



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103281132 A

(43) 申请公布日 2013. 09. 04

(21) 申请号 201310196860. 2

(22) 申请日 2013. 05. 24

(71) 申请人 青岛海信宽带多媒体技术有限公司
地址 266555 山东省青岛市经济技术开发区
前湾港路 218 号

(72) 发明人 王斌 赵平 吴锡贵 张华

(74) 专利代理机构 北京市京大律师事务所
11321

代理人 黄启行 方晓明

(51) Int. Cl.

H04B 10/40(2013. 01)

H04B 10/25(2013. 01)

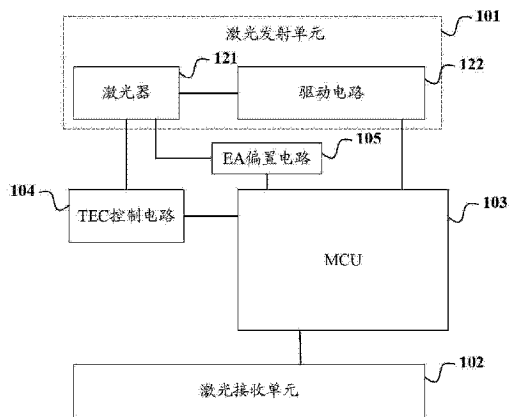
权利要求书2页 说明书10页 附图3页

(54) 发明名称

应用于宽温度范围中的光模块及其工作温度调节方法

(57) 摘要

本发明公开了一种应用于宽温度范围中的光模块及其工作温度调节方法,所述光模块包括:激光发射单元,其包括激光器以及驱动电路;所述激光器的光功率预先校准到特定的光功率范围内;MCU 和 TEC 控制电路,所述 MCU 用于在获取温度传感器检测的温度值后,确定获取的温度值所对应的工作温度设定值;根据确定出的工作温度设定值,控制 TEC 控制电路调节激光器的工作温度为相应的温度。由于允许激光器的工作温度在一定范围内随环境温度相应变化,从而节约了加热或制冷的功耗;并且,预先将光功率校准到一个合适的范围,使得光功率在激光器的工作温度变化范围内仍可满足要求,而不必对 BIAS 电流进行补偿,更进一步节约了补偿功耗。



1. 一种应用于宽温度范围中的光模块及其工作温度调节方法,包括:

激光发射单元,其包括激光器以及驱动电路;所述激光器的光功率预先校准到特定的光功率范围内;

微程序控制器 MCU 和 TEC 控制电路,所述 MCU 用于在获取温度传感器检测的温度值后,根据预先存储的温度值与工作温度设定值之间的对应关系,确定获取的温度值所对应的工作温度设定值;根据确定出的工作温度设定值,控制所述 TEC 控制电路调节所述激光器的工作温度为相应的温度。

2. 如权利要求 1 所述的光模块,其特征在于,所述激光器的消光比预先校准到特定的消光比范围内。

3. 如权利要求 1 所述的光模块,其特征在于,所述光功率范围具体为:-1dBm ~ -0.5dBm。

4. 如权利要求 1-3 任一所述的光模块,其特征在于,所述消光比范围具体为:6.5dB ~ 7.5dB。

5. 如权利要求 4 所述的光模块,其特征在于,还包括:EA 偏置电路,为所述激光器提供 EA 偏置电压;以及

所述 EA 偏置电路输出的 EA 偏置电压预先校准为满足通道代价指标要求的最大电压值。

6. 如权利要求 5 所述的光模块,其特征在于,所述温度传感器内置于所述 MCU 中;以及所述激光器具体为 EML 激光器。

7. 如权利要求 6 所述的光模块,其特征在于,所述 TEC 控制电路具体包括:

分压电路,与所述激光器内置的热电偶串联;

标准电压输出电路,用以输出标准电压到所述分压电路以及与其串联的热电偶上;

电压比较电路,其一个电压输入端,与所述分压电路和所述热电偶的连接点相连,用以获取所述分压电路上的电压,另一个电压输入端接入所述 MCU 确定出的工作温度设定值从其 DAC 输出端口输出的电压;所述电压比较电路比较两个电压输入端的电压,得到两者的电压差,将电压差从其输出端输出;

电压调节电路,其输入端与所述电压比较电路的输出端相连,根据所述电压比较电路输出的电压差,调节其输出端输出到所述激光器内置的 TEC 的电压。

8. 如权利要求 6 所述的光模块,其特征在于,还包括:

激光接收单元,用以根据所述光模块接收的光信号,将其转换为相应的电信号输出;

电源缓启动电路和 DC-DC 电源电路,所述电源缓启动电路接收 3.3V 电源供电后为所述激光接收单元、激光发射单元、MCU、TEC 控制电路、EA 偏置电路、DC-DC 电源电路供电;

所述 DC-DC 电源电路接收所述电源缓启动电路的供电后,输出 1.8V 电压为所述驱动电路和所述激光接收单元中的限幅放大电路的内核供电;

CDR 电路,用以将所述激光接收单元输出的电信号进行整型;以及

所述 MCU 还用于在保证信号质量的前提下控制所述 CDR 电路旁路。

9. 一种光模块的工作温度调节方法,包括:

光模块中的 MCU 在获取温度传感器检测的温度值后,根据预先存储的温度值与工作温度设定值之间的对应关系,确定获取的温度值所对应的工作温度设定值;并

根据确定出的工作温度设定值,控制所述 TEC 控制电路调节所述激光器的工作温度为相应的温度;

其中,所述光模块中的激光器的光功率预先校准到特定的光功率范围内。

10. 如权利要求 9 所述的方法,其特征在于,所述激光器的消光比预先校准到特定的光功率范围内;以及

所述光模块中的 EA 偏置电路输出的 EA 偏置电压预先校准为满足通道代价指标要求的最大电压值。

应用于宽温度范围中的光模块及其工作温度调节方法

技术领域

[0001] 本发明涉及光纤通信技术,尤其涉及一种应用于宽温度范围中的光模块及其工作温度调节方法。

背景技术

[0002] 近年来,随着增强型 8.5G 光纤通道和 10G 以太网高速光网络协议的快速发展,对超高速率光收发模块的需求日益增加,同时对模块端口密度以及功耗的要求也越来越高。

