基于以太网的光无线通信系统的设计与实现

摘要：介绍了一种基于以太网的光无线通信系统。该系统以高性能的以太网收发芯片 IP113 为核心，配以必要的外围器件，结合所研制的调制驱动电路和接收解调电路，实现了以太网借助光波进行远距离通信的系统设计。

关键词：以太网 IP113 PECL 耦合变压器 YL18-2050S YL37-1107S YL18-2001S

以光波为信息载体进行光通信的历史由来已久，大气激光通信是以大气作为传输介质的通信，是激光出现后最先研制的一种通信方式。由于它具有传输距离远、频带宽、发射天线小、保密性好及抗电磁干扰等优点，越来越受到关注，应用也日渐广泛起来。

以太网是应用最广的联网技术，它以可靠性高、媒体信息量大、易于扩展和更新等优点，在企业、学校等领域得到广泛的应用。根据ＩＥＥＥ８０２．３ Ｅｔｈｅｒｎｅｔ标准规范，以太网每段同轴电缆长度不得超过５００ｍ，通过中继器互联后，网络最大距离也不得超过２．８ｋｍ。在这种情况下，利用激光无线通信技术，超越以太网的地域限制，满足数据通信的需要，具有很强的应用价值。

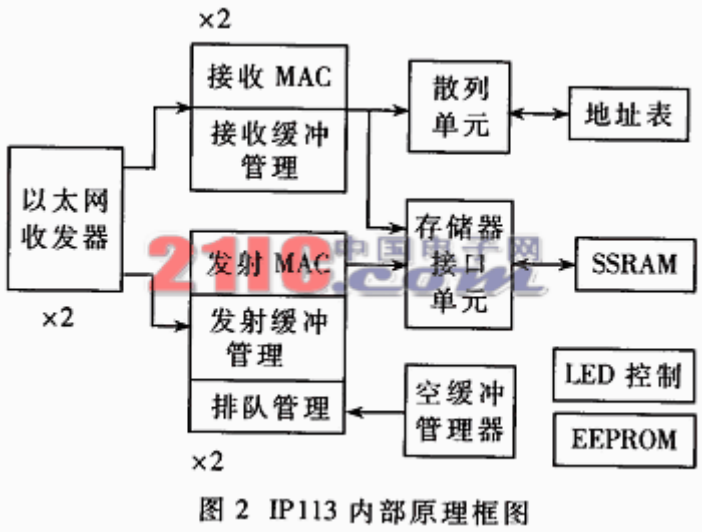

图 2 IP113 内部原理框图

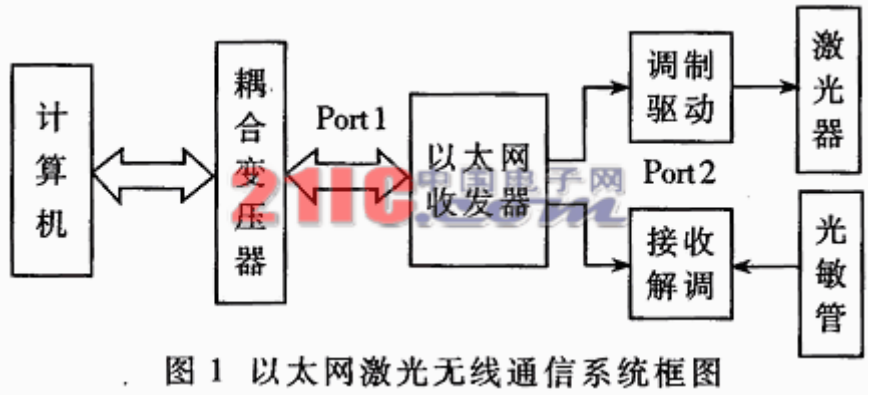

图 1 以太网激光无线通信系统框图

1 基于以太网的激光无线通信系统

将以太网和激光无线通信结合起来，充分发挥二者的优越性，可以大大提高系统的应用范围和可靠性。图 1 是基于以太网激光无线通信系统一端的原理框图，另一端的结构和本端呈对称状态。从计算机网卡出来的双极性ＭＬＴ－３数据信号，由ＲＪ ４ ５接口，经过耦合变压器 YL18-2001S,YL18-2050S 或 YL37-1101S 后，变成单极性电平信号，送至以太网收发器，产生的高速ＰＥＣＬ信号通过调制驱动电路对激光器直接强度调制，驱动激光器发光，载有信息的激光通过光学天线发射出去。接收端光学天线将激光信号接收汇聚在光敏管上，通过接收解调电路后，恢复出ＰＥＣＬ高速数据信号，再经过耦合变压器送至计算机，从而完成整个通信过程。由图 1 可知，系统主要由三部分组成：以太网收发器、调制驱动电路和接收解调电路。下面分别就这三部分的电路设计进行详细说明。

2 以太网收发电路

以太网收发电路由ＲＪ ４ ５接口、耦合变压器 YL18-2001S、以太网收发器，以及收发器与调制驱动电路、接收解调电路之间的接口组成。其中以太网收发器是核心单元，直接决定了系统的工作性能。

２．１ 以太网收发器ＩＰ１１３

本系统采用ＩＣ ＰＬＵＳ公司出品的以太网至光纤收发器ＩＰ１１３芯片。ＩＰ１１３是二端口（包括ＴＰ端口和ＦＸ端口）１０／１００Ｍｂｐｓ以太网集成交换器，由一个二端口交换控制器和两个以太网快速收发器组成。每个收发器都遵守ＩＥＥＥ８０２．３、ＩＥＥＥ８０２．３μ、ＩＥＥＥ８０２．３ｘ规则。为帧缓冲保留了ＳＳＲＡＭ，可以存储１Ｋ字节的ＭＡＣ地址，全数字自适应调整和时序恢复，基线漂移校正，工作在１０／１００ｂａｓｅＴＸ 和１００ｂａｓｅＦＸ的全双工／半双工方式。使用２．５Ｖ单电源，

