

# CompactPCI总线的热插拔技术研究及其实现

The study and realizing of the Hot Swap on the basis of CompactPCI Bus

(1.中国科学院长春光学精密机械与物理研究所;2.中国科学院研究生院)梁俊<sup>1,2</sup> 王建立<sup>1</sup> 孟浩然<sup>1</sup>

LIANG JUN WANG JIANLI MENG HAORAN

**摘要:**从硬件和软件方面对热插拔的相关概念进行详细介绍,并讨论了热插拔系统的工作流程。给出利用 PCI9054 和 LTC1644 实现热插拔的硬件电路设计方法,并验证了该方法的可行性,从而为开发支持热插拔的 CompactPCI/PXI 板卡提供非常好的借鉴作用。

**关键词:** CompactPCI; 热插拔; LTC1644

**中图分类号:** TP316 **文献标识码:** B

**Abstract:** The paper give a particular description about the Hot Swap from the software and hardware, and introduce the working process in the Hot Swap's system. Besides, it also provide the solution how to design the hardware by using PCI9054 and LTC1644, which has been proved. So it can give a good example for the designer who want to design the Compact/PXI Board which can support the Hot Swap.

**Key Word:** CompactPCI, Hot Swap, LTC1644

## 1 引言

PCI总线具有传输速率高、自动配置等特点,其广泛应用于低档至高档的台式系统。金手指和总线插槽之间存在空隙,在潮湿、盐雾、酸雾的侵蚀下会导致金手指和总线接触不良;在震荡剧烈的条件下 PCI 板卡也容易弹出,于是限制了 PCI 总线在工控等领域的发展。CompactPCI 结合 PCI 的电气特性和 Eurocard 机械封装的特性,其除了具有 PCI 总线的高性能和欧洲卡结构的高可靠性之外,CompactPCI 总线规范还支持“热插拔”功能,这可以使得用户从正在运行的系统中插拔电路板而不会损坏其它电路板,更不会引起系统崩溃,从而保证系统硬件被替换、维护或升级时系统仍能够正常运行。因此,在工业控制领域、军工和电信等领域,基于 CompactPCI 总线的系统逐渐被用户接受。

## 2 热插拔概述

### 2.1 热插拔基本概念

热插拔(Hot Swap)是指在系统不断电的情况下,可以拔出或插入热插拔工作模块,而不影响系统的正常运行。热插拔技术可以提供有计划地访问热插拔设备,允许在不停机或很少需要操作人员参与的情况下,实现故障恢复和系统重新配置。为了使系统能够支持热插拔,CompactPCI 协议在硬件和软件方面都作了特殊的规定。

#### 2.1.1 硬件方面

主要从连接器的角度进行讨论。CompactPCI 的连接分为长针、中针和短针,它采用如图 1 所示的分级针脚,使得 CompactPCI 模块在插入或拔出时的各引脚按一定的顺序与系统底板进行连接或断开,从而在硬件方面使 CompactPCI 板卡支持热插拔。分级针脚分为长、中、短三级针脚。

长针:电源、地线引脚。用于插槽放电和 Vo 引脚预充电,如: 3.3V, 5V,  $\pm 12V$ , GND 等

中针:PCI 总线信号引脚。当模块上电以后这些信号应该保持三态。为了减小对 PCI 信号的影响,在插入过程中,应预充电到 1V 左右。

短针:IDSEL、BD\_SEL# 引脚。用于模块插入/拔出的确认信号,当这个信号有效时(低电平),表示整个模块已完全插入系统中。

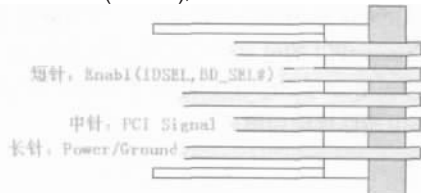


图 1 CompactPCI 连接器示意图

#### 2.1.2 软件方面

热插拔除了在硬件电路上要求采取上面所述的措施以防电气损坏或干扰其它模块正常工作外,还要求在系统的驱动程序级、服务程序级以及在应用程序级上有足够的附加软件来支持。软件的功能,不外乎是能够反应外围卡所送来的信号,进而分配或移除资源给外围卡以及加载或卸载外围卡的驱动程序。通常,当系统上电时,系统的 BIOS 分配一个内存地址空间和一个 I/O 空间给每个 CompactPCI 模块。当一个 CompactPCI 模块被插入或在系统已经配置后被拔出,它要求系统检测该事件并动态地重新配置内存和 I/O 地址空间。Hot Swap 服务程序包含外围卡的资源分配及卸载、驱动程序的加载及卸载,以及 Hot Swap 指示灯的使能等。这是最复杂的一部分,须考虑到所有可能的资源分配,包括 I/O 端口、内存及中断分配。目前凌华科技等公司已经陆续开发了 Windows 系列及 Linux 上 Hot Swap 服务程序。

