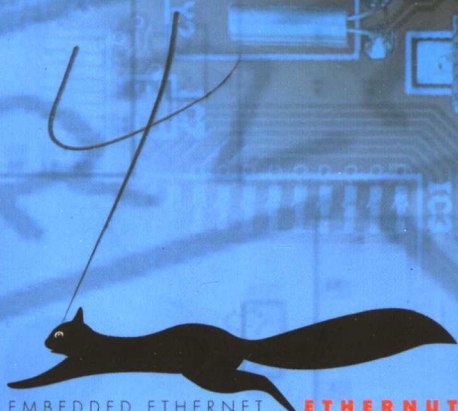


AVR 单片机 C 语言 开发应用实例

——TCP/IP篇

沈文 黄力岱 吴宗锋 编著



EMBEDDED ETHERNET **ETHERNUT**



清华大学出版社

AVR 单片机 C 语言开发 应用实例 ——TCP/IP 篇

沈 文 黄力岱 吴宗锋 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

Ethernut 是第一个推出的基于 8 位单片机的嵌入式以太网解决方案,并且公开了该方案的硬件电路和全部源代码,因此用户可以很方便地对 Ethernut 方案进行剪裁,定制出适合自己的以太网解决方案,在该方案的基础上进行二次开发,可以大大提高开发进度和降低出错概率。

本书共分为 4 部分。第 1 部分介绍了 Ethernut 的软硬件特点并给出原理图,说明如何编译生成用户所需的库函数,并介绍了利用 WinAVR 和 ICCAVR 编译一个演示实例的过程,最后介绍一些工具软件的使用方法;第 2 部分分析了 Ethernut 源代码中的重点和难点,并给出全部 API 函数的使用方法及调用参数;第 3 部分给出 14 个演示实例的全部源代码,并对代码进行分析;第 4 部分介绍两个基于 Ethernut 的实际产品,并对产品的源代码进行分析,除此以外,还给出了一些扩展应用实例,如 CAN、USB 主机、Wireless LAN (无线网卡)、Bluetooth (蓝牙)以及利用 MMC 卡、CF 卡或 IDE 硬盘外扩大容量存储器等,并给出了这些应用的原理图和源代码。

本书不仅适合作为大中专院校电子专业学生的 Nut/OS 和 Nut/Net 课程的教材以及教师参考用书,也适合于开发 RTOS、Ethernut、WLAN、Bluetooth 和 CF/MMC/IDE 产品的工程技术人员使用。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

本书防伪标签采用特殊防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

AVR 单片机 C 语言开发应用实例——TCP/IP 篇/沈文,黄力岱,吴宗锋编著. —北京:清华大学出版社,2005.7

ISBN 7-302-11333-5

I. A… II. ① 沈… ② 黄… ③ 吴… III. ① 单片微型计算机, AVR-程序设计 ② C 语言-程序设计 IV. ① TP368.1 ② TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 075297 号

出 版 者:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 客户服务:010-62776969

组稿编辑:曾 刚

文稿编辑:李虎斌

封面设计:刘春敏

版式设计:王慧娟

印 刷 者:北京密云胶印厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印张:39.75 字数:895 千字

版 次:2005 年 7 月第 1 版 2005 年 7 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-11333-5/TP·7463

印 数:1~4000

定 价:56.00 元

版权声明 (Copyright Statement)

Ethernut 是开放源代码的嵌入式以太网解决方案, 用户可以随意更改 Ethernut 的硬件和软件而不用通知 Ethernut 的开发者, 也可以将 Ethernut 的原理图和源代码应用于商业目的。由于鼓励商业性应用, 因此用户不但可以免费得到 Ethernut 设计方案, 而且将该方案用于商业目的也不收取任何费用, 但要求在用户的源代码中保留以下的版权声明。有关细节可以参见 <http://www.ethernut.de> 或 <http://www.egnite.de> 网站, 也可以咨询编者。

注意: Ethernut 设计方案为开放源代码的结构, egnite Software GmbH 及开发者不对软件作出任何承诺。由于 Ethernut 是一个在德国注册的商标, 商标拥有者允许用户在产品说明书中指出该产品以 Ethernut 为蓝本进行开发, 也可以不在产品的说明书中提到 Ethernut, 但未经许可是不能给产品使用 Ethernut 商标的。

按照 Harald Kipp 对本书授权的要求, 下面列出 Ethernut 版权声明的原文:

Nut/OS and Nut/Net are

Copyright (C) 2001-2005 by egnite Software GmbH. All rights reserved.

