

# STM32 实战通关 ( 初级篇 )

● 孙 菁 主 编

 北京理工大学出版社  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS


# STM32 实战通关

(初级篇)

主 编 孙 菁

副主编 王雁标 张 超



 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

---

图书在版编目 (CIP) 数据

STM32 实战通关. 初级篇/孙菁主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2018. 5

ISBN 978 - 7 - 5682 - 5592 - 9

I. ①S… II. ①孙… III. ①微控制器 IV. ①TP332. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 093730 号

---

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市华骏印务包装有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 10

字 数 / 185 千字

版 次 / 2018 年 5 月第 1 版 2018 年 5 月第 1 次印刷

定 价 / 45.00 元

责任编辑 / 王艳丽

文案编辑 / 王艳丽

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

---

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

# 前言

意法半导体的 STM32 系列微控制器是嵌入式设计的佳选之一。STM32 系列不仅系统架构先进，而且家族阵容庞大，包括基于 ARM<sup>®</sup> Cortex<sup>®</sup>-M 内核（Cortex-M0、Cortex-M0+、Cortex-M3、Cortex-M4、Cortex-M7）的各级芯片，开发者能轻松获得多地供货保障和完善的开发支持。

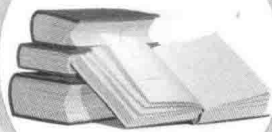
《STM32 实战通关（初级篇）》教材旨在服务于意法半导体的 STM32 初学者或已具有 51、PIC 等单片机开发经验的工程技术人员，帮助读者快速进入 32 位 ARM 嵌入式开发领域，并能开发一些简单、基本的实际应用。在读者完成本教材的学习之后，也可以通过《STM32 实战通关（中级篇）》（编写中）、《STM32 实战通关（高级篇）》（编写中）等后续教材深入学习 STM32 微控制器的开发技巧。

本教材为物联网应用技术专业与电子信息工程技术专业资深教师结合多年单片机教学积累编著而成。本教材内容深入浅出、环环相扣、案例实用，适用于本科、高职院校相关专业开设的相关课程。教材中所涉及例程、二维码扫码资源由超星慕课“STM32 单片机应用实践”（<https://mooc1-2.chaoxing.com/course/100793830.html>）同步提供。

本教材内容倾向于实用型案例的讲解。对于教材中所涉及芯片的《STM32F4xx 数据手册》《STM32F4xx 中文参考手册》《STM32F4xx 固件函数库》等技术文档中的内容，读者可在 ST 官方网站或 ST 中文论坛中下载，以配合本教材的学习。

