(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2019 年 10 月 10 日 (10.10.2019)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2019/192300 A1

(51) 国际专利分类号:
H04L 7/00 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/078028

(22) 国际申请日: 2019 年 3 月 13 日 (13.03.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201810284900.1 2018年4月2日 (02.04.2018) CN

(71) 申请人: 华 为 技 术 有 限 公 司 (**HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.**) [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。

(72) 发明人: 万 文 通 (**WAN, Wentong**); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。

(74) 代理人: 北京同立钧成知识产权代理有限公司 (**LEADER PATENT & TRADEMARK FIRM**); 中国北京市海淀区西直门北大街32号枫蓝国际A座8F-6, Beijing 100082 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

(54) **Title:** CLOCK PHASE RECOVERY APPARATUS AND METHOD, AND CHIP

(54) **发明名称**: 时钟相位恢复装置、方法和芯片

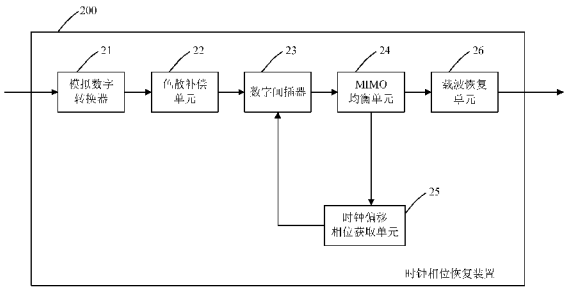

图 2

21 Analog-to-digital converter
22 Chromatic dispersion compensation unit
23 Digital interpolator
24 MIMO balance unit
25 Clock offset phase obtaining unit
26 Carrier recovery unit
200 Clock phase recovery apparatus

(57) **Abstract:** Embodiments of the present application provide a clock phase recovery apparatus and method, and a chip. The apparatus comprises an ADC, a chromatic dispersion compensation unit, a digital interpolator, an MIMO balance unit, and a clock offset phase obtaining unit. The ADC is connected to the chromatic dispersion compensation unit, the chromatic dispersion compensation unit is connected to a first input end of the digital interpolator, an output end of the digital interpolator is connected to an input end of the MIMO balance unit, an output end of the MIMO balance unit is connected to an input end of the clock offset phase obtaining unit, and an output end of the clock offset phase obtaining unit is connected to a second input end of the digital interpolator; the digital interpolator is configured to adjust, according to first offset phase information output by the clock offset phase obtaining unit, a signal subjected to chromatic dispersion compensation output by the chromatic dispersion compensation unit, so that a signal output by the digital interpolator is a signal at an optimal sampling moment. The clock phase delay is reduced by decreasing the number of modules in a feedback loop.

WO 2019/192300 A1

[见续页]

本国际公布:
— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 本申请实施例提供一种时钟相位恢复装置、方法和芯片。时钟相位恢复装置包括：ADC、色散补偿单元、数字间插器、MIMO均衡单元和时钟偏移相位获取单元。ADC与色散补偿单元连接，色散补偿单元与数字间插器的第一输入端连接，数字间插器的输出端与MIMO均衡单元的输入端连接，MIMO均衡单元的输出端与时钟偏移相位获取单元的输入端连接，时钟偏移相位获取单元的输出端与数字间插器的第二输入端连接；数字间插器用于根据时钟偏移相位获取单元输出的第一偏移相位信息对色散补偿单元输出的色散补偿后的信号进行调整，以使数字间插器输出的信号为最佳采样时刻的信号。通过减少反馈环路中的模块数量，降低了时钟相位的延时。

时钟相位恢复装置、方法和芯片

本申请要求于 2018 年 04 月 02 日提交中国专利局、申请号为 201810284900.1、申请名称为《时钟相位恢复装置、方法和芯片》的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本申请实施例涉及通信技术领域，尤其涉及一种时钟相位恢复装置、方法和芯片。

背景技术

在光通信系统中，接收端在进行完光电转换后，需要进行数字域的算法处理，接收端进行算法处理的速率与发射端发送数据的速率应该时刻保持同步，以保障所有发射的数据都及时的得到处理，即发射端和接收端必须保证时钟同步。若发射端和接收端的时钟出现同步偏差，则需要对时钟进行恢复，以保证接收端采样数据正好处在信号码元的最佳判决点上，从而使得接收端与发射端的数据保持同步。可见，时钟恢复是通信系统中一个不可分割的部分，其性能直接影响了系统性能。

目前，时钟相位恢复装置可以在模拟电路中实现，也可以在数字电路中实现。通过数字电路实现时，时钟相位恢复装置通常包括：模拟数字转换器（Analog-to-Digital Converter，简称 ADC）、色散补偿单元、偏振态补偿电路、时钟相位提取单元、环路滤波器和压控振荡器（Voltage-Controlled Oscillator，简称 VCO）。时钟相位提取单元完成码元相位误差的计算，计算的误差信号经过环路滤波器可以反馈到 VCO，通过 VCO 调节时钟相位，从而得到采样相位最佳的数据码元。