Redistribution and use in source and binary forms, with or without modification, are permitted provided that the following conditions are met:

1. Redistributions of source code must retain the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer.

2. Redistributions in binary form must reproduce the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer in the documentation and/or other materials provided with the distribution.

3. Neither the name of the copyright holders nor the names of contributors may be used to endorse or promote products derived from this software without specific prior written permission.

THIS SOFTWARE IS PROVIDED BY EGNITE SOFTWARE GMBH AND CONTRIBUTORS "AS IS" AND ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL EGNITE SOFTWARE GMBH OR CONTRIBUTORS BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, INCIDENTAL, SPECIAL, EXEMPLARY, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR SERVICES; LOSS OF USE, DATA, OR PROFITS; OR BUSINESS INTERRUPTION) HOWEVER CAUSED AND ON ANY THEORY OF LIABILITY, WHETHER IN CONTRACT, STRICT LIABILITY, OR TORT (INCLUDING NEGLIGENCE OR OTHERWISE) ARISING IN ANY WAY OUT OF THE USE OF THIS SOFTWARE, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGE.

For additional information see <http://www.ethernut.de/>

前 言

互联网络硬件和软件的迅猛发展,使得网络用户呈指数增长,在使用计算机进行网络互联的同时,各种家电设备、仪器仪表以及工业生产中的数据采集与控制设备在逐步地走向网络化,可以共享网络中庞大的信息资源。目前基于网络应用的嵌入式设备通常都是使用 PC 机或 ARM 等 32 位微处理器作为硬件,以 Windows CE 或 Linux 等通用操作系统作为软件,这种结构开发周期短、功能强、数据传输速率高,但是也存在着成本高、体积大、功耗大及实时性差等缺点。Ethernut 是第一个推出的基于 8 位单片机的嵌入式以太网解决方案,具有生产成本低、功耗少、体积小且实时性好等优点。

Ethernut 是一个开放硬件和软件设计方案嵌入式协议栈的统称,在 <http://www.ethernut.de> 网站上公布了全部硬件资料及软件源代码,任何人都可以自由下载并利用这些代码来开发商用产品。由于 Ethernut 提供了全部的源代码,并提供了大量的演示实例供参考,因此用户可以很方便地对其功能进行增删,定制出适合自己的以太网解决方案。并且还推出许多基于 Ethernut 的扩展应用实例,如 CAN、USB 主机、Wireless LAN (无线网卡)、Bluetooth (蓝牙),以及利用 MMC 卡、CF 卡或 IDE 硬盘外扩大容量存储器等,而这些扩展应用的资料暂时还不会在 Ethernut 网站公开,本书将提供这些扩展应用的原理图和源代码。

Ethernut 的硬件和软件均由德国 egnite Software GmbH 公司负责维护和升级,这使得 Ethernut 维护和升级的质量能够得到保证,并且由于 Ethernut 所坚持的开放原则,在全世界范围内有很多高手参与了开发和测试工作,使该方案的源代码不断完善。Ethernut 既具有商业性软件的特点,又具有开源软件的优势,使其无论是稳定性还是更新速度均远超过一般免费的以太网解决方案,在该方案的基础上进行二次开发,可以大大提高开发进度和降低程序出错的概率。

Ethernut 设计方案始于 2000 年,在 2001 年初完成硬件和源代码的初步设计,推出第一块开发板,当时板上使用 ATmega103,晶振为 3.6864MHz,后由于 ATmega128 的推出,在 1.3 的硬件版本中将 MCU 改为 ATmega128,晶振改为 14.7456MHz,修改后 Ethernut 的极限传输速率从 50 KB/s 提高到 256 KB/s。由于 ATmega103 没有 JTAG 功能,因此在 1.3f 及以前的版本中均没有专用的 JTAG 端口,不便于仿真。鉴于这种情况,在 2004 年 8 月推出 1.3g 的硬件版本,增加了专门的 JTAG 端口。由于 1.3x 系列均使用 RTL8019AS 以太网控制芯片,该芯片只支持 10Mb 以太网,而且 Realtek 没有提供工业级的芯片。针对 1.3x 版的不足之处,在 2004 年初推出 2.0 版开发板,符合工业级应用的要求,使用 LAN91C111 以太网控制芯片,支持 10Mb/100Mb 以太网,比 1.3x 增加了 480KB 的分页 (Banked) SRAM,在 2004 年底推出的 2.1 版开发板,在 2.0 版的基础上又增加了 512KB 的 FLASH。针对一些经济条件差而购买不起 Ethernut 开发板的用户,还推出 Poor Man's 这一便宜的解决方案,用户可以自购一个网络控制芯片为 RTL8019AS 的 ISA 网卡,再外扩一片简单的电路板,即可基本实现 Ethernut 1.3f 开发板的全部功能,本书给出的源代码也能够在该板上运行。关于 Poor Man's 的资料和自制方法,请需要的读者自行到编者的网站下载。

