|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 文件编号 | |  | 密 级 |  | |
| 文件类型 | |  | 作 者 |  | |
| 项目代码 | |  | 适用范围 |  | |
| **飞控计算机1-Linux应用程序开发说明** | | | | | |
| 关联文档 | | | | | |
| **文件编号** | **文件名称** | | | | **版本** |
|  |  | | | |  |
|  |  | | | |  |
|  |  | | | |  |
|  |  | | | |  |
|  |  | | | |  |
|  |  | | | |  |
|  |  | | | |  |
|  |  | | | |  |
|  |  | | | |  |
|  |  | | | |  |
|  |  | | | |  |
|  |  | | | |  |
|  |  | | | |  |
|  |  | | | |  |
|  |  | | | |  |
|  |  | | | |  |
|  |  | | | |  |

**修订记录**

| **版本** | **修订内容说明** | **修订人** | **修订日期** |
| --- | --- | --- | --- |
| 1.0 | 新建 | 金益彬 | 2015/1/18 |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

# 飞控计算机硬件系统简介

## 硬件架构



图 1双余度飞控计算机硬件架构

该计算机由三块板卡组成：主控制器板、备控制器板和接口板。

* 控制器板是计算机的处理器，实现飞行控制、任务调度等功能；
* 接口板实现主备切换和接口扩展等功能
* 控制器板1和控制器板2可以采用完全不同的硬件和软件方案 ，工作在完全不同的时钟频率，满足不同的功能和性能需求
* 将控制器板1（或控制器板2）插入接口板的主插槽，即作为主控制器板使用，插入备插槽，即作为备控制器板使用
* 将两块控制器板1（或控制器板2）插入接口板，就可以实现同构双余度设计
* 将控制器板1插入主插槽（或备插槽），控制器板2插入备插槽（或主插槽），就可以实现异构双余度设计

硬件系统框图如图 2所示。主飞行控制器和备飞行控制器采用独立的电源供电，主备控制器的输出接口通过RS485接口挂在总线上。主备切换控制器为预留设计，当整机系统（如飞艇）中没有能源控制器时，可以用来切换主备飞行控制器的电源，目前还未实现该功能。



图 2双余度飞控计算机硬件系统框图

## 飞行控制器板1-Linux版本硬件系统



图 3飞行控制器-Linux硬件系统框图

飞控控制器硬件系统框图如上图。

* 控制器以一个ARM内核的CPU为核心，通过FPGA扩展出17个串口。串口经过接口板之后，会通过转换芯片，转成RS485或者RS232。
* 对于飞艇用的接口板，接口板上只使用了飞行控制器输出的15个串口，转换为RS485接口，其中包括四个带隔离的RS485接口
* UART0为调试接口，用来给linux控制台使用
* USB接口为数据传输接口，应用程序需要通过USB接口，复制到CPU的NAND或者SD卡中

## 飞艇接口板1

### 插座定义

接口板包括两个对外插座，一个为62pin 高密度D-Sub PCB连接器（母头），另一个为44pin高密度D-Sub PCB连接器（母头）。插座信号分配及定义如下。



