

## 单片机嵌入式 Internet 技术的 Web 应用实现\*

高小能,王余鹏,郭志飞

(浙江万里学院 电子信息学院,浙江 宁波 315100)

**摘要:** 利用简化的开源 TCP/IP 协议栈 uIP, 在资源有限的单片机上实现嵌入式 Internet 技术。通过 uIP 协议的应用程序接口实现基于 HTTP 协议的 Web 服务器应用服务。给出 Web 应用服务的实现流程,编写了实现 Web 应用服务的详细程序代码。

**关键词:** 嵌入式 Internet; uIP 协议栈; 应用程序接口; Web 应用服务

中图分类号: TP393.02 文献标识码: A 文章编号: 1674-7720(2010)11-0055-03

## The Web application and realization of embedded Internet connecting technology based on microcontroller

GAO Xiao Neng, WANG Yu Peng, GUO Zhi Fei

(Faculty of Electronics and Information, Zhejiang Wanli University, Ningbo 315100, China)

**Abstract:** This paper implements microcontroller embedded Internet technology in the application of simplified TCP/IP protocol—uIP, which is open source code program. The Web server application services are realized based on HTTP protocol and the application programmable interface of uIP protocol suit. The paper gives the methods and program codes of the Web application services.

**Key words:** embedded Internet; uIP protocol suits; application programmable interface; Web application services

嵌入式 Internet 是指电子设备通过嵌入式模块而非 PC 直接接入到 Internet, 与 Internet 进行信息交互的过程。目前 Internet 成为全球最大、信息最丰富的互连网络。用户甚至希望家电设备、仪器仪表以及工业生产中的数据采集与控制等设备也能够连接到 Internet 上, 因为这意味着用户可以方便、快捷、低廉地通过网络进行远程控制、监测和信息传送。美国贝尔实验室的科学家预测, 未来将会产生比 PC 时代多成百上千倍的超级嵌入式 Internet 服务器。Internet 技术和嵌入式技术的相互融合, 为嵌入式系统的设计和产品开发带来了前所未有的发展空间和机遇。

## 1 单片机嵌入式 Web 应用的硬件系统设计

在硬件系统的设计中, 本文采用了 ATMEL 公司开发的高性能 8 位 AVR(Advanced RISC)单片机 AT90S8515, 该单片机内置 8 KB 可编程 Flash, 使用精简指令集, 支持 C 语言及汇编语言, 与 MCS 8051 系列单片机相比在性能上有很大的提高, 在目前单片机开发中用得较多。因

\* 基金项目: 浙江省自然科学基金项目(Y105592); 宁波市科技局科技攻关项目(B100003)

此利用 AT90S8515 单片机作为嵌入式系统的微处理器, 通过网络控制芯片将嵌入式系统与 Internet 相连接。其硬件系统框图如图 1 所示。

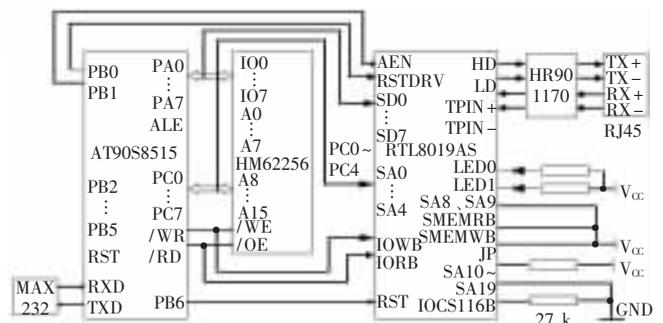


图 1 系统硬件连接图

在电路的硬件系统组成中, 注意以下几点:

## (1) 单片机与网卡芯片的接口电路

AT90S8515 单片机所提供的 8 位数据总线 PA0~PA7 分别对应连接网卡的 SD0~SD7 引脚; 5 根地址线 PC0~PC4 对应连接网卡的 SA0~SA4 引脚; 读信号线 RD、写信号线 WR 与 RTL8019AS 的相应信号线连接<sup>[1]</sup>。复位通过

