

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H04B 10/02 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 98120969.6

[45] 授权公告日 2006 年 7 月 19 日

[11] 授权公告号 CN 1265565C

[22] 申请日 1998.10.16 [21] 申请号 98120969.6

[30] 优先权

[32] 1997.10.17 [33] US [31] 953170

[71] 专利权人 斯维则工程实验室公司

地址 美国华盛顿

[72] 发明人 蒂默斯·M·敏特

审查员 刘世茹

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商
标事务所

代理人 蒋世迅

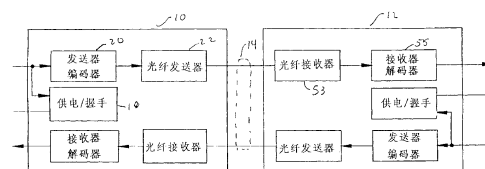
权利要求书 3 页 说明书 12 页 附图 7 页

[54] 发明名称

用于长距离数据通信的光纤收发机

[57] 摘要

一个光纤收发机，其从相关电子终端设备如：保护继电器，上接收数字数据信号，并发送到相关电子终端设备上。光纤收发机可以放置在光纤连接线的对立端。每个收发机的电能从其相关的电子设备中获得。收发机包括发送部分、接收部分、及提供控制信号反馈、相关电子终端设备需求的握手电路部分以及供电部分。特定光编码排列用于把终端设备的数字数据信号转换成一系列光脉冲，其中一对光脉冲表示电子设备中的数字数据信号的上升沿，而一个单脉冲表示数据信号的下降沿。



1. 一种用于异步数据通信的光纤收发机，包括：

接收装置，从终端设备接收具有高电平状态和低电平状态的数字数据信号；

生成装置，不用时钟信号，从所述数据信号产生一系列光脉冲，所述光脉冲工作在第一和第二电平状态之间，其中，第一光脉冲的排列表示数据信号的上升沿，并响应数据信号的上升沿而出现，且工作在所述第一和第二电平状态之间，又，第二光脉冲的排列表示数据信号的下降沿，并响应数据信号的下降沿而出现，且也工作在所述第一和第二电平状态之间，如果高电平状态和低电平状态超过预设的时间长度，该第一和第二脉冲排列在所述高和低电平状态期间，分别以预设的次数重复出现；

发送装置，沿光缆发送所述光脉冲系列；

接收与分辨装置，从光缆接收传输的光脉冲系列，在光脉冲系列中分辨第一和第二脉冲排列，并由该光脉冲系列中第一和第二脉冲排列，重建有高和低电平状态的数字数据信号，重建的数字数据信号基本上是产生光脉冲系列的数字数据信号的复制；和

提供装置，把所述重建的数字数据信号提供到终端设备。

2. 根据权利要求1的光纤收发机，其中数字数据信号的上升沿和下降沿与产生的第一和第二脉冲排列的时间间隔为数字数据信号的一个位间隔。

3. 根据权利要求1的光纤收发机，其中，第一脉冲排列重复出现的平均功率，等于第二脉冲排列重复出现的平均功率。

4. 根据权利要求1的光纤收发机，其中第一脉冲排列是一个双脉冲，而第二脉冲排列是一个单脉冲。

5. 根据权利要求4的光纤收发机,其中第一脉冲排列的预设时间是位间隔的 $1/2$,而第二脉冲排列的预设时间是一个位间隔。

6. 根据权利要求1的光纤收发机,其中光纤收发机的功率从电子终端设备获得。

7. 根据权利要求1的光纤收发机,其中光脉冲系列具有小于30%的占空比。

8. 根据权利要求1的光纤收发机,其中生成装置包括一个尺寸小的、低功率的激光器,以及从数字数据信号为激光器产生驱动信号的发送器编码器。

9. 根据权利要求8的光纤收发机,包括提供与终端设备进行握手的装置,连接到发送器编码器。

10. 根据权利要求8的光纤收发机,其中激光器是一个垂直腔表面发射激光器,发送器编码器驱动装置包括数字逻辑装置和驱动所述数字逻辑装置的时钟振荡器。

11. 根据权利要求1的光纤收发机,其中生成装置包括一个LED和一个驱动信号产生装置,用于从数字数据信号为LED产生驱动信号。

12. 根据权利要求1的光纤收发机,其中生成装置能够使用直接从数据终端来的数字数据信号,而不必修改其形式或其它特性。

13. 根据权利要求1的光纤收发机,其中接收装置包括一个pin光电二极管、依次与所述pin光电二极管相连的多个放大器级、与最后一级所述放大器相连的接收器解码器、和产生重建数字数据信号的电平转换器,与所述接收器解码器相连。

14. 根据权利要求 1 的光纤收发机，包括位于接收装置中的依次相连的四个放大器级，其中第一放大器级对于给定光接收器级，使得信噪比最大化，其中第二和第三级提供所述数字数据信号的放大，并且其中第四级把到达接收器的信号转换为数字信号。

15. 根据权利要求 13 的光纤收发机，其中接收装置是 AC 耦合的，并且接收器解码器包括数字逻辑装置和一个驱动数字逻辑装置的时钟振荡器。

用于长距离数据通信的光纤收发机

技术领域

本发明总体上涉及在供电系统中相隔较远的电子设备，如保护继电器之间的异步数据光纤通信，并且尤其涉及在光纤通信线上使用的收发机。收发机把来自电子设备的数字电信号转换成相应的光信号，以及进行一个相反的过程。

背景技术

用于电子设备之间异步通信的系统是很普遍的，这些电子设备产生并接收数字信号，如供电系统保护继电器，但也包括其它的电子设备，如计算机等。在异步通信中，发送电子设备将典型地产生参考地的信号，用于同另一个这样的设备进行通信。这个信号通常通过金属电缆传输到接收设备上，接收设备相对于地测量所接收的信号。异步通信典型地使用 EIA-232 ASCII 码通信格式。在异步通信中，发送器和接收器的内部时钟不是同步的。

金属电缆有一定的电容。如果数据通信的最大波特率为 38.4K 波特，发送器和接收器之间的典型最大距离将小于 50 英尺。这对于有些环境中是不利的，如：供电系统，其电子设备之间的距离远远要大于 50 英尺。例如，在集中式负载中心，在电子供电系统子站之间 9 英里（15 千米）是一个典型的距离，而且在许多情况中，两个子站之间的距离远要比 9 英里大，甚至在有些情况下大于 50-70 英里。

在许多应用中，如在两个供电系统的保护继电器之间，对于数据的传输要求高的安全性和可靠性。其中一个对安全性和可靠性有重要要求的数据通信实例是有关故障发生地信息的传输，即故障是发生在两个指定保护继电器的电能传输线上还是发生在一些其它的传输线上。

然而，金属电缆在常规的通信系统中有多缺点，包括在电气故障期间发生的安全问题。还有，误码率（BER）会有大量的增加，这导致在故障期间，数据通信变得不可靠。进一步，金属电缆易受电干扰影响，如闪