图 4 62Pin D-Sub信号分配

表格 1 62pin D-sub信号定义

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 位号 | 信号定义 | 说明 |
| 1 | A9 | RS485接口9接收通道A |
| 2 | Z9 | RS485接口9发射通道Z |
| 3 | Y9 | RS485接口9发射通道Y |
| 4 | GND | RS485接口6地 |
| 5 | B6 | RS485接口6接收通道B |
| 6 | A6 | RS485接口6接收通道A |
| 7 | Z6 | RS485接口6发射通道Z |
| 8 | Y6 | RS485接口6发射通道Y |
| 9 | GND | RS485接口3地 |
| 10 | B3 | RS485接口3接收通道B |
| 11 | A3 | RS485接口3接收通道A |
| 12 | Z3 | RS485接口3发射通道Z |
| 13 | Y3 | RS485接口3发射通道Y |
| 14 | GND | 备电路电源和地，28V |
| 15 | GND |
| 16 | VIN\_REDUNDANT |
| 17 | VIN\_REDUNDANT |
| 18 | GND | 主电路电源和地，28V |
| 19 | GND |
| 20 | VIN\_MAIN |
| 21 | VIN\_MAIN |
| 22 | NC | 空闲 |
| 23 | B9 | RS485接口9接收通道B |
| 24 | GND | RS485接口9地 |
| 25 | GND | RS485接口7地 |
| 26 | B7 | RS485接口7接收通道B |
| 27 | A7 | RS485接口7接收通道A |
| 28 | Z7 | RS485接口7发射通道Z |
| 29 | Y7 | RS485接口7发射通道Y |
| 30 | GND | RS485接口4地 |
| 31 | B4 | RS485接口4接收通道B |
| 32 | A4 | RS485接口4接收通道A |
| 33 | Z4 | RS485接口4发射通道Z |
| 34 | Y4 | RS485接口4发射通道Y |
| 35 | GND | RS485接口1地 |
| 36 | B1 | RS485接口1接收通道B |
| 37 | A1 | RS485接口1接收通道A |
| 38 | Z1 | RS485接口1发射通道Z |
| 39 | Y1 | RS485接口1发射通道Y |
| 40 | GND | 主控制器调试串口地 |
| 41 | RX\_DEBUG\_MAIN | 主控制器调试串口接收，RS232电平 |
| 42 | TX\_DEBUG\_MAIN | 主控制器调试串口发射，RS232电平 |
| 43 | NC | 空闲 |
| 44 | GND | RS485接口8地 |
| 45 | B8 | RS485接口8接收通道B |
| 46 | A8 | RS485接口8接收通道A |
| 47 | Z8 | RS485接口8发射通道Z |
| 48 | Y8 | RS485接口8发射通道Y |
| 49 | GND | RS485接口5地 |
| 50 | B5 | RS485接口5接收通道B |
| 51 | A5 | RS485接口5接收通道A |
| 52 | Z5 | RS485接口5发射通道Z |
| 53 | Y5 | RS485接口5发射通道Y |
| 54 | GND | RS485接口2地 |
| 55 | B2 | RS485接口2接收通道B |
| 56 | A2 | RS485接口2接收通道A |
| 57 | Z2 | RS485接口2发射通道Z |
| 58 | Y2 | RS485接口2发射通道Y |
| 59 | GND | 主控制器USB接口地 |
| 60 | VBUS\_MAIN | 主控制器USB接口VBUS |
| 61 | DP\_MAIN | 主控制器USB接口DP |
| 62 | DN\_MAIN | 主控制器USB接口DN |



图 5 44pin D-sub信号分配

表格 2 44pin D-sub信号定义

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 位号 | 信号定义 | 说明 |
| 1 | GND | 地 |
| 2 | B11 | RS485接口11接收通道B/RS232接口1接收通道，默认为RS232接口 |
| 3 | A11 | RS485接口11接收通道A/RS232接口2接收通道，默认为RS232接口 |
| 4 | Z11 | RS485接口11发射通道Z/RS232接口2发送通道，默认为RS232接口 |
| 5 | Y11 | RS485接口11发射通道Y/RS232接口1发送通道，默认为RS232接口 |
| 6 | GND | RS485接口10地 |
| 7 | B10 | RS485接口10接收通道B |
| 8 | A10 | RS485接口10接收通道A |
| 9 | Z10 | RS485接口10发射通道Z |
| 10 | Y10 | RS485接口10发射通道Y |
| 11 | GND | 地 |
| 12 | Y\_SWITCH | 切换控制器RS485信号Y |
| 13 | VBUS\_REDUNDANT | 备控制器USB接口VBUS |
| 14 | DP\_REDUNDANT | 备控制器USB接口DP |
| 15 | DN\_REDUNDANT | 备控制器USB接口DN |
| 16 | GND13\_ISO | RS485隔离接口13地 |
| 17 | B13\_ISO | RS485隔离接口13接收通道B |
| 18 | A13\_ISO | RS485隔离接口13接收通道A |
| 19 | Z13\_ISO | RS485隔离接口13发射通道Z |
| 20 | Y13\_ISO | RS485隔离接口13发射通道Y |
| 21 | GND12\_ISO | RS485隔离接口12地 |
| 22 | B12\_ISO | RS485隔离接口12接收通道B |
| 23 | A12\_ISO | RS485隔离接口12接收通道A |
| 24 | Z12\_ISO | RS485隔离接口12发射通道Z |
| 25 | Y12\_ISO | RS485隔离接口12发射通道Y |
| 26 | NC | 空闲 |
| 27 | Z\_SWITCH | 切换控制器RS485信号Z |
| 28 | B\_SWITCH | 切换控制器RS485信号B |
| 29 | GND | 备控制器调试串口地 |
| 30 | GND | 备控制器USB接口地 |
| 31 | GND15\_ISO | RS485隔离接口15地 |
| 32 | B15\_ISO | RS485隔离接口15接收通道B |
| 33 | A15\_ISO | RS485隔离接口15接收通道A |
| 34 | Z15\_ISO | RS485隔离接口15发射通道Z |
| 35 | Y15\_ISO | RS485隔离接口15发射通道Y |
| 36 | GND14\_ISO | RS485隔离接口14地 |
| 37 | B14\_ISO | RS485隔离接口14接收通道B |
| 38 | A14\_ISO | RS485隔离接口14接收通道A |
| 39 | Z14\_ISO | RS485隔离接口14发射通道Z |
| 40 | Y14\_ISO | RS485隔离接口14发射通道Y |
| 41 | GND |  |
| 42 | A\_SWITCH | 切换控制器RS485信号A |
| 43 | RX\_DEBUG\_REDUNDANT | 备控制器调试串口接收，RS232电平 |
| 44 | TX\_DEBUG\_REDUNDANT | 备控制器调试串口发射，RS232电平 |

