

# 新一代嵌入式微处理器 STM32F103 开发与应用

孙书鹰 陈志佳 寇 超

(机械工程学院 光学与电子工程系 石家庄 050003)

**摘要:** 基于 Cortex-M3 内核的 STM32F103 系列芯片是新型的 32 位嵌入式微处理器, 它是不需操作系统的 ARM, 其性能远高于 51 系列单片机, 但开发过程与 51 系列单片机一样简便, 因而在很多应用场合可替代 51 系列单片机。本文从 STM32F103 系列芯片性能特点和片上资源入手, 重点介绍其开发工具以及开发流程。并以温度测量为例, 具体说明了基于 Keil? Vision4 软件的工程建立、源程序编辑、编译, 基于 J-Link 仿真器的程序下载, 程序在线调试, 片上运行等过程, 最终测量的温度转换为数字量, 通过串口发送至 PC 机显示。

**关键词:** STM32F103 芯片 嵌入式微处理器 温度测量

## The Developing and Application of the New Generation of Embedded MPU – STM32F103

SUN Shuying CHEN Zhijia KOU Chao

(Department of Optical and Electronic Engineering, Ordnance Engineering College Shijiazhuang 050003, China)

**Abstract** STM32F103 series chip based on Cortex-M3 core is a new type of 32-bit embedded MPU. It is a kind of ARM that doesn't need any operating system, and its performance is much better than 51 series SCM, but its developing process is as easy as 51 series SCM. Therefore, it can replace 51 series SCM in many occasions. Starting with performance characteristic and resources on chip, the developing tools and flow are emphasized in this article. Then taking temperature measurement as an example, the process of project building, source program edition and translation based on Keil? Vision4 software, program downloading based on J-Link emulator, program debugging on-line and running on the chip are specified. Finally, the temperature is converted to digital number and transmitted to the PC via serial port.

**Keywords** STM32F103 chip embedded MPU, temperature measurement

## 1 引言

嵌入式微处理器正越来越广泛的应用在生产生活的各个领域, 但是传统的嵌入式微处理器要么是 8 位的处理器, 性能有限, 要么是 32 位基于 ARM 的微处理器在使用上需要嵌入式操作系统的支持, 比如 Linux 操作系统, 使得系统不够精炼。这一情况直到 ARM 公司推出 Cortex-M 内核才得以改善, 它无需操作系统, 可以像单片机一样使用 Keil C 语言进行编程, 极大的减少了开发者的工作量。2007 年 6 月, ST 公司及时推出了一款基于 Cortex-M3 内核的新型 ARM 处理器: STM32 系列微处理器。本文以 STM32F103 处理器为例, 列举了开发需要用到的各种软硬件资源及其作用, 较详细介绍了处理器开发使用方法, 随后具体到以温度传感器检测温度这一实际应用, 给开发者提供一个更加直观的印象, 目的就是让开发者能尽快了解熟悉该处理器的特点, 掌握该系列处理器的开发使用方法。

2 STM32F103系列微处理器简介

STM 32F 103系列微处理器是首款基于 ARM v7-M 体系结构的 32位标准 RISC(精简指令集)处理器, 提供很高的代码效率, 在通常 8位和 16位系统的存储空间上发挥了 ARM 内核的高性能。该系列微处理器工作频率为 72MHz, 内置高达 128K 字节的 Flash存储器和 20K 字节的 SRAM, 具有丰富的通用 I/O 端口<sup>[1]</sup>。作为最新一代的嵌入式 ARM 处理器, 它为实现 MCU 的需要提供了低成本的平台、缩减的引脚数目、降低的系统功耗, 同时提供了卓越的计算性能和先进的中断响应系统。丰富的片上资源使得 STM 32F103系列微处理器在多种领域如电机驱动、实时控制、手持设备、PC 游戏外设和空调系统等<sup>[2]</sup>都显示出了强大的发展潜力。

STM 32F 103系列微处理器主要资源和特点如下:

- (1) 多达 51个快速 I/O 端口, 所有 I/O 口均可以映像到 16个外部中断, 几乎所有端口都允许 5V 信号输入。每个端口都可以由软件配置成输出(推挽或开漏)、输入(带或不带上拉或下拉)或其它的外设功能口。
- (2) 2个 12位模数转换器, 多达 16个外部输入通道, 转换速率可达 1MHz, 转换范围为 0~ 3. 6V; 具有双采样和保持功能; 内部嵌入有温度传感器, 可方便的测量处理器温度值。
- (3) 灵活的 7路通用 DMA 可以管理存储器到存储器、设备到存储器和存储器到设备的数据传输, 无须 CPU 任何干预。通过 DMA 可以使数据快速地移动, 这就节省了 CPU 的资源来进行其他操作。DMA 控制器支持环形缓冲区的管理, 避免了控制器传输到达缓冲区结尾时所产生的中断。它支持的外设包括: 定时器、ADC、SPI、I2C和 USART 等。
- (4) 调试模式: 支持标准的 20脚 JTAG 仿真调试以及针对 Cortex-M3内核的串行单线调试(SWD)功能。通常默认的调试接口是 JTAG 接口。
- (5) 内部包含多达 7个定时器, 具体名称和功能如表 1所示。
- (6) 含有丰富的通信接口: 三个 USART 异步串行通信接口、两个 I2C 接口、两个 SPI接口、一个 CAN 接口和一个 USB接口, 为实现数据通信提供了保证。

表 1 各个定时器名称及其作用

名称	数目	作用
通用定时器	3	16位定时器, 每个定时器有 4个用于输入捕获/输出比较/PWM 或脉冲计数的通道
高级控制定时器	1	16位 6通道高级控制定时器, 可以控制 6路 PWM 输出, 波形可选择边缘或中间对齐, 并且带有死区控制、紧急制动等功能
看门狗定时器	2	分为独立看门狗和窗口看门狗: 独立看门狗可以用于在发生问题时复位整个系统, 或作为一个自由定时器为应用程序提供超时管理; 窗口看门狗具有早期预警中断功能, 用于在发生问题时复位整个系统
系统时基定时器	1	24位的递减计数器, 主要用于实时操作系统, 亦可作为一个标准的递减计数器

3 开发工具和流程

3.1 开发工具

对 STM 32F 103系列 MPU 开发前, 需要准备相应的软硬件。其中硬件主要包括 STM 32F103开发板(或用户目标板)、J-Link下载仿真器等; 软件主要包括 Keil uVision4 IDE 开发平台。下面对各自的功能和特点做简要说明。

- (1) STM 32F103开发板(或用户目标板)是开发目标对象。
- (2) J-Link下载仿真器是程序下载的枢纽, 它带有的标准 20芯扁平电缆可将程序通过 JTAG 接口下载

到处理器内部存储空间; 无需外部供电, 用 USB 连接线与 PC 机连接好后即可工作; 还具有下载速度快、功耗低的特点。

(3) Keil  $\mu$ Vision4 IDE 是一个基于窗口的软件开发平台, 它集成了强大而且现代化的编辑器、工程管理器 and make 工具, 几乎集成了嵌入式系统开发所需的全部工具: C/C++ 编译器、宏汇编器、链接、定位器、HEX 文件生成器等。该软件提供了两种工作模式: 编译和调试模式。在编译模式中, 开发者可以创建工程、选择目标器件、新建文件、输入源代码、生成可执行文件; 调试模式中, 开发者可以利用其强大的集成调试器对应用程序进行调试, 如设置断点、单步执行等, 方便了程序错误的查找和修改。

3.2 开发流程

- (1) 用 J-Link 仿真器将 PC 机和 STM32F103 开发板连接起来。
  - (2) 使用 Keil  $\mu$ Vision4 IDE 开发平台创建新工程, 编写源程序。
- 打开 Keil  $\mu$ Vision4 软件, 创建新的工程文件, 为该工程选择器件: STMicroelectronics 公司的 STM32F103R8 芯片, 单击确定后会弹出对话框, 提示是否选择将启动代码添加到目标工程。启动代码用来完成系统的初始化工作, 对于嵌入式系统来说是必不可少的。选择“是”将启动代码加入到目标工程, 这样可以大大节省启动代码的编写工作。工程创建完毕后, 即可在该工程下新建 C 文件, 编写源程序, 完成后将其添加到工程中。最后将库文件 STM32F10xR.LIB 和 STM32F10xD.LIB 也添加到工程中。至此, 程序创建工作结束。所需源文件及功能如表 2 示。

