

基于嵌入式 Web 服务器的电源屏监控系统

孟一飞, 戴胜华

(北京交通大学电子信息工程学院, 北京 100044)

摘要:设计了一种实现远程检测控制电源设备目的的嵌入式系统。该监控系统通过 A/D 转换和 GPIO 接口测量电源设备参数进行数据采集。嵌入式系统作为 Web 服务器, 通过 Internet 在电源设备和远程监控终端之间传送检测和控制信息。讨论的嵌入式系统以采用 $\mu\text{C}/\text{OSII}$ 操作系统为特色, 满足设备检测实时性的要求。讨论了嵌入式 Web 服务器的硬件与软件构架。

关键词: 嵌入式系统; $\mu\text{C}/\text{OSII}$; TCP/IP 协议栈; 通用网关接口; Web 服务器

Monitor System of Power Supply Panel Based on Embedded Web Server

MENG Yifei, DAI Shenghua

(College of Electronics Information Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044)

【Abstract】 A kind of embedded system is designed to achieve the goal of remote control and monitoring the power equipment. By measuring the parameter of power equipment with A/D converter and GPIO interface, the embedded system samples the wanted data. As a Web server the embedded system transmits the controlling and detected message between the equipment and the client through Internet. The embedded system features a $\mu\text{C}/\text{OSII}$ operating system to meet the real time constraint. Hardware and software architecture of embedded Web servers is described.

【Key words】 Embedded system; $\mu\text{C}/\text{OSII}$; TCP/IP protocol; Common gateway interface (CGI); Web server

在工业控制中, 经常遇到被监控设备分布在分散的地理位置的情况, 如何对它们进行有效的远程监控管理就成为一个很重要的问题。将用于设备监控的嵌入式系统接入 Internet, 不但可以利用 Web 浏览器实现设备状态的资源共享, 在 Internet 中的任意位置获取设备状态信息, 而且可以通过 Web 浏览器对设备进行控制。本设计侧重于通过 Web 浏览器对设备进行控制的实现, 具体采用了浏览器中的表单发送控制信息, 在嵌入式系统中添加 CGI 解析程序使嵌入式系统能够解读发送来的控制信息, 最终实现远程网络控制。

1 系统设计目标

本文所讨论的 Web 服务器监控系统, 以铁路电源屏为监控对象, 要实现的主要功能是通过电源屏输入两路电源以及输出各路电源状况的检测, 实现对电源屏的自动测试及实时监测, 达到故障后快速诊断和追忆功能。反映电源屏的工作状态的指标包括各路输入输出电压和电流值模拟量, 及反映是主用电源还是备用电源的开关量, 具体的监测数据如下: 两路输出电源的输入电压和工作着的电源的输入电流; 稳压器的输出电压和电流; 各路输出电源的输出电压和电流。除检测以上模拟量、超限报警外, 还要监督电源的使用状态(主用或备用), 当主备用状态发生变化时应报警, 记忆故障的时间和特征。每一路都需要两个模拟量(一个电流一个电压)和一个开关量。中站电源屏的各种输出电源配置为: 信号两路, 轨道两路, 道岔, 表示灯, 继电器, 转辙机。

系统作为 Web 服务器要向浏览器客户端提供被监控设备的信息, 并且对客户发出的控制信息做出响应。具体地说, 就是将监控电源屏设备的嵌入式系统作为 Web 服务器接入以太网, 管理人员可以在任何位置通过浏览网页的形式访问该

服务站, 获取设备状态的信息, 并且利用网页中的表单向服务器发送控制信息, 如可以设置电压电流超限报警的阈值。

根据以上规划的设计目标, 可以把这个监控系统的功能分为两大模块: 监控功能和网络通信功能。两个功能模块之间又要有信息传递, 要求系统监测到的设备状态信息能够通过网络发送到浏览器客户端, 而管理员能够从浏览器提交控制参数设置监控系统。本文将主要讨论网络通信功能和两个模块间信息传递的实现。

2 系统硬件平台

为达到设计要求, 系统的硬件平台上要能够运行 $\mu\text{C}/\text{OSII}$ 以实现多任务的调用, 并且要能够在操作系统上搭建 TCP/IP 协议栈实现网络通信。系统作为 Web 服务器要有非易失性的存储空间来存放网页文件和网络配置信息, 对电源屏设备开关量和模拟量的监控则需要 GPIO 接口和 AD 转换接口。针对以上的要求, 硬件配置如下: 选用三星 ARM7 芯片 s3c44b0 作为微处理器, 该芯片为 16/32 位 RISC 处理器, 工作频率 66MHz, 有 8 路外部中断接口, 71 个 GPIO 接口并且在片上集成有 8 通道 10 位数模转换器, 系统采用 SST 的 flash, 16Mbit (x16) 的 39vf1601 作为非易失性的存储器, SDRAM 选用了 4 Banks x 1M x 16Bit 的 HY57v641620HG。用于网络通信的 NIC 选择了应用很广的 RTL8019AS。