但是，在整个环路中，从 A/D 转换、时钟相位提取、环路滤波到 VCO 控制，模块较多，导致时钟恢复的延时很大，影响了系统性能。

发明内容

本申请实施例提供一种时钟相位恢复装置、方法和芯片，降低了时钟相位的延时，提升了系统性能。

第一方面，本申请实施例提供一种时钟相位恢复装置，包括：ADC、色散补偿单元、数字间插器、MIMO 均衡单元和时钟偏移相位获取单元；ADC 的输出端与色散补偿单元的输入端连接，色散补偿单元的输出端与数字间插器的第一输入端连接，数字间插器的输出端与 MIMO 均衡单元的输入端连接，MIMO 均衡单元的输出端与时钟偏移相位获取单元的输入端连接，时钟偏移相位获取单元的输出端与数字间插器的第二输入端连接；ADC，用于对输入的模拟信号进行模数转换，输出第二采样信号；色散补偿单元，用于对 ADC 输出的第二采样信号进行色散补偿，将色散补偿后的信号输出至数字间插器；数字间插器，用于根据时钟偏移相位获取单元输出的第一偏移相位信息对色散补偿单元输出的色散补

偿后的信号进行调整，以使数字间插器输出的信号为最佳采样时刻的信号；其中，第一偏移相位信息为时钟偏移相位获取单元根据 MIMO 均衡单元的抽头系数和 MIMO 均衡单元输出的第一输出信号确定的，第一输出信号为与第一采样信号对应的输出信号，第一采样信号为第二采样信号的前一个相邻的采样信号；MIMO 均衡单元，用于对数字间插器输出的信号进行偏振模色散补偿和均衡，输出第二输出信号。

通过第一方面提供的时钟相位恢复装置，在色散补偿单元和 MIMO 均衡单元之间设置数字间插器。数字间插器、MIMO 均衡单元和时钟偏移相位获取单元组成一个反馈环，完成了对时钟相位的调整。由于反馈环路中的模块数量很少，尤其是不包括色散补偿单元，避免了 FFT 和 IFFT 运算导致的时延，减少了环路时延，从而降低了时钟相位的延时，提升了系统性能。而且，由于数字间插器的调节速度较快，因此进一步降低了时钟相位的延时。

可选的，在第一方面的一种可能的实施方式中，时钟偏移相位获取单元包括解耦合模块、时钟相位提取器、加法器和滤波器；MIMO 均衡单元的第一输出端与解耦合模块的输入端连接，MIMO 均衡单元的第二输出端与时钟相位提取器的输入端连接，MIMO 均衡单元的输出端和时钟相位提取器的输出端分别与加法器的输入端连接，加法器的输出端与滤波器的输入端连接，滤波器的输出端与数字间插器的第二输入端连接；解耦合模块，用于根据 MIMO 均衡单元的抽头系数确定补偿的时钟相位，并将补偿的时钟相位输出至加法器；时钟相位提取器，用于获取 MIMO 均衡单元输出的第一输出信号的时钟相位，并将第一输出信号的时钟相位输出至加法器；加法器，用于根据解耦合模块输出的补偿的时钟相位和时钟相位提取器输出的第一输出信号的时钟相位获得时钟偏移相位，并将时钟偏移相位输出至滤波器；滤波器，用于对加法器输出的时钟偏移相位进行高频滤波获得第一偏移相位信息，并将第一偏移相位信息输出至数字间插器。

可选的，在第一方面的一种可能的实施方式中，解耦合模块具体用于：根据 a=angle（Wxx*Wyy-Wyx*Wxy）确定补偿的时钟相位 a；其中，Wxx，Wyy，Wyx 和 Wxy 为 MIMO 均衡单元的抽头系数，angle()表示求相位函数。

可选的，在第一方面的一种可能的实施方式中，时钟相位提取器为鉴相器。

可选的，在第一方面的一种可能的实施方式中，还包括载波恢复单元，载波恢复单元的输入端与 MIMO 均衡单元的输出端连接；载波恢复单元，用于对 MIMO 均衡单元输出的第二输出信号进行载波恢复，输出载波恢复后的信号。

可选的，在第一方面的一种可能的实施方式中，还包括压控振荡器 VCO 和环路滤波器；时钟偏移相位获取单元的输出端还与环路滤波器的输入端连接，环路滤波器的输出端与 VCO 的输入端连接，VCO 的输出端与 ADC 连接；环路滤波器，用于将时钟偏移相位获取单元输出的第一偏移相位信息经过环路低通滤波后转换为控制电压信号；VCO，用于根据环路滤波器输出的控制电压信号确定时钟调整信号。

可选的，在第一方面的一种可能的实施方式中，ADC 具体用于：根据 VCO 输出的时钟调整信号调整采样频率；根据调整后的采样频率对模拟信号进行模数转换获得第二采样信号。

