

## 电路设计

整个电路分为三大模块，即处理器电路、接口电路和电源电路。电源电路中的元件选型取决于另外两个模块电路的电压和电流值。

### 1 处理器电路

采用 STM32F401RET6 器件,该器件为 64 管脚的 LQFP 封装,如图 1 所示。供电采用 3.3V,最大工作电流约为 40mA。采用 SWD 调试接口,外部提供 32.768kHz 和 8MHz 的时钟,设有一个复位按钮,并支持启动模式选择。

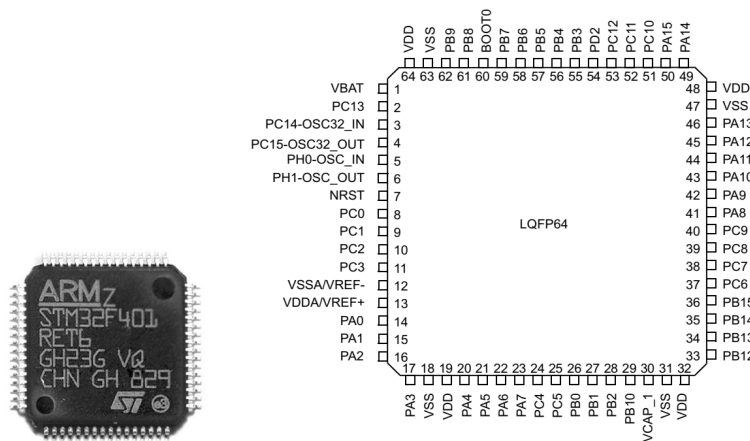


图 1 STM32F401Rx 处理器管脚分布图

每个功能管脚除了作为 GPIO 外,还可以作为备选设备 (AF) 的输入或输出,也可以作为专用的模拟输入或输出,如表 1 所示。

表 1 STM32F401RE 管脚复用表

管脚	GPIO	AF	模拟
14	PA0	TIM2_CH1, TIM5_CH1, USART2_CTS, TIM2_ETR, EVENTOUT	WK_UP, ADC1_IN0
15	PA1	TIM2_CH2, TIM5_CH2, USART2_RTS, EVENTOUT	ADC1_IN1
16	PA2	TIM2_CH3, TIM5_CH3, USART2_TX, TIM9_CH1, EVENTOUT	ADC1_IN2
17	PA3	TIM2_CH4, TIM5_CH4, USART2_RX, TIM9_CH2, EVENTOUT	ADC1_IN3
20	PA4	SPI1_NSS, SPI3_NSS/I2S3_WS, USART2_CK, EVENTOUT	ADC1_IN4
21	PA5	TIM2_CH1/TIM2_ETR, SPI1_SCK, EVENTOUT	ADC1_IN5
22	PA6	TIM1_BKIN, TIM3_CH1, SPI1_MISO, EVENTOUT	ADC1_IN6
23	PA7	TIM1_CH1N, TIM3_CH2, SPI1_MOSI, EVENTOUT	ADC1_IN7
41	PA8	I2C3_SCL, MCO_1, TIM1_CH1, USART1_CK, OTG_FS_SOF, EVENTOUT	
42	PA9	I2C3_SMBA, TIM1_CH2, USART1_TX, EVENTOUT	OTG_FS_VBUS
43	PA10	TIM1_CH3, USART1_RX, OTG_FS_ID, EVENTOUT	
44	PA11	TIM1_CH4, USART1_CTS, USART6_TX, OTG_FS_DM, EVENTOUT	
45	PA12	TIM1_ETR, USART1_RTS, USART6_RX, OTG_FS_DP, EVENTOUT	
46	PA13	JTMS-SWDIO, EVENTOUT	
49	PA14	JTCK-SWCLK, EVENTOUT	
50	PA15	JTDI, TIM2_CH1/TIM2_ETR, SPI1_NSS, SPI3_NSS/I2S3_WS, EVENTOUT	
26	PB0	TIM1_CH2N, TIM3_CH3, EVENTOUT	ADC1_IN8
27	PB1	TIM1_CH3N, TIM3_CH4, EVENTOUT	ADC1_IN9