表 2 完整工程所需文件

文件	功能	备注
stm32f10x.s	CPU 相关启动代码, 初始化目标设备的配置	启动代码, 工程创建时按提示添加即可
main.c	主程序和系统时钟、通用 I/O 口、中断控制器等的配置	主函数文件, 由开发者自己编写
stm32f10x_it.c	包含了所有的中断处理程序 (所有函数体默认为空)	该文件可以独立出来, 也可以合并到 main 函数文件中
STM32F10xR.LIB	STM32F10X 系列处理器的固件库, 定义了片上外围接口的各种数据结构及基本驱动函数	这两个库文件均位于 Keil\ARM\RV31\LIB\ST 目录下
STM32F10xD.LIB		

- (3) 程序的编译、下载、仿真和调试等。
- 程序编写完成后即可编译文件, 编译无错误后选择 Options 选项, 在 Debug 程序编译链接成功之后, 选择 Project/Options for Target, 打开对话框后, 选择 Debug 选项卡, 在 Use 下拉按钮中选择 Cortex-M3 J-Link, 选择好后点击 settings 在弹出的对话框中点击 Add 按钮, 选择 STM32F10x Medium-density Flash, 点击 OK 完成配置。通过 Load 即可将程序下载到目标器件中。如图 1 所示。
- 如果需要对程序进行在线调试, 选择 Start/Stop Debug Session, 这时可以插入断点、设置指针、单步执行、复位等, 还可以观察各个寄存器值的变化, 进行波形仿真。总之可以很方便的在线调试程序。

4 应用程序开发实例

下面以温度测量为例, 具体介绍 STM32F103 处理器的开发使用方法。该处理器带有 12 位逐次逼近式 ADC, 其输入量程为  $V_{REF-} \sim V_{REF+}$ , 在 LQFP64 引脚或更少的引脚封装形式中, 它们在芯片内部与 ADC 的地  $V_{SSA}$  和电源  $V_{DDA}$  相连。由于 STM32 处理器在本设计中采用 3.3V 电压供电, 因此其输入量程为 0~3.3V。处理器内部自带一个温度传感器, 它感知到 MPU 周围的温度变化, 将其转化为电压的变化。该传感器的温度适应范围很宽, 可以测量  $-40^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$  之间变化的温度值, 转换精度为  $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ , 能够较好的满足温度测量的任务。

4.1 AD转换和数据传输

通常情况下,内部温度传感器是关闭的,为了使其正常工作,首先需要选择 ADC\_N16通道,因为该通道是内部通道,与温度传感器直接相连,其次要设置相关功能寄存器 ADC\_CR2的 TSVREFE位,开启温度传感器和 VREFNT通道。

编写 main.c文件时,首先配置系统时钟,然后进行引脚配置,主要是为串口数据发送和接收配置引脚,本设计采用通用 I/O 口 PB.10作为串口发送引脚,配置为推挽式输出,速度为 50MHz,将通用 I/O 口 PB.11作为串口接收引脚,浮空输入模式。然后配置串口工作方式及中断,设置波特率为 9600Baud,8位数据位、无校验位、1位停止位、无硬件流控制。然后使能串口的中断、发送、接收。将 AD 转换通道设为通道 16 使能温度传感器。检测到 ADC 校准寄存器复位完成后,启动 ADC 校准,校准完成后软件触发启动 ADC 转换。设置 while无限循环,等待串口中断,在中断程序 stm32f10x\_it.c文件中,将转换结果数据通过串口发送到 PC 机。流程图如图 2所示。