《微型机与应用》2010 年第 11 期

## 网络与通信 Network and Communication

PB0 控制, PB1 片选地址使能<sup>[2]</sup>。外接时钟电路单片机为 8 MHz, 网卡芯片为 20 MHz。

### (2) 存储器扩展电路

一般单片机片内数据存储器容量为 64 KB, 这样的存储空间在进行单片机 Web 应用系统的开发时显得过小。因此需要扩展数据存储器, 扩展容量随系统数据使用量而定。对于 Web 应用, 需要很大的存储空间存放网页等数据, 所以本系统采用静态 RAM HM62256 芯片作为存储器扩展电路。

### (3) RTL8019AS 工作方式

RTL8019AS 有 3 种工作方式: 跳线方式、即插即用方式和 RT 免跳线方式<sup>[1]</sup>。在嵌入式应用场合, 为了降低系统的复杂性, 单片机尽量少接不必要的芯片。所以将 RTL8019AS 选择工作在跳线方式。其 IOCS16B 引脚接下拉电阻, JP 引脚端接高电平。

### (4) MAX232 串口电平转换电路

在现场控制端, 由于单片机输出为 TTL 电平, 现场数据采集系统(如传感器)输出为 EIA 电平, 而 MAX232 芯片可以完成单片机和现场数据采集系统间的双向电平转换<sup>[3]</sup>。

### (5) 网络隔离滤波接口电路

在网络接入端需要一个网络隔离滤波器 HR901170A。HR901170A 主要对系统电路起保护作用, 减少信号共模干扰, 完成信号的传输。HR901170A 的内部集成了 RJ45 接口, 可以直接接入到 Internet。

## 2 嵌入式 Internet 的 TCP/IP 协议实现

### 2.1 嵌入式 TCP/IP 协议

软件编程是实现嵌入式 Web 系统的关键。Web 通信中的数据封装、解析都是由单片机软件实现的。软件实现主要包括两部分: 一是单片机精简 TCP/IP 协议栈的实现, 对数据的逐层打包、封帧、传送等流程<sup>[2]</sup>; 二是单片机 Web 应用服务的实现。

由单片机组成的嵌入式 Web 往往应用于特殊的、专用的领域, 一般不需要太多的功能, 这与 PC 机上的网络应用有很大的不同。支持 PC 机进行 Internet 通信的 TCP/IP 协议是一个非常庞大的协议簇, 而单片机芯片没有足够的空间资源, 所以从嵌入式网络应用和单片机空间资源两个方面考虑, 都没有必要在单片机上实现完整的 TCP/IP 协议。目前市场上没有统一的标准实现嵌入式 Internet 的 TCP/IP 协议软件, 需要开发人员根据具体应用的需要去开发一套适用于单片机的嵌入式 TCP/IP 协议, 工作量异常庞大, 开发周期较长。一种比较简单和易实现的做法是使用由瑞士计算机科学院的 Adam Dunkels 等开发的免费开源代码的小型 TCP/IP 协议, 即 uIP 协议栈, 它专门为 8 位和 16 位单片机编写。uIP 的代码大小为 3 304 B, 对单片机 RAM 的需求为 360 B, 远远小于 TCP/IP 协议对资源的要求。有关 uIP 详述和应

用例程可见参考文献[4]。

### 2.2 uIP 驱动底层网络设备 RTL8019AS

uIP 是一个仅包含 3 层网络层核心协议的协议栈, uIP 自身不包含任何类型的底层网络驱动和上层应用程序, 它只提供接口函数供用户开发使用。因此为了完成与底层网络设备的交互, 用户必须根据网络设备的类型, 在 uIP 中自行实现对底层网络设备的驱动。本文采用的网络设备是 RTL8019AS 网卡, 因此需要在 uIP 中实现对 RTL8019AS 网卡的驱动<sup>[4]</sup>。

RTL8019AS 驱动程序包括: RTL8019AS 芯片初始化、芯片复位以及数据的发送和接收。RTL8019AS 芯片初始化可以通过初始化函数 void init\_8019(void)完成。芯片复位通过芯片上的 RSTDRV 引脚执行复位操作, 该引脚高电平有效。

