

从单片机输出的控制信号 CEX0 通过电阻  $R_{29}$  控制三极管基极，三极管发射极直接接地，集电极与场效应管的栅极相连，同时通过  $R_{30}$  与 7.5V 电源  $U_{CC}$  相连接；场效应管源极接地，漏极通过电机接口与电源相连。由于电机是感性元件，电流不能突变，因此在电机两端并联续流二极管，以防止 MOSFET 截止时电路受到破坏。

根据经验，设定  $R_{30}=10K\Omega$ 。由于

$$U_{CE}=U_{CC}-I_C R_{30}$$

$$I_C=\beta I_B$$

三极管饱和时  $U_{CE}=0$ ，此时  $I_C=U_{CC}/R_{30}=7.5/10K=0.75mA$ 。

根据资料， $\beta=60\sim 300$ ，取  $\beta=60$ ，所以当  $I_B=I_C/\beta=0.0125mA$  时三极管饱和。

本单片机输出高电平为 3.3V，根据

$$I_B=(V_{CEX0}-0.6)/R_{29}$$

可以得出  $R_{29}=(V_{CEX0}-0.6)/I_B=216K\Omega$ 。

为了确保单片机输出高电平时三极管饱和，必须保证  $I_B>0.0125mA$ ，所以  $R_{29}<216K\Omega$ ，取  $R_{29}=100K\Omega$ 。

当单片机输出低电平时， $I_B=0$ ，三极管截止， $U_{CE}=7.5V$ ，所以  $V_{GS}=U_{CE}=7.5V$ ，场效应管导通，电动机电枢两端有电压。

当单片机输出高电平时， $I_B=(V_{CEX0}-0.6)/R_{29}=0.027mA$ ，三极管导通并迅速饱和， $U_{CE}=0V$ ，所以  $V_{GS}=U_{CE}=0V$ ，场效应管截止，电动机电枢两端无电压。

通过这种开关作用，实现对电动机的 PWM 控制。

### 3.2.7 微控制器设计<sup>[20][28][30][32]</sup>

本控制系统是一个多输入多输出的系统，主要输入信号有两路角度信号、三路角速度信号、及四路遥控信号，需要采用高精度 A/D 转换和多个定时/计数器；输出信号为四路 PWM 电机控制信号，而且存在大量计算，因此对微控制器提出了更高的要求：

- 具有较高精度的 A/D 转换器，以提高系统集成度；
- 具有 PWM 口，用于自动产生 PWM 波；
- 有足够的内部 ROM 和 RAM；
- 具有足够快的处理速度；
- 有看门狗和电源管理功能；
- 具有多个定时/计数器；

#### 3.2.7.1 C8051F021 单片机

C8051F021 系列 MCU 是高度集成的片上系统。在一个芯片上集成了两个多通道 ADC 子系统（每个子系统包括一个可编程增益放大器和一个模拟多路选择

器)、两个电压输出 DAC、两个电压比较器、电压基准、SMBus/I<sup>2</sup>C 总线接口、5 个通用的 16 位定时器、一个具有 5 个捕捉/比较模块的可编程计数器/定时器阵列 (PCA)、内部振荡器、8 个 8 位通用数字 I/O 端口和 64KBFLASH 程序存储器以及与 8051 兼容的高速微控制器内核。图 3-25 描绘了 C8051F021 单片机的框图。

C8051F021 单片机的主要特点如下:

### 1. 模拟外设

#### (1) 逼近型 ADC (ADC0)

- 12 位 AD 转换器;
- 可编程转换速率, 最大 100ksps;
- 可多达 8 个外部输入, 可编程为单端输入或差分输入;
- 可编程放大器增益: 16, 8, 4, 2, 1, 0.5;
- 数据相关窗口中断发生器;
- 内置温度传感器 ( $\pm 3^{\circ}\text{C}$ );

#### (2) 8 位 ADC (ADC1)

- 可编程转换速率, 最大 500 ksps;
- 8 个外部输入;
- 可编程放大器增益: 4, 2, 1, 0.5;

#### (3) 两个 12 位 DAC

- 可以同步输出, 用于产生无抖动波形;

#### (4) 两个模拟比较器

- 16 个可编程回差电压值;
- 可用于产生中断或复位;

#### (5) 电压基准

- 内部基准 ( $2.4\text{V}$ ,  $15 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ );
- 外部基准输入;

#### (6) 精确的 VDD 监视器和降压检测器

- 可通过 MONEN 引脚允许或禁止;

### 2. 片内 JTAG 调试和边界扫描

- 片内调试电路提供全速、非侵入式的在线系统调试;
- 支持断点、单步、观察点、堆栈监视器, 支持观察/修改存储器和寄存器;

### 3. 高速 8051 微控制器内核

- 流水线指令结构;
- 70% 指令的执行时间为 1 个或 2 个系统时钟周期;
- 速度可达 25MIPS (时钟频率为 25MHZ 时);

