

摘要

接入网作为因特网的“最后一公里”，在整个信息网中的地位举足轻重。接入网的宽带化对传输介质的传输性能提出了越来越高的要求。光纤因其无可比拟的传输特性在接入网中得到了越来越广泛的应用。然而目前我国绝大多数接入网用户采用廉价的双绞线介质。快速以太网光纤收发器既能便于用户接入网的升级，又可以保护原有的铜缆投资，成为当前市场的迫切需要。

本文研究开发了一种带宽充足、性能稳定、高可靠性、低价位的单/多模快速以太网光纤收发器 IST-100M-S/M。市场销售良好，满足了国内宽带网络接入市场的需求。该产品分为收发器模块和机箱两部分。收发器模块部分的技术特点是：

- 采用四层板，有良好的电磁兼容性，并保证了电路板的供电特性和散热特性；
- 支持全/半双工自适应；
- 设有状态指示灯，准确方便的判断网络故障；
- 支持热插拔操作；
- 兼容性良好。

机箱部分采用通信专用开关电源，具有良好的电磁隔离和散热性能。

快速以太网光纤收发器 IST-100M-S/M 已经广泛应用于各种宽带接入网环境中，并将逐步应用于环形骨干网和链形骨干网中。

（本文还总结了他人及自己在产品调试与检测方面经验。）

关键词： 接入网 光纤 双绞线 快速以太网 光纤收发器

Abstract

The access network, often referred as “the last mile” of the Internet, plays an important role in the overall network. The increasing demand for more bandwidth requires new transmitting media of better transportation quality. Because of its competitive properties fiber comes to be the top choice and becomes the major form of networking. But, in the past, twisted-pair cable had long been the major form of accessing Internet in China, owing to its affordability. Fast Ethernet optical & electronic media converters, which can update the network while being compatible with existing copper cable resources, therefore become popular in the market today.

In this paper, a kind of single /multiple mode Fast Ethernet optical & electronic media converter IST-100M-S/M is successfully developed. Because of its features of abundant bandwidth, high stability and reliability, and low cost, the product satisfies the market requirement of domestic Internet access, and has shown good marketing performance. IST-100M-S/M consists of a module and a hull. The technological characteristics of the former are:

- 4-layer printed circuit board, which proposes good Electro Magnetic Compatibility, electrical trait and heat elimination;
- Full/half duplex auto-negotiation support;
- With status LEDs for malfunction indication and troubleshooting;
- Supporting insert & pull when electrified;
- Good compatibility.

The hull, powered by a communication dedicated power supply, has good Electro Magnetic Compatibility, and heat elimination.

IST-100M-S/M has been deployed in various broadband applications, will be used in backbone networks of ring or daisy-chain topologies.

The experience of the experts and the author in debugging and testing are also concluded.

Key words: Entrance Network Fiber Twisted Pair Fast Ethernet

Optical & Electronic Media Converter

第一章 绪论

1.1 引言

接入网规模庞大、分布广泛，在信息网中具有举足轻重的地位，普遍估计接入网的投资规模在信息网中占 50% 左右，是信息技术产业化极其重要的部分。接入网行业带动性大，不仅涉及系统设备、光纤 / 光缆 / 电缆、信息终端的生产制造和网络的工程施工建设，还涉及信息服务业的发展，关系信息网的长远发展，是信息领域中需要重点发展的部分。

接入网直接面对广大的用户和各种应用系统，是所有用户关联信息网的必由之路，其建设和发展水平直接关系整个国家的信息化水平，是建设国家信息基础结构（NII）的关键。预计到 2005 年，全世界电话用户将达到 15 亿，因特网用户亦将达 10 亿，目前我国电话用户总数已 1 亿多，我国的电话网已成为世界第二大通信网，预计将在 1—2 年内超过美国成为全球第一大网，到 2005 年末我国的电话用户数将达到 2.3 亿左右。到 2005 年末我国的数据和多媒体用户也将达到 6300 万左右。由于在未来的网络中，数据业务将逐渐成为网络的主要业务形式，因此接入网设备除要实现基本电信业务接入外，将支持以太网等形式的 IP 接入。有的业务甚至可以只需由接入网而不必通过核心网来完成，例如有线电视网仅需与本地的前端机相连即可组成，在智能化社区网络服务中，接入网可以成为主体。

接入网是完成语音、数据、视像等业务综合的必经之路，因此，它也是当前信息高新技术竞争最剧烈和发展最快的部分之一，信息网中最敏感、最活跃、自身活力最大的部分就是接入网。由于接入网长期处于停滞状态，铜线已独占天下百年，所以接入网也是开创通信新天地，发生巨大变革的最主要部分。接入网建设涉及到业务需求、资源配置、运营管理及升级策略等多方面因素，在今后网络发展中起到关键的作用。随着社会和技术的进步，信息技术发展的大趋势是电话、计算机、电视三种技术、产业乃至网络的融合。它表现为业务层互相渗透交叉，应用层使用统一的通信协议，网络层互连互通，技术上趋向综合、一致。在这种大潮推动下，电信与信息产业正进行结构重组，各种相关体制和法规也发生相应变革，完成接入网部分的融合，这是三网融合中最困难也是意义最重大的部分。

1.2 接入网的宽带化发展趋势

接入网处于整个电信网的网络边缘，用户的各种业务通过接入网进入核心网。近年来，核心网上的可用带宽迅速增长，用户侧的业务量也由于 Internet 业务的爆炸式增长而急剧增加，作为用户与核心网之间桥梁的接入网则由于入户媒质的带宽限制而

跟不上骨干网和用户业务需求的发展，成为用户与核心网之间的接入“瓶颈”。骨干网上的巨大带宽如果得不到充分利用，就会成为严重的投资浪费。因而，接入网的宽带化成为亟待解决的问题。宽带接入网是 21 世纪电信建设的重点之一。

现在所谓的宽带接入网，除了能提供传统的窄带业务（如话音和低速数据）外，还要求提供高速宽带业务，如计算机网和因特网所需的高速数据、多媒体、VOD、远程医疗诊断、远程教学、居家办公、家庭银行以及交互式图像传输和高清晰度电视等。电信技术和广播技术的发展，使得模拟图像传输逐渐过渡到数字图像传输。数字信号处理技术、压缩编码技术和超大规模集成电路技术的进步，加速了模拟向数字的转化。因此，现在计划和建设的宽带接入网应该以数字窄带信号和数字宽带信号接入为主，兼顾模拟业务。

近十年来，我国电信网得到迅速发展。主要表现在大容量 SDH 长途干线传输网投入运营，同时中继网实现了数字化、程控化。我国电信网容量规模已成为世界几大电信网之一，其传送能力、覆盖面及用户普及率仍处于高速增长期，电话网仍以每年 2000 万线的速度持续增长。在电信基础网络发展的同时，电信业务的种类和数量也获得巨大发展，因特网、互联网和邮电多媒体通信网等多种业务均投入使用。随着国民经济的飞速发展和人们生活水平的提高，用户对各种通信新业务的需求不断增加。同时，电信市场正面临着来自国内外的竞争与挑战，信息社会电信新技术竞争的热点之一将直接反映在接入网的装备水平和各种新业务的综合接入能力上。这样，传统的接入手段已无法满足需求。优化网络结构，提高网络的可靠性，建设数字化、宽带化、综合化的光纤接入网是当前我国电信网发展的重要任务。

1.3 宽带接入的现状与发展

1.3.1 宽带接入技术

实现式宽带接入有各种解决方案，如基于铜线的 xDSL、基于同轴电缆的 HFC、基于光纤的 FTTx、无线接入以及各种混合接入方案等。

铜线双绞线的宽带接入方案主要有 HDSL、ADSL 和 VDSL。HDSL 通过两对（或三对）双绞线传输 E1（2Mbit/s）速率的信号，距离可达 4~5km。ADSL 可在一对双绞线上提供下行 2~8Mbit/s、上行 640kbit/s 信号传输，最大距离可达 4km。VDSL 在一对双绞线上传输下行速率可达 55Mbit/s、上行速率达数 Mbit/s，根据速率不同，接入距离在 0.3~1.5km 之间。在宽带业务发展的初期和中期，为充分利用已有的铜线资源，满足部分用户宽带业务的需要，减少投资，这些铜线双绞线接入技术仍然起着相当重要的作用。

HFC 是以已有的 CATV 系统为基础的, 可以传输模拟图像、数字图像、数据和电话, 成本较低, 适合于已有同轴电缆网的 CATV 公司的改造升级。但 HFC 的树形结构使得它的可靠性、噪声以及回传信道拥挤等问题难于解决。另外, HFC 以模拟传输为基础, 与数字化方向不太合拍, 寿命有限。因此, 电信部门对是否将 HFC 用于电话通信犹豫不决。但是 CATV 公司对 HFC 进一步改进, 采用小节点 HFC 和电缆调制解调器等技术, 使得 HFC 在宽带接入的初期仍然有一些独特的优点, 很可能占据一定市场。特别是有些电信公司和 CATV 公司联合后, HFC 仍有生命力。

宽带无线接入技术主要有 LMDS 和卫星通信技术。这些还正在研究和改进之中。

光纤接入网是最能适应未来发展的解决方案, 特别是 ATM 无源光网络 (ATM-PON) 已被证明是当前综合宽带接入的一种经济有效的方式。根据光纤深入用户的程度, 可分为 FTTC、FTTB 和 FTTH 等。FTTH 是接入网的发展目标, 但由于成本、用户需求和市场等方面的原因, FTTH 仍然是一个长期的任务。目前主要是实现 FTTC, 而从 ONU 到用户仍利用已有的铜线双绞线, 采用 xDSL 传送所需信号。根据业务的发展, 光纤逐渐向家庭延伸, 从窄带业务逐渐向宽带业务升级。WDM-PON 和超级 PON 可以适应将来更进一步发展的需要。

各种宽带接入技术所提供的容量和应用时间如图 1-1 所示。

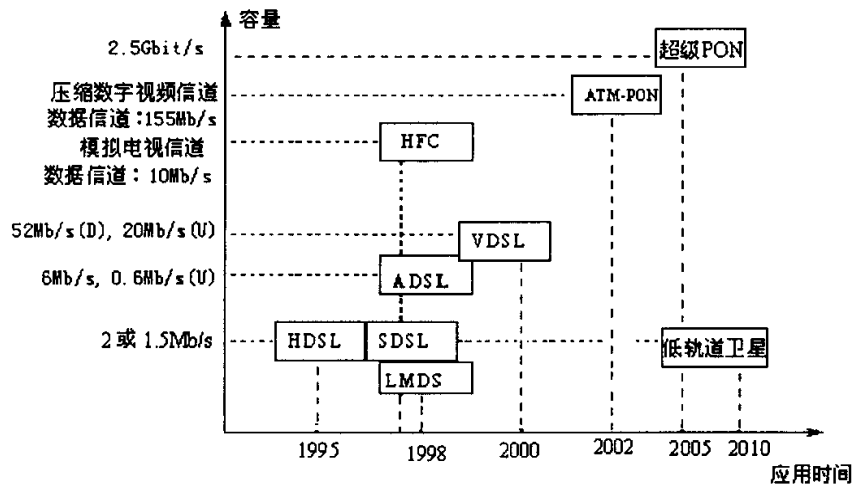


图 1-1 各种宽带接入技术的容量和应用时间

1.3.2 国外宽带接入网的发展

早在 80 年代, 国外发达国家就开始了光纤接入网的研究和试验。其主攻方向是满足当前业务的需要, 降低成本, 并能平稳过渡、逐步升级, 向宽带业务发展。各国

都根据自己的条件, 研制合适的接入网设备, 建设接入网。世界各大电信公司都根据市场前景和自身的实际情况, 分别提出了宽带接入网发展计划, 如表 1-1 所示。

从表 1 可看出, 除了日本 NTT 公司以外, 其他公司都不是一步到位, 实现 FTTH。除了已有较完善的同轴电缆网的公司 (如意大利电信和荷兰 PTT) 外, 其他电信公司也不大力发展 HFC。一般来说, 各电信公司都是首先实现光纤到远端模块或远端节点 (FTTEx), 利用 ADSL 满足部分宽带用户的需要; 然后再发展光纤到交接箱 (FTTCab, 服务 500 个左右用户) 或光纤到路边 (FTTC, 服务数十个用户), 采用 ATM-PON 将光纤敷设到用户的附近, 再利用已有铜线双绞线, VDSL 或 ADSL 技术将宽带业务送到各用户; 在此基础上, 再逐步发展 FTTH。

表 1-1 世界各大公司宽带接入网发展计

公司	业务需求		发展计划	
	商业	家庭	中期目标	长期目标
NTT(日本)	有	有	FTTB&FTTH	FTTH
DT(德国)	有	无	FTTCab&FTTEx	FTTCab&FTTH
FT(法国)	有	有	FTTB,FTTCab,&FTTEx	FTTCab&FTTH
BT(英国)	有	有	FTTCab&FTTEx	FTTCab&FTTH
TI (英国)	有	有	HFC,FTTEx,&FTTCab	FTTB&HFC
TEF(西班牙)	有	有	FTTB,HFC,&FTTCab	FTTB
PTT (荷兰)	有	无	HFC,FTTCab	HFC&FTTCab
南方贝尔 (美国)	有	有	FTTEx&HFC	FTTH
GTE (美国)	有	有	HFC,FTTEx,&FTTCab	FTTCab
Telstra (澳大利亚)	有	有	HFC	FTTCab
瑞士电信 PTT	有	有	-----	-----

FTTB= 光纤到大楼, FTTEx= 光纤到远端模块或远端节点, FTTCab= 光纤到交接箱 (200-800 用户), FTTH= 光纤到家, HFC= 混合光纤同轴电缆网

1.3.3 我国宽带接入网的发展

在过去的两年时间内, 中国政府及电信网络公司投入大量资源建成了全国范围内的光纤传输干线。国际出口带宽增长迅猛 (如图 1-2)。中国宽带骨干网已颇具规模, 但是接入网的带宽也同样是决定用户能否实现高速 Internet 冲浪的关键。当前中国接入网的仍处于窄带接入阶段, 这已成为国家信息化发展的一个障碍。

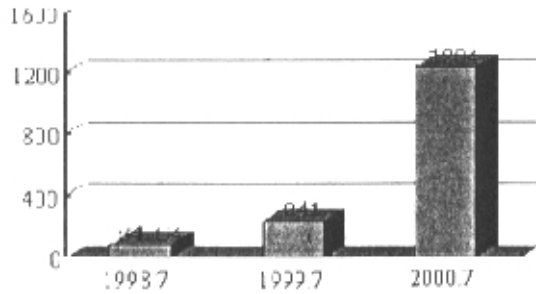


图 1-2 国际出口带宽变化状况

将来的接入网应该是一个以 FTTH 形式实现的宽带接入网。但是要建设这样一个宽带接入网，还有很多问题尚待解决。第一是宽带业务收入的不确定性。宽带用户是哪些人？其地理位置分布如何？业务量分布怎样？宽带业务普及率将怎样发展？用户能为宽带业务负担的费用是多少？第二是宽带业务的标准尚不成熟，设备有待改进，成本有待降低，有些新技术还在研究试验之中。第三是投资问题。宽带接入意味着巨大的投资，特别是在我国，要在短时间内拿出这么一笔投资来建设宽带接入网是不可能的。因此，应根据社会的发展，用户的需要，设备的成熟程度和经济实力，分阶段逐渐建设我国的宽带接入网。

目前的接入网是以双绞线为基础的窄带接入网，为用户提供普通电话（POTS）业务，也可通过调制解调器（Modem）或 ISDN 为用户提供窄带数据通信业务。其典型结构如图 1-3 所示。从中心局到远端节点的馈线部分采用铜缆或光缆。最近几年铜缆逐渐减少，逐步用光缆取代。其传输距离城市一般为 5~10km，而农村则可能高达数十公里。远端节点设置有交换分机或远端模块，可服务数百至数千用户。远端节点至用户的配线和引入线共约 5km 左右，农村稍远。传输媒介一般为铜线双绞线，有些地区采用了无线接入，还有些地区邮电与广电部门合作敷设了同轴电缆，为用户提供窄带交互式 and 宽带分配式业务。这是几十年来建设的并正在不断完善的窄带接入网，也是宽带接入网的基础。

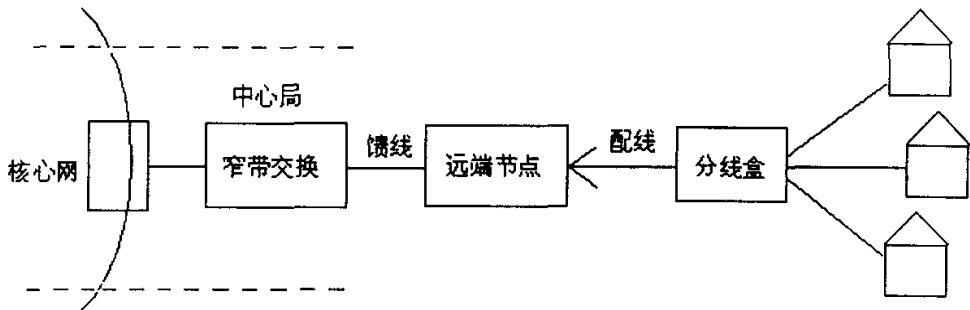
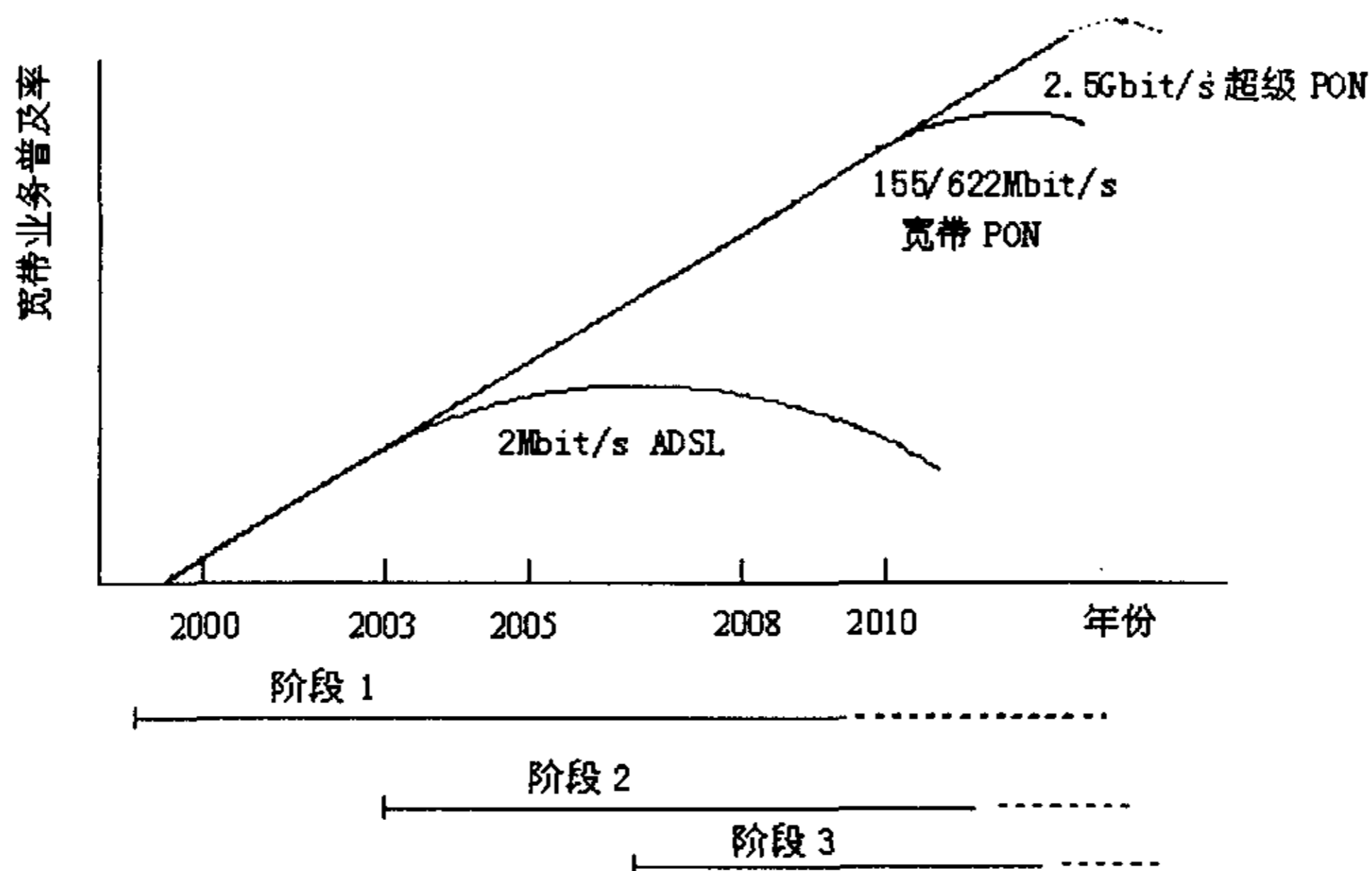


图 1-3 当前接入网的基本结构

根据具体情况，我国宽带接入网的发展大致可分为下列 3 个阶段。为了保持平稳过渡，这些阶段可以彼此重叠。根据各地的经济条件和用户需求，各阶段可以提前或推迟，或者跳过某一发展阶段。

随着宽带接入普及率的增加，带宽的需求也随着增加，新技术在各个发展阶段逐渐引入。这几个发展阶段的时间安排大致如图 1-4 所示。宽带接入的发展速度要根据新技术的发展、市场需求和竞争因素综合考虑。我国东部和西部、城市和乡村的基础不同、条件不同，需求也不一样，因此宽带接入的引入时间会相差很大。图 1-4 中的时间安排是以我国大城市、沿海开放城市和发达地区提出来的，仅供参考。而中西部地区的中小城市一般要滞后 3~5 年，中西部农村地区则更应晚起步 5~10 年以上。