由于作者水平所限，教材中难免有疏漏和不足之处，希望读者给予批评指正。

编者



# 目录

## 单元1 入门三宝（闪灯/定时/按键） / 1

### 1.1 开发环境的准备 / 1

#### 1.1.1 硬件开发环境 / 1

#### 1.1.2 软件开发环境 / 10

#### 1.1.3 STM32F4 的时钟和外设时钟 / 19

### 1.2 GPIO “闪灯” 实验 / 22

#### 1.2.1 原理介绍 / 23

#### 1.2.2 编程方法 / 24

#### 1.2.3 实验现象 / 29

### 1.3 GPIO 寄存器的位操作 / 30

### 1.4 SYSTICK “定时” 实验 / 31

#### 1.4.1 原理介绍 / 32

#### 1.4.2 编程方法 / 32

#### 1.4.3 实验现象 / 34

### 1.5 EXTI “按键” 实验 / 35

#### 1.5.1 原理介绍 / 35

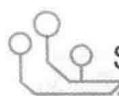
#### 1.5.2 编程方法 / 37

#### 1.5.3 实验现象 / 42

### 1.6 常用固件库函数 / 42

### 1.7 项目1：“简易电子街灯” 的设计 / 43





1.7.1 方案设计 / 43

1.7.2 关键代码 / 44

1.7.3 实验现象 / 46

### 单元2 渐入佳境(串口/实时时钟) / 47

#### 2.1 串口 USART “回声”实验 / 47

2.1.1 原理介绍 / 47

2.1.2 编程方法 / 49

2.1.3 实验现象 / 55

#### 2.2 RTC “实时时钟”实验 / 56

2.2.1 原理介绍 / 56

2.2.2 编程方法 / 56

2.2.3 实验现象 / 61

#### 2.3 常用固件库函数 / 62

#### 2.4 项目2: 满意度评价器的设计 / 63

2.4.1 方案设计 / 63

2.4.2 编程方法 / 63

2.4.3 LCD1602 的使用方法 / 66

2.4.4 实验现象 / 73

### 单元3 步步高升(STM32的定时器) / 75

#### 3.1 STM32F4 的定时器 / 75

3.1.1 定时器简介 / 75

3.1.2 定时器时钟 / 76

3.1.3 时基单元 / 77

3.1.4 输入捕获 / 77

3.1.5 输出比较 / 78

#### 3.2 PWM “呼吸灯”实验 / 79

3.2.1 原理介绍 / 80

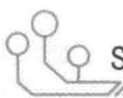
3.2.2 编程方法 / 80

3.2.3 实验现象 / 84

#### 3.3 输入捕捉“超声测距”实验 / 84

3.3.1 原理介绍 / 85

3.3.2	编程方法 / 86
3.3.3	实验现象 / 90
3.4	常用固件库函数 / 91
3.5	项目3: 高频频率计的设计 / 92
3.5.1	方案设计 / 92
3.5.2	编程方法 / 92
3.5.3	实验现象 / 97
<b>单元4 得心应手 (模/数转换器) / 99</b>	
4.1	ADC 单通道采集实验 / 99
4.1.1	原理介绍 / 99
4.1.2	编程方法 / 101
4.1.3	实验现象 / 104
4.2	ADC 的多通道采集实验 / 105
4.2.1	原理介绍 / 106
4.2.2	编程方法 / 106
4.2.3	实验现象 / 108
4.3	常用固件库函数 / 109
4.4	项目4: 图形电量指示器的设计 / 109
4.4.1	方案设计 / 109
4.4.2	编程方法 / 110
4.4.3	实验现象 / 112
<b>单元5 智能巡迹车的设计 / 113</b>	
5.1	硬件平台与搭建 / 113
5.2	总体设计 / 114
5.2.1	控制主板 / 114
5.2.2	红外检测模块 / 115
5.2.3	电机驱动模块 / 115
5.3	系统电路原理 / 116
5.3.1	电源电路 / 116
5.3.2	主控电路 / 116
5.3.3	电机驱动接口电路 / 116



- 5.3.4 红外光电传感模块接口 /117
- 5.4 原理与技术 /118
  - 5.4.1 PWM 调速原理 /118
  - 5.4.2 L298N 驱动电路 /119
  - 5.4.3 红外光电传感器 /120
  - 5.4.4 小车巡迹方式 /121
- 5.5 程序流程 /124
  - 5.5.1 主程序流程 /124
  - 5.5.2 调速算法汇总 /125
  - 5.5.3 关键代码 /127
- 附录1 设备总览 /132
- 附录2 时钟树 /133
- 附录3 STM32F40x 引脚定义 /134
- 附录4 引脚功能映射表 /145
- 参考文献 /149



