

光收发模块分立元件实现方法探讨

夏飞 游佰强

(厦门大学电子工程系 厦门 361005)

摘要 回顾了光收发模块的发展,分析了模块的结构、工作原理和各个主要部分的功能,有针对性地对集成设计中的元件进行了取舍,讨论以分立元件实现光收发模块的具体方案、元件选取原则,给出了模块的 155M 分立元件光收发一体化设计实例,分析了工作频率、分布参数对分立元件设计的影响,指出了设计中可能遇到的问题,探讨了更高速分立元件设计实现的可行性。

关键词 光收发合一模块 分立元件 高速放大 自动功率控制 PECL 电平 TTL 电平
中图分类号 TN929.11 **文献标识码** A

1 引言

目前国内外已经出现了各种利用国外集成芯片制造的光收发一体的模块,由于欠缺底层设计探讨,对器件设计和国产化留下了隐患。其次随着国外各类光通信集成芯片和光模块技术的不断成熟,市场的竞争也越来越激烈,因而在各种技术指标相差无几的情况下,价格便成为了光模块市场上最重要的因素。本文以降低光收发合一模块的成本为目的,讨论了用分立元件代替 IC 芯片来制作光收发模块的技术,同时也为进一步开发国产化高速集成芯片打下了基础。

2 光收发模块现状概述

光收发一体模块(Transceiver)的产品问世已有好几年历史,它是实现光电、电光转换并具有独立发射驱动和接收放大的光电系统,可将传统的分离发射、接收组件合二为一密封在同一管壳内,使收发功能合一,并且符合电信传输标准。光收发一体模块具有体积小、功能完善、可靠性和标准化程度高等诸多优点。自从 1999 年前后面世以来,光收发一体模块产品已经成为各类光通信系统接口部分的核心光器件,对低速和中短距离传输系统中尤为如此。

3 常见的光收发合一模块实现方法

由于驱动和放大 IC 的迅速发展,使用 IC 芯片已

收稿日期:2003-11-16

作者简介:夏飞 男,1978 年生,在读硕士

经完全能够满足光收发合一模块的各种性能指标参数的需求。特别是 MAXIM 与 Philips 公司的各种速率的产品已经非常成熟,市场上大多数的光模块使用的是这两家的芯片,而且不断有新的产品问世,使得性能更好、体积更小。因而现在绝大部分的光收发模块使用驱动 IC 和放大 IC 来实现。用 IC 实现光收发合一模块的示意图如图 1 所示。

虽然使用驱动、放大 IC 实现光收发合一模块有很多的优点,例如技术成熟、性能指标好、工作稳定等,但是面对目前竞争如此激烈的模块市场,这种方法的缺点也是不容忽视的,那就是生产成本较高。如图 1 所示,一个光收发合一模块的成本主要包含四大部分,即驱动 IC、放大 IC、激光器和探测器,而激光器和探测器在光收发模块中是必不可少的。因此想要降低成本就必须要从驱动和放大 IC 着手。

4 光收发一体模块分立元件实现法

如上所述,目前采用的驱动 IC 和放大 IC 实现光收发模块的方法的缺点就是成本高,并且不能自如 F 控制底层参数。本文利用分立元件如分立的三极管、运放搭成的简易电路取代发送部分的驱动 IC 和接收部分的放大 IC,在不影响产品质量的基础上,根据不同的工作要求,以最经济实用的设计来进行,实现降低成本的目的。下面就模块的各个关键部分进行讨。

4.1 发射驱动部分

主要分析目前国内外流行的一体化模块中对发射部分的激光器驱动的两个部分:一是对输入的差分信号实现高速放大的电路;二是对激光器的平均功率进行控制的自动功率控制电路(APC),其主要目的是调整激光器的偏置工作点,控制激光器的平均发射功率。而目前驱动 IC 里普遍存在的自动温度控制电路(ATC)在优化前面两个设计点基础上则可考虑省去。

以 155Mb/s 速率的模块分析为例进行设计,模块驱动电路的放大部分主要元件是一对高速三极管,对输

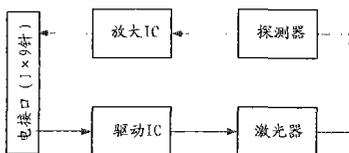


图 1 光收发合一模块方框图

人的差分信号实现高速放大,这是激光驱动电路中最为核心的部分,因而这对三极管的性能如何将会直接影响到激光器驱动部分的性能。对高速三极管的速度最低要求是下限频率为 200MHz,其截止频率为 2GHz。我们选用高速三极管时要注意其品质因素(增益带宽积),必须大于 2GHz 才能够满足 155Mb/s 速率的要求。另外由于电路中没有温度补偿的电路控制,因此三极管和运放的温度范围也要尽量宽。模块的使用温度范围一般为 0~75℃,而真正决定其温度范围的主要取决于器件的适用温度。信号放大电路图如图 2 所示。其中 Q1 和 Q2 为两个高速三极管形成的差分对,对输入的差分信号进行高速的放大。R1 和 R2 为三极管的偏置电阻。R_MOD 是一个很重要的电阻,因为激光器是使用电流进行调制的,所以需要将输入的电压信号通过这个电阻调制到电流上,从三极管的集电极输出来驱动激光器,我们可以根据需要来调节这个电阻以得到大小不同的激光调制电流,从而可以调节收发模块的消光比参数。C2 和 C3 是用来隔离直流部分的电容。在这里我们只使用单端输出,调制电流由 Q1 管的 C 极输出到激光器的负端(LD-)。