阶段 1：采用 ADSL 和 Sub-SDH 满足部分用户需求

阶段 2：用宽带 PON 装备接入网

阶段 3：采用 WDM 和超级 PON 满足各种宽带业务需要

1.4 光纤收发器依据国情应运而生

接入网在整个电信网中所占投资比重最大，且对成本、政策、用户需求等问题都很敏感，因而技术选择五花八门，没有任何一种技术可以绝对占据主导地位。尽管在接入网的建设中存在不少的争议问题，但光纤通信系统以其巨大的带宽资源和相对低廉的制造成本使得光接入网作为下一代宽带通信网的基础成为不争的共识。迄今为止还未发现比光纤更合适的媒体传送巨量信息。全球范围内以承载了各种业务的 IP 数

据包为代表的业务爆炸式增长,极大地拓展了电信网对光通信技术的需求空间并刺激了光通信自身技术的急速发展。在过去的 20 年里,在一对光纤上的信息传输总速率从每秒 2 兆或 1.5 兆比特到每秒数兆比特,提高了近 100 万倍,预计在未来 10 年里还将提高 100 倍左右。光纤通信的技术也从单纯的光传输技术发展到现在包含光交换技术的全光网络技术。

经过“八五”和“九五”期间超常规的快速的发展,我国电信基础网的建设已具有相当规模。在“八纵八横”光缆骨干网逐步完善的同时,至 1997 年 8 月全国公用网局用交换机容量已突破 1 亿门,而且以每年近 2000 万门的速度增长。我国已铺设用户双绞线 1 亿多对,用户线平均长度约 3.4km。尤其是经过了“九七”户线工程后,大中城市基本实现了新建居民住宅电话线入户,有些地方甚至有双线或多线入户,旧住宅的用户线也得到改造。为了满足电话业务和电话普及率的需要,近几年仍将继续敷设铜线电缆,每年约 1500~2000 万线。分布合理、覆盖广泛、数量众多的用户双绞线为电信业务的开展奠定了基础,也是当前电信业务接入的主要手段。

随着网络的不断优化,接入网覆盖范围逐渐扩大,同时对接入网的接入能力要求不断增加,以铜线双绞线组成的接入网不能满足这些要求,更难胜任长期发展的需要,因而逐渐引入了光纤接入。光纤接入网是接入网的发展方向,光纤到家庭是接入网的发展目标。但是要在短期内完全用光纤取代铜线,实现光纤到家,这是不可能的。主要是完整地考虑一个光纤到桌面的解决方案,不仅要有光纤信息出口和光纤配线箱,还需要价格昂贵的光纤网卡和光出口集线器,投资太大,标准尚不成熟,设备有待改进,成本有待降低,宽带业务的需求也有一些不确定的因素。因此在一定时期内铜线双绞线在接入网中仍然有一定的地位,在全业务宽带接入网发展的初期和中期,铜线双绞线仍将起着重要的作用。由此可见,一些由铜缆设备到光纤产品的过渡性产品近年内将会有广阔的市场。

一种经济有效的实现光纤到桌面的方法是使用光纤收发器(即光电介质转换器)。光纤收发器大大简化局域网的升级,不仅可以保护原有铜缆 LAN 设备的投资,而且又能充分利用光纤优良的传输特性,是一种非常理想的由铜缆到光缆的过渡与连接产品,成为当前市场的迫切需要。

目前,国外的光纤收发器厂家主要是 NBASE 公司,其产品功能完备,性能稳定,有良好的国际市场,但价格昂贵;国内的生产厂家目前有五六家,但真正充斥我国市场的却是 NBASE 等国外产品,原因是国内产品结构复杂,功能简单,性能不可靠。然而, NBASE 等品牌产品完备的功能,以昂贵的价格为代价,难以被国内消费者接受,而且目前我国实际国情并非要求收发器功能面面俱到。

1.5 本文的研究内容及其安排

本文从高品质、高可靠性、高带宽、低价位的设计思路出发，定位于宽带网络接入市场，旨在为用户提供带宽充足、性能稳定、可用于电信级运营服务的低价位光纤宽带接入网络解决方案，吸收国外同类产品的优点，结合中国国情，成功地研究开发出一种灵活适用的单/多模快速以太网光纤收发器 IST-100M-S/M（IST 为合作单位广州英赛特光电科技有限公司的标志，100M 指出传输速率为 100Mbps，S 表示单模，M 表示多模）。产品采用结构灵活的机箱模块化设计，其主要性能有：

1. 实现快速以太网 100BASE-FX 光纤与快速以太网 100BASE-TX 双绞线之间的介质转换；
2. 根据所用光收发一体模块的不同，分单模快速以太网光纤收发器和多模快速以太网光纤收发器两种。
3. 支持 IEEE802.1q 及思科的 ISL 协议，可以保证绝大多数主流产品的骨干特性；
4. 具有良好的光特性和电气特性：传输速率平稳，零误码率，抗干扰能力强；
5. 全双工/半双工自适应，降低组网时用户端的成本；
6. 机箱模块化设计，支持热插拔；
7. 元器件选择世界大电信产品厂商的主流器件，具有良好的兼容性和可靠性；
8. 具有参考时钟的外调制方式，具有时钟恢复和重定时功能；
9. 高度的电磁屏蔽特性及良好的电磁兼容性；
10. 内置式高频通信专用电源。

全文分六章，各章内容简介如下：

第一章“绪论”阐述了接入网在整个现代通信网中的重要地位，概述了接入网的宽带化发展趋势，阐明当前国内外宽带接入网的发展技术及方向，并指明我国“光纤到桌面”的宽带化接入网技术应根据国情充分利用现有的铜缆设备，逐步实现，从而说明适合国情需要的具有光电介质转换的光纤收发器成为当前市场的迫切需要，最后说明了本文各章内容的安排。

第二章“快速以太网光纤收发器 IST-100M-S/M 的特点及应用”描述了快速以太网光纤收发器 IST-100M-S/M 模块与机箱的特点和各种应用场合。

第三章“快速以太网光纤收发器 IST-100M-S/M 的原理”介绍了与快速以太网光纤收发器密切相关的双绞线和光纤介质的传输特性以及相关的编码技术，最后介绍了 IST-100M-S/M 的原理。

第四章“快速以太网光纤收发器 IST-100M-S/M 的设计”介绍了各类元器件尤其是核心芯片与光收发一体模块的选择方法及原则，然后用 Protel99 设计了快速以太网光纤收发器的原理图，最后用 Protel99 完成快速以太网光纤收发器的印刷电路板（PCB）图的设计。

第五章“快速以太网光纤收发器的调试及检测”详细介绍了快速以太网光纤收发器调试与故障检测的方法与技巧。

第六章“总结与展望”总结本文的研究工作和研究成果，并对本产品的进一步开发和完善提出了自己的建议。

第二章 IST-100M-S/M 的特点及应用

2.1 IST-100M-S/M 的特点

本文采用模块化设计方法，设计的光纤收发器分别由两部分构成：光纤收发器模块和机箱（分别如图 2-1， 2-2 所示）。

2.1.1 IST-100M-S/M 光纤收发器模块

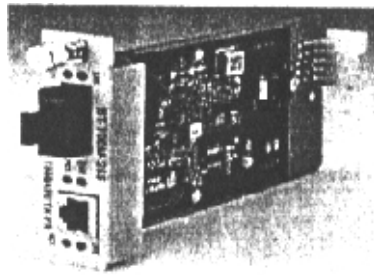


图 2-1 IST-100M-S/M 模块示意图

1. 模块各部分功能介绍

1) 各指示灯表示收发器状态，垂直纸面看过去：

左端 LNK 灯 — 光路链接灯：常亮，光路链接正常；反之链接错误。

右端 LNK 灯 — 电路链接灯：常亮，电路链接正常；反之链接错误。

左端 RCV 灯 — 光路接收灯：闪亮，光路有数据接收。

右端 RCV 灯 — 电路接收灯：闪亮，电路有数据接收。

中间 PWR 灯 — 电源指示灯：常亮，电源工作正常；反之错误。

中间 ERR 灯 — 错误警告灯：常亮，网络出现故障；反之正常。

2) 端面板上左端圆柱形弹簧螺钉 作用是将模块固定在机箱上。

3) 光收发一体模块 标准的 SC 单多模接口，作用是连接光纤，多模传输距离为两公里，单模为 60 公里

4) RJ45 作用是连接双绞线，传输距离为 10 米

5) 光电介质转化电路板 作用是完成光电介质转换

2. 模块的技术特点

- 完成以太网 100BASE-TX 双绞线介质与以太网 100BASE-FX 光纤介质的转换
- 模块化的设计，易于安装调试
- 采用专用的光电介质转换核心芯片 AL210，确保数据传输的高可靠性
- 采用参考时钟的外调制方式，具有时钟恢复和重定时功能
- 采用国际知名厂商 Agilent 的单模光收发一体光模块或 Delta 公司的多模光收发一体模块，内置滤波及放大器以提供良好的光特性和电气特性，保证数据传输有较高的可靠性
- 由于用户端产品的体积限制和发热程度，不宜采用风扇散热，因此散热方式为通过增大光纤收发器外壳的表面积散热
- 电源模块选用内置式高频通信专用开关电源，提供过压及过流保护，电源输出纹波在标准输出为 5VDC 时纹波小于 40mV，小于 1%
- 主模块电路板采用四层电路板，电源线与地线布置于中间两层，这样可以大大减少因为电源线和地线的分布所产生的分布电容，从而减少电磁干扰，同时由于电源线与地线的表面积增大，可以大大改善主电路板的供电特性和散热特性
- 电源电路板与主模块线路板为完全独立的两块 PCB 板，中间具有电磁屏蔽网
- 支持全双工或半双工工作，并带有自适应（Auto Negotiation）能力
- 通过 IST-100M-S/M 光纤收发器前面板上的状态指示灯可以准确判断网络故障
- 支持热插拔操作

3. 兼容性

- IEEE 802.3 Ethernet（802.3 以太网标准）
- IEEE 802.3u FastEthernet（快速以太网标准）
- IEEE 802.1d Spanning Tree（生成树协议）
- IEEE 802.1p Qos（Qos 标准）
- IEEE 802.1q VIAN TAG（VLAN 标准）
- CISCO ISL VLAN（Cisco 公司 ISL VLAN 标准）

4. 性能参数

表 2-1 IST-100M-S/M 的性能参数表

协议标准	IEEE802.3 100Base-TX/FX	
接口类型	RJ45 五类电缆线接口和 SC 光纤接口	
线缆种类	电缆: UTP 五类双绞线	
	光纤	50/125、62.5/125、100/140um 多模 8.3/125、8.7/125、9/125、10/125um 单模
传输距离	UTP: 10m 光纤: 多模 2km、单模 60km	
电源电压	100V~260V	
工作温度	6℃~40℃	
储存温度	-25℃~70℃	
湿度	5%~90% 无冷凝	

2.1.2 IST-100M-S/M 机箱



图 2-2 IST-100M-S/M 机箱示意图

机箱提供一个 IST-100M-S/M 模块插槽, 内置交流 220V 通信专用开关电源, 特点如下:

- 单槽机箱, 用于端点模块供电, 安装在用户桌面上, 配置灵活;
- 采用自然通风孔散热设计, 不依赖风扇, 使用户工作环境更加安静;
- 支持主模块的热插拔操作;
- 电源进行了充分屏蔽, 防止了电源产生的电磁信号干扰主模块的正常运行;
- 选用开关电源, 能够稳定持续的长时间工作, 同时提供过压、过流保护, 电源输出纹波小于 1%;

2.2 IST-100M-S/M 快速以太网光纤收发器的应用

2.2.1 IST-100M-S/M 快速以太网光纤收发器的广泛适用性

通过使用 IST-100M-S/M 光电转换模块,能有效地实现以太局域网内大范围的全双工信号传输。IST-100M-M 多模光电转换模块最远有效的光纤传输距离为 2 公里,单模光电转换模块的最远有效的传输距离可达 60 公里。解决方案如图 2-3 所示:

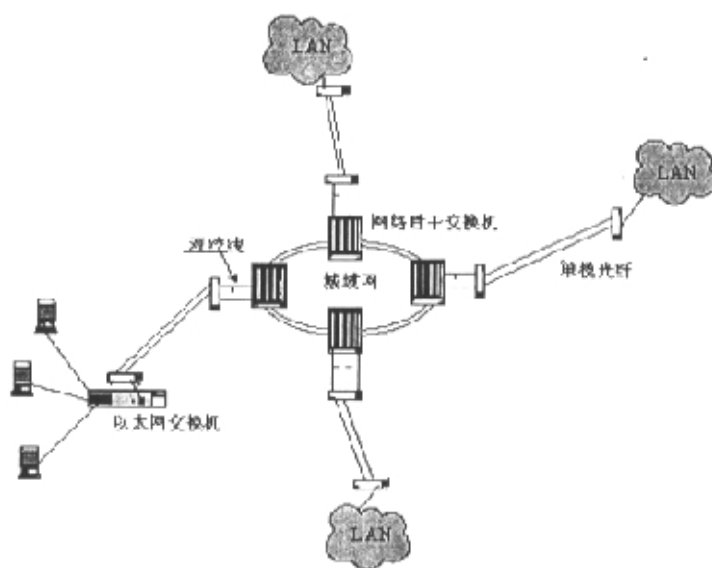


图 2-3 IST-100M-S/M 的增大局域网信号传输范围

IST-100M-S/M 光纤收发器光接口完全符合 IEEE802.3u 的 100Base-FX 全双工接口标准,可与符合该标准的各种产品互联,其电接口符合 IEEE802.3u 的 100Base-TX 标准,可与符合该标准的网络设备互联。因此,产品具备良好的兼容性,能与大多数以太网设备匹配,可以适应各种不同厂商的以太网设备,例如: CISCO、Lucent、ETHERWAN、EXTREAM、FOUNDRY、3COM、CABLETRON、Intel、华为、中兴、D-LINK、长城等设备。产品在广东省的佛山、湛江、东莞、珠海等地电信局的商业运行环境下性能表现稳定可靠。

2.2.2 IST-100M-S/M 光纤收发器的典型应用

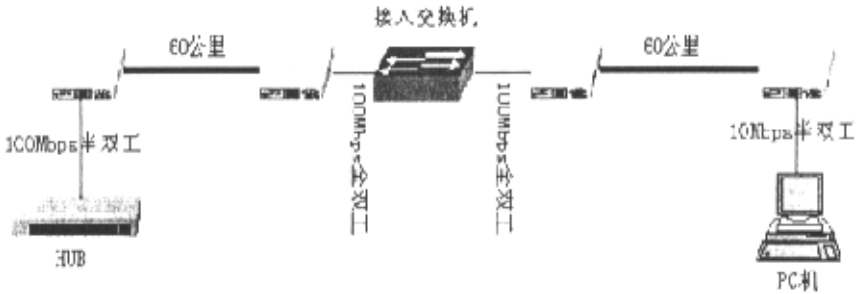


图 2-4 IST-100M-S/M 用于用户接入系统

应用一：如图 2-4 所示，利用半双工/全双工自适应及半双工/全双工自动转换功能，可以在用户端配置廉价的半双工 HUB，几十倍地降低用户端的组网成本，提高网络运营商的竞争力。

应用二：利用链形骨干网的联接可以节省大量的骨干光纤数量，适合于在城市边缘及所属郊区地区构造高带宽低价位的骨干网络，该模式同时可应用于高速公路、输油、输电线路等环境。

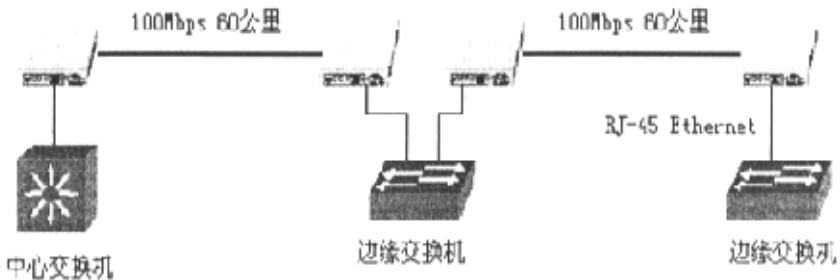


图 2-5 IST-100M-S/M 用于链形骨干网

应用三：利用 SPANNING TREE 特性构造城域范围内的骨干网络。对 IEEE802.1Q 及 ISL 网络特性的支持，可以保证大多数主流产品的骨干特性，又可以为金融、政府、教育等各行业提供高带宽的虚拟专网。

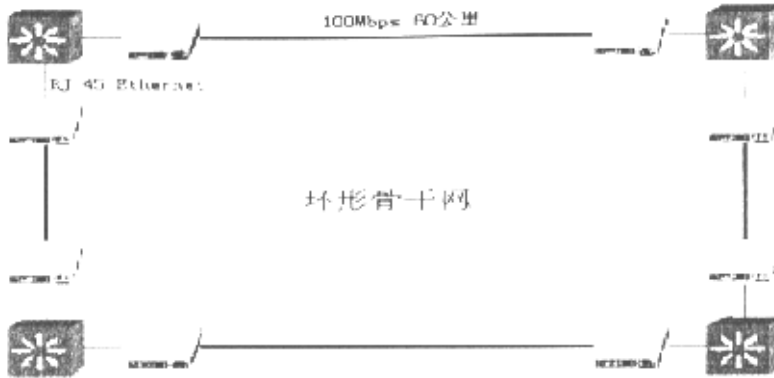


图 2-6 IST-100M-S/M 用于环形骨干网

应用四：下图为 IST-100M-S/M 的综合应用示意图。

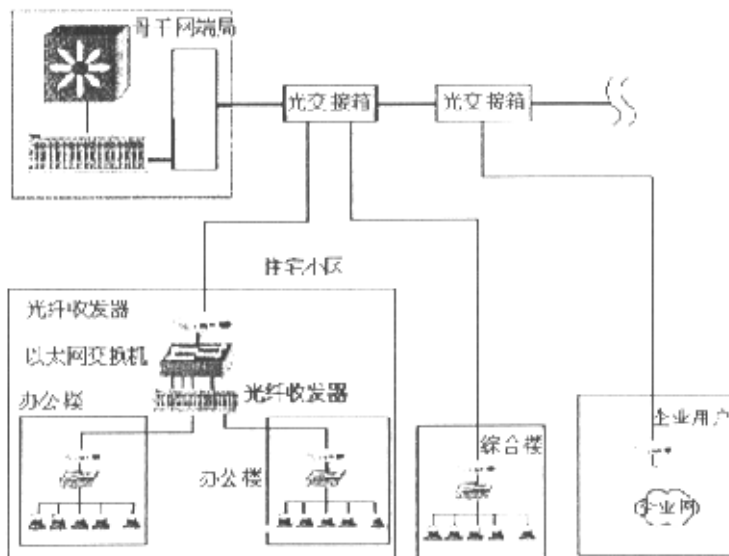


图 2-7 IST-100M-S/M 用于综合接入

第三章 IST-100M-S/M 的工作原理

3.1 双绞线、光纤介质的传输特性

3.1.1 双绞线

- 物理描述

双绞线是由有规则的、螺旋状排列的两根绝缘导线组成的。这种导线是铜线或镀铜的钢线。钢提供良好的导电性，钢可以用来增加强度。一对线对起单条通信链路作用。一般，将这些线对困在一起，封在一个坚硬的护套内，以构成一条电缆。电缆可以在长距离内包含数百对线。单个线对绞在一起可减少线对之间的电磁干扰。

- 传输带宽及速率

线对可用来传输模拟信号和数字信号。对于模拟信号，大约每 5~6 公里需要一个放大器，对由于长距传输衰减后的模拟信号进行放大。对于低频数字信号，要 2~3 公里时用一台中继器，对于长距传输衰减特别是高频成分衰减较大时，须对信号进行整形。双绞线最常用于声音的模拟传输。声音的频谱在 20Hz~20kHz 之间，但可理解的语音带宽却较窄，在 300~3400Hz 范围内。电话通信中的一条全双工的音频通道所用带宽是 300~3400Hz。普通双绞线的带宽通常可达几百 kHz。若使用频分多路复用技术，可以在一对双绞线上同时复用多个音频通道，每个通道带宽为 4kHz，各通道间增加一定频段的隔离，这样一条带宽为 268kHz 的双绞线可容纳 24 条音频通道。

使用调制解调器可在模拟话音信道上传输数字数据。现在的调制解调器，可以达到 56Kbps 的速率。在双绞线上传输数据信号或基带信号，目前在局域网中可达 100Mbps 甚至更高。

- 连接性和成本

双绞线可用于点到点和广播式网络中，在广播式网络中与同轴电缆相比，它便宜易用。双绞线普遍使用在点到点的网络中。双绞线比同轴电缆、光纤便宜。

- 地域范围

双绞线能够容易实现点到点的数据传输。用于局域网的双绞线一般处于一个建筑物内。

- 抗扰性

与其它传输媒体相比，双绞线在距离、带宽和数据速度方面受到限制。由于这种媒体容易与电磁场耦合，故对干扰和噪声十分敏感。电缆中相连线对上的信号也可能彼此干扰，即产生所谓的串音现象。

3.1.2 光纤

光纤即光导纤维。利用光导纤维作为光的传输介质，以光波作为信号载体的光导纤维通信的发展历史仅有二、三十年。它的发展是以 1960 年美国人 Maiman 发现的红宝石激光器和 1966 年英籍华人高锟 (C.K.KAO) 博士提出利用适应玻璃制成低损耗光纤的设想为基础发展起来的。到 1970 年，美国康宁公司研制出损耗为 20Db/km 的光纤，使得用光纤进行远距离传输信息成为可能。从此之后，伴随着计算机网络的高速发展及其需求，光纤通信技术及器件的研究在全世界展开，并取得了迅猛发展。

- 物理描述

光纤具有圆柱形的形状，由三个同心部分组成：纤芯、包层和护套。纤芯是最内层部分，由一根或多根非常细的由玻璃或塑料制成的绞合线或纤维组成。每一根纤维都由各自的包层包着，包层是一玻璃或塑料的涂层，它具有与纤芯不同的光学特性。最外层是护套，包着一根或一束已加包层的纤维。护套是由分层的塑料和其附属材料制成的，用它来防止潮气、擦伤、压伤和其它外界带来的危害。