# 单元 1

## 入门三宝（闪灯/定时/按键）

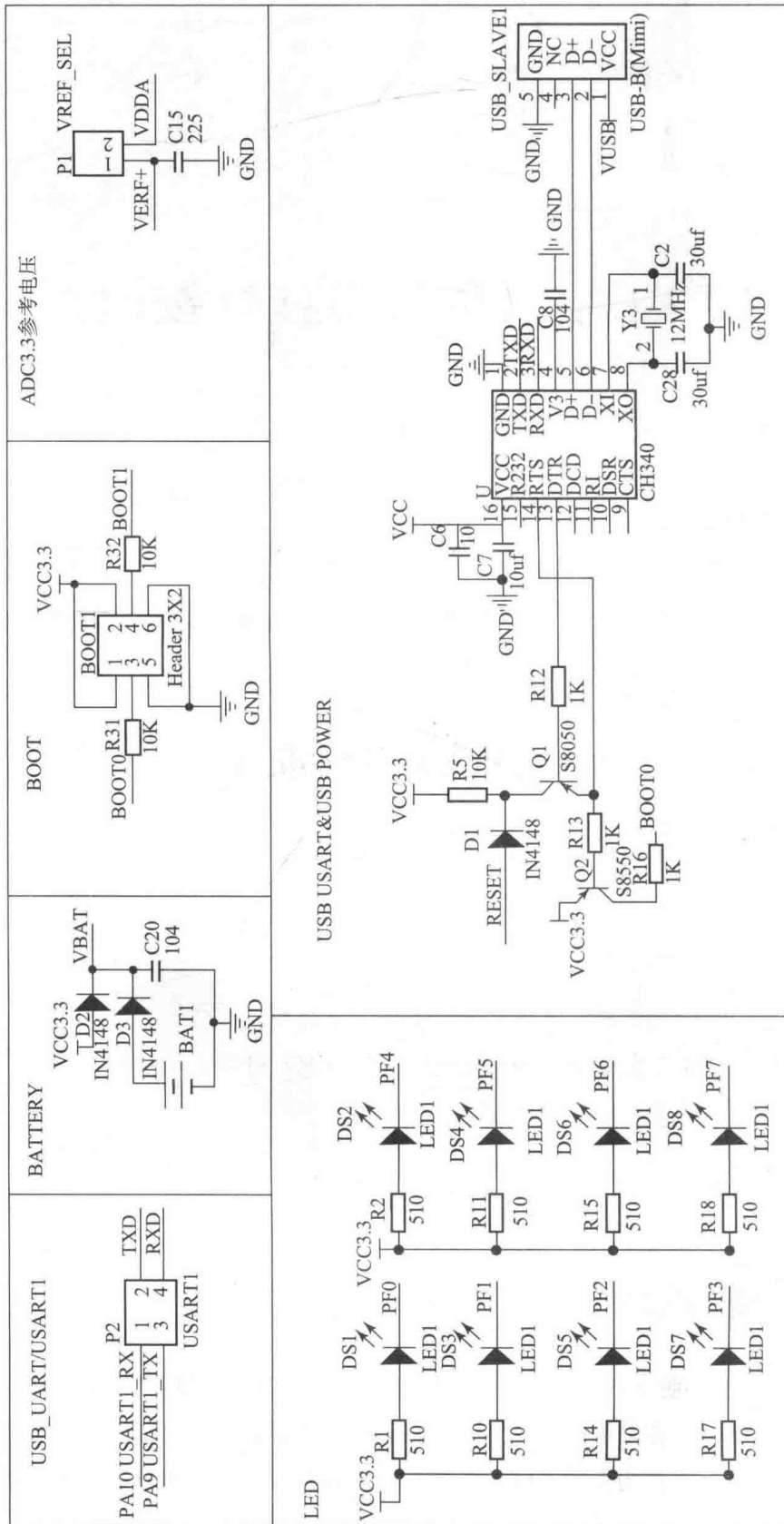
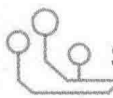
### 1.1 开发环境的准备

#### 目的

- 理解 STM32 的软硬件开发环境、典型开发流程。
- 了解“STM32 实验平台一”的硬件资源分配、时钟系统特性。
- 能建立完整的 STM32 工程模板。