虽然 Ethernut 目前仅正式支持 ATmega128 一种 MCU,但在 ATmega256、ARM7TDMI、

Renesas 的 H8/300 和 Motorola 的 Coldfire 等 MCU 上运行的源代码也已在最后的测试阶段。针对一些没有 ARM7 开发板的用户,可以在 GBA (GameBoy Advance, 硬件为 ARM7 CPU) 上附加一块电路板,就能够运行基于 ARM7 的 Ethernut 源代码,在编者的网站给出了具体的实现方法和演示实例。

Ethernut 在软件上包含一个 Nut/OS 实时操作系统和 Nut/Net 协议栈,除了非常少量与硬件相关的源代码使用汇编语言编写外,剩下的都是使用 C 语言编写的,具有很高的可移植性。

Nut/OS 是一个相对独立的组件,可以单独分拆出来当作一个小型实时操作系统使用,也可以很容易地移植到其他 MCU 上。Nut/OS 与同样是开源的 μ C/OS-II 相比,各项技术指标相似,而且更新速度更快,另外,最主要的是 Nut/OS 完全免费,不但可以免费得到源代码,而且将其应用于商用产品中也是免费的, μ C/OS-II 虽然也是开源软件,但应用到商用产品中就必须为每个产品支付一定的版权费,各版本 Ethernut 的硬件特点如表 1 所示。

表 1 各版本 Ethernut 的硬件特点

硬件版本	1.3f	1.3g	2.0	2.1	Charon II DB	Poor Man's
MCU	ATmega128	ATmega128	ATmega128	ATmega128	ATmega128	ATmega128
以太网芯片	RTL8019AS	RTL8019AS	LAN91C111	LAN91C111	RTL8019AS	RTL8019AS
以太网接口	10Mb RJ45	10Mb RJ45	10Mb/100Mb RJ45	10Mb/100Mb RJ45	10Mb RJ45	10Mb RJ45 和 BNC
RAM	32 KB	32 KB	32KB+480KB	32KB+480KB	32 KB	32 KB
FLASH	128 KB	128 KB	128 KB	128 KB	128 KB	128 KB
外加 Flash	不支持	不支持	不支持	512 KB	可任意加	不支持
EEPROM	4 KB	4 KB	4 KB	4 KB	4KB+93C46	4KB+93C46
RS232	2 个	2 个	2 个	2 个	2 个	2 个
RS485	需另扩展	需另扩展	1 个	1 个	需另扩展	需另扩展
JTAG	没有专用接口	有专用接口	有专用接口	有专用接口	有专用接口	有专用接口

Nut/Net 除了支持 ARP、IP、ICMP、UDP 和 TCP 等协议外,还支持 DHCP、PPP、DNS 和 HTTP 用户协议,是 8 位 MCU 中支持协议最多的免费 TCP/IP 协议栈。

编者参与了 Ethernut 部分源代码的编写和测试,为了让更多的中国读者了解该设计方案,Harald Kipp 和 Ute Kipp 授权编者编写本书。在本书出版后,读者可以在 <http://www.ethernut.de> 网站上找到关于本书的介绍。本书所提供的源代码均是经过测试且切实可行的,但由于 Ethernut 也在不断地改进和升级之中,读者在得到本书之后,书中所介绍的有些代码可能已经更改,因此建议读者应先下载最新版的 Ethernut 源代码,再结合本书学习。

感谢 Ethernut 的开发者 Harald Kipp,正是他的支持和无私奉献才能有本书的出版。福州大学的黄力岱和福州市公安局交巡警支队的吴宗锋参与了本书部分章节的编写工作,对他们表示感谢。耿德根老师和双龙电子对于本书出版也给予了无私的支持和帮助。编者还得到了福建武夷通信设备厂曾兴厂长和张德群厂长的大力支持,让编者能够请长假编写本书。还要感谢建阳市教育局和建阳三中领导对编者的关心和支持。在此向所有关心和支持本书出版的同志表示衷心的感谢。