- 传输特性

按照传输的总模数分，光纤分为多模光纤和单模光纤。单模光纤的纤芯直径很小，通常在 4~10um 范围内，同波长的光只能传输一种模式。单模光纤的传输频带很宽，因而传输容量大，但由于其直径太小，不利于光源信号的耦合，耦合光功率相对较少，耦合复杂，所以单模光纤适用于大容量、长距离的光纤通信。与单模光纤相比，多模光纤的直径较大，一般为 50~75um，同波长的光能有多种模式在纤芯中传输。这种光纤的传输频带较窄，传输容量也较小，但由于其直径较大，利于光信号的耦合，耦合功率相对较大，耦合简单，所以应用也较多。

光纤有三种最佳使用波长，以 850、1300 和 1500nm。波长较长，则损耗较低，故可允许较长的距离内有较高的数据速率。850nm 波长的光纤光源一般为发光二极管，相对便宜，但仅限于 100Mbps 以下的数据速率和数公里的距离内使用。为获得更高的数据速率和更长的距离，需用 1300nm 光源，这种光纤更适于高速局域网。1500nm 的传输能力最强，传输距离最长。

- 连接性和成本

光纤最普通的使用是在点到点链路上，但因其低功耗、低衰减率和更宽的带宽潜力，原则上，单根光纤能够支持比双绞线更多的分支。目前，光纤成本远远高于其他有线介质。

- 地域范围

按现在的技术，光纤能支持几十公里范围的传输而不用转发器，因此适用于几个建筑物内的局域网。

- 抗扰性

光纤不受电磁干扰或噪声的影响。这种特性允许在长距离内进行高速数据传输，并能提供优良的安全保密性。

3.2 编码技术

在数据通信设备内部传输数据，由于各电路功能模块之间以及模块内部的元器件之间距离很短，且工作环境可以通过各种措施加以保护，故通常采用简单而高效的数

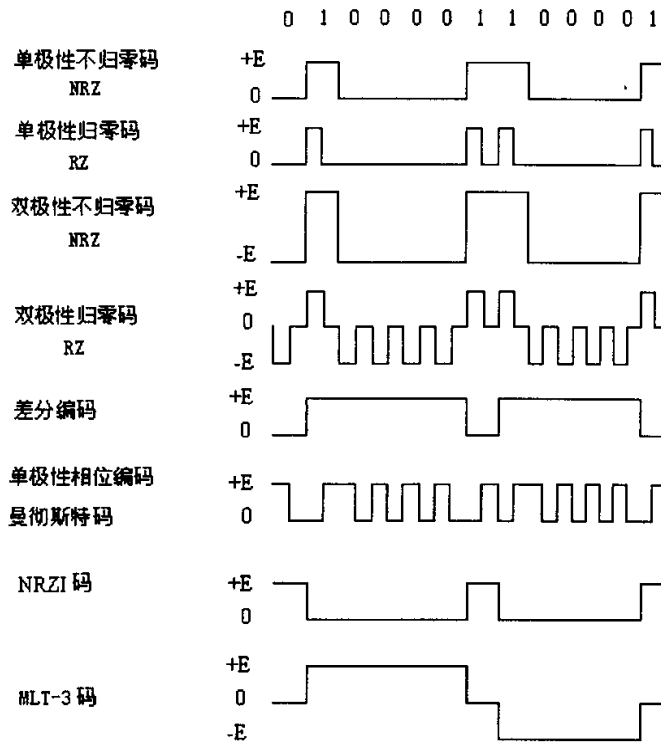


图 3-1 常用编码技术

据信号传输方式。而在处于不同地域的两设备之间传输数据，由于传输线路长，数据信号在传输介质中会产生损耗和受到环境的干扰，为了减少在特定传输介质中的传输损耗和提高抗环境干扰能力，需要将送上传输介质的不适合传输的数据信号转换为适合于在相应介质中传输的数据信号。图 3-1 示出了数据通信中常用的编码技术。其中前六种适于 10Mbps 以下的传输速率，后两种则可达到 100Mbps 以上的速率。MLT-3 利用三种电平变换与否则表示二进制数字的“1”和“0”，可以有效地抑制电磁干扰，因此在 100Mbps 的双绞线中通常采用该种编码方式。NRZI(Non Return Zero Inverted)

虽然适用于高速数据的传输,但不含同步信息,当发送/接收设备的始终略有差异时,可能造成误差积累,导致采样脉冲的偏移,致使传输信息有误,为避免这种情况,在光纤通信中,通常采用 4B5B 的编码方式。4B5B 编码的实现包括两个过程,首先是用 5 位符号表示 4 位信息(其中一位表示同步信息),其次采用反向不归零编码(NRZI)表示这 5 位符号。

申农公式概括出带宽 B 和速率 C 之间的关系:

$$C=B*\text{Log}(1+\text{SNR})$$

式中 B 为信道带宽,所谓带宽是指能够以适当保真度传输信号的频率范围,其单位是 Hz,它是信道本身固有的,与所载信号无关。SNR 为信噪比,它由系统的收发设备以及传输系统所处的电磁环境共同决定。而速率 C 是一个计算结果,它由 B 和 SNR 共同决定,其单位为 bps,在概念上表征为每秒传输的二进制位数。可见,给定信道,则带宽 B 也随之给定,改变信噪比 SNR 可得到不同的传输速率 C。MHz 与 Mbps 有着一对多的关系,即同样带宽可以传输不同的位流速率。同时,Mbps 是依赖于应用的;而 MHz 则与应用无关。

表 3-1 几种编码方式比较

编码方式	带宽	同步
Manchester 每一个传送的数据位都添加一个同步位,从而建立一个正或负的前导转换位	2 倍原带宽	时钟恢复
4B5B 每四位添加一个附加位,形成一个整体。构成与前四位不同的标志。	1.25 倍原带宽	每五位一次时钟同步
NRZI 遇到 1 时状态从一个电位转到另一个电位,遇 0 时则保持原状态不变,共有两个电位	1 倍原带宽	当传输一长串 0 时没有同步的可能性
MLT-3 遇到 1 时状态从一个电位转到另一个电位,总共有三个电位,遇到 0 时则保持原状态不变	原带宽的 50%	当传输一长串 0 时没有同步的可能性

编码是为计算机进行信息传输而被采用的。通过对信息进行编码,许多技术上的问题,如同步、带宽受限等都可以得到解决。编码对于信息的可靠传输至关重要。Manchester、NRZI 以及 MLT-3 编码是目前主要采用的三种编码系统。它们的传输因子分别为 1、0.5 和 0.25。这些转变因子可以被定义为 MHz 对的比率。表 3-1 列出了

几种编码系统在同步与带宽方面的概要特征。尽管带宽在物理上受到限制，但是通过合适的编码系统可以获得更高的通信速率。

3.3 IST-100M-S/M 模块的工作原理

IST-100M-S/M 快速以太网光纤收发器的工作原理如图 3-2 所示：在网络通信系

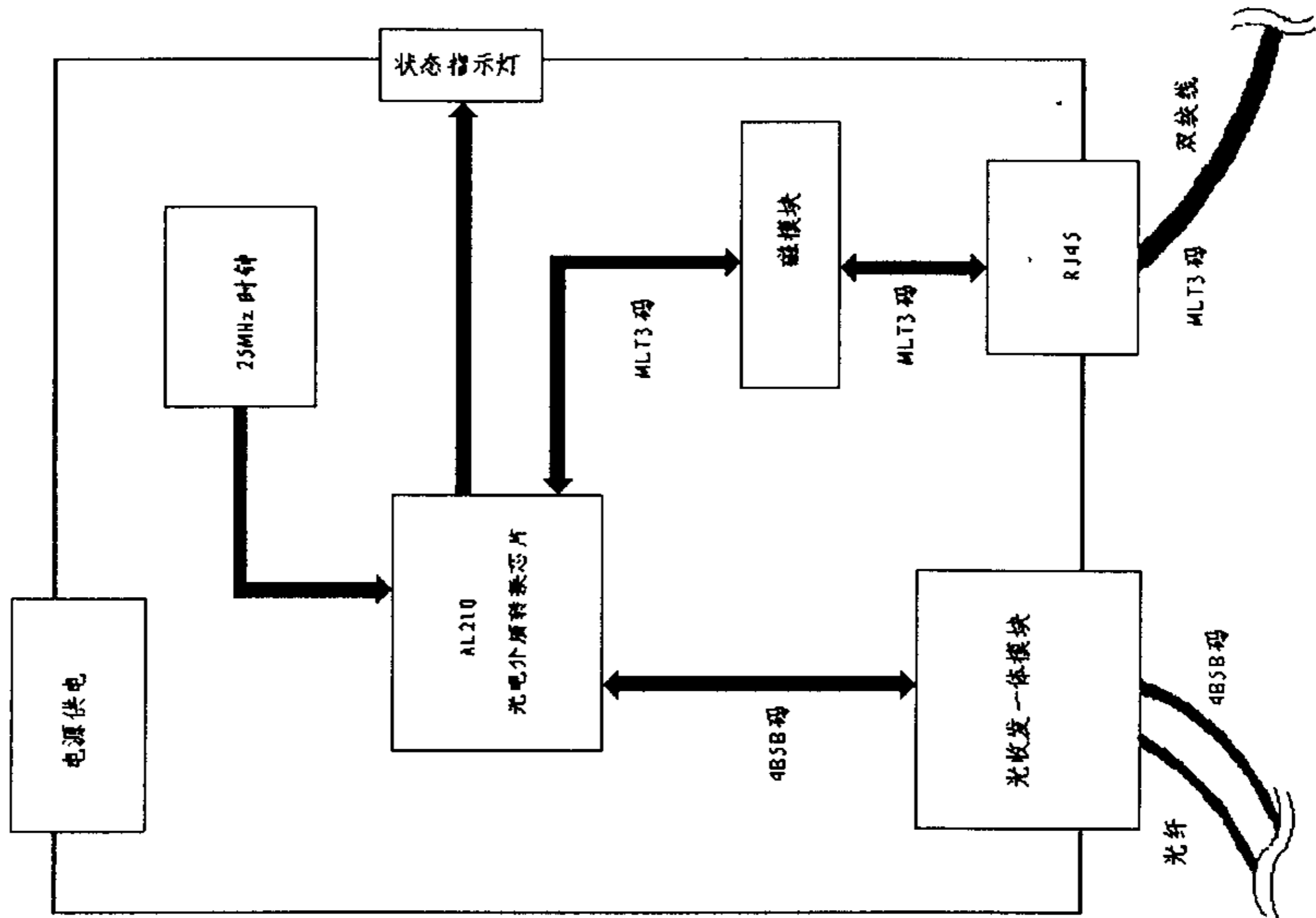


图 3-2 IST-100M-S/M 的工作原理

统中，光纤或光缆中的信号编码方式一般为：4B5B 码型，而绝大多数双绞线中的信号编码为 MLT-3 码型，IST-100M-S/M 利用光收发一体模块将来自光交接箱或其他光纤收发器的光信号 4B5B 编码数据转换成同种码制的电信号，在 AL210 光电介质转换芯片中，将转换后的 4B5B 码进一步转换成适于在双绞线传输中的 MLT3 编码，经过磁模块的去电磁干扰处理后，经由 RJ45 接口发送到双绞线，进一步传到局域网的集线器或交换机中。另外，光纤收发器通过 RJ45 接口接收源于局域网交换机或集线器的双绞线中传播的电信号 MLT3 编码，经过磁模块的去电磁干扰及信号放大处理后，由 AL210 芯片将 MLT3 电信号转换为 4B5B 电信号，然后光收发一体模块将该信号转换成同种码制的光纤信号，并发送到远处的另一光纤收发器或光交接箱。经过这样的转换，IST-100M-S/M 完成了扩大局域网传输距离的功能。

第四章 IST-100M-S/M 快速以太网光纤收发器的设计

IST-100M-S/M 快速以太网光纤收发器的设计主要包括四个方面：总体规划、重要元器件的选择、原理图的设计以及印刷电路板图的设计。总体规划主要是分析市场需要，确定产品功能特点，明确设计任务。快速以太网光纤收发器的市场需求情况，已在第一章仔细分析，产品功能特点也在第二章中详细叙述。元器件的选择是针对收发器的功能特点选择合适的光电介质转换核心芯片、光收发一体模块、晶振以及其他元器件；原理图的设计主要是根据产品特点及光电介质转换核心芯片及其他有源器件设计电路图；印刷电路板图的设计主要是：根据原理图设计，充分考虑高频电路的特点，采取各种必要的防干扰措施，进行布板、布线。元器件的选择以及原理图和印刷电路板图的设计三者相辅相成、相互贯穿、互为依据、互相制约。

4.1 元器件的选择

在快速以太网光纤收发器设计中，元器件的选择举足轻重，关系到光收发器研发、调试及生产的整个过程，决定了产品的研制成功与否、性能、寿命和成本等。可以说，选择合适的元器件不仅可以从每个元器件上获益，而且可从它们的结合中获益。在本文中，选择元器件以提高产品性能、保证产品质量为基本出发点。

4.1.1 光电介质转换芯片的选择

光电介质转换芯片（Optical & Electronical Media Converter，简称 OEMC）是整个收发器的核心，直接决定了光纤收发器的功能特性、价格、档次及其它元器件的选择，选择 OEMC 是光纤收发器设计的第一步，也是最重要的一步。

OEMC 的性能指标主要有以下几个方面：

1. 传输速率 目前，市场上收发器主要有两种传输速率：100Mbps 和 10/100Mbps 自适应。前者只支持 100Mbps 传输速率，优点是引脚数量少，布线、管理功能以及状态指示灯等较简单，成本低，但其应用不如后者灵活，只能用于两端设备传输速率均为 100Mbps 环境中。因此常用于骨干网。而后者在前者的基础上，还可以用于存有大量 10BASETX 系统的环境中：既能利用 100BaseTX 系统，又使 10BaseT 系统平滑地过渡到快速以太网环境中，最大限度地保护了用户投资。OEMC 实现 10/100Mbps 的方式一般有两种：一是通过硬件跳线，二是外接可编程芯片改变内部寄存器的设置。
2. 双工/半双工性能 通常，骨干网为全双工，而用户端多采用半双工。相应地，收发器分为全双工、半双工及全双工/半双工自适应自动转换三种。全双工收发器常用于骨干网，半双工多用于用户接入网，而第三种既能灵活地用在骨干网中，又可以

用在用户接入系统。此时，只需在用户端配置廉价的半双工集线器，组网成本大大降低。OEMC 实现全双工/半双工自适应自动转换的方式一般有两种：一是通过硬件跳线或外接可编程芯片改变内部寄存器的设置，二是 OEMC 自身可以自动识别介质信号的速率，并实现自适应自动转换。因此，选择后一种 OEMC 比较理想，既可以简化设计过程，又能适应市场需要，而且便于用户升级。

3. 网管功能 网络管理既是保证网络可靠性的手段，也是提高网络效益的方式之一，网络管理的运行、管理、维护等功能可以大大增加网络的可用时间，提高网络的利用率、网络性能、服务质量、安全性和经济效益。但研制有网络管理功能的光纤收发器所需的人力、物力远远超过无网管的同类产品，主要表现在：

a. 硬件投资

收发器网管功能的实现有两种方式：一种是在收发器电路板上配置网络管理信息处理器——可编程逻辑芯片来处理网管信息，该芯片利用 OEMC 上的双向管理指令接口（MDIO, Management Data Input/Output）、管理数据同步时钟输入接口（MDC, Management Data Clock）及被管理信息输入/输出管脚等接口，获取管理信息，管理信息与网路上的普通数据共用数据通道，如图 4-1 中管理信息处理模式 1 所示。第二种方式如图 4-1 的管理信息处理模式 2 所示，收发器上没有管理信息处理器，收发器外部的网络管理者通过 MII（Media Independent Interface）接口获取管理信息。可见，有网管功能的收发器，元器件种类及数量远远多于无网管收发器，相应地，布线复杂，开发周期长。

b. 软件投资

有网管功能收发器的研发工作除了硬件布线外，软件编程也十分重要。网络管理软件的开发是一个较大项目，包括上层图形化用户接口部分、下层网络设备嵌入式系统处理信息部分，也包括上下层接口及嵌入式系统编程语言与可编程芯片的接口。选用合适的编程软件很必要，设计者既可选用 C、JAVA 等传统语言，也可以选用专门的网络管理编程软件。

c. 调试工作

有网管功能收发器的调试工作包括两部分：软件调试和硬件调试。在调试过程中，电路板布线、元器件性能、元器件焊接、印刷电路板质量、环境条件以及软件编程中的任一因素都会影响收发器的性能。调试人员必须具备综合素质，全面考虑收发器出现故障的各种因素。

d. 人员的投入

普通收发器的设计只需一个硬件工程师便可完成。有网管功能的收发器的设计工作除了需要硬件工程师完成电路板布线外，还需要至少一位软件工程师完成网络管理

的编程，而且要求软硬件设计者密切配合。

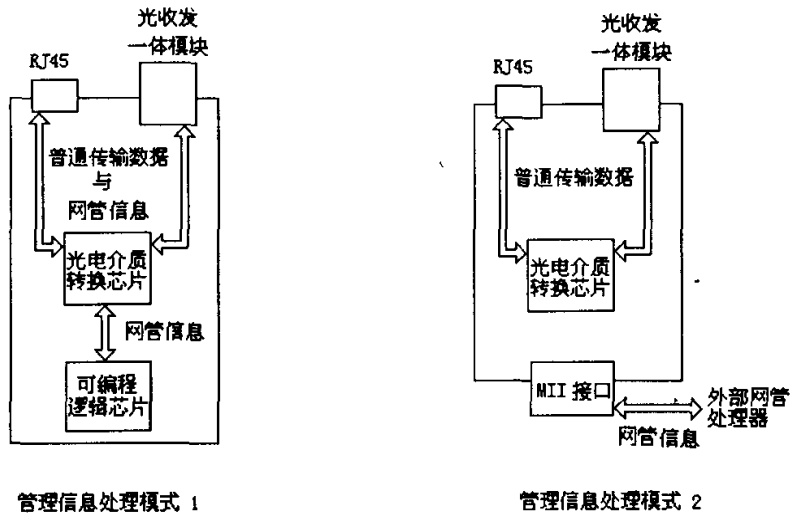


图 4-1 光纤收发器的管理模式

4. 兼容性 光电介质转换 OEMC 应支持 IEEE802 系列、CISCO ISL 等常用网络通信标准，以保证收发器有良好的兼容性。

5. 环境要求

a. 输入输出电压 光电转换 OEMC 的工作电压多为 5 伏或 3.3 伏，但收发器上另一个重要的器件——光收发一体模块的工作电压绝大多数为 5 伏。若两者工作电压不一致，则会增加 PCB 板布线的复杂程度。

b. 工作温度 在选择 OEMC 的工作温度时，开发人员须从最不利的条件出发并留有余地，比如夏天最高气温达 40 多摄氏度，而收发器机箱内部因为各种元器件尤其是 OEMC 发热，温度比环境还要高 10℃~20℃，因此，收发器工作温度的上限指标一般不应低于 70℃。

2000 年前因为收发器的应用较少，故光电介质转换芯片的生产厂家仅有 NATIONAL、ALLAYER 等大公司，有的收发器生产厂家干脆采用一些用来开发交换机的芯片做收发器的核心芯片，产品成本自然大大增加。近一年的时间，随着市场对收发器需求量的大幅度增加，相应芯片的生产商家如雨后春笋般增多，较著名的是 NATIONAL、ALLAYER、INTEL、MICROLEANER 等。

根据目前我国大多数网络用户对快速以太网光纤收发器功能的需求，深入剖析 NATIONAL、LEVEL ONE、MICROLINEAR、ALLAYER 等几家著名公司产品的特

点, 经过比较, 最后本文选定使用美国 ALLAYER 公司的 AL210 光电介质转换芯片作为本产品的核心芯片。ALLAYER 公司为国际著名的光网络设备核心芯片生产厂家, 在光电网络产品的 IC 设计和生产中具有多年的经验, 是同类技术的领军者。

1. AL210 芯片的特点

1) 单一芯片可实现 100Mbps 的光纤与双绞线之间的双向介质转换功能

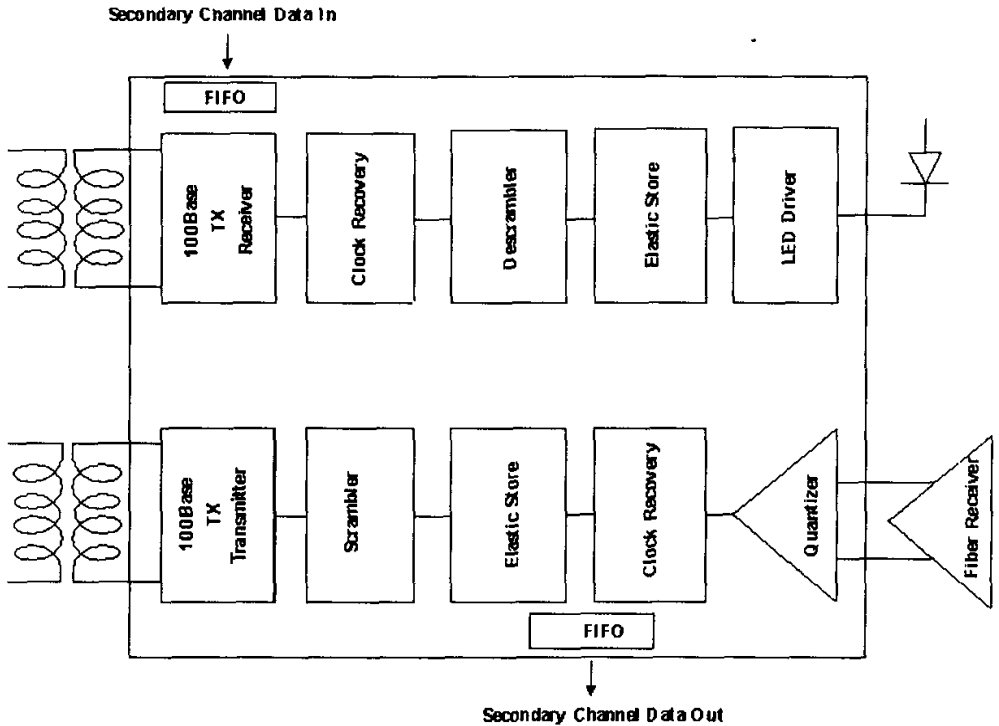


图 4-2 AL210 的功能模块

AL210 包括一个符合 IEEE802.3 100Base-TX 的物理层接口 (PHY) 和一个 100Base-FX 的 PHY 网络接口, 具有完成介质转换必需的所有功能: 弹性缓冲、数字转换器、驱动电路等。该设备将来自双绞线输入端口的 MLT3 编码转换成 4B5B NRZI 编码并发送到光纤介质上, 而来自光纤输入接口的 4B5B NRZI 编码被转换成 MLT3 编码的信号流传送到双绞线上。

