

基于 C8051F064 混合 信号微控制器的 SMBus 应用

章 彧¹, 陆 斌², 李 军³

(1. 南昌工程学院 电气与电子工程系, 江西 南昌 330099; 2. 张家港市供电公司, 江苏 张家港 215600; 3. 中国人民解放军工程兵指挥学院 军事指挥系, 江苏 徐州 221004)

摘要: C8051F064 混合信号微控制器具有片内 SMBus 接口, 该接口是双线双向串行总线, 并可工作在主方式或从方式。阐述了 SMBus 协议, 有从主发送器到被寻址的从接收器和被寻址的从发送器到主接收器的 2 种数据传输类型, 且都由主器件启动, 并提供串行时钟。介绍了 C8051F064 中实现 SMBus 主发送方式和主接收方式的工作时序, 说明了 SMBus 串口的访问和控制是通过 5 个特殊功能(控制、时钟速率、地址、数据和状态)寄存器实现。结合 JW3010 直流信号源, 介绍了 SMBus 的应用。

关键词: SMBus; C8051F064; 混合信号; 微控制器

中图分类号: TP 368.1

文献标识码: B

文章编号: 1006-6047(2007)02-0118-03

1 C8051F064 芯片

C8051F064 器件是完全集成的混合信号系统级微处理器(MCU)芯片, 其指令系统与 MCS-51 指令集完全兼容, 并内置有 SMBus 接口。SMBus 接口是一个双线的双向串行总线, 与 I²C 串行总线兼容。该接口提供串行时钟 SCL(Serial CLock)、串行数据 SDA(Serial DAta)双线控制访问方式, 工作电压可以在 3~5 V 之间, 并在总线上可根据需要挂载多个器件, 具有接线和访问控制方式简单的特点, 因此, 许多高位的 A/D 转换器^[1-2]、D/A 转换器^[3-4]、数字电位器^[5]、串行 EEPROM^[6-8]等器件都采用这类接口方式。典型的 SMBus 配置如图 1 所示。

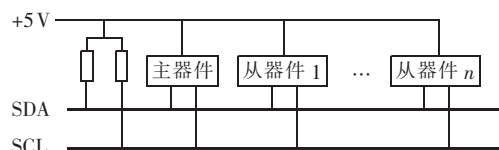


图 1 典型的 SMBus 配置

Fig.1 Typical configuration of SMBus

2 SMBus 协议

SMBus 协议^[9-10]①中有 2 种可能的数据传输类型, 即从主发送器到所寻址的从接收器和被寻址的从发送器到主接收器。这 2 种数据传输都由主器件启动, 主器件还提供串行时钟。SMBus 接口可以工作在主方式或从方式。总线上可以有多个主器件。如果 2 个或多个主器件同时启动数据传输, 仲裁机制将保证有一个主器件获得总线。

一次典型的 SMBus 数据交换包括 1 个起始条件(start)、1 个地址字节、1 个或多个字节数据和 1 个停止条件(stop)。每个地址字节和每个数据字节后面都跟随 1 个来自接收器的确认(ACK)位。地址字节包含 1 个 7 位的地址和 1 个方向位(R/W)。方向位占据地址字节的最低位。方向位设置为逻辑 1 时表示为读(read)操作, 方向位为逻辑 0 表示为写(write)操作。所有从器件都能识别 1 个通用呼叫地址, 即(0x00+R/W), 这就允许一个主器件同时访问多个从器件。

所有的数据交换都由主器件启动, 可以寻址 1 个或多个目标从器件。主器件产生 1 个起始条件, 然后发送地址和方向位。若本次数据交换是 1 个从主器件到从器件的写操作, 则主器件每发送 1 个数据字节后等待来自从器件的确认。如果是 1 个读操作, 则由从器件发送数据并等待主器件的确认。在数据传输结束时, 主器件产生 1 个停止条件, 结束数据交换并释放总线。图 2 给出了一次典型 SMBus 数据传输示意图。

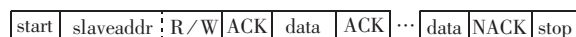


图 2 SMBus 数据传输

Fig.2 Data transfer of SMBus

3 SMBus 数据传输方式

C8051F064 微控制器中, SMBus 接口可以被配置为工作在主方式或从方式。在某一时刻, 它将工作在下述 4 种方式之一: 主发送器、主接收器、从发送器或从接收器。在 JW 3010 直流标准源产品中, C8051F064 微控制器作为主器件, 采用中断驱动方

① 新华龙电子有限公司. C8051F64 混合信号 ISP FLASH 微控制器数据手册, 2004.