# 应用程序开发指南

## 串口映射

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 插座定义-接口名称 | Linux设备号 | CPU串口号 | 说明 |
| RX\_DEBUG\_MAIN  TX\_DEBUG\_MAIN | /dev/ttyLP0 | Uart0 | 主控制器板CPU调试串口—RS232 |
| Y1/Z1/A1/B1 | /dev/ttyLP2 | Uart2 | CPU直接输出 |
| Y2/Z2/A2/B2 | /dev/ttyLP3 | Uart3 | CPU直接输出 |
| Y3/Z3/A3/B3 | /dev/ttyLP1 | Uart1 | 扩展接口，通道编号4 |
| Y4/Z4/A4/B4 | /dev/ttyLP1 | Uart1 | 扩展接口，通道编号5 |
| Y5/Z5/A5/B5 | /dev/ttyLP1 | Uart1 | 扩展接口，通道编号6 |
| Y6/Z6/A6/B6 | /dev/ttyLP1 | Uart1 | 扩展接口，通道编号7 |
| Y7/Z7/A7/B7 | /dev/ttyLP1 | Uart1 | 扩展接口，通道编号8 |
| Y8/Z8/A8/B8 | /dev/ttyLP1 | Uart1 | 扩展接口，通道编号9 |
| Y9/Z9/A9/B9 | /dev/ttyLP1 | Uart1 | 扩展接口，通道编号10 |
| Y10/Z10/A10/B10 | /dev/ttyLP1 | Uart1 | 扩展接口，通道编号11 |
| Y10/Z10/A10/B10 | /dev/ttyLP1 | Uart1 | 扩展接口，通道编号12 |
| Y11/Z11/A11/B11 | /dev/ttyLP1 | Uart1 | 扩展接口，通道编号13 |
| Y12/Z12/A12/B12 | /dev/ttyLP1 | Uart1 | 扩展接口，通道编号14 |
| Y13/Z13/A13/B13 | /dev/ttyLP1 | Uart1 | 扩展接口，通道编号15 |
| Y14/Z14/A14/B14 | /dev/ttyLP1 | Uart1 | 扩展接口，通道编号16 |
| Y15/Z15/A15/B15 | /dev/ttyLP1 | Uart1 | 扩展接口，通道编号17 |

### RS485发送使能

所有RS485接口默认都是发送端关闭状态，必须通过GPIO使能接口芯片，才能发送数据。对应的GPIO编号为92，输出高电平使能发送。可以在linux下使用以下命令使能：