AL210 收到来自双绞线的 MLT-3 信号后, 将信号解码并转换成 NRZ 信号流, 然后信号进入弹性缓冲进行重定时, 之后, 转换成一系列 NRZI 比特流并发往 LED 驱动电路。

AL210 的 100BASE-FX 接收器包括一个编码器和一个均衡器。来自引脚放大器处的串行比特流，首先经过弹性缓冲进行重定时，然后把 NRZI 编码转换成 MLT-3 编码，并发送到 100BASE-TX 的发送引脚。

现在有不少光电介质转换芯片（包括 NBASE 公司所用的 NATIONAL 的芯片）只能完成从光到电或从电到光的其中一种转换功能，故一个收发器要用两块介质转换芯片才能完成双向介质转换的功能，布线及调试难度加大，而且介质转换芯片在收发器产品的元器件中价钱仅次于光收发一体模块，因此大大增加了成本。

2) 带有弹性缓冲做重定时用

AL210 芯片内带一个弹性缓冲，用来对接收到的信号进行重定时，滤除抖动。弹性缓冲可以通过外部引脚接线的办法来决定是否使用该功能。当收发器外界的双绞线长度小于 10 米光纤长度小于 400 米时，没必要使用重定时功能，以减少光信号与电信号之间的转换时间。在光纤长度大于 2 公里的全双工应用中，必须使用弹性缓冲来去除信号中的抖动。

3) 实现全双工/半双工自适应

4) 包含四个发光二极管指示灯驱动电路

AL210 提供四个发光二极管驱动器，来指示光纤和双绞线端口的连接和接收数据的情况。当 AL210 检测到远端连接错误时，光纤部分的连接指示灯就会以 0.5 秒的间隔闪烁。

5) 远端错误检测

AL210 也支持远端错误检测（仅限于光纤部分）和连接状态传输。如果哪个端口连接失败，AL210 就会停止传输数据，禁止相应的输出端继续工作。

6) 时延 AL210 并不对数据纠错，因此所有的错误及信息都被存储转发。这种“直通”式转换的好处是只需要 8 比特的转换时间。

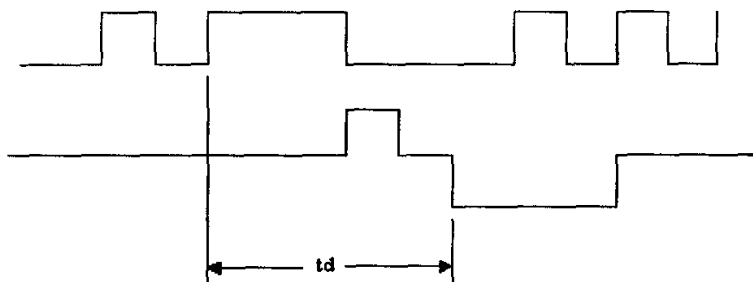


图 4-3 4B5B 编码到 MLT-3 编码的转换延迟

表 4-1 4B5B 编码到 MLT-3 编码的转换延迟参数表

参数	说明	最小值	标准值	最大值	单位
td	FX 到 TX (无弹性缓冲)	-	90	-	ns
td	FX 到 TX (带弹性缓冲)	-	120	-	ns

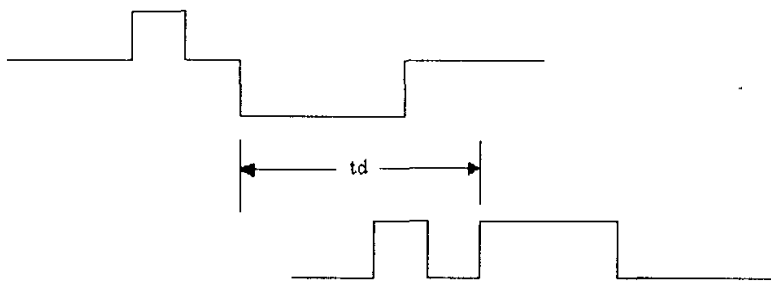


图 4-4 MLT-3 编码到 4B5B 编码的转换延迟

表 4-2 MLT-3 编码到 4B5B 编码的转换延迟参数表

参数	说明	最小值	标准值	最大值	单位
td	TX 到 FX (无弹性缓冲)	-	90	-	ns
td	TX 到 FX (带弹性缓冲)	-	120	-	ns

7) 支持冗余连接

利用 DATAoff 和 Redun# 信号, AL210 支持冗余连接, 但仅限于光端口。冗余连接可在两个光交换机端口或两个 AL210 芯片之间配置。接收或发送的连接出错都会自动启用备份连接。

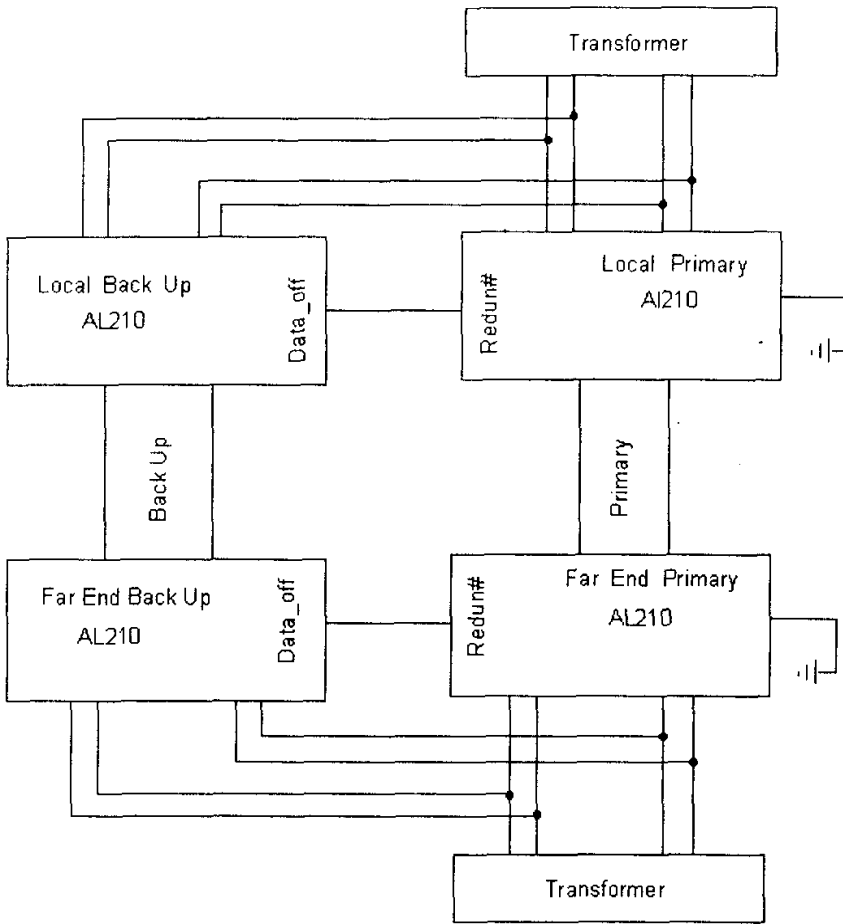


图 4-5 AL210 支持冗余连接方式

8) 电气特性

表 4-2 AL210 的电气特性

直流供电电压	直流输入/输出电压	存储温度	工作温度
-0.5 ~ +6V	-0.3 ~ Vcc + 0.3 V	-55°C ~ +150°C	0 ~ 70°C

表 4-3 AL210 的直流电气特性

参数	描述	最小值	标准值	最大值	单位
Vcc	供电电压	4.75	5.0	5.25	V
Voh	输出的高电平	2.4	-	-	V
Vol	输出的低电平	-	-	0.4	V
lih(1)	输入的大电流	-10	-	10	uA
lil(1)	输入的小电流	-10	-	10	uA
lih(2)	内部下拉时输入的大电流	-10	-	100	uA
lil(2)	内部上拉时输入的小电流	-200	-	10	uA
lih(3)	内部下拉时输入的大电流	-	-	1000	uA
lil(3)	内部上拉时输入的小电流	-1000	-	-	uA
Vih	输入的高电平	0.7*Vcc	-	-	V
Vil	输入的低电平	-	-	0.3*Vcc	V
Icc	供电电流	-	TBD	-	mA
Vol	发光二极管的低驱动电流 (Iol=10mA)	-	-	0.8	V
It	传输电流, RLED=12.8K±1% (注释 4)	63	70	77	mA
Vrx	光纤接收输入电压	5	-	1600	mV
Tr	光纤输出上升沿时间	-	-	1.3	ns
Tf	光纤输出下降沿时间	-	-	1.3	ns

注: lih(1)所指引脚为: 11, 13, 21, 25, 31, 37;

lil(1)所指引脚为: 12, 22, 23, 32, 38, 45, 48;

lih(2)所指引脚为: 2, 3, 12, 22, 23, 32, 38, 43, 45, 48;

lil(2)所指引脚为: 2, 3, 5, 10, 11, 13, 21, 25, 31, 37, 43;

lih(3)所指引脚为: 5, 10, 34, 35;

lil(3)所指引脚为: 34, 35。

(4)输出为发光二极管方式。

9) 封装形式

内部为 CMOS 电路，外部为 48 引脚的 LQFP 封装形式

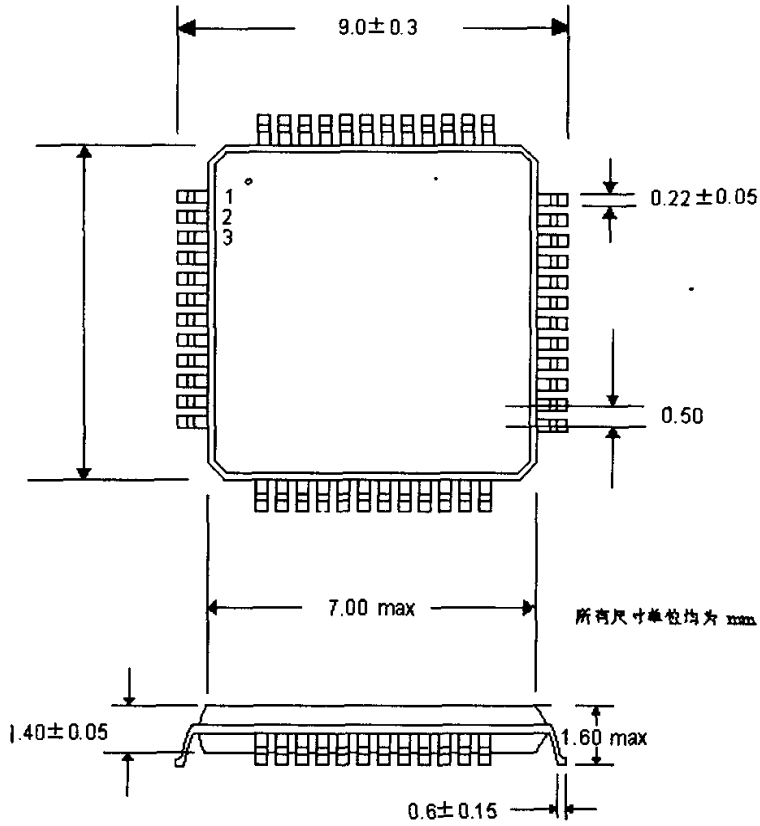


图 4-6 AL210 的封装

2. AL210 的应用场合

AL210 主要是用在 100Mbps 快速以太网或 FDDI 数据流中的介质转换。整个转换过程对于协议是透明的，因为该芯片只涉及物理层中的电信号的转换。因此，所有数据包括错误的帧、连接错误的信息数据以及长帧等都会被传输。

AL210 的电口即 TX 端既可以工作于 MLT-3 的 100BaseT 方式也可以工作于 PECL 方式。在大多数光电介质转换的应用中，10 米的双绞线一般已足够长。然而，如果必需 100 米的长度，则 AL210 就以 PECL 的方式支持这一距离。在 PECL 方式下，AL210 可以直接与 100BaseTX 均衡器或 100FX/SX 光纤收发器模块相联接。

AL210 的光纤端即 FX 端，可以工作于 PECL 方式或 850nm LED 方式。AL210 利用嵌入式后置放大器和数字转换器来直接驱动 850nm 的发光二极管或检测发光二极管输入。设备支持的 PECL 方式可用作与 100FX/SX 光收发一体模块的接口。

AL210 通过开启或关闭一些功能特性实现冗余连接控制和内置连接/错误信息传

输功能:

- 用一个弹性缓冲做重定时用, 以减小单或双方向的抖动
- 在 TX 端进行 100TX 自动协商
- 在 TX 端编码

凭借上述可配置的性能, AL210 可以非常灵活的实现多种介质转换。

应用一: 利用 850nm 发光二极管驱动/接收的介质转换

AL210 作为 850nm 发光二极管的短波光纤驱动和接收装置可用于桌面应用。二极管驱动功能可以工作在电流模式提供 60mA 的驱动能力, 或者工作在电压模式, 允许外部信号整形。

配置:

TX 端: MLT-3 方式, 无自适应, 无弹性缓冲

FX 端: PECL 方式, 有弹性缓冲

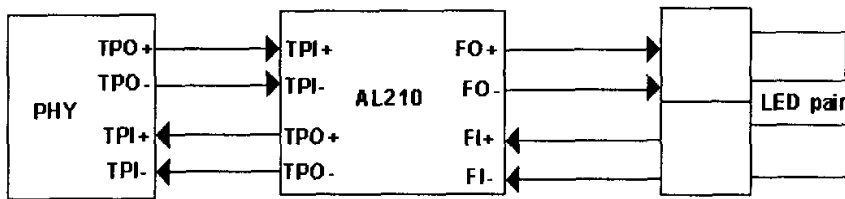


图 4-7 AL210 应用一

应用二: 10 米以内的 100BaseTX 双绞线信号与长距离 100BaseFX 光纤信号之间的介质转换

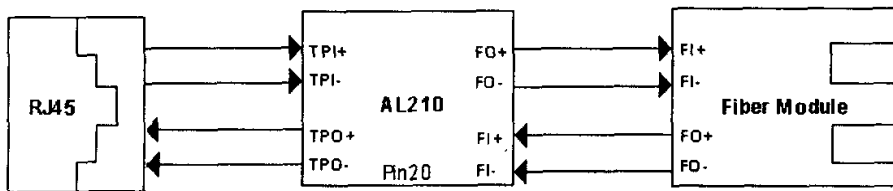


图 4-8 AL210 应用二

收发器最典型的应用是将原 100 米的双绞线传输距离通过 100FX 光纤扩大到 20km 甚至更长的距离。因为收发器通常都放置在靠近电口一端 10 米以内的接线盒中或桌面上。AL210 的 TX 端口通常直接与 TX 端口相接, 而 AL210FX 端口可以驱动

多模或单模的 1300nm 的光模块保证光纤有足够长的传输距离。

AL210TX 的全双工半双工的自适应性，可以有效的将全双工方式的交换机与用户端半双工的集线器连接起来，而不用改变交换机或集线器的配置。

配置：

TX 端：MLT-3 模式，自适应，有弹性缓冲；

FX 端：PECL 模式，有弹性缓冲

应用三：100 米以内 100BaseTX 双绞线信号与长距离 100BaseFX 光纤信号之间的介质转换

很少有需要 TX 极限长度的应用。大多数传统的收发器当所连接的双绞线长度达到极限长度时，往往会因为抖动和缺少重定时装置导致传输质量低。AL210 外接一个 PMD (Physical Medium Dependent sub-layer) 设备便可提供双绞线达到极限传输长度的 TX 连接。AL210 同样提供一个弹性缓冲做重定时用。这样当与 PMD 设备配合使用时，便可在铜缆的传输极限距离内实现所需的功能。National Semiconductor, Micro Linear, Myson 以及 Synergy 等公司均生产 PMD 设备。

下面是这种应用的示意图。PMD 设备作为均衡器，多路转发器用来传输自适应信号。既然信号是从 MLT-3 到直线端，故转发器必须是模拟转发器，需要提供足够的带宽来传输 100Mbps 信号。Pericom Semiconductor 以及许多其它公司都提供这种模拟转发器元器件。

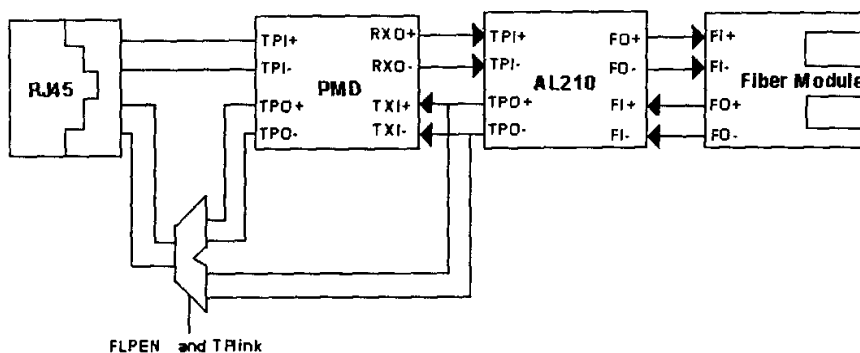


图 4-9 AL210 应用三

配置情况：

TX 端：PECL 方式，自适应功能，带弹性缓冲存储器

FX 端：PECL 方式，带弹性缓冲存储器

应用四：多模 100Base-FX 与单模 100Base-FX 之间的介质转换

当两端都工作在 PECL 方式下时，AL210 可以实现 100FX 单模光纤与多模光纤之间的转换。远端错误监测功能（当收不到信号时，便发送一个远端错误的信号）仅限于 FX 端。

配置情况：

TX 端：PECL 方式，无自适应功能，无编码功能，带弹性缓冲

FX 端：PECL 方式，带弹性缓冲

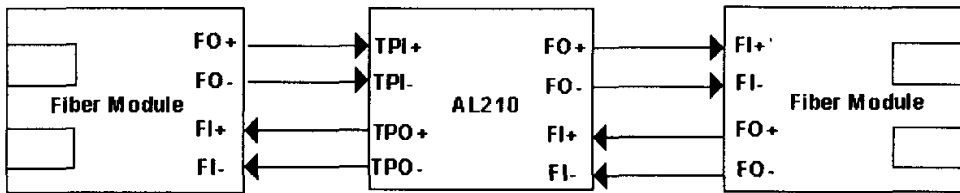


图 4-10 AL210 应用四

应用五：冗余连接

目前，光纤多用于骨干网中。在这种情况下，冗余连接非常必要，因为在骨干网很长的光纤连接范围内出现连接错误，修复连接非常耗时。AL210 提供自动的冗余连接功能适用此类型的应用。

使用两块 AL210 芯片可以在 FX 端提供冗余连接。当主连接的 FX 工作时，主芯片上的控制备用芯片冗余连接的引脚会阻止备用芯片上 TX 的输出，但是备用芯片的 FX 端始终处于连接与监听状态。一旦主连接的 FX 连接失败，备用芯片立刻启动，只需要几微秒的时间便可将主连接的线路转到备用连接上。主连接恢复时，线路会再次转回到主连接上来。

冗余连接适用于上述的每一种应用。下图为其中一例。

配置简况：

TX 端：PECL 或 MLT-3 方式，自适应可有可无，弹性缓冲存储器可有可无

FX 端：PECL 或发光二极管模式，带弹性缓冲存储器

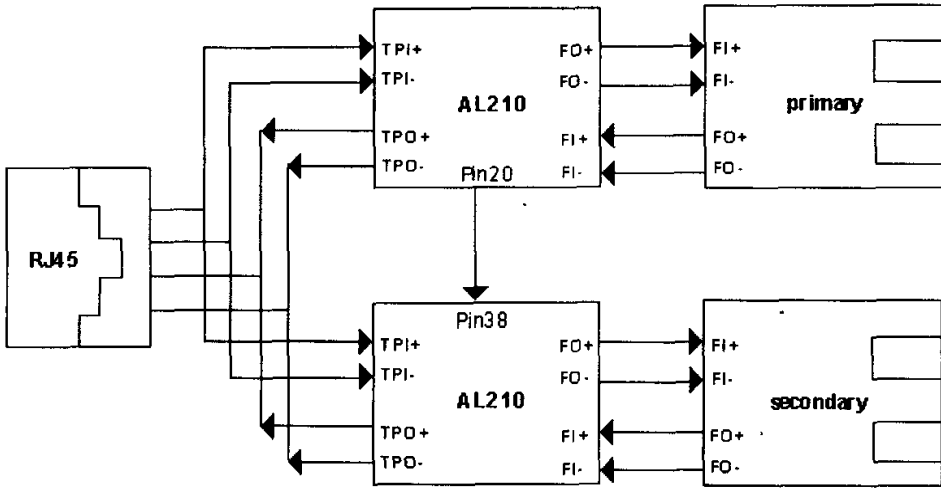


图 4-11 AL210 应用五

连接/错误信息的传输

如下图所示，在一个收发器对收发器的连接中，有三部分连接模块：TX_L 表示本地 TX 或左 TX，FX 表示光纤，TX_R 代表远端 TX 或右 TX。

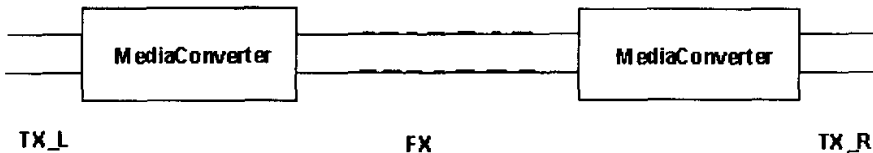


图 4-12 两个 AL210 的连接

因为收发器如同“虚设”的设备，进行透明传输，因此，两端的智能设备可以知道整个传输线路是否连接正常。这是带网管功能的收发器的基本功能。

AL210 有内置的对连接进行透明传输的功能。也就是说，当两个收发器都是选用 AL210 芯片时，TX_L 端的连接失败会导致 FX 和 TX_R 连接也中断，TX_R 连接出错会导致 FX 和 TX_L 连接也中断，FX 连接失败会引起 TX_L 和 TX_L 的连接也中断。每一部分连接状态的信息可以由其收发器的状态指示灯的状态得知。下表列出了各种配置及工作状态下二极管的状态以及相应的 FX 与 TX 的输出。