3 TCP/IP 协议在 $\mu\text{C}/\text{OSII}$ 上的多任务运行

为实现 TCP/IP 协议栈上的网络通信, 在操作系统中创建

作者简介: 孟一飞(1973 -), 男, 硕士生, 主研方向: 单片机及嵌入式系统开发; 戴胜华, 副教授

收稿日期: 2006-05-21 **E-mail:** myfdream@gmail.com

了 5 个任务，任务之间通过信号量和消息队列来实现任务的同步调度和任务间的通信，如图 1 所示。

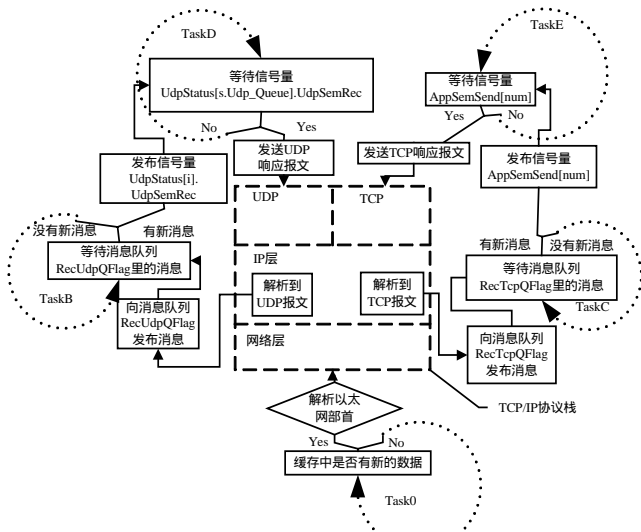


图 1 利用多任务运行 TCP/IP

5 个任务分别为查询链路层数据包的 Task0，负责 UDP 通信的 TaskB、TaskD 和负责 TCP 通信的 TaskC、TaskE。优先级的顺序为 Task0>TaskB>TaskC>TaskD>TaskE。

Task0 在主程序中被创建，优先级最高，Task0 在创建其他 4 个任务和完成初始化后即进入无限循环，每次循环都调用函数 Rec_Packet() 循环查询网卡的存储缓冲区中是否有新的数据，如果没有，执行 OSTimeDly(40)。该函数使任务 Task0 被挂起 40 个时钟节拍。

如果网卡的存储缓冲区中有新的数据，函数 Rec_Packet() 把接收到的数据包交付上一层协议，数据包被传送到网络层，由此进入协议栈的流程。由于本文所讨论的 Web 网页访问方式在应用层使用 HTTP 协议，在运输层使用 TCP 协议，假设接收到的数据包的应用层是 HTTP 报文，使用 TCP 的熟知端口 80。函数 IP_PROCESS() 在解析出 TCP 数据包后即调用 μC/OSII 的函数向消息队列发布消息，

```
OSQPost(RecTcpQFlag,(void *)&RECQ[temp]);
```

该语句中的参数 RecTcpQFlag 是在主程序中创建的消息队列，(void *)&RECQ[temp] 是 TCP 数据包的首地址。在任务 TaskC 中，调用函数：

```
TcpTemp=OSQPend(RecTcpQFlag,0,&err);
```

该函数始终等待消息队列 RecTcpQFlag 中发布的消息，没有则把任务无限期挂起。直到有消息发布时，函数 OSQPend 的返回值即为 TCP 数据包首地址，被赋予指针变量 TcpTemp。程序获得这个变量后即调用函数 Process_Tcp1((Rec_Ptr *)TcpTemp)，其中的实参即为指针变量 TcpTemp。函数 Process_Tcp1 与客户端经过 3 次握手建立连接后发布信号量，任务 TaskE 在收到信号量后解读客户端发送的报文，然后回送响应报文。

4 对客户端表单报文的解析

在以上的设计中，实现了 TCP/IP 协议在嵌入式系统上的运行，嵌入式系统能够作为服务器响应从客户端发送的 HTTP 请求报文，向客户端回送响应报文，把以字符串数组形式存储的 HTML 网页内容发送给客户端浏览器。以这样的形式可以实现从网络对嵌入式 Web 服务器进行访问，浏览服

务器提供的网页。然而仅仅实现这些功能还不能通过嵌入式系统实现网络监控的目的。因为到目前为止，从客户端到服务器的信息只有客户的请求报文，要达到从客户端通过网络控制嵌入式系统的目的，服务器端还要具备提供动态网页的功能。

