

doi: 10.7690/bgzd.2014.09.020

# STM32F37XX 微控制器 I<sup>2</sup>C 接口在三相电参数采集模块中的应用

肖婉

(绵阳市维博电子有限责任公司传感器技术部, 四川 绵阳 621000)

**摘要:** 针对 CPU 外围芯片增多、芯片间通信要求增高, 接口短缺、通信繁复等问题, 以 I<sup>2</sup>C 在三相电参数采集模块中的应用为例, 阐述 STM32F37 系列微控制器 I<sup>2</sup>C 的工作原理及工作流程。介绍了 I<sup>2</sup>C 接口的硬件设计、接口初始化及数据传输实现方式, 并通过详述其时序、滤波器设置及数据重载工作原理, 分析它在数据传输中的优势和特点。结果表明: 此 I<sup>2</sup>C 接口在使用中可灵活设置、准确传输, 具有接口程序可移植性强、硬件设计简单等优点。

**关键词:** STM32F37XX; I<sup>2</sup>C; 重载; 参数采集; Cortex-M4; 停止模式

**中图分类号:** TP274 **文献标志码:** A

## Applications of STM32F37XX Microcontroller I<sup>2</sup>C Interface in Three-Phase Electrical Parameter Collection Module

Xiao Wan

(Department of Sensor Technology, Mianyang Weibo Electronics Co., Ltd, Mianyang 621000, China)

**Abstract:** Aiming at the problems such as the increase of CPU peripheral chips, chip communication requirements, the shortage of communication interface, the communication complexity etc, this paper elaborates the I<sup>2</sup>C work principle and work process of STM32F37 series microcontroller, with the application of I<sup>2</sup>C in the multifunctional electrical transducer. It introduces the hardware design, the initialization and the implementation of the data transmission of the STM32F37XX's I<sup>2</sup>C interface, analyzes the advantages and characteristics of the interface in data transmission by detailing its sequence, filter set and data reload works. The results show that the I<sup>2</sup>C interface can transmit data accurately, and it can be set flexibly, with the advantage of interface program portability, simple hardware design etc.

**Keywords:** STM32F37XX; I<sup>2</sup>C; reload; parameters collection; Cortex-M4; stop mode

### 0 引言

随着 CPU 外围芯片的增多、芯片间通信要求的增高, 接口短缺、通信繁复等问题逐一暴露出来, I<sup>2</sup>C 的出现很好地解决了这些问题。同时, I<sup>2</sup>C 的协议完善、适用性广等优点也令其被广泛采用。

三相电参数采集模块可以监测电网电压、电流、功率、电能、谐波和电网运行状态等各项电参数, 在电网监测、能耗分析等领域获得广泛应用。三相电参数采集模块因其功能复杂、精度高等特点, 在 CPU 选取上要求满足高主频、高精度、多引脚等各项指标, STM32F37XX 很好地满足了以上所有要求。同时, 相对于以往的 I<sup>2</sup>C, 意法半导体新推出的这一系列基于 Cortex-M4 的微控制器在 I<sup>2</sup>C 设计上有所改进: 可选择的 DMA 缓存功能, 减轻 CPU 负荷; 可编程的数字滤波器与可选择的模拟滤波器结合, 提高了总线抗干扰能力; 数据长度控制位 (NBYTES[7:0])、装载模式以及停止模式的组合提

高总线传输可靠性, 提升数据传输率; I<sup>2</sup>C 总线接口通过设置控制寄存器, 将起始条件与从设备地址按序发出的工作模式, 简化了用户操作流程。

基于此, 笔者以 I<sup>2</sup>C 在三相电参数采集模块中的应用为例, 对 STM32F37XX 微控制器的 I<sup>2</sup>C 工作原理及工作流程进行了详细阐述。

### 1 I<sup>2</sup>C 工作原理

#### 1.1 I<sup>2</sup>C 总线协议<sup>[1]</sup>

I<sup>2</sup>C 总线由串行数据线 (serial data line, SDA) 和串行时钟线 (serial clock line, SCL) 组成。