[0003] 10Gbit/s 光收发模块在过去的几年里,经历了从 300pin MSA、XENPAK (万兆以太网)、XPAK、X2、XFP 光模块(万兆以太网光收发模块)到 SFP 光模块(千兆以太网光收发模块) + 的转变。SFP+ 光模块作为 SFP (small form-factor pluggables,小型可插拔)光模块的升级版本,符合 IEEE802.3AE/AQ 和 8G/10G 光纤通道协议规范,与 XFP 相比模块尺寸减小 40%,具有更高的端口密度和更低的功耗,传输距离也从 300m 增加到 10km、40km 和 80km。

[0004] 现有技术中的 SFP+ 光模块在长距离(例如 40km 和 80km)传输时,需要采用损耗较小的窗口波长进行传输才能保证通信传输的接收灵敏度要求,一般采用 1550nm 单模光纤进行传输。同时直接调制会产生严重的激光啁啾现象,(激光器的偏置电流被信号调制,光频发生偏移和抖动)。啁啾效应会产生严重的失真。这种失真,随传输距离、传输带宽和频道数的增加而变得非常严重。综合以上因素,长距离 SFP+ 通常采用 1550nm 的外调制激光器,例如使用较普遍的 EML (Electroabsorption Modulated Laser,电吸收调制镭射)激光器。EML 激光器的特性会随工作温度的变化发生较大的变化,使得光信号的功率、波长等参数发生很大的变化,眼图质量也变得很差;通过光纤传输之后的信号质量也会很差,误码率变大从而影响通信的质量和可靠性。通常情况下为保证光信号的质量,就需要保持 EML 激光器发射的激光的光功率和消光比恒定,激光的波长的变化不超过预定的范围;由此,需要保持 EML 激光器的工作温度的恒定。

[0005] 现有技术中,需要进行长距离传输的 SFP+ 光模块如图 1a 所示,通常采用内置有 TEC 的激光器,如 EML 激光器。光模块中的 TEC (Thermoelectric cooler,热电制冷器)控制电路用于保持激光器内的温度恒定,即保持激光器的工作温度恒定。具体地,激光器中还内置有热电偶,随着温度的改变,热电偶的阻值也会相应改变;TEC 控制电路通过检测激光器内置的热电偶的阻值,闭环调节激光器内置的 TEC 进行加热或制冷,使得激光器内的温度保持恒定。

[0006] 然而,在 70°C 以上的高温环境或 -5°C 以下的低温环境中,如果采用上述的加热或制冷的方法使激光器内的温度保持恒定,则需要耗用较大的电流;由于需要耗用较大的电流,这对体积小、元件密度高的 SFP+ 光模块的功耗和散热性能提出了难以实现的要求;下表 1 示出了不同温度环境下,对光模块所耗最大电流的限制:

[0007] 表 1

[0008]

温度范围	最大电流
-5℃ ~ +70℃(商业级)	< 450mA
-40℃ ~ +85℃(工业级)	< 570mA

[0009] 因此,采用上述保持激光器温度恒定技术的长距离 SFP+ 光模块在更宽的温度范围工作时,例如工业级温度(-40℃~+85℃),70℃以上的高温环境或-5℃以下的低温环境中工作时,用来给 EML TOSA 进行加热和制冷的 TEC 电流超过光模块内部 TEC 功能电路的极限,导致 TEC 电路工作失效,EML TOSA 工作温度不再维持目标温度不变,从而导致光模块工作失效,更甚情况下会损坏 EML TOSA。

[0010] 为解决上述问题,公开号为 102970080A 的专利公开了一种光模块及其激光器工作温度的调节方法,该方法不再维持激光器的工作温度为恒定值,而是允许激光器的工作温度在一定范围内随环境温度相应地变化;同时,采用调节 BIAS(偏置)电流作为补偿手段,进一步还可采用调节 MOD(调制)电压,或 EA(Electro-Absorption,电吸收)电压作为补偿手段,使得激光器发射的激光的光功率和消光比恒定。由于允许激光器的工作温度随环境温度有相应的改变,减小了激光器的工作温度与环境温度之间的差值;这样,即使在 70℃以上的高温环境或-5℃以下的低温环境中,也不必为激光器内置的 TEC 提供过大的加热或制冷的电流,从而采用该项技术的长距离 SFP+ 光模块可以应用于更宽的温度范围内。

[0011] 然而,在实际应用中,本发明的发明人发现,对 BIAS 电流或 MOD 电压进行补偿时,仍然会消耗一定的功耗;尤其是在高温环境中,为了对 BIAS 电流进行补偿,需要加大 BIAS 电流,这使得高温环境下因 BIAS 补偿电流而造成功耗增加,导致光模块壳体发热量较大、散热困难,出现器件因温度过高而失效的现象。因此,有必要提供一种功耗更低的光模块使之可以应用于更宽温度范围的环境中。

发明内容

[0012] 本发明的实施例提供了一种应用于宽温度范围中的光模块及其工作温度调节方法,用以降低光模块的功耗使之可应用于更宽温度范围的环境中。

[0013] 根据本发明的一个方面,提供了一种应用于宽温度范围中的光模块,包括:

[0014] 激光发射单元,其包括激光器以及驱动电路;所述激光器的光功率预先校准到特定的光功率范围内;

[0015] 微程序控制器 MCU 和 TEC 控制电路,所述 MCU 用于在获取温度传感器检测的温度值后,根据预先存储的温度值与工作温度设定值之间的对应关系,确定获取的温度值所对应的工作温度设定值;根据确定出的工作温度设定值,控制所述 TEC 控制电路调节所述激光器的工作温度为相应的温度。

[0016] 较佳地,所述激光器的消光比预先校准到特定的消光比范围内。

[0017] 较佳地,所述光功率范围具体为:-1dBm ~ -0.5dBm。

[0018] 较佳地,所述消光比范围具体为:6.5dB ~ 7.5dB。

[0019] 较佳地,所述光模块还包括:EA 偏置电路,为所述激光器提供 EA 偏置电压;以及

[0020] 所述 EA 偏置电路输出的 EA 偏置电压预先校准为满足通道代价指标要求的最大电

压值。

[0021] 较佳地,所述温度传感器内置于所述 MCU 中 ;以及所述激光器具体为 EML 激光器。

[0022] 较佳地,所述 TEC 控制电路具体包括 :

