斗；

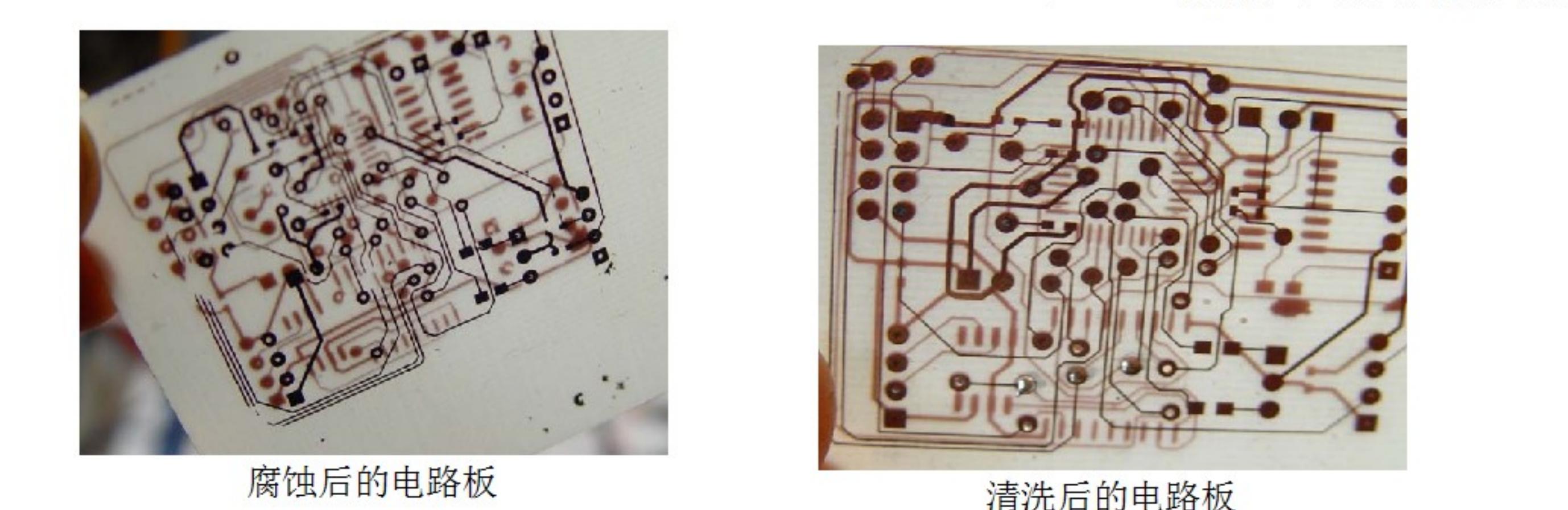


第四步：电路修补



第五步：腐蚀和清洗

- ☆ 腐蚀液
 - FeCl₃ + HCl+水 (70度)
 - H₂O₂(1) + HCl(2) + H₂O(3)
- 腐蚀快，需要摇晃，对于皮肤有较强的腐蚀作用
- ☆ 清洗
 - 去污粉；
 - 化油器清洗剂
 - 丙酮溶剂