#### 2.2 热插拔系统的工作流程

根据热插拔的连接顺序,CompactPCI 热插拔技术规范将热

梁俊:硕士研究生

插拔划分为三个过程:物理连接、硬件连接和软件连接。下面详细说明这三个过程,以及在这个过程中硬件和软件的状态。

#### (1)物理连接过程

物理连接过程是一个机械连接过程。在机械连接的过程中,在插入 CompactPCI 板卡模块时,首先通过板卡两侧的静电条放电,电源、地线引脚首先接通,该模块的预充电电路对 PCI 信号总线(如 AD31~AD0、C/BE3~C/BE0、FRAME#、IRDY#、TRDY#、DEVSEL#、STOP#、LOCK#、PERR#、SERR#、PAR、IDSEL 等)进行预加电,使这些信号线在与系统连接前维持在 1.0V 左右,从而使其与系统总线连接时产生的瞬态电流最小,最大限度地减小对总线的瞬态干扰,达到保护总线信号的目的。然后是中长引脚(PCI 信号总线)与系统总线接通,最后是短针引脚(IDSEL、BD\_SEL#)接通,同时向系统发出一个使能信号,系统由此知道有一模块已经插入系统,即开始对它进行初始化。当模块拔出时,上述事件发生的顺序正好相反。

#### (2)硬件连接过程

硬件连接过程指模块与背板 CompactPCI 总线的电气连接/断开,包括上电复位、上电检测、模块自身的初始化以及加载配置空间数据等。

#### (3)软件连接过程

软件连接过程指软件层同系统的连接或断开连接过程。对于模块的插入,这一过程包括分配系统资源,如内存空间分配、加载驱动程序和其它相关的软件,模块可以被操作系统或应用程序使用;对于模块的拔出,这一过程包括释放系统资源,关闭驱动程序和相应的软件。

### 3 热插拔的电路实现

热插拔设计的核心就是电源管理,按照一定的速率为模块上电和断电,同时为 PCI 总线信号提供 1V 左右的预充电电压。系统中采用 PCI9054 作为 PCI 接口芯片,利用电源管理芯片 LTC1644 对 CompactPCI 的电源进行管理,同时也为 PCI 总线信号(AD31~AD0、C/BE3~C/BE0、FRAME# 等)提供预充电电压。热插拔部分的电路原理图如图 2 所示。

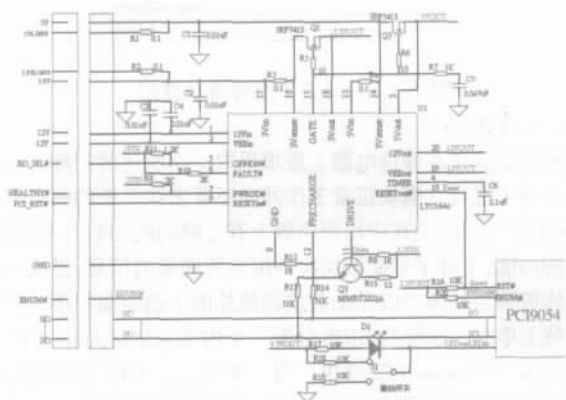


图 2 PCI9054 热插拔电路

#### 3.1 电源管理芯片 LTC1644 的接口设计

LTC1644 是一块专门用于热插拔的电源管理芯片。对于热插拔模块来说,除了 PCI9054 和 LTC1644 从 CompactPCI 的接口取电以外,其它模块(如 AD、DSP 等)都只能从 LTC1644 的输出端取电。它支持对 CompactPCI 总线上的 5V、3.3V、12V、-12V 电源进行控制,同时对 5V 和 3.3V 输出电压提供过载和短路的双重保护。

PRECHARGE 引脚用于产生 IV 的预充电电压,可在板卡插拔过程中对总线 I/O 引脚施加偏置。预充电的 PCI 总线信号(如 AD31~AD0、C/BE3~C/BE0、FRAME# 等)经过 51K 电阻上拉至预充电电压 PRECHARGE 引脚。

