

一种基于 COME 模块的特种计算机主板设计

刘 野,周亚光,李 民

(中国电子科技集团公司第十五研究所,北京 100083)

摘 要:特种计算机主板发展的趋势是高密度、一体化、定制化和高可靠性,其使用需求使其必须具有较长的使用寿命以及长期的稳定供货时间。目前基于 COME 模块的特种计算机主板设计已成为行业内主流的设计模式之一,而基于 COME 模块开发的一体化、定制化主板可以很好的满足特种计算机设计、生产及后续维护、升级等各类需求。该文介绍了一种基于 COME 模块的特种计算机主板设计方案,在硬件总体设计、电源时序设计、总线接口扩展、PCB 布板、信号完整性、电源完整性及工艺设计等面作了说明,并介绍了实际调试的步骤、试验验证情况及实际应用情况。测试结果表明,该主板具有高密度、一体化、高可靠性等特点,可以广泛应于加固笔记本、便携终端、加固一体机等各类特种计算机当中。

关键词:COME 模块;一体化;主板;总线扩展;PCB

中图分类号:TP302.1

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2022)0092-07

Design of a Special Computer Motherboard Based on COME Module

LIU Ye,ZHOU Ya-guang,LI Min

((The 15th Research Institute of China Electronic Technology Corporation,Beijing 100083,China)

Abstract:The development trend of reinforced computer motherboard is high density,integration,customization and reliability. A long service life and long term stable supply of raw materials are important to reinforced computer motherboard. At present,the design of reinforced computer motherboard based on COME module has become one of the main design modes in the industry. The motherboard designed in this way will meet the needs of reinforced computer maintenance and upgrading in the later period. This paper introduces the design of motherboard based on COME module and explains the detail design of hardware,power timing,bus interface expansion,layout and signal integrity. The debugging steps and test verification are also introduced. The test results show that the motherboard has the characteristics of high integration and reliability. This motherboard can be widely used in all kinds of products such as reinforced notebook and portable terminal.

Key words:COME module;integration;motherboard;bus extension;PCB.

0 引 言

特种计算机广泛应用于各类军事领域,其重要特性和发展趋势是高密度、一体化、定制化和高可靠。特种计算机的使用需求使其必须具有较长的使用寿命以及长期的供货时间。而基于 COME 模块开发的一体化、定制化主板可以很好地满足特种计算机设计、生产及后续维护等各类需求。目前基于 COME 模块的特种计算机主板设计已成为行业内主流的设计模式之一。

基于 COME 模块开发的一体化主板可广泛应用于加固笔记本、便携终端、加固一体机等多类设备。不同设备的对外接口需求,电源控制方式均有不同。综合各类项目的定制化要求,基于 COME 模块设计完成了一款一体化主板,该主板可广泛适用于各类军用特

种计算机。

1 总体方案设计

一体化主板作为特种计算机的核心组件,以 COME 模块为核心进行接口扩展,集成了电子盘、电源转换电路以及 RS232、RS422、LAN、CAN、LVDS、PS2 等功能接口电路。主板主要有以下 4 个用途:

- 一是为整机工作提供所需的各种电压;
- 二是作为各种连接器和电源模块的安装在载体;
- 三是将 CPU 模块、电源模块、硬盘等电气件进行互连;
- 四是合理规划了主机内部走线。

