合并单元校验台开发文档

Ver 1.4

# 需求

## 需求来源

湖北合并单元计量特性检测台 招标要求

## 功能需求

* 对采用同步方式的合并单元的精度进行检定
* 对采用非同步绝对时延方式的合并单元的精度进行检定
* 对合并单元的各次谐波精度进行检定
* 对合并单元的频率影响进行测试
* 对合并单元电参量信息进行检定，包括幅值、频率、有功功率、无功功率、功率因数角、视在功率等进行检定。
* 对合并单元的帧完整性进行测试
* 对合并单元的同步方式下传输延时进行测试
* 对合并单元的报文传输离散度进行测试
* 对合并单元的复合误差进行测试
* 采用台体设计，能够同时对多台合并单元进行检定。
* 自主研发实时以太网接收装置，能够对以太网报文时标使用硬时间戳进行标定，从而能够对采样非同步方式的合并单元进行检定。
* 采用标准电子式互感器将模拟式进行数字化，并采用实时以太网接收装置对报文时标进行标定，从而使上软件上能更自由的进行扩展，能够对多个MU的多个通道进行同时检定。

## 主要产品

* 1. 合并单元校验台

台体设计，主要面向电科院等单位。

## 主要工作

1. 609数据处理板的开发：该部分为本项目最大的亮点。
2. 台体结构设计：比较花时间的地方，由结构工程师负责。
3. 同步时钟装置扩展：通信控制，添加分路器拆分多路。
4. 上层软件开发：主要在于大数据量的以太网报文处理跟界面设计。

## 相关负责人

1. 总负责人：廖汉鑫
2. 609板硬件调试测试、8061同步时钟装置扩展：苏毅波
3. 609程序设计功能实现：吴君明
4. 整体结构设计实现：刘锐
5. 带源一体化标准合并单元实现：陈钢
6. 上层软件开发实现：廖汉鑫

## 进度安排

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 预期日期 | 确认目标 | 实际日期 | 实际进度 | 结论 |
| 1 | 6.30 | 整体设计确认 | 7.1 | 已确定好方案 | OK |
| 2 | 7.30 | 完成开发板硬件调试 |  |  |  |
| 完成结构整体设计 |
| 完成上层软件主要通信测试 |
| 完成8061扩展分路器 |
| 3 | 8.30 | 完成开发板总体制造，拿出最终开发板、程序基本完成 |  |  |  |
| 完成台体整体安装 |
| 带源一体化标准合并单元完成 |
| 完成上层软件主要测试功能 |
| 4 | 9.15 | 完成开发板程序、开发板测试完成 |  |  |  |
| 上层软件完善 |
| 提交可进行整体测试产品 |
| 5 | 9.30 | 完成整体测试、提交可交付使用产品 |  |  |  |

# 设计方案

## 整体设计（合并单元校验台）

* 1. 台体确定为4台体，一层设计。
  2. 每台体位引出接口：
     + 光以太网：ST（收发），用于接收MU报文输入
     + 电PPS输入口：航插，用于接收MU时钟输入
     + 光PPS输入口：ST，用于接收MU时钟输入
     + 光同步输出：ST，用于输出同步信号给MU
     + 电同步输出：航插，用于输出同步信号给MU
     + 3UI输出：三路电压电流输出，带开关，未挂Mu时可电流短接。
     + AC220V供电电源、DC220V供电电源
  3. 8061同步时钟装置：两路输出分别外接光分路器及电分路器，将输出信号进行拆分，通信协议进行扩展能够使用串口控制同步信号输出类型及断开。
     + 光分路器1：1转5，将光OUT2分为5路信号
     + 光分路器2：1转5，将光OUT1分为5路信号
     + 电分路器：1转5，将电OUT1分为5路信号
  4. 609转发板：
     + 光以太网：见台体位说明
     + 电PPS输入：见台体位说明
     + 光PPS输入：见台体位说明，与电PPS输入分时复用。
     + 通信以太网：用于转发Mu报文，延时不超过100mS即可
     + 光PPS输入：用于给609转发板授时
  5. 带源一体化标准合并单元：
     + 类似XL-805A，三相模拟量输出
     + 源输出：0～6A，0～120V，0.05级
     + 校验仪采用内部采样，建议最低档为50mA档。
  6. 光纤交换机：10光1电以上，采购。
  7. 电脑：台式机，采购。



# 609以太网通信协议

## 协议格式

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 类型 | 长度 | 备注 |
| MAC标识 | 6字节 |  |
| 时标 | 4字节 | 单位ns，低位在前 |
| 地址编码 | 1字节 |  |
| 控制域 | 1字节 |  |
| 保留 | 2字节 |  |
| 网络数据 | <1500字节 | 网络数据格式 |