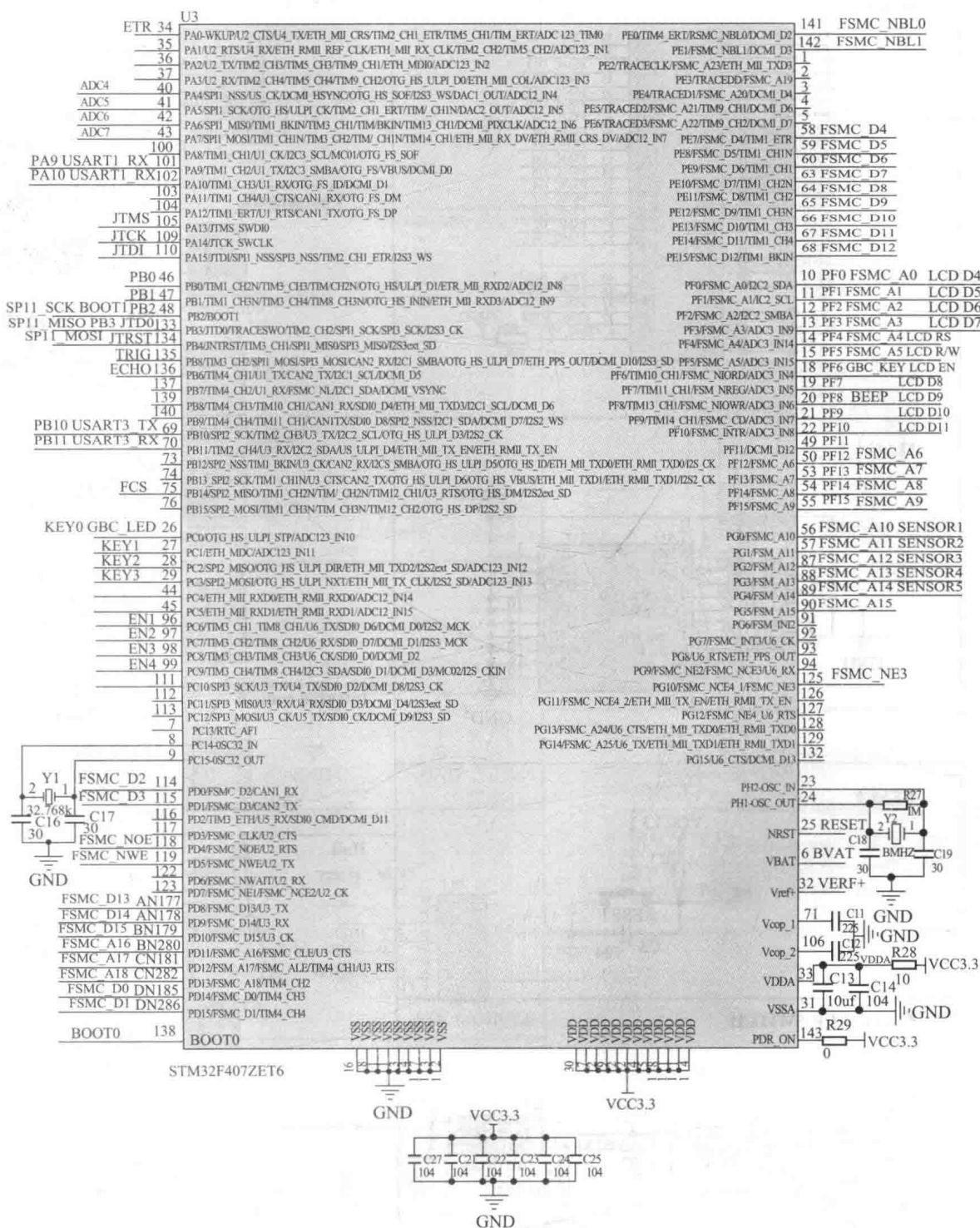
#### 1.1.1 硬件开发环境

为了更好地说明 STM32 的开发技术，本教材以 STM32F4 家族中的成员 STM32F4ZGT6 为例，编写了大量基础、实用的教学案例，辅以编写组自主开发的“STM32 实验平台一”作为教学案例的配套实验平台。实验平台原理如图 1.1 所示。