[0023] 分压电路,与所述激光器内置的热电偶串联 ;

[0024] 标准电压输出电路,用以输出标准电压到所述分压电路以及与其串联的热电偶上 ;

[0025] 电压比较电路,其一个电压输入端,与所述分压电路和所述热电偶的连接点相连,用以获取所述分压电路上的电压,另一个电压输入端接入所述 MCU 确定出的工作温度设定值从其 DAC 输出端口输出的电压 ;所述电压比较电路比较两个电压输入端的电压,得到两者的电压差,将电压差从其输出端输出 ;

[0026] 电压调节电路,其输入端与所述电压比较电路的输出端相连,根据所述电压比较电路输出的电压差,调节其输出端输出到所述激光器内置的 TEC 的电压。

[0027] 较佳地,所述光模块还包括 :

[0028] 激光接收单元,用以根据所述光模块接收的光信号,将其转换为相应的电信号输出 ;

[0029] 电源缓启动电路和 DC-DC 电源电路,所述电源缓启动电路接收 3.3V 电源供电后为所述激光接收单元、激光发射单元、MCU、TEC 控制电路、EA 偏置电路、DC-DC 电源电路供电 ;

[0030] 所述 DC-DC 电源电路接收所述电源缓启动电路的供电后,输出 1.8V 电压为所述驱动电路和所述激光接收单元中的限幅放大电路的内核供电 ;

[0031] CDR 电路,用以将所述激光接收单元输出的电信号进行整型 ;以及

[0032] 所述 MCU 还用于在保证信号质量的前提下控制所述 CDR 电路旁路。

[0033] 根据本发明的另一个方面,提供了一种光模块的工作温度调节方法,包括 :

[0034] 光模块中的 MCU 在获取温度传感器检测的温度值后,根据预先存储的温度值与工作温度设定值之间的对应关系,确定获取的温度值所对应的工作温度设定值 ;并

[0035] 根据确定出的工作温度设定值,控制所述 TEC 控制电路调节所述激光器的工作温度为相应的温度 ;

[0036] 其中,所述光模块中的激光器的光功率预先校准到特定的光功率范围内。

[0037] 较佳地,所述激光器的消光比预先校准到特定的光功率范围内 ;以及

[0038] 所述光模块中的 EA 偏置电路输出的 EA 偏置电压预先校准为满足通道代价指标要求的最大电压值。

[0039] 本发明实施例的光模块不再维持激光器的工作温度为恒定值,而是允许激光器的工作温度在一定范围内随环境温度相应地变化,从而在一个更宽的温度范围内也不用消耗过大的加热或制冷的功耗 ;并且,预先将激光器的光功率校准到一个合适的范围,使得光功率在激光器的工作温度变化范围内仍可以满足协议要求,而不必对 BIAS 电流或 MOD 电压进行补偿,更进一步节约了补偿功耗,使得光模块可以应用于更宽温度范围的环境中 ;

[0040] 进一步,还可以预先将激光器的消光比较准到一个合适的范围,使得消光比在激光器的工作温度变化范围内仍可以满足协议要求,而不必对 BIAS 电流或 MOD 电压进行补偿,更进一步节约了补偿功耗,使得光模块可以应用于更宽温度范围的环境中 ;

[0041] 进一步,还可以预先将 EA 偏置电压校准到一个合适的范围,从而可以更进一步减

小 BIAS 电流以保证低功耗。

附图说明

- [0042] 图 1a 为现有技术的光模块中的部分电路示意图；
[0043] 图 1b 为本发明实施例的光模块中的内部电路框图；
[0044] 图 2 为本发明实施例的激光器的内部电路示意图；
[0045] 图 3 为本发明实施例的 TEC 控制电路的内部电路框图；
[0046] 图 4 为本发明实施例的电压比较电路、标准电压输出电路的具体电路示意图。

具体实施方式

[0047] 为使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下参照附图并举出优选实施例，对本发明进一步详细说明。然而，需要说明的是，说明书中列出的许多细节仅仅是为了使读者对本发明的一个或多个方面有一个透彻的理解，即便没有这些特定的细节也可以实现本发明的这些方面。

[0048] 本申请使用的“模块”、“系统”等术语旨在包括与计算机相关的实体，例如但不限于硬件、固件、软硬件组合、软件或者执行中的软件。例如，模块可以是，但并不仅限于：处理器上运行的进程、处理器、对象、可执行程序、执行的线程、程序和 / 或计算机。

[0049] 本发明的发明人考虑到，可以将光模块的光功率、消光比事先校准到一个合适的范围内；在光模块投入到应用时，不再维持激光器的工作温度为恒定值，而是允许激光器的工作温度在一定范围内随环境温度相应地变化；同时，也不再对 BIAS 电流、MOD 电压进行补偿。虽然，激光器的工作温度在一定范围内变动，相应地，激光器的波长、光功率、消光比也会随激光器的工作温度在一定范围内进行改变；但是由于预先将光功率、消光比事先校准到一个合适的范围内；这样，即使激光器的光功率、消光比也会随激光器的工作温度有一定的变动，但可以使之变动范围在协议指标范围内。因此，不用对 BIAS 电流、MOD 电压进行补偿也可以在一个宽的温度范围中得到在协议指标范围内的波长、光功率、消光比。因此，本发明的方法由于不用对 BIAS 电流进行补偿，进一步降低了光模块的功耗；尤其在高温环境下，不用加大对 BIAS 电流的补偿电流，就可以避免 TEC 电路在高温或者低温时工作实效，更利于光模块在高温环境中的应用。

[0050] 下面结合附图详细说明本发明实施例的技术方案。本发明实施例提供的应用于宽温度范围中的光模块的内部电路如图 1b 所示，包括：激光发射单元 101、MCU (Microprogrammed Control Unit, 微程序控制器)103、TEC 控制电路 104、EA 偏置电路 105。

[0051] 激光发射单元 101 用以根据光模块接收的电信号发射光信号；例如，若光模块具体为以太网光端机中的光模块，则激光发射单元 101 接收以太网光端机中的交换机发送的数字差分电信号，并根据接收的数字差分电信号发射相应的光信号。