主板内部原理框图如图 1 所示,接口扩展逻辑框图如图 2 所示。

收稿日期:2021-12-12

作者简介:刘 野(1984-),男,硕士,高级工程师,研究方向为特种计算机电气设计。

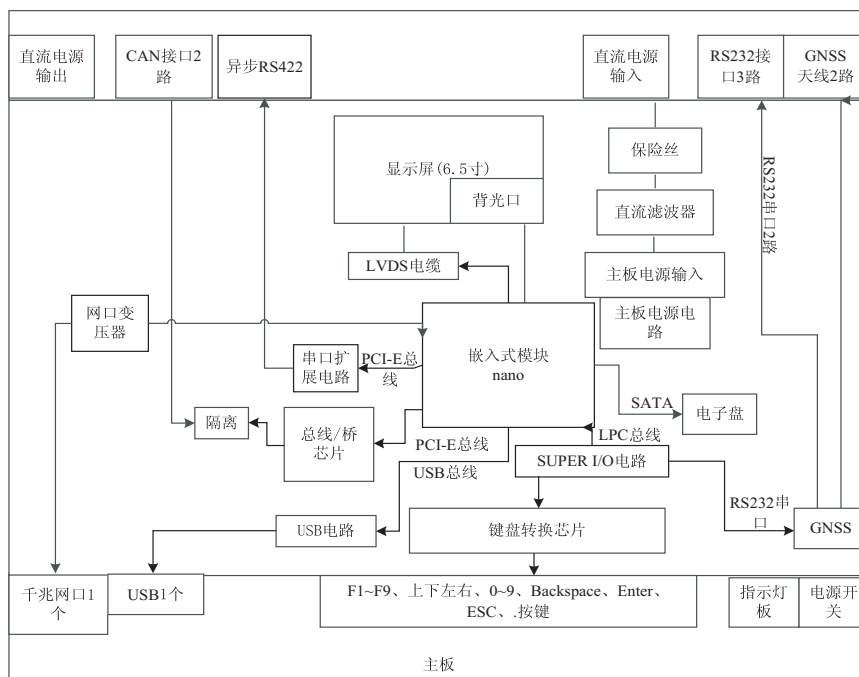


图 1 系统互联示意图

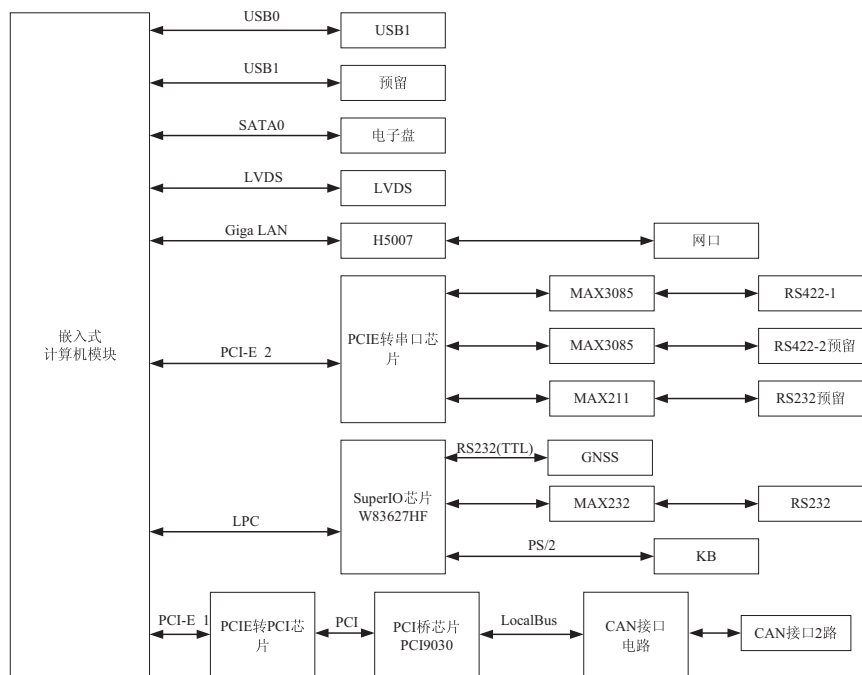


图2 主板通用接口扩展逻辑图

2 硬件原理设计

下面分别介绍主板的电源设计、接口硬件设计、定制键盘的扩展设计,并给出了具体的设计原理图,并对具体注意事项给出经验说明。

2.1 电源设计

AT/ATX 电源模式为计算机最常使用的两种标准电源模式。COME 模块完全符合两种电源模式,但由于其与传统主板的不同,省略了主板上电过程中复杂的时序控制要求,从而使设计电源时不必关注 CPU

及南北桥芯片的复杂上电时序过程,只需遵从 COME 规范中其上电时序需求即可,ATX/AT 上电时序如图 3 所示。

在 ATX 模式下,VCC_5V_SBY 为常供电源;PWR_BTN#为 COME 模块主板启动唤醒信号,SUS_S3#为主板输出,一般用来控制 PS_ON#从而控制电源输出;最后 COME 收到电源系统反馈的 PWR_OK 信号,说明所有电源准备好,模块开始启动。在 AT 模式下,由于上电直接启动,从而仅需关心各类电源正常输出后,电源系统为 COME 模块提供 PWR_OK 信号,说明所有