- 22 个矢量中断源;
- 4. 存储器
  - 4352B 内部数据 RAM (4KB+256);
  - 64KB FLASH 存储器, 可以在系统编程, 每个扇区为 512B;
  - 外部 64KB 数据存储器接口 (可编程为复用方式或非复用方式);
- 5. 数字外设
  - 4 个 8 位的端口 I/O, 所有口线都耐 5V 电压;
  - 可同时使用的硬件 SMBus (I<sup>2</sup>C 兼容)、SPI 及两个增强型 UART 串口;
  - 可编程的 16 位计数器/定时器阵列 (PCA), 有 5 个捕捉/比较模块, 6 种工作方式;
  - 5 个通用 16 位计数器/定时器;
  - 专用的看门狗定时器;
- 6. 时钟源
  - 内部可编程振荡器: 2~16MHZ;
  - 外部振荡器: 晶体、RC、C 或外部时钟;
  - 实时时钟 (RTC) 方式 (用定时器 3 或 PCA);
- 7. 封装
  - 64 脚 TQFP 封装;

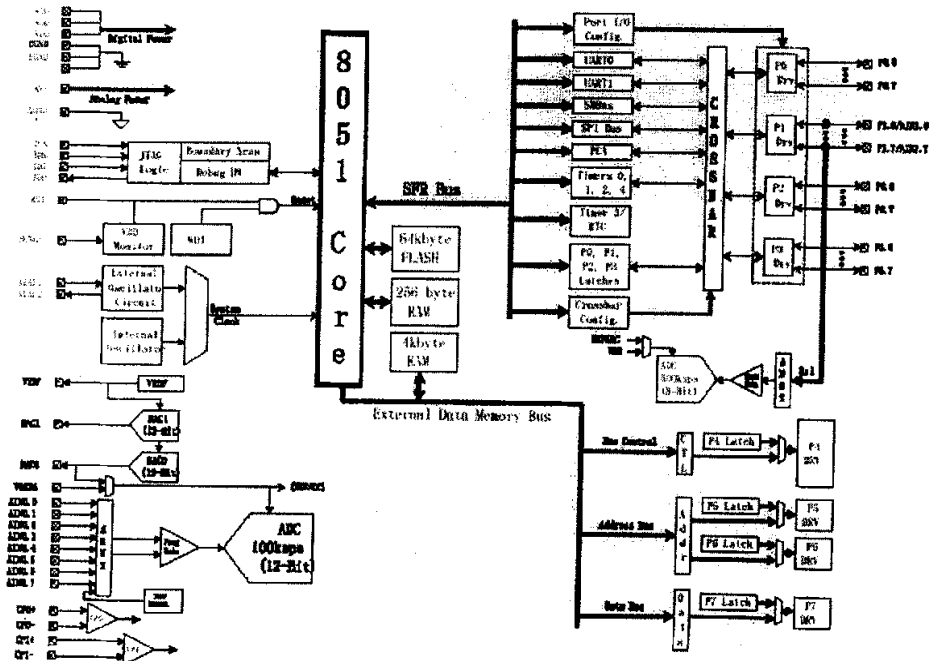


图 3-22 C8051F021 框图

### 3.2.7.2 振荡器配置

该单片机具有高度可配置性、灵活性及易于使用的特点。时基信号可以从外部 CMOS 电平时钟源、晶体或陶瓷谐振器、RC 组合电路或外部电容获得。

由于内部振荡器精度较低，通常为  $\pm 20\%$ ，因此采取外部振荡器。

外部晶振连线如图 3-23 (b) 所示，其中外部晶振为 24.000MHZ， $C_{10}=C_{11}=33\text{pf}$ 。

### 3.2.7.3 JTAG 调试口设置

C8051F021 单片机内部有调试电路，通过具有 4 个专用引脚的 JTAG 接口，可以使用安装在最终应用系统上的 MCU 进行非侵入式的全速、在系统调试。Cygnal 的调试系统支持观察和修改存储器 and 寄存器，支持断点、观察点、单步及运行和停机命令；不需要额外的目标 RAM、程序存储器或通信通道。在调试时，所有的模拟和数字外设都全功能正确运行（保持同步）。

JTAG 接口使用单片机上的 4 个引脚：TCK、TMS、TDI 和 TDO，这些引脚都耐 5V 电压，并完全符合 IEEE1149.1 规范。

JTAG 接口与单片机的连接关系如图 3-23 (c) 所示。接口的 1 脚与 3.3V 电源相连接，2、3、9 接地，4、5、6、7 分别与 TCK、TMS、TDO、TDI 相连接。

