

中断控制器 8259A 操作命令字 OCW2 高三位组合细探

司海峰 刘翠焕 杨志云
(石家庄法商职业学院 石家庄 050091)

摘要:通过对可编程微机中断控制器 8259A 写入不同的命令字可控制该芯片在进行中断处理时处于不同的工作方式。在这些命令字中,8 位操作命令字 OCW2 主要影响 8259A 的设置优先级方式和中断结束方式。而这两种工作方式在具体作用于 8259A 时又会衍生出一些不同的方式内容。通过对命令字 OCW2 的格式含义尤其是高三位的搭配规则进行详细讨论,可揭示出这两种方式在共同对 8259A 实施控制时其内部工作细节如何进行取舍组合以及这种组合的逻辑成因及规律,同时,这种规律的揭示使得编程人员在进行 8259A 相关设定,即使没有控制字组合功能表,也能推断出相应功能,因而也具有一定的现实意义。

关键词:操作命令字 OCW2 设置优先级方式 中断结束方式

中图分类号:TP368

文献标识码:A

文章编号:1674-098x(2008)01(b)-0017-02

微型计算机中断系统中最主要的器件就是中断控制器 8259A,它主要用于管理可屏蔽中断 INTR 的中断请求。该芯片具备可编程功能,可由 CPU 通过程序写入不同的命令字的方式控制其处于不同的工作方式。对 8259A 的编程可分为两大类,一是通过初始命令字 ICW 进行初始化编程,另一个是通过操作命令字 OCW 进行操作编程。OCW 包括三个命令字:OCW1、OCW2 和 OCW3。其中的 OCW2 又叫优先级循环方式和中断结束方式操作命令字,主要作用是控制 8259A 进行中断优先级排队和中断结束操作。实际编程中要求写入相对应的偶地址端口。下面给出 OCW2 的 8 位控制字格式及各位含义,见图 1。

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
R	SL	EOI	0	0	L2	L1	L0

图 1 优先级循环方式和中断结束方式操作命令字 OCW2

各位含义如下:

D2D1D0(L2L1L0):当 D6=1 时,这三位才有效。此时有两个用处:第一是在发特殊状

态中断命令时,三位指出要清除 ISR 寄存器中的哪一位;第二是在特殊优先级循环方式中,三位指出循环开始时初始优先级队列的最低优先级。

D4D3:OCW2 的特征位,恒等于 0;

D5(EOI):中断结束命令位。该位为 1,则在中断结束后需发送中断结束命令,使 ISR 相应位清 0;该位若置 0,则不需要发送中断结束命令,即为中断自动结束方式。

D6(SL):低三位有效位。为 1,低三位有效;为 0,低三位无效。

D7(R):优先级循环方式位。为 1,设置优先级循环方式;为 0,为非循环方式。

这其中 D7、D6、D5(R、SL、EOI)三位组合命令功能决定了 8259A 优先级循环方式和中断结束方式,详见表 1。

此表或类似表目常见于各种相关文献,这里面主要对控制字高三位的组合情况所对应的功能给予了汇总,但是它们为什么会有这样的组合搭配?每种搭配与后面列出的设置优先级方式和中断结束方式相关功能是怎么对应起来的?这两种工作方式在共同作用于 8259A 时如何进行内部工作方式的取舍组合?如果不看

此表,任给出一种高三位搭配我们能不能自己推导出其对应的功能?如果能的话,怎样实现?

下面基于以上问题我们进行分析。我们知道,8259A 有多种工作方式,这些方式都可以通过编程来设定。其中与 OCW2 有关的设置优先级方式又分为优先级循环方式和优先级非循环方式两大类。其中优先级非循环方式包括普通全嵌套方式和特殊全嵌套方式,优先级循环方式包括优先级自动循环方式和特殊循环方式。为后面论述方便起见,我们先对这四种方式作简要介绍如下:

(1)普通全嵌套方式:中断优先级顺序固定。始终 IR0 最高,IR7 最低。一个中断被响应后,比它优先级高的中断可以打断它,全自屏蔽同级和低级的中断请求。

(2)特殊全嵌套方式:与全嵌套方式相比,特殊之处在于开放同级中断请求,只屏蔽低级的中断请求。一般用于多片级联下的主片,单片不用。

(3)优先级自动循环方式:中断优先级顺序不固定,一个中断受到中断服务后,其优先级自动降为最低,紧接其后的中断优先级升为最高,其它中断源按序依次递升一级。

器中 IIC 中断资源的申请。

4.4 ZLG7290 键盘扩展设备初始化

该模块由 `fftkey_init(void)` 函数实现,主要完成如下几个功能:

(1)注册设备到内核。

(2)注册 `devfs`,从而可以使用 `devfs` 文件系统完成外部中断的设置及注册此设备。

(3)单独设置外部中断 9 的触发方式。

4.5 键值的读取

键值的读取对应驱动程序里的函数 `read`,下面就对该部分例程进行讨论。

```
static ssize_t key_read(struct file *filp,
char *buf, size_t count, loff_t *f_pos)
{
    .....
    read_bytes_from_iic( (char*)
&my_key_data,2,ZLG7290_SlaveADDR,
ZLG7290_Key);
    copy_to_user (buf,&my_key_data,
2); /* 将数据从内核空间拷贝到用户空间 */
    .....
}
```

该例程的输入参数中,struct file 类型的文件指针是音频设备的设备文件^[4],buffer 参数是用户应用程序内存空间的缓存区,count 是读入的字节数。程序首先初始化函数的局部变

量,然后对输入参数进行检查。

例程中使用 `copy-to-user` 将系统缓存区中的数据拷贝到用户缓存区中,这里使用 `copy-to-user` 的原因是因为驱动程序使用的是内核空间,而应用程序使用的是用户空间,应用程序不能直接读取内核空间的数据。

该例程调用了函数 `read_bytes_from_iic` 来从 ZLG7290 的 key 寄存器读取键值。读取键值过程如下:此时 S3C3440 处理器为主机,ZLG7290 为从机。通过主机 IICCON 寄存器设置 IIC 工作模式和状态。数据发送主机初始化 Start 状态后,向主机数据寄存器 IICDS 发送一个 7 位从机地址,以通知从机器件。再发送一个从机的子地址,完成后再发送一次从机地址,最后便从子地址中读取键值。

在 IIC 总线每发完一个数据后,便会产生一个 IIC 中断,此时程序便会直接跳到 IIC 中断函数中去操作数据,这里的中断函数由 `iic_handler(int irq,void *dev_id, struct pt_regs *regs)` 来完成。整个 `iic_handler` 函数本身就是一个 `switch-case` 语句,根据 `read_bytes_from_iic` 设置的不同输入模式命令参数完成不同的操作。

4.6 键盘扩展设备的打开和卸载

键盘扩展设备的打开由 `open` 例程完成,在此例程中完成了对外部中断 9 资源的申请。卸载设备由注销函数完成。注销函数使用注册

时得到的设备号,同时释放驱动程序使用的各种系统资源诸如设备中断等。

5 结语

设备驱动程序是操作系统内核和机器硬件之间的接口,通过它可以使得设备文件化。本文首先介绍了 S3C2440 微处理器的 IIC 总线接口的工作模式和特点,简要概括了 Linux 设备驱动程序的功能和基本原理,对 ARM Linux 下的键盘扩展芯片 ZLG7290 驱动程序进行了研究,详细描述了基于 IIC 总线通信的键值读取过程,具有广泛的实用价值。

参考文献

- [1] 凌六一.基于软件模拟的 51 单片 IIC 总线实现[J].电子技术,2004,5.
- [2] 刘森.嵌入式系统接口设计与 Linux 驱动程序开发[M].北京航空航天大学出版社,2006,5.
- [3] 于明,范书瑞.ARM9 嵌入式系统设计与开发流程[M].电子工业出版社,2006,4.
- [4] 孙天泽.嵌入式设计与 LINUX 驱动开发指南[M].电子工业出版社,2007,1.