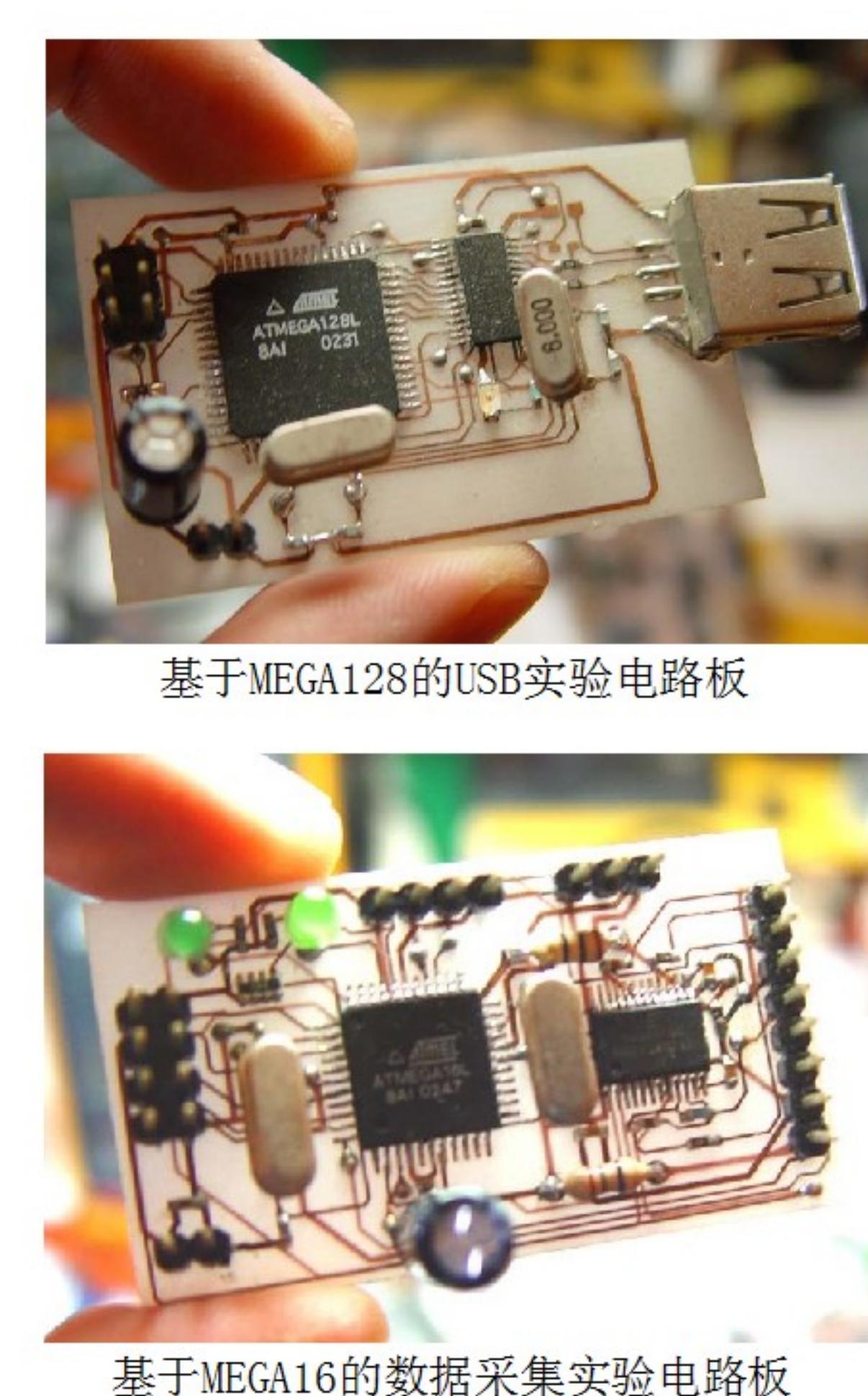
第六步：钻孔

- ☆ 钻孔：
- 高速钻孔：
- 过孔: 0.65-0.7
- 插针: 0.8-0.85
- ☆ 过孔处理:
- 双面焊通；

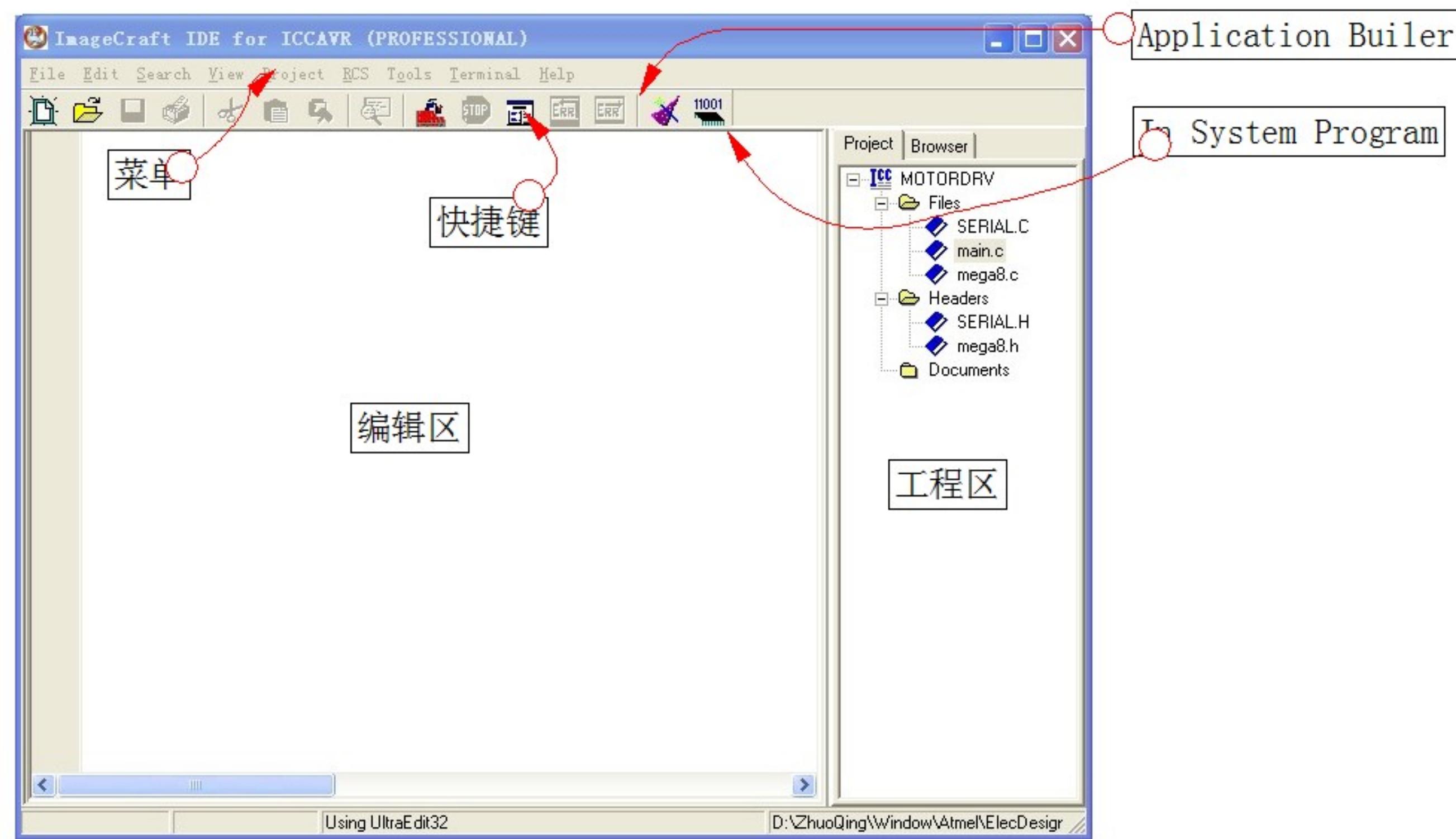


第七步：焊接

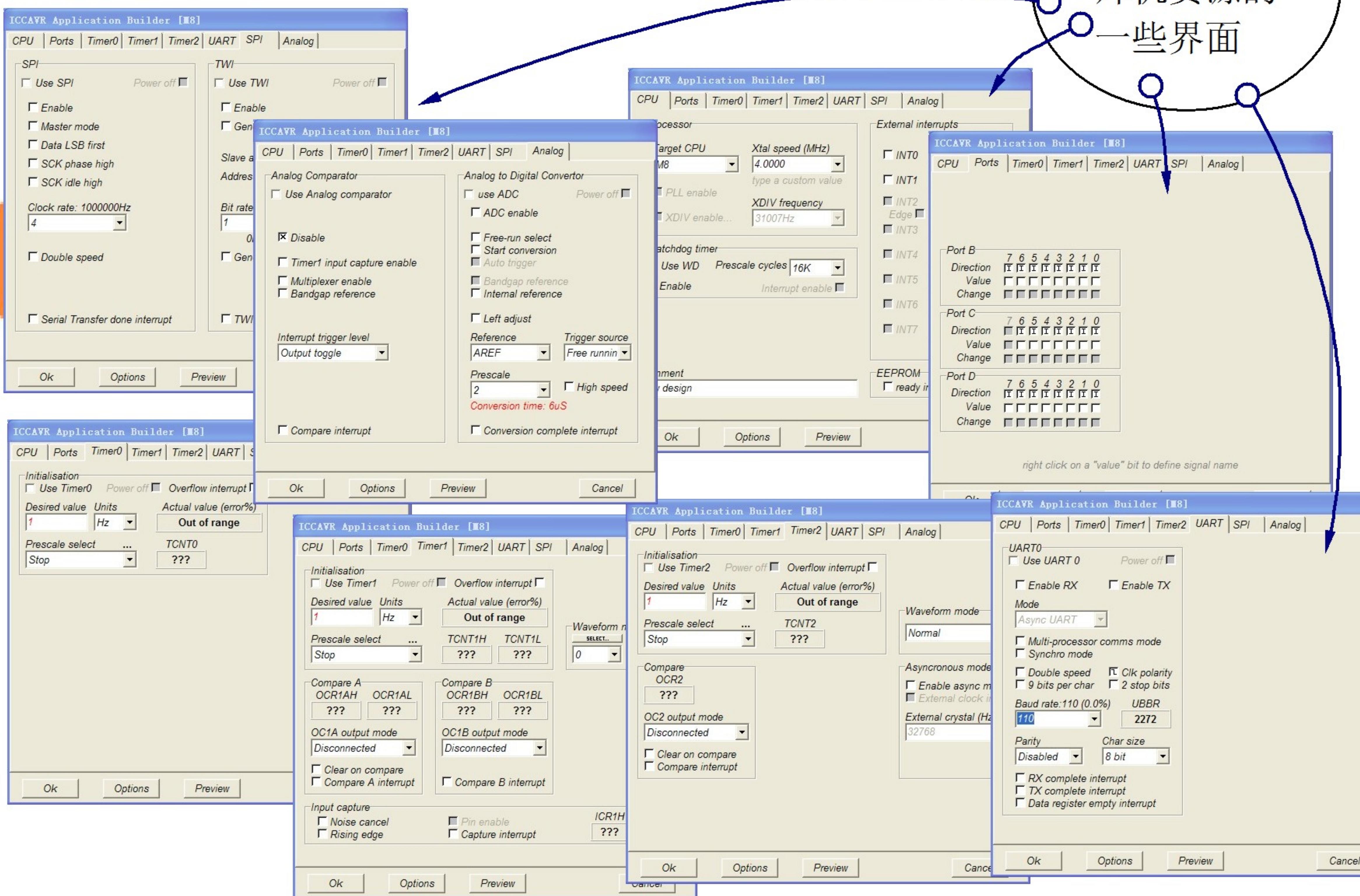
- ☆ 接插件需要双面焊接；
- ☆ 表贴元器件底部的过孔焊接要平；
- ☆ 焊接的时候需要供锡量稍微多一些；