第二方面，本申请实施例提供一种时钟相位恢复方法，应用于时钟相位恢复装置，时钟相位恢复装置包括：模拟数字转换器 ADC、色散补偿单元、数字间插器、多输入多输出

MIMO 均衡单元和时钟偏移相位获取单元；ADC 的输出端与色散补偿单元的输入端连接，色散补偿单元的输出端与数字间插器的第一输入端连接，数字间插器的输出端与 MIMO 均衡单元的输入端连接，MIMO 均衡单元的输出端与时钟偏移相位获取单元的输入端连接，时钟偏移相位获取单元的输出端与数字间插器的第二输入端连接；该方法包括：ADC 接收模拟信号，并对模拟信号进行模数转换获得第二采样信号；色散补偿单元对第二采样信号进行色散补偿获得色散补偿后的信号；数字间插器根据第一偏移相位信息对色散补偿后的信号进行调整，以使调整后的信号为最佳采样时刻的信号；其中，第一偏移相位信息为时钟偏移相位获取单元根据 MIMO 均衡单元的抽头系数和第一输出信号确定的，第一输出信号为与第一采样信号对应的输出信号，第一采样信号为第二采样信号的前一个相邻的采样信号；MIMO 均衡单元对调整后的信号进行偏振模色散补偿和均衡获得第二输出信号。

可选的，在第二方面的一种可能的实施方式中，时钟偏移相位获取单元包括解耦合模块、时钟相位提取器、加法器和滤波器；MIMO 均衡单元的第一输出端与解耦合模块的输入端连接，MIMO 均衡单元的第二输出端与时钟相位提取器的输入端连接，MIMO 均衡单元的输出端和时钟相位提取器的输出端分别与加法器的输入端连接，加法器的输出端与滤波器的输入端连接，滤波器的输出端与数字间插器的第二输入端连接；时钟偏移相位获取单元根据 MIMO 均衡单元的抽头系数和第一输出信号确定第一偏移相位信息，包括：解耦合模块根据 MIMO 均衡单元的抽头系数确定补偿的时钟相位；时钟相位提取器获取第一输出信号的时钟相位；加法器根据补偿的时钟相位和第一输出信号的时钟相位获得时钟偏移相位；滤波器对时钟偏移相位进行高频滤波获得第一偏移相位信息。

可选的，在第二方面的一种可能的实施方式中，解耦合模块根据 MIMO 均衡单元的抽头系数确定补偿的时钟相位，包括：解耦合模块根据 a=angle（Wxx*Wyy-Wyx*Wxy）确定补偿的时钟相位 a；其中，Wxx，Wyy，Wyx 和 Wxy 为 MIMO 均衡单元的抽头系数，angle()表示求相位函数。

可选的，在第二方面的一种可能的实施方式中，时钟相位恢复装置还包括载波恢复单元，载波恢复单元的输入端与 MIMO 均衡单元的输出端连接；方法还包括：载波恢复单元对第二输出信号进行载波恢复获得载波恢复后的信号。

可选的，在第二方面的一种可能的实施方式中，时钟相位恢复装置还包括压控振荡器 VCO 和环路滤波器；时钟偏移相位获取单元的输出端还与环路滤波器的输入端连接，环路滤波器的输出端与 VCO 的输入端连接，VCO 的输出端与 ADC 连接；方法还包括：环路滤波器将第一偏移相位信息经过环路低通滤波后转换为控制电压信号；VCO 根据控制电压信号确定时钟调整信号。

可选的，在第二方面的一种可能的实施方式中，ADC 对模拟信号进行模数转换获得第二采样信号，包括：ADC 根据时钟调整信号调整采样频率；ADC 根据调整后的采样频率对模拟信号进行模数转换获得第二采样信号。

第三方面，本申请实施例提供一种芯片，包括本申请第一方面任一项的时钟相位恢复装置。

本申请实施例提供一种时钟相位恢复装置、方法和芯片。时钟相位恢复装置包括 ADC、色散补偿单元、数字间插器、MIMO 均衡单元和时钟偏移相位获取单元。通过数字间插器、MIMO 均衡单元和时钟偏移相位获取单元组成一个反馈环，完成了对时钟相位的调整。由

于反馈环路中的模块数量很少，减少了环路时延，从而降低了时钟相位的延时，提升了系统性能。

附图说明

图 1 为现有的时钟相位恢复装置的结构示意图；

图 2 为本申请实施例一提供的时钟相位恢复装置的结构示意图；

图 3 为本申请实施例二提供的时钟相位恢复装置的结构示意图；

图 4 为本申请实施例三提供的时钟相位恢复装置的结构示意图；

图 5 为本申请实施例一提供的时钟相位恢复方法的流程图。

具体实施方式

图 1 为现有的时钟相位恢复装置的结构示意图。如图 1 所示，时钟相位恢复装置 100 可以包括：模拟数字转换器 11、色散补偿单元 12、偏振态补偿电路 13、时钟相位提取单元、环路滤波器 15、压控振荡器 16 和载波恢复模块 14。