２５ＭＨｚ单时钟源，０．２５μｍ工艺，１２８脚ＰＱＦＰ封装。

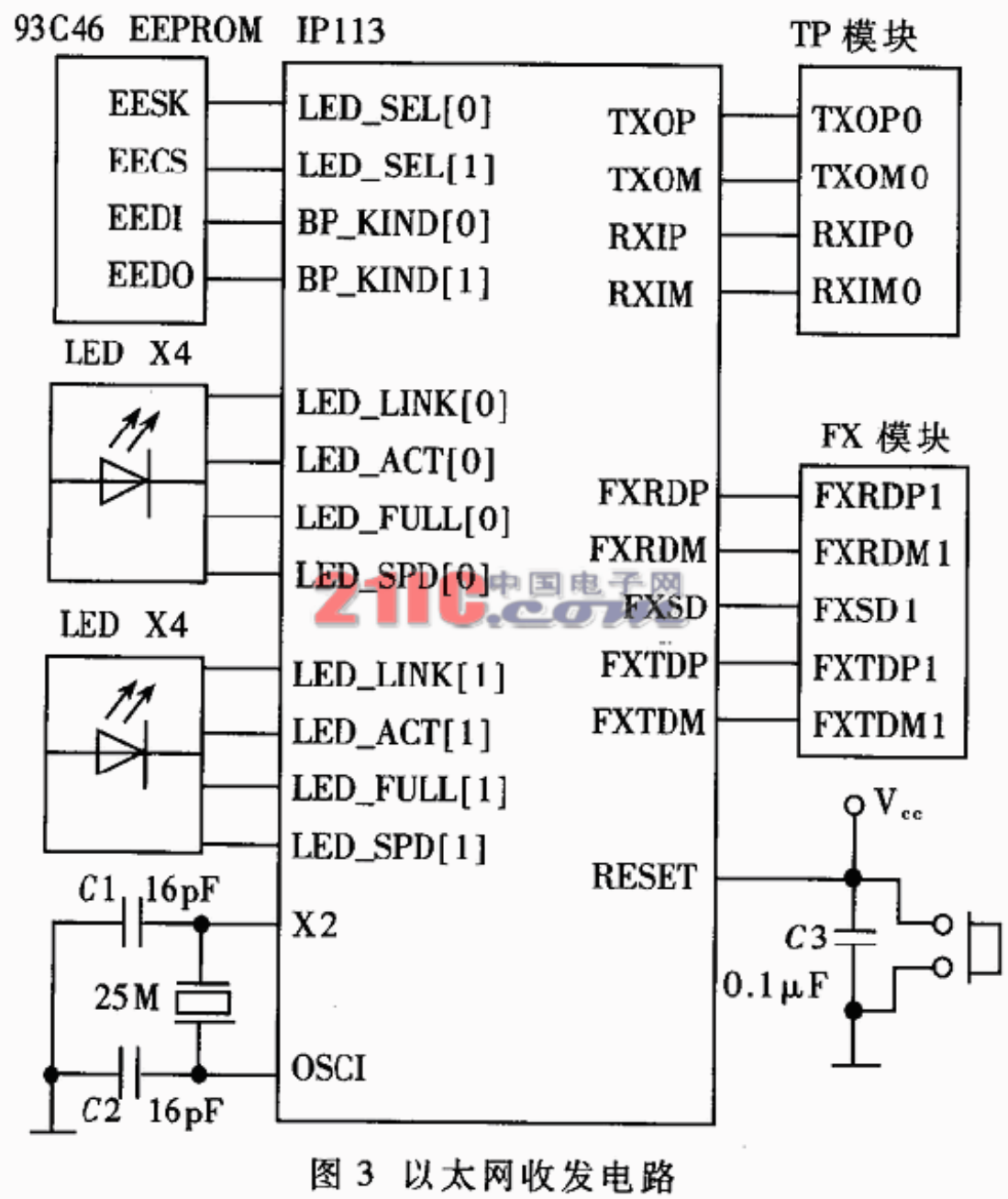

图３ 以太网收发电路

图２是ＩＰ１１３内部原理框图。ＩＰ１１３工作在存储转发模式， Ｐｏｒｔ１(ＴＰ端口)的速率是自适应调整的结果，因而不需要外加存储器以缓冲数据包。每个端口都有自己的接收缓冲管理、发射缓冲管理、发射排队管理、发射ＭＡＣ和接收ＭＡＣ。各个端口共享一个散列单元、一个存储器接口单元、一个空缓冲管理器和一个地址表。散列单元负责找出和识别地址。发射缓冲管理和接收缓冲管理通过存储器接口负责存储数据或者读出数据。发射ＭＡＣ和接收ＭＡＣ负责完成以太网的各种协议控制。接收ＭＡＣ从收发器收到数据后，被放进接收ＦＩＦＯ，同时为数据传输请求接收缓冲管理。当接收缓冲管理接收到请求后，就从空的缓冲管理区获得一个空的存储块，并通过存储器接口单元将数据包写入。同时接收数据包也进入散列单元。散列单元从数据包里找出地址以建立地址表。ＩＰ１１３依据地址表决定是否转发或者丢弃数据包。