[0052] 激光发射单元 101 中包括：激光器 121 及其驱动电路 122。激光发射单元 101 的驱动电路 122 根据光模块接收的电信号驱动激光器 121 中的激光发射光源发射特定波长的光信号。即驱动电路 122 根据光模块接收的数字差分电信号驱动激光器 121 中的激光发射光源(图 2 中的 LD)发射特定波长的光信号。具体地，驱动电路 122 与 20PIN (管脚)电接口相连，光模块通过 20PIN 电接口与光模块之外的电路或设备相连。驱动电路 122 在通过电接

口接收到数字差分电信号后,经过可旁路的 CDR(时钟数据恢复)器件、均衡等处理后得到调制信号,并将调制信号送入到激光器 121,用于对激光器 121 输出的光信号进行调制。驱动电路 122 为激光器 121 提供 BIAS 电流和调制信号,以驱动激光发射光源(图 2 中的 LD)发射特定波长的光信号。其中,驱动电路 122 输出的 BIAS 电流和调制信号的 MOD(调制)电压都是由 MCU103 控制设定的。

[0053] 较佳地,激光器 121 可选用高效率、低功耗的 EML 激光器或 CML 激光器。

[0054] EA 偏置电路 105 用以为激光器 121 提供 EA 偏置电压。EA 偏置电路 105 通常由强驱动能力的运算放大器和充电泵电压反向器(Charge Pump Voltage Inverters)构成,将 MCU103 通过 DAC(Digital-to-Analog Converter,数字模拟转换器)输出端口输出的正电压转换成负电压输出给驱动电路 122 做负压偏置。也就是说,MCU103 可以控制 EA 偏置电路 105 输出的 EA 偏置电压。

[0055] MCU103 与驱动电路 122 相连,其可以控制驱动电路 122 输出的 BIAS 电流和 MOD 电压的大小。例如,MCU103 与驱动电路 122 通过 IIC 总线相连,MCU103 通过 IIC 总线向驱动电路 122 发送 BIAS 电流设定值,驱动电路 122 根据接收的 BIAS 电流设定值,输出相应大小的 BIAS 电流;MCU103 通过 IIC 总线向驱动电路 122 发送 MOD 电压设定值,驱动电路 122 根据接收的 MOD 电压设定值,输出相应大小的 MOD 电压。再如,MCU103 也可通过 DAC 输出端口输出相应的电压来控制驱动电路 122 输出的 BIAS 电流和 MOD 电压。

[0056] 如图 2 所示,激光器 121 中内置了热电偶和 TEC。TEC 控制电路 104 具体与激光器 121 中的热电偶和 TEC 相连,用以调节激光器 121 内的温度,即调节激光器 121 的工作温度。

[0057] MCU103 与 TEC 控制电路 104 相连,其可以控制 TEC 控制电路 104 调节激光器 121 的工作温度。具体地,MCU103 可以通过通信总线,比如 IIC(Inter-Integrated Circuit,交互集成电路)总线与 TEC 控制电路 104 相连,通过向 TEC 控制电路 104 发送参数或指令控制 TEC 控制电路 104 调节激光器 121 的工作温度;或者,MCU103 通过 DAC 输出端口与 TEC 控制电路 104 相连,通过向 TEC 控制电路 104 输出模拟电压量来控制 TEC 控制电路 104 调节激光器 121 的工作温度。

[0058] MCU103 在获取温度传感器检测的温度值后,根据预先存储的温度值与工作温度设定值之间的对应关系,确定获取的温度值所对应的工作温度设定值;并根据确定出的工作温度设定值,控制 TEC 控制电路 104 调节激光器 121 的工作温度为相应的温度。

[0059] 在实际应用中,上述的温度传感器可以是设置在光模块中或设置于光模块的壳体上,较佳地,温度传感器可以是内置于 MCU103 中的。即本发明实施例的光模块可采用具有内置温度传感器的 MCU。所述环境温度通常指的是光模块的壳体温度。

[0060] 为便于描述,本文中将内置于 MCU 中的温度传感器所检测到的温度称为 MCU 温度,将激光器的工作温度简称为激光器温度。经过实验发现,MCU 温度与环境温度具有某种对应关系;技术人员可以事先检测出 MCU 温度与环境温度之间的对应关系;例如,实际测试时,环境温度 -40°C 时 MCU 温度为 -13°C ;环境温度 $+85^{\circ}\text{C}$ 时 MCU 温度为 110°C 。

[0061] 激光器温度与 MCU 温度的对应关系可以预先设定。例如,下表 2 示出了一个具体的激光器温度与 MCU 温度的对应关系表:

[0062] 表 2

[0063]

MCU温度 (T_{MCU})	低于 -16°C	$-16^{\circ}\text{C}\sim-4^{\circ}\text{C}$	$-4^{\circ}\text{C}\sim+98^{\circ}\text{C}$	$+98^{\circ}\text{C}\sim+112^{\circ}\text{C}$	高于 $+112^{\circ}\text{C}$
激光器温度	$+55^{\circ}\text{C}$	$59^{\circ}\text{C}+0.25\times T_{MCU}$	$+58^{\circ}\text{C}$	$-5.7^{\circ}\text{C}+0.65\times T_{MCU}$	$+67^{\circ}\text{C}$

[0064] 激光器温度与上述的用于控制 TEC 控制电路 104 调节激光器 121 工作温度的工作温度设定值也具有对应关系。

[0065] 由此,根据激光器温度与 MCU 温度之间的对应关系,以及激光器温度与工作温度设定值之间的对应关系,可以得到 MCU 温度与工作温度设定值之间的对应关系;技术人员可以将 MCU 温度与工作温度设定值之间的对应关系预先存储到 MCU103 中,MCU 温度与工作温度设定值之间的对应关系具体可以是以函数的形式,或者表格的形式保存在 MCU103 中。由于 MCU 温度与环境温度具有某种对应关系,也就是说,MCU 温度的高低也可反映出环境温度的高低,因此,MCU103 通过内置的温度传感器检测的 MCU 温度也可反映当时的环境温度。如此,MCU103 可以在获取温度传感器检测的 MCU 温度的温度值后,根据预先存储的温度值与工作温度设定值之间的对应关系,确定获取的温度值所对应的工作温度设定值;并根据确定出的工作温度设定值,控制 TEC 控制电路 104 调节激光器 121 的工作温度为相应的温度。