模拟数字转换器 11 用于对输入的模拟信号进行模数转换后输出数字信号。数字信号经过色散补偿单元 12 后进入偏振态补偿电路 13。色散补偿单元 12 进行色散补偿。色散补偿单元 12 通常包括两个重要的模块，分别为快速傅立叶变换（Fast Fourier Transformation，FFT）模块和快速傅立叶逆变换（Inverse Fast Fourier Transformation，IFFT）模块。偏振态补偿电路 13 进行偏振模色散（Polarization Mode Dispersion，PMD）补偿。数字信号在完成上述的信号损伤补偿后，进入载波恢复模块 14 进行载波恢复（Carrier Recovery）。时钟相位提取单元完成码元相位误差的计算，计算的误差信号经过环路滤波器 15 可以反馈到压控振荡器 16，通过压控振荡器 16 调节时钟相位，从而得到采样相位最佳的数据码元。

在图 1 中，时钟相位提取单元可以设置在不同的位置。

在一种实现方式中，时钟相位提取单元 171 可以设置在色散补偿单元 12 的输出端。时钟相位提取单元 171 之前通过偏振旋转跟踪（Rotation）模块来跟踪补偿信号的偏振状态旋转。在该种实现方式中，模拟数字转换器 11、色散补偿单元 12、偏振旋转跟踪模块 172、时钟相位提取单元 171、环路滤波器 15 和压控振荡器 16 组成一个反馈环，完成对模拟数字转换器 11 的采样时钟的调整。但是，反馈环的模块较多，色散补偿单元 12 由于需要进行 FFT 和 IFFT 导致数据处理时间较长，因此，时钟恢复的延时很大，影响了系统性能。而且，偏振旋转跟踪模块 172 在信道苛刻的场景中很难实现，降低了偏振状态旋转的损伤补偿效果。

在另一种实现方式中，时钟相位提取单元 181 可以设置在偏振态补偿电路 13 的输出端。在该种实现方式中，模拟数字转换器 11、色散补偿单元 12、偏振态补偿电路 13、时钟相位提取单元 181、环路滤波器 15 和压控振荡器 16 组成一个反馈环，完成对模拟数字转换器 11 的采样时钟的调整。反馈环的模块较多，时钟恢复的延时很大。而且，偏振态补偿电路 13 补偿了多少时钟相位，时钟相位提取单元 181 才能检测到多少相位，往往造成信号相位偏移与检测偏差很大，减小了时钟相位提取的灵敏度。

在又一种实现方式中，时钟相位提取单元 191 可以设置在载波恢复模块 14 的输出端。

在该种实现方式中，模拟数字转换器 11、色散补偿单元 12、偏振态补偿电路 13、载波恢复模块 14、时钟相位提取单元 191、环路滤波器 15 和压控振荡器 16 组成一个反馈环，完成对模拟数字转换器 11 的采样时钟的调整。反馈环的模块更多，时钟恢复的延时更大。

可见，现有的时钟相位恢复装置在时钟相位恢复过程中，整个环路的模块较多，导致时钟恢复的延时很大，影响了系统性能。

针对上述技术问题，本申请实施例提供了一种时钟相位恢复装置、方法和芯片。通过减少时钟相位恢复过程中反馈环路中的模块数量，减少了环路时延，从而降低了时钟相位的延时，提升了系统性能。

下面以具体地实施例对本申请的技术方案以及本申请的技术方案如何解决上述技术问题进行详细说明。下面这几个具体的实施例可以相互结合，对于相同或相似的概念或过程可能在某些实施例中不再赘述。

图 2 为本申请实施例一提供的时钟相位恢复装置的结构示意图。如图 2 所示，本实施例提供的时钟相位恢复装置 200，可以包括：

模拟数字转换器（ADC）21、色散补偿单元 22（可以标记为 CD EQ）、数字间插器 23（可以标记为 Int.）、多输入多输出（Multiple-Input Multiple-Output，MIMO）均衡单元 24（可以标记为 MIMO EQ）和时钟偏移相位获取单元 25。

模拟数字转换器 21 的输出端与色散补偿单元 22 的输入端连接，色散补偿单元 22 的输出端与数字间插器 23 的第一输入端连接，数字间插器 23 的输出端与 MIMO 均衡单元 24 的输入端连接，MIMO 均衡单元 24 的输出端与时钟偏移相位获取单元 25 的输入端连接，时钟偏移相位获取单元 25 的输出端与数字间插器 23 的第二输入端连接。

模拟数字转换器 21，用于对输入的模拟信号进行模数转换，输出第二采样信号。

色散补偿单元 22，用于对模拟数字转换器 21 输出的第二采样信号进行色散补偿，将色散补偿后的信号输出至数字间插器 23。

数字间插器 23，用于根据时钟偏移相位获取单元 25 输出的第一偏移相位信息对色散补偿单元 22 输出的色散补偿后的信号进行调整，以使数字间插器 23 输出的信号为最佳采样时刻的信号。其中，第一偏移相位信息为时钟偏移相位获取单元 25 根据 MIMO 均衡单元 24 的抽头系数和 MIMO 均衡单元 24 输出的第一输出信号确定的，第一输出信号为与第一采样信号对应的输出信号，第一采样信号为第二采样信号的前一个相邻的采样信号。