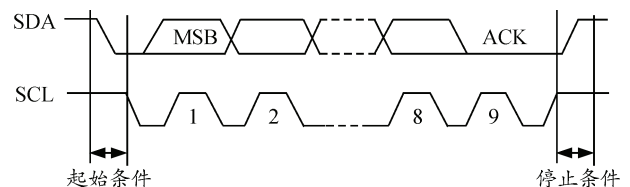


图 1 I<sup>2</sup>C 总线协议

总线上存在主从机关系, 主机是初始化发送、

收稿日期: 2014-06-04; 修回日期: 2014-07-14

作者简介: 肖婉(1987—), 女, 四川人, 学士学位, 从事智能电量隔离传感器的设计与开发研究。

产生时钟信号和终止发送的器件, 从机是被主机寻址的器件。由 SCL 上时钟信号与 SDA 上数据信号构成的 I<sup>2</sup>C 总线协议, 如图 1 所示。



图 2 连续写 N 字节



图 3 连续读 N 字节

## 2 硬件设计

本产品 CPU 采用 STM32F373RCT6 芯片, 同时为累积电能与需量(规定时间内的平均功率)等参数, 在电路中加入时钟芯片与铁电存储器。

### 2.1 主要元器件介绍

#### 2.1.1 STM32F373RCT6 单片机<sup>[3]</sup>

STM32F3 系列微控制器整合了带有 DSP 与 FPU 指令、工作频率为 72 MHz 的 32 位 ARM Cortex-M4 内核和高级模拟外设, 实现了最佳集成, 提高了灵活性。STM32F373RCT6 作为该系列中的一员, 拥有 72 MHz 主频、16 位 SDADC、256kflash、32kRAM 以及两路 I<sup>2</sup>C 接口。STM32F373RCT6 的 I<sup>2</sup>C 接口内部配置有模拟滤波器与可编程数字滤波器, 接口可产生并检测 7 位/10 位地址和广播呼叫, 总线速度最高可达 1 MHz, 接口的 1 字节 DMA 缓存功能可减轻 CPU 负荷, 同时, 接口总线的数据设置及保持时间可编程。

#### 2.1.2 时钟芯片

采用低功耗实时时钟/日历芯片, 数据通过 I<sup>2</sup>C 总线接口串行传递, 固定的 I<sup>2</sup>C 总线地址。

#### 2.1.3 铁电存储器

采用无限次读写次数的非易失性铁电随机存储器, 快速两线串行协议, 通过变更芯片管脚高低电平设置总线地址。

### 2.2 硬件设计框图

在产品设计中, 将 STM32F373RCT6 作为主机, 时钟芯片与铁电存储器均作为从机。从机芯片利用 I<sup>2</sup>C 的寻址功能, 串联在同一总线上分别实现与 STM32F373RCT6 的数据交互, 硬件设计如图 4。

### 1.2 I<sup>2</sup>C 数据传输<sup>[2]</sup>

I<sup>2</sup>C 总线传输串行数据, 其传输速率可设置, 传输模式如图 2、图 3 所示。

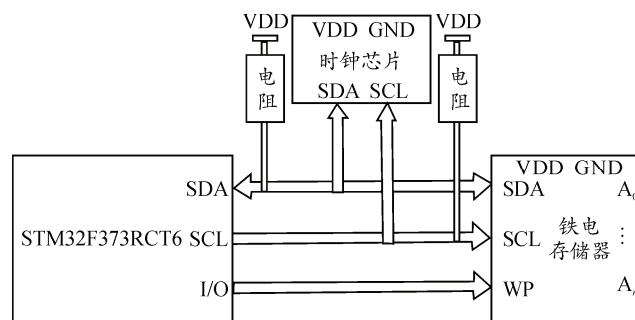


图 4 硬件框图

STM32F373RCT6 的 I<sup>2</sup>C 接口引脚 SCL 与 SDA 均为开漏输出, 因此在引脚 SDA 与 SCL 上需要分别匹配 1 个上拉电阻。上拉电阻在阻值的选取上, 除了依据 VDD 的大小, 还要兼顾波形延时、过冲等因素。三相电参数采集模块设计中, STM32F373RCT6 的供电电源为 3.3 V, 综合各方因素, 选择上拉电阻阻值为 4.7 kΩ。