表 4-4 收发器状态指示灯指示状态

状 态	FX 与 TX 的输出	TX 连接灯	错误指示灯	FX 连接灯
远端 TX 自适应 FX 无输出	FX: 远端连接错误 TX: Hi-Z/idle/FLP	灭	亮	灭
远端 TX 自适应 FX 接收错误	FX: Hi-Z TX: Hi-Z/idle/FLP	灭	亮	闪
远端 TX 自适应 FX 收到空闲信号	FX: ile TX: FLP/idle	亮	灭	亮
远端 TX 为 100F FX 无输入	FX: 远端连接错误 TX: Hi-Z	亮	亮	灭
远端 TX 为 100F FX 接收错误	FX: idle TX: Hi-Z	亮	亮	闪
远端 TX 为 100F FX 收到空闲信号	FX: idle TX: idle	亮	灭	亮
TX 无连接 FX 无输入	FX: 远端连接错误 TX: Hi-Z	灭	亮	灭
TX 无连接 FX 收到空闲信号	FX: Hi-Z/idle TX: Hi-Z	灭	亮	闪
TX 无连接 FX 接收空闲信号	FX: Hi-Z/idle TX: Hi-Z	灭	灭	亮

4.1.2 光收发一体模块的选择

光纤模态分为单模和多模两种，光收发一体模块按所接光纤的模态，可分为单模光收发一体模块和多模光收发一体模块。单模光纤与多模光纤相比衰减率低、传输距离远、容量大，但价格昂贵，常用于长途电信；而多模光纤在短距离传输中的价格性能比要优于单模光纤，故多用于传输距离较近的网路。单模光收发一体模块以激光器为光源，多模模块则多采用发光二极管。前者的价格往往是后者的几倍。

光收发一体模块的性能指标主要包括：

1. 工作波长 光的传播有 850、1300 和 1500nm 三种波长。有些 OEMC 对

波长有特定要求，因此，设计者在选用光收发一体模块时应保证模块的波长符合 OEMC 的波长要求。

2. 传输速率 应保证光收发一体模块的传输速率不低于收发器的传输速率。

3. 接口类型 常见的光纤连接器有 ST、FC/PC、D4、SC、Multichannel、adaptors 等, SC 型的光纤连接器因为操作简单而且无须旋转所以渐渐占有光纤连接器的市场。设计者应根据市场需要来选择器件。

4. 管脚配置 建议设计者选用 1X9 标准管脚配置的光收发一体模块，以便与同类产品兼容。

另外，光收发一体模块环境要求的性能指标的选用原则与 OEMC 相似，不再赘述。

本文分别选用国际知名品牌 Agilent 公司的 HFBR-5103 和 Delta 公司的 OPT-155B1J1。两者外形尺寸相同，但前者为单模光收发一体模块，后者为多模。如图 4-15 所示。



图 4-13 光收发一体模块

两产品的共同特点：

- 适用于 155Mb/s 以下各种速率光纤接入网应用
- 双 SC 插拔式光接口
- 光收发合一
- 单 5V 供电
- 1310nm (HFBR-5103)/850nm (OPT-155B1J1) 工作波长
- 标准的 1X9 管脚配置与 HP 等同类产品兼容
- 工作温度范围 -20℃ 至 +70℃
- 塑料封装

4.1.3 其它元器件的选择

主芯片以及光收发一体模块，是收发器最重要、价格最高的元器件，二者外围电路影响甚至决定了整个电路板图，一般需要在设计电路板图之前选择。而其他元器件（如：RJ45、磁模块、磁珠、电容、电感、晶振等），则须根据原理图和 PCB 设计过程中的实际需要选定。

4.2 原理图（Schematic）的设计

原理图又称电原理图、电子线路图，是表示电路工作原理的，是电子技术图的核心部分。它使用各种图形符号和辅助文字按照一定的规则，表达元器件之间的连接及电路各部分的功能。它不表达电路中各元器件的形状或尺寸，也不反映这些元器件的安装、固定情况。设计原理图最重要的是根据设计目标的需要以及核心芯片各引脚功能的选择及相应的外围电路要求，选用其它合适的元器件，设计完整合理的电路原理图。本文采用的软件是 EDA(Electronic Design Automatic)电子辅助设计专用软件 Protel99。

光纤收发器属于高频电路，电磁干扰（EMI）是影响其性能的最重要的因素，因此在进行电路原理图设计时，在保证原理图合理正确的前提下，应最大限度的减小电磁辐射干扰。光纤收发器上电磁干扰的主要形式及设计原理图时主要采取的抑制措施：

1. PCB 板与外部接口处的电磁干扰及其抑制

PCB 板与外部接口处的电磁干扰主要来自双绞线的共模信号。如图 4-14 所示：双绞线中的每对导线以双螺旋形结构相互缠绕。共模电流 I_{com} 在两根导线上以相同方向流动，并经过寄生电容 C_p 到地返回。在这种情况下，电流产生大小相等极性相同的磁场，它们的输出不能相互抵消，引起射频干扰。抑制方法：在光电介质转换芯片与 RJ45 口之间加入一个磁隔离模块，则利用此隔离模块的共模扼流器可以有效地

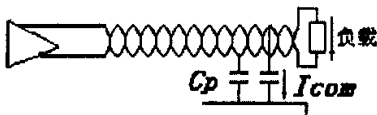


图 4-14 双绞线系统中的共模信号

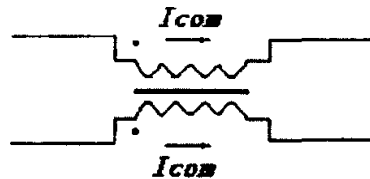


图 4-15 理想共模扼流圈中的共模信号

减少共模信号引起的射频干扰。原理如图 4-15 所示：共模电流以相同的方向流过共模扼流圈绕组的每一边，建立大小相等相位相同的相加磁场使共模扼流圈对共模信号

呈现高阻抗，通过共模扼流圈的共模电流大大地减弱。

2. 电源系统引起的干扰及其抑制

电源系统的电磁干扰主要来自整流电路的纹波干扰、电源开关噪声干扰以及电源寄生耦合干扰。

A. 整流电路的纹波干扰 整流电路将交流电变为脉动直流之后，这种脉动直流本身是一种 50Hz（单相半波）或 100Hz（单相全波或桥式整流）以及它们的高次谐波叠加在一起的纹波干扰。如果滤波电路不佳或滤波不足，这种 50Hz（或 100Hz）的纹波电压就会对快速以太网光纤收发器电路形成干扰。

B. 电源开关噪声干扰 快速以太网光纤收发器电源通电瞬间，电路中产生瞬变电流，引起噪声干扰。

C. 电源寄生耦合干扰 由于供电电源内阻不可能为零，各级信号电流通过电源时，会在内阻上产生电压降，这个交流信号电压将会随着直流通路送往其他级。对于多级级联的电路，这种寄生耦合有可能形成寄生正反馈，再加上电路中存在着电感、电容等储能元件，便会产生振荡。

本文选用高频通讯专用开关电源。另外，采用合适的滤波电路抑制电源系统的干扰。一方面，在整个电路的电源接入处，选用参数合适的磁珠与钽电容组成滤波电路，消除电路中的瞬变电流或寄生振荡，阻止电源或其它引线导入电路的高频干扰。另一方面，对每一个有源器件的供电电源利用 π 型滤波电路单独进行二次滤波，滤波电容除了采用钽电容外，还需并联一个小容量的非电解电容以消去钽电容产生的寄生电感（钽电容有微小的串联寄生电感，高频时会呈现可观的阻抗）。

除了上述两种情况外，电磁干扰还有几个重要的来源：接地系统引起的干扰以及元器件的放置和印制板布线不当引起的干扰，对这些干扰的抑制主要靠在电路板图设计中采取相应的措施。

光纤收发器电路原理图的设计主要包括以下几个模块：

1. 根据设计目标的功能及应用确定 AL210 相关引脚外围电路的配置

下表为 AL210 个引脚的功能及外围电路要求。

表 4-5 AL210 的引脚说明

引脚序号	引脚名称	I/O	说明
1	GNDR_TP	P	TP 接收地引脚
2	TPI+	I	100Base_TX 输入引脚。正常工作时，这两个引脚接收 MLT-3 信号，并接到变压器上。当引脚 TPPECL 置高时，这两个引脚就变成 PECL 电平接口，作为与外界均衡器的接口用来扩大传输距离。
3	TPI-	I	
4	VccR_TP	P	TP 接收电源引脚
5	Test2	I	测试引脚，正常工作时接地。置高强制 TP 输出端工作
6	GNDT_TP	P	TP 输出地引脚
7	TPO+	O	电信号输出引脚。正常工作时，这两个引脚输出 MLT-3 信号，并接到变压器上。当引脚 TPPECL 置高时，这两个引脚就输出 PECL NRZI 信号，与外界均衡器相接。
8	TPO-	O	
9	VccT_TP	P	电信号输出电源引脚
10	Test3	I	测试引脚。正常工作时接低。当 TP 连接断时，置高，强制 FX 输出“空闲”信号。
11	Reserved	-	空引脚，不接或上拉接到 VCC。
12	Reserved	-	
13	Reset#	I	复位引脚。复位时为低电平，内部上拉。
14	LED_Rcv_TP	O	TP 接收状态指示引脚。当 TP 端接收数据帧时，引脚为低电平，可以驱动 10mA 的发光二极管。
15	Vcc	P	数字电路电源供电引脚 (+5V)。
16	LED_link_TP	O	TP 端连接状态检测指示引脚。当检测到 TP 端处于连接状态时，引脚为低电平，可以驱动 10mA 的发光二极管。
17	GND	P	数字地引脚
18	LED_Rcv_F	O	光纤一端接收状态指示引脚。当光纤一端接收数据时，引脚为低电平，可以驱动 10mA 的发光二极管。

19	LED_link_F	O	光纤一端连接状态指示引脚。当指示灯常亮时，表示光纤一端的连接正常。若指示灯在闪，则表示检测导远端错误。指示灯灭，则表示连接失败。引脚可以驱动 10mA 的发光二极管。
20	Redun#	O	冗余连接输出引脚。当设备处于连接中断或检测到远端错误时，引脚为低电平。
21	SCRen	I	TP 端口的输出数据编码。工作时为高电平，内部上拉。
22	ES_TPoff	I	关闭电信号到光信号转换通道的弹性缓冲。启用时为高电平，内部下拉。
23	ES_Foff	I	关闭光信号到电信号转换通道的弹性缓冲。启用时为高电平，内部下拉。
24	Reserved	-	无连接。
25	Pause	I	暂停功能设置，启用时为高电平，内部上拉。
26	VccT_F	P	光纤输出电源供电引脚。
27	FVout	O	电压方式光纤发光二极管驱动输出。当 RLED 引脚置高时，此引脚启用。如果选用 FPECL 方式，则该引脚不工作。
28	FO-	O	光信号输出引脚。当选择 FPECL 方式时，选用这两个引脚来驱动光模块。传统的驱动方式为电流驱动。FO+需连接到发光二极管，FO-接到 VccT_F。
29	FO+	O	
30	GNDT_F	P	光纤输出地。
31	F_PECL	I	被选用时，光接口为 PECL 电平，接到光模块上。启用时为高电平。
32	Test1	I	测试引脚。正常工作时接地。
33	GNDR_F	P	光纤输入地。
34	FI-	I	光信号输入引脚。选用 FPECL 方式时，引脚为 PECL 电平接到光模块上。
35	FI+	I	
36	VccR_F	P	光信号输入电源供电引脚
37	ENFLP	I	全双工自适应引脚。启用时为高电平，内部上拉。
38	Data_off	I	断开该引脚就会关闭电口输出，连接该引脚，AL210 就会将数据传送到电口。内部下拉。

39	RLED	I	输出发光二极管驱动的控制引脚。通过一个 12.8K1% 的电阻接地。当引脚置高时，就会关闭电流驱动开启电压驱动方式。
40	Rbias	I	此引脚控制 AL210 的偏置部分。通过一个 12.8K1% 的电阻接地。
41	GND_PLL	P	锁相环路地。
42	Xout	O	与 25MHz 晶振连接。此引脚同时也是时钟输出源。
43	Xin	I	于 25 MHz 晶振连接。当选用时钟而非晶振时，此为时钟的输入引脚。
44	Vcc_PLL	P	锁相环路电源供电引脚。
45	PD	I	电源关闭。启动时为高，内部为上拉。
46	GNDA	P	模拟地。
47	VccA	P	模拟电源。
48	TP_PECL	I	电口 PECL 方式接口启用引脚。置高时，TPI+,TPI-, TPO+,TPO- 引脚为 PECL 电平，同时关闭 MLT-3 的编码与译码功能。当启用 PECL 电平时，芯片得到的信号为 NRZI 而非 MLT-3。

注：在 I/O 栏，“I”代表输入，“O”代表输出，“P”代表电源引脚。

因为是正常工作，所以三个测试引脚都处于非工作状态，根据要求需要外接低电平。为了对信号进行重定时以减少抖动，故将引脚 ES_Tpoff 和 ES_Foff 接下拉电阻。按照上表规定，引脚 11 和 12 分别接上拉电阻，引脚 24 接空，引脚 Data_off 通过下拉电阻接地，引脚 RLED 和 Rbias 通过一个 12.8k1% 的电阻接地。引脚 Pause 接下拉电阻。光纤部分选用 PECL 方式，因此，引脚 F_PECL 接上拉电阻，而引脚 Fvout 接空。因为设计的收发器支持全/半双工自适应，因此，引脚 ENFLP 通过上拉电阻接到 Vcc。因为设计的收发器不支持冗余连接，故不需要电源关闭的功能，因此将引脚 PD 通过一个下拉电阻接地。因为 TP 端接双绞线，因此，引脚 TP_PECL 不适用，故将其接下拉电阻。AL210 功能配置引脚的外接电路如下图所示：

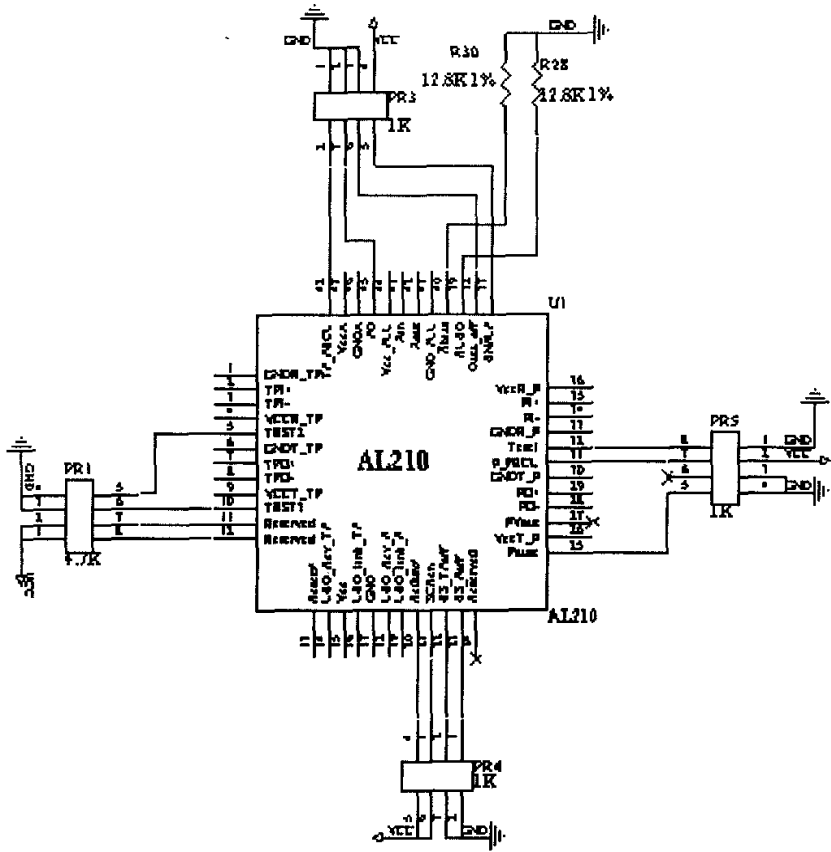


图 4-16 AL210 功能配置引脚的外接电路

2. 电路板总电源的滤波处理

本文选用高频通讯专用开关电源，能够持续稳定的长时间工作，同时提供过压、过流保护，电源输出纹波很小。尽管如此，开关电源的输出波形仍存在一定的抖动，尤其是电源开关的瞬间形成瞬间噪声。为了减少开关电源对电路的干扰，本文在电路板的电源接入处，使用铁氧体磁珠和钽电容构成 LC Π 形滤波电路进行滤波处理。利用 LC 组成的 Π 形滤波电路可以在损失直流电压很小的条件下，滤除寄生耦合干扰。滤波电容除了采用 33 μ F 的钽电容外，还并联了一个 0.1 μ F 的非电解电容，以消去钽电容产生的寄生电感的影响。普通的电感往往被杂散电容附加调谐，造成其阻抗随频率变化的非线性和不稳定性，为此，本文选用铁氧体磁珠代替普通电感。铁氧体磁珠由带电流的导体穿过带孔（单孔或多孔）的铁氧体磁珠组成铁氧体磁珠扼流圈。电流流经导体（穿过铁氧体磁珠）产生磁场，此磁场通过铁氧体时，由于铁氧体对高频的磁导率较高，高频阻抗迅速增加，因而起到高频扼流作用。在低频时，由于铁氧体的

磁导率低，除了导线外，对低频电流几乎没有阻抗。铁氧体磁珠能简便便宜的完成高频去耦、屏蔽和抑制寄生震荡等任务，不会因杂散电容而引起失谐，不会增加电路中的直流和低频功率的损耗。因此在电源接入处使用铁氧体磁珠可以消除开关电源的瞬变电流与寄生震荡等。下图为本文的滤波电路。

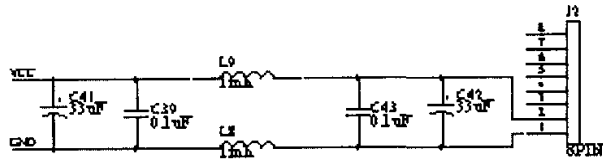


图 4-17 LC 滤波电路

3. AL210 的复位电路

复位时，若与配置有关的引脚无外电路确定其配置，则 AL210 会将内部的各寄存器的配置恢复到默认状态，因此，接到引脚 Reset 的电流波形的质量好坏直接影响到 AL210 的内部寄存器的配置正确与否，因此，本文采用集成逻辑“非”门电路 74LS04，对 VCC 进行二次“非”操作，并外加一个独石电容，滤除高频杂波，对电流进行较充分的整形。

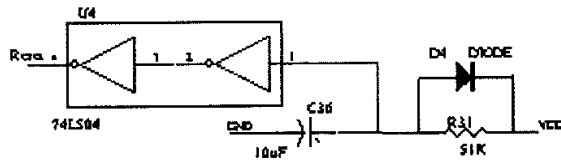


图 4-18 复位电路

4. AL210 与晶振的电路连接

选用 25Mhz/5v 晶振。

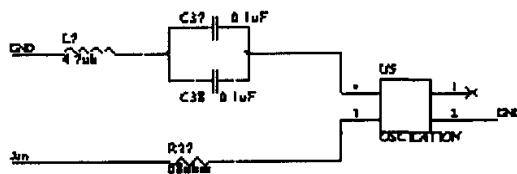


图 4-19 时钟电路

5. AL210 的接地和接电源电路

为避免模拟电路与数字电路的相互干扰，本文将模拟电源和数字电源分开，并对各有源器件进行二次滤波。如下图所示：

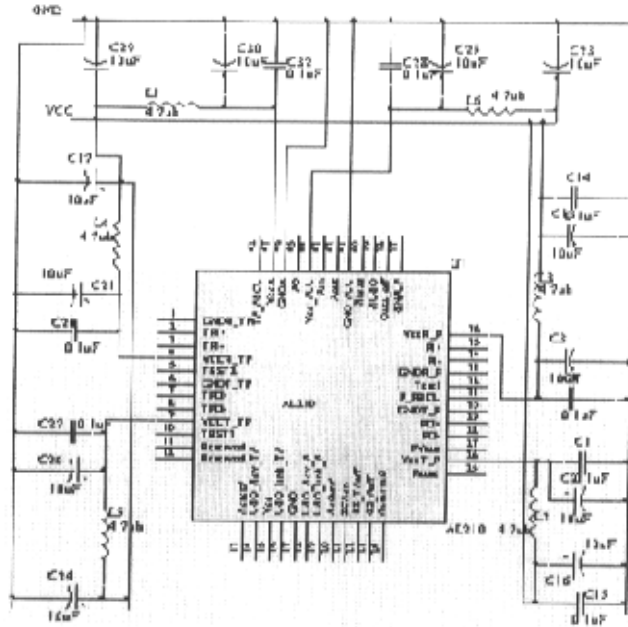


图 4-20 AL210 的接地和接电源电路

6. AL210 驱动状态指示灯 LED 的电路

除了 AL210 原本支持的电口端的连接、接收状态指示灯，光口连接、接收状态指示灯之外，本文设计的光纤收发器还增加了错误指示灯和电源供电指示灯。因为产品无需支持冗余连接，因此将原本用来驱动指示连接失败或者远端错误指示灯的引脚 Redun# 电路，用来驱动错误指示灯，即当连接失败或远端错误时，引脚 Redun# 驱动错误指示灯亮。另外，本文还在电源 VCC 和地 GND 之间加一个发光二极管来指示整个系统是否供电正常便于调试用。