Echo 1 > /sys/class/gpio/gpio92/value

### 扩展串口协议

串口协议分上行和下行，采用不同的帧头来区分

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 帧段 | 帧内容 | |
| CPU-->FPGA | FPGA->CPU |
| 帧头1 | 0x24 | 0x24 |
| 帧头2 | 0x43 | 0x46 |
| 帧头3 | 0x54 | 0x54 |
| 帧头4 | 0x46 | 0x43 |
| 帧长 | 一个字节，数据段长度 | |
| 通道号 | 一个字节，0为所有通道，当主机给所有20个通道广播时使用，1-20分别对应20个通道 | |
| 数据 |  | |
| CRC校验低字节 | CRC16,二项式0xA001　（只对数据段校验） | |
| CRC校验高字节 |
| 帧尾 | 0xFE | |

## SPI接口

SPI接口用来设置扩展串口的波特率，读取FPGA版本信息。

SPI接口的设备号为：/dev/spidev0.0

SPI接口格式：可兼容200KHz-1MHz时钟；

16bit数据；MSB；上升沿采样；时钟低电平空闲;

### SPI协议

SPI数据帧由 2个16bit数据组成：{address[15:14],address[13:0], data[15:0]}

其中第一个16bit数据的bit15和bit14为读写标识：

address[15:14]：2’b00，写FPGA；2’b11，读FPGA

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 寄存器地址 | 权限 | 说明 |
| 0x01 | 只读 | 逻辑版本寄存器高16bit |
| 0x02 | 只读 | 逻辑版本寄存器低16bit |
| 0x03 | 读写 | CPU和FPGA之间串口波特率，该数值为25000000/波特率  默认值为217，对应115200 |
| 0x04 | 读写 |  |
| 0x05 | 读写 |  |
| 0x06 | 读写 |  |
| 0x07 | 读写 | 扩展通道4波特率，该数值为25000000/波特率  默认值为217，对应115200 |
| 0x08 | 读写 | 扩展通道5波特率，默认值为217，对应115200 |
| 0x09 | 读写 | 扩展通道6波特率，默认值为217，对应115200 |
| 0x0A | 读写 | 扩展通道7波特率，默认值为217，对应115200 |
| 0x0B | 读写 | 扩展通道8波特率，默认值为217，对应115200 |
| 0x0C | 读写 | 扩展通道9波特率，默认值为217，对应115200 |
| 0x0D | 读写 | 扩展通道10波特率，默认值为217，对应115200 |
| 0x0E | 读写 | 扩展通道11波特率，默认值为217，对应115200 |
| 0x0F | 读写 | 扩展通道12波特率，默认值为217，对应115200 |
| 0x10 | 读写 | 扩展通道13波特率，默认值为217，对应115200 |
| 0x11 | 读写 | 扩展通道14波特率，默认值为217，对应115200 |
| 0x12 | 读写 | 扩展通道15波特率，默认值为217，对应115200 |
| 0x13 | 读写 | 扩展通道16波特率，默认值为217，对应115200 |

## ID识别

### 主备槽位识别

CPU通过2个GPIO口来读取当前控制器板所处的主备槽位信息。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 主插槽 | 备插槽 | 无连接 |
| ID1（GPIO号为50） | 0 | 1 | 0 |
| ID0（GPIO号为49） | 1 | 0 | 0 |
| 备注 | 当前控制板在接口板的主插槽位置，作为主控制器使用 | 当前控制器板在接口板的备插槽位置，作为备份控制器使用 | 当前控制器板悬空 |

### 接口板ID识别

CPU通过3个GPIO管脚来读取接口板ID信息。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 飞艇接口板 | 直升机接口板 |  |
| ID5（GPIO号为53） | 0 | 0 |  |
| ID4（GPIO号为52） | 0 | 1 |  |
| ID3（GPIO号为51） | 1 | 0 |  |
| 备注 |  |  |  |

### 板卡ID

CPU通过四个GPIO管脚来读取控制器板板卡ID信息。

板卡ID为4位：0x0 000。低3位为板卡PCBA版本；最高位用来区别研发版本和生产版本，1为生产版本，0为研发版本。

例如当前板卡ID为0x1 001，代表生产版本V1

|  |  |
| --- | --- |
| 板卡ID | GPIO编号 |
| BoardID3 | 57 |
| BoardID2 | 56 |
| BoardID1 | 55 |
| BoardID0 | 54 |

## I2C接口

I2C接口上外挂了一个气压高度计，型号为MS560702BA03-50。

I2C设备号为：/dev/i2c-0