电可导致对通信电子设备的瞬时或永久性损坏。

光缆成为在需求高安全性和可靠性的通信中优先采用的方法。另外光纤线缆提供期望的电隔离，其消除或降低了与金属电缆有关的不安全性，并且消除或降低了故障期间 BER 的增长。另一方面，光纤线缆有一些缺点，其中大多数涉及供电需求。我们知道，光纤线缆的衰减取决于线缆的特性。为了用最少的功率提供最远的距离，与光纤线缆传输有关的重要目标是使光能支出最大化，这根据一个已知的公式可以计算出。

为获得远距离通信，高能激光器经常用于光纤通信系统。然而，这种激光尺寸大、昂贵，并且需要高的电能来操作，并对操作员的眼睛和皮肤构成安全威胁。另外，如果期望收发机从电子设备中获得电能并因此安装到电子设备上，那么高功率的激光器不能被使用。

一种称为垂直腔表面发射（VCSEL）激光器的低功率激光器，虽然与所期望的供电系统输出负载较近，另外具有所期望的小体积，但是仍然具有超过公认人眼安全极限的光能输出。对于本发明来说提供一个在公认的人眼安全极限以下的收发机是重要的，也是所期望的。

用于远程光纤通信的当前可用的光接收器也有缺点。这些接收器应尽可能灵敏，如“雪崩”式光电探测器（APD），或者 pin 光电二极管。然而 APD 不是一个合适的选择，因为其需求大量负偏差和冷却。可以使用 pin 光电二极管，尽管这些配置通常需要 pin 光电二极管反向偏差，并在光电导模式中配置，但如果接收到太强的信号，这能导致放大器的损坏或饱和。在这些情况下，在光纤线中典型提供衰减跳线器，这是不期望的。因此，满足现存的人眼安全标准，而且具有足够的功率和敏感性以传输从近距离到远程一系列不同的距离，并且不必使用衰减跳线器，这样的光纤通信收发机是所需要的。

发明内容

因此，本发明是一种用于数据通讯的光纤收发机，包括，从终端设备如供电系统保护继电器，接收带有高低电平状态的数据信号的装置；从数据信号产生一系列光脉冲的装置，其中一个第一光脉冲排列表示数据信号的上升沿，以及一个第二光脉冲排列表示数据信号的下降沿，如果高电平状态和低电平状态存在的时间超过预设的时间，第一和第二脉冲排列将在

所述高低电平状态时，分别以预设的时间重复出现；从光缆上接收发送的光脉冲系列的装置，其在光脉冲系列中分辨第一和第二脉冲排列，并且重建具有高低电平状态的数字数据信号，重建的数字数据信号能足够反映产生光脉冲的数字数据信号；以及提供所述重建的数字数据信号到终端设备的装置。

附图说明

图 1 是表示使用了本发明收发机的数据通讯系统基本组成的框图。

图 2 是表示简化了的数据字符传输的时序图。

图 3 是使用本发明光信号排列的数据字符传输。

图 4 是表示电子设备数字数据信号和本发明光信号之间时序关系的信号图。

图 5 是表示本发明收发机发送器部分的原理图。

图 6 是在发送编码器中使用的逻辑方程列表。

图 7A 和 7B 表示本发明收发机接收器部分的原理图。

图 8 是在接收器编码器中使用的逻辑方程列表。

具体实施方式

图 1 是表示本发明收发机连接到传输线的总体框图。图示两个收发机 10 和 12 连接到光纤线 14 的两端上。光纤线 14 可以有不同的长度，包括相对短的（大约 0.5 米）到相当长的（大于 100 千米）的距离。实际可能的线长取决于光发送器的波长和光纤的厚度。比如，波长 850 纳米（NM），多模式光纤（50 毫米厚）将允许大约 15 千米的线长，而波长 1300NM，单模式光纤将允许接近 100 千米的距离。在所示实施例中，使用了双向通讯，所以收发机 10 和 12 可以以发送或接收两者任一合适的模式运行。

为便于解释，收发机 10 将以发送模式，收发机 12 将以接收模式讨论。当通讯是从收发机 12 到收发机 10 时，两种模式正好相反。收发机 10 从电子设备接收 EIA-232 数字信号，如电源传输线上的保护继电器。“握手”电路提供从电子设备到电子设备的控制信号反馈，以实现电子设备的任何握手需求。不论收发机是在发送或者接收，此均可实现。

收发机 10 的电源由供电线路提供，如图中 18 处所示，它包括握手电路。这不是一个常规的电源；而是，收发机 10 被设计成从电子设备本身获

取电源。供电线路 18 处理从电子设备中所选的信号，并提供电源信号到不同的收发机上，包括发送器编码器 20，其驱动光纤发送器 22，通过光纤线 14 传输产生的光脉冲到线另一端的收发机 12 上。发送器编码器 20 和发送器 22 的具体结构将在后续段落详细讨论。收发机 10 也包括光纤接收器和接收器解码器，下面将更详细说明。

图 2 表示了一个典型的 8 位数字字符，带有一个起始位 26 和停止位 28，根据时间串行编码。此 8 位字符表示通常的异步数据通讯。波特率为典型的 40,000 位/秒，位间隔是 25 微秒。

对通常的光纤收发机，发送模式的收发机把图 2 的数字电信号编码成相应的光信号，其进一步通过光纤线传输。在线的另一端，接收模式的光纤收发机将解码所收到的光纤信号，并重新生成原始的数字电信号。

本发明包括用于电子数据信号的特定光编码系统。用此编码方法，当原始发送数据信号上升（上升沿）时，产生两个光脉冲并发送，而当发送数据下降（下降沿）时，产生单个光脉冲并发送。电信号数据的上升或下降沿与相应光脉冲排列（两个或单个）的起始沿之间的时间是固定的，即：在实施例中略小于一位的间隔，或者对于 40K 波特率来说，略小于 25 微秒。光脉冲宽度大约是位间隔的 1/10。

如果传输数据连续处于低电平，则产生附加的单光脉冲，并以重复的波特率发送，在实施例中，大约每 1/2 位间隔产生一个光脉冲。如果传输数据连续处于高电平，则产生双光脉冲，并以重复的波特率发送，大约每 1 个位间隔产生一个双光脉冲。因此，在一个位间隔上，单双脉冲的总的功率大致相同。实施例中，连续光脉冲的上升沿大约以 1/3 位间隔分开。光信号的时序将在下列段落进一步讨论。

图 3 表示了上面简单讨论过的本发明光编码原则。在图 3，在发送数据（TXD）中，在起始脉冲 30 上升沿后固定的时间，产生一对光脉冲 32，并发送。接着，在起始脉冲 30 下降沿后固定的时间，单光脉冲 34 被发送。当发送数据保持低电平时（图 3 中位 1 和 2），附加单脉冲 36 和 38 将以固定间隔发送。在此例中，发送信号在第一位和第二位时为低电平，发送了三个单光脉冲。第三数据位 40 为高，在数据位 40 上升沿后固定的时间，发送双脉冲。数据位 40 下降沿将引起单脉冲 44。

固定时间后，数据位 46 的上升沿将引起一个第一双脉冲 48，接着一个附加的双脉冲 50，其由于在固定时间后跟随的数据位 47 仍为高电平而产生。在数据位 47 下降沿后固定时间，产生单个光脉冲 52。既然双脉冲 50 在数据位 47 下降沿时正在发送，因此双脉冲 50 被完成并发送。