TPS3510 提供保护电路电压指示器初始保护输出 FPO 和 PS_ON 控制及 PWR_OK 信号。

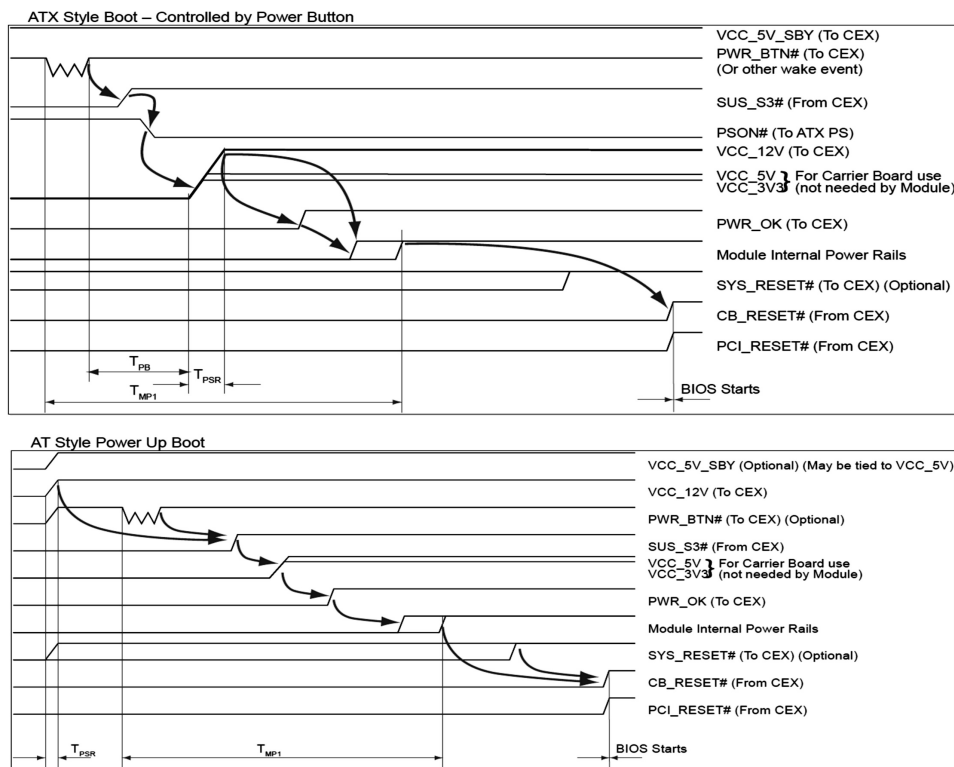


图3 传统冷板结构示意图

2.2.2 串口扩展设计

本设计中主板共规划输出 10 路串口,其中 2 路利用 COME 模块的 LPC 总线通过 SuperIO 芯片实现,其余 8 路串口通过使用 OXPCIE958 实现。OXPCIE958 能够实现 1 路 PCIE 转 8 路串口的功能,且能够保证每个串口速率达到 10 Mbps,满足设计需求,原理图如图 4 所示。

主板采用的 COME 模块为 TYPE10 型模块,对外提供四路 PCIE x1 总线,但 PCIE 时钟信号仅有一路,该主板设计中,串口、CAN 口等各类接口均需要通过 PCIE 总线扩展完成,故选用 ICS9DB108F 作为 PCIE-CLOCK(时钟)的 BUFF 芯片实现时钟信号的扩展。