28	PB2	EVENTOUT	BOOT1
55	PB3	JTDO-TRACESWO, TIM2_CH2, SPI1_SCK/I2S3_CK, SPI1_SCK, I2C2_SDA, EVENTOUT	
56	PB4	NJTRST, TIM3_CH1, SPI1_MISO, SPI3_MISO, I2S3ext_SD, I2C3_SDA, EVENTOUT	
57	PB5	TIM3_CH2, I2C1_SMBA, SPI1_MOSI, SPI3_MOSI/I2S3_SD, EVENTOUT	
58	PB6	TIM4_CH1, I2C1_SCL, USART1_TX, EVENTOUT	
59	PB7	TIM4_CH2, I2C1_SDA, USART1_RX, EVENTOUT	
61	PB8	TIM4_CH3, I2C1_SCL, SDIO_D4, TIM10_CH1, EVENTOUT	
62	PB9	TIM4_CH4, I2C1_SDA, SPI2_NSS/I2S2_WS, SDIO_D5, TIM17_CH1, EVENTOUT	
29	PB10	TIM2_CH3, I2C2_SCL, SPI2_SCK/I2S2_CK, EVENTOUT	
30	PB11	TIM2_CH4, I2C2_SDA, EVENTOUT	
33	PB12	I2C2_SMBA, SPI2_NSS/I2S2_WS, TIM1_BKIN, EVENTOUT	
34	PB13	TIM1_CH1N, SPI2_SCK/I2S2_CK, EVENTOUT	
35	PB14	TIM1_CH2N, SPI2_MISO, I2S2ext_SD, EVENTOUT	
36	PB15	TIM1_CH3N, SPI2_MOSI/I2S2_SD, EVENTOUT	
8	PC0	EVENTOUT	ADC1_IN10
9	PC1	EVENTOUT	ADC1_IN11
10	PC2	SPI2_MISO, I2S2ext_SD, EVENTOUT	ADC1_IN12
11	PC3	SPI2_MOSI/I2S2_SD, EVENTOUT	ADC1_IN13
24	PC4	EVENTOUT	ADC1_IN14
25	PC5	EVENTOUT	ADC1_IN15
37	PC6	TIM3_CH1, USART6_TX, I2S2_MCK, SDIO_D6, EVENTOUT	
38	PC7	TIM3_CH2, USART6_RX, I2S2_MCK, SDIO_D7, EVENTOUT	
39	PC8	TIM3_CH3, TIM8_CH3, SDIO_D0, EVENTOUT	
40	PC9	TIM3_CH4, TIM8_CH4, SDIO_D1, EVENTOUT, MCO_1	
51	PC10	SPI3_SCK/I2S3_CK, SDIO_D2, EVENTOUT	
52	PC11	SPI3_MISO, I2S3ext_SD, SDIO_D3, EVENTOUT	
53	PC12	SPI3_MOSI/I2S3_SD, SDIO_CK, EVENTOUT	
2	PC13	EVENTOUT	
3	PC14	EVENTOUT	OSC32_IN
4	PC15	EVENTOUT	OSC32_OUT
54	PD2	TIM3_ETR, SDMMC1_CMD, EVENTOUT	
5	PH0	EVENTOUT	OSC_IN
6	PH1	EVENTOUT	OSC_OUT

典型的 STM32F401RE 电路如图 2 所示。

外部时钟源有 32.768kHz 和 8MHz 两个晶体谐振器, 分别接 OSC32\_IN/OUT 和 OSC\_IN/OUT。重启管脚 NRST 低电平有效, 内部默认上拉, 因此外部接按钮 B1 接地, 并联电容防抖。调试采用 SWD 方式, 即 SWCLK 和 SWDIO 两信号线, 连接 ST-SWD 标准接口。