鉴于国内还没有专门讲述基于 8 位 MCU 实现 TCP/IP 的书籍,本书的出版只是为了满足

读者的需要而抛砖引玉，由于编者经验不足、水平有限，书中难免存在一些错误与不妥之处，敬请广大读者批评指正，请读者到编者的网站下载最新的勘误表。如果读者能够指出本书中一定数量的错误将得到一块 Web 开发板作为奖励，具体情况可以浏览编者的网站 <http://www.fjmcu.com>。

编者 沈文

2005 年 3 月于福建建阳

目 录

第 1 部分 开发指南

第 1 章	1.3g 版的 Ethernetut 开发板	1
1.1	硬件结构	3
1.1.1	扩展输出端子	4
1.1.2	DB-9 插座	4
1.1.3	RJ-45 端口	5
1.1.4	ISP 和 JTAG 端口	5
1.1.5	LED 指示灯	7
1.1.6	跳线设置	7
1.1.7	电源输入	8
1.2	运行 BaseMon 演示程序	9
1.3	网络设置	12
1.3.1	PC 机网卡的设置	12
1.3.2	网络参数的设置	14
第 2 章	2.1b 版的 Ethernetut 开发板	16
2.1	硬件结构	17
2.1.1	扩展输出端子	18
2.1.2	DB-9 插座	19
2.1.3	RJ-45 端口	20
2.1.4	Ethernut 的 RS-485 端口定义	20
2.1.5	JTAG 端口	20
2.1.6	LED 指示灯	21
2.1.7	跳线设置	21
2.1.8	电源输入	25
2.2	运行 BaseMon 演示程序	26
2.3	网络设置	29
2.3.1	PC 机网卡的设置	29
2.3.2	网络参数的设置	31
第 3 章	Nut/OS 配置和编译 httpd 演示实例	33
3.1	下载和安装相应的软件	33
3.2	编译 ICCAVR 的 Nut/OS 函数库	34
3.2.1	配置 Nut/OS	34
3.2.2	编译 Nut/OS 库函数	37
3.3	编译 WinAVR 的 Nut/OS 函数库	41

3.3.1	配置 Nut/OS	41
3.3.2	编译 Nut/OS 库函数	44
3.4	编译 httpd 应用实例	47
3.4.1	使用 ICCAVR 编译	47
3.4.2	使用 WinAVR 中编译	52
3.5	运行 Web Server 演示	53
3.6	1.3f 开发板连接 JTAG 仿真器	54
第 4 章	常用工具软件	56
4.1	Ethernut 配套工具软件	56
4.1.1	crurom 的使用	56
4.1.2	robi 的使用	58
4.1.3	nutsetup 的使用	58
4.1.4	tftpd32 的使用	59
4.2	常用的网络指令	61
4.2.1	Ping 命令的使用技巧	61
4.2.2	Netstat 命令的使用技巧	64
4.2.3	IPConfig 命令的使用技巧	65
4.2.4	ARP 地址转换协议的使用技巧	66
4.2.5	Tracert 的使用技巧	67
4.2.6	Route 的使用技巧	67
4.2.7	Nbtstat 的使用技巧	68
4.3	常用网络名词	68

第 2 部分 API 接口分析

第 5 章	Ethernut 文件索引	72
5.1	目录结构	72
5.2	文件索引	73
5.3	数据结构索引	75
5.4	函数索引	77
第 6 章	Nut/OS 实时操作系统	84
6.1	Nut/OS 需求条件	85
6.1.1	程序存储空间	85
6.1.2	数据空间	85
6.1.3	程序存储空间和数据空间的占用	87
6.1.4	EEPROM 存储空间	88
6.2	不依赖于编译的数据类型	89
6.3	实时系统概念	90
6.4	线程管理	99
6.4.1	线程管理 API	99
6.4.2	线程状态	100