ImageCraft IDE for ICCAVR是一款面向ATMEL公司MEGA系列单片机开发的IDE（集成开发环境）软件，它具有C语言编译功能，因此可以大大加快单片机软件的开发。



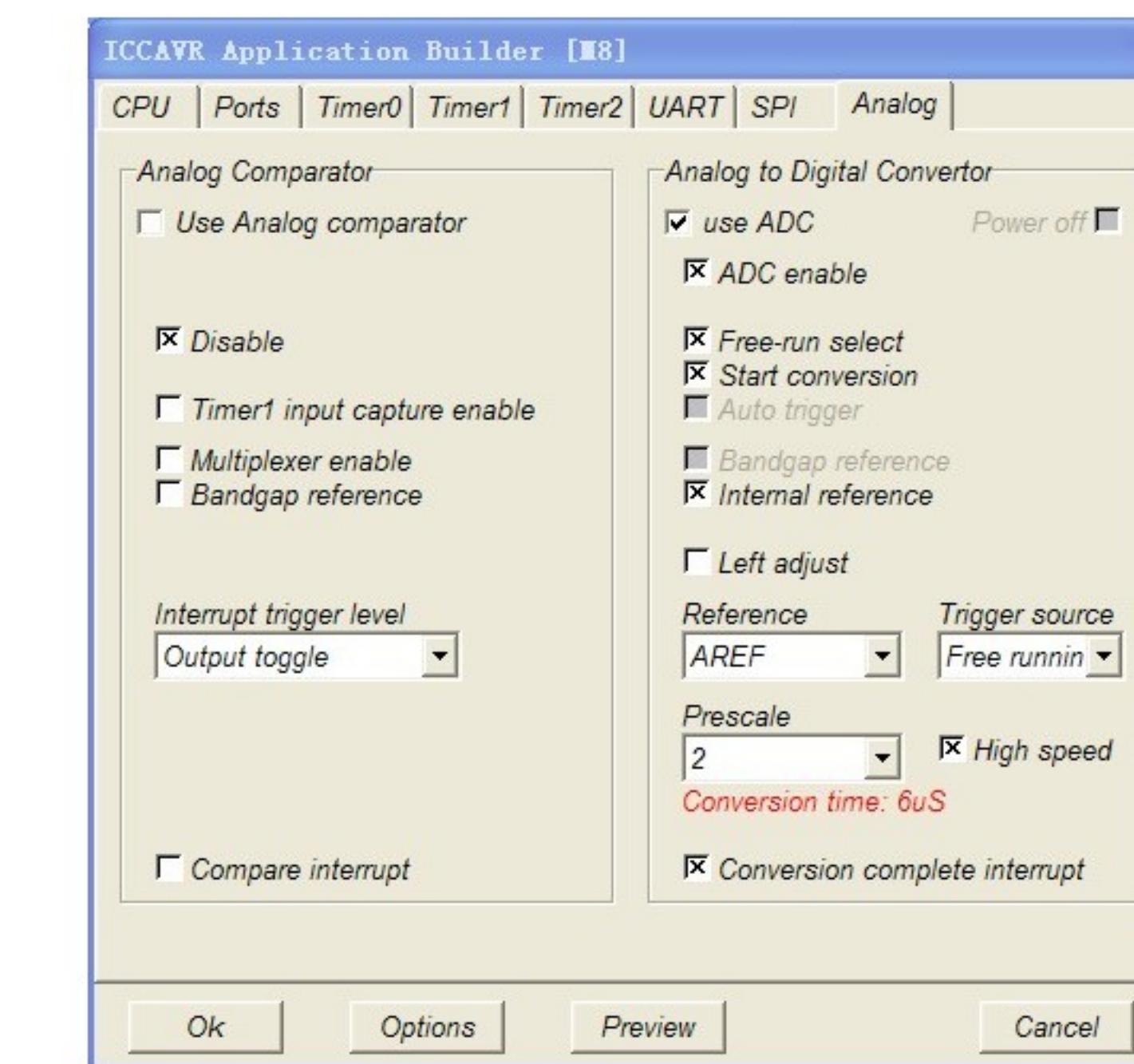
ImageCraft还有一款非常有用的功能：单片机模块驱动程序自动生成。利用这个功能可以方便的配置单片机中的各种硬件资源的参数，它可以直接生成相关的模块的初始化函数。因此可以免去使用者对于MEGA8中各个硬件资源的控制寄存器定义记忆，避免了编写程序的错误，大大提高软件编程的效率。



Application Builer

这些配置单片机资源的一些界面

利用Application Builer
自动生成AD模块的程序
样例。



AD配置对话框

```
//ICC-AVR application builder : 2012-9-21 9:05:01
// Target : M8
// Crystal: 4.0000Mhz

#include <iom8v.h>
#include <macros.h>

void port_init(void)
{
    PORTB = 0x00;
    DDRB = 0x00;
    PORTC = 0x00; //m103 output only
    DDRC = 0x00;
    PORTD = 0x00;
    DDRD = 0x00;
}

//ADC initialize
// Conversion time: 6uS
void adc_init(void)
{
    ADCSR = 0x00; //disable adc
    ADMUX = 0x00; //select adc input 0
    ACSR = 0x80;
    ADCSR = 0xE9;
}

#pragma interrupt_handler adc_isr:iv_ADC
void adc_isr(void)
{
    //conversion complete, read value (int) using...
    // value=ADCL;           //Read 8 low bits first (important)
    // value|=(int)ADCH << 8; //read 2 high bits and shift into top byte
}

//call this routine to initialize all peripherals
void init_devices(void)
{
    //stop errant interrupts until set up
    CLI(); //disable all interrupts
    port_init();
    adc_init();

    MCUCR = 0x00;
    GICR = 0x00;
    TIMSK = 0x00; //timer interrupt sources
    SEI(); //re-enable interrupts
    //all peripherals are now initialized
}
```



● 嵌入式软件

是基于嵌入式系统设计的软件，它也是计算机软件的一种，同样由程序及其文档组成，可细分成系统软件、支撑软件、应用软件三类，是嵌入式系统的重要组成部分。

● 嵌入式操作系统：EOS—Embedded OS定义：

作用：

合理调度系统硬软件资源，提高系统的资源利用效率，方便程序操作。
实时性：在指定的或确定的时间内，完成系统功能和对外部或内部、同步或异步时间作出响应。

多任务：同时运行多个任务，满足多个CPU”同时“占用CPU的目的。
提供统一的API接口：将CPU，中断，IO口，定时器等资源在不同的嵌入式控制器中提供统一的接口。

发展历史

起始于1981第一个商业用的嵌入式实时操作系统VRTX32。

ISI-Prism; Windriver-Tornado;
VRTX-Spectra, RT-Linux, WindowsCE等。

RTOS的发展特点：

- △ 易于移植，支持更多的微处理器。
- △ 开放源码
- △ 电信设备，通讯系统要求高可靠性
- △ 后PC时代中对于网络，图形界面的增加
- △ 消费电子设备中的应用：Linux。

● 操作系统种类

简单的RTOS

1. uC/OS-II:
2. DSP/BIOS:
3. RTX51-Tiny, Full:

复杂的RTOS:

1. 嵌入式Linux: 价格便宜.
2. Vxwork, QNX, LynxOS
3. WindowsCE, PocketPC,
4. PalmSource, Symbian

● 为什么要使用嵌入式操作系统？

□ 任务简单，没有必要：

□ 增加了系统的成本：

现实的嵌入式系统的状况：

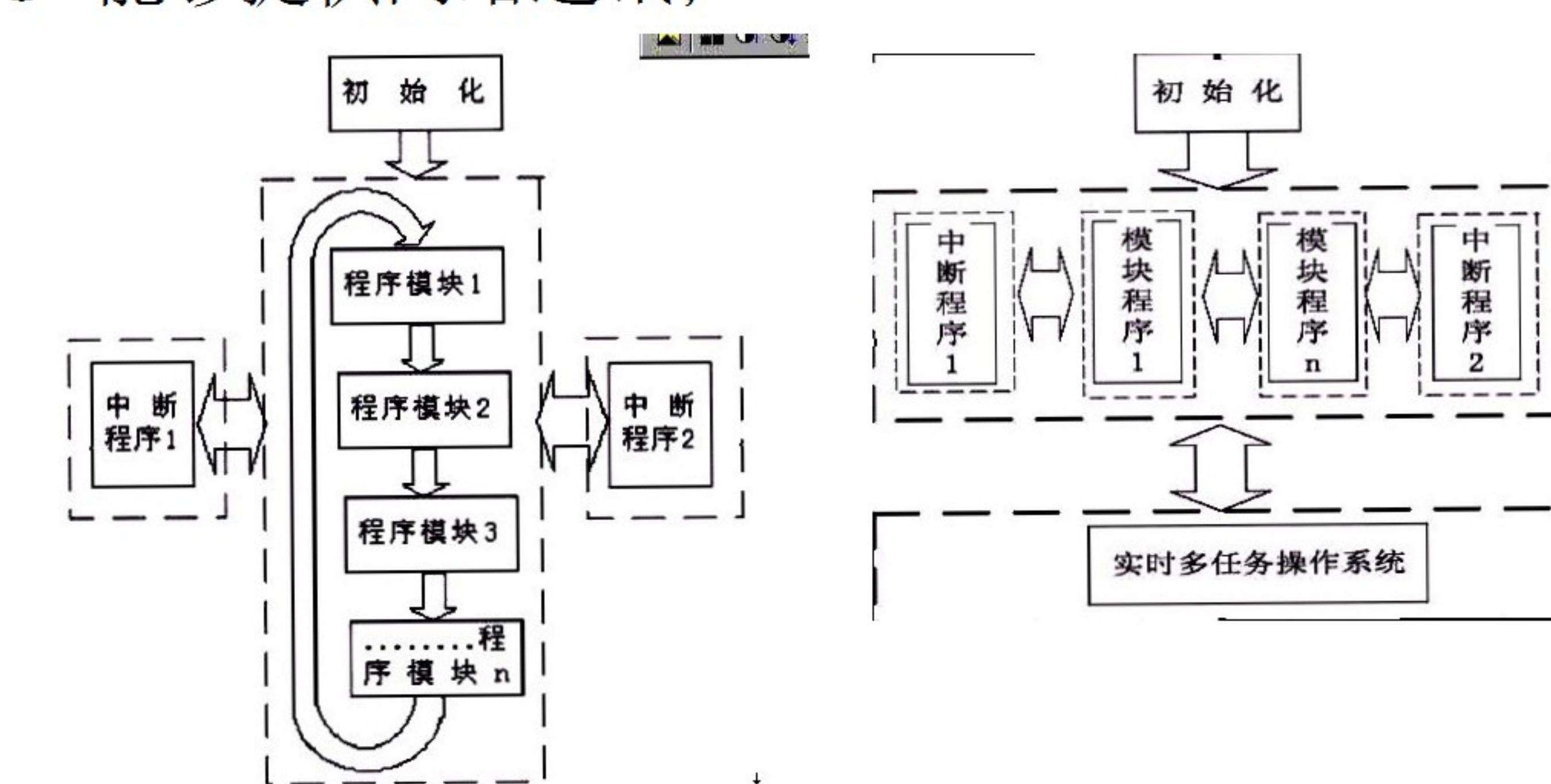
微处理器发展，资源丰富：8, 16, 32位处理器, SOC

处理任务复杂：

外围芯片价格降低：

● 使用EOS所带来的好处：

- 能够充分利用系统的资源；
- 能够实现实时多任务；
- 完成复杂程序的设计；
- 软件维护移植更加方便；
- 能够提供网络通讯；



● RTX-51综述

★ 8051单片机 是当今应用非常广泛的单片机家族。

具有很多变种。1-100MIPS、33亿片/年、56%数量、46%销售额