典型地，实际光脉冲宽度和脉冲特定时序可以被优化，以对于给定的光脉冲传输，获得最大的光强度。

再参考图 1，收发机 12 接收上述的和图 3 所示的光脉冲数据。收发机的接收器部分 53 根据脉冲时序预设的时间，判断所接收到的是单光脉冲还是双光脉冲。如果检测到的是单光脉冲，解码器 55 使产生的重建接收信号为低电平。如果检测到的是双光脉冲，产生高电平的上升沿。

用于判断接收到的是单脉冲还是双脉冲的决定点（在时间上），典型地，是所接收的光脉冲第一个上升沿后一段固定的时间。在实施例 1 中，决定点是光脉冲第一个上升沿后大约 $2/5$ 的位间隔，不管是单脉冲还是双脉冲。重建的接收信号仅在此决定点上改变电平。由于收发机 10 的发送器在发送数据沿上接通，收发机 12 的接收器在接收的光脉冲上升沿上切断，因此产生的重建接收信号接近于原始发送信号。

上述光编码方法的主要优点是相对低的占空比。在所示实施例中，光脉冲占空比不大于 20%。占空比甚至可以更小，取决于在发送电数据流中位的实际个数。低的占空比具有使光发送功率降低到安全级别的优点。比如，850NM 波长的 VCSEL 激光，平均光发送功率将从原来的 1.5 毫瓦（其高出人眼安全级 0.44 毫瓦），降低到 0.3 毫瓦（其大大低于人眼安全级）。在占空比大于 20%，可能接近至少 30% 时，仍然可用并在期望的安全标准以内。

上述排列有一系列优点。首先，电子设备的电数据流，可不考虑协议、数据格式或波特率，而以存在的形式使用。进一步，收发机传输信号时，不必使用缓冲。再进一步，数据信号从进入发送器收发机 10 到从接收器收发机 12 出来的整个延迟相对较小，通常小于 1.5 位间隔。更进一步，如上所示，低的占空比使发送器平均光能降低到安全水平上。优化光能以满足人眼安全级，并对长距离通讯提供足够的功率。比如，上述的距离指标用本发明是可以达到的。

另外,低的占空比使得收发机可以从相关的电子设备获得其电源需求。连续的占空比允许接收器收发机 AC 耦合,消除与“暗”电流(不接收光时,从接收端的 PIN 光电二极管流出的电流)有关的任何直流噪声。对于不同的光缆长度,不使用衰减跳线器,系统速率可高达 40K 波特,同时保持 BER 小于 10^{-9} 。

图 4 表示了发送信号(TXD)、产生的光信号(光纤)和重建的接收信号(RXD)之间,一种特定的时序排列。应当强调的是,在本发明范围内的其它时序排列也可以使用。发送信号在 58 处出现下降沿。20 微秒后,出现一个单光纤脉冲 60。光纤脉冲 60 脉宽 2.5 微秒。如果发送信号继续为低,附加的单脉冲如 62 会被发送。在所示实施例中,只要发送信号为低电平,这些附加单脉冲将每隔 13.5 微秒出现一次。

当图 4 的单光脉冲传到接收器上,重建接收信号的下降沿 64 将在单脉冲 60 开始 10 微秒后出现。因此,在所示实施例中,除了传输延迟外,在发送和重建信号之间有 30 微秒的延迟。

传输信号的上升沿也作了图示。在传输数据信号 66 处出现上升沿。20 微秒后,发送一个双脉冲 68。在所示实施例中,双脉冲总脉宽 10 微秒,而连续双脉冲上升沿之间的时间是 7.5 微秒,使得每一个双脉冲其中一个的脉宽为 2.5 微秒。在 25.75 微秒后,如果发送信号继续为高电平,另外一个双脉冲 70 会被发送。

在接收器处,在双脉冲 68 接收并确认后大约 10 微秒,上升沿 72 被重建,除了传输延迟外,大约有 30 微秒的延迟。再次声明,其它时序排列也可以使用。上述时间排列是为图示和解释本发明。

光纤收发机的接收器部分使用 850NM 的 VCSEL 发送器,即在红外范围内。发送器也可使用 LED 以取代激光器。激光发送器受大约为 12 毫安的恒流源控制。如上所示,占空比将大约为 20%,甚至更小,这取决于传输的数据序列。在所示实施例中,在 -40° 到 85°C 的温度范围内,激光的最大峰值光能输出小于 1.5 毫瓦。在平均功率中,如上所述,这样的结果完全处在所需安全限制内。

图 5 表示了本发明发送器电路。供电电路(未画出)给发送器电路提供正负电压。如上所述,电源从相关电子设备中获取,并最小限度地处理,

来为收发机提供所需的电压值。图 5 以原理形式表示的发送器电路包括 VCSEL 激光器 76；陶瓷振荡电路；发送器编码器 80，在实施例中，其为门阵列逻辑处理电路（GAL），其存储并执行逻辑方程，以产生发送的脉冲；以及驱动激光器 76 的恒流源。

陶瓷振荡器电路包括反相器 84，陶瓷振荡器 86，电阻 88、90 以及电容 92、94。陶瓷振荡器电路在反相器 84 输出端产生 800KHz 的方波时钟信号。时钟信号的上升沿进入（计时）发送器编码器 80 的逻辑电路。

编码器 80 产生输出信号（图 5 中表示为光纤信号），其引起光脉冲从激光器 76 发送。当从电子设备发送的电数据信号为低电平时，每隔 13.5 微秒发送一个 2.5 微秒的光脉冲。当传输信号为高电平时，每隔 28.75 微秒发送两个 2.5 微秒的脉冲。产生这些脉冲的 GAL80 中的方程已在图 6 中列出。

发送信号通过电路传输到编码器 80 上，电路包括：电阻 96，电阻 98，FET100，和电阻 102。到编码器 80 的信号是电数据信号的反相信号。FET100 引起数据信号电压电平到编码器中使用的逻辑电压电平的转换。

当编码器 80 的“光纤”信号为高电平时，激光器 76 的恒流源驱动激光器。在所示实施例中，在所选电压范围内，电压被调节在 11.5 毫安和 13.5 毫安之间。运算放大器 103（管脚 1，2 以及 3）提供大约 1.2V 的参考电压，运算放大器 104（管脚 5，6 以及 7）接在其后。负反馈回路使得管脚 6 的电压跟随管脚 5 的电压。除了一个肖特基二极管的电压降外，管脚 5 的电压是电压调节器的缓冲输出，其由二极管 106 和电阻 108 决定。此二极管的电压降补偿峰值检测器二极管 110 和电阻 112 的电压降。运放跟随器反馈回路源是电阻 114 上电压的峰值检测电路。因此运放 104 的输出保持在相对稳定的直流电压，即使在 FET113 进行电路通断以产生光脉冲时。