[0066] 这样,在环境温度改变时,MCU103 不一定控制 TEC 控制电路 104 将激光器 121 的工作温度维持在一个恒定的温度值上,而是控制 TEC 控制电路 104 随着环境温度调节激光器 121 的工作温度;由于激光器 121 的工作温度发生了改变,则可能会影响激光器 121 发射的激光的光功率和消光比;因此,在本发明中激光器 121 的光功率可以事先在校准过程中,预先校准到一个特定的光功率范围内,例如,校准到 $-1\text{dBm}\sim-0.5\text{dBm}$ 的范围内;这样,即使激光器 121 的工作温度发生了改变、其光功率也随之改变,但是仍然可以保证光功率的变动范围在协议规定的范围内。

[0067] 例如,通过上述的方法,在环境温度为 $-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$ 的范围内,激光器温度的变化范围为 $55^{\circ}\text{C}\sim67^{\circ}\text{C}$;而常温下,激光器的光功率预先设置在特定范围 $-1\text{dBm}\sim-0.5\text{dBm}$ 中;这样,激光器温度在 $55^{\circ}\text{C}\sim67^{\circ}\text{C}$ 中变化时,激光器的光功率将在 $-2.6\text{dBm}\sim-1.7\text{dBm}$ 内变动,而该变动范围满足 802.3ae 协议要求应用于 10G 以太网 40km 光模块对激光器的光功率要求: $-4.7\text{dBm}\sim+4\text{dBm}$ 。如此,光模块既可以节省用于调节激光器温度的功耗(节约加热或制冷的功耗),还可以节省用于为保证光功率恒定的 BIAS 补偿电流、和 MOD 补偿电压的功耗;从而使光模块具有更低的功耗,以便应用在一个更宽温度范围($-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$)的环境中,即可以应用在工业温度范围的环境中。更优地,激光器 121 的消光比也可事先在校准过程中,校准到一个特定的消光比范围内,例如,校准到 $6.5\text{dB}\sim7.5\text{dB}$ 的范围内。这样,即使激光器 121 的工作温度发生了改变、其消光比也随之改变,但是仍然可以保证消光比的变动范围在协议规定的范围内。例如,通过上述的方法,在环境温度为 $-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$ 的范围内,激光器温度的变化范围为 $55^{\circ}\text{C}\sim67^{\circ}\text{C}$;而常温下,激光器的消光比预先设置在特定范围 $6.5\text{dB}\sim7.5\text{dB}$ 中;这样,激光器温度在 $55^{\circ}\text{C}\sim67^{\circ}\text{C}$ 中变化时,激光器的消光比将在 $6.4\text{dB}\sim8.6\text{dB}$ 内变动,而该变动范围满足 802.3ae 协议要求应用于 10G 以太网 40km 光模块对激光器的消光比要求:大于 3dB 。如此,光模块既可以节省用于调节激光器温度的功耗(节约加热或制冷的功耗),还可以节省用于为保证消光比恒定的 BIAS 补偿电流、MOD 补偿电压的功耗;从而使光模块具有更低的功耗,以便应用在一个更宽温度范围($-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$)

的环境中,即可以应用在工业温度范围的环境中。

[0068] 更优地,也可事先在校准过程中将 EA 偏置电路 105 输出的 EA 偏置电压校准到一个特定的电压范围:将 EA 偏置电压设置在保证通道代价指标要求的较大电压值上,即将 EA 偏置电压设置为满足通道代价指标要求的最大电压值。例如,设置 EA 偏置电压为 -0.35V 。这样,同样的光功率输出可以减小 BIAS 电流以保证低功耗,以进一步减少光模块的功耗,同时保证接收信号的眼图质量。

[0069] 同时,通过上述的方法,在环境温度为 $-40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ 的范围内,激光器温度的变化范围为 $55^{\circ}\text{C} \sim 67^{\circ}\text{C}$;而常温下,激光器的工作温度设为 60°C 。这样,激光器温度在 $55^{\circ}\text{C} \sim 67^{\circ}\text{C}$ 中变化时,激光器的波长将在 $1534.02\text{nm} \sim 1535.08\text{nm}$ 内变动,而该变动范围满足 802.3ae 协议要求应用于 10G 以太网 40km 光模块对激光器的波长要求: $1530\text{nm} \sim 1565\text{nm}$ 。因此,此方法完全适用于 TDM 光模块。

[0070] 如何校准激光器的光功率、消光比,以及 EA 偏置电路 105 输出的 EA 偏置电压为本领域技术人员所熟知的技术,此处不再赘述。

[0071] 事实上,上述的驱动电路 122、EA 偏置电路 105、TEC 控制电路 104 可分别采用现有技术中常用的驱动电路、EA 偏置电路、TEC 控制电路。

[0072] 图 3 示出了一种具体的 TEC 控制电路,包括:电压比较电路 301、电压调节电路 302、分压电路 303 和标准电压输出电路 304。图 4 示出了电压比较电路 301、电压调节电路 302、标准电压输出电路 304 的具体电路。

[0073] 其中,分压电路 303 与所述激光器 121 内置的热电偶串联;分压电路 303 具体可以是一个电阻,电阻与激光器 121 内置的热电偶串联, 2.5V 的标准电压被加载到电阻与热电偶上。

[0074] 标准电压输出电路 304 输出标准电压到所述分压电路以及与其串联的热电偶上。标准电压输出电路 304 输出的标准电压,比如可以是 3.3V ,或者 2.3V 的直流电压,具体电压值本领域技术人员可以根据实际情况来设定。图 4 中的 U8MAX8842 芯片及其外围元件构成了标准电压输出电路 304。U8MAX8842 芯片为稳压电路芯片。U8MAX8842 芯片的第 6 管脚输出了 2.5V 的标准电压被加载到分压电路 303 与热电偶上。

[0075] 电压比较电路 301 的一个电压输入端,与分压电路 303 和激光器 121 内置的热电偶的连接点相连,从而可以监测到热电偶上的电压的变化,或者分压电路 303 上的电压的变化。由于热电偶的阻值会随着温度的改变而改变,在热电偶上的电压也会相应改变,同样,在分压电路 303 上的电压也会相应改变;也就是说,分压电路 303 上的电压的变化,或者热电偶上的电压的变化,反映了激光器 121 内的温度的变化。

