

# 基于以太网的嵌入式系统网络接口卡的设计

摘要：介绍了以 10M/100M 自适应以太网控制器和 DSP 为基础的嵌入式系统以太网网络接口卡 (NIC) 的接口电路及软硬件实现方法。

关键词：嵌入式系统 NIC；网络接口卡；LAN91C111 耦合隔离滤波器 YL18-2050S

## 引言

当今社会已经进入数字信息技术和网络技术高速发展的后 PC 时代，嵌入式系统已经广泛渗透到科学研究、工程设计、军事技术、各类产业和商业文化艺术、娱乐业以及人们的日常生活等方方面面。随着网络技术的快速发展和互联网的广泛应用，各种家电设备、PDA、仪器仪表、工业生产中数据的采集与控制等设备正在逐渐走向网络化，以共享互连网络中庞大的信息资源。嵌入式设备的网络化开发有着广阔的前景。本文以 SMSC 公司的 LAN91C111 嵌入式以太网控制器为基础，介绍嵌入式系统网络接口卡 (NIC) 的软硬件设计。

## LAN91C111 芯片介绍

LAN91C111 是 SMSC 公司生产的专门用于嵌入式产品的 10M/100M 第三代快速以太网控制器。其优良的性能、低功耗及小尺寸，使 LAN91C111 逐渐成为嵌入式 NIC 中的主流产品，其主要性能为：

- 支持 IEEE 802.3 (ANSI8802-3) 以太网标准
- 自适应地选择传输速率，支持 10M/100Mbps
  - 充分支持全双工交换式以太网，具有睡眠模式
  - 8KB 内部存储器用作接受发送的 FIFO 缓存
- 提前发送和接受功能
  - 硬件 MMU
  - 通过串行 EEPROM 选择性配置口
- 全双工传输模式
  - 可连接同轴电缆和双绞线，支持 100Base-Tx/10Base-T，并可自动检测所连介质
- 低功耗的 CMOS 设计。

一个 IEEE 802.3 数据帧由以下几部分组成：前导位 (Preamble)、帧起始位 (SFD)、目的地址 (destination)、源地址 (source)、数据长度 (length)、数据 ((data)、帧校验字 (FCS)。如图 1 所示，数据的数量范围 46B ~1500B。如一组要传送的数据为 46B，就用零补足；超过 1500B 时，需要拆成多个帧传送。前导位、帧起始位和帧校验字仅供控制器本身用，主处理器收到的数据帧的组成依次包括：接收状态 (1 B)、下一帧的页地址指针 (1 B)、目的地址 (6B)、源地址 (6B)、数据长度/帧类型 (2B)、数据。数据长度/帧类型的值小于或等于 1500B 时，表示数据帧的长度；反之，表示数据帧的类型。如值依次为 x08, 0x00，表示数据为 IP 包；值依次为 0x08, 0x06，表示数据为 ARP 包。

前导位	帧起始位	目的地址	源地址	数据长度	数据	帧校验字
62B						
2B						
6B						
6B						
2B						
46B~1500B						
4B						

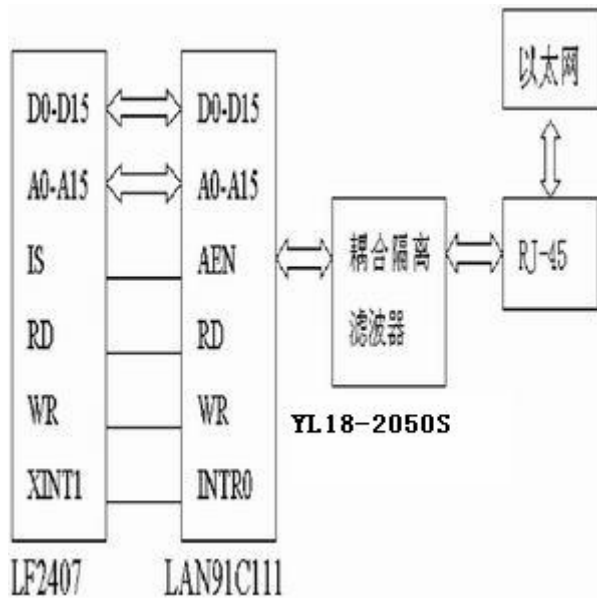


图1 IEEE802.3数据帧的组成

### 硬件电路

本设计采用的嵌入式处理器是TI公司的DSP(TMS320LF2407)。它采用低电耗CMOS技术,30MIPS的执行速率,片上还集成了丰富的外围部件(EVM、A/D模块、CAN、SCI、SPI及JTAG),工作频率40MHZ,有很大的存贮空间(高达32K字的FLASH程序存储器,可扩展外部64K字存储器,64K字I/O寻址空间),非常适合用来处理复杂的TCP/IP协议。