1） MAC标识为相当于以太网通信中的目标MAC地址，由于对以太网帧头进行重定义并防止交换机上数据的转发风暴影响，采用固定目标MAC地址的方法。

2）PC端发送到609报文的MAC标识为01-02-03-04-05-06，609开发板应在以太网通信接口上根据MAC过滤（实时以太网接口上不可过滤）

3）609发送到PC端报文的MAC标识为06-05-04-03-02-01，PC端将根据该标识判断数据是否来自609开发板

4）地址编码为台体上每块609开发板的地址，范围从0～15，255表示所有，地址编码可采用在板上硬件设置的方式进行设置，用于标识是第几个表位。

5）时标采用1秒内的走时，单位为nS，即范围为：0～（1000000000-1）nS。当609发送时，表示数据的接收时间。当609接收时，表示数据在609上的转发时间。

6）控制域

0x00：控制信息帧，用于609与PC端进行控制信息的通信，不进行任何转发操作

0x01：609🡪PC端，发送实时以太网接口接收到数据

0x02：609🡪PC端，发送光串口接收数据

0x03：609🡪PC端，发送开关量输入接口数据

0x81：PC端🡪609：转发数据到实时以太网接口

0x82：PC端🡪609：转发数据到光串口输出

其它：无效

## 0x00，控制信息帧

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 类型 | 长度 | 备注 |
| MAC标识 | 6字节 | PC🡪609：01-02-03-04-05-06 |
| 时标 | 4字节 | 0 |
| 地址编码 | 1字节 | 表位编码 |
| 控制域 | 1字节 | 0x00 |
| 保留 | 2字节 | 0x00 0x00 |
| 网络数据 | <1500字节 | 控制信息 |

控制信息为PC端对609进行配置控制，不进行任何转发。

### 网络数据帧格式

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **位置** | **报 文** | **备 注** |
| 0 | 起始字符（0x68） | 帧头 |
| 1 | 长度LenL | 最大1500字节,从帧头到帧尾的长度 |
| 2 | 长度LenH |
| 3 | 标记字符（0x68） |  |
| 4 | 地址域 | 无用，默认为0 |
| 5 | 命令域 |  |
| 6 | 数据域 |  |
| Len-2 | 校验和CS |  |
| Len-1 | 结束字符（0x16） | 帧尾 |

* + - 1. 长度LenL，LenH表示网络数据帧的总长度，即从起始字符0x68开始到0x16结束总的字节数。
      2. 校验和CS：从地址域（包括地址域）到数据域最后一个字节之间的所有数据的8位累加和(模256)。
      3. 控制信息帧中的字节序均为小端机模式，即低位在前

### 程序下载

下行帧

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **位置** | **报 文** | **备 注** |
| 0 | 0x68 | 帧头 |
| 1 | LenL |  |
| 2 | LenH |  |
| 3 | 0x68 |  |
| 4 | 0x00 |  |
| 5 | 0x01 | **软件下载** |
| 6 | Ldr->Len | **UINT32，程序文件总字节数** |
| 10 | Ldr->CRC | **UINT16,整个文件CRC校验码** |
| 12 | Ldr->Index | **UINT32，当前数据起始位置** |
| 16 | Ldr->Data->Len | **UINT16，**Ldr->Data的长度 |
| 18 | Ldr->Data | **一帧的数据** |
| Len-2 | CheckSum | 校验和 |
| Len-1 | 0x16 | 帧尾 |

上行正确应答帧

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **位置** | **报文** | **备 注** |
| 0 | 0x68 | 帧头 |
| 1 | 0x0A |  |
| 2 | 0 |  |
| 3 | 0x68 |  |
| 4 |  |  |
| 5 | 0x10 | 确认命令 |
| 6 | 0x01 | 对程序下载命令的回应 |
| 7 |  | 预留 |
| 8 |  | 校验和 |
| 9 | 0x16 | 帧尾 |

上行否定应答帧

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **位置** | **报文** | **备 注** |
| 0 | 0x68 | 帧头 |
| 1 | 0x0A |  |
| 2 | 0 |  |
| 3 | 0x68 |  |
| 4 |  |  |
| 5 | 0x80 | 否定命令 |
| 6 | 0x01 | 对程序下载命令的回应 |
| 7 |  | 出错代码：  0x01：  Ldr->Len小于Ldr->Index；  0x02:  帧CheckSum出错；  0x03：  Ldr->CRC出错；  0x04：  下载命令中的表位地址与目标板的表位地址不一致. |
| 8 | 0x0 | 校验和 |
| 9 | 0x16 | 帧尾 |