优先级初始队列为 IR0 到 IR7 优先级依次递减。

(4) 优先级特殊循环方式: 与优先级自动循环方式相比, 特殊之处在于初始优先级队列的最低优先级是由编程指定的, 从而可以人为确定整个优先级初始队列。

另一个与 OWC2 密切相关的工作方式是中断结束方式。也可分为两大类: 中断自动结束方式和中断非自动结束方式, 其中中断非自动结束方式又包括普通中断结束方式和特殊中断结束方式。下面对这三种方式简述如下:

(1) 中断自动结束方式: 任何一级中断被响应后, 在第一个中断响应信号送到 8259A 后, 中断服务寄存器 ISR 中的对应位被置 1, 而在第二个中断响应信号送到 8259 后, 8259 就自动将 ISR 寄存器中的相应位清 0。

(2) 普通中断结束方式: 指在中断服务程序结束返回之前, CPU 用输出指令向 8259A 发一个中断结束命令, 8259A 接到该命令后立即将 ISR 寄存器中优先级最高的置“1”位清“0”, 以这种方式结束当前正在处理的中断。

(3) 特殊中断结束方式: 指在中断服务程序结束返回前, CPU 用输出命令向 8259A 发一个特殊中断结束命令字, 8259A 接到该命令后, 立即将特殊中断结束命令字所指定的 ISR 中的某一位清“0”, 从而结束中断。

实际上, 对于一般的微机来说, 其 8259A 的初始化程序已经置入 BIOS 中, 开机上电后, 自动对 8259A 进行初始化。在多片级联系统中, 已由初始化命令字 ICW4 预置主片为特殊全嵌套方式, 从片为普通全嵌套方式, 并且均为非自动结束方式。但是, 用户可以通过 OWC3 来动态改变这些设定。

对照 OWC3 的高三位, 我们可以看到, 其中的 D7(R) 位用以指定 8259A 的设置优先级方式, D5(EOI) 位用以指定 8259A 的中断结束方式, 而 D6(SL) 位作为低三位 D2、D1、D0(L2、L1、L0) 是否有有效的允许位, 起着辅助 D7 位和 D5 位达到既定功能的目的。在此我们先讨论 D7=1 的情况, 此为优先级循环方式, 由前述可知这一方式又分为优先级自动循

环和特殊循环。其中的优先级特殊循环必须由 D2、D1、D0 三位指定优先级初始队列最低级。所以, 此时 D6 位必须为 1, 使得低三位有意义。因此, D7、D6(R、SL) 两位组合为 1、1 的情况定为优先级特殊循环方式。相应地, 组合为 1、0 的情况为优先级普通循环方式, 这一方式循环初始队列确定, 不需要另外指定最低级, 所以 D6 为 0。

类似地, 我们再分析 D5=1 的情况。此时中断结束后需发送中断结束命令, 即令 8259A 工作于中断非自动结束方式, 此与初始化情况相一致。但这一方式也分普通中断结束和特殊中断结束两种。其中特殊中断结束方式要求 D2、D1、D0 三位指定在中断结束时要将 ISR 中的哪一位清 0, 因此也要求此时的 D6 位为 1。这样我们就知道 D5、D6(EOI、SL) 两位组合为 1、1 的情况是特殊中断结束方式。相应地, 组合为 1、0 的情况是无需指定清除位的普通中断结束方式。

由此我们发现这样一个现象: D6 位在 D7 位所指定的优先级特殊循环方式和 D5 位所指定的特殊中断结束方式中两头受用, 在这两种方式下都要令 D6=1, 从而使低三位 D2、D1、D0 能够指定优先级初始队列最低级或 ISR 中的被清 0 位。很明显这里会出现一个冲突问题: 即 D7、D6、D5(R、SL、EOI) 三位同时为“1、1、1”的情况, 此时的低三位到底为谁指定? 为解决这一问题, 我们把低三位人为规定用以指定特殊优先级循环方式中的初始队列最低优先级, 即配给 D7, 使得这种搭配成为特殊优先级循环方式与普通中断结束方式的组合。由此也能看出: 在逻辑上, 8259A 不存在优先级普通循环方式与特殊中断结束方式的组合, 也不存在优先级特殊循环方式与特殊中断结束方式的组合(低三位不可能为两种方式都指定)。相比之下, “1、0、1”的搭配就简单多了, D6 为 0, 说明低三位无意义, 而 D5、D7 又都为 1, 只能是优先级普通循环方式与普通中断结束方式的组合。