6.4.3	创建线程	102
6.4.4	改变优先级	103
6.4.5	隐藏线程	104
6.4.6	系统初始化	104
6.5	线程之间通信与同步	106
6.5.1	信号量	106
6.5.2	互斥体	108
6.5.3	消息队列	111
6.5.4	事件	114
6.5.5	运行机制	118
6.6	时间管理	122
6.7	I/O 管理	127
6.8	堆栈管理	130
6.9	内存页管理	134
第 7 章	Nut/Net 协议栈	138
7.1	TCP/IP 协议简介	139
7.1.1	OSI 参考模型	139
7.1.2	TCP/IP 参考模型	143
7.1.3	数据封装	145
7.1.4	数据帧分用	146
7.2	以太网	147
7.2.1	以太网和 IEEE802 封装	147
7.2.2	Ethernet API	149
7.3	ARP (地址解析协议)	152
7.3.1	ARP 概述	152
7.3.2	ARP 的分组格式	153
7.3.3	ARP API 分析	154
7.4	IP (网际协议)	160
7.4.1	IP 概述	160
7.4.2	IP 首部	164
7.4.3	IP 记录路由选项	167
7.4.4	IP 时间戳选项	168
7.4.5	IP 源站选路选项	168
7.4.6	IP 分片	169
7.4.7	IP API 分析	170
7.5	ICMP (Internet 控制报文协议)	180
7.5.1	ICMP 概述	180
7.5.2	ICMP 报文类型	181
7.5.3	ICMP 地址掩码请求与应答	182
7.5.4	ICMP 时间戳请求与应答	183
7.5.5	ICMP 差错报文	183

7.5.6	ICMP API 分析.....	185
7.6	UDP (用户数据报协议)	188
7.6.1	UDP 概述	188
7.6.2	UDP 首部	188
7.6.3	UDP API 分析	190
7.7	TCP (传输控制协议)	191
7.7.1	TCP 概述	191
7.7.2	TCP 首部	192
7.7.3	TCP 连接的建立与终止	194
7.7.4	TCP 的超时与重传	194
7.7.5	TCP API 分析	194
7.8	DHCP (动态主机配置协议)	200
7.8.1	DHCP 工作过程	200
7.8.2	DHCP API 分析	202
7.9	FTP (文件传输协议)	210
7.9.1	FTP 概述	210
7.9.2	FTP 应答	213
7.9.3	FTP 连接管理	214
7.9.4	FTP API 分析	215
7.10	HTTP (超文本传送协议)	224
7.10.1	HTTP 概述	224
7.10.2	HTTP 高级主题	227
7.10.3	HTTP API 分析	228
7.11	DNS (域名系统)	234
7.11.1	DNS 概述	234
7.11.2	DNS 报文格式	236
7.11.3	DNS 使用协议	239
7.11.4	DNS API 分析	239
7.12	PPP (点到点协议)	241
7.12.1	PPP 概述	241
7.12.2	PPP 协议格式	243
7.12.3	LCP (链路控制协议)	245
7.12.4	PAP (密码验证协议)	246
7.12.5	IPCP (IP 控制协议)	247
7.12.6	PPP (PPP 驱动程序)	248
7.13	socket (套接口)	253
7.13.1	socket 概述	253
7.13.2	TCP socket	254
7.13.3	UDP socket	260
7.14	其他常用网络协议简介	263
7.14.1	BOOT (引导程序协议)	263
7.14.2	TFTP (简单文件传送协议)	264

7.14.3	Telnet (远程登录)	266
第 8 章	驱动程序 API	270
8.1	硬件结构定义	270
8.1.1	Ethernut Hardware	270
8.1.2	Medianut Hardware	271
8.2	串行通信驱动	272
8.2.1	片内 UART 驱动程序	273
8.2.2	USART 驱动程序	282
8.2.3	片内 UART Debug 驱动程序	288
8.2.4	UART I/O 控制函数	289
8.2.5	SPI UART 驱动程序	289
8.3	网络驱动程序	290
8.3.1	RTL8019AS 驱动程序	291
8.3.2	LAN91C111 驱动程序	292
8.3.3	CS8900 驱动程序	294
8.3.4	网络缓冲	295
8.3.5	网络流媒体驱动	297
8.4	声音驱动程序	297
8.5	显示驱动程序	301
8.6	中断管理	305
8.7	数字 I/O 口	307
8.8	SPI FLASH 驱动程序	308
第 9 章	文件系统	311
第 10 章	C 运行时间库	314
10.1	标准 I/O 驱动	314
10.2	低级 I/O 操作	337
10.3	时间管理	340
10.4	C 运行时间库的补充	343