程序下载说明：

1. 当检测到控制信息帧为程序下载帧时开始接受程序下载内容
2. 根据Ldr->Len表示的总的ldr文件的大小开辟缓冲区
3. 根据Ldr->Index和Ldr->Data->Len填充缓冲区数据
4. Ldr->CRC为整个ldr文件的CRC校验码，底层在接收完所有数据后在写入Flash之前再进行一次总的CRC校验，确保下载程序的正确性。
5. 当缓部区填满后开始程序更新。

static unsigned int crc\_16\_table[16] = {

0x0000, 0xCC01, 0xD801, 0x1400, 0xF001, 0x3C00, 0x2800, 0xE401,

0xA001, 0x6C00, 0x7800, 0xB401, 0x5000, 0x9C01, 0x8801, 0x4400

};

/\*计?算?CRC-16结¨¢果?正y确¨¡¤\*/ //黄?:(int start, char \*p, int n)

Int GetCrc16(int start,unsigned char \*p, int n)

{

int crc = start;

register int r;

/\* while there is more data to process \*/

while (n-- > 0) {

/\* compute checksum of lower four bits of \*p \*/

r = crc\_16\_table[crc & 0xF];

crc = (crc >> 4) & 0x0FFF;

crc = crc ^ r ^ crc\_16\_table[\*p & 0xF];

/\* now compute checksum of upper four bits of \*p \*/

r = crc\_16\_table[crc & 0xF];

crc = (crc >> 4) & 0x0FFF;

crc = crc ^ r ^ crc\_16\_table[(\*p >> 4) & 0xF];

/\* next... \*/

p++;

}

return(crc);

}

### 读取程序版本配置信息

下行帧：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **位置** | **报 文** | **备 注** |
| 0 | 0x68 | 帧头 |
| 1 | LenL |  |
| 2 | LenH |  |
| 3 | 0x68 |  |
| 4 | 0x00 |  |
| 5 | 0x02 | **版本信息** |
| 6 | 下行帧数据无意义 | **ASCII码表示的配置信息以\0结尾** |
| Len-2 | CheckSum | 校验和 |
| Len-1 | 0x16 | 帧尾 |

上行帧：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **位置** | **报 文** | **备 注** |
| 0 | 0x68 | 帧头 |
| 1 | LenL |  |
| 2 | LenH |  |
| 3 | 0x68 |  |
| 4 | 0x00 |  |
| 5 | 0x02 | **版本信息** |
| 6 | 版本：Ver1.0.1  格式底层可自定义  上层直接显示为**ASCII**字符 | **ASCII码表示的配置信息以\0结尾** |
| Len-2 | CheckSum | 校验和 |
| Len-1 | 0x16 | 帧尾 |

### 写入模块配置

下行帧：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **位置** | **报 文** | **备 注** | |
| 0 | 0x68 | 帧头 | |
| 1 | LenL |  | |
| 2 | LenH |  | |
| 3 | 0x68 |  | |
| 4 | 0x00 |  | |
| 5 | 0x03 | **模块配置** | |
| 6 | NETPORTTYPE;%d | 实时以太网接口输入输出  0：无效，1：输入，2：输出  默认值1 | **ASCII码表示，**  **根据需要，**  **配置信息内容不一定会全部下发** |
| YXPORTTYPE;%d | 开关量输入接口  0：无效，1使能 |
| FT3PORTTYPE;%d | FT3接口输入输出  0：无效，1输入，1输出 |
| FT3RATE;%d | FT3帧速率  10000000表示10M |
| FT3SIGN;%d | FT3正反码  0为正，1为反 |
| Len-2 | CheckSum | 校验和 | |
| Len-1 | 0x16 | 帧尾 | |

### 读入模块配置

下行帧：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **位置** | **报 文** | **备 注** | |
| 0 | 0x68 | 帧头 | |
| 1 | LenL |  | |
| 2 | LenH |  | |
| 3 | 0x68 |  | |
| 4 | 0x00 |  | |
| 5 | 0x04 | **模块配置** | |
| 6 | NETPORTTYPE;%d | 实时以太网接口输入输出  0：无效，1：输入，2：输出  默认值1 | **ASCII码表示，**  **根据需要，**  **配置信息内容不一定会全部下发** |
| YXPORTTYPE;%d | 开关量输入接口  0：无效，1使能 |
| FT3PORTTYPE;%d | FT3接口输入输出  0：无效，1输入，1输出 |
| FT3RATE;%d | FT3帧速率  10000000表示10M |
| FT3SIGN;%d | FT3正反码  0为正，1为反 |
| Len-2 | CheckSum | 校验和 | |
| Len-1 | 0x16 | 帧尾 | |