法工作在主发送器和主接收器方式。

3.1 主发送器方式

SMBus 接口首先产生 1 个起始条件,然后发送含有目标从器件地址和数据方向位的第 1 个字节。在这种情况下数据方向位(R/W)应为逻辑 0,表示是写操作。SMBus 接口发送 1 个或多个字节的串行数据,并在每发送完 1 个字节后等待由从器件产生 ACK。最后,为了指示串行传输的结束,SMBus 产生 1 个停止条件,工作时序如图 3 所示,图中 S(start)为起始条件,SLA(slave address)为从器件地址,W(write)为写,A(ACK)为确认,P(stop)为停止条件。

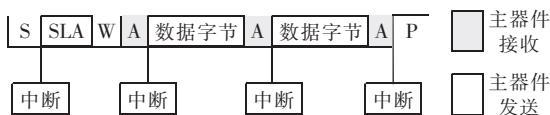


图 3 主发送器方式时序

Fig.3 Master transmitter sequence

3.2 主接收器方式

SMBus 接口首先产生 1 个起始条件,然后发送含有目标从器件地址和数据方向位的第 1 个字节。在这种情况下数据方向位(R/W)应为逻辑 1,表示是读操作。SMBus 接口接收来自从器件的串行数据并在 SCL 上输出串行时钟。每收到 1 个字节后,SMBus 接口根据寄存器 SMB0CN 中 AA 位的状态产生 1 个 ACK 或 NACK(非确认)。最后,为了指示串行传输的结束,SMBus 产生 1 个停止条件,工作时序如图 4 所示,图中 R(read)为读。

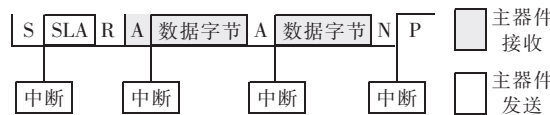


图 4 主接收器方式时序

Fig.4 Master receiver sequence

4 SMBus 特殊功能寄存器

C8051F064 微控制器对 SMBus 串行接口的访问和控制是通过 5 个特殊功能寄存器(SFR)实现的,即控制寄存器 SMB0CN、时钟速率寄存器 SMB0CR、地址寄存器 SMB0ADR、数据寄存器 SMB0DAT 和状态寄存器 SMB0STA。

4.1 控制寄存器 SMB0CN

SMB0CN 用于配置和控制 SMBus0 接口,映射在 C8051F064 微控制器 SFR 的 0 页 0C0H 地址单元。其中,BUSY 为忙状态标志位,0 为 SMBus 空闲,1 为 SMBus 忙;ENSMB 为 SMBus 使能位,0 为 SMBus 禁止,1 为 SMBus 使能;STA 为 SMBus 起始标志位,0 为不发送起始条件,1 为发送 1 个起始条件,发送完后会置位 SI,并需软件清 0;STO 为 SMBus 停止标志位,0 为不发送停止条件,1 为发送 1 个停止条件,主器件将释放总线,使硬件自动清 0;SI 为 SMBus 串行

中断标志位,0 为 SMBus 无中断请求,1 为 SMBus 有中断请求,CPU 响应中断后,程序转到 SMBus 中断服务程序,必须软件清 0;AA 为 SMBus 应答确认标志位,0 为 SMBus 应答返回 NACK,1 为 SMBus 应答返回 ACK;FTE 为 SMBus 空闲定时器使能位,0 为无 SCL 高电平超时,1 为当 SCL 高电平时间超过由 SMB0CR 规定的极限值时发生超时,会置位 SI;TOE 为 SMBus 超时使能位,0 为无 SCL 低电平超时,1 为当 SCL 处于低电平的时间超过由定时器 3(如果被允许)定义的极限值时发生超时。