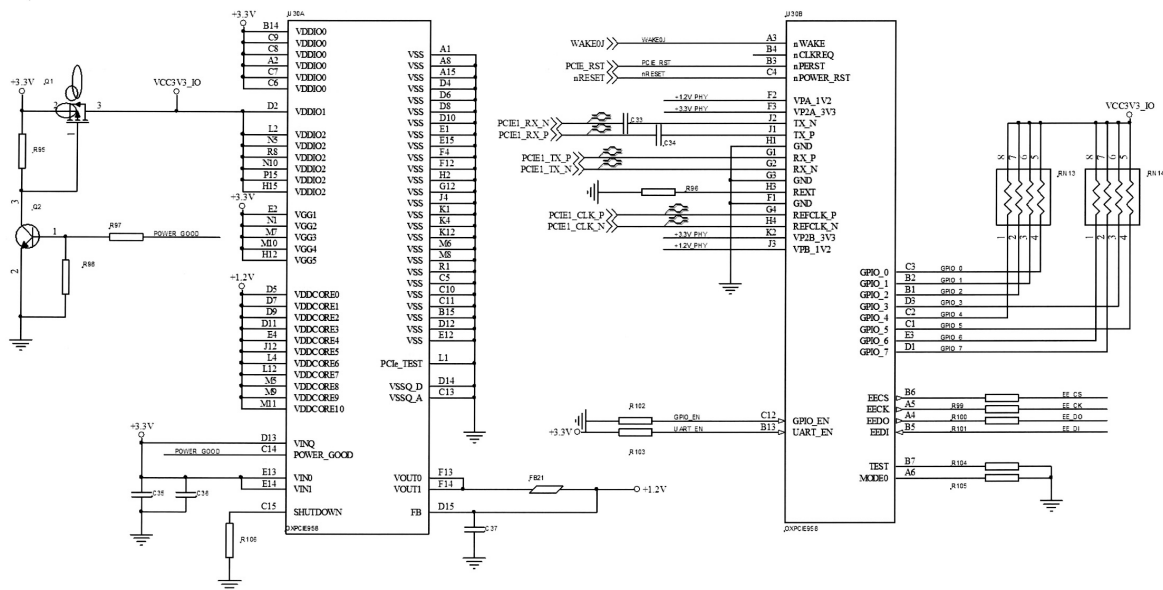


图4 串口扩展电路原理图

对外输出的 RS422 接口电平转换芯片使用 MAXIM 公司的 MAX3085 实现, RS232 的电平转换芯片使用 MAXIM 公司的 MAX211 实现, 使用集成的 MAXIM 公司芯片能够有效的提高电路的可靠性。

2.2.3 Super IO 扩展设计

基于 COME 模块的设计与以往在接口方面最大的不同之一就是要对 Super I/O 进行设计。因为在南桥这样的高速设备和串行、并行接口、软盘驱动器及键盘鼠标等大量低速设备之间必定存在速度的不匹配,而需要经过转换和管理。Super I/O 是基于 LPC 总线的, LPC (Low Pin Count) 接口就像它的名字一样,代表用较少的针脚实现一种速度能够和 ISA 总线相比拟的 I/O 接口。和 ISA 总线比起来, LPC 接口节省了 40 多个针脚。由 Intel 所提出,其目的是把非常慢速的

ISA 总线取消,而为了让一些原本在 ISA 上跑的硬件在没有 ISA 的机器上能够运作。例如一般键盘,鼠标,软驱,并口,串口等慢速外围设备即可用支持 LPC 的 SUPER I/O 芯片控制,而且在软件上是完全兼容的。

COME 模块没有直接将串口和 PS/2 信号引出来,需要从 LPC 总线通过芯片转接得到,根据需求这里采用 WINBOND 的芯片 W83627HF 实现由 LPC 总线转出 2 个串口和 PS/2 接口的鼠标键盘各一路。本设计中采用 COME 模块的 LPC 总线通过 Super IO 进行串口及 PS2 接口的扩展使用。其中 Super IO 芯片其在使用 24M 晶振时,串口速率可达 1.5 Mbps,满足设计需求。SuperIO 芯片扩展出来的键盘接口用于与定制键盘相连,原理图如图 5 所示。