如图 2 所示，动态网页是服务器根据浏览器的请求动态生成的，因此服务器上要运行一个应用程序，对浏览器发来的数据进行处理，在以监控为目的的嵌入式系统上不但要根据浏览器发送的数据生成相应的网页，而且要对与嵌入式系统相连接的设备进行相应的控制。这些功能需要采用通用网关接口(Common Gateway Interface, CGI)技术来实现，CGI 定义了输入数据如何提供给应用程序，如何使用输出结果。服务器上运行的应用程序叫做 CGI 程序。

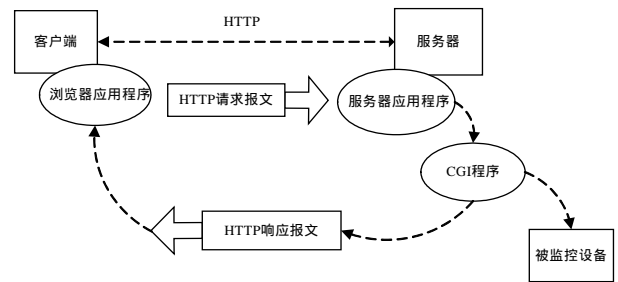


图 2 CGI 程序在万维网中的工作过程

CGI 程序主要和浏览器中的“表单”配合使用，在浏览器上的表单以对话框的形式出现在浏览器上，用户在对话框中可以点击选择框，向文本框中输入字符，最后在点击提交按钮后把对话框中的所有选择框和文本框中的内容以报文的形式发送给服务器。

例如在服务器上设计一个功能，要求能够从网页的表单对铁路电源屏的各路输出电源的门限值电压电流值进行设置，提交表单后这些门限值被赋予嵌入式系统上运行的设备监控程序中的变量，监控程序把这些值与从设备上采集到的数据进行比对，如果数据超出了门限值即报警。要实现以上的功能需要分别设计服务器提供的网页中的表单、对表单报文的解析程序，设备监控程序。

图 3 为提交电源门限值的表单网页，首先由于电源屏设备的专用性必须要求用户在第 1 个文本框中输入正确的密码才能进入设置，在第 2 行各路电源输出被列为 8 个单选按钮，用户可以通过点击小圆圈任意选择其中一个（只能选择一个）来表示要对该路电源输出门限进行设置，在后面 3 个文本框中输入门限值，密码、电源选择、门限值填写完毕后，按下提交按钮，表单中填写的信息以 POST 报文的形式发送到服务器。

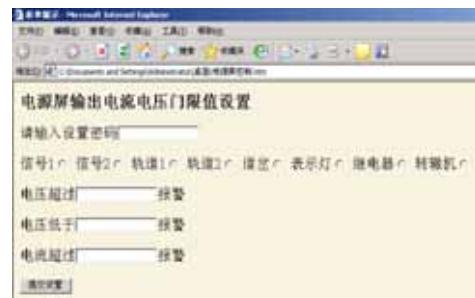


图 3 包含表单的网页

以下为与上文表单相对应的 HTML 文档。在该文档中共

设定了4个“TYPE”为TEXT的变量PASSWORD,VOLTOP,VOLBOTTEM,CURTOP。9个单选按钮决定RADIO型变量SOURCE的值。

```
<FORM ACTION="http://127.0.0.1" METHOD=POST><P>
  请输入设置密码<INPUT TYPE=TEXT NAME="PASSWORD"
  SIZE=16><P>
  信号 1<INPUT NAME="SOURCE" TYPE=RADIO VAVLUE="1">
  信号 2<INPUT NAME="SOURCE" TYPE=RADIO VAVLUE="2">
  轨道 1<INPUT NAME="SOURCE" TYPE=RADIO VAVLUE="3">
  轨道 2<INPUT NAME="SOURCE" TYPE=RADIO VAVLUE="4">
  道岔<INPUT NAME="SOURCE" TYPE=RADIO VAVLUE="5">
  表示灯<INPUT NAME="SOURCE" TYPE=RADIO VAVLUE="6">
  继电器<INPUT NAME="SOURCE" TYPE=RADIO VAVLUE="7">
  转辙机<INPUT NAME="SOURCE" TYPE=RADIO VAVLUE="
  8"><P>
  电压超过<INPUT TYPE=TEXT NAME="VOLTOP" SIZE=16>报
  警<P>
  电压低于<INPUT TYPE=TEXT NAME="VOLBOTTOM" SIZE=16>
  报警<P>
  电流超过<INPUT TYPE=TEXT NAME="CURTOP" SIZE=16>报
  警<P>
  <INPUT TYPE=SUBMIT VALUE="提交设置">
```

在用户点击提交按钮后，浏览器向服务器发送的报文主体部分就是：PASSWORD=X1&SOURCE=X2&VOLTOP=X3&VOLBOTTEM=X4&CURTOP=X5。其中，等号前面是变量名，等号后面的X1、X2、X3、X4、X5代表用户在表单中填入的内容，&是特殊字符，用来将各字段（变量及其赋值）分隔开。