OFF/ON# 引脚经 2K 电阻上拉后与 CompactPCI 背板的 BD\_SEL# 相连。板卡插入时,短针 BD\_SEL# 最后连接,由于 CompactPCI 的背板已对 BD\_SEL# 进行特殊处理,BD\_SEL# 刚接触到背板时便会被拉低,因此可以形象的把 BD\_SEL# 看作是 LTC1644 的工作开关。当 OFF/ON# 被拉为低电平时,LTC1644 开始检测 +5V、+3.3V、+12V、-12V 这四路电源是否过流,如果出现电流过大情况,LTC1644 将有效 FAULT# 信号,同时板卡将一直处于复位状态;如果各路电压超过阈值(12Vout 11.1V, 5Vout 4.62V, 3.3Vout 2.9V and -12Vout -10.5V),LTC1644 的 PWRGD# 脚输出低有效。PWRGD# 脚与 CompactPCI 背板的 HEALTHY# 信号相连,因此板卡就可以通过 HEALTHY# 信号通知背板中的热插拔控制器(HSC)板卡电源是否正常。电源正常,HEALTHY# 输出低电平;反之输出高电平。LTC1644 根据 HEALTHY# 和背板 PCI\_RST# 的信号状态,从 RESETout(10 脚)输出板卡的复位信号,该复位信号上拉后与 PCI9054 的 RST# 脚连接。HEALTHY#、PCI\_RST#(背板)与 RESETout# 的逻辑关系如表 1 所示。

表 1 RESETout# 的逻辑真值表

PCI_RST#(背板)	HEALTHY#	RESETout#
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	0

#### 3.2 PCI9054 的接口设计

PCI9054 支持 CompactPCI 热插拔规范,利用 ENUM# 和 LEDon/LEDin 管脚以及相关寄存器(HS\_CNTL、HS\_NEXT 和 HS\_CSR)实现热插拔功能。

ENUM# 是一个热插拔控制信号,通知 CPU 系统的配置将要发生变化。当 CompactPCI 板卡插入或拔出系统时,使能 ENUM# 信号,通知 CPU 板卡将被插入或拔出。PCI9054 的 ENUM# 信号经 10K 的电阻上拉后直接与背板中的 ENUM# 相连。

尤其要注意的是,PCI9054 的 LEDon/LEDin 是一个分时复用输入输出 IO。当用作输出 IO 时,驱动模块的 LED 指示灯,表征板卡的状态将要发生改变,通过 HS\_CSR 寄存器来进行控制。例如,当系统允许拔出板卡时,点亮 LED 灯,告诉用户可以拔出板卡。当用作输入 IO 时,用来响应 CompactPCI 模块扳手上的微动开关。模块将要插入或拔出系统时,这个开关就先动作,通知主控 CPU 将会有板卡的状态发生改变。LEDon/LEDin 的引脚连接如图 2 所示。值得注意的是,PCI9030 利用 2 个 IO 脚(CPCISW 和 LEDon 脚)来完成此功能,

### 4 结论

热插拔是 CompactPCI 中最关键的部分,也是硬件设计中的难点。本文在介绍热插拔概念和原理的基础上,着重说明 Hot Swap 的工作流程,并详细讨论利用 PCI9054 和 LTC1644 等芯片实现热插拔的硬件电路设计方法。对于开发支持热插拔的 CompactPCI 板卡具有很好的借鉴作用。(下转第 64 页)

现中断与对应的中断处理函数。

\* shutdown 函数,在卸载驱动时使用,用来释放所申请的资源。

\* socket\_state 函数,设置插槽的初始化状态信息,完成对输入参数所包含的数据结构 struct pcmcia\_state 赋值,需要根据实际插槽的状态信息正确设置此数据结构。

\* get\_irq\_info 函数,用来获得每个插槽接口设备上的 Ready 中断信号。

\* configure\_socket 函数,由上层驱动调用,用来动态改变插槽的状态,比如工作电压 VCC、可编程电压 VPP 等。

将 PCMCIA 驱动程序成功编译进内核后,还需要使用卡管理工具 cardmgr 监测 CF 卡设备,当 CF 存储卡插入到 CSB226 开发板的插槽时,cardmgr 会发现该设备并完成设备的加载。

## 4 应用实例

在 CSB226 开发板上成功移植了 ARM Linux 后,可以进行多种应用开发,如:电子地图查询系统、娱乐游戏机等。本文在 CSB226 开发板上插入一块基于 Prism2 芯片组的 CF 接口的无线网卡,由于已经成功驱动了 CF 接口,所以只需要将无线接入点程序 Host AP 编译到 ARM Linux 内核中,再使用网桥工具将 CSB226 开发板自身的 10MBit 以太网和无线网络桥接起来,这个开发板就可以作为一台无线接入点工作了。