★ RTX51 是一个适应于8051系列家族的单片机多任务的操作系统
它可以在单片机上管理几个任务

★ 开发环境 Keil C, uVision2 IDE

包含的头文件：rtx51.h, rtx51tny.h

在uVision2 IDE目标文件中的选项中选择相应的链接库。

Tank Battle

2015-10-28

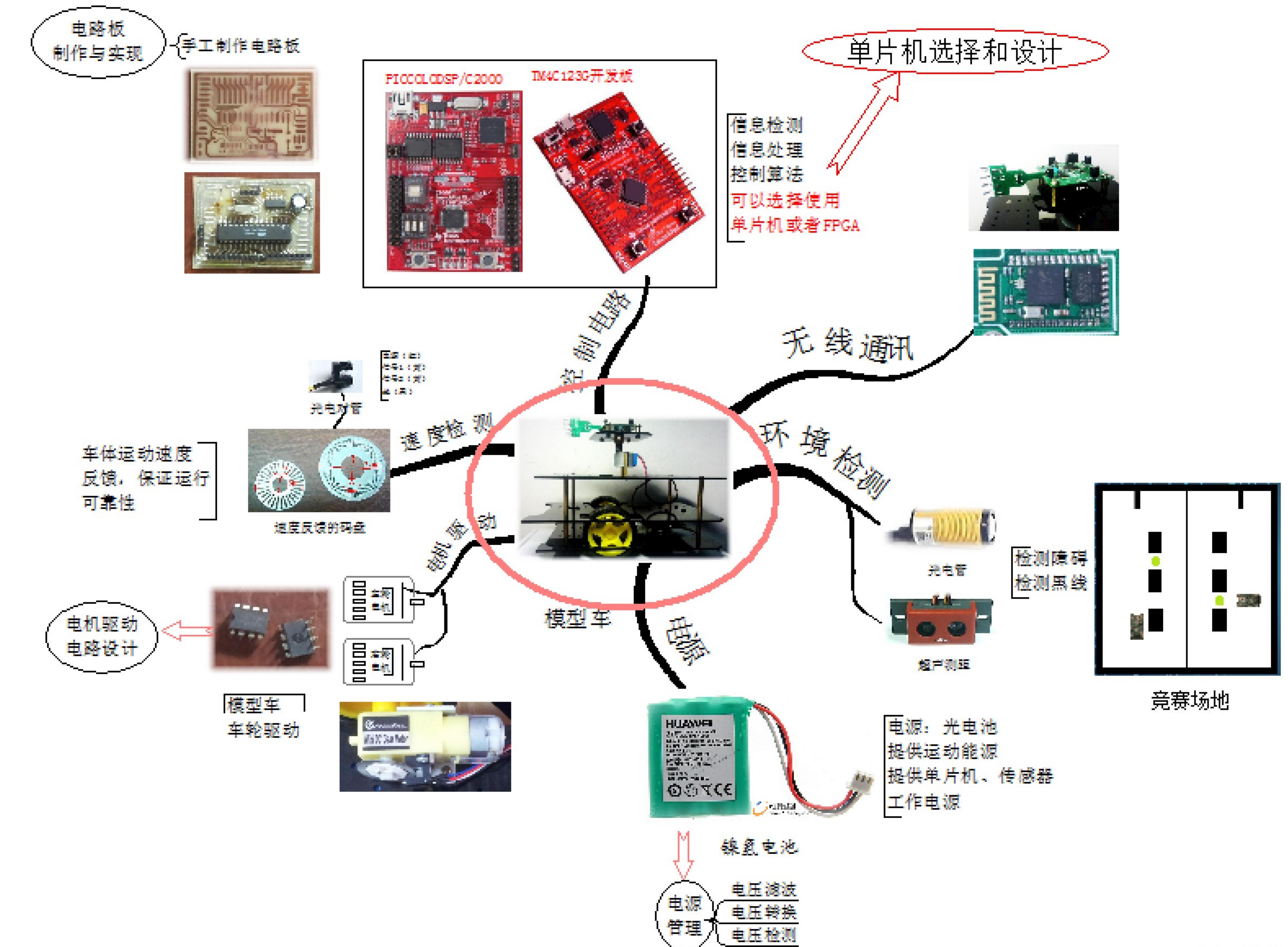




§ 6.1

单片机的 资源需求 统计

I/O
TIMER
AD/DC
UART/SPI/I2C
RAM/ROM



Tank 8

Tank Battle

2015-10-28





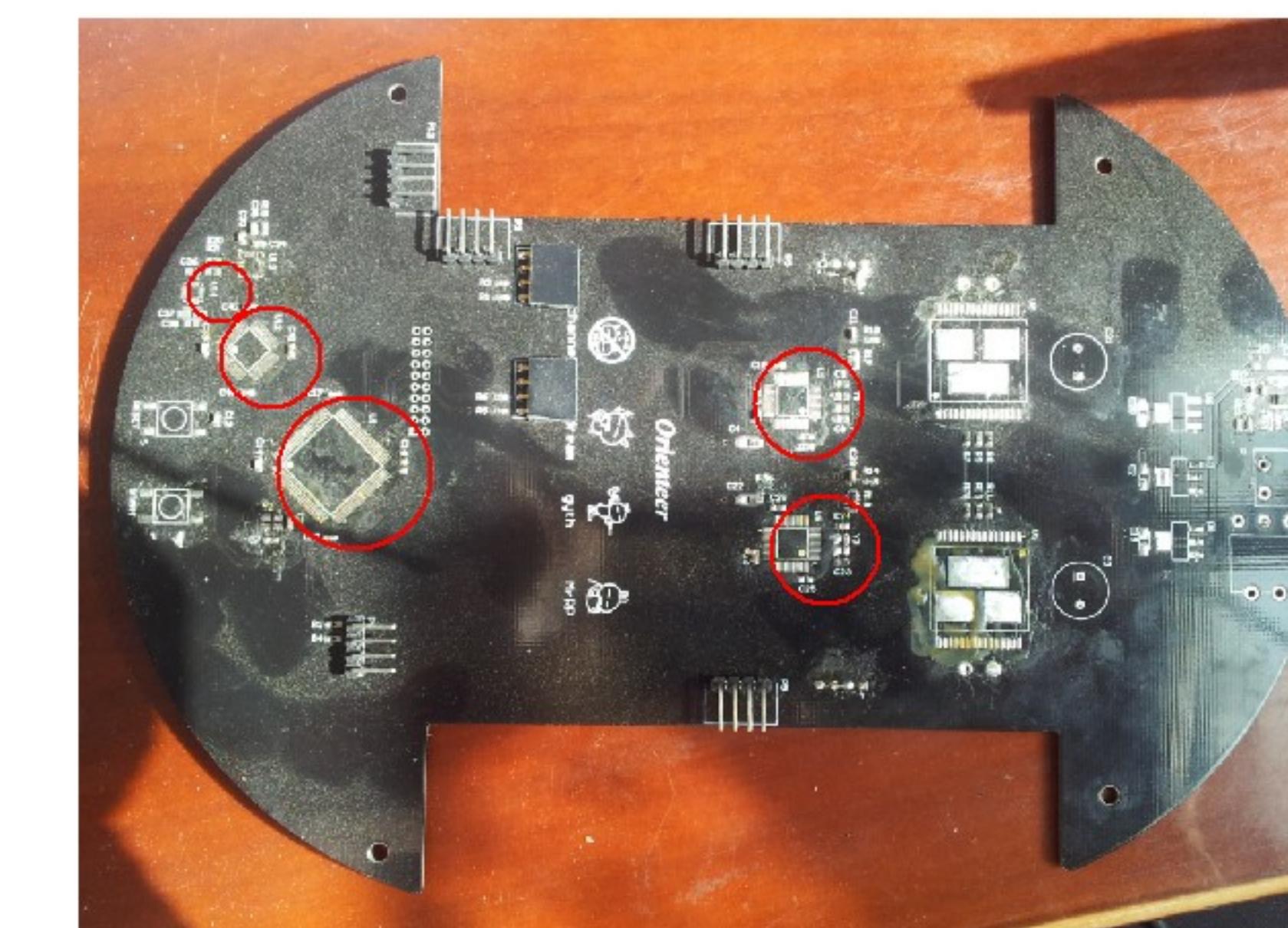
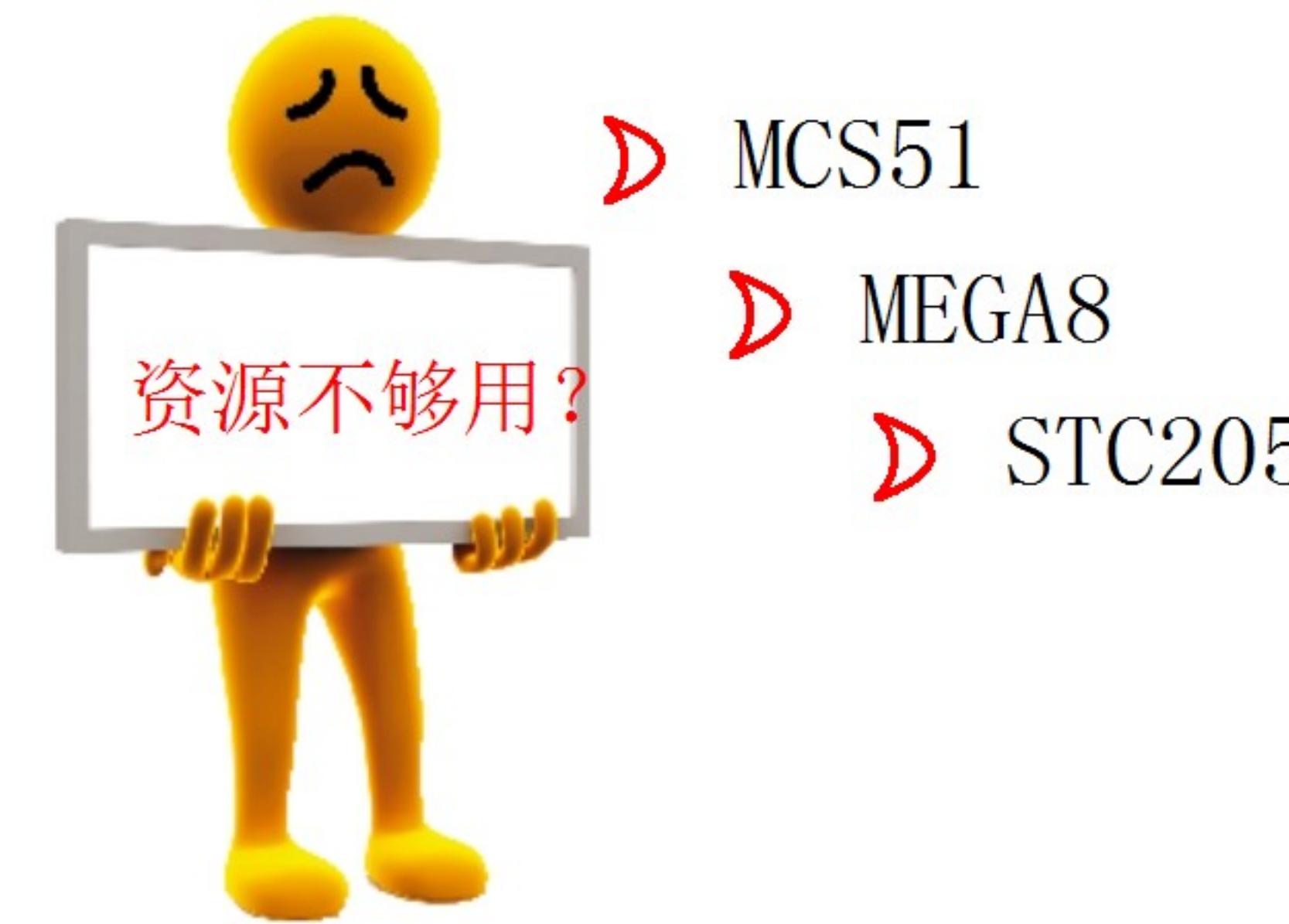
● 选择最适合的单片机