这个报文可以清楚地表达出要传送的信息，但是它只是以字符串的形式存在，在本文所讨论的嵌入式系统中没有文件系统，表单的FORM标签里无法指定服务器中的CGI程序，因此上面这段报文实体并不能把用户提交的变量值赋予程序中的变量，而要实现这一点就需要在服务器端添加解析程序来解读这段字符串，得出相应的信息。

图4为解析程序的流程。

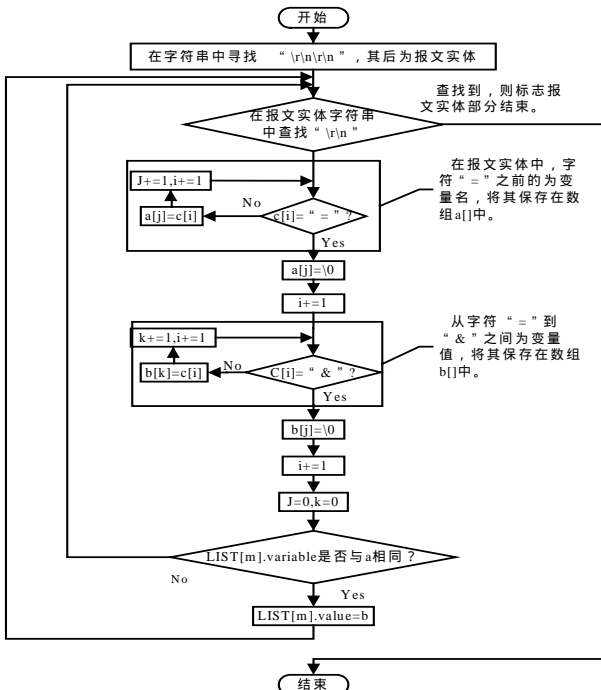


图4 解析程序流程

(1)如下文程序列表，定义一个数组LIST，数组元素为结构体ELMENT，结构体元素的variable用来存放变量名，与表单中的变量名一致，value用来存放表单提交的变量值。

```
char *password[];
char *source[];
char *voltage[];
char *volbottom[];
char *curtop[];
typedef struct {
  char *variable;
  void *value;
}ELMENT;
ELMENT LIST[] = {
  {"PASSWORD",password },
  {"VOLTOP",voltage },
  {"VOLBOTTOM",volbottom },
  {"CURTOP", curtop },
  {"SOURCE", source },
  { NULL,NULL },};
```

(2)在表单报文的实体部分中解析出变量名和变量值。HTTP报文在首部与实体部分之间会有一个空行，以表示实体部分的开始，在程序中如果查找到两个连续的“\r\n”即表明以下为实体部分，当再次查找到一个“\r\n”时即表明实体部分结束。表单报文把提交的每一个变量写成“变量名=变量值”的形式，中间用字符“&”分隔开。因此程序从报文实体部分的第一个字符开始查找，当查找到字符“=”时就把之前的字符串作为变量名保存在数组a中。然后，从“=”之后的第一个字符开始查找，当查找到字符“&”时就把之前的字符串作为变量值保存在数组b中。

(3)把存在a中的字符串与LIST中各元素的变量名相对，如果与其中一个一致，就把保存在b中的变量值赋给这个元素的变量值。

(4)从字符“&”之后的第一个字符开始查找下一个变量名，进入下一轮查找。

需要注意的是，虽然查找并存储了各变量的赋值，但它们都还是以字符串的形式存储在LEST数组中，要在程序中使用电压门限值的变量，还要把它们转变成整型数值。

5 结论

在系统设计中，利用μC/OSII多任务运行TCP/IP协议，实现了嵌入式系统的基本网络通信功能；通过报文解析程序实现了CGI程序与表单的关联，使系统能够对从浏览器发送的信息做出响应。基本实现了通过以太网对铁路信号电源屏进行远程监控的目的。这种设计方案也可以应用于其他地域分布分散的无人值守设备，具有实用价值。

参考文献

- 1 Bentham J. TCP/IP Lean Web Servers for Embedded Systems[M]. CMP Books Co., 2002.
- 2 谢希仁. 计算机网络[M]. 北京：电子工业出版社, 2003.
- 3 Labrosse J J. 嵌入式实时操作系统 uC/OSII[M]. 邵贝贝, 译. 北京：北京航空航天大学出版社, 2003.
- 4 王 磊, 姚成虎. 如何实际构造嵌入式 Web 服务器[J]. 计算机应用, 2004, 24(12): 7-9.
- 5 高长艳, 郑喜凤, 丁铁夫. 实时内核 μC/OSII 下的网络监控系统的设计[J]. 自动化与仪器仪表, 2004, 21(10): 42-44.