## 5 结论

Linux 操作系统在嵌入式设备中应用越来越广泛。本文针对基于 PXA255 处理器的开发板进行了系统移植,阐述了移植中的关键技术,如:内核的修改、文件系统建立、设备驱动的移植,最后在开发板上实现了无线接入点。本文的移植过程对于其他类型微处理器上 Linux 的移植也具有参考价值。

本文作者创新点:基于 CSB226 开发板进行了 ARM Linux 操作系统的移植,对 LCD 和 CF 卡设备驱动的平台相关部分进行了重写。最后在开发板上实现了无线接入点的应用。

参考文献

- [1]毛德操,胡希明.嵌入式系统采用公开源代码和 StrongARM/XScale 处理器[M].杭州:浙江大学出版社,2003.p.61-63.
- [2]CSB226 Block Diagram. <http://www.cogcomp.com/datasheets/Visio-CSB226-dist1.pdf>, 2004.
- [3]许先斌,熊慧君,李渊,杨芬.基于 ARM9 的嵌入式 Linux 开发流程的研究[J]微计算机信息.2006,11:87-90.
- [4]JonathanCorbet, GregKroah- Hartman, AlessandroRubini. Linux Device Driver[M]. 第三版. O'Reilly Media, Inc. 2005.

作者简介:王治强(1982-),男,辽宁大连人,北京工业大学硕士生,主要研究领域为嵌入式系统。黄樟钦(1965-),男,博士,教授,主要研究领域为嵌入式系统软硬件协同设计,计算机网络。侯义斌(1952-),男,教授,博士生导师,主要研究领域为嵌入式系统的软硬件协同设计,新型人机交互。方林波(1973-),男,博士生,主要研究领域为嵌入式系统软硬件协同设计,计算机网络。

Biography:Wang Zhiqiang, 1982-, Male, born in Liaoning Province, Master of Beijing University of Technology, Research Area: Embedded System.

(100022 北京 北京工业大学计算机学院)王治强

(College of Computer Science, Beijing University of Technol-

ogy, Beijing 100022, China)Wang Zhiqiang

通讯地址:(100022 北京工业大学 计算机学院 429 信箱)王治强

(收稿日期:2007.1.23)(修稿日期:2007.2.25)

(上接第 58 页)

本文作者创新点:从硬件和软件方面对 CompactPCI 热插拔技术进行了详细分析,详细介绍 CompactPCI 板卡模块的连接过程,并提出相关的硬件解决方案,即利用电源管理芯片 LTC1644 和 PCI9054 实现 CompactPCI 板卡的热插拔。

参考文献:

- [1]CompactPCI Specification
- [2]CompactPCI Hot Swap Specification
- [3]LTC1644 DataBook.Linear Technology Inc,2000
- [4]刘红.通用 CompactPCI/PXI 接口技术的研究.四川大学硕士论文,2005.4
- [5]韩雪峰.基于 PCI 总线的高速数据采集接口的设计与实现[J].微计算机信息.2005(08S):71-73

作者简介:梁俊(1982.09~),男,宁夏吴忠,中科院长春光学精密机械与物理研究所硕士研究生,主要研究方向:CompactPCI/PXI 接口技术研究;王建立(1971~),男,山东曲阜,研究员,主要研究方向:深空探测和光电火控技术研究。

Biography:Liang Jun, Male, Born in Sep, 1982, A graduate student in Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics. Research area: the technology of CompactPCI and PXI interface; Wang Jianli, Male, Born in 1971, Researcher. Research area: the detect of deep space and the technology of Electro-Optical fire control.

(130033 长春 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所)梁俊 王建立 孟浩然  
(100039 北京 中国科学院研究生院)梁俊  
(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Changchun 130033, China) Liang jun Wang Jianli  
Meng Haoran  
(Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China) Liang jun

通讯地址:(130033 吉林 吉林省长春市经济开发区营口路 20 号研究生公寓 C 座 408 室)梁俊

(收稿日期:2007.1.23)(修稿日期:2007.2.25)

## 书 讯

《PLC 应用 200 例》

110 元 / 本(免邮资)汇至

《嵌入式系统应用精选 200 例》

110 元 / 本(免邮资)汇至

地址:北京海淀区皂君庙 14 号院鑫雅苑 6 号楼 601 室

微计算机信息杂志收 邮编:100081

电话:010-62132436 010-62192616(T/F)