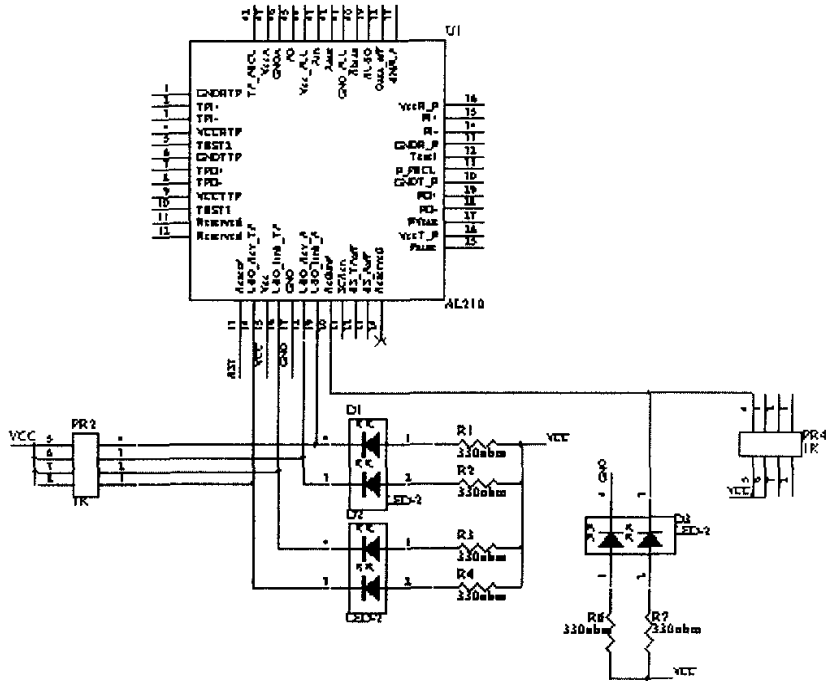


图 4-21 状态指示灯驱动电路

7. AL210 与光收发一体模块 HFBR-5103/OPT-155B1J1 的电路连接

表 4-7 HFBR-1503 的引脚说明

管脚	管脚名称	电平	说明
1	VEE 接收部分		负电源，一般接地
2	RD	PECL	接收部分数据输出
3	RD/	PECL	接收部分反向数据输出
4	SD	PECL	接收部分无光告警正常为高电平无光为低电平
5	VCC 接收部分		正电源，一般为+5V
6	VCC 发射部分		正电源，一般为+5V
7	TD/	PECL	发射部分反向数据输入
8	TD	PECL	发射部分数据输入
9	VEE 发射部分		负电源，一般接地

依据 HFBR-5103/OPT-155B1J1 外围电路要求, 本文设计出光收发一体模块的外围电路, 如下图所示:

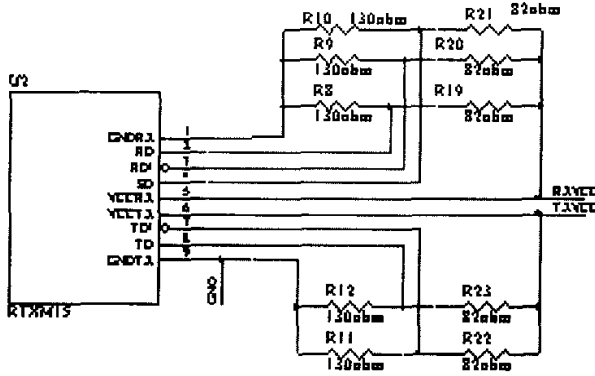


图 4-22 光收发一体模块的外围电路

8. AL210 与磁模块、RJ45 的电路连接

为了减小双绞线中的共模 EMI 干扰, 本文选用接收与发送电路主副线圈比均为 1:1 的磁隔离模块 16ST8515, 置于 AL210 和 RJ45 之间。磁隔离模块主要的参数有: 漏电感、线间电容和回损。一般, 漏电感和线间电容越小性能越好, 而回损应当符合 ANSI X3.263 TP-PMD 规定, 如图 4-22 所示:

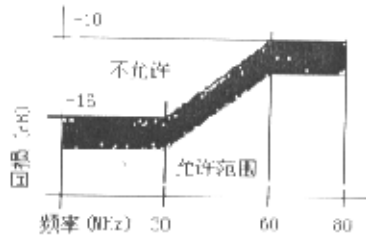


图 4-23 IEEE 回损要求

表 4-6 16ST8515 性能参数

型号	漏电感	线间电容	共模抑制比	回损
16ST8515	0.4 μ H	20pF	-40dB	-19dB Min

另外, 本文采用 Bob Smith 终端电路屏蔽 RJ45 空余的 4, 5, 7, 8 引脚。

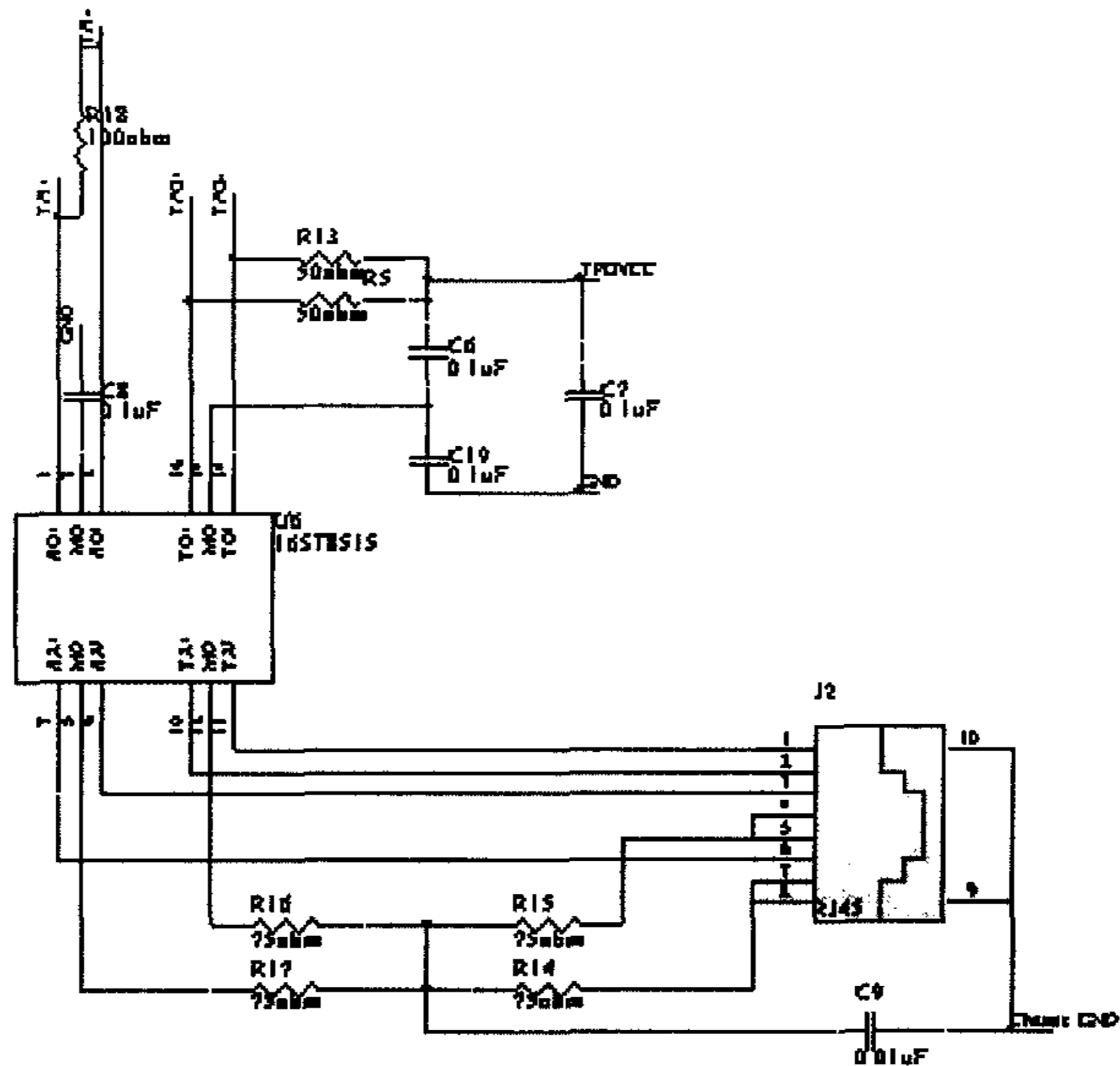


图 4-24 电口部分的连接电路

4.3 印刷电路板图(PCB, Printed Circuit Board)的设计

4.3.1 印刷电路板概述

印刷电路板由印刷电路加基板构成。在绝缘基材的覆铜板上，按预定设计，用印制方法得到的电路，称为印刷电路。印刷电路包括印制线路、印制元件或者由二者组合而成的电路。完成了印刷电路加工的板子，成为印刷电路板、印刷板。印刷板是电子工业重要的电子部件之一，在电子设备中有如下功能：

1. 提供分离元件、集成电路等各种元器件固定、装配的机械支撑。
2. 实现分离元件、集成电路等各种元器件之间的布线和电气连接或电绝缘，提供所要求的电气特性及特性阻抗等。
3. 为自动锡焊提供阻焊图形，为元器件插装、检查、维修提供识别字符和图形。

印刷板在电子设备中的应用,大大提高了产品的一致性、重现性、成品率,同由于机械化和自动化生产的实现,生产效率大为提高,而且可以大大减少接线的数量以及能消除所有的接线错误,从而保证了电子设备的质量,降低了成本,且便于维修。

印刷电路板按印刷电路的分布可以分为:单面板、双面板和多层板。单面板就是仅一面上有导电图形的印刷板。两面都有导电图形的印刷板称为双面板。多层板则是有三层或三层以上导电图形和绝缘材料层压合成的印刷板。

4.3.2 IST-100M 印刷电路板图的设计

印刷电路板的设计是电子产品设计中极为重要的工作,其优劣不仅关系到元器件在焊接装配、调试中是否方便,而且直接影响到产品的性能质量。设计一个 PCB 图,需要先设置电路板的大小、外形以及一些环境参数等,然后进行布局和布线工作,之后进行整个板面的调整。下图为设计 PCB 图的流程。

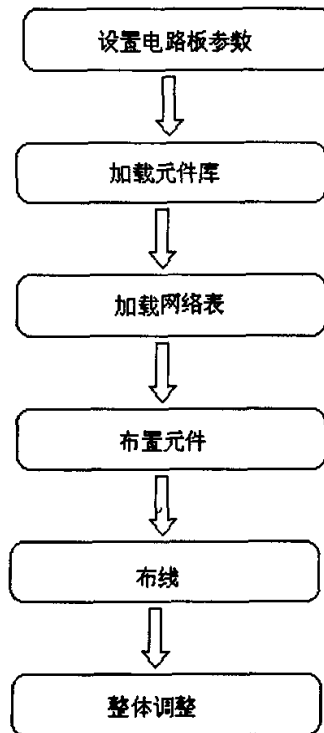


图 4-25 PCB 设计流程图

同一张原理图,不同的设计者会设计出完全不同的印刷电路板,有的电路板可以工作,有的则不能工作,有的性能好,有的性能却差,究其原因,印刷电路板图的设计,是一项实践性很强的工作,需要考虑到众多的因素。一个成功的印刷板设计,不

仅仅涉及到板面本身的设计技巧，同时还应更多的考虑到电路（包括整个电子系统）的工作情况、性能指标、工作环境，甚至还应考虑到电路的使用者可能提出的使用和维修方面的特殊要求。

一、电路板参数的设置

印刷电路板是由绝缘材料的基板上热压一层（或多层）铜箔构成敷铜板。电路设计人员根据电路的需要，采用腐蚀的方法去掉不用的铜箔，留下的部分即是印刷状的电路连线，再经过打孔、表面处理、焊接元件等工序，就成为一块具有一定功能的电路板。构成敷铜板基板材料种类很多，应根据电路的工作性质、工作环境以及电路的构成来选定。快速以太网光纤收发器属于高频电路，而且一般用于电信等部门，因此要求基板的高频损耗小，而且性能稳定，参数分散小。

本文选用常规的 6000mil X 3000mil 矩形四层印刷电路板结构，其中顶层和底层均为元器件布置层和布线层，中间两层分别为电源层和地线层，这样两个外层可以就近与电源和地线相连接，从而缩短和减少了走线，减少了电源线和地线的阻抗和分布参数以及噪声电平。

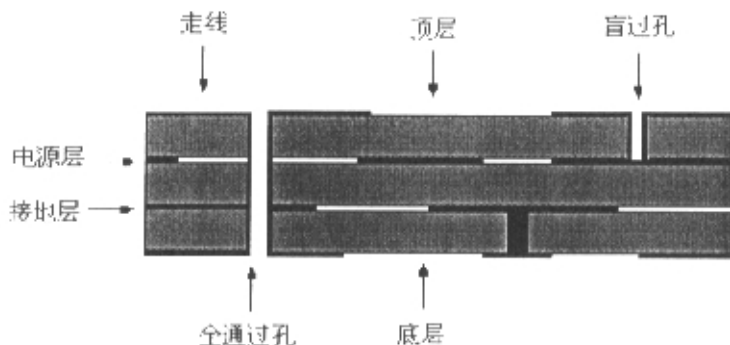


图 4-26 电路板分层

二、加载元件库及网络表

在 PCB 设计软件中，元件库是重要的组成部分。在 Protel 软件中，元件库分原理图符号图库和印刷板图形图库两部分。原理图元件库采用标准的图形符号，印刷板元件库则是戴汉盘和外形轮廓的图形，其中外形图是放置在标记层，可以采用丝印方式印到 PCB 上作装配和检查用。原理图的元件图涉及工作原理，而印刷板元件图则是表述元件的外形封装。以下为本文的材料清单。

Bill of Material for al210.Bom

Used Part Type	Designator	Footprint	Description
19	0.1uF C1 C4 C5 C6 C7 C8 C10 C14 C15 C19 C20 C27 C28 C32 C34 C37 C38 C39 C43	0805	Capacitor
2	0.01uF C11 C12	0805	Capacitor
1	0.01uF C9	C10U/10V	Capacitor
3	0ohm R24 R25 R29	0805	
4	1K PR2 PR3 PR4 PR5	PR4	
2	1mh L8 L9	IND1MH	
1	4.7K PR1	PR4	
7	4.7uh L1 L2 L3 L4 L5 L6 L7	INDUCTOR	
1	8PIN J2	POWER-J	
12	10uF C2 C3 C13 C10 C16 C17 C21 C23 C24 C25 C26 C29 C30	Capacitor	
1	10uF C36	C10U/25V	Capacitor
2	12.8K 1% R28 R30	0805	
1	16ST8515 U6	MAGNETIC	
2	33uF C41 C42 C33U	Capacitor	
2	50ohm R5 R13	0805	
1	51K R31	0805	
1	68ohm R27	0805	
1	74LS04 U4	SOJ-14	
4	75ohm R14 R15 R16 R17	0805	
5	82ohm R19 R20 R21 R22 R23	0805	
1	100ohm R18	0805	
5	130ohm R8 R9 R10 R11 R12	0805	
6	330ohm R1 R2 R3 R4 R6 R7	0805	
1	AL210 U1	AL210	
1	DIODE D4	DIODE	Diode
3	LED-2 D1 D2 D3	LED-2	
1	OSCILATION U5	OSCILLATOR	
1	RTXM15 U2	OPTIC	

网络指的是各电路元件之间连接关系。任何一个电原理图都可将元器件连接关系归结为若干节点，这些节点构成一个“网络”，一个原理图上所有“网络”的汇集，称为该设计项目的网络表。网络表是计算机进行布线和设计规则检查的依据，因此网络表正确与否是决定 PCB 设计正确与否的前提。因为网络表比较庞大，在此略去。

三、布局和布线

虽然 Protel 提供了自动布局布线功能，但由于布局和布线涉及的因素非常复杂，直接使用该软件的自动布局功能，对于光纤收发器这种较为复杂的电路板来说，充其量只能把电路所用的元器件毫无规则和秩序的随意堆放在一起，因此必须是用手工布局。自动布线虽然在目前硬件平台上速度很快，但对于这类复杂的电路板，往往布通率很低，而且往往造成某些部委走线过与拥挤，更不用说考虑高频电路板线的规则了。手工布局和布线对设计者有关印刷板的知识和经验要求非常高，布置质量直接影响电路板的综合性能，需要花费大量时间和精力。

（一）元器件布设原则

元器件布设决定了板面的整齐美观程度和印制导线的长度，也在一定程度上影响整个电路板工作的可靠性，布设中应遵循以下原则：

1. 元器件在整个板面疏密一致，布设均匀。
2. 元器件不要占满板面，四周留边，便于安装固定。
3. 元器件布设在板的一面，每个引脚单独占用一个焊盘。
4. 元器件的布设不可上下交叉，相邻元器件建保持一定间距，并留出安全电压间隙 200V/mm。
5. 元件排列轴向应和整个电路板的稳定方向一致。保证在正常状态下印刷板焊盘、焊点不受外力的拉压力作用。
6. 元器件的封装位置要大于元器件的轴向尺寸，留有弯角弧度空间，避免齐根折断损伤器件。
7. 元件安装高度尽量矮，以提高稳定性和防止相邻元件碰撞。

（二）布线原则

印刷电路板布线设计的优劣，对整个电子系统的性能影响很大，是整个电路设计的关键环节。但由于印刷板布线设计的影响因素较多，又无固定的章程可循，一般情况下仅按设计人员自身的经验和理解进行，因而实际质量差异很大。而不同类型的电路又各有其特殊性，不能一概而论。但从抗干扰的角度考虑，应遵从以下几个原则。

1. 走线应尽可能短、少、疏。

2. 印刷板中的信号走线应呈直线状，切忌往返交错，以免造成相邻线路相互影响。元件的排列应按电路图的走向顺序，尽量简洁，不应有过多往返。
3. 尽量减少布线的分布电容，一般不应有过长的条状平行走线，特别是模拟电路和高频电路。
4. 印刷板中的接地线，应随着接地点的增加而不断加宽以尽量减小接地电阻。
5. 高频电路在印制铜箔条的弯角处不应形成尖角，线路铜箔条应尽量光滑，以避免形成不必要的高频寄生耦合。

(三) 本文的布板和布线

快速以太网光纤收发器电路板图设计最核心的问题是：尽可能的避免各种类型的电磁干扰。

1. 接地系统引起的干扰及其抑制：

如图 4-27 所示的单点接地法广泛应用于低频电路，如果用在快速以太网光纤收发器的高频电路中，则不仅容易形成长地线从而增加地线的阻抗，而且地线间的杂散电感和分

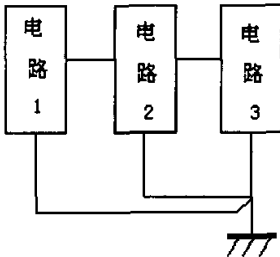


图 4-27 单点接地法

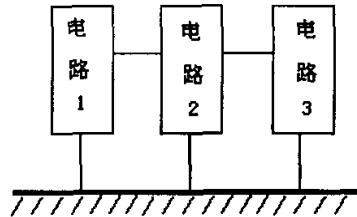


图 4-28 多点接地法

布电容也会造成电路间的相互耦合，使电路工作不稳定。尤其是地线的长度达到信号 $1/4$ 波长的奇数倍时，由于谐振地线阻抗迅速减小，从而产生严重的噪声干扰。采用图 4-28 所示的多点接地法（即就近接地法），把各电路的分支接地线分别接到总地线，可使各支地线的长度减到最短，因而有效地防止了地线电感和电容引起的干扰。但多点接地电路中由于各支地线呈串联形式接入总地线，当总地线在阻抗较大时会形成较严重的共地干扰，为此，本文采用四层板，用单独的一层作为接地层，使各电路尽量采用就近接地法。

2. 类似于接地系统，用单独的一层板作为电源层，各电路的电源系统，采用就近接电源法，并对每一部分电路的电源进行二次滤波，以避免各电路之间的相互干扰。
3. 模拟电源与数字电源，信号地和机壳地分开。

4. 差模信号线对尽可能彼此靠近，而远离其他信号线。
5. 差模信号线对尽可能保持长度宽度等相同。
6. 接收信号线与发送信号线彼此远离，彼此正交或中间用地隔开。
7. 信号线尽量远离晶振。
8. 机壳地的范围从电路板的前端（RJ45 和光收发一体模块的接口处）一直延伸到磁隔离模块处，除了外部接口和发光二极管信号以外，其他信号线并不经过该区域。
9. 构成各部分电路的元器件，彼此靠近，并尽量远离其它电路，以减小走线长度和各电路之间的干扰。
10. 尽量把 RJ45 和磁隔离模块靠近。

第五章 IST-100M-S/M 的调试与检测

5.1 概述

以电子线路为基础的各种电子产品及装置在安装完成后一般必须进行调试,才能正常工作;在调试过程或使用过程中往往会出现各种电路故障,必须经过检测,查出故障才能排除。因此调试和检测是保证电子线路正常工作的基本环节。

电子研制工作中的调试与检测技术通常包括调整、测试、检验、维修等多项工作,对研发人员有共同的要求:对电路原理的理解和分析,电子测量技术和相应仪器仪表设备的掌握以及安全防护。产品开发研制工作中始终离不开调试检测工作,技术方案确定后,调试和检测就是决定性的因素。

- 设计方案一开始,就需要对关键元器件进行样品测试、认证。
- 设计原理试验,离开对实验元器件和零部件的科学检测,往往会事倍功半。
- 实验过程,除了安装以外主要进行的试调试和检测工作。
- 方案的确认是建立在科学测试基础上的。
- 一旦电路出现故障,查询要几小时甚至几天,耗费的时间超过安装时间的数倍、数十倍,并不鲜见。
- 样机试制更是步步离不开调试和检测。

5.2 快速以太网光纤收发器的调试

5.2.1 概述

电子装配是将电子基础产品---电子元器件,按照特定的规则---电路原理---连接起来,使电路具有预期的功能而实现基础产品升值。使电子元器件的连接实现特定功能的关键一步是调试。

调试技术包括调整 and 测试两部分。调整,主要是对电路参数的调整。一般是对电路中可调元器件,例如电位器、电容器、电感等以及有关机械部分进行调整,使电路达到预定的功能和性能要求。测试,主要是对电路的各项技术指标和功能进行测量和试验,并同设计性能指标进行比较,以确定电路是否合格。调整与测试相互依赖、相互补充。通常统称为调试,是因为在实际工作中,二者是一项工作的两个方面。测试、调整、再测试、再调整,直到实现电路设计指标。