第 3 部分 演示实例分析

第 11 章	threads 分析	346
第 12 章	times 分析	349
第 13 章	uart 分析	355
第 14 章	rs232d 分析	358
第 15 章	inetq 分析	362
第 16 章	tcps 分析	367
第 17 章	portdio 分析	373

第 18 章	pppc 分析.....	380
第 19 章	logtime 分析.....	387
第 20 章	ftpserv 分析.....	392
第 21 章	htpserv 分析.....	397
第 22 章	webport 分析.....	409
第 23 章	eboot 分析.....	433
第 24 章	basemon 分析.....	458

第 4 部分 扩展应用

第 25 章	媒体播放板.....	508
25.1	扩展板说明	508
25.2	扩展板原理图	510
25.3	MP3 播放.....	513
25.4	红外遥控的网络收音机.....	516
第 26 章	GSM 短信网关 (SMS)	543
第 27 章	高级应用简介	551
27.1	SPI 文件管理系统.....	551
27.2	CAN 总线.....	552
27.3	单总线 (1Wire)	552
27.4	扩展串口	561
27.5	MMC 卡 (使用 FAT 文件系统读写)	570
27.6	IDE 硬盘和 CF 卡 (使用 FAT 文件系统读写)	572
27.7	USB Host.....	587
27.8	无线网卡 (Wireless LAN)	589
27.9	蓝牙 (Bluetooth)	598
第 28 章	Ethernut 通过 ADSL 接入互联网.....	600
附录 A	Ethernut 1.3g 开发板原理图	607
附录 B	Ethernut 2.1b 开发板原理图	611
附录 C	Ethernut 2.1b 开发板 XC9536XL 原理图	615
附录 D	Charon II DB 开发板	616
参考文献		619

第 1 部分 开发指南

第 1 章 1.3g 版的 Ethernut 开发板

1.3g 版的 Ethernut 是一个小体积的 4 层板，尺寸为 80mm×100mm，使用 Atmel 的 ATmega128 单片机和 Realtek 的 RTL8019AS 以太网控制芯片，如图 1.1 所示。

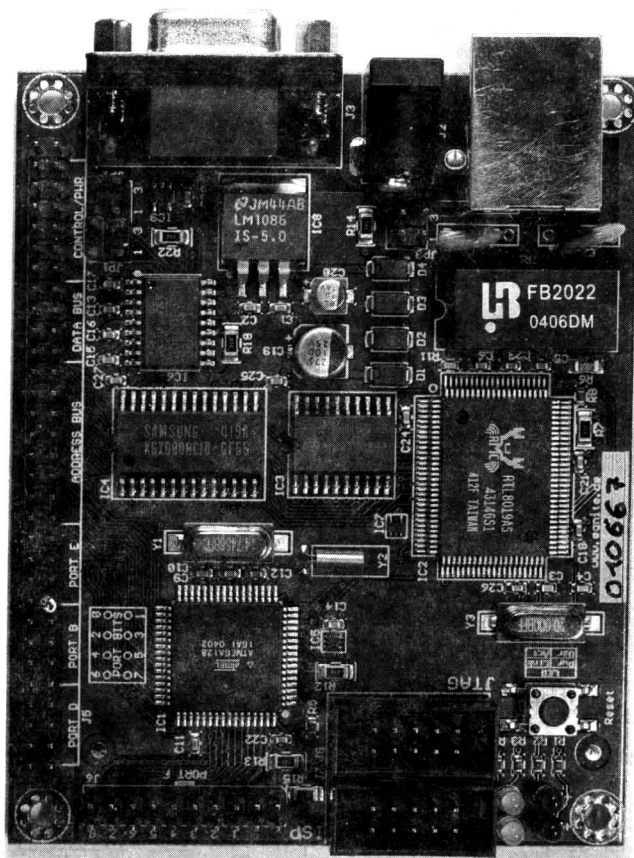


图 1.1 1.3g 版 Ethernut 开发板

该开发板具有以下的技术特点：

- 使用 4 层的 PCB 板。
- Ethernut1.3g 通过了欧洲的 EMI 认证。
- 主控芯片为具有 16 MIPS 性能的 ATmega128。
- 以太网控制器为 RTL8019AS，支持 IEEE 802.2 和 IEEE 802.3 标准。