MIMO 均衡单元 24，用于对数字间插器 23 输出的信号进行偏振模色散补偿和均衡，输出第二输出信号。

在本实施例中，时钟相位恢复的原理如下：

模拟数字转换器 21 对输入的模拟信号进行采样输出采样信号。按照采样信号输出的先后顺序，相邻的两个采样信号可以分别称为第一采样信号和第二采样信号。即，第一采样信号为第二采样信号的前一个相邻的采样信号。

对于第一采样信号，经过色散补偿单元 22、数字间插器 23 和 MIMO 均衡单元 24 的处理后，MIMO 均衡单元 24 输出与第一采样信号对应的第一输出信号。时钟偏移相位获取单元 25 根据第一输出信号和 MIMO 均衡单元 24 的抽头系数确定第一偏移相位信息，将第一偏移相位信息反馈至数字间插器 23 的第二输入端。第一偏移相位信息用于数字间插

器 23 对与第二采样信号对应的色散补偿后的信号进行调整。

对于第二采样信号，色散补偿单元 22 的输入端输入第二采样信号后，色散补偿单元 22 对第二采样信号进行色散补偿，将色散补偿后的信号输出至数字间插器 23。

数字间插器 23 具有两个输入端，可以分别称为第一输入端和第二输入端。数字间插器 23 的第一输入端输入色散补偿后的信号，数字间插器 23 的第二输入端输入时钟偏移相位获取单元 25 反馈的第一偏移相位信息。数字间插器 23 根据第一偏移相位信息对与第二采样信号对应的色散补偿后的信号进行调整，从而使数字间插器 23 输出的信号为最佳采样时刻的信号。

其中，数字间插器也可以称为数字插值器。基本原理为：当采样信号的采样频率或相位不理想，例如采样频率相对于基准频率变快或是变慢，或者采样位置不在码元波形的最佳点等，可以通过间插法（或称为插值法、内插法）对采样信号进行调整，以获得最佳的采样信号。在本实施例中，数字间插器 23 根据时钟偏移相位获取单元 25 反馈的偏移相位信息对色散补偿单元 22 输出的信号进行调整。

MIMO 均衡单元 24 的输入端输入数字间插器 23 输出的信号，MIMO 均衡单元 24 对数字间插器 23 输出的信号进行偏振模色散补偿和均衡，输出与第二采样信号对应的第二输出信号。

时钟偏移相位获取单元 25 的输入端输入第二输出信号，时钟偏移相位获取单元 25 根据第二输出信号和 MIMO 均衡单元 24 的抽头系数确定第二偏移相位信息，将第二偏移相位信息反馈至数字间插器 23 的第二输入端。第二偏移相位信息用于数字间插器 23 对与第三采样信号对应的色散补偿后的信号进行调整。其中，第三采样信号为模拟数字转换器 21 输出的、且为第二采样信号的后一个相邻的采样信号。

可见，本实施例提供的时钟相位恢复装置，与图 1 所示的时钟相位恢复装置相比，在色散补偿单元和 MIMO 均衡单元之间设置数字间插器。数字间插器、MIMO 均衡单元和时钟偏移相位获取单元组成一个反馈环，完成了对时钟相位的调整。由于反馈环路中的模块数量很少，尤其是不包括色散补偿单元，避免了 FFT 和 IFFT 运算导致的时延，减少了环路时延，从而降低了时钟相位的延时，提升了系统性能。而且，由于数字间插器的调节速度较快，因此进一步降低了时钟相位的延时。

而且，相比于图 1 中时钟相位提取单元的第一种设置位置，在本实施例中，信号通过 MIMO 均衡单元实现偏振模色散补偿和均衡，降低了偏振状态旋转的损伤难度，提升了补偿效果。相比于图 1 中时钟相位提取单元的第二种设置位置，在本实施例中，时钟偏移相位获取单元根据 MIMO 均衡单元的输出信号和 MIMO 均衡单元的抽头系数确定偏移相位信息，提升了时钟相位提取的灵敏度和准确性。相比于图 1 中时钟相位提取单元的第三种设置位置，在本实施例中，反馈环路中的模块数量很少，降低了时钟相位的延时，提升了系统性能。

需要说明的是，在本实施例中，模拟数字转换器 21 用于对模拟信号进行模数转换，色散补偿单元 22 用于进行色散补偿，MIMO 均衡单元 24 用于进行偏振模色散补偿和均衡，以及数字间插器 23，可以采用现有的任意一种实现相应功能的电路、芯片、单元模块或者设备实现，本实施例不做限定。