## 3 单片机上嵌入式 Web 服务器的软件实现

### 3.1 Web 服务器的建立

在进行以上的工作之后, 用户就可以建立 Web 服务器, 通过 uIP 协议实现不同的微控制器或工作站之间的通信。Web 服务器和客户端浏览器间的通信采用 HTTP 协议。嵌入式系统经常需要根据用户的指令, 采集系统的当前数据信息传送给客户端浏览器, 为实现这种客户端浏览器和 Web 服务器的动态交互, 需要在服务器端采用通用网关接口 CGI(Common Gateway Interface)技术。CGI 是一个在服务器上运行的程序, 它分析处理用户发送到服务器上的数据信息, 完成动态文件资源的创建和处理, 再将用户信息返回给客户端。

Web 服务器初始化完成后, 服务器等待客户端的连接请求, 客户端浏览器输入服务器的 IP 地址后发一个物理地址解析协议(ARP)请求包, 服务器收到后进行应答。客户端收到应答包后发送超文本传输协议(HTTP)包, 服务器收到 HTTP 包后开始建立与客户端的 TCP 连接并作出对此包的响应。客户端收到响应包后即断开连接, 服务器侦测到客户端断开了连接也同时断开连接。

### 3.2 Web 服务器数据处理流程

当系统的网卡接收到从网络传送来的数据包后, 首先分析目的地址是否与自己的物理地址一致, 如果不一致, 则丢弃此包; 如果一致, 则读取网络数据并分析。如果是 ARP 请求包, 则转入 ARP 处理程序, 并发送一个 ARP 应答包给客户端。如果是 IP 包, 则交由 IP 层处理, 同时去掉以太网首部<sup>[4-5]</sup>。IP 层根据 IP 首部的协议字段分析该 IP 包属于什么数据包, 如果是 UDP 包则, 丢弃; 如果是 ICMP 请求包, 则发送一个 ICMP 应答包给客户端; 如果是 TCP 包且 IP 地址和端口号正确, 则接收数据包, 数据解包后, 将数据部分通过串口输出, 控制 MAX232 现场设备。反之, 如果现场通过串口发送数据到单片机, 单片机将数据按照 TCP 协议格式打包, 送入 RTL8019AS, 由 RTL8019AS 将数据发送到局域网中。根据需要还可以