- 在开发板上集成一个 RJ-45 接口，支持 10Mb 的以太网。
- 提供 2 个 RS-232 串口，其中一个串口通过 DB-9 插座引出。
- 128KB 片内可编程的 FLASH ROM。
- 4KB 片内可编程的 EEPROM。
- 32KB SRAM。
- 22 个可编程的 I/O 口。
- 8 个 10 位的模拟/数字转换器。
- 2 个 8 位和 2 个 16 位的定时/计数器。
- 提供一个 JTAG 和 ISP 接口。
- 使用看门狗以提高系统的稳定性。
- 共 4 个 LED 用于指示电源和以太网的状态。
- 需要一个 DC8V~16V 或 AC7V~12V 的电源。

附录 A 为该开发板的原理图，在编者的网站上有该开发板 Eagle 4.11 和 Protei DXP 格式的原理图和 PCB 图，读者可以自行下载。

读者在自制板时应注意，下载的 PCB 图中存在着一个 Bug，读者在制板和焊接时应更正。

板上使用的 MIC2775 复位控制芯片太敏感，常常误复位，因此在 MIC2775 的/MR 脚上新增一个 10K Ω 的上拉电阻和 100nF 的电容器接地，如图 1.2 所示，编者将电阻和电容焊在 JTAG 的插座的背面，如图 1.3 所示。

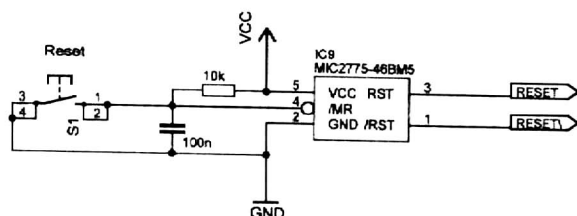


图 1.2 新增的电阻和电容

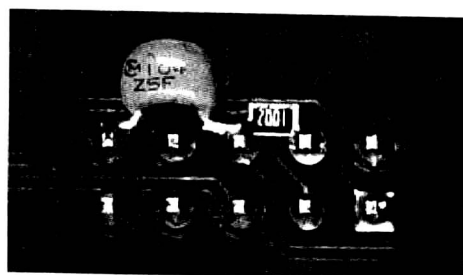


图 1.3 PCB 板上新增的电阻和电容

对开发板作一些改动，就可以在 1.3g 版上直接使用已编译好的 1.3f 版的源代码，改动如图 1.4 所示。拆去 1.3g 开发板上的 R7（1206 封装的 0 Ω 电阻，在板的正面），图 1.5 所示为焊去该电阻后开发板的局部放大图，在原 PCB 底板 R37 的空位上焊上一个 10k Ω 电阻，图 1.6 所示为焊上 R37 后的图片，编者用 1206 封装的电阻。

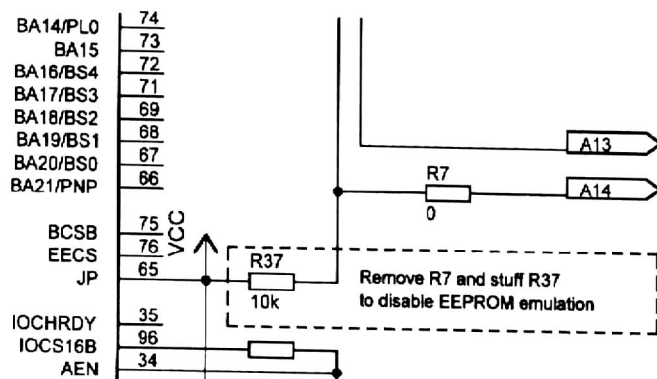


图 1.4 原理图上的修改说明

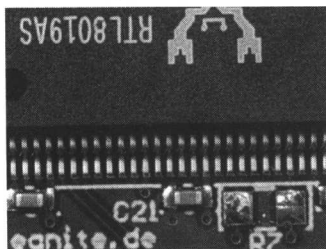


图 1.5 开发板上拆去 R7

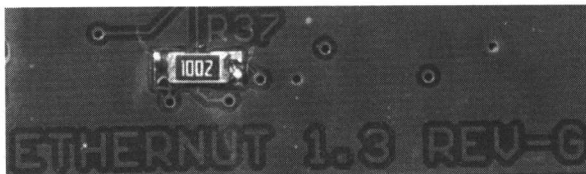


图 1.6 底板上补焊上 R37

通过使用 Ethernet 开发板，除了可以让用户快速掌握 Nut/OS 和 Nut/Net 外，还可以将该开发板直接应用于用户的产品中。由于开发板在建立一个 Web 服务器后，还有相当多的剩余资源用于容纳用户的应用程序，一般情况下，用户的程序可以直接保存在开发板上的 ATmega128 中，这有利于降低用户的生产成本和开发难度。由于 Ethernet 为开源软硬件，所以允许用户对该设计方案的硬件进行增删，重写和设计自己的 PCB 板。