Super IO

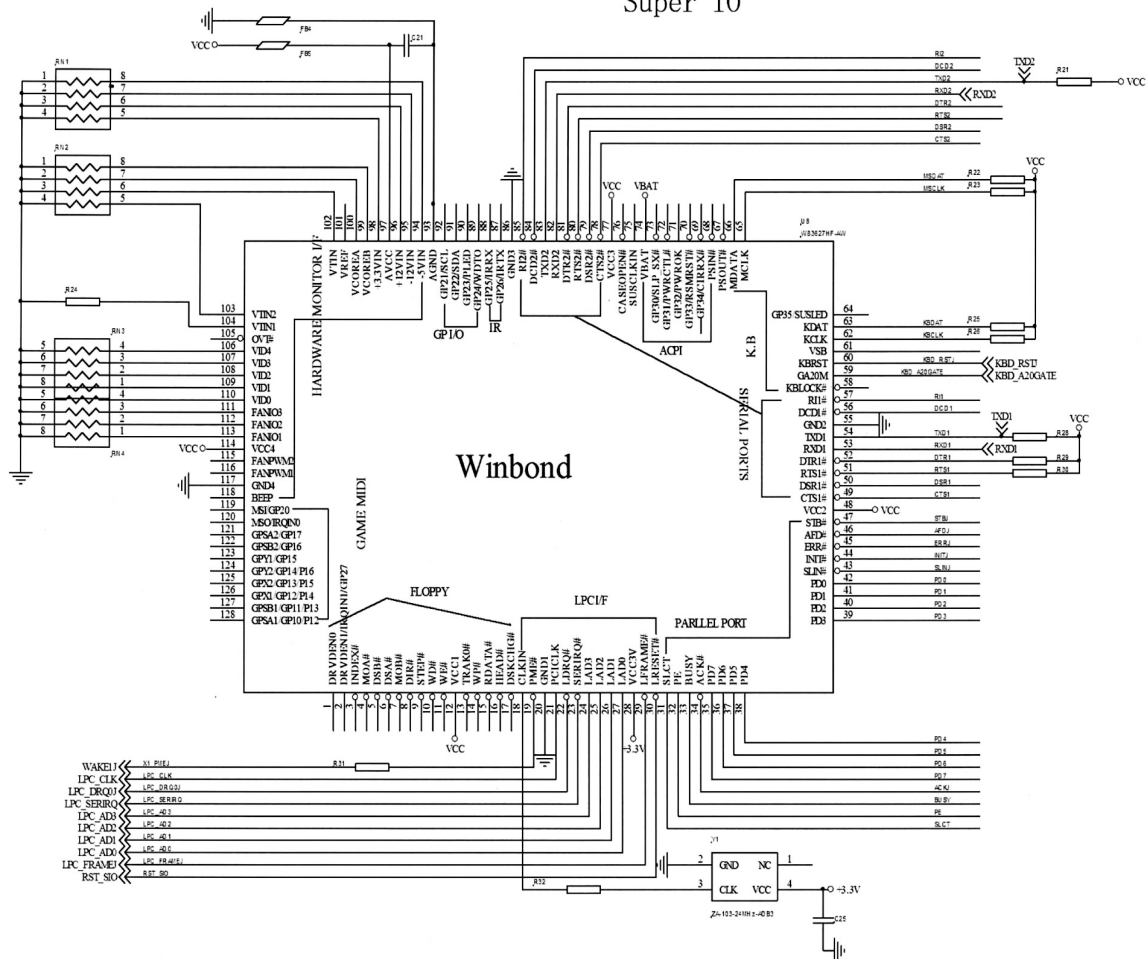


图 5 Super IO 扩展电路原理图

2.2.4 CAN 口扩展设计

CAN 总线电路使用 PCIE 总线通过 PCIE 转 PCI 桥芯片实现与系统的连接,该部分接口电路完成 PCI 接口协议转换、CAN 总线通信数据的传输。该电路核心逻辑控制单元为 ARM 处理器 STM32F207ZGD6,通过地址/数据复用总线完成与 CAN 总线控制器的数据

交换。功能电路采用双口 RAM 完成与 PCI 总线的数据交换,实现快速、大容量的数据传输。

PCI 接口完成系统总线(PCI 总线)到本地总线的转换,使计算机能通过 PCI 总线实现与功能电路的数据交换。经过对 PCI 接口信号、PCI 规范的深入研究及参照整个系统的任务要求,本部分电路选用

PCI9030+双口RAM+MCU的接口方案,来完成PCI总线的接口设计。采用PLX公司生产的PCI9030作为PCI控制器实现系统PCI总线与本地总线的转换,使用IDT公司生产的双口RAM芯片IDT7005S完成PCI本地总线与MCU控制电路的数据交换。

MCU 以中断模式接收 CAN 总线上传来的数据,并把接收的 CAN 数据帧放到双口 RAM 的对应数据接收区,设置双口 RAM 的标志位后,供 PCI9030 读取数据,采用“乒乓”机制来读取数据,避免 PLX9030 和 MCU 同时对双口 RAM 的同一区域进行读写。系统发送 CAN 数据帧时,通过 PLX9030 写入双口 RAM 的 CAN 总线数据帧发送区,设置发送标志位后,MCU 通过中断检测到数据要发送时,从双口 RAM 的数据发送区读取数据,然后通过 CAN 电平转换芯片把数据发送到总线上。