两个端口共享一个空的缓冲管理，复位后，空缓冲管理提供两个地址的空存储区。当接收到一个数据包时，就找出一个新的空存储区；当转发一个数据包时，相应的存储区就释放。

２．２ 以太网收发电路设计

以太网收发电路如图３所示。主要由以太网收发芯片ＩＰ１１３、专用配置芯片ＥＥＰＲＯＭ ９３Ｃ４６、ＬＥＤ显示矩阵，以及ＩＰ１１３的Ｐｏｒｔ１与ＴＰ模块、Ｐｏｒｔ２与ＦＸ模块之间的接口组成。

图 4 IP 模块电路图

ＩＰ１１３支持很多功能，通过设置适当的参数满足不同的需要，既可以由特定的管脚设定，也可以用ＥＥＰＲＯＭ配置。为提高系统的整体性能，这里采用专用串行ＥＥＰＲＯＭ ９３Ｃ４６芯片。系统复位时，管脚ＬＥＤ＿ＳＥＬ[１：０]分别作为９３Ｃ４６的时钟ＥＥＳＫ和片选ＥＥＣＳ，ＢＰ＿ＫＩＮＤ[１：０]分别作为９３Ｃ４６地址ＥＥＤＩ和数据输出ＥＥＤＯ，将９３Ｃ４６内部的参数读入ＩＰ１１３内部的寄存器。复位结束后，这些管脚均变成输入信号，以使ＩＰ１１３脱离９３Ｃ４６而独立工作。