上行帧

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **位置** | **报 文** | **备 注** | |
| 0 | 0x68 | 帧头 | |
| 1 | LenL |  | |
| 2 | LenH |  | |
| 3 | 0x68 |  | |
| 4 | 0x00 |  | |
| 5 | 0x04 | **模块配置** | |
| 6 | NETPORTTYPE;%d | 实时以太网接口输入输出  0：无效，1：输入，2：输出  默认值1 | **ASCII码表示，**  **根据需要，**  **配置信息内容不一定会全部下发** |
| YXPORTTYPE;%d | 开关量输入接口  0：无效，1使能 |
| FT3PORTTYPE;%d | FT3接口输入输出  0：无效，1输入，1输出 |
| FT3RATE;%d | FT3帧速率  10000000表示10M |
| FT3SIGN;%d | FT3正反码  0为正，1为反 |
| Len-2 | CheckSum | 校验和 | |
| Len-1 | 0x16 | 帧尾 | |

## 0x01，发送实时以太网接口接收到数据

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 类型 | 长度 | 备注 |
| MAC标识 | 6字节 | 06-05-04-03-02-01 |
| 时标 | 4字节 | 帧头到达时标 |
| 地址编码 | 1字节 | 表位编码 |
| 控制域 | 1字节 | 0x01 |
| 保留 | 2字节 | 0x00 0x00 |
| 网络数据 | <1500字节 | 实时以太网数据 |

该报文用于将实时以太网的数据帧进行时标标定后发送到PC端。以中网络数据为从实时以太网接口接收到的数据报文。一般为IEC61850等

## 0x02，发送光串口接收数据

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 类型 | 长度 | 备注 |
| MAC标识 | 6字节 | 06-05-04-03-02-01 |
| 时标 | 4字节 | 帧头到达时标 |
| 地址编码 | 1字节 | 表位编码 |
| 控制域 | 1字节 | 0x02 |
| 保留 | 2字节 | 0x00 0x00 |
| 网络数据 | <1500字节 | 光串口接收数据 |

将光串口接收到的数据发送到PC端

## 0x03，发送开关量输入接口数据

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 类型 | | 长度 | 备注 |
| MAC标识 | | 6字节 | 06-05-04-03-02-01 |
| 时标 | | 4字节 | SOE变位时标 |
| 地址编码 | | 1字节 | 表位编码 |
| 控制域 | | 1字节 | 0x03 |
| 保留 | | 2字节 | 0x00 0x00 |
| 网  络  数  据 | 编号 | 1字节 | 默认为1，第1个开关量输入 |
| 填充  信息 | 60字节 | 全为0 |

将开关量变位数据发送到PC端

## 0x81，转发数据到实时以太网接口

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 类型 | 长度 | 备注 |
| MAC标识 | 6字节 | 01-02-03-04-05-06 |
| 时标 | 4字节 | 帧头发送时标 |
| 地址编码 | 1字节 | 0xFF |
| 控制域 | 1字节 | 0x81 |
| 保留 | 2字节 | 0x00 0x00 |
| 网络数据 | <1500字节 | 实时以太网数据 |

将PC端数据按时标发送到实时以太网接口。

## 0x82，转发数据到光串口输出

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 类型 | 长度 | 备注 |
| MAC标识 | 6字节 | 01-02-03-04-05-06 |
| 时标 | 4字节 | 帧头发送时标 |
| 地址编码 | 1字节 | 0xFF |
| 控制域 | 1字节 | 0x82 |
| 保留 | 2字节 | 0x00 0x00 |
| 网络数据 | <1500字节 | 光串口数据 |

将PC端数据按时标发送到FT3光串口输出

# 版本说明：

Ver 1.0：编写起草，廖汉鑫

Ver 1.1：根据7月1号讨论确定方案后修改，廖汉鑫

Ver 1.2：去掉FT3接口部分，每台体位增加多一路以太网口直接到交换机（可备用于后期GOOSE与SV不同网）

Ver1.3：修改控制帧信息，暂时只给转发板使用时实际上可先不使用配置

添加程序下载帧格式，用于程序下载更新

Ver1.4 程序下载还是加上CRC校验码，防止丢帧等引起程序下载错误，造成不良后果。

Ver1.4.1程序下载，下载完成时， 加上了应答命令。(by wjm@2014-10-10)

Ver1.4.2程序下载，下载完成时，应答命令中地址域为 (各个回应板的表位)。(by wjm@2014-10-21)