## 3 软件设计

### 3.1 STM32F37XX 的 I<sup>2</sup>C 初始化<sup>[4]</sup>

STM32F373RCT6 作为系统设计中的主机, 上电伊始需要对其 I<sup>2</sup>C 接口进行初始化。

与其他微控制器相比, STM32F37XX 的 I<sup>2</sup>C 接口有所不同: 两路可选时钟源、新增可编程数字滤波器、7 位/10 位地址模式、DMA 缓存功能, 因此在初始化时, 需要对以上几点进行相应初始化。

STM32F37XX 微控制器的 I<sup>2</sup>C 初始化包括时钟选择、时钟使能、滤波器设置、时序设置、中断使能和 DMA 使能等, 初始化流程如图 5 所示。

STM32F37XX 微控制器 I<sup>2</sup>C 支持 3 种速度模式: 标准模式(100 kHz)、快速模式(400 kHz)、超速模式(1 MHz), 通过配置时钟寄存器选择 I<sup>2</sup>C 的总线速度。时序的配置遵循以下几点:

$$(SCLH+1) \times (PRESC+1) \times t_{12CCLK} = t_h \quad (1)$$

$$(SCLL+1) \times (PRESC+1) \times t_{12CCLK} = t_L \quad (2)$$

$$SDADEL \leq \{t_{HD} - 260 \text{ ns} - [(DNF+3) \times t_{12CCLK}]\} / \{(PRESC+1) \times t_{12CCLK}\} \quad (3)$$

$$SDADEL \geq \{t_f + t_{HD} - 50 \text{ ns} - [(DNF+2) \times t_{12CCLK}]\} / \{(PRESC+1) \times t_{12CCLK}\} \quad (4)$$

$$\{[t_r + t_{SU}] / [(PRESC+1) \times t_{12CCLK}]\} - 1 \leq SCLDEL \quad (5)$$

式 (1)~(5) 中,  $t_{HD}$ 、 $t_{SU}$ 、 $t_r$ 、 $t_f$ 、 $DNF$  分别代表数据保持时间、数据设置时间、总线上升时间、总线下降时间和数字滤波值, 这些参数值的选取由 SCL 频率以及 I<sup>2</sup>C 总线接口的规格要求决定。

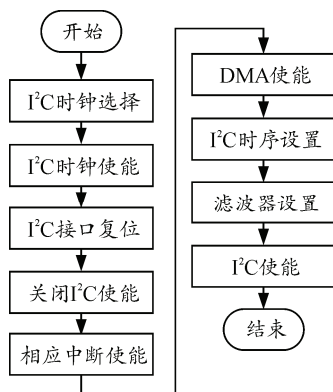


图 5 初始化流程

三相电参数采集模块设计中  $f_{12CCLK}=72 \text{ MHz}$ 、 $f_{SCL}=400 \text{ kHz}$ , 计算得到时钟寄存器参数值分别为:  $SCLL=0x11$ ;  $SCLH=0x0B$ ;  $SDADEL=0x06$ ;  $SCLDEL=0x04$ ;  $PRESC=0x05$ 。

### 3.2 STM32F37XX 的 I<sup>2</sup>C 数据传输

STM32F37 系列微控制器在数据传输上新增重装载功能, 并通过数据长度控制位 (NBYTES[7:0])、自动停止模式与其配合进行数据传输。

长度控制位 (NBYTES[7:0]): NBYTES 控制每次传输的数据长度, 最大值为 255。传输数据量超过 255 Byte 时, 需要在完成 255 Byte 传输后, 重新写 NBYTES。

非重装载模式: NBYTES[7:0]中所定长度数据传输完成后, 主机产生停止条件, 停止 I<sup>2</sup>C 传输。若有新数据需要传输, 则重新设置 NBYTES[7:0], 并发送起始条件启动 I<sup>2</sup>C。

重装载模式: NBYTES[7:0]中所定长度数据传输完成后, TCR 标志置位、时钟线 SCL 拉低, 重新设置 NBYTES[7:0]后, TCR 标志被清除, 新一轮的数据传输开始。

软件停止模式: NBYTES[7:0]中数据传输完成后, 产生 TC 标志, 时钟线 SCL 拉低等待软件产生 1 个重新开始或停止条件。

自动停止模式: NBYTES[7:0]中数据传输完成后, I<sup>2</sup>C 接口自动产生停止条件。

非重装载模式与重装载模式通过写 CR2 中 RELOAD 位控制, 软件停止模式与自动停止模式通过写 CR2 中的 AUTOEND 位控制。当 RELOAD=1 时, 对 AUTOEND 位的写操作无效。