#### 3.2.7.4 单片机引脚连接

单片机引脚连接如图 3-23 (a) 所示。

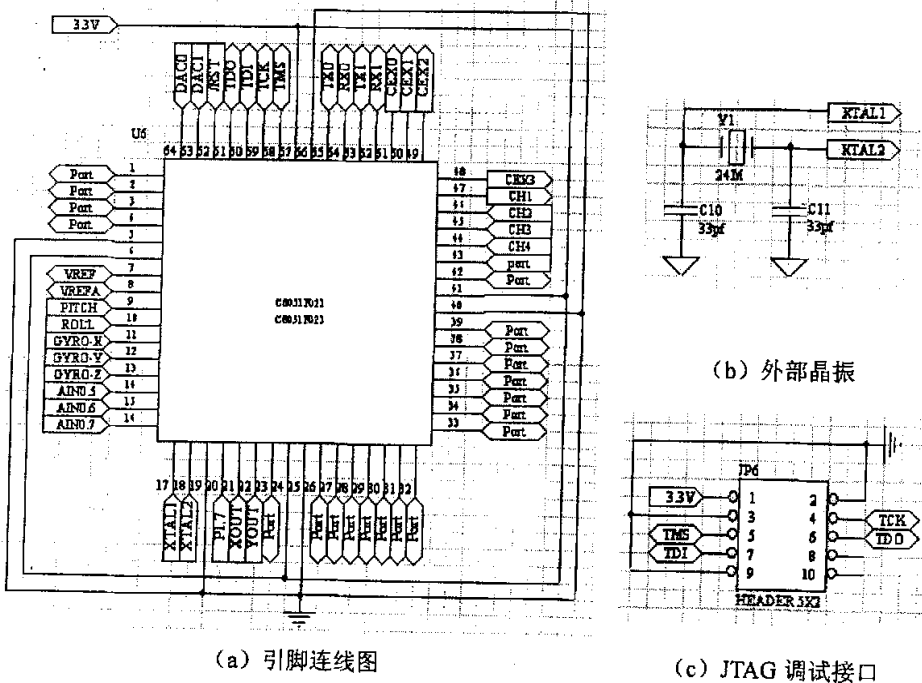


图 3-23 微控制器

单片机电源接入引脚 6、24、41、57 接 3.3V 电源，接地引脚 5、25、40、56 以及 MONEN (19) 与地相连。

模拟通道 1~5 依次输入 ADXL202 模拟信号 PITCH 和 ROLL, 及角速率陀螺信号 GYRO-X、GYRO-Y 和 GYRO-Z, P3.0~P3.3 输入遥控信号, 设定 P0.4~P0.7 为 PWM 输出;

为方便调试, 并为以后拓展考虑, 预留 P0.0~P0.3 为串口 1、2;

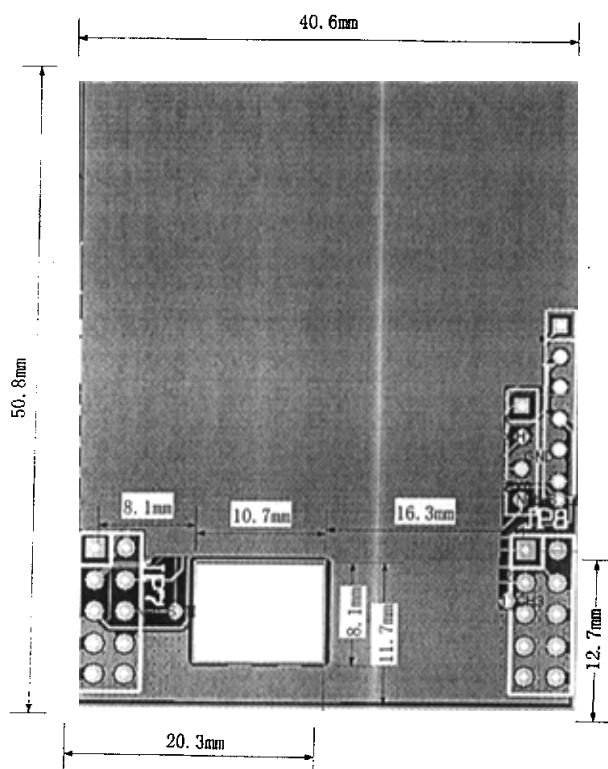
为能方便了解单片机当前工作是否正常, 设置 P1.7 与 LED 相连;

P1.6、P1.5 输入 ADXL202 数字信号 XOUT 和 YOUT, 以提高系统的灵活性;

### 3.2.8 电路板设计

#### 3.2.8.1 电路板

考虑到安装方便, 因此将电路板设计成上下两层板, 上下板之间经两个 10Pin 的接插件相连接 (下板的 JP7 与上板的 JP9 相连接, 下板的 JP8 与上板的 JP10 相连接), 其中 18 个引脚具有电气连接关系。电路板设计尺寸: 下板 1600mil $\times$ 2000mil (即 40.6 $\times$ 50.8mm), 上板 2300mil $\times$ 2300mil (即 58.4 $\times$ 58.4mm), 板子厚度 1mm。上下两板的结构设计如图 3-24 与 3-25 所示。



3-24 下板结构设计