(a)  
图1.1

MCU



(b)

图 1.1 (续)

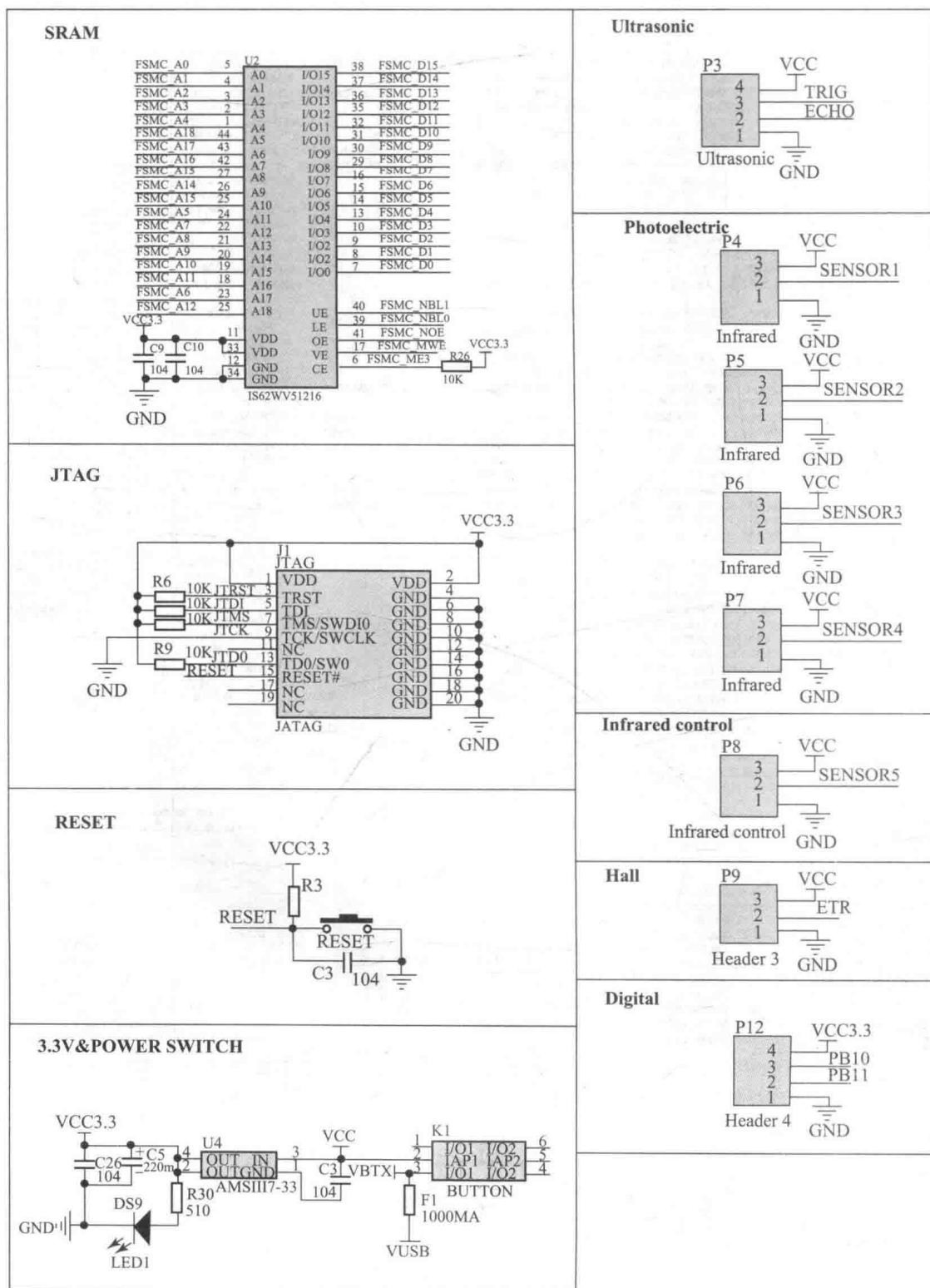