调试是对设计工作的检验,凡是设计工作中考虑不周或存在工艺缺陷的地方,都可以通过调试发现,并为改进和完善产品提供依据。

5.2.2 快速以太网光纤收发器性能测试

1. 测试用器材

2 台 PC 机, 2 块 100M 网卡, 2 台 IST-100M 快速以太网光纤收发器, 2 根 10 米长 5 类线, 2 根 5 米长 SC-UPC 光纤。

2. 测试用软件

测试快速以太网光纤收发器使用专用的网络性能测试软件 Netxray, 该软件是一个发展比较成熟的网络分析和监控软件, 功能很多, 本文测试只涉及传输速度和误码率的检测。

3. 测试方法

第一步:基本性能的测试

1. 将两个光纤收发器分别与两台计算机的网卡通过双绞线相连。
2. 光纤与收发器相连时, 应将每条光纤的一端与一台收发器的 TX 口相连, 另一端与另一台收发器的 RX 口相连。
3. 将收发器分别接 5 伏直流电源。
4. 测试基本性能:

将其中一台电脑在 WINDOWS 的开始菜单的运行程序中输入: ping 指令, 即: ping X-t, 其中 X 代表目的计算机的逻辑地址。当目的计算机有响应时, 源计算机屏幕上会出现类似 “Reply from 202.119.10.20: bytes=32 time=10ms TTL=243” 的响应。表示两个收发器能够工作。若网路不通, 有 ping 命令运行的计算机屏幕上会显示: Timed out。

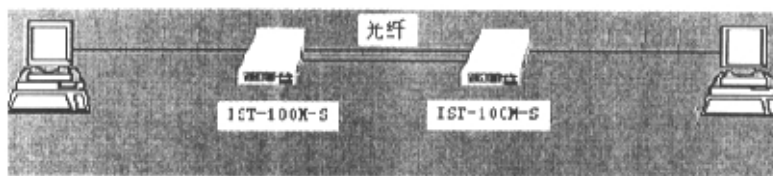


图 5-1 IST-100M-S/M 的性能测试

第二步: 传输速度与误码率的检测

方法: 在网络连通的前提下, 从一台计算机向另一台拷贝较大的文件。

I. Dashboard—Gauge:

Packets/s	0-2946	Utilization%	0-42	Errors/s	0-0
-----------	--------	--------------	------	----------	-----

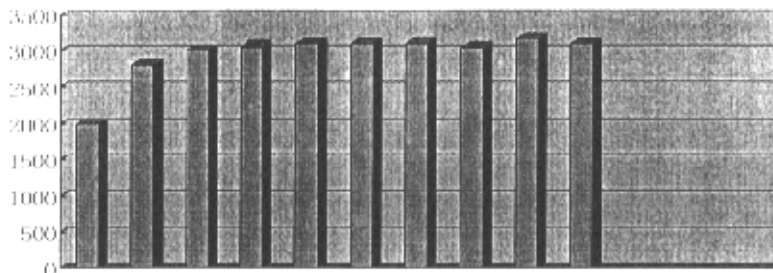
II. History: 1024-1518 Bytes/s

图 5-2 Netxray 的测试纪录

上述两表为笔者随机从产品性能测试记录中选取的一个例子, I 为仪表板的纪录, 可以看出网络传输包速率、网络利用率和误码率, II 为动态记录传输字节速率, 横轴为时间, 纵轴为速率。可见产品的传输性能稳定, 误码率低。出厂前, 每一个产品都要经过上述检验, 并备有详细的纪录, 经检验, 产品的误码率为百分之百的为零。

4. 影响 Netxray 软件所测网络性能的因素

利用 Netxray 软件所测的网络传输速率的大小受多方面因素的影响:

- 收发器进行介质转换的耗用时间
- 所用 PC 机的性能
- 所用 PC 机 CPU 繁忙程度
- 测试用软件的大小
- 网络拥塞情况

因此, 单凭该软件的测试并不能完全判定所测收发器的工作性能。当利用该软件比较不同收发器的性能时, 应保证使用性能相同 (最好是同一) PC 机, 并停止运行 PC 机的其他程序, 测试用的交换数据应该是相同的数据帧, 另外应使参与测试的各 PC 机没有与 Internet 或局域网内的服务器或其他 PC 机有数据交换。只有在这样的前提下, 才能比较出各产品性能的优劣。

5.3 快速以太网光纤收发器的故障检测

5.3.1 常用的电路故障检测方法

采用适当的方法,查找、判断和确定故障具体部位及其原因,是故障检测的关键。常用的检测方法有:

1. 观察法

观察法通过人体感觉发现电子线路故障,是最简单、安全的方法,也是各种仪器设备通用的检测过程的第一步。

观察法又分为静态观察法和动态观察法两种。静态观察法又称不通电观察法,即在电子线路通电钱通过目视检查找出某些故障。动态观察法也称通电观察法,即给线路通电后,运用人体视、嗅、听、触觉检查线路故障。

2. 测量法

测量法是故障检测中使用最广泛、最有效的方法。根据检测的电参数特性又可分为电阻法、电压法、电流法、逻辑状态法和波形法。

a. 电阻法 电阻是各种电子元件和电路的基本特征,利用万用表测量电子元件或电路各点之间电阻值来判断故障的方法称为电阻法。测量电阻值,有“在线”和“离线”两种基本方式。“在线”测量,需要考虑被测元件受其他并联支路的影响,测量结果应对照原理图分析判断。“离线”测量需要将被测元件或电路从整个电路或印刷板上拖焊下来,操作较麻烦,但结果准确可靠。电阻法对确定开关、接插件、导线、印刷板导电图形的通断及电阻器的变质,电容器短路,电感线圈断路等故障非常有效快捷,但对晶体管、集成电路以及电路单员来说,一般不能直接判定故障,需要对比分析或兼用其他方法,但由于电阻法不用给电路通电,可将检测风险降到最小,故一般检测首先采用。

b. 电压法 电子线路正常工作时,线路各点都有一个确定的工作电压,通过测量电压来判断故障的方法称为电压法。电压法是通电检测手段中最基本、最常用的方法。根据电源性质又可分为交流和直流两种电压测量。

c. 电流法 电子线路正常工作时,各部分工作电流是稳定的,偏离正常值较大的部位往往是故障所在。这就是电流法检测线路故障的原理。电流法有直接测量法和间接测量法两种。

d. 波形法 对交变信号产生和处理电路来说,采用示波器观察信号通路各点的波形是最直观、最有效的故障检测方法。波形法应用于以下三种情况:

波形的有无和形状；波形失真；波形参数

e.逻辑状态法 对数字电路而言，只需判断电路各部位的逻辑状态即可确定电路工作是否正常。数字逻辑主要由高低两种电平状态，另外还有脉冲串及高阻状态，因而可以使用逻辑笔进行测量。

3. 跟踪法

信号传输电路，包括信号获取（信号产生），信号处理（信号放大，转换，滤波，隔离等）以及信号执行电路，在现代电子电路中占很大比例。这种电路的检测关键是跟踪信号的传输环节。具体应用中根据电路的种类有信号寻迹法和信号注入法两种。

a. 信号寻迹法 信号寻迹法是针对信号产生和处理电路的信号流向寻找信号踪迹的检测方法，具体检测时又可分为正向寻迹（由输入到输出顺序查找），反向寻迹（由输出到输入查找）和等分寻迹三种。

b. 信号注入法 对于本身不带信号产生电路或信号产生电路有故障的信号处理电路采用信号注入法是有效的检测方法。所谓信号注入，就是在信号处理电路的各级输入端输入已知的外加测试信号，通过终端指示器（例如指示仪表、扬声器、显示器等）或检测一起来判断电路工作状态，从而找出电路故障。

4. 替换法

替换法使用规格性能相同的正常元器件，电路或部件，代替电路中被怀疑的相应部分，从而判断故障所在的一种检测方法，也是电路调试、检修中最常用，最有效的方法之一。实际应用中，按替换的对象不同，又有三种方法：元器件替换，单元电路替换，部件替换。

5. 比较法

有时用多种检测手段及实验方法都不能判定故障所在，并不复杂的比较法却能出奇制胜。常用的比较法有整机比较法、调整比较法、旁路比较法及排除比较法等四种方法。

上述的各种故障检测方法，是长期实践中总结归纳出来的行之有效的方法。具体应用中还要针对具体检测对象，交叉、灵活加以运用，并不断总结适合自己工作领域的经验方法，才能达到快速准确有效排除故障的目的。

5.3.2 快速以太网光纤收发器的故障检测

一、实验器材

2 台 PC 机、2 根 SC-UPC 光纤、2 根双绞线、100M 网卡、数字式万用表、示波器、电烙铁、焊锡丝、松香。

二、故障检测

1. 现象：网路通，但是有发光二极管当闪不闪或当亮不亮。

原因可能是：二极管正负极接反或本身已损坏。

检测方法：

在快速以太网光纤收发器断电状态下，在二极管和限流电阻的两端加正向或反向 5V 电压，看是否亮。亮则为前者原因，反之，为后者。

2. 现象：二极管亮度不够

可能的原因：

- 二极管本身性能有问题
- 限流电阻阻值不合要求
- 二极管的供电电路的电压不足

检测方法：

用直流电压法测二极管供电电路的电压，看电压是否为标准的电压值；用“在线”电阻法测限流电阻阻值是否为标定值；如果前两者都满足，则二极管本身性能有问题。

3. 现象：光口的 LINK 灯常亮

可能的原因：与 LINK 灯相连的排阻 PR2 虚焊。

4. 现象：网路不通，只有 POWER 灯亮

可能的原因：

1) 复位电路出错

检测方法：

方法一：在通、断电的瞬间用示波器观察 74LS04 的 1、2、3、4 引脚的波形。应当有脉冲信号，且 1、4 波形相似，2、3 波形也相似，但 1、4 与 2、3 的波形相反。

方法二：通电状态下用万用表直接测量 1、2、3、4 各脚电压，标准电压如下表所示：

引脚名称	1	2	3	4
电压	高	低	低	高

造成复位电路出错的原因可能有以下三种情况：

- C36 钽电容损坏
- 74LS04 本身已经损坏

● IN4001 二极管正负极接反或损坏

检测方法:

前两者用元器件替代法检测;后者先用观察法看是否正负极接反,如果不是,则需用元器件替代法检测。

2) 晶振损坏

检测方法:

利用示波器观察晶振的波形,正常情况下,晶振的振幅约为 920mV,频率为 25.000MHz.

3) IC 主芯片位置错位,造成短路

4) IC 主芯片引脚排列密集,焊接时造成 GND 或 VCC 脚与临近脚短接

3)、4) 检测方法都为观察法。

5) PR3 虚焊,造成配置有误。

检测方法:

方法一:通电状态下,测试 PR3 各引脚的电平。

各引脚电平正常时应如下表所示:

引脚	1	2	3	4	5	6	7	8
状态	高	低	低	低	低	低	低	低

方法二:断电的状态下,用万用表的电阻挡查排阻两端的阻值是否正常(700ohm~1kohm)。

6) 电阻电容等小型贴片元件有可能贴错或漏贴。

检测方法为静态观察法。

7) R28 与 R30 分别与 RBIAS 及 RLED 相连,要求严格,阻值应为: 12.8K 1%。

检测方法为离线电阻测量法。

8) PCB 板有短接(一般发生在 IC 或排阻处)。

检测方法为静态观察法。

5. 现象:网路不通,但是光口的 LINK 灯亮。

可能的原因:

- RJ45 已坏
- 16ST8515 坏或焊接有问题

检测方法:

首先用示波器观察 RJ45 的 1、2、3、6 各引脚的波形, 是否为 MLT3 波形; 如无 MLT3 波形, 则是 RJ45 损坏, 否则问题出在磁隔离模块 16ST8515 上, 用元器件替代法检测磁隔离模块。

6. 网路不通, 所有灯均不亮, 电源正负极短路

可能的原因:

- PCB 板本身有短路情况
- 电容有损坏或短路

检测方法:

前者需用观察法检测, 而后者则需用元器件替代法。

第六章 总结与展望

6.1 论文工作总结

近几年,各种宽带接入网技术都取得了长足的进展。光纤凭借其传输的高带宽和高可靠性,加上各种光纤技术的飞速发展,使得光纤宽带接入网成为接入网技术发展的必然趋势。然而,目前我国接入网应用最广泛的却是双绞线产品:分布合理、覆盖广泛、数量众多的用户双绞线为电信业务的开展奠定了基础,也是当前电信业务接入的主要手段。因此,目前我国的网络市场迫切需要既能充分利用光纤通讯产品的优势又可以很好的兼顾现有的广大双绞线用户利益的过渡性产品。快速以太网光纤收发器正是此类产品的最佳选择,成为当前市场的迫切需要。

本文充分吸收国外同类产品的优点,成功的开发出一种适合我国国情需要的快速以太网光纤收发器 IST-100M-S/M。产品已于 2001 年 4 月投入批量生产,并为合作单位赢得了丰厚的利润。现将本文的研究工作和研究成果总结如下:

1. 首先分析了接入网在信息网中的重要地位,说明了国内外接入网宽带化的发展趋势,指出:快速以太网光纤收发器既能充分利用先进的光接入设备,又考虑到我国绝大多数网络用户的实际情况,是接入网发展中必不可少的过渡性产品。
2. IST-100M-S/M 快速以太网光纤收发器采用模块化设计,支持热插拔操作;模块采用四层板,大大减少电磁干扰,同时改善了电路板的供电特性和散热特性;支持全/半双工自适应;设有状态指示灯,准确方便的判断网络故障;支持多种协议,兼容性良好。机箱设计吸取了国外著名产品的优点:选用开关电源,能够持续稳定的长时间工作,同时提供过压、过流保护,电源输出纹波小于 1%;采用自然通风孔散热;电源与主模块分别为独立的电路板,中间有良好的电磁隔离设置,避免了彼此的电磁干扰。IST-100M-S/M 快速以太网光纤收发器广泛应用于接入网和环型与链型骨干网中。
3. 双绞线与光纤凭借自己的优势分别拥有最广泛的接入网用户和最具潜力的市场前景;4B5B 编码和 MLT-3 编码分别是最适于快速以太网传输的光纤与双绞线中的编码形式。IST-100M-S/M 快速以太网光纤收发器的工作原理最根本的一条就是将来自双绞线的 MLT-3 信号转换成 4B5B 信号传送到光纤中,并把源于光纤的 4B5B 信号转换成 MLT-3 信号发送到双绞线中。
4. IST-100M-S/M 快速以太网光纤收发器的设计过程主要包括三大部分:核心芯片以及光收发一体模块的选择,原理图的设计和印刷电路板图的设计。核心芯片 IC 的选择是收发器设计的关键的一步,IC 的性能很大程度上决定了开发的产品的性能档次和价格。原理图和印刷电路版图的设计最根本的原则是在符合工作原理的前提下,使产品的性能达到最优。

5. 调试和检测技术是成功设计快速以太网光纤收发器必不可少的重要环节。调试与检测技术不仅需要深厚的理论知识,对电路板原理的深刻理解,更重要的是需要长期的高频电路板设计调试的宝贵经验,需要在实践中不断总结经验方法,才能准确快速的排除故障解决问题。调试和检测相辅相成,贯穿于整个设计过程。本文总结了众多成功人士以及自己在设计过程中的经验方法。

6.2 有关进一步研发的思考和展望

市场的需要是项目研究与开发的第一推动力。快速以太网光纤收发器已是目前宽带接入网的大势所趋;与此同时,作为快速以太网光纤收发器的重要用户,不少电信局逐渐提出了需要大量带网管功能的快速以太网光纤收发器。本文在选择核心芯片时,已经考虑到一些用户的这种需求,故选用了可以进一步扩展网管功能的 AL210 芯片。并且,本文在电路板的尺寸方面,考虑到今后开发网管功能的需要,在电路板上已预留出部分空间作后续开发用,这样在制作成本变化不大的前提下,即可以减少进一步开发的费用和时间,也可以大大减小机箱及相关的包装设备的设计成本,而且还便于仓管人员的对原材料的管理。在本文设计的产品的基础上,开发带网管功能的快速以太网光纤收发器还需要进一步做以下工作:

1. 硬件开发

笔者认为,在本文设计的基础上开发快速以太网光纤收发器的网管功能,需要在原电路板上增加一个可编程处理器用来处理网络管理信息,并通过另外一个接口与外部网络管理者交换网管信息。管理信息主要来源于 AL210 相应信息的引脚电平,例如与各状态指示灯相关的引脚电平,以及 PD 等引脚的电平。

2. 软件开发

快速以太网光纤收发器网管功能的软件开发包括两部分:一是上层网络管理者的图形化用户接口部分,另一部分是底层网络设备代理的嵌入式系统的信息处理部分。两者并非是两个孤立的个体,编程时应充分考虑两者之间信息交换的处理方式。

光纤具有宽带、远距离传输能力强、保密性好、抗干扰能力强等优点,是未来接入网的主要实现技术。全光纤接入网是指光纤直接连接到用户,中间没有其他传输媒质的应用场合,一般仅需要一至二条用户线,短期内经济性欠佳,但却是长远的发展方向 and 最终的接入网解决方案。因此,虽然快速以太网光纤收发器具有很大的市场潜力,但却是接入网宽带化发展的一个阶段性的过渡产品。随着光纤技术的不断发展,光纤价格大幅度下降是一种必然结果,因此光纤最终会取代铜线而实现光纤到用户桌面的全光网络。

致 谢

论文终于完成了，在此，向所有关心帮助过我的老师、亲友及同学表示衷心的感谢。

首先十分感谢我的导师吴洪涛教授，感谢导师在学习上的悉心指导和生活上无微不至的关心。吴老师渊博的知识、严谨的治学态度与开拓创新的精神，激励我不断前进。

我无比感谢我的副导师李桥梁老师，感谢老师不仅为我创造各种实践与锻炼的机会，一点一滴地耐心教给我专业知识，而且言传身教，教给了我生活的道理和做人的准则。师恩永生难忘！

我还要感谢广州英赛特光电科技有限公司的戴君经理及彭俏芬经理，是他们使我懂得了社会需要是科技发展的动力，是他们使我养成了严谨勤奋的工作作风。

论文的完成，离不开原 503 教研室全体教职员工的 support，在此表示感谢，特别是感谢赵东标教授、游有朋副教授、赵雪冬老师对我的热心帮助与深切关怀。同时，感谢姚裕、熊启家、李鹭扬等博士及丁学明、张春晓、黄维丰、童万军、王超群等硕士的帮助和支持。

最后，我要感谢我的男友柳柱，感谢他多年来对我的最诚挚与坚定的支持。

谨以此文献给我深爱的父母，祝愿父母安康幸福！

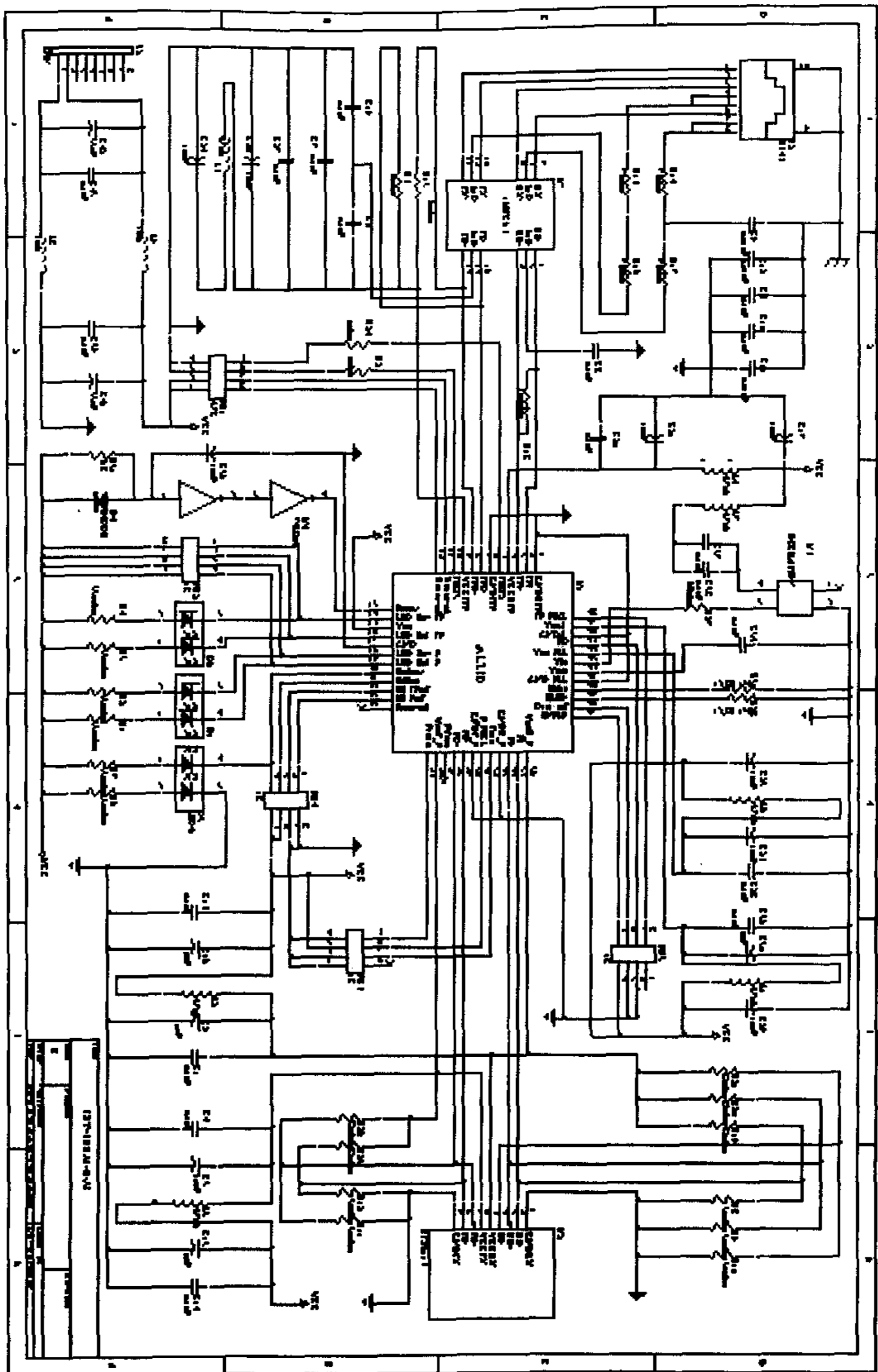
攻读硕士期间发表的论文

1. 刘静，李桥梁，吴洪涛，光纤收发器的设计，淮海工学院学报（已录用）
2. 刘静，柳柱，李桥梁，吴洪涛，光纤收发器重要元器件的选择，电子工程师，2001 年第 10 期
3. 刘静，李桥梁，吴洪涛，快速以太网光纤收发器的设计方法，电子工程专辑，2001 年第 12 期
4. 李桥梁，刘静，张晓峰，黄卫清，吴洪涛，嵌入式系统中网络通信协议的选择，2000 年第 8 期