模块驱动电路的自动功率控制(APC)部分主要有两个作用。一方面是提供激光器所需要的偏置电流。另一方面是对激光器实现自动功率控制,使激光器的平均功率在外界工作环境发生变化的情况下保持稳定。由于激光器的阈值电流 I_{th} 会随着 LD 的老化或温度的升高而加大,这样使得输出光功率会随之发生变化。为了使输出的光功率稳定,在模块电路里必须采取自动功率控制(APC)和温度控制电路(ATC)。自动功率控制电路的形式很多,一般可以从两个方面着手:一是控制 LD 的偏置电流 I_0 ,使其自动跟踪 LD 阈值电流 I_{th} 的变化,从而使 LD 总是被偏置在最佳工作状态。二是控制脉冲调制电流的幅度 I_m ,使其自动跟踪 LD 老化引起的微分子量子效率的变化。本文所述的 APC 电路采用的是第一种方法,通常是利用一个光

电二极管监测激光器的背向光,测量其输出功率的大小,并以此控制激光器的偏置电流,这样构成一个负反馈环路,达到稳定输出光功率的目的。本文模块电路的 APC 电路中的负反馈回路由运放组成的负反馈比较器构成。由于激光器背向光信号输入前,经过了一个电容进行积分,这使得对运放的带宽要求大大降低,采用普通运放即可。APC 部分电路图如图 3。图中 R4、R5、R6、R9 为运放的偏置电阻。R_{APC} 为 APC 控制电阻,控制直流偏置的输出。激光器的背光电流由激光器的 PD+ 输出到单运放的 +IN 端,当激光器受到外界温度或其它因素影响时,激光器的背光电流就会产生变化。而从 PD+ 输出到单运放的背光电流的变化便影响到 R_{APC} 电阻两端的电压的变化。从而使得运放的输出电流产生改变,并且是负反馈效应,即背光电流变大时,输出的直流偏置电流变小,进一步调整激光器到稳定状态,从而实现了自动的功率控制。运放的输出经过一个电感和一个电阻组成的滤波电路后作为激光器的偏置电流输入到激光器的 LD- 端。

4.2 接收放大部分

这一部分电路的主要作用是对探测器接收到的小信号进行放大。目前比较成熟的技术是用放大 IC 来实现,且市场上中低速率的放大 IC 种类有很多,如 MINDSPEED 公司的 MC2045 等。由于放大芯片价格比较低,因而我们可以采用在发射部分使用分立元件实现,而接收部分使用放大 IC 芯片的方法。这种做法对成本的影响不是很大,而且由于 IC 技术的成熟,使得使用此法的模块的接收性能参数会更好,更稳定。

另一种做法便是使用高速的运放元件对小信号进行放大。这种做法更适合于用在 TTL 电平的情况下。同理由于工作在高速率条件下,因而对运放的速度有最低要求,以 155M 模块为例要求其下限频率为 200MHz,其截止频率 2GHz。由于分立元件主要是用在中低速率的光收发模块中,以起到降低成本之用。一般最高就用在 155M 速率的模块中,所以选择频率为