由于光信号的占空比相当恒定，因此峰值检测器很少有纹波，这使得运放 104 的输出保持稳定值。运放驱动晶体管 118 进入活动区一段合适的时间，以保持电阻 114 上的峰值电压稳定，以使得，峰值电压等于运放 103 电压调节器的参考电压，大约 1.2V。晶体管 118 集电极-发射极的电压将变化，以保持电流通过激光器，即使在 FET113 导通时。与 FET113 串联的电阻 120 限制在 FET 首次导通时可能流经晶体管 118 的电流尖峰，而电阻

122 限制收发机初次上电时晶体管 118 基极电流。电容 124 抑制 FET113 初次导通时可能产生的运放的振荡。

激光器 76 的输出是一系列光脉冲，如图 3 所示。这些光脉冲通过光缆传输到线另一端的收发机上，光缆长度随应用而定。接收到的光脉冲传输到收发机接收部分上。

图 7 表示了收发机接收部分。收发机必需的电源由供电电路提供，其从与之相连的相关电路中，就象发送端的收发机一样，获取功率。接收器电路包括：pin 光电管 130；四个运放级；一个 GAL 接收解码器 132，其类似于发送器部分的 GAL80，用于把接收到的光脉冲转换成原始数据；以及电平转换电路，以从 GAL132 产生数据信号。实施例中所示的 GAL132 为门阵列逻辑处理电路，其存储并执行逻辑方程，以把收到的信号解码成原始数据信号。

四级运放把从光缆中收到的光脉冲转换成具有足够分辨率的数字脉冲，即单脉冲与双脉冲可以容易地区别开。如上所述，接收到的光单脉冲使得重建数据信号为低电平，而双脉冲使得数据信号为高电平。第一个运放 138 决定接收器敏感度，其为跨阻抗放大器，进行电流信号到电压信号的转换。第一级对于给定光接收级，使得信噪比（SNR）最大化。这通过为反馈电阻 140 选择一最大的可能值来实现，因为信号强度直接与电阻 140 值成正比，而噪声与电阻 140 值的平方根成正比。

电阻 140 的最大值取决于保持运放 138 稳定的最小可能带宽和电容 142 的最小值。电容 142 的实际最小值为 1pF，而最小可能带宽由最后一级运放所需的数字脉冲分辨率决定，在此情形下，约为 160KHz。电容 142 的最小值为 1pF 和最小带宽 160KHz 使得反馈电阻值为 1MΩ。对于低（弱）光能信号，电阻 151 和电容 153 基本上对接收到的信号没有运算作用，并且管脚二极管 130 以大约 -3V 的电压反向偏置。反向偏置由 +5V 供电电压以及电阻 142、144 和电容 146 组成的分压器实现。

此电路连接到运放 138 的正向输入端。当没有接收到光脉冲时，运放 138 的输出大约为 2V，除了二极管“暗”电流（当不接收光时）通过 1MΩ 反馈电阻 140 引起的直流电压降。当接收光脉冲（图示实施例中为 2.5 微秒），pin 二极管产生 2.5 微秒的电流。光电管的电流脉冲幅度基于光脉冲

的电源和光电管的响应度。运放 138 的增益大约为 10。在此增益水平上，电容分流器存在于电容 142 与运放输入和光电管之间的寄生电容之间。于是，大约 1/2 到 3/4 的二极管电流实际上流经反馈电阻 140。

第一级运放和相关电路容易受到干扰，因此其被封装在一个 EMI 接地的罩子里，其保护两个高阻抗节点免受供电线路或逻辑电路的辐射噪声。第一第二两个运放的供电电压被滤波。滤波消除了由供电电压交换频率产生的不希望的噪声。

为适应大的光能和动态范围，第一级运放不允许饱和是非常重要的。如果运放 138 饱和，产生的数字脉冲宽度会过大，以致于不能分辨单脉冲和双脉冲。在光电管 130 和第一级运放 138 之间使用 20MΩ 电阻 151，使得运放 138 不能饱和。一旦平均光电管电流超过 150 纳安培，光电管将不在反向偏置。此时，光电管进入光生电压模式。在高的光能时，移去二极管的反向偏置将能保护二极管，使其免受损坏。

由于 pin 二极管正极处的峰值正电压不能超过正向压降，高于 +5V 电压 0.7V，流经电阻 151 的峰值电流限制在 185 纳安培以内。这保证，第一级运放不进入饱和。这样，对于高光能信号，pin 二极管保持在光生电压模式。选择电容 153 的值，以使得流过反馈电阻 140 的电流脉冲幅度变化很小。电容 153 的值使得在二极管完全正偏（光电导模式）和在二极管完全反偏（光生电压模式），电流脉冲幅值变化很小。因此，由于占空比变化小的影响，二极管在光电导模式和光生电压模式快速切换时，电流脉冲幅值没有太大的变化。

第一级运放通过电容 158 与第二级运放 156 解耦。电容 158 滤去在运放输出信号中可能存在的任何直流信号，其由于光电管“暗”电流或第一级运放偏置引起。运放 156 主要的目的在于不引入大的噪声的前提下提供大的增益。运放 156 被配置成反向加法放大器。名义上，交流信号增益由反馈电阻 160 除以源电阻 162 得到。但是，增益收到运放增益带宽积 (GBW) 的限制，其取决于所选的运放特性。反馈电容 164 和反馈电阻 160 构成低通滤波器，其转角频率大约为 160KHz。电阻 168 与运放反向输入端串联，以限制高光能时，第一和第二级运放功率的消耗。

连接到运放 156 反向端的是单位缓冲放大器的输出，它实际上是在运

放的内部。运放的输出被调整，使得进入或流出运放 156 反向端的电流为 0。但是，如果运放进入饱和，反向端将“吸收”大量电流。电阻 168 限制电流。电阻 170 使得直流信号与输入信号相加。因此，在没有接收到光脉冲时，第二个运放的输出大约为 1.4V。

对于强的光能信号，二极管处于光生电压模式，第二级运放的输出将处于饱和。由电阻 170 引起的直流电平漂移使得第一级输出信号的“窗口”向下调整。这个直流的调整使“窗口”离开信号的上半部分，这里，第一级无阻尼响应被误当成接收到的光脉冲。当“窗口”离开信号的下半部分，这里，第二 2.5 微秒脉冲的幅度不如第一个强，而可能被忽略。

第二级运放通过电容 174 同第三级解耦。这消除了累加到第二级上的直流电平、偏置电压和电流。实施例中的第三级运放 176 和第四级运放 178 是双运放的两部分。第三级运放 176 的目的在于提供大约 40 的增益，并籍位输、出信号在大约 $\pm 0.7V$ 范围内。第三级运放 176 被配置成反向加法放大器。输入信号增益由反馈电阻除以源电阻 182 决定。既然实际上并没有反馈电阻，反馈电阻由籍位二极管 184 和 186 决定。

对于电容 174 处的较弱信号，将是大的反馈电阻；而对于强信号，将是小的反馈电阻。第三级的增益同样受到运放 GBW 的限制。第三级的输出将相对稳定，且峰-峰值电压将保持在小于 1.4V。输出信号以运放的 DC 偏置（大约 2V）为中心，其由电阻 188、电阻 190 和电容 192 组成的分压器连接到运放上提供。电阻 194 引起直流信号与输入信号相加。