[0076] 电压比较电路 301 的另一个电压输入端接入 MCU103 根据确定出的工作温度设定值从其 DAC 输出端口输出的电压。

[0077] 电压比较电路 301 比较两个电压输入端的电压,得到两者的电压差,将电压差从其输出端输出。

[0078] 图 4 中的 U7NCS3001 芯片和 U5NCS3001 芯片及其外围元件构成了电压比较电路 301。U7NCS3001 芯片和 U5NCS3001 芯片都为比较器芯片。图 4 中的电压比较电路 301 的一个电压输入端为 U7NCS3001 芯片的电压输入管脚 3,该电压比较电路 301 的另一个电压输入端为 U5NCS3001 芯片的电压输入管脚 4,该电压比较电路 301 的输出端为 U5NCS3001 芯片的

电压输出管脚 1。

[0079] 电压调节电路 302 的输入端与电压比较电路 301 的输出端相连,其输出端与激光器 121 内置的 TEC 相连;电压调节电路 302 根据电压比较电路 301 输出的电压差,调节其输出端输出到 TEC 的温度调节电压。

[0080] 电压调节电路 302 具体可以包括压控 PWM 芯片,即电压调节电路 302 为压控 PWM (Pulse-Width Modulation,脉宽调制)电路。电压调节电路 302 的输入端即为压控 PWM 芯片 MAX8521 芯片的管脚 10,电压调节电路 302 的输入端,即 U6MAX8521 芯片的管脚 10 与 U5NCS3001 芯片的电压输出管脚 1 相连,压控 PWM 芯片 MAX8521 芯片根据电压比较电路 301 输出的电压,进行 PWM 波的脉宽调制,调制后的 PWM 波从压控 PWM 芯片 MAX8521 芯片的管脚 18 和 19 输出;而压控 PWM 芯片 MAX8521 芯片的管脚 18 和 19 分别与激光器 121 的 TEC-(图 2 中的第 1 管脚)和 TEC+(图 2 中的第 2 管脚)相连,从而将调制后的 PWM 波输出到激光器的 TEC。通过控制加载在激光器的 TEC 上的 PWM 波的占空比,就可以控制 TEC 的放热或吸热,从而达到控制激光器内的温度的目的。

[0081] 例如,在需要对激光器进行升温时,电压调节电路 302 输出正脉宽比较大的脉冲调制电流;

[0082] 在需要对激光器进行降温时,电压调节电路 302 输出正脉宽较小、负脉宽较大的脉冲调制电流。

[0083] 因此,TEC 控制电路 104 可以根据 MCU103 从其 DAC 输出端口输出的电压,调节输出到所述激光器内置的 TEC 的电压来改变激光器内的温度,即达到调节激光器的工作温度的目的。

[0084] 或者,上述的电压调节电路 302、标准电压输出电路 304 也可集成于高集成度的 TEC 控制芯片 MAX8521 中。MAX8521 片内 FET 减少了外部元件的数目,高开关频率减小了外部元件的尺寸,且工作于单电源,在两个同步转换器输出之间连接 TEC。这种工作方式允许在低电流时实现无死区和其它非线性的温度控制。这种策略保证在设置点非常接近环境工作点时,控制系统不会发生振荡,仅需少量的加热或者冷却。

[0085] 进一步,本发明的实施例的光模块还包括:激光接收单元 102、电源缓启动电路、DC-DC (直流转直流)电源电路,以及 CDR 电路(图中未标)。

[0086] 激光接收单元 102 其用以根据光模块接收的光信号,将其转换为相应的电信号输出,具体可以是转换为数字差分电信号从 20PIN 电接口输出。激光接收单元 102 的内部包括:限幅放大电路和光接收组件;光接收组件中包括:光电二极管和 TIA (跨阻放大器)。较佳地,光电二极管可选用灵敏度高的 APD(Avalanche Photo Diode,雪崩光电二极管)或 PIN (Positive-intrinsic negative diode, 正本征负二极管)探测器。

[0087] 电源缓启动电路与 20PIN 电接口相连,接收 3.3V 电源供电。电源缓启动电路接受供电后,向激光接收单元 102、激光发射单元 101、MCU103、TEC 控制电路 104、EA 偏置电路 105、DC-DC 电源电路供电。电源缓启动电路为光模块提供了热插拔功能。

[0088] DC-DC 电源电路接收电源缓启动电路的供电后,输出较低电压 1.8V 为驱动电路和限幅放大电路的内核供电;而驱动电路和限幅放大电路的端口仍然由电源缓启动电路供电。由于内核电压较低,采用外部 DC-DC 替代内置 LDO(Low Drop Out regulator, 低压差线性稳压器),提高了降压的效率,从而进一步降低了光模块的功耗。

[0089] CDR 电路与激光接收单元 102 相连或者内置于激光接收单元 102 中,用以将激光接收单元 102 的限幅放大器输出的电信号进行整型;

[0090] 或者,CDR 电路与激光发射单元 101 相连或内置于激光发射单元 101 中,用以对激光发射单元 101 中的驱动电路接收的电信号进行整型;

[0091] 本发明的 MCU103 还可控制 CDR 电路是否旁路,在保证信号质量的前提下 MCU103 可控制 CDR 电路旁路,以进一步降低光模块的功耗。

[0092] 本发明的光模块可应用于 10G 的 SDH (Synchronous Digital Hierarchy,同步数字系列)光传输网、10G/8G 光纤通道以及 10G 以太网等领域;例如,应用于 SDH 光端机中,或者应用于 GBE 光端机中;或者应用于 ONU (光网络单元)中,或者应用于 OLT (光线路终端)中。

[0093] 下表 3 示出了应用了本发明的技术方案的两个 10G40km SFP+ 光模块(分别为 1#、2# 光模块)在工业级温度范围内进行的功耗测试的结果:

[0094] 表 3

光模块	功耗测试 (3.3V)				
	-40°C	-5°C	25°C	70°C	85°C
1#	509mA	409mA	342mA	420mA	526mA
2#	512mA	417mA	347mA	422mA	542mA