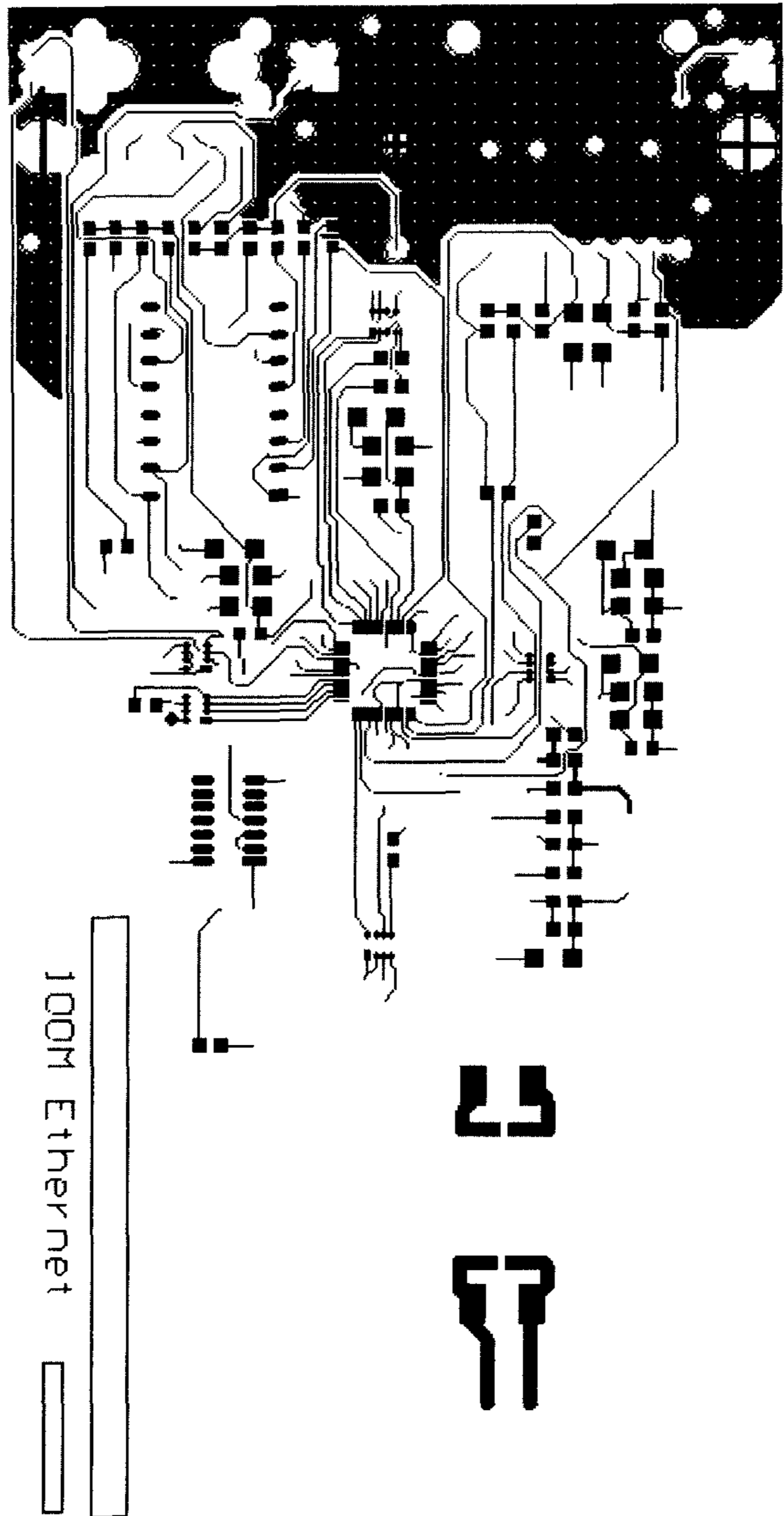
参考文献

1. TERRY OGLETREE. Upgrading And Repairing Networks. Second Edition. Publishing House of Electronics Industry. 2001,01
2. ANDREW S .TANENBAUM. Computer Networks. Prentice-Hall International, Inc. Third Edition. 1997,02
3. Specifications for Data Encoding.
<http://www.wildpackets.com/compendium/FE/FE-Encod.html>
4. Dr. Howard Johnson. High-Speed Digital Design. Vol. 2. Issue 22.
http://www.signalintegrity.com/news/2_22.htm
5. AL210 Fiber Media Converter IC Product Brief.
<http://www.allayer.com/products.html>
6. AL210 Data Sheet - Note: 175 Kbytes file size. <http://www.allayer.com/products.html>
7. AB003 - AL210 Media Converting Applications.
<http://www.allayer.com/products.html>
8. AB004 - Managed Media Converters Using the AL210.
<http://www.allayer.com/products.html>
9. ml6651 - 10/100Mbps Ethernet Fiber and Copper Media Converter with Auto Negotiation.
<http://www.microlinear.com/products.htm>
10. dp83843BVJE HPYTER.
<http://www.national.com/products.htm>
11. Agilent hfct-5103B/D SC Duplex Single Mode Transceiver
<http://www.agilent.com/products.htm>
12. KS8998 Octal 10/100 Switch with PHY.
<http://www.kendin.com/products.html>
13. 邬贺铨. 宽带化---接入网技术在新世纪生存能力的考验.
<http://www.lhtelecom.com.cn/knowledge/zyjs/jrxt/scnl.htm>
14. 周起河. 中国接入网发展建设策略.
<http://www.lhtelecom.com.cn/knowledge/zyjs/jrxt/jscl.htm>
15. 付军, 李树新. 全业务接入网.
<http://www.lhtelecom.com.cn/knowledge/zyjs/jrxt/qywjrwm.htm>
16. 熊四皓. 接入网设备供电技术及其发展.
<http://www.lhtelecom.com.cn/knowledge/zyjs/jrxt/gdjs.htm>
17. 车力军. 接入网技术发展透视.
<http://www.lhtelecom.com.cn/knowledge/zyjs/jrxt/fzts.htm>
18. 何起韩. 现代通信与用户接入网.
<http://www.lhtelecom.com.cn/knowledge/zyjs/jrxt/xdtx.htm>
19. 陈冬, 戴琼海. 宽带接入网的现状与发展.
http://www.bbnc.com.cn/dig_library/techinfo/docsource/source/magiclantern/jieruwan/index.htm
20. 孟树森. 北京电信宽带接入网的建设.

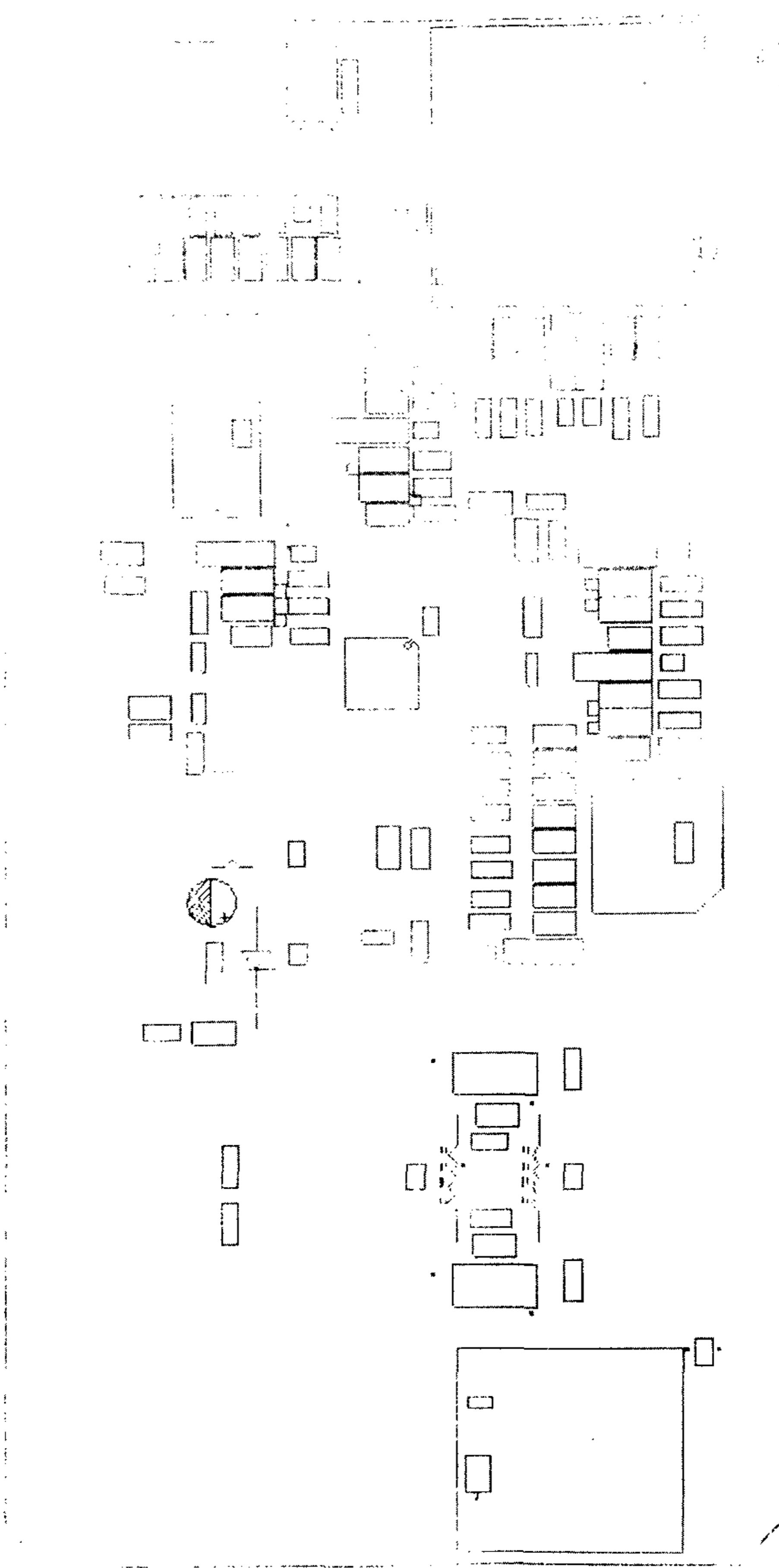
- http://www.catvshow.com/tech_center/solution/dian_xin.htm
21. 发展我国宽带接入网的建议.
<http://www.cn-ef.com/cydx/1314.htm>
 22. 如何构建宽带接入网.
<http://etc.elec.bnu.edu.cn/application-development8/howto.htm>
 23. 宽带接入网技术解析.
http://www.chinatelecom.com.cn/tel_learn/tel_learn_zhishi/tel-learn-zhshi-323.htm
 24. 宽带接入网技术.
<http://www.gsptt.gs.cninfo.net/dxyw/kdjr.htm>
 25. 张公忠. 现代网络技术教程. 北京: 清华大学出版社. 2000, 01
 26. 王天曦, 李鸿儒. 电子技术工艺基础. 北京: 清华大学出版社. 2000, 06
 27. 徐鹏根. 电磁兼容性原理及应用. 北京: 国防工业出版社. 1996, 04
 28. 汤元信, 刘元法. 电子工艺及电子工程设计. 北京: 北京航空航天大学出版社. 1999, 07
 29. 高维昉, 史先武, 王秀山. 现代电子工艺技术指南. 北京: 科学技术文献出版社. 2001, 02
 30. 吴汉森. 电子设备结构与工艺. 北京: 北京理工大学出版社. 1995, 9
 31. [日]饭高成南, 椎名晴夫, 田口英雄. 晶体管电路. 北京: 科学出版社. 2000, 1
 32. [日]雨宫好文, 小柴曲居. 放大电路. 北京: 科学出版社. 2000, 1
 33. [日]饭高成南, 椎名晴夫, 田口英雄. 数字电路的计算. 北京: 科学出版社. 2000, 1
 34. [日]雨宫好文, 小柴曲居. 振荡/调制解调电路. 北京: 科学出版社. 2000, 1
 35. 罗伟雄, 韩力, 原东昌, 丁志杰. 通信原理. 北京: 北京理工大学出版社. 1999, 8
 36. 刘聘. 高频电子技术. 重庆: 重庆大学出版社. 2000, 8
 37. 上海市科学技术委员会. 网络通信技术实用大全. 上册. 上海: 上海科学技术文献出版社. 1999, 8
 38. 吴国新, 吉逸. 计算机网络. 南京: 东南大学出版社. 2000, 8
 39. 王柏. 智能网教程. 北京: 北京邮电出版社. 2000, 7
 40. 杨放春. 智能化现代化通信网. 北京: 北京邮电出版社. 1999, 9
 41. 纪越峰. 综合业务接入技术. 北京: 北京邮电出版社. 1999, 11
 42. 梁怀璧. 仪器设备的接地和屏蔽技术. 北京: 科学普及出版社. 1988, 4
 43. 雷振烈. 电子设备的防干扰技术. 天津: 天津科学技术出版社. 1985, 6
 44. 高攸纲. 通信设备上的电磁影响. 北京: 人民邮电出版社. 1984, 9
 45. 胡斌. 电子线路与电子技术. 济南: 山东科学技术出版社. 1999, 6
 46. 刘静, 李桥梁, 吴洪涛, 快速以太网光纤收发器的设计方法, 电子工程专辑, 2001 (12): 37-43
 47. 刘静, 柳柱, 李桥梁, 吴洪涛, 光纤收发器重要元器件的选择, 电子工程师, 2000 (10): 57-59



附录一 IST-100M-S/M 原理图



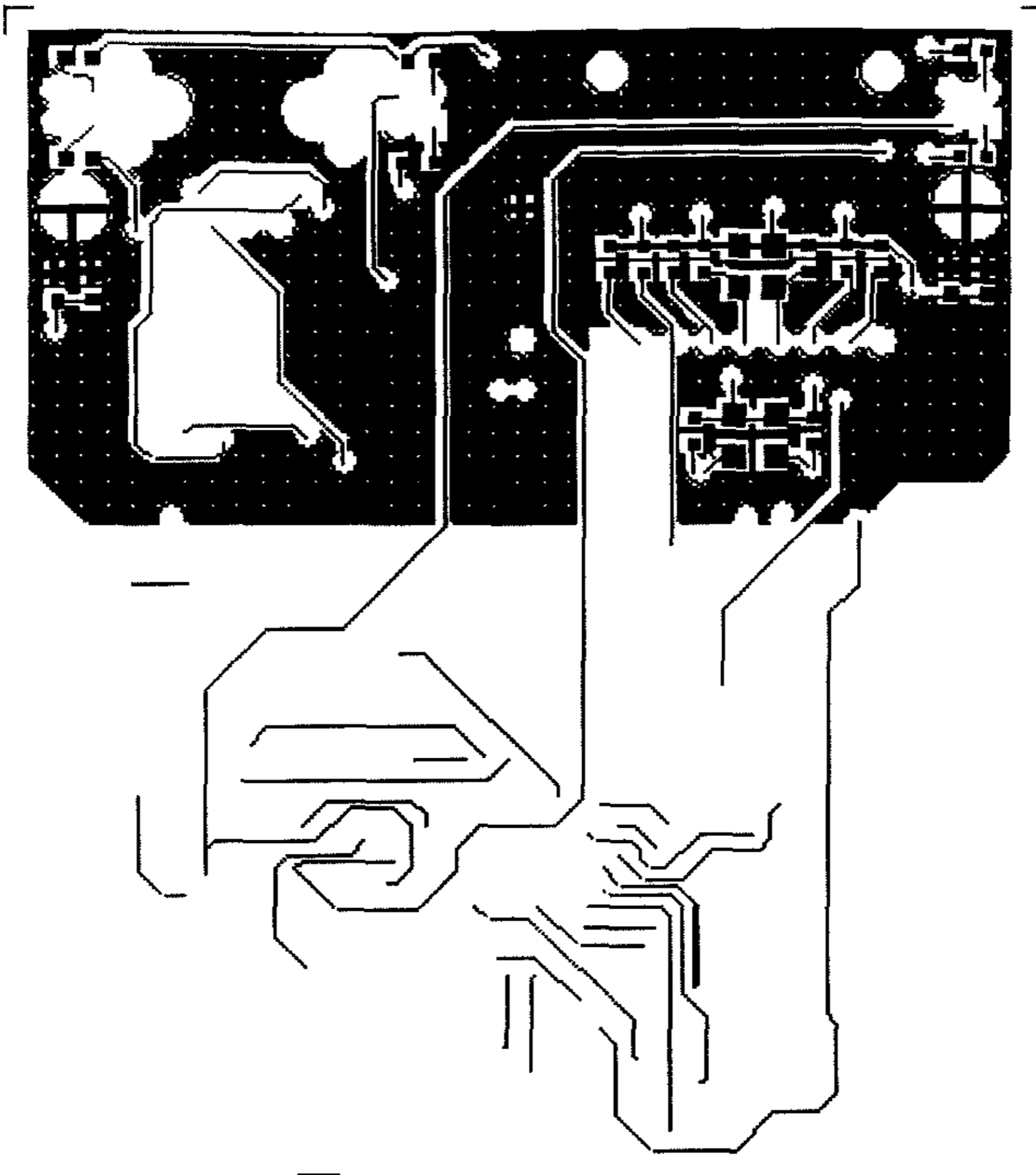
附录二 IST-100M-S/M PCB TOP LAYER



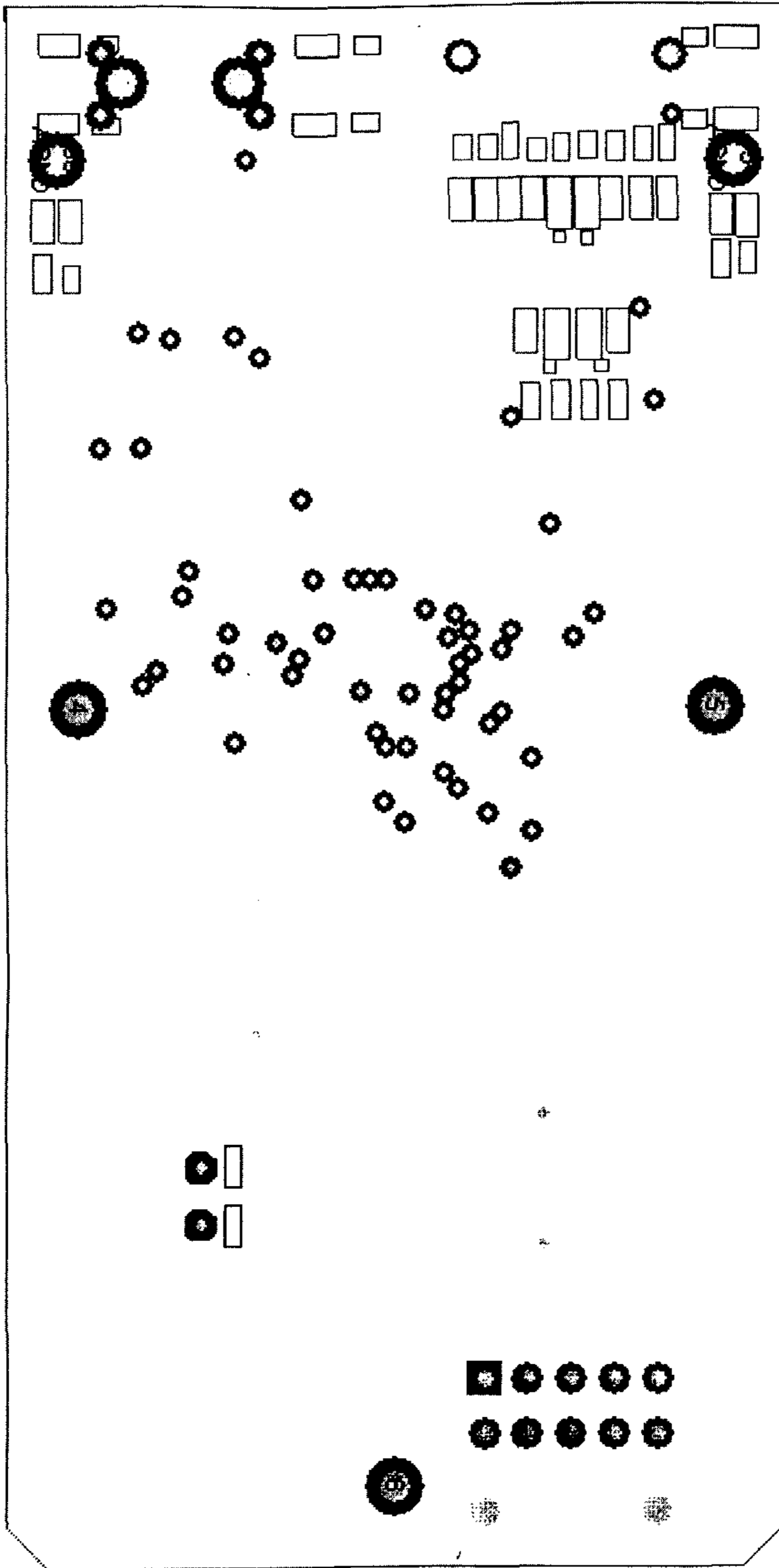
附录三 IST-100M-S/M TOP OVERLAY LAYER



附录四 IST-100M-S/M PCB TOP SOLDER&PASTE LAYER



附录五 IST-100M-S/M PCB BOTTOM LAYER



附录六 IST-100M-S/M PCB BOTTOM OVERLAY&SOLDER&PASTE LAYER