下面再讨论其余情况。比如 D7=0, 此为优先级非循环方式, 中断优先级固定, 不需要低

三位指定, D5=0, 此时中断结束不发送中断结束命令, 系统将 ISR 中正在服务的相应位自动清 0, 其实就是中断自动结束方式, 亦无需低三位指定清除位。所以组合为“0、0、0”的情况正是优先级非循环方式与中断自动结束方式的组合。同时可知, 既然两种工作方式都无需用到低三位, 如若此时 D6=1, 则相互矛盾, 所以 D7、D6、D5 三位为“0、1、0”的状态肯定无意义。

除去上述 4 种组合之外, D7、D6、D5 三位还有“0、1、1”、“1、1、0”、“0、0、1”、“1、0、0”四种情况。下面我们分 D6=1 和 D6=0 两种情况分予以讨论:

先看 D6=1 的情况。此时 D7、D5 两位一个为 1, 一个为 0。由于 D6 为 1, 低三位指定有效, 而且要注意, 为避免出现矛盾, 既然低三位有效, 就得必须被用到。因此若是 D7=1, D5=0, 则必定为优先级特殊循环方式与中断自动结束方式相组合, 低三位指定初始最低优先级; 若是 D7=0, D5=1, 必定为优先级非循环方式与特殊中断结束方式相组合。低三位指定 ISR 的被清除位。

下面再看 D6=0 的情况。此时 D5、D7 两位也是一个为 1, 一个为 0。由于 D6=0, 低三位无效, 无法指定。所以此时的 D7=1, D5=0 的情况只能是优先级普通循环方式和中断自动结束方式的组合; 而 D7=0, D5=1 的情况只能是优先级非循环方式与普通中断结束方式的组合。这些方式都无需另外指定。

至此, 我们将整个表目分析完毕。需要强调的是, 4 种设置优先级方式与 3 种中断结束方式从逻辑上说应有 12 种组合, 由于普通全嵌套方式和特殊全嵌套方式是根据主从片的不同来设的, 我们可以把二者归为一类, 即使这样, 两种工作方式仍有 9 种组合。但实际使用时只用了其中的 7 种, 其主要原因就是设置 OWC3 时受到 D6 位的限制(见上述对高三位“111”的分析)。

通过以上对 OWC2 高三位组合机理的分析, 我们揭示出这两种方式在共同对 8259A 实施控制时其内部工作细节如何进行取舍组合以及这种组合的逻辑成因及规律。同时, 知道了每种搭配所对应的工作方式组合, 工程人员进行 8259A 相关设定时, 即使没有这样的表目, 也能推断出相关功能, 这无疑对于实际编程具有一定的现实意义。

参考文献

- [1] 孙琦. 微机接口技术[M](第 1 版). 北京: 中央广播电视大学出版社, 2000, 69—81.
- [2] 刘乐善. 微型计算机接口技术及应用[M]. (第 1 版). 武汉: 华中理工大学出版社, 2000, 107—110.

表 1 R, SL, EOI 组合功能表

R, SL, EOI	是否用低三位	作用
001	不用	中断处理结束时, CPU 向 8259 发出中断结束命令, 8259 将 ISR 中当前优先级最高的置 1 位清 0。用于全嵌套(包括特殊全嵌套)方式。
011	用	中断处理结束时, CPU 向 8259A 发出中断结束命令, 8259A 将 ISR 中由 L2L1L0 指定的相应位清 0。用于全嵌套(包括特殊全嵌套)方式。
101	不用	中断处理结束时, 8259A 将 ISR 中当前优先级最高的置 1 位清 0, 并使其优先级降为最低, 它的下一级升为最高, 用于优先级自动循环方式。
100	不用	在中断响应周期的第二个 $\overline{INTA}$ 信号结束时, 将 ISR 中正在服务的相应位清 0, 并使其优先级降为最低, 它的下一级优先级升为最高。
000	不用	取消优先级自动循环方式, 恢复全嵌套方式
111	用	中断处理结束时, 用 L2L1L0 指定最低中断优先级, 用于特殊优先级循环方式。
110	用	8259A 用 L2L1L0 指定一个最低优先级, 最高优先级赋给它的下一级, 其他中断优先级依次循环赋给, 用于特殊优先级循环方式。
010	不用	无意义