4.2 时钟速率寄存器 SMB0CR

SMB0CR 映射在 C8051F064 微控制器 SFR 的 0 页 0CFH 地址单元,用于存放 SMBus 时钟速率预设值,控制主方式下串行时钟 SCL 的频率。

SCL 信号高电平时间为

$$t_{\text{HIGH}} = (258 - v_{\text{BO}}) / f_{\text{sys}} + 625 \text{ ns} \quad (1)$$

SCL 信号低电平时间为

$$t_{\text{LOW}} = (256 - v_{\text{BO}}) / f_{\text{sys}} \quad (2)$$

式中 v_{BO} 为时钟速率寄存器预设值; f_{sys} 为系统时钟频率。

4.3 地址寄存器 SMB0ADR

在 C8051F064 用作从器件时,SMB0ADR 用于保存 SMBus 接口的从地址。该寄存器映射在 C8051F064 微控制器 SFR 的 0 页 0C3H 地址单元。其中,SLV6~SLV0 为 SMBus 从地址;GC 为全局呼叫地址使能,0 为忽略全局呼叫地址,1 为识别全局呼叫地址。

4.4 数据寄存器 SMB0DAT

SMB0DAT 保存要发送或刚接收的串行数据字节。在 SI 被置为逻辑 1 时软件可以读或写数据寄存器;当 SMBus 被使能并且 SI 标志被清为逻辑 0 时,软件不应访问 SMB0DAT 寄存器,因为硬件可能正在对该寄存器中的数据字节进行移入或移出操作。该寄存器映射在 C8051F064 微控制器 SFR 的 0 页 0C2H 地址单元。

4.5 状态寄存器 SMB0STA

SMB0STA 保存 1 个 8 位的状态码,用于指示 SMBus 接口的当前状态。SMBus 接口共有 28 个可能的 SMBus0 状态,每个状态有一个唯一的状态码与之对应。可以根据获得状态码的不同,执行相应的中断服务程序。该寄存器映射在 C8051F064 微控制器 SFR 的 0 页 0C1H 地址单元。

当 C8051F064 微控制器用作主器件时,与它相关的状态码及下一步将进行的典型操作列于表 1。

5 SMBus 的应用

在 JW3010 直流标准源设备中,为保证输出电压、电流信号的准确和稳定,为适合不同量程的电压、电流表的校验,将输出的直流电压从 40 mV~1 000 V 量

表 1 SMB0STA 的状态码及下一步的典型操作
Tab.1 Status code of SMB0STA
and following operation

方式	状态码	SMBUS 状态	典型的下一步操作
主发送/主接收	08 H	起始条件已发出	将从地址+R/W 装入到 SMB0DAT,清 0STA
	10 H	重复起始条件已发出	将从地址+R/W 装入到 SMB0DAT,清 0STA
	18 H	从地址+W 已发出,收到ACK	将要发送的数据装入到 SMB0DAT
主发送器	20 H	从地址+W 已发出,收到NACK	确认查询重试,置位 STO+STA
	28 H	数据字节已发出,收到ACK	将下一字节装入 SMB0DAT,或置位 STO,或置位 STA
	30 H	数据字节已发出,收到 NACK	重试传输或置位 STO
	38 H	总线竞争失败	保存当前数据,重新判断总线状态
	40 H	从地址+R 已发出,收到ACK	如果只接收一个字节,清AA 位(收到字节后发送NACK),等待接收数据
主接收器	48 H	从地址+R 已发出,收到 NACK	确认查询重试,置位 STO+STA
	50 H	数据字节收到,ACK 已发出	读 SMB0DAT,等待下一字节,如果下一字节是最后字节,清除 AA
	58 H	数据字节收到, NACK 已发出	置位 STO