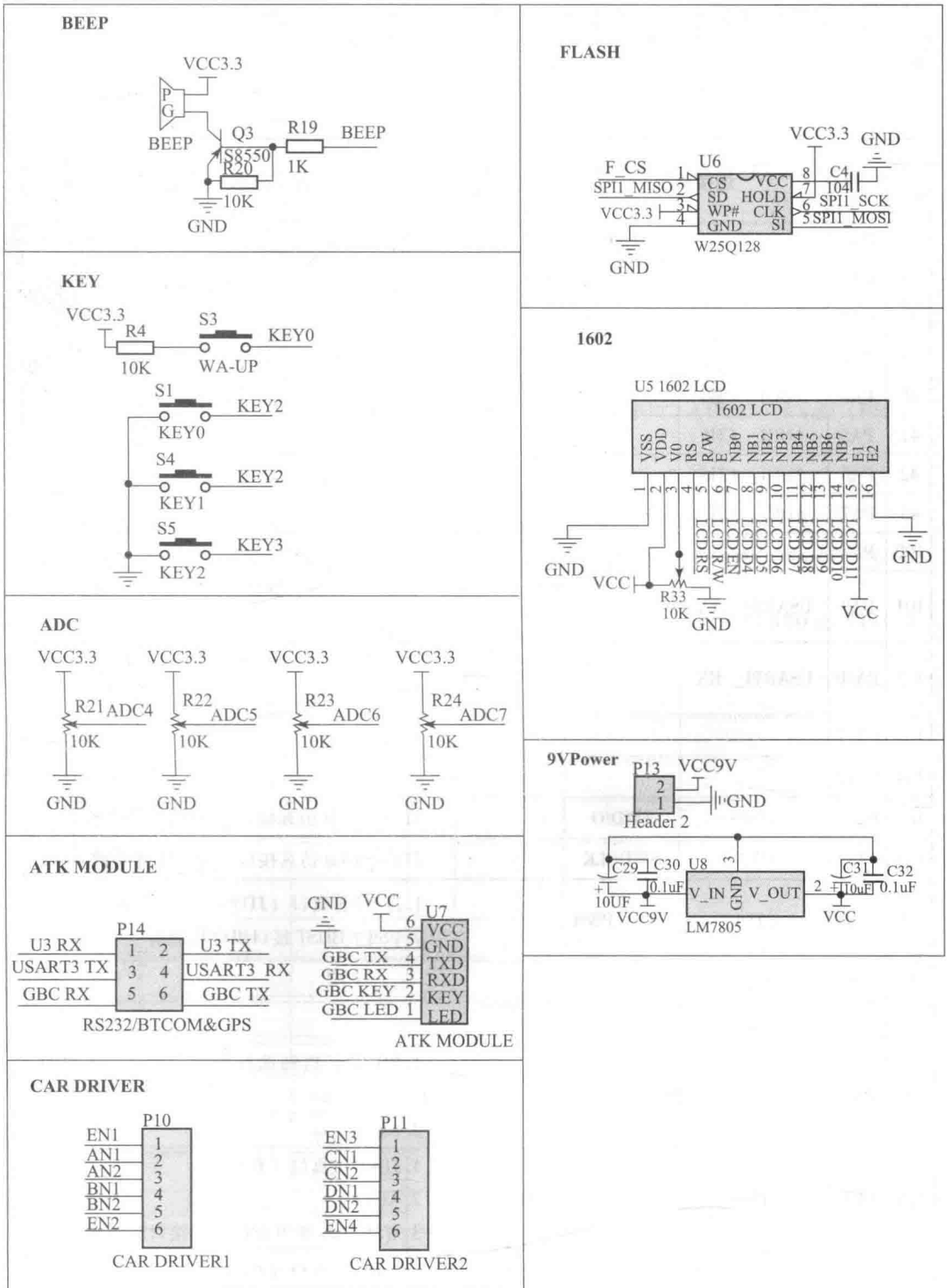