当没有接收到光脉冲时，第三级运放的输出将略大于 2 伏。对于低的光能信号，DC 电平的增加使得第三级增益“窗口”漂移。相对于第二运放级的输出，该窗口的漂移为正，以便更以峰-峰值信号为中心。不管第二级输出位于高点还是位于低点，该中心化功能使得信噪比保持稳定。

第四级运放 178 把输入信号转换成数字信号。第四级运放 178 通过电容 179 与第三级解耦。这通过一个反向运放配置、使用反馈电阻 196 和源电阻 198 来完成。对于正输出，第四级运放的输出饱和，并且对于低或负输出，籍位在地电平以上。大约 0.7V 的 DC 偏移点从二极管 183、电阻 185 和电容 187 上得到。在送入接收器解码器 132 以前，运放 178 的输出输入到施密特触发器缓冲 200 上。施密特触发器的输出下降（脉冲），以响应

被二极管接收的光脉冲。在第一运放的输入所接收的光信号和在施密特触发器的输出所接收的光信号之间的延迟大约在 5 微秒左右。

根据光纤信号的强度、温度范围的差异等等，施密特触发器输出脉冲的宽度也可稍有不同。例如：对于 2.5 微秒光脉冲信号，施密特触发器输出信号的相应宽度可以是 3.7-9 微秒之间的任一值。对于双光脉冲，施密特触发器信号可以是两个窄脉冲或者一个长脉冲。当双光脉冲转变成一个施密特触发器输出脉冲，在所示的实施例中脉冲宽度可以在 12.1-15.6 微秒之间。当两个脉冲都存在时，脉冲至少是 4.2 微秒宽，并且第二个脉冲在不超过第一个脉冲的上升沿 8.7 微秒后开始。

接收器解码器 132 分析从施密特触发器电路输入的脉冲，并产生重建数字信号。当只有一个数字脉冲被确认时，解码器驱动或保持接收数字信号为低电平。当双脉冲被确认时，解码器驱动或保持接收数字信号为高电平。因为陶瓷共振器为发送器提供时钟，被接收发送器接收的光脉冲宽度是固定的，大约 2.5 微秒。其它光脉冲的时钟也是相对固定的。

接收器解码器逻辑时钟速率是 1.25 微秒，因此在实施例示出的单和双脉冲之间的决定点可以在 10-11.25 微秒之间的任何值。10 微秒以后，单光脉冲不再存在。对于双脉冲，在 11.25 微秒以后，或者会出现两个脉冲的下降沿，或者第二个脉冲仍然存在。这是接收器解码器用来重建源数据信号的逻辑。解码器使用三位计数器来帮助计数到 10 微秒。它也使用两个寄存器来计算已在 10 微秒范围内接收到的脉冲数。图 8 表示了用于接收器解码器 132 的逻辑方程集，以把所收到的光脉冲解码成原始发送信号。

实际的数据信号由电平漂移晶体管电路产生。二极管 202、电阻 204 和电容 206 稍微延迟了 FET208 的导通。这是为了平衡高电平和低电平数据信号的脉冲宽度。否则，脉冲宽度可因使用的 FET 稍稍失真。当从解码器 132 收到的信号变高时，在稍微延迟后，FET208 将导通。当编码器的接收信号变低时，FET208 将截止。正和负参考电压由发送器电压提供。

对于高电平，由于 FET208 的导通，输出信号 212 在有基极电流时导通。接着，由于晶体管 212 的导通引起晶体管 214 的导通。一旦晶体管 212 截止，则接收信号切换到低电平，这使得晶体管 214 截止以及晶体管 216 导通。产生的信号是原始发送信号的重建。

这样，已经对光纤收发机进行了描述。由于特定的光脉冲排列表示数字数据信号，同时，特定的硬件实现使得：收发机满足人眼安全标准，而且具有足够功率使之能在相当长的距离上传输光纤信号，这在一定程度上取决于光发送器的波长。

尽管，在这里，本发明的最佳实施例为举例说明起见已被公开，应当理解：在不脱离本发明精神的情况下，任何不同的变化、改动和替换都可以应用到此实施例中，其被如下的权利要求书定义。