可选的，本实施例提供的时钟相位恢复装置 200，还可以包括载波恢复单元 26（可以

标记为 CR）。

载波恢复单元 26 的输入端与 MIMO 均衡单元 24 的输出端连接。

载波恢复单元 26，用于对 MIMO 均衡单元 24 输出的输出信号进行载波恢复，输出载波恢复后的信号。

具体的，对于第一采样信号，经过色散补偿单元 22、数字间插器 23 和 MIMO 均衡单元 24 的处理后，MIMO 均衡单元 24 输出与第一采样信号对应的第一输出信号。载波恢复单元 26 用于对 MIMO 均衡单元 24 输出的第一输出信号进行载波恢复，输出载波恢复后的信号。对于第二采样信号，经过色散补偿单元 22、数字间插器 23 和 MIMO 均衡单元 24 的处理后，MIMO 均衡单元 24 输出与第二采样信号对应的第二输出信号。载波恢复单元 26 用于对 MIMO 均衡单元 24 输出的第二输出信号进行载波恢复，输出载波恢复后的信号。

需要说明的是，在本实施例中，载波恢复单元 26 用于载波恢复，可以采用现有的任意一种实现相应功能的电路、芯片、单元模块或者设备实现，本实施例不做限定。

本实施例提供一种时钟相位恢复装置，包括：模拟数字转换器、色散补偿单元、数字间插器、MIMO 均衡单元和时钟偏移相位获取单元。通过数字间插器、MIMO 均衡单元和时钟偏移相位获取单元组成一个反馈环，完成了对时钟相位的调整。由于反馈环路中的模块数量很少，降低了时钟相位的延时，提升了系统性能。

图 3 为本申请实施例二提供的时钟相位恢复装置的结构示意图。本实施例在图 2 所示实施例的基础上，提供了时钟相位恢复装置的又一种实现方式。如图 3 所示，本实施例提供的时钟相位恢复装置 200，可以包括：模拟数字转换器 21、色散补偿单元 22、数字间插器 23、MIMO 均衡单元 24 和时钟偏移相位获取单元 25。

时钟相位恢复装置 200 还可以包括压控振荡器（VCO）28 和环路滤波器 27（可以标记为 Loop Filter）。

时钟偏移相位获取单元 25 的输出端还与环路滤波器 27 的输入端连接，环路滤波器 27 的输出端与压控振荡器 28 的输入端连接，压控振荡器 28 的输出端与模拟数字转换器 21 连接。

环路滤波器 27，用于将时钟偏移相位获取单元 25 输出的第一偏移相位信息经过环路低通滤波后转换为控制电压信号。

压控振荡器 28，用于根据环路滤波器 27 输出的控制电压信号确定时钟调整信号。

具体的，数字间插器 23、MIMO 均衡单元 24 和时钟偏移相位获取单元 25 组成一个前反馈环（或者称为数字间插器通路），完成对时钟相位的调整。时钟偏移相位获取单元 25、压控振荡器 28 和环路滤波器 27 组成一个后反馈环（或者称为压控振荡器调节通路），可以通过调节压控振荡器 28 来调节模拟数字转换器 21 的采样频率。这样，输入前反馈环的信号已经是调整了采样频率的信号，因此，进一步提升了时钟相位恢复的准确性和效果。其中，压控振荡器调节通路相对于数字间插器 23 来说是一个调节速度较慢的通路。整个环路的延时依然取决于数字间插器 23。因此，相比于现有技术，本实施例提供的时钟相位恢复装置，降低了时钟相位的延时，提升了系统性能。

需要说明的是，本实施例中的环路滤波器 27 和压控振荡器 28，可以采用现有的任意一种实现相应功能的电路、芯片、单元模块或者设备实现，本实施例不做限定。

可选的，模拟数字转换器 21 具体用于：

根据压控振荡器 28 输出的时钟调整信号调整采样频率。

根据调整后的采样频率对模拟信号进行模数转换获得第二采样信号。

本实施例提供一种时钟相位恢复装置，包括：模拟数字转换器、色散补偿单元、数字间插器、MIMO 均衡单元、时钟偏移相位获取单元、压控振荡器和环路滤波器。通过数字间插器、MIMO 均衡单元和时钟偏移相位获取单元组成一个反馈环，完成了对时钟相位的调整。由于反馈环路中的模块数量很少，降低了时钟相位的延时，提升了系统性能。而且，通过压控振荡器和环路滤波器对模拟数字转换器的采样频率进行调整，进一步提升了时钟恢复的准确性。

图 4 为本申请实施例三提供的时钟相位恢复装置的结构示意图。本实施例在图 2~图 3 所示实施例的基础上，提供了时钟相位恢复装置的一种具体实现方式，尤其提供了时钟偏移相位获取单元的一种具体实现方式。如图 4 所示，本实施例提供的时钟相位恢复装置 200，可以包括：模拟数字转换器 21、色散补偿单元 22、数字间插器 23、MIMO 均衡单元 24 和时钟偏移相位获取单元 25。

其中，时钟偏移相位获取单元 25 可以包括解耦合模块 251（可以标记为 Uncoupling）、时钟相位提取器 252（可以标记为 Phase Det.）、加法器 253 和滤波器 254（可以标记为 Loop Filter）。