程划分为 45 个档位,输出直流电流从 50 μA~30 A 量程划分 57 个档位。这么多不同的档位,要保证输出信号的准确性,每档都必须要有满度和零点调节,若靠机械电位器实现,不但设备成本要提高,而且长期稳定性和可靠性也会受到影响,因此,在设计时,采用软件修正方式,用串行 EEPROM(AT24C 512)存放各档位的满度和零点修正系数,然后按式(3)计算输出,保证了最终准确、可靠的信号输出。

$$y=K(x+b)$$
 (3)

式中 y 为实际输出控制量;x 为理论输出控制量;K 为满度修正系数;b 为零点修正系数。

装置中,C8051F064 微控制器利用 P0.2、P0.3 作为 SMBus 串行接口与 AT24C512 串行 EEPROM 连接,其相关部分电路原理图如图 5 所示^{[11]①}。

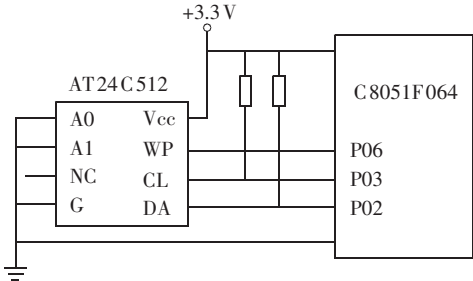


图 5 C8051F064 微控制器与 AT24C512 连接原理图
Fig.5 Connection between C8051F064 MCU and AT24C512

C8051F064 微控制器的 SMBus 中断处理程序的流程图如图 6 所示。

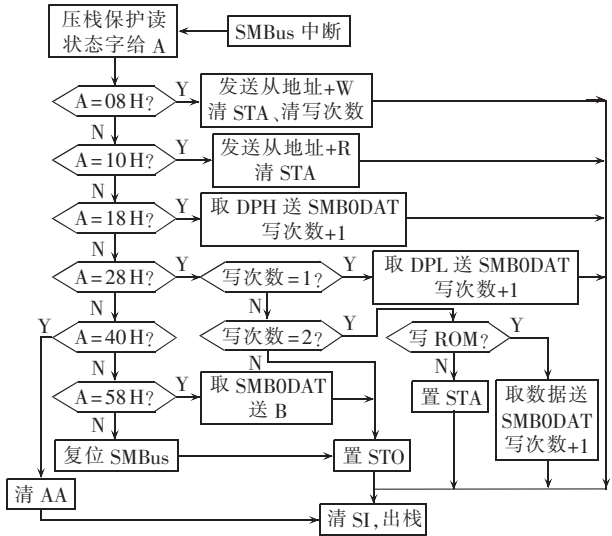


图 6 SMBus 中断处理程序流程图
Fig.6 Flowchart of SMBus interrupt subroutine

5 结语

基于 C8051F064 微控制器的 SMBus 接口应用时,其优越性:一是程序设计人员在编制相关的串行传输程序时,不需考虑底层串行时钟和串行数据的时序控制问题,可直接面向内部寄存器进行访问控制,设计简单、方便;二是微控制器在与外部器件串行通信时,不用微处理器(CPU)花时间产生串行时钟和串行数据的时序信号,从而提高了 CPU 效率。通过在 JW 3010 直流标准源中应用,取得了良好效果。

参考文献:

[1] 王君勤,马孝义. A/D 芯片 CS 5524 及其应用[J]. 电测与仪表,2005,42(2):59-61.
WANG Jun-qin,MA Xiao-yi. A/D converter chip CS 5524 and its application[J]. Electrical Measurement & Instrumentation,2005, 42(2):59-61.

[2] 章彥,朱杰斌. 带信号调理的 16 位 A/D 转换器 AD7715 的原理及应用[J]. 自动化与仪器仪表,2003(2):27-30.
ZHANG Yu,ZHU Jie-bin. The theory and application of sixteen bits A/D converter with signal debugging[J]. Automation & Instrumentation,2003(2):27-30.