复位时，ＩＰ１１３首先读取９３Ｃ４６的００Ｈ中的内容，只有００Ｈ[１５：０]＝５５ＡＡＨ时，才会继续从ＥＥＰＲＯＭ中读取参数，否则以缺省值或特定的管脚电平值设置工作寄存器。０１Ｈ中的值设置ＬＥＤ输出控制寄存器，控制两个ＬＥＤ矩阵的亮、灭和闪烁，以分别显示两个端口的连接、活动、全／半双工和速率（１０Ｍｂｐｓ／１００Ｍｂｐｓ）。０２Ｈ中的值设置交换控制寄存器１，选择系统的流控制方式和冲突保护。０３Ｈ中的值设置交换控制寄存器２，控制系统的丢包、地址失效、优先级和算法补偿。０４Ｈ中的值设置收发器控制寄存器，其中０４Ｈ[１３：１１]的５种取值：０００、１００、１０１、１１０和１１１，分别对应收发器的５种工作状态：ＮＷＡＹ、１０Ｍｂｐｓ(半双工)、１０Ｍｂｐｓ(全、半双工)、１００Ｍｂｐｓ(半双工)和１００Ｍｂｐｓ(全、半双工)。０５Ｈ～０ＡＨ中的值分别设置收发器确认寄存器、测试寄存器和验证方式寄存器。