2.2.5 其他总线接口设计

主板的通用接口扩展逻辑图如图 2 所示。主板以 COME 模块为核心,USB、SATA、LVDS、网口等可直接

从模块引出,只要辅以适当的滤波、隔离等外围电路即可。

其中千兆网口信号主要是 4 对差分对信号,它们负责网络信号的传输。在 COME 模块中,已集成了一个千兆网口,将这些信号经过网口变压器进行滤波增强处理后即可输出。

COME 模块提供了符合 SATA 规范的接口引脚定义,只需完成相应的硬件接口设计,连接器选用 SATA 弯脚直插连接器,宽温硬盘直接固定在电路板上。

USB 接口及 LVDS 接口外围电路比较简单,参考各类 COME 载板设计规范进行配置,即可完成设计,在这里就不进行一一列举说明。

2.3 定制键盘设计

本设计中有定制的专用键盘需求,该键盘是在标准键盘的基础上裁剪得到的。键盘的控制芯片选用的是 HT82K628A,该芯片内置晶振,外围电路简单,与主板的 PS/2 接口相连。键盘控制电路如图 6 所示。

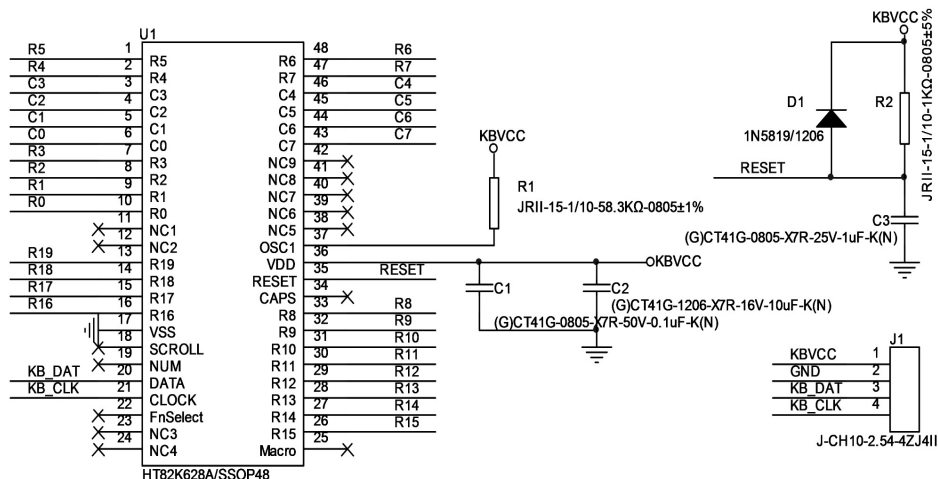


图 6 键盘控制电路原理图

3 PCB 布板设计

本设计中 PCB 采用多层板设计,在设计多层 PCB 电路板之前,需要首先根据电路的规模、电路板的尺寸和电磁兼容的要求来确定所采用的电路板结构,决定采用电路板的层数,内电层的位置以及如何在这些层上分布不同的信号。同时本设计中考虑到设备后期的调试、维修性,将 COME 模块、电子盘等板卡安装期间布板到 PCB 背面,所有芯片、阻容器件、接口等全部放置在主板的正面,以便后续调试维修。具体 PCB 布板图如图 7 所示。

3.1 信号完整性分析

随着 CPU 速率的逐年提升,高速数字信号速率越来越高,信号完整性(Signal Integrity)越来越受到关注。主要的信号完整性问题包括反射、振荡、地弹、串

扰等。

为得到更好的信号质量,需解决的主要问题包括:
(a)阻抗控制。

本设计中重点讨论信号完整性设计中的阻抗匹配设计。根据设计需求,主板上重要控制信号的阻抗控制如表 1 所示。

表 1 阻抗控制要求

序号	信号类别	阻抗要求(单端/差分)(欧姆)
1	USB	45±10%/90±15%
2	PCI-E	55±15%/92±10%
3	GBE	55±15%/95±20%
4	SATA	55±15%/100±20%
5	LPC	55±15%
6	LVDS	55±15%/100±20%