The Atmel Microcontrollers Selector interface displays search filters for various parameters like Flash, Pin Count, and CPU type. It shows a list of 504 matching devices, with three specific ones highlighted: AT32UC3A0128, AT32UC3A0128AU, and AT32UC3A0256.

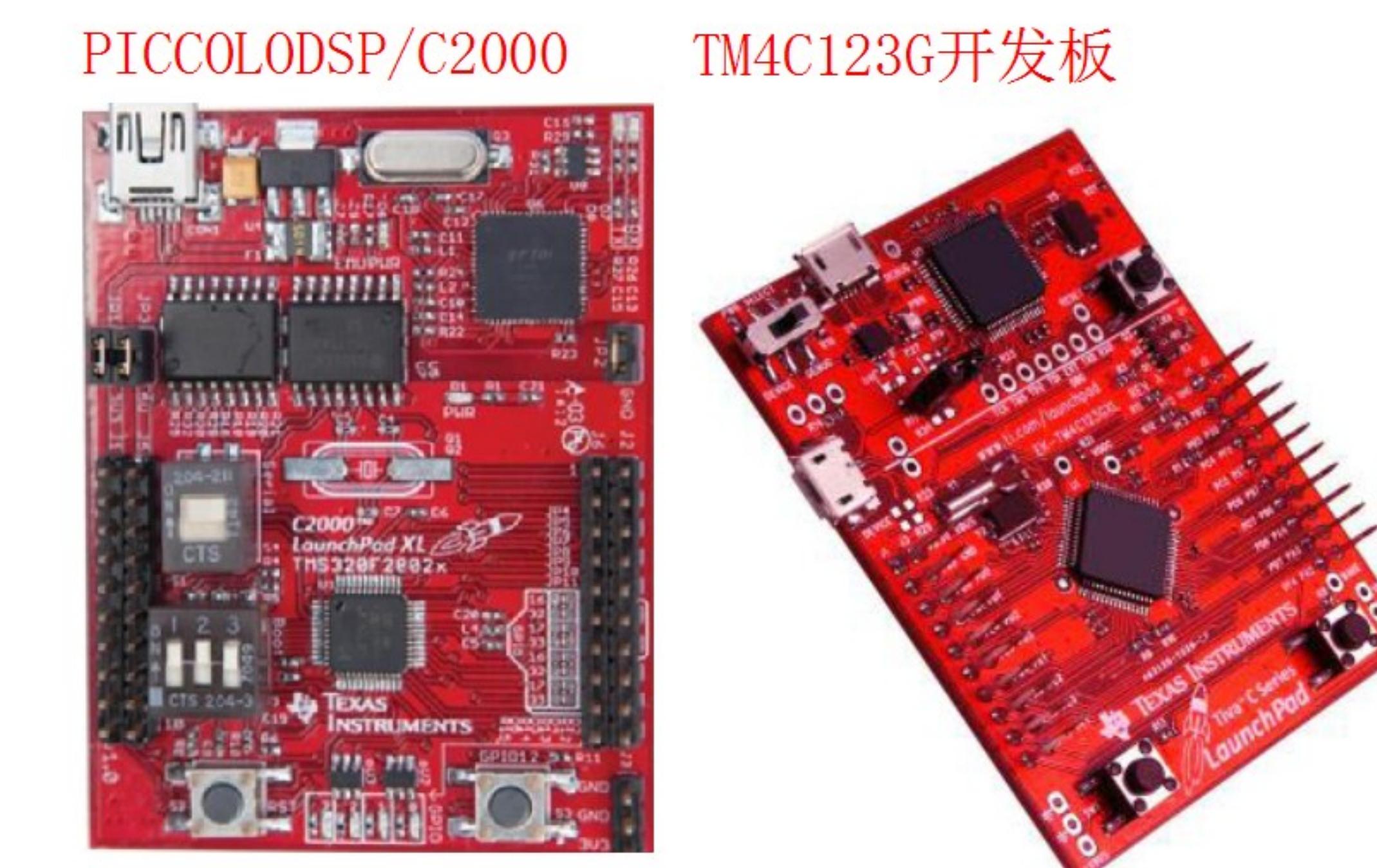
Device	Flash (Kbytes)	Pin Count	Max. Operating Frequency	CPU	SRAM (Kbytes)	EEPROM (Bytes)	Max I/O Pins
AT32UC3A0128	128	144	66	32-bit AVR	32	0	109
AT32UC3A0128AU	128	144	66	32-bit AVR	32	0	109
AT32UC3A0256	256	144	66	32-bit AVR	64	0	109