MIMO 均衡单元 24 的第一输出端与解耦合模块 251 的输入端连接，MIMO 均衡单元 24 的第二输出端与时钟相位提取器 252 的输入端连接，MIMO 均衡单元 24 的输出端和时钟相位提取器 252 的输出端分别与加法器 253 的输入端连接，加法器 253 的输出端与滤波器 254 的输入端连接，滤波器 254 的输出端与数字间插器 23 的第二输入端连接。

解耦合模块 251，用于根据 MIMO 均衡单元 24 的抽头系数确定补偿的时钟相位，并将补偿的时钟相位输出至加法器 253。

时钟相位提取器 252，用于获取 MIMO 均衡单元 24 输出的第一输出信号的时钟相位，并将第一输出信号的时钟相位输出至加法器 253。

加法器 253，用于根据解耦合模块 251 输出的补偿的时钟相位和时钟相位提取器 252 输出的第一输出信号的时钟相位获得时钟偏移相位，并将时钟偏移相位输出至滤波器 254。

滤波器 254，用于对加法器 253 输出的时钟偏移相位进行高频滤波获得第一偏移相位信息，并将第一偏移相位信息输出至数字间插器 23。

在本实施例中，时钟相位恢复的原理如下：

模拟数字转换器 21 对输入的模拟信号进行采样。按照采样信号输出的先后顺序，相邻的两个采样信号可以分别称为第一采样信号和第二采样信号。

对于第一采样信号，经过色散补偿单元 22、数字间插器 23 和 MIMO 均衡单元 24 的处理后，MIMO 均衡单元 24 输出与第一采样信号对应的第一输出信号。

解耦合模块 251 根据 MIMO 均衡单元 24 的抽头系数确定补偿的时钟相位。时钟相位提取器 252 获取第一输出信号的时钟相位。加法器 253 根据输入的补偿的时钟相位和第一输出信号的时钟相位获得准确的第一时钟偏移相位。滤波器 254 对准确的时钟偏移相位进行高频滤波，进一步提升了滤波后的第一偏移相位信息的准确性。滤波器 254 将第一偏移

相位信息反馈至数字间插器 23 的第二输入端。第一偏移相位信息用于数字间插器 23 对与第二采样信号对应的色散补偿后的信号进行调整。

对于第二采样信号，经过色散补偿单元 22 的处理后，色散补偿单元 22 输出色散补偿后的信号至数字间插器 23。数字间插器 23 根据第一偏移相位信息对与第二采样信号对应的色散补偿后的信号进行调整，从而使数字间插器 23 输出的信号为最佳采样时刻的信号。然后，MIMO 均衡单元 24 对数字间插器 23 输出的信号进行偏振模色散补偿和均衡，输出与第二采样信号对应的第二输出信号。解耦合模块 251、时钟相位提取器 252、加法器 253 和滤波器 254 针对第二输出信号进行上述处理，获得第二偏移相位信息，将第二偏移相位信息反馈至数字间插器 23 的第二输入端。第二偏移相位信息用于数字间插器 23 对与第三采样信号对应的色散补偿后的信号进行调整。其中，第三采样信号为模拟数字转换器 21 输出的、且为第二采样信号的后一个相邻的采样信号。

下面通过具体示例说明。

MIMO 均衡单元 24 会对信号时钟偏移进行一定的补偿。比如，信号原始的相位变化速度为 A，经过 MIMO 均衡单元 24 补偿后，补偿了相位变化速度 a。这样，输出信号的相位变化速度为 A-a。在本实施例中，解耦合模块 251 根据 MIMO 均衡单元 24 的抽头系数确定 MIMO 均衡单元 24 的补偿的时钟相位 a。时钟相位提取器 252 获得 MIMO 均衡单元 24 输出的第一输出信号的时钟相位 A-a。加法器 253 将第一输出信号的时钟相位 A-a 转换为角度，并与补偿的时钟相位 a 相加，获得了准确的第一偏移相位信息（A-a）+a=A。

可见，本实施例提供的时钟相位恢复装置，数字间插器、MIMO 均衡单元、解耦合模块、时钟相位提取器、加法器和滤波器组成一个反馈环（或者称为数字间插器通路），完成了对时钟相位的调整。由于反馈环路中的模块数量很少，减少了环路时延，从而降低了时钟相位的延时，提升了系统性能。而且，由于数字间插器的调节速度较快，数字间插器通路中仅有一个滤波器，因此进一步降低了时钟相位的延时。通过解耦合模块和时钟相位提取器，提升了时钟相位偏差的准确性，因此提升了时钟相位恢复的准确性。

需要说明的是，在本实施例中，解耦合模块 251 用于确定 MIMO 均衡单元 24 补偿了多少时钟相位，时钟相位提取器 252 用于提取信号的时钟相位，加法器 253 以及滤波器 254，可以采用现有的任意一种实现相应功能的电路、芯片、单元模块或者设备实现，本实施例不做限定。