图1

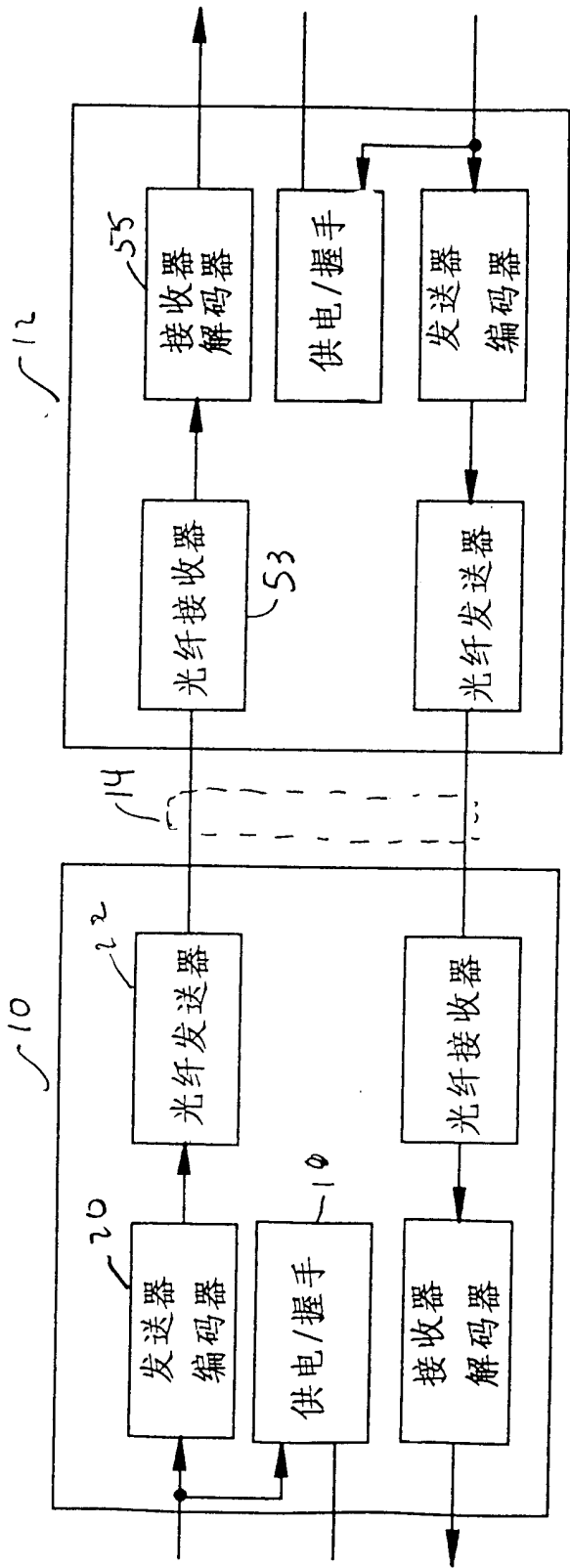
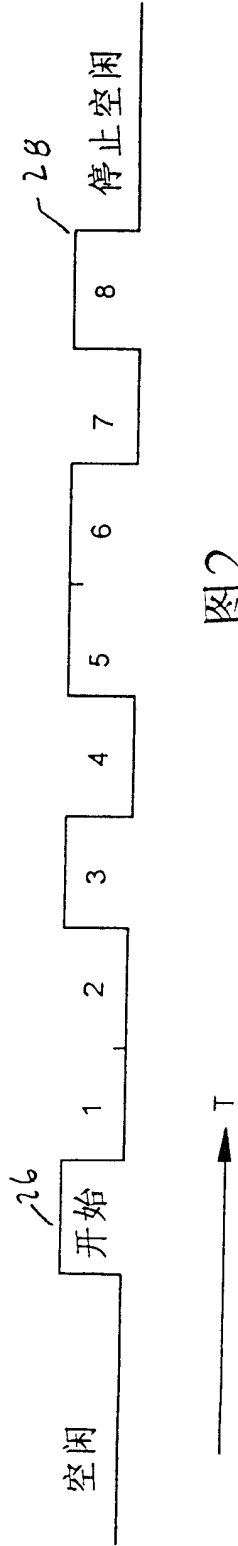
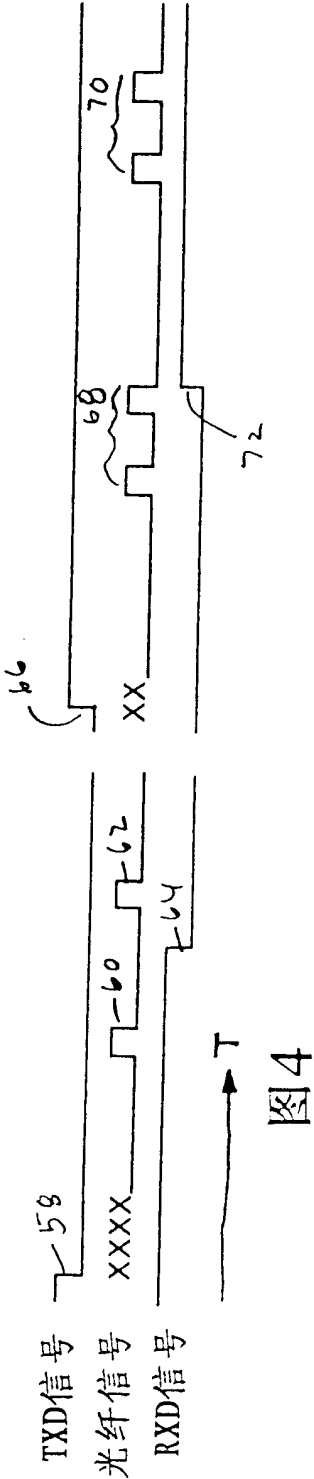
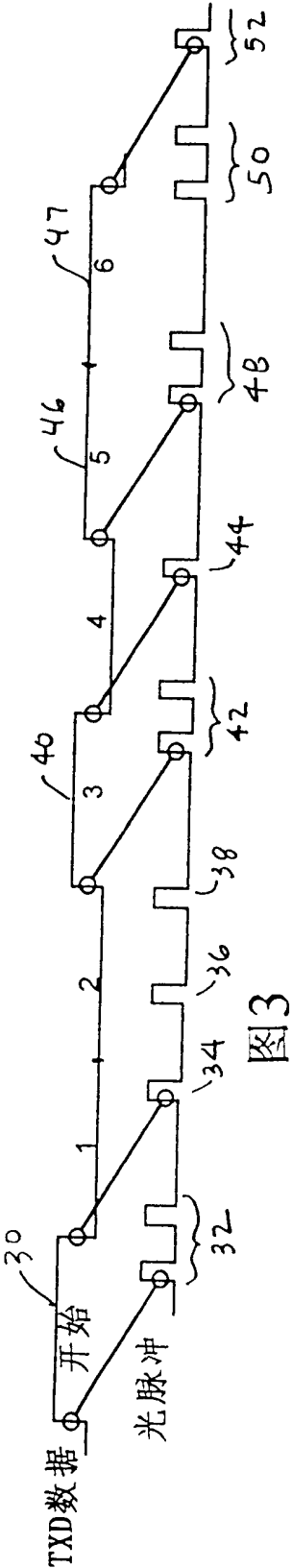
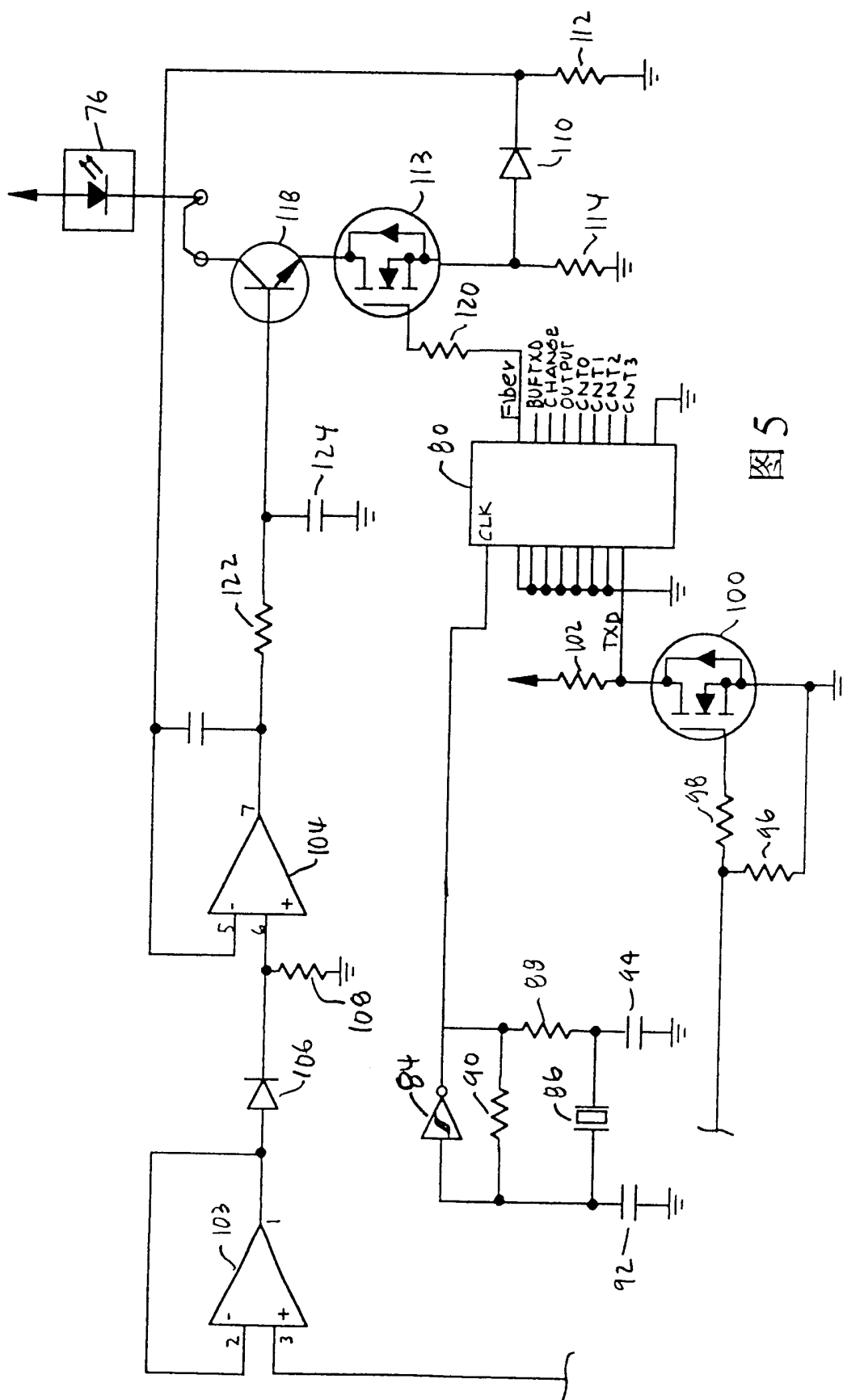