(b) 差分线设计。

在 PCB 中,网络信号、SATA 信号、PCI-E、USB 信号均采用差分技术,差分技术采用一对传输信号线,可以有效降低信号的电磁辐射,并且信号回流不通过地平面,有很强的抗干扰能力,传输距离更远。对于所有的差分信号线,在布线时有几条原则一定要注意:

- 等长:两根差分线长度应相等,电长度的不同会产生电位差;相位差会破坏差分信号的磁场抵消作用并且产生 EMI,减小接收器扭曲裕量(skewmargin),削弱系统性能;

- 间距尽量小并且保持一致,间距变化会引起阻抗变化,阻抗不连续会使反射增加,这会降低信号质量并产生共模噪声,共模噪声不利于消除差分线的电磁效应并且产生电磁骚扰;

- 差分阻抗要满足要求,由于差分对通常用来传输高速数据信号,要求具有快速变化的边缘斜率,PCB

导线要作为传输线看待,长度超过 2 cm 时应该进行阻抗控制,同时需要进行阻抗匹配,其范围应按照具体接口的特性阻抗要求进行控制,并在制板时对制板厂商进行说明。

(c) 串扰分析。

高速电路中相邻传输线之间由于互感和互容会引起串扰,串扰的大小和它们之间的互感和互容大小都有关系。通常按近端串扰和远端串扰进行分析。

- 通过增加线间的距离来抑制 PCB 上信号线串扰,尽量使线间的距离满足 3 W 法则,即两线之间的距离应保持线宽的 3 倍,这样两线之间的串扰可以减少 70% 以上;

- 设计叠层时,在满足阻抗要求的条件下,应尽量使信号靠近参考面,使得传输线可以紧密地与参考面耦合,从而减少相邻信号间的串扰;

- 在布线空间允许的条件下,采用包地走线。

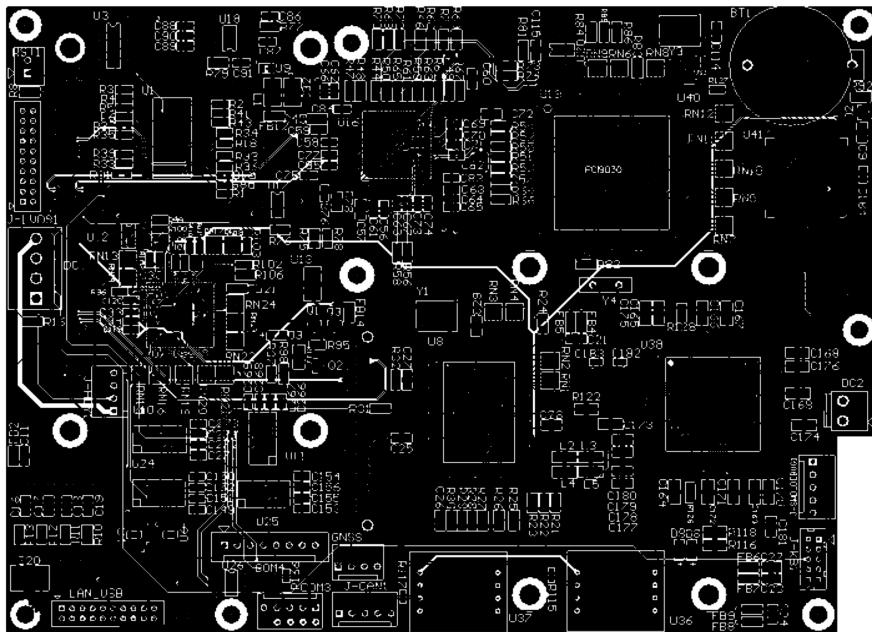


图 7 PCB 布板图

3.2 工艺设计

印制板工艺,考虑了以下准则:

- (a) 在设计印制板时采用大面积铺地设计,电路板包地处理,可增强电路板的电磁兼容性;

- (b) 数字地和模拟地分离;

- (c) 高速时钟信号线相对独立走线,并采用地线包围的方法减少其高频辐射;

- (d) 输入线和输出线分开布线,信号线和功率线分开布线。

在布线过程中,考虑了以下准则:

- (a) 合理设置平面层,以保证导线的阻抗连续,抑制信号反射;

- (b) 针对需要隔离的信号,合理划分平面层,既保

证隔离前端信号阻抗连续,又要保证隔离后端阻抗连续,平面之间距离满足隔离电压要求;