因为LAN91C111是为嵌入式系统设计,其外围电路相对比较简单。LAN91C111内部寄存器可通过对地址线A0, A1, A2, A3 与DSP的A1~A15相连,A0没有被LAN91C111使用,悬空;数据总线D0~D15与DSP的D0~D15相连,用于16位数据传输,LAN91C111端D16~D32悬空(因为LF2407是16位数据总线);LAN91C111端的片选信号AEN由DSP的外部I/O接口选通信号IS提供。两元件的RD、WR相连。LAN91C111端的中断输出信号INTR0送入DSP的外部中断引脚XINT1触发中断。YL18-2050S,是针对10M/100M以太网的变压滤波器。

LAN91C111使用引脚TPIN+, TPIN-, TPOUT+和TPOUT-连接耦合隔离滤波器YL18-2050S利用RJ-45插头实现与以太网的连接。其硬件框图如图2所示。

图2 嵌入式以太网卡接口硬件框图

外接的93C46是1Kbit的串行EEPROM 64 X 16阵列,按字访问,用来存储以太网卡的MAC地址。MAC地址是48bit,预先烧写在EEPROM的指定位置。每次当OS启动加载网卡时,以太网控制器LAN91C111就从EEPROM的固定地址中读取MAC地址并存储在相应的寄存器中。图3是嵌入式以太网卡的电路图。

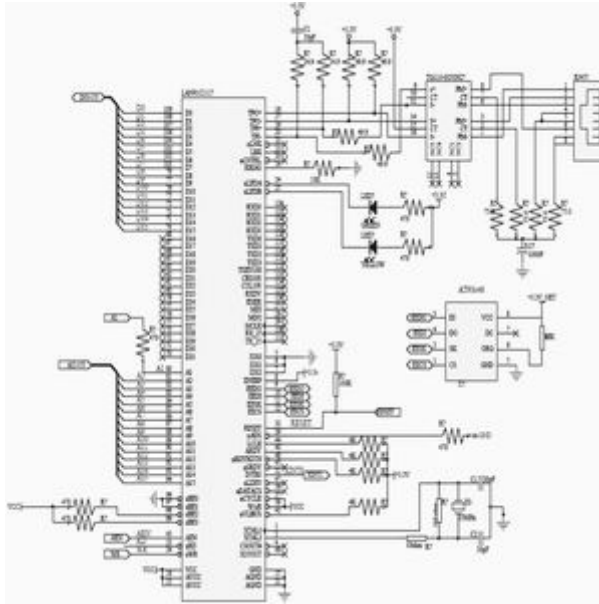


图3 嵌入式以太网卡电路图

LAN91C111 内部 8KB 的 RAM 为数据包的传输接收提供缓冲, 使全双工工作模式下数据传输率可达 10M/100M bps;MMU 把 RAM 分成 256B 的页, 并负责为每个数据帧分配一个或多个页。当主处理器传输数据时, MMU 首先根据数据大小为其在 RAM 中分配若干页。在数据传送到 RAM 时, 此数据帧的帧号也在 TX FIFO 中排队, 然后此数据帧在轮到时传送到 PHY 模块进行 Manchester 编码, 最后根据 CSMA/CD 协议把此数据帧传送到相应的介质上。

在介质上有数据时, LAN91C111 将数据帧复制一份并传送到 ENDEC 模块进行 Manchester 解码, 而 CSMA/CD 模块根据该数据帧头的目的地址是否为本网卡 MAC 地址、广播或多播地址来决定此数据帧的取舍。若地址匹配, MMU 为其在 RAM 中开辟相应大小的空间, 并以中断的方式告知主处理器。在数据帧被取走后, MMU 释放此块内存。

### 软件设计

$\mu c/os II$  是一种开放源码的占先式多任务实时嵌入式操作系统, 具有可移植性、实时性、模块化等特点, 是从整体上为有限资源的平台设计的多线程、完整优先级、多任务的操作系统, 已被应用到多种微处理器上。本嵌入式设备运行  $\mu c/os II$  操作系统。

对 LAN91C111 的软件操作采用中断处理方式: 当系统有数据要传输时, 首先把该数据传到 LAN91C111, LAN91C111 把数据封装成帧, 加上前导字、校验字等部分, 并检测到网络中没有数据在传输, 才把此数据帧传输到网络中, 并向系统提出中断, 告知已成功传输数据; 当 LAN91C111 接收到一数据帧时, 首先由 CSMA/CD 模块察看此数据帧的目的地址, 若为此网卡 MAC 地址、广播地址或多播地址, 才向系统提出中断, 并把此数据帧传到 LAN91C111 的数据寄存器中。系统对此包进行处理, 察看是否校验字错误等, 并剥去前导字, 然后传给上层 NDIS 进行处理。

### 结语

基于上述方案的嵌入式以太网网络接口卡可以稳定地工作, 实际网络速度可以达到 90Mbps (依网络状况而定), 并具有 FTP 等功能, 产品的性能高, 价格适中。