启动模式管脚 BOOT0 通过下拉电阻接地, BOOT1 通过上拉电阻接电源。默认启动为内部 FLASH, 通过跳线连接电源, 用于 RAM 启动。



或下拉电阻配合提供两种相反的电平,即未按下去时提供高(低)电平,按下去时提供低(高)电平。

插针通常用 J 或 JP 或 CON 作为标识前缀,主要用于外连线。作为跳线时,将两根插针短接或悬空即可。

## 2 接口电路

### 1. 热敏电阻接口

热敏电阻与固定电阻构成分压电路,采用电容耦合减少干扰的影响,如图 4 所示。通过 ADC 采样获取电压值,故采用管脚 PC2 的模拟功能 ADC1\_IN12。外接阻值为 10k 的 MF58 系列的热敏电阻,电路最大电流约为 0.05mA。

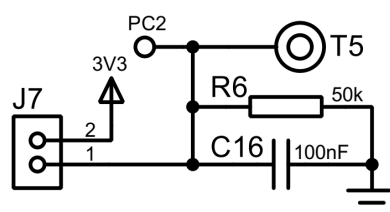


图 4 热敏电阻接口电路

### 2. 电机驱动接口

处理器产生 PWM 波形来调控速度,采用管脚 PC6 作为定时器 TIM3 通道 1 的输出,如图 5 所示。由于需要较大电流,管脚无法直接提供,所以采用 NPN 三极管作为开关控制供电。

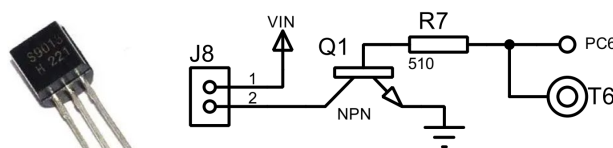


图 5 电机驱动接口电路图

### 3. RS232 接口

采用 MAX3232 器件提供 RS232 电平,供电电压为 3.3V,工作电流为 0.3mA。连接 PA11 和 PA12 对应的管脚,分别对应 UART6 的 TX 和 RX,如图 6 所示。管脚工作在高电平或低电平,高电平表示 1、低电平表示 0。MAX3232 的 T1OUT 和 R1IN 工作电压为正负电压, +5.5V 表示 0, -5.5V 表示 1。

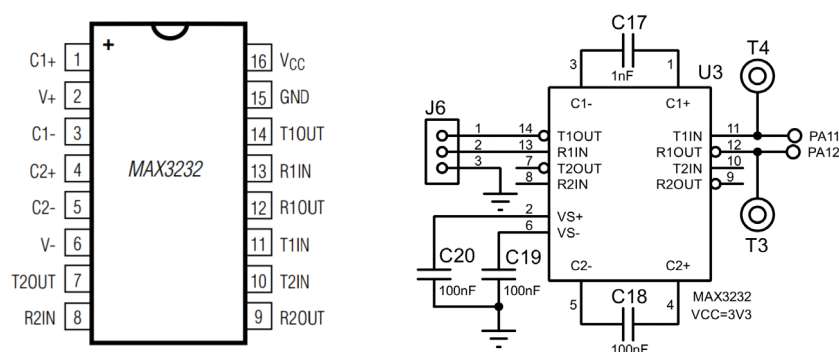


图 6 RS232 接口电路

使用 RS232 电路时,首先检查对方是否也是 RS232 电平,只有相同时方可交叉连接。

### 4. 显示电路

采用共阳数码管显示。数码管是由八个 LED 按照一定位置摆放,如图 7 所示。共用管脚 COM 通过限流电阻接电源,其它八个管脚分别称为管脚 a、b、c、d、e、f、g 和 h,分别通

过限流电阻与 PC3、PC4、PC5、PC8、PC9、PC10、PC11 和 PC12 相连，如图 8 所示。管脚 a~g 用来显示数字，管脚 h 控制数码管中的圆点，用作指示灯。