- (c) 高频电路布线要尽量避免信号线近距离平行走线;

- (d) 时钟信号引线最容易产生电磁辐射干扰,走线时应与地线回路相靠近,同时应远离接口外出信号线,避免强辐射信号在线上的干扰耦合到外出信号,对外辐射;

- (e) 强辐射信号线距参考平面边沿不小于 3 H(H 为线距离参考平面的高度,从而抑制边缘辐射效应);

- (f) 各种晶体振荡器、LC 振荡电路等,要将相应的元器件尽可能靠近相应的 IC,连接它的 PCB 走线要尽可能短;另外,在晶振外壳下方投影面积范围内应该

铺大面积铜皮,为高频干扰通路提供回路路径;

(g)尽量减少使用过孔,过孔不仅会影响 PCB 的机械强度,而且它的寄生电容会延长信号的上升时间,降低电路速度,寄生电感会削弱旁路电容的功效,减弱整个电源系统的滤波效果。

4 板级调试

对于基于 COME 模块开发的主板,板级调试阶段,主要按如下调试步骤进行:

(a)板卡外观检查:检查焊点是否符合电装要求,是否清洁,器件是否正确;

(b)电地绝缘测量:加电前先通过万用表对各路电信号同地信号是否绝缘;

(c)电信号测量:对裸板进行初步加电,测量主板所使用的 DC12V/5V/3.3V 及芯片核电压是否正常;

(d)安装板卡器件加电测试:将 COME 模块,电子盘等相关板卡器件安装到主板上,加电测试,通过显示信号观看主板是否正常启动,可以进入 BIOS 界面进行初步设置;

(e)系统安装:对主板所使用的系统通过 USB 接口外置光驱进行安装,并安装芯片及接口驱动;

(f)接口调试:对主板所有接口进行功能调试,利用各类接口专用软件对接口性能进行测试;

(g)加压测试:采用专用加压测试软件,对主板所有器件及接口进行加压测试,一般按照 24 小时进行,并对敏感参数:如 CPU 温度、网口丢包率等进行数据统计。

经过以上流程,对个步测试做好调试记录,调试结果表明,该款主板功能性能符合技术要求,可开始进行喷涂三防工序及交付装配使用。

5 实测验证

主板完成板级调试后,安装于结构件中,通过整机

对主板的技术指标及环境适应性、可靠性进行了全面的实测试验,所有接口均在系统下完成了压力测试、100 小时老练及高低温、湿热、振动等各类摸底试验,实测结果表明,该款主板性能稳定,可以转入小批量生产阶段。

6 结束语

介绍了一种基于 COME 模块的特种计算机主板设计方案,从硬件总体设计、电源时序设计、总线接口扩展、PCB 布板等各面作了详细的说明,介绍了实际调试及应用情况。测试结果表明,该主板具有高密度、一体化、高可靠性等特点,可以广泛应于与各类特种计算机。

参考文献:

- [1] 韩强. 基于 PCI-E 交换的多接口模块设计[J]. 信息通信, 2018(5):64-65.
- [2] 沈俊杰. 高速电路信号完整性分析与设计[J]. 电子制作, 2018(22):15-16.
- [3] 吴志川, 窦爱萍, 刘金学. 基于 ATOM 处理器的加固机设计方法[J]. 计算机产品与流通, 2018(8):63.
- [4] 邹庆华, 曹伟. 基于 COMe 模块的系统远端代理设备硬件平台设计[J]. 信息与电脑, 2016(11):70-71.
- [5] 崔强强, 金同标. 基于 COMe 模块的加固计算机主板设计[J]. 电子科技, 2014(2):92-95.
- [6] 王旭东, 朱蕴璞. 基于 ARM 多处理器的 CAN 总线分布式控制系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2015(5):52-55.
- [7] 虞磊, 胡晓吉. 军用高可靠性 ATX 电源的设计与实现[J]. 微计算机信息, 2010, 26(1):132-134.
- [8] 王庆双, 蔡冬生. 基于 ARM 芯片的 CAN 总线接口设计与实现[J]. 计算机工程与设计, 2009(7):9-13.
- [9] 田银磊, 史永昌. 基于 PCI-E 总线的信号完整性仿真设计[J]. 平顶山学院学报, 2010, 25(5):71-74.