● 选择最熟悉的单片机



使用了5颗MCU的电路板

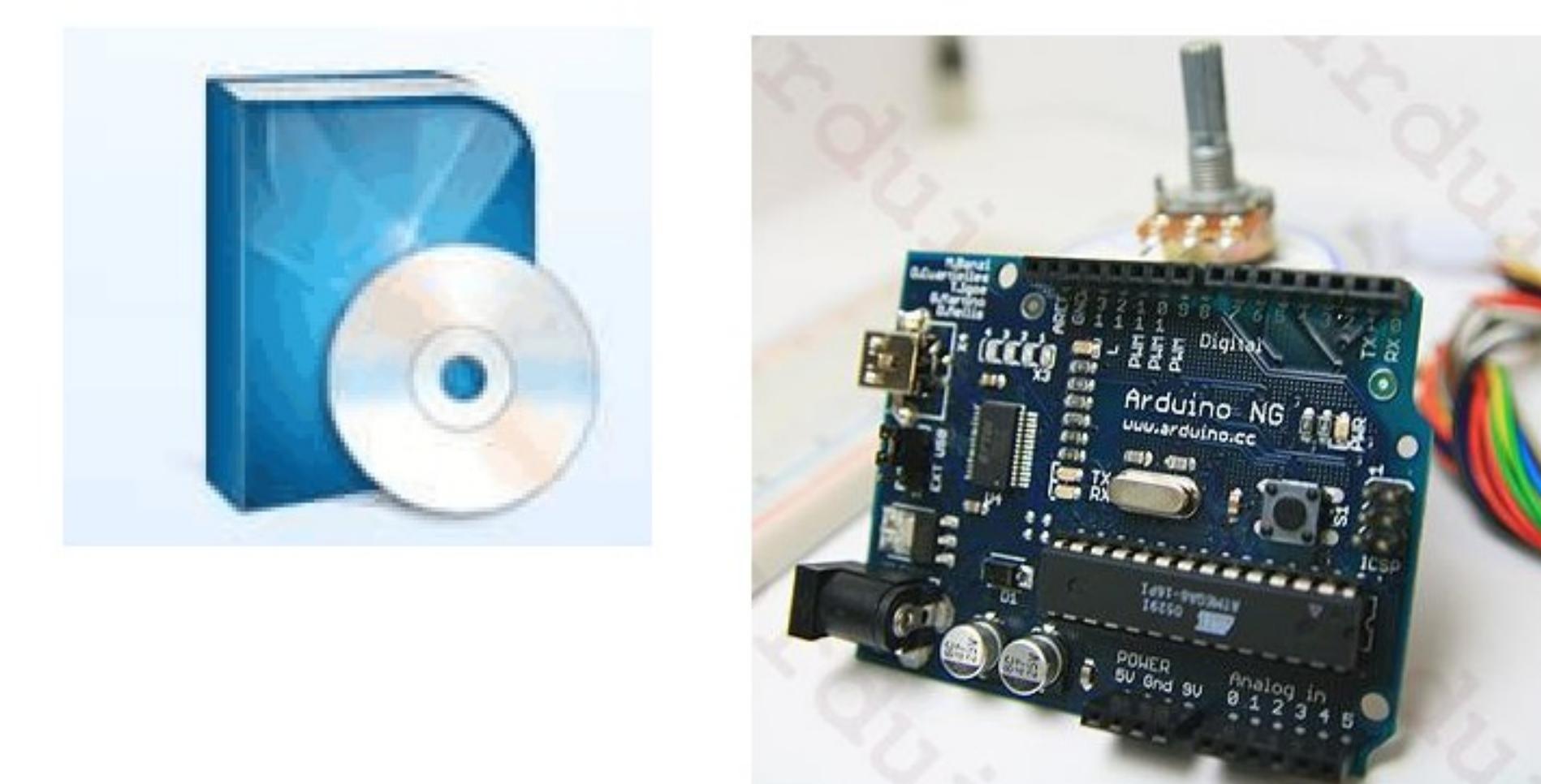
● 选择最容易获得的的单片机



○ 清华大学Freescale MCU/DSP
应用开发研究中心

○ 清华大学自动化瑞萨单片机实验室

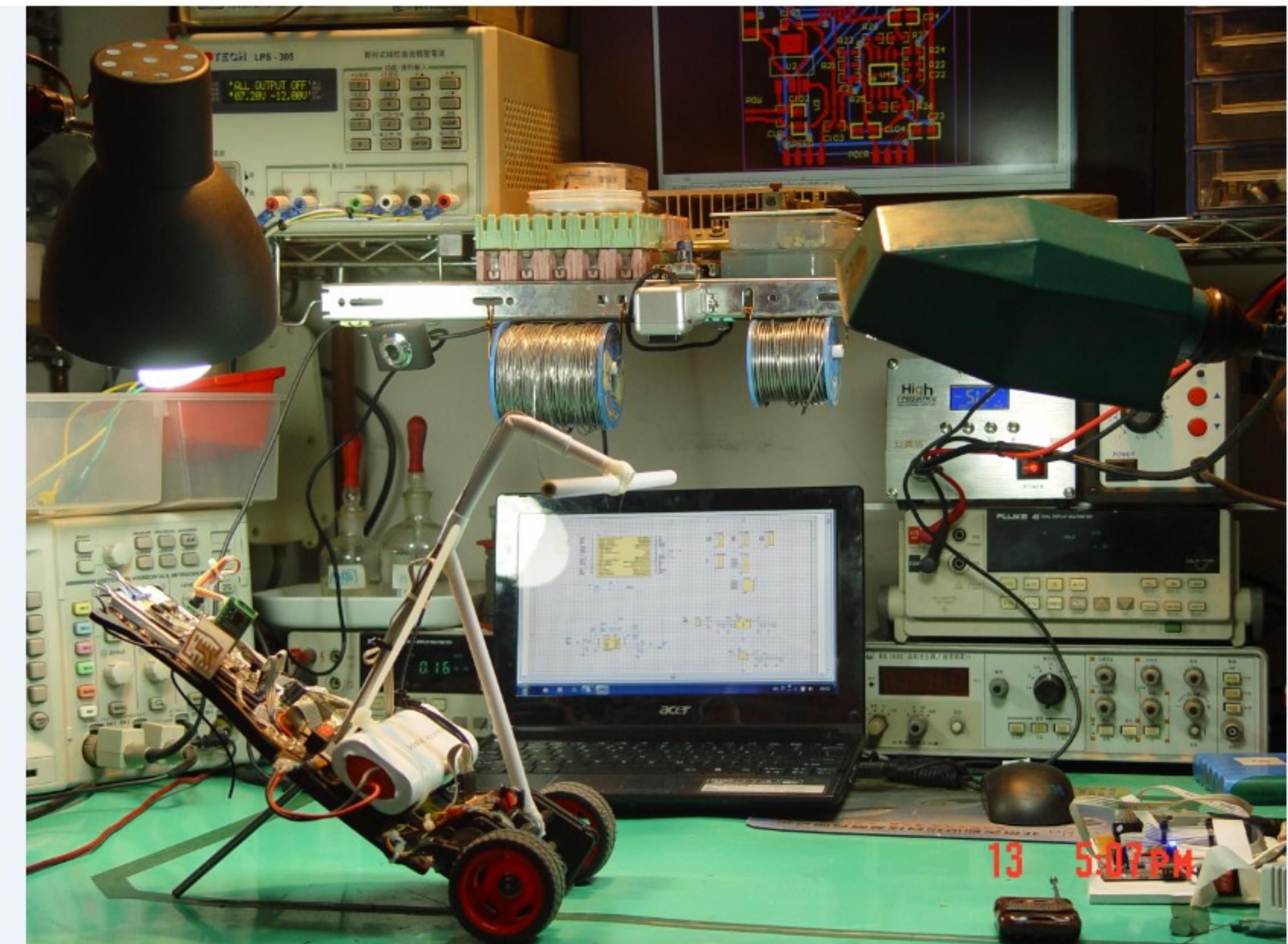
● 选择最好开发的单片机



Tank Battle

2015-10-28





万用表
电源
示波器
烙铁
电脑