2 种装载模式相辅相成, 当传输数据长度小于 255 Byte 时, 利用非重装载模式, 辅以自动停止模式; 当传输数据长度大于 255 Byte 时, 利用重装载模式。数据传输中的传输模式选择如图 6 所示。

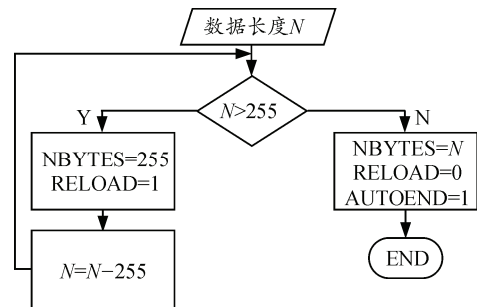


图 6 传输模式选择

### 3.3 程序设计<sup>[5]</sup>

产品设计中 STM32F373RCT6 通过 I<sup>2</sup>C 总线对时钟芯片和铁电存储器进行访问, 同时因为时钟芯片与铁电存储器串联于同一 I<sup>2</sup>C 总线上, 因此对二者的操作除了寻址不同以外, 总线操作程序皆一致, 这为程序模块化设计提供了条件。同时, I<sup>2</sup>C 总线操作程序的模块化处理, 为以后的 I<sup>2</sup>C 应用提供了便利。

I<sup>2</sup>C 总线操作程序在设计时, 除需要注意数据传输长度、重装载模式和停止模式这三者之间的关系外, 还需注意以下几点:

1) 从机地址、起始位通过设置控制寄存器 2(CR2)进行配置, I<sup>2</sup>C 接口自动识别并先后发出起始条件、从机地址。

2) 重装载模式 (RELOAD=1) 下, 不用停止模式位 (AUTOEND) 进行配置。

3) 利用 TXIS 位判断 TXDR 是否空, 利用 TC 位判断非重装载 (RELOAD=0)、软件停止模式 (AUTOEND=0) 下 TXDR 是否空且 NBYTES 中的数据是否传输完成, 利用 TCR 位判断重装载模式下 (RELOAD=1) TXDR 是否空且 NBYTES 中的数据是

否传输完成。

4) TXIS 置位表示 TXDR 为空的时,还表示有新的传输数据需写入 TXDR 中。TXE 置位表示 TXDR 为空。因此在数据传输完成后,还需判断 TXE 位是否置位。