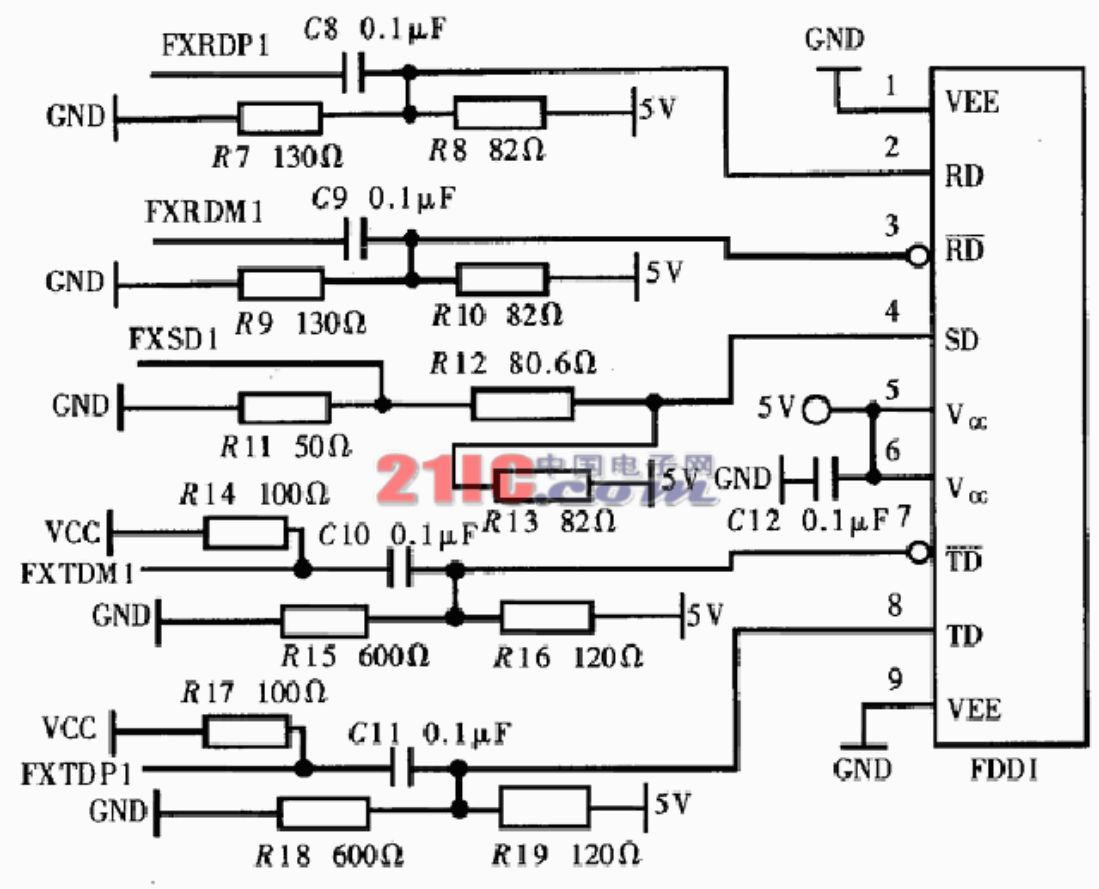

图５　ＦＸ模块电路图

Ｐｏｒｔ１的ＴＸＯＰ和ＴＸＯＭ是ＴＰ发射数据对，ＲＸＩＰ和ＲＸＩＭ是ＴＰ接收数据对。图４的ＴＰ模块电路中，ＲＪ４５接口将ＭＬＴ－３码流以太网信号经过耦合脉冲变压器YL18-2001S变为单极性信号。

Ｐｏｒｔ２的ＦＸＲＤＰ和ＦＸＲＤＭ是ＦＸ的接收数据对，ＦＸＴＤＰ和ＦＸＴＤＭ是ＦＸ的发射数据对。ＦＸＳＤ是光电检测信号，当接收到的光信号经光电转换后电平低于１．２Ｖ时，ＦＸＳＤ输出连续的ＰＥＣＬ电平。图５是ＦＸ模块的电路图，电路中采用标准的ＦＤＤＩ数据接口。由于调制驱动和接收解调电路采用５Ｖ电源，而系统其它部分均使用２．５Ｖ电源，ＦＤＤＩ中的信号均是ＰＥＣＬ电平，因此必须经电平转换(如图５所示)，才能把这两部分联系起来。

３　调制驱动电路设计

图６是调制驱动电路图，主要由ＭＡＸＩＭ公司的１５５ＭＨｚ的ＭＡＸ３２６３芯片和内部带有监视二极管的激光器ＬＤ构成。ＭＡＸ３２６３内部的主偏置电源提供温度补偿偏置和参考电压输出Ｖｒｅｆ１和Ｖｒｅｆ２，通过电阻Ｒ２５、Ｒ２６、Ｒ２７和Ｒ２８对内部的高速调制驱动电路、激光器和监视二极管进

行编程。ＭＡＸ３２６３的输出电流都被内部的镜像电流源控制，这些镜像电流源都有２Ｖｂｅ的结温漂移，参考电压设置在２Ｖｂｅ时，结温漂移可以被抵消。选择电阻Ｒ２８以调节激光器静态偏置电流Ｉｂｏ，使Ｉｂｏ略小于激光器的阈值电流，以使激光器的输出具有良好的消光比。ＬＤ内部的监视二极管将光强变化转换为电流Ｉｐｉｎ，经内部变换产生反馈电流Ｉｂｓ，通过公式Ｉｂｏ＝４０（Ｉｂ＋Ｉｂｓ），将激光器的光强变化转换成偏置电流的一部分，反馈作用于激光器，保证输出稳定的光功率。输入的差分ＰＥＣＬ信号ＲＤ、ＲＤ由内部的高速输入缓冲和共射极差分输出组成的调制器调制，调制电流的大小由Ｒ２６确定的电流Ｉｍ决定。选择Ｒ２６的大小，使激光器有适当的调制电流，输出足够的光功率,并具有良好的消光比。同时应使ＯＵＴ＋、ＯＵＴ－端的电压在２．２Ｖ以上，以防激光器饱和。