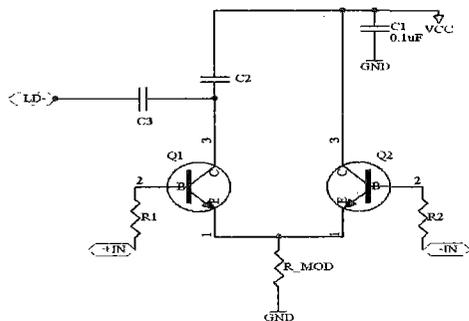


图 2 差分信号放大电路

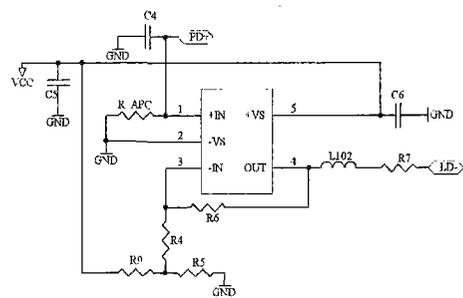


图 3 模块 APC 电路

光收发模块分立元件实现方法探讨

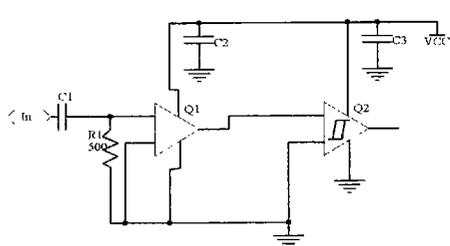


图4 接收放大电路

200MHz 的运放即可。其电路图见图4。

图中关键的元件是一个高速运放 Q1 和一个施密特触发器 Q2。使

用 Q1 对探测器输出的小信号进行高速的放大。而 Q2 对 Q1 输出的放大信号进行整形输

出。C1 和 R1 组成的滤波电路对探测器输出的小信号进行滤波。C2 和 C3 为电源的滤波电容。图4所示的放大电路适合于 TTL 电平的信号输出。

5 TTL 电平的分立元件模块

目前多数模块的工作电平为 PECL 电平。PECL 是由 ECL 标准发展而来的，最早是由 MOTOROLA 公司提出，经过很长的一段时间才在电子工业界推广开。PECL 信号摆幅较小，因而更适用于高速数据的串行和并行连接。

但是由于目前很多的电路中使用的是标准的 TTL 电平，因此在使用一般的光收发模块时需要加上 PECL 与 TTL 电平的转换电路，这就使得模块外围的电路比较臃肿，使用也不是很方便。因此，需要直接在 TTL 电平下的光收发模块。但是由于 TTL 信号特性的限制，使得工作于 TTL 电平的模块的速率不能太高，业内一般认为 TTL 电平的模块最高速率为 84M，只能适合低速的用途。

一般开发 TTL 电平的光收发模块的方法有如下几种：

(1) 直接使用工作于 TTL 电平的驱动和放大 IC 这种方法的优点就是简单，只需要做好 IC 的外围电路即可。但是目前工作于 TTL 电平的驱动和放大 IC 很少，很难找到合适的 IC 芯片。据了解，PHILIPS 公司有提供这种工作于 TTL 电平的驱动 IC。

(2) 使用工作于 PECL 电平的驱动和放大 IC，在模块电路里再加上 PECL 和 TTL 电平转换 IC 这种方法的优点也是简单，目前使用 PECL 电平的驱动和放大 IC 的方法已经非常成熟。再加上一个简单的电平转换电路即可。其缺点也是显而易见的，因为模块电路板的尺寸是固定的，如 155M 的 1×9 针封装的模块，长只有 20 多个毫米，宽只有 10 多个毫米。在如此小的电路板上，要装下两片 IC 和它们的外围电路，已经是非

常的拥挤了，如果再加上一片电平转换 IC，则布板的难度将会大副提高。并且成本也会相应增加，对于竞争如此激烈的模块市场，这种做法不可取。

(3) 使用分立元件实现光收发模块 这种方法最重要的优点便是成本低。但是也同上面所述的一样，相比较来说，没有使用 IC 的模块稳定和可靠性高。不过，在一般的环境条件下，由分立元件做成的模块已经足够胜任了。

当工作于 TTL 电平时，以上面我们讨论的为为基础，发射部分的电路由于是由简单三极管和单运放组成，因此若将三极管参数选用合适，该电路也适用于 TTL 电平。而接收部分的运放也可以选择工作于 TTL 电平下的产品，例如 TEXAS INSTRUMENTS 公司 TL3016 等，其电路图比较简单，类似于上面讨论的接收部分的电路图。这里不再赘述。

6 分立元件模块的 PCB 布板

当电路原理图完成后，下面的工作便是布电路板了。对于 155M 直至 1.25G 类型的分立元件模块设计直接按传统的 PCB 软件设计即可。目前集成的光收发模块的电路板一般都是使用四层板，中间两层铺上铜，分别用于接地和电源，用以消除电路板的噪音干扰，这是针对高度集成化的芯片设计所决定的方案。而对于我们分立元件模块设计方案，为了降低成本，只要设计布局合理，我们认为在布板时可以考虑只使用两层板，省去中间两层，满足大众化产品要求即可。在相同的工作频率下，器件设计的总体尺寸大小也决定了设计的复杂程度，分立元件电路没有采用镜像电流源等有源负载，而是直接以一个电阻代替，因此对电阻的精度要求就比较高了，而调制电阻精度尤为重要。具体调试时，调制电阻相差三四十欧姆对眼图的影响都比较大。对于更高频率的设计，在布板时要充分考虑分布参数的影响，可以根据基本传输线理论进行估算，只要优化厚度和布局、设计合理，同样可行。

7 结束语

本文探讨的分立元件设计光收发一体化模块是基于现代成熟的电路设计基础进行的，充分优化组合了集成模块中各个部件，考虑了工作频率、环境、用户及市场要求，成功地对 155M 光收发模块进行了设计。综合射频电路和分布参数设计技术，将为进一步开发 1.25G~10G 产品奠定基础。