5) 利用 RXNE 位判断 RXDR 是否非空。

STM32F373RCT6 通过 I<sup>2</sup>C 读 N 字节数据的程序流程图如图 7 所示。

STM32F373RCT6 通过 I<sup>2</sup>C 写 N 字节数据的程序流程图如图 8。

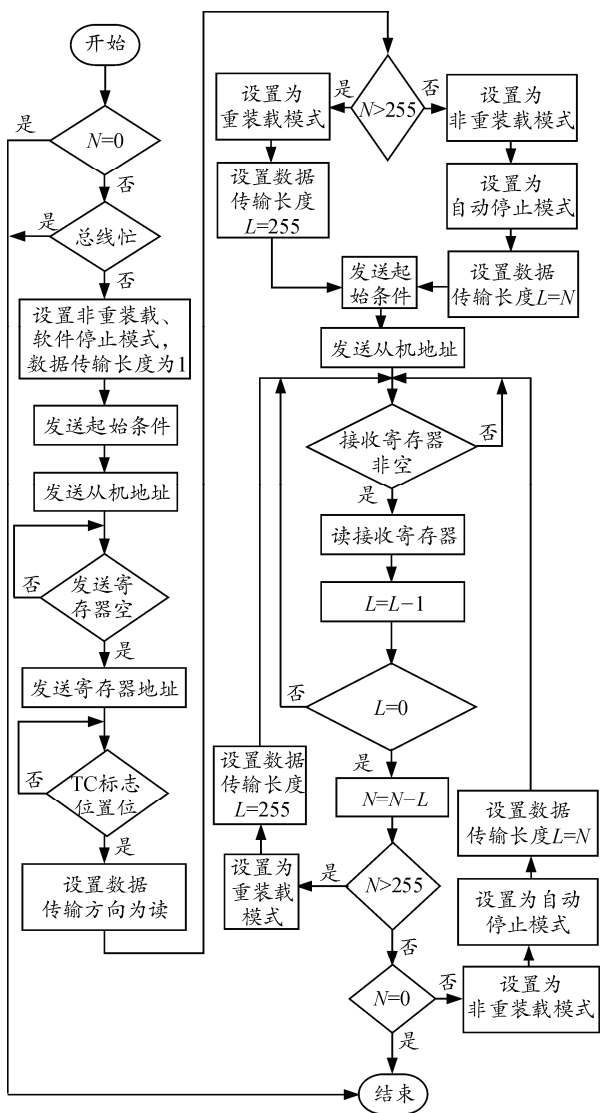


图 7 读 N 字节数据流程

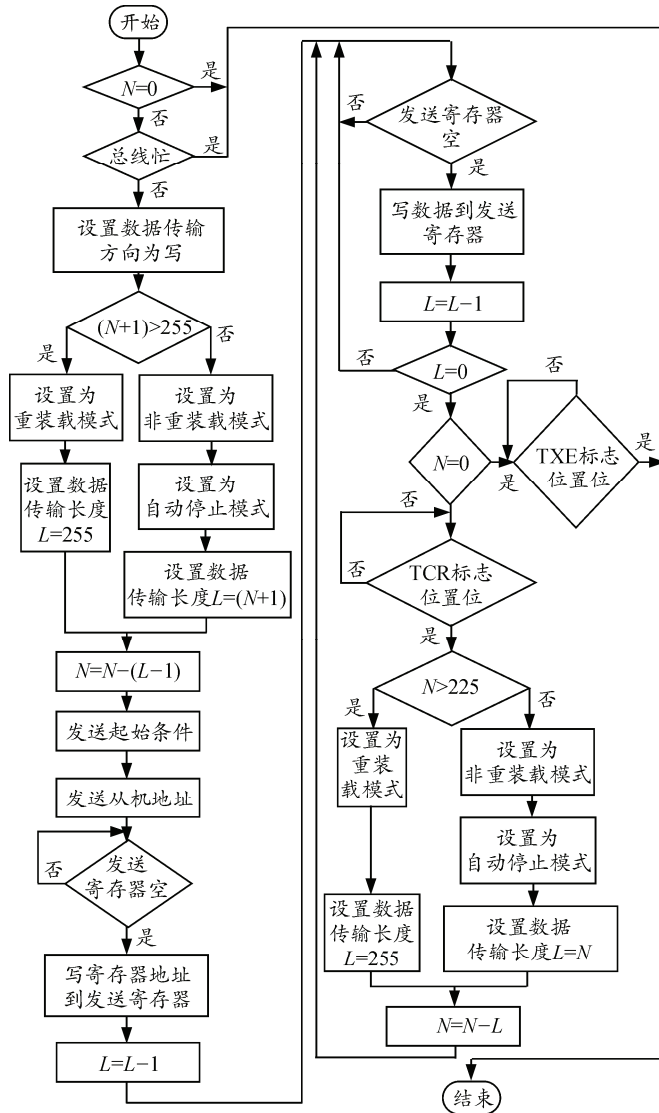


图 8 写 N 字节数据流程

#### 4 结束语

STM32F37 系列微控制器 I<sup>2</sup>C 全新的装载模式、停止模式等概念,令其在使用中可灵活设置、准确传输,并具有接口程序的可移植性强、硬件设计简单等优点。

#### 参考文献:

[1] 贺思桥, 赖宏伟, 张恒超. 基于 ATmega16 微控制器的

航拍相机/摄像机控制器[J]. 兵工自动化, 2013, 32(3): 87-89.

[2] 张京. 基于 CPC1 总线的 1553B 通信板卡设计[J]. 兵工自动化, 2013, 32(6): 94-96.

[3] ST 公司. STM32F373XX 数据手册[S]. ST 公司, 2012: 1-89.

[4] ST 公司. Cortex-M4 编程手册[S]. ST 公司, 2012: 16-233.

[5] ST 公司. STM32F37XX 用户手册[S]. ST 公司, 2012: 516-582.