§ 6.3.1

Onboard Debug Interface



§ 6.3.2

6-1

Tank Battle

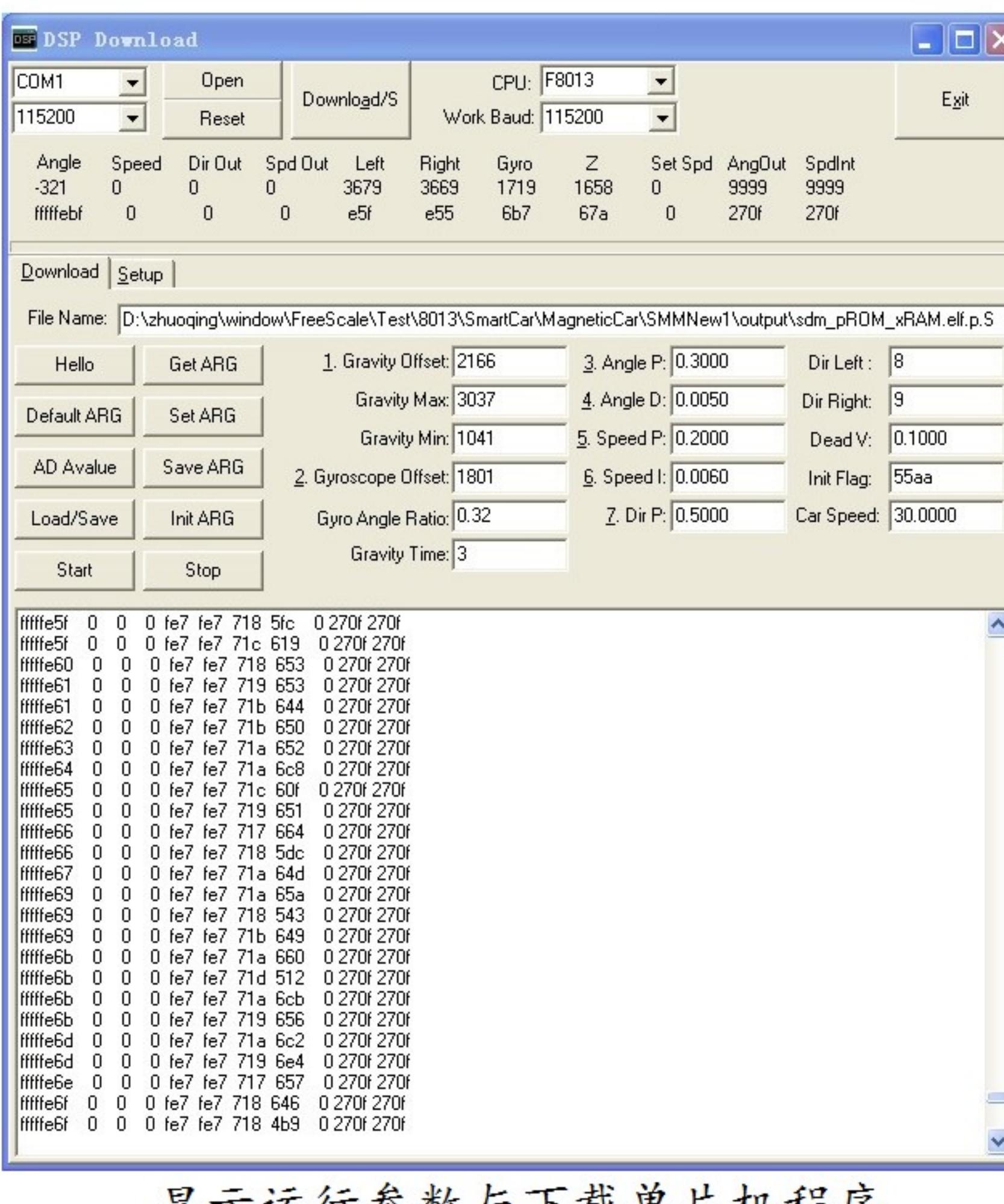
2015-10-28



卓晴



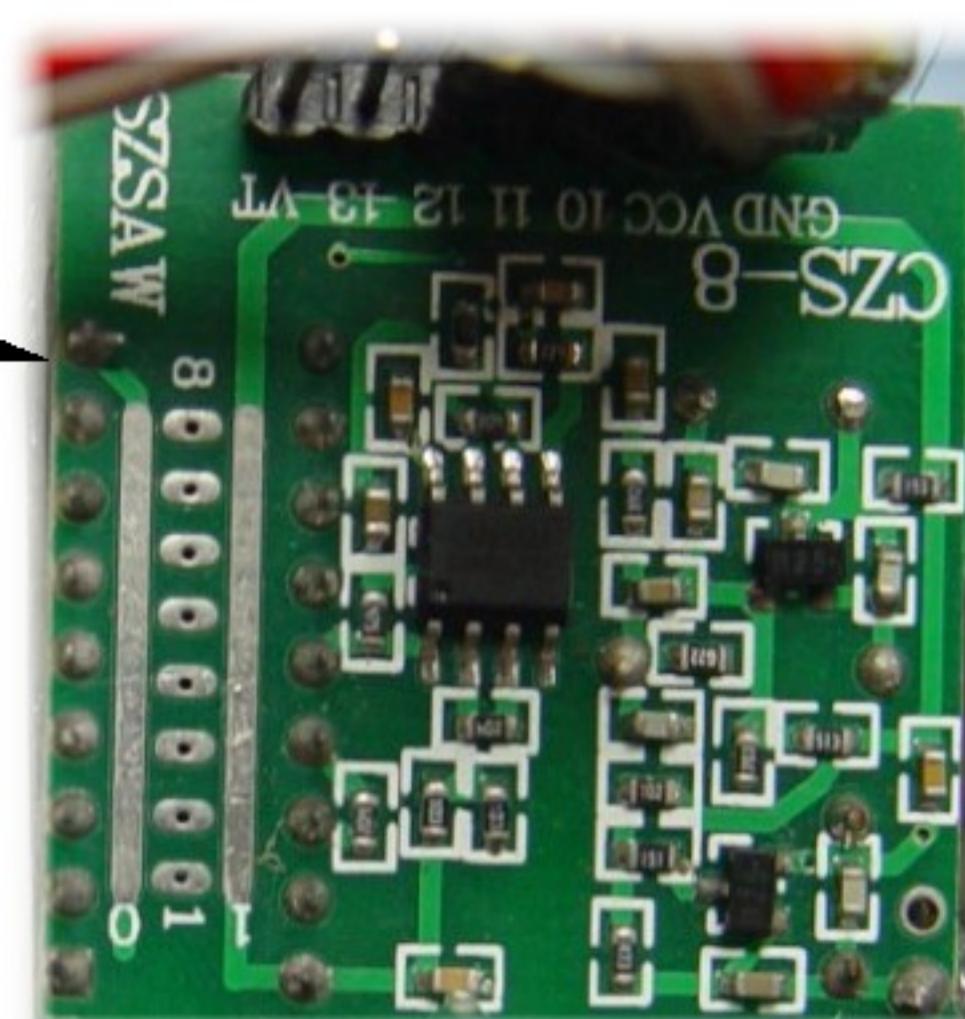
§ 6.3.3



Blue Tothe



2.4G Wireless



无线遥控开关



Tank Battle

2015-10-28