图 6 调制驱动电路

4 接收解调电路设计

图７是接收解调电路图，由ＭＡＸ３９６３和ＭＡＸ３９６４配以必要的外围器件组成。１５５ＭＨｚ的低噪声芯片ＭＡＸ３９６３组成前置放大器，其内部包含一个跨阻前置放大器和一个带射极跟随输出的倒相放大器，并集成了２２ｋΩ的跨阻，可将ＰＩＮ接收的微弱光电流转换成差分输出电压。２６６ＭＨｚ的ＭＡＸ３９６４组成后级放大调理电路。其内部有４个限幅放大器组成的串行功率检测器，每个限幅放大器都有一个全波对数检测器，用以检测输入信号功率的大小。４个检测结果在Ｆｉｌｔｅｒ端加在一起，通过电容Ｃ２５进行滤波。电阻Ｒ３０、Ｒ３１、内部的１．２Ｖ参考电源和无光比较器共同构成阈值设置和噪声抑制功能。取Ｒ３０＝１００ｋΩ，Ｒ３１可用１００ｋΩ的电位器调节，则ＶＴＲ在１．２～２．４Ｖ间变化。当输入信号幅值大于ＶＴＲ时，输出稳定的ＰＥＣＬ电平信号；当输入信号幅值小于ＶＴＲ时，数据输出端ＯＵＴ＋输出高电平，ＯＵＴ－输出低电平，所有的限幅放大器拒绝接收输入信号，并且后级放大器输出无光告警ＰＥＣＬ信号ＬＯＳ＋。

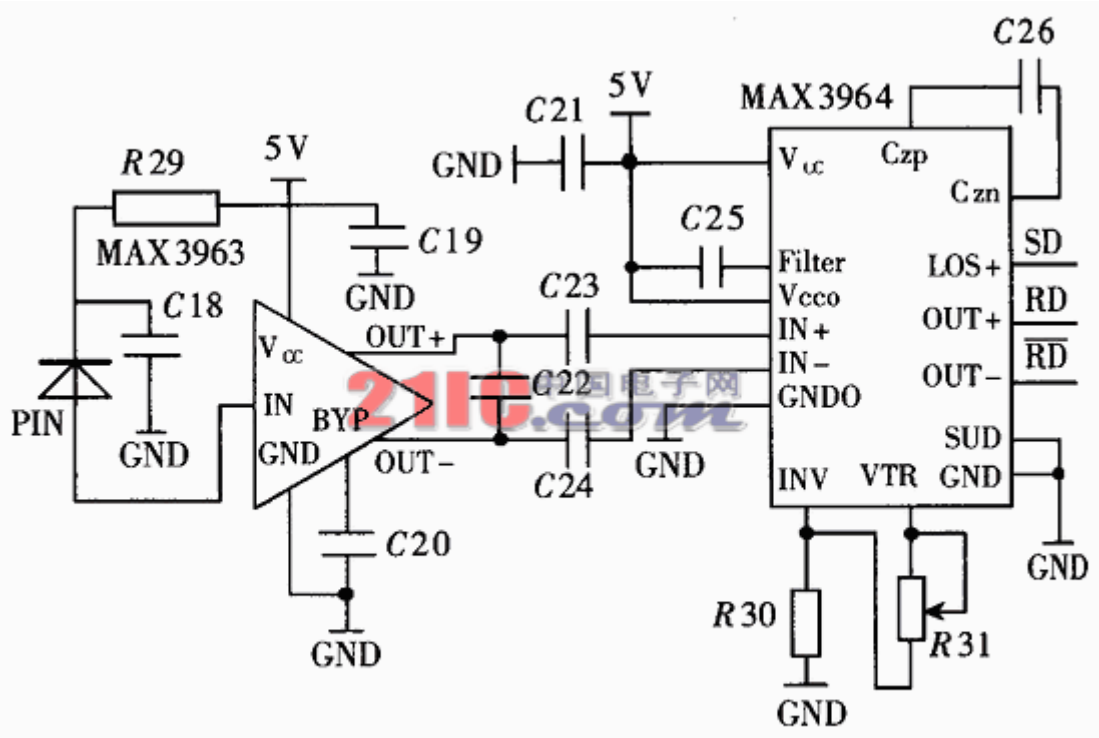

图 7 接收解调电路

由于图６和图７中的主芯片均在１５５ＭＨｚ以上，因此由这两个电路组成收发电路，进行精心的参数选择和ＰＣＢ设计，可应用于高速的光通信场合。

5 系统测试

在所设计的各个部分的基础上，将它们连接起来，在没有光学天线的条件下，成功地进行了室内的以太网激光无线通信的实验。现正完善系统，并准备将其应用于光网络。