图 1.1 (续)



(c)

图 1.1 (续)

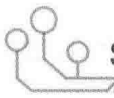


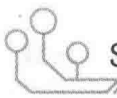
表 1.1 对板载资源进行了详细的说明。没有连接关系说明的引脚被扩展为外部插针。

表 1.1

引脚编号	GPIO	连接资源		连接关系说明	
34	PA0		ETR		芯片唤醒
35	PA1				
36	PA2				
37	PA3				
40	PA4	ADC1_ CH4			
41	PA5	ADC1_ CH5			
42	PA6	ADC1_ CH6			
43	PA7	ADC1_ CH7			
100	PA8				
101	PA9	USART1_ TX			串口 1 TX 脚, 默认连接 CH340 的 RX (P6 设置)
102	PA10	USART1_ RX			串口 1 RX 脚, 默认连接 CH340 的 TX (P6 设置)
103	PA11				
104	PA12				
105	PA13	JTMS	SWDIO		JTAG/SWD 仿真接口, 没接任何外设
109	PA14	JTCK	SWDCLK		JTAG/SWD 仿真接口, 没接任何外设
110	PA15	JTDI	USB_ PWR		1. JTAG 仿真口 (JTDI) 2. USB_ HOST 接口供电控制脚
46	PB0				
47	PB1				
48	PB2	BOOT1			1. BOOT1, 启动选择配置引脚 (仅上电时用) 2. KEY1
133	PB3	JTDO		SPI1_ SCK	1. JTAG 仿真口 (JTDO) 2. KEY2 3. W25Q128 和 WIRELESS 接口的 SCK 信号
134	PB4	JTRST		SPI1_ MISO	1. JTAG 仿真口 (JTRST) 2. W25Q128 和 WIRELESS 接口的 MISO 信号

续表

引脚 编号	GPIO	连接资源		连接关系说明	
135	PB5	TRIG		SPI1_ MOSI	1. 超声波引脚 2. W25Q128 和 WIRELESS 接口的 MOSI 信号
136	PB6	ECHO			超声波引脚
137	PB7				
139	PB8				
140	PB9				
69	PB10	USART3_ TX			1. RS232 串口 3 (COM3) RX 脚 (P10 设置) 2. ATK - Module 接口的 RXD 脚 (P10 设置)
70	PB11	USART3_ RX			1. RS232 串口 3 (COM3) RX 脚 (P11 设置) 2. ATK - Module 接口的 RXD 脚 (P11 设置)
73	PB12				
74	PB13				
75	PB14	F_ CS			
76	PB15				
26	PC0		KEY0		
27	PC1		KEY1		
28	PC2		KEY2		
29	PC3		KEY3		
44	PC4				
45	PC5				
96	PC6		car_ en1		小车电机 1 使能引脚
97	PC7		car_ en2		小车电机 2 使能引脚
98	PC8		car_ en3		小车电机 3 使能引脚
99	PC9		car_ en4		小车电机 4 使能引脚
111	PC10				
112	PC11				
113	PC12				