[0096] 从表 3 可以看出,1#、2# 光模块在 -5°C ~ +70°C 的工作温度范围内可以满足最大电流小于 450mA 的低功耗要求;同时扩展至工作温度范围(-40°C ~ +85°C)的最大电流也小于 550mA,保持了极低的功耗。

[0097] 下表 4 示出了应用了本发明的技术方案的两个 10G40km SFP+ 光模块(分别为 1#、2# 光模块)在工业级温度范围内进行的性能测试的结果:

[0098] 表 4

光模块	测试项目	性能测试 (3.3V)				
		-40C	-5C	25C	70C	85C
1#	波长	1534.02nm	-	1534.56nm	-	1535.08
	光功率	-1.7dBm	-1.2dBm	-0.8dBm	-1.0dBm	-2.6dBm
	消光比	6.4 dB	7.0 dB	7.1dB	7.0 dB	8.6dB
	眼图模板	26%	41%	47%	43%	23%
	通道代价	-	-	1.3dB	-	-
2#	波长	1533.45nm	-	1533.99nm	-	1534.54nm
	光功率	-1.0dBm	-0.8dBm	-0.5dBm	-0.5dBm	-1.6dBm
	消光比	6.3 dB	6.9 dB	7.0dB	6.9 dB	8.1dB
	眼图模板	20%	41%	50%	46%	29%
	通道代价	-	-	1.8dB	-	-

[0100] 表 4 可以看出,在 -40°C ~ +85°C 的工业级温度范围内光功率和消光比满足 802.3ae 协议要求,同时在 -40C 的低温和 +85C 高温眼图保证大于 20% 的以太网模板;保证了极好的光发射性能。

[0101] 本发明实施例的光模块不再维持激光器的工作温度为恒定值,而是允许激光器的工作温度在一定范围内随环境温度相应地变化,从而在一个更宽的温度范围内也不用消耗

过大的加热或制冷的功耗；并且，预先将激光器的光功率校准到一个合适的范围，使得光功率在激光器的工作温度变化范围内仍可以满足协议要求，而不必对BIAS电流或MOD电压进行补偿，更进一步节约了补偿功耗，使得光模块可以应用于更宽温度范围的环境中；

[0102] 进一步，还可以预先将激光器的消光比校准到一个合适的范围，使得消光比在激光器的工作温度变化范围内仍可以满足协议要求，而不必对BIAS电流或MOD电压进行补偿，更进一步节约了补偿功耗，使得光模块可以应用于更宽温度范围的环境中；

[0103] 进一步，还可以预先将EA偏置电压校准到一个合适的范围，从而可以更进一步减小BIAS电流以保证低功耗。

[0104] 本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例方法中的全部或部分步骤是可以通程序来指令相关的硬件来完成，该程序可以存储于一计算机可读取存储介质中，如：ROM/RAM、磁碟、光盘等。

[0105] 以上所述仅是本发明的优选实施方式，应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明原理的前提下，还可以作出若干改进和润饰，这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