图2







```

Checksum DA13
device PLC18V8Z;

CLK      = 1  'Input: 800KHz
TXD      = 2  'Input: Inverted EIA-232 TXD pin
OE       = 11 'Input: Tied to ground
CNT3     = 12 'Output: Counter bit 3
CNT2     = 13 'Output: Counter bit 2
CNT1     = 14 'Output: Counter bit 1
CNT0     = 15 'Output: Counter bit 0
OUTPUT   = 16 'Output: Active high when FIBER is pulsing
CHANGE   = 17 'Output: Active when TXD changes
BUFTXD   = 18 'Output: Buffered /TXD
FIBER    = 19 'Output: Fiber signal
GND      = 10
VCC      = 20

FIBER := /CNT0 * /CNT1 * /CNT2 * /CNT3 * /OUTPUT * /CHANGE
      + FIBER * /OUTPUT * /CNT0 * /CNT1 * /CNT2 * /CNT3
      + /FIBER * OUTPUT * CNT0 * /CNT1
      + FIBER * OUTPUT * /CNT0 * CNT1;

BUFTXD := /TXD * CHANGE
      + /BUFTXD * /TXD
      + /BUFTXD * /CHANGE
      + /BUFTXD * FIBER * /CNT0 * /CNT1
      + /BUFTXD * OUTPUT * /CNT1
      + /BUFTXD * /FIBER * OUTPUT * /CNT0;

CHANGE := TXD * /BUFTXD
      + /TXD * BUFTXD;

OUTPUT := FIBER * /CNT0 * /CNT1 * /CNT2 * /CNT3
      + OUTPUT * /BUFTXD * CNT0 * /CNT1 * /CNT2
      + OUTPUT * CNT0 * /CNT1 * CNT3
      + OUTPUT * /FIBER;

CNT0 := /CNT0 * CNT1 * /CHANGE
      + /CNT0 * CNT2 * /CHANGE
      + /CNT0 * CNT3 * /CHANGE
      + /CNT0 * FIBER
      + /CNT0 * OUTPUT
      + CNT0 * FIBER * OUTPUT * CNT2 * /CNT3
      + CNT0 * FIBER * CNT1 * CNT2
      + /FIBER * CHANGE * /OUTPUT;

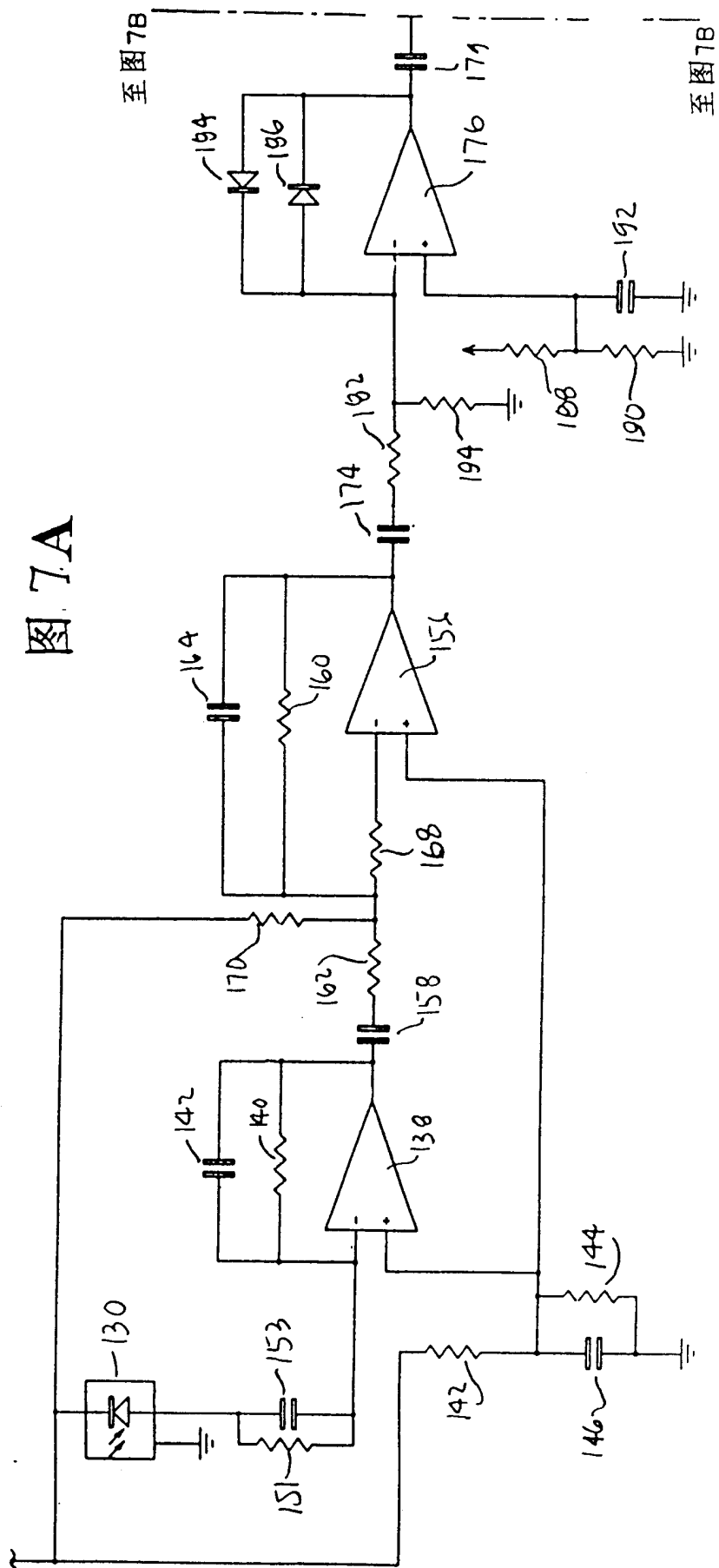
CNT1 := /CNT1 * CNT0 * /FIBER
      + /CNT1 * CNT0 * /BUFTXD
      + /CNT1 * CNT0 * CHANGE
      + /CNT1 * CNT0 * /OUTPUT
      + CNT1 * /CNT0
      + CNT1 * FIBER * CNT0 * /CNT3
      + /FIBER * CHANGE * /OUTPUT;

CNT2 := /CNT2 * CNT0 * CNT1 * /FIBER * /CHANGE * /OUTPUT
      + CNT2 * /CNT0 * /CHANGE
      + CNT2 * /CNT1 * /CHANGE
      + /CNT2 * FIBER * CHANGE * /OUTPUT * /CNT0
      + CNT2 * OUTPUT * TXD
      + /CNT2 * TXD * /BUFTXD * CHANGE * OUTPUT * /CNT0 * /CNT3
      + FIBER * CNT0 * CNT1 * CHANGE * CNT3
      + FIBER * CNT0 * CNT1 * BUFTXD * /CHANGE * /CNT3;

CNT3 := /CNT3 * CNT0 * CNT1 * CNT2 * /FIBER * /CHANGE
      + CNT3 * /CNT0 * /CHANGE
      + CNT3 * /CNT1 * /CHANGE
      + CNT3 * /CNT2 * /CHANGE
      + /CNT3 * FIBER * BUFTXD * /CHANGE * OUTPUT * CNT0
      + /CNT3 * /BUFTXD * CHANGE * /CNT1 * /CNT2
      + CNT3 * OUTPUT
      + CNT3 * FIBER * /CHANGE;