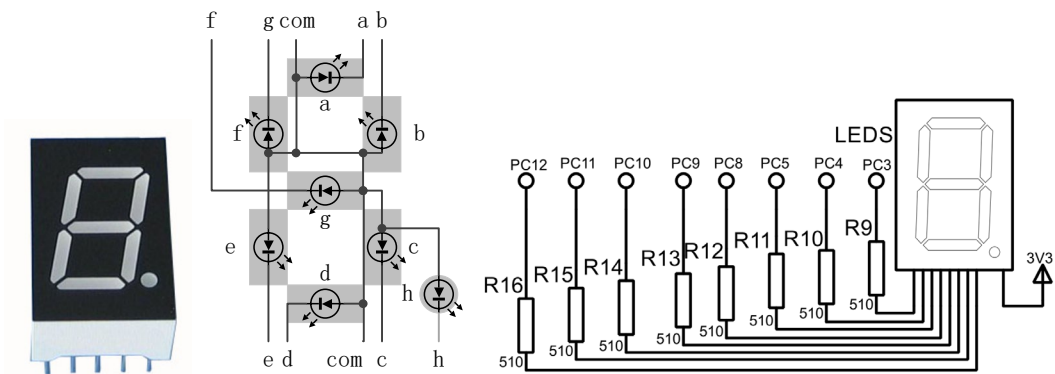


图 7 共阳数码管及内部结构图

图 8 显示电路

每段发光时压降约为 1.6V，平均电流不小于 3mA，供电采用 3.3V，故限流电阻约为 510  $\Omega$ 。因此，全亮时电流约为 24mA。

5. 按钮电路

采用 PC13 作为用户按钮输入，如图 9 所示，按下时电流约为 0.2mA。

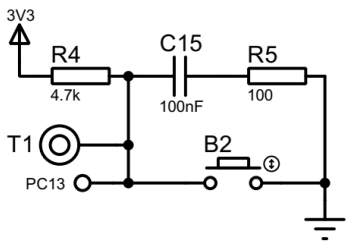


图 9 按钮电路

3 电源电路

电源采用外部 5V 的直流输入，通过肖特基二极管 1N5817 后变为 4.5V 左右。生成处理器电路所需要的 3.3V，采用稳压模块来产生，提供不少于 65mA 的电流。因此采用 HT7533 产生 3.3V 电源, 提供 100mA 电流。电路如图 10 所示，所用的电子元器件如图 11 所示。

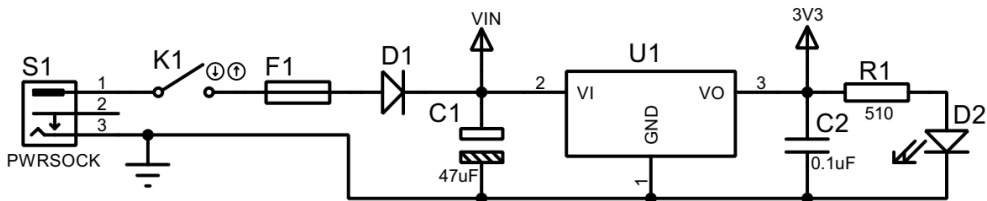


图 10 电源电路

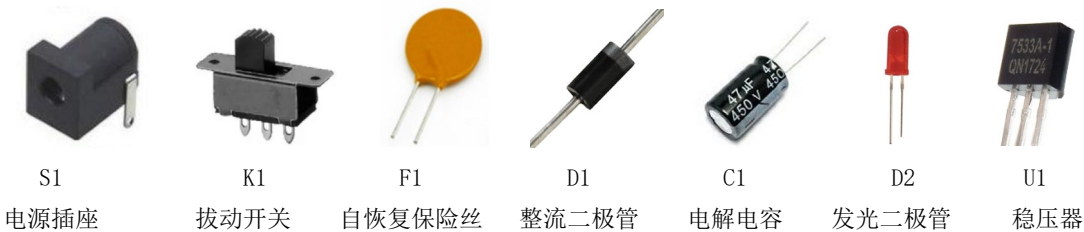


图 11 电源电路元器件