[3] 钟金云,李津. 串行输入电压输出的 14 位 DAC 数模转换器芯片 AD 5551/AD 5552[J]. 国外电子元器件,2001(12):39-41.
ZHONG Jin-yun,LI Jin. Serial-input and voltage-output,14 bit DAC AD 5551/AD 5552[J]. International Electronic Elements, 2001(12):39-41.

[4] 范春辉,何广平. DAC 7714 和中文液晶模块与单片机的接口设计[J]. 电测与仪表,2005,42(12):62-64.
FAN Chun-hui,HE Guang-ping. Interface design of the DAC 7714 and Chinese LCD with SCM[J]. Electrical Measurement & Instrumentation,2005,42(12):62-64.

[5] 章彥,余红粒. 数字电位器在 GX310A 三相功率电能表中的应用[J]. 自动化与仪器仪表,2003(4):61-65.
ZHANG Yu,YU Hong-li. The digital potentiometer in GX 310A three phase power wattmeter[J]. Automation & Instrumentation, 2003(4):61-65.

① Atmel 公司. AT24C512 串行 E²PROM 数据手册,2000.

[5] 章彧,余红粒. 数字电位器在 GX310A 三相功率电能表中的应用[J]. 自动化与仪器仪表,2003(4):61-65.
ZHANG Yu,YU Hong - li. The digital potentiometer in GX 310A three phase power wattmeter[J]. Automation & Instrumentation, 2003(4):61-65.

[6] 郭娜,张展,刘群坡. 基于 PIC16C57 的电子式预付费电能表的硬件设计[J]. 电测与仪表,2004,41(5):58-61.
GUO Na,ZHANG Zhan,LIU Qun - po. The hardware design of electronic prepaid Watt - hour meter based on PIC16C57[J]. Electrical Measurement & Instrumentation,2004,41(5):58-61.

[7] 章彧,朱杰斌. 可编程看门狗监控 E²PROM 在 GXM305 多用校验仪中的应用[J]. 自动化与仪器仪表,2004(5):37-39.
ZHANG Yu,ZHU Jie - bin. The application of programmable watchdog monitoring E²PROM in GXM305 multipurpose check meter[J]. Automation & Instrumentation,2004(5):37-39.

[8] 李浩,兰铁岩. 实时时钟芯片 RTC4553 原理及应用[J]. 电测与仪

表,2003,40(8):38-41.
LI Hao,LAN Tie - yan. Principle and application of real time clock chip RTC 4553[J]. Electrical Measurement & Instrumentation, 2003,40(8):38-41.

[9] 鲍可进,赵念强,申屠浩,等. C8051F 单片机原理及应用[M]. 北京:中国电力出版社,2006.

[10] 张迎新. C8051F 系列 SOC 单片机原理及应用[M]. 北京:国防工业出版社,2005.

[11] 李全利. 单片机原理及应用技术[M]. 北京:高等教育出版社,2001.

(责任编辑:汪仪珍)

作者简介:

章 彧(1976-),男,江西南昌人,工程师,主要从事电测仪表方面的研究(E-mail:yuzhang0791@sina.com);
陆 斌(1973-),男,江苏张家港人,总工程师,主要从事电力系统及其自动化方面的工作。

SMBus used in C8051F064 mixed signal MCU

ZHANG Yu¹,LU Bin²,LI Jun³

(1. Nanchang Institute of Technology,Nanchang 330099,China;

2. Zhangjiagang Power Supply Company,Zhangjiagang 215600,China;

3. Department of Military Command,CPLA Engineer Command College,Xuzhou 221004,China)

Abstract: C8051F064 mixed signal MCU(Micro Control Unit) is configured with an interior SMBus interface,which is a two - wire & bi - directional serial bus and operates in master or slave mode. SMBus protocol is elaborated and two types of data transfer are included:from master transmitter to addressed slave receiver and vice versa. The master device initiates both data transfer types and provides serial clock pulses. The master transmitter sequence and master receiver sequence of SMBus interface in C8051F064 are introduced,as well as functions of five registers for serial access and control are described;control register,clock rate register,address register,data register and status register. Combined with JW 3010 DC Signal Generator,the application of SMBus is introduced.

Key words: SMBus; C8051F064; mixed signal; MCU