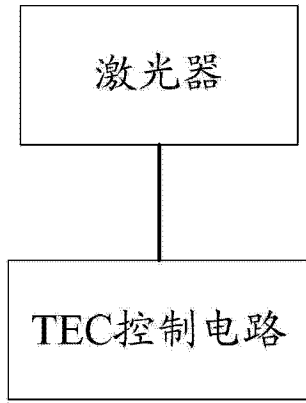


图 1a

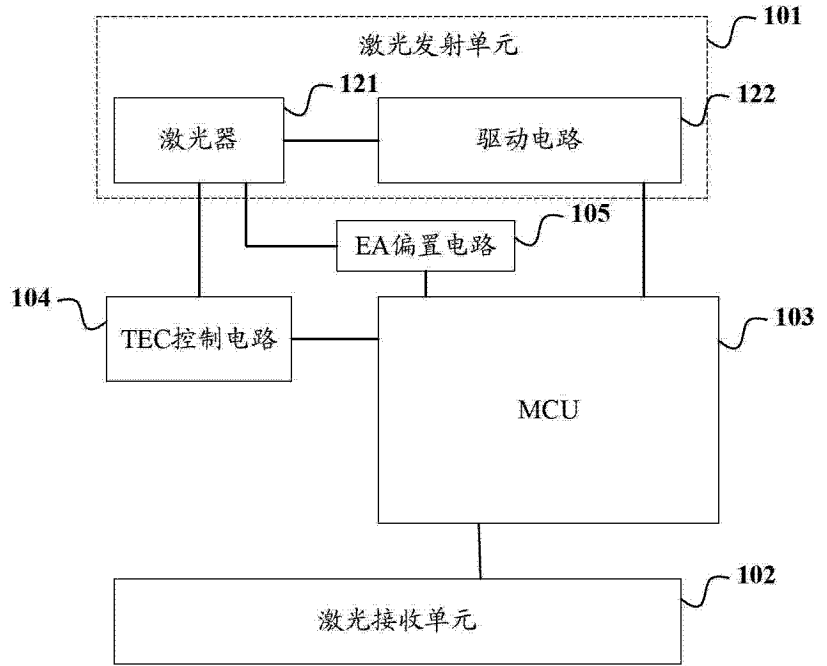


图 1b

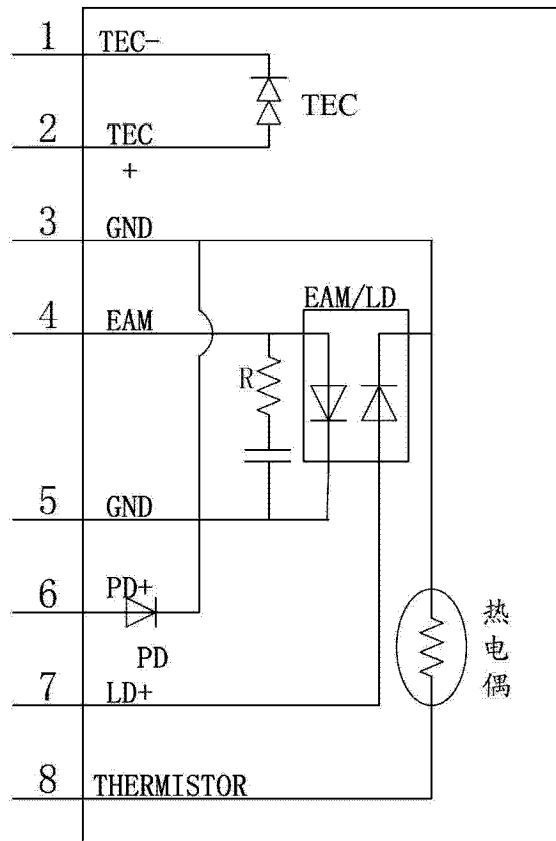


图 2

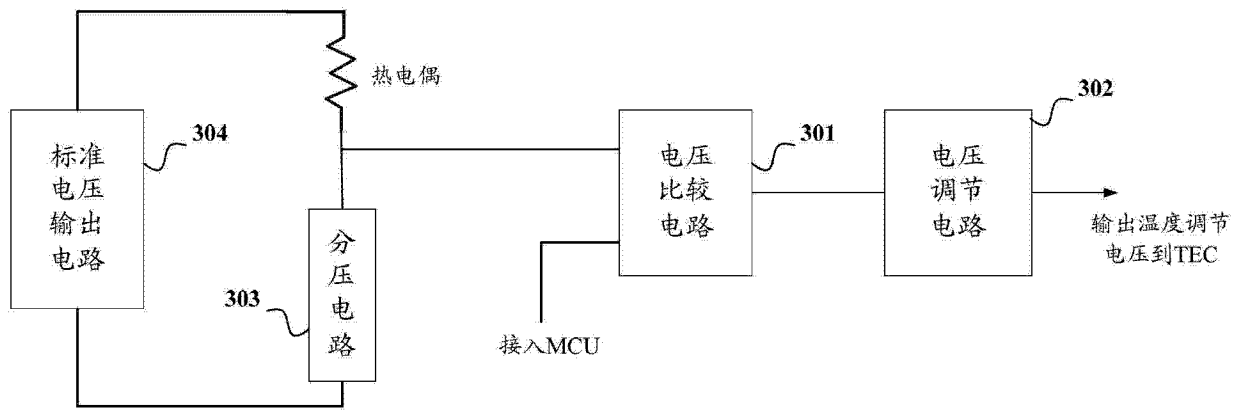


图 3

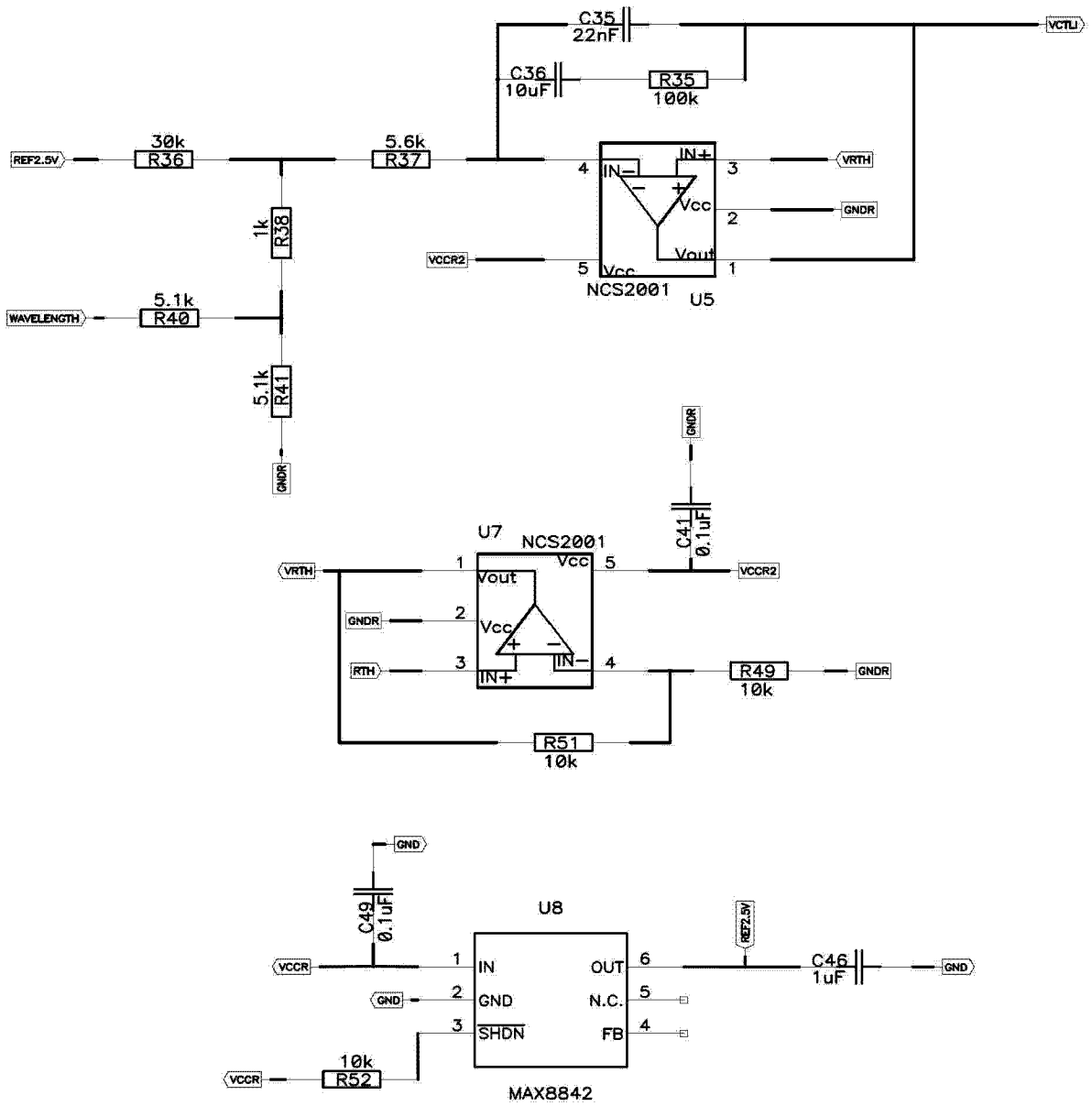


图 4