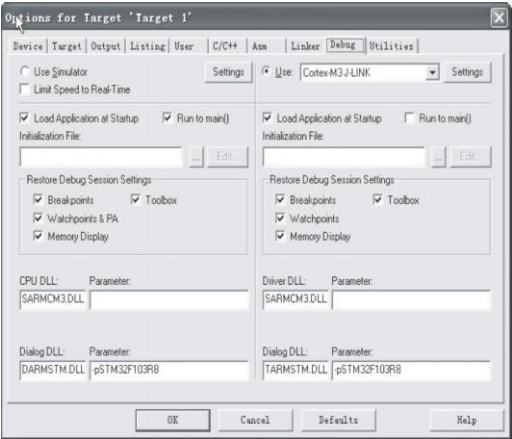


图 1 Dubug选项的配置

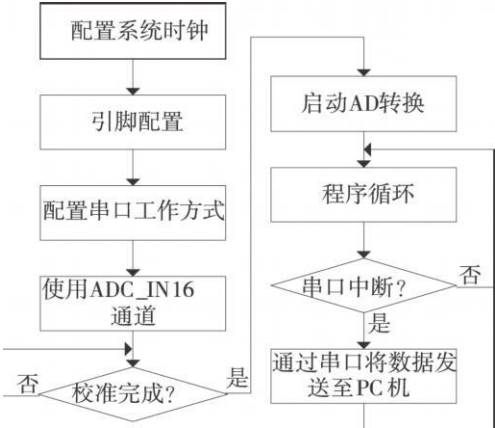


图 2 温度测量流程图



图 3 C++ Builder显示界面

4.2 显示界面的设计

在 PC 机上,使用 C++ Builder<sup>[4]</sup>软件制作显示界面。编写串口接收程序,将串口设置与发端一致,接收数据时以双字节十六进制形式接收。接收到的数据大小介于 0~ 0xFFFF之间,换算为十进制数介于 0~ 4095之间。由于  $V_{REF-} = 0V$ ,  $V_{REF+} = 3.3V$ , 因此,根据数值和电压值的关系算得当前电压值。 $V_{SENSE} = Data/4096 \times 3.3V$ 。比如,若当前得到十进制数值为 1773 则根据上述公式算得当前电压为 1.428V。得到电压

值之后, 由公式:

$T_A = \{ (V_{25} - V_{SENSE}) / Avg\_Slope \} + 25$  可进一步算出当前温度值<sup>[3]</sup>。其中,  $V_{25}$  为  $V_{SENSE}$  在  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  时的大小, 其值为  $1.43\text{V}$ ;  $Avg\_Slope$  为温度与  $V_{SENSE}$  曲线的平均斜率, 大小为  $4.3\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ 。根据上例得出的当前电压  $1.428\text{V}$ , 可推算得温度值为  $25.36\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。得出结果的同时将该温度值在该界面中显示出来。结果显示如图 3 所示。

## 5 结束语

基于 Cortex-M3 内核的 STM32F103 系列处理器是新型的嵌入式微处理器, 它在各方面指标上都远远优于 51 系列单片机, 但是其开发使用方法却和 51 系列单片机一样简便, 而且不需要操作系统的支持, 因此开发工作量比起传统的嵌入式系统大大减少了。这些突出的优势使得 STM32 系列处理器在生产生活的各个领域都有很大的发展潜力, 得到了越来越广泛的应用。本文从该款处理器的资源、性能和特点入手, 较详细的介绍了其开发工具和开发流程, 特别对 KeilVision4 开发平台的使用做了详细的说明。最后以温度测量实验为例, 具体讲解了片上 AD 资源的开发使用方法, 给读者提供了一个直观的印象, 为开发者更好的使用该款微处理器提供借鉴。

## 参 考 文 献

- [1] 李宁. 基于 MDK 的 STM32 处理器开发应用 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2008.
- [2] 刘同法. ARM Cortex-M3 内核微控制器快速入门与应用 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2009.
- [3] 田立, 田清, 代方震. 51 单片机 C 语言程序设计快速入门 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2007.
- [4] 吴逸贤, 吴目诚. 精彩 C++ Builder6 程序设计 [M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [5] 石嘉顺, 马重. 基于单片机实现控制温度可调的温控开关 [J]. 微计算机应用, 2007, 28(8): 876-880

作者简介:

孙书鹰, 男, 1957 年生, 副教授, 主要研究方向: 导航制导与控制。

陈志佳, 男, 1986 年生, 硕士研究生, 主要研究方向: 通信与信息系统。

寇超, 男, 1985 年生, 硕士研究生, 主要研究方向: 通信与信息系统。