```

图6



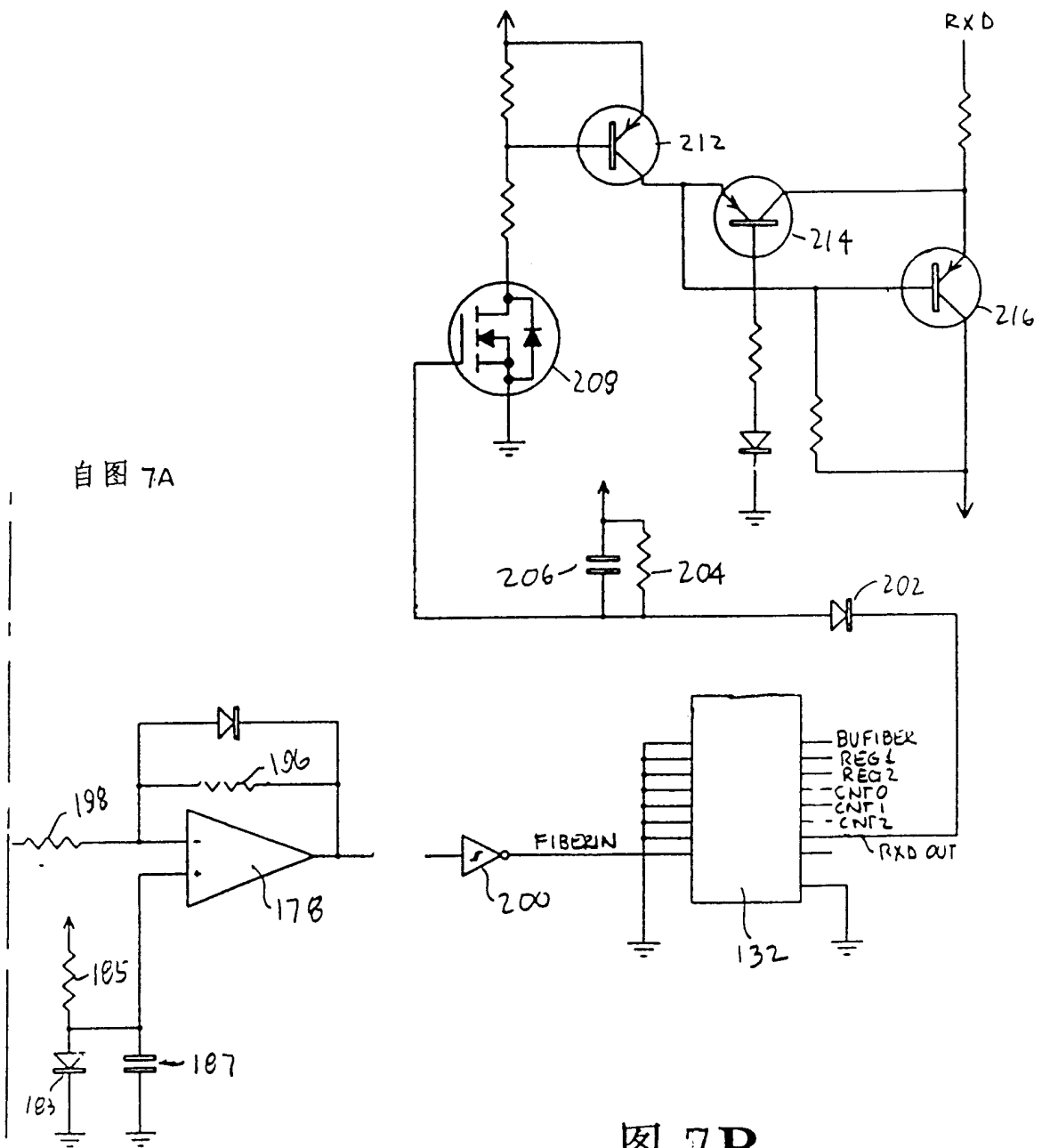


图 7B

自图 7A

```

Checksum 815E
device PLC18V8Z;

C800KHZ = 1 'Input: 800 KHz
FIBERIN = 2 'Input: Input signal from receiver (0 = light rec.)
OE = 11 'Input: Tied to ground
SPARE = 12 'Output: Spare output
RXDOUT = 13 'Output: Signal for EIA-232 RXD
CNT2 = 14 'Output: Counter bit 2
CNT1 = 15 'Output: Counter bit 1
CNT0 = 16 'Output: Counter bit 0
REG2 = 17 'Output: Register to determine number of BUFFIBER transitions
REG1 = 18 'Output: Register to determine number of BUFFIBER transitions
BUFFIBER = 19 'Output: Buffered FIBERIN signal
GND = 10
VCC = 20

BUFFIBER := /FIBERIN;

REG1 := /BUFFIBER
      + REG1 * REG2;

REG2 := /REG2 * BUFFIBER * REG1 * /CNT0 * CNT1
      + /REG2 * BUFFIBER * REG1 * CNT0 * /CNT1
      + /REG2 * BUFFIBER * REG1 * /CNT1 * CNT2
      + /REG2 * BUFFIBER * REG1 * CNT1 * /CNT2
      + REG2 * /CNT0
      + REG2 * /CNT1
      + REG2 * /CNT2;

CNT0 := /CNT0 * /BUFFIBER * /REG1
      + /CNT0 * CNT1
      + /CNT0 * CNT2;

CNT1 := /CNT1 * CNT0
      + CNT1 * /CNT0;

CNT2 := /CNT2 * CNT0 * CNT1
      + CNT2 * /CNT0
      + CNT2 * /CNT1;

RXDOUT := CNT0 * CNT1 * CNT2 * /FIBERIN
      + CNT0 * CNT1 * CNT2 * REG1 * REG2
      + RXDOUT * /CNT0
      + RXDOUT * /CNT1
      + RXDOUT * /CNT2;

SPARE := 0;

```