Ethernet 可以直接应用于以下及用户可以想得到的地方：

- 网络传感器。
- 远程诊断和维修。
- 远程监控。
- 远程报警服务装置。
- 工业以太网应用装置。
- 家用电器的监控。
- 小型网关，用于支持 RS-323 设备联网的转换器。

1.1 硬件结构

1.3g 版的 Ethernet 的硬件结构框图如图 1.7 所示。

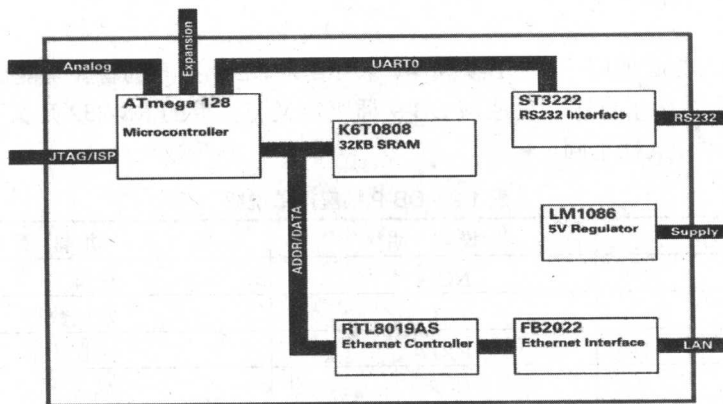


图 1.7 1.3g 版 Ethernet 的硬件结构框图

在其中最重要的一个元器件就是 ATmega128 单片机，读者在学习本书前，最好能够先看一看该 MCU 的数据手册，也可以到编者的网站下载中文数据手册。开发板上的 LM1086 给整个开发板提供+5V 电源；外扩一片 K6T0808 32KB 的 SRAM；ATmega128 共提供两个硬件

UART 接口，在 Ethernut 开发板上，其中一个通过 ST3222 引出到 DB-9 插座上；以太网控制芯片为 RTL8019AS；FB2022 为与 RTL8019AS 配套的隔离变压器。

1.1.1 扩展输出端子

扩展输出端子直接引出了 ATmega128 的总线、I/O 口、复位、RD 以及 WR 等端口，用户能够通过这些输出端子向 ATmega128 输入/输出一些数据和控制信号，也可以利用这个扩展输出端子监控 ATmega128 的工作状态，还可以利用这些扩展端口增加一些附加的扩展电路板，如板载 VS1001 的 MP3 解码扩展板。表 1.1 为 Ethernut 扩展输出端口的定义说明，图 1.8 所示为扩展输出端子的定义示意图。

表 1.1 Ethernut 扩展输出端口简单说明

端 口 号	说 明	功 能 简 介
63~64	NC	空脚
55~62	PORTD	端口 D，8 位双向 I/O 口
47~54	PORTB	端口 B，8 位双向 I/O 口
39~46	PORTE	端口 E，8 位双向 I/O 口
23~38	ADDR	16 位地址总线
15~22	DATA	8 位数据总线
14	WR	外部 RAM 写信号
13	RD	外部 RAM 读信号
11~12	VCC	+5V 电源，最大电流 400mA
10	DC	未稳压的直流输入
9	RESET	复位信号
5~8	GND	地
3~4	VCC	+5V 电源，最大电流 400mA
1~2	NC	空脚

1.1.2 DB-9 插座

Ethernut 的 RS-232 使用一个 DB-9 插座，表 1.2 为 DB-9 插座的管脚功能定义说明，图 1.9 所示为 DB-9 插座结构示意图。注意该 DB-9 插座定义与标准的 RS-232 定义有所不同，也与 2.1b 版的 Ethernut 开发板不同。

表 1.2 DB-9 插座简单说明

端 口 号	说 明	功 能 简 介
1	NC	空脚
2	TXD	发送数据
3	RXD	接收数据
4	NC	空
5	GND	地
6	NC	空脚
7	CTS	允许发送
8	RTS	请求发送
9	Power	电源脚