续表

引脚编号	GPIO	连接资源		连接关系说明
7	PC13			
8	PC14		RTC 晶振	接 32.768kHz 晶振, 不可用作 IO
9	PC15		RTC 晶振	接 32.768kHz 晶振, 不可用作 IO
114	PD0	FSMC_ D2		FSMC 总线数据线 D2 (SRAM 用)
115	PD1	FSMC_ D3		FSMC 总线数据线 D3 (SRAM 用)
116	PD2			
117	PD3			
118	PD4	FSMC_ NOE		FSMC 总线 NOE (RD) (SRAM 用)
119	PD5	FSMC_ NWE		FSMC 总线 NWE (WR) (SRAM 用)
122	PD6			
123	PD7			
77	PD8	FSMC_ D13	AN1	FSMC 总线数据线 D13 (SRAM 用) / 小车驱动方向引脚
78	PD9	FSMC_ D14	AN2	FSMC 总线数据线 D14 (SRAM 用) / 小车驱动方向引脚
79	PD10	FSMC_ D15	BN1	FSMC 总线数据线 D15 (SRAM 用) / 小车驱动方向引脚
80	PD11	FSMC_ A16	BN2	FSMC 总线地址线 A16 (SRAM 用) / 小车驱动方向引脚
81	PD12	FSMC_ A17	CN1	FSMC 总线地址线 A17 (SRAM 专用) / 小车驱动方向引脚
82	PD13	FSMC_ A18	CN2	FSMC 总线地址线 A18 (SRAM 专用) / 小车驱动方向引脚
85	PD14	FSMC_ D0	DN1	FSMC 总线数据线 D0 (SRAM 共用) / 小车驱动方向引脚
86	PD15	FSMC_ D1	DN2	FSMC 总线数据线 D1 (SRAM 共用) / 小车驱动方向引脚
141	PE0	FSMC_ NBLO		FSMC 总线 NBLO (SRAM 专用)
142	PE1	FSMC_ NBLI		FSMC 总线 NBLI (SRAM 专用)
1	PE2			
2	PE3			
3	PE4			



续表

引脚编号	GPIO	连接资源			连接关系说明
4	PE5				
5	PE6				
58	PE7	FSMC_ D4			FSMC 总线数据线 D4 (SRAM 共用)
59	PE8	FSMC_ D5			FSMC 总线数据线 D5 (SRAM 共用)
60	PE9	FSMC_ D6			FSMC 总线数据线 D6 (SRAM 共用)
63	PE10	FSMC_ D7			FSMC 总线数据线 D7 (SRAM 共用)
64	PE11	FSMC_ D8			FSMC 总线数据线 D8 (LCD/SRAM 共用)
65	PE12	FSMC_ D9			FSMC 总线数据线 D9 (LCD/SRAM 共用)
66	PE13	FSMC_ D10			FSMC 总线数据线 D10 (LCD/SRAM 共用)
67	PE14	FSMC_ D11			FSMC 总线数据线 D11 (LCD/SRAM 共用)
68	PE15	FSMC_ D12			FSMC 总线数据线 D12 (LCD/SRAM 共用)
10	PF0	FSMC_ A0	LED0	LCD D4	FSMC 总线地址线 A0 (SRAM 专用) / 1602 LCD
11	PF1	FSMC_ A1	LED1	LCD D5	FSMC 总线地址线 A1 (SRAM 专用)
12	PF2	FSMC_ A2	LED2	LCD D6	FSMC 总线地址线 A2 (SRAM 专用)
13	PF3	FSMC_ A3	LED3	LCD D7	FSMC 总线地址线 A3 (SRAM 专用)
14	PF4	FSMC_ A4	LED4	LCD_ RS	FSMC 总线地址线 A4 (SRAM 专用)
15	PF5	FSMC_ A5	LED5	LED_ R/W	FSMC 总线地址线 A5 (SRAM 专用)
18	PF6	GBC_ KEY	LED6	LCD EN	1. 接 ATK - Module 接口的 KEY 脚 2. 接 LED 灯 3. 接 1602LCD 使能端
19	PF7		LED7	LCD D8	LED 1602 总线
20	PF8	BEEP		LCD D9	接蜂鸣器 (BEEP)
21	PF9			LCD D10	1602 总线
22	PF10			LCD D11	1602 总线
49	PF11				
50	PF12	FSMC_ A6			FSMC 总线地址线 A6 (SRAM/LCD 共用)
53	PF13	FSMC_ A7			FSMC 总线地址线 A7 (SRAM 专用)
54	PF14	FSMC_ A8			FSMC 总线地址线 A8 (SRAM 专用)