## 网络与通信 Network and Communication

在收到串口数据时,先完成数据预处理,再将处理好的数据送到局域网。具体的处理过程如图 2 所示。

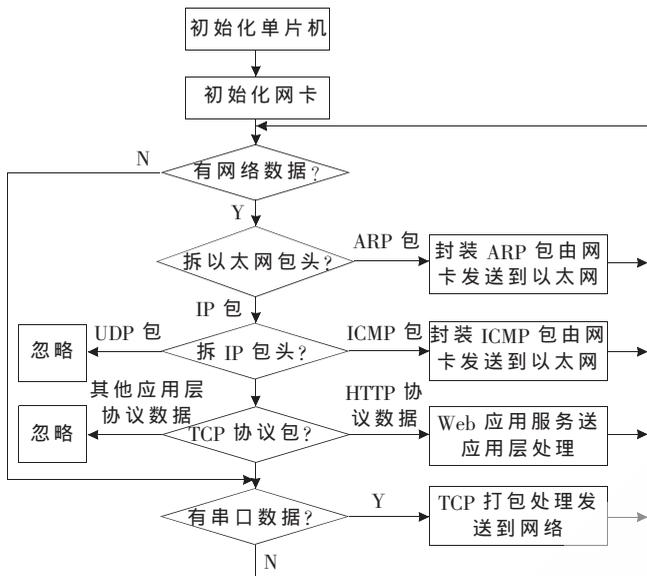


图 2 Web 服务器数据处理过程

### 3.3 单片机上的 Web 服务器编程

uIP 协议栈提供了一个称为宏的 UIP\_APPCALL 的应用程序接口供用户设计应用程序时使用<sup>[4]</sup>。要在单片机上实现 Web Server 服务,首先将该宏定义为一个应用程序函数名,然后在此函数中实现 HTTP 协议。完成后,用户可以从局域网内的任何客户机访问该单片机 Web 服务器。如果分配一个公网 IP 地址,则也可以从 Internet 上访问此 Web 服务器。实现的程序如下:

```
#define UIP_APPCALL uip_http /* 定义宏 UIP_APPCALL
为 uip_http 的应用程序函数 */
void uip_http (void) /* 开始实现 http 协议建立 Web 服务器 */
{
    struct uip http_state*s;
    s=(struct uip_app_state*)uip_conn->appstate;
    if(uip_connected())
    {
        ... /* 打开连接接口函数,
        开始一个新的应用程序连接 */
    }
    if(uip_newdat()||uip_rexmit()) /* 接收数据接口或重发
    数据接口函数,应用程序发送数据 */
    {
        if(uip_datalen()>0) /* 判定数据的大小接口函数
        {if(uip_conn->lport==80) /* 收到新连接端口号为
        80 的请求,此即 http 应用 */
        {update_table_data();
        s->dataptr=newpage;
        s->dataleft=1957;
        uip_send (s->dataptrs->dataleft); /* 发送上
        述 http 应用数据 */
        }
    }
}
```

```
}
if(uip_acked()) /* 返回 ACK 数据确认接口函数 */
{
    if(s->dataleft>uip_mss()&&uip_conn->lport==80)
    {
        s->dataptr+=uip_conn->len;
        s->dataleft-=uip_conn->len;
        uip_send(s->dataptrs->dataleft);
    }
}
return;
}
if(uip_poll())
{
    ... /* 轮询接口函数用于轮询各个
    客户端发起的连接 */
}
return;
}
if(uip_timeout()||
uip_closed()||
uip_aborted()) /* 判断连接是否超时 */
/* 关闭当前的连接 */
/* 中断连接接口 */
{return;}
}
```

本文设计的系统成功应用在宁波市某商业广场的地下停车场监测系统中。由于该商业广场停车场业务量较大,常常导致车位饱和而客户不知道的情形下进入停车场寻找车位,而该停车场规定进入停车场超过 15 min 的车辆即开始收费。导致客户常常寻找超过规定的时间而仍未找到停车位但需付费,从而发生客户和管理方之间的纠纷,影响商业广场的整体形象。使用了该系统后,各个车位上的数据采集系统实时采集停车信息并反馈给系统。系统在停车场入口处显示停车场当前有无可停车位以及哪些区域有空闲车位等信息。如果车位已满,将会显示无可停车位。除此之外,管理人员还可通过客户端进行查询、计时计费等工作。本系统最大的优点是开发费用低廉且操作简单。在本文设计的系统中,客户端使用普通的 Web 浏览器,通过 Internet 即可与单片机嵌入式 Web 应用服务器进行通信。客户端浏览器不需要开发额外的软件,也不需要浏览器支持特别的功能。客户端可通过访问嵌入式 Web 服务器的网页内容与之进行交互。嵌入式 Web 与现场控制接口互连,可实现对被控设备的远程监测、控制、诊断、管理及维护等。嵌入式技术和 Internet 技术的相互融合,加速了电子设备的网络化应用趋势。应用单片机作为嵌入式 Internet 技术的硬件设备可以降低系统的成本。本文设计的嵌入式 Web 系统根据不同的应用需求,稍加修改即可应用在智能家电、智能建筑、仪器仪表、通讯产品、工业控制等众多领域。

#### 参考文献

- [1] 李正军.现场总线与工业以太网及其应用系统设计[M].北京:人民邮电出版社,2008.
- [2] 求是科技.单片机典型模块设计实例导航[M].北京:人

民邮电出版社, 2008.

电出版社, 2008.

[3] 华清远见嵌入式培训中心. 嵌入式 Linux C 编程入门 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2007.

(收稿日期: 2010-01-04)

[4] uIP 协议栈网络站点. <http://dunkels.com/adam/uip/>. 2010.

作者简介:

[5] 罗钰. 深入浅出 Linux TCP/IP 协议栈 [M]. 北京: 人民邮

高小能, 男, 1971 年生, 硕士, 讲师, 主要研究方向: 无线 TCP/IP 协议优化、嵌入式网络通信系统开发。