可选的，时钟相位提取器 252 可以为鉴相器。

可选的，解耦合模块 251 可以具体用于：

根据 a=angle（Wxx*Wyy-Wyx*Wxy）确定补偿的时钟相位 a。

其中，Wxx，Wyy，Wyx 和 Wxy 为 MIMO 均衡单元 24 的抽头系数，angle()表示求相位函数。

具体的，MIMO 均衡单元 24 可以具有两个输入端和两个输出端。两个输入端可以分别输入一个偏振态的信号。相应的，两个输出端可以分别输出一个偏振态的信号。此时，MIMO 均衡单元 24 具有 4 个抽头系数，分别为 Wxx，Wyy，Wyx 和 Wxy。x 和 y 可以分别表示不同的偏振态，或者用于区分不同的输入和输出。根据公式 a=angle（Wxx*Wyy-Wyx*Wxy）可以确定补偿的时钟相位 a。

需要说明的是，本实施例提供了 MIMO 均衡单元 24 具有两个输入端和两个输出端时，

根据 MIMO 均衡单元 24 的抽头系数确定 MIMO 均衡单元 24 补偿的时钟相位的一种实现方式。当 MIMO 均衡单元 24 的抽头系数的个数不同时，可以有其他的实现方式，本实施例不做限定。

可选的，本实施例提供的时钟相位恢复装置 200，还可以包括载波恢复单元 26。载波恢复单元 26 的输入端与 MIMO 均衡单元 24 的输出端连接。

载波恢复单元 26，用于对 MIMO 均衡单元 24 输出的输出信号进行载波恢复，输出载波恢复后的信号。

可选的，本实施例提供的时钟相位恢复装置 200，还可以包括压控振荡器 28 和环路滤波器 27。

时钟偏移相位获取单元 25 的输出端还与环路滤波器 27 的输入端连接，环路滤波器 27 的输出端与压控振荡器 28 的输入端连接，压控振荡器 28 的输出端与模拟数字转换器 21 连接。

环路滤波器 27，用于将时钟偏移相位获取单元 25 输出的第一偏移相位信息经过环路低通滤波后转换为控制电压信号。

压控振荡器 28，用于根据环路滤波器 27 输出的控制电压信号确定时钟调整信号。

可选的，模拟数字转换器 21 具体用于：

根据压控振荡器 28 输出的时钟调整信号调整采样频率。

根据调整后的采样频率对模拟信号进行模数转换获得第二采样信号。

本实施例提供了一种时钟相位恢复装置，包括：模拟数字转换器、色散补偿单元、数字间插器、MIMO 均衡单元和时钟偏移相位获取单元。时钟偏移相位获取单元包括解耦合模块、时钟相位提取器、加法器和滤波器。通过数字间插器、MIMO 均衡单元、解耦合模块、时钟相位提取器、加法器和滤波器组成一个反馈环，完成了对时钟相位的调整。由于反馈环路中的模块数量很少，降低了时钟相位的延时，提升了系统性能。

图 5 为本申请实施例一提供的时钟相位恢复方法的流程图。如图 5 所示，本实施例提供的时钟相位恢复方法，可以应用于时钟相位恢复装置，时钟相位恢复装置包括：ADC、色散补偿单元、数字间插器、MIMO 均衡单元和时钟偏移相位获取单元。

ADC 的输出端与色散补偿单元的输入端连接，色散补偿单元的输出端与数字间插器的第一输入端连接，数字间插器的输出端与 MIMO 均衡单元的输入端连接，MIMO 均衡单元的输出端与时钟偏移相位获取单元的输入端连接，时钟偏移相位获取单元的输出端与数字间插器的第二输入端连接。

本实施例提供的时钟相位恢复方法，可以包括：

S101、ADC 接收模拟信号，并对模拟信号进行模数转换获得第二采样信号。

S102、色散补偿单元对第二采样信号进行色散补偿获得色散补偿后的信号。

S103、数字间插器根据第一偏移相位信息对色散补偿后的信号进行调整，以使调整后的信号为最佳采样时刻的信号。

其中，第一偏移相位信息为时钟偏移相位获取单元根据 MIMO 均衡单元的抽头系数和第一输出信号确定的，第一输出信号为与第一采样信号对应的输出信号，第一采样信号为第二采样信号的前一个相邻的采样信号。

S104、MIMO 均衡单元对调整后的信号进行偏振模色散补偿和均衡获得第二输出信号。

可选的，时钟偏移相位获取单元包括解耦合模块、时钟相位提取器、加法器和滤波器。

MIMO 均衡单元的第一输出端与解耦合模块的输入端连接，MIMO 均衡单元的第二输出端与时钟相位提取器的输入端连接，MIMO 均衡单元的输出端和时钟相位提取器的输出端分别与加法器的输入端连接，加法器的输出端与滤波器的输入端连接，滤波器的输出端与数字间插器的第二输入端连接。

时钟偏移相位获取单元根据 MIMO 均衡单元的抽头系数和第一输出信号确定第一偏移相位信息，可以包括：

解耦合模块根据 MIMO 均衡单元的抽头系数确定补偿的时钟相位。

时钟相位提取器获取第一输出信号的时钟相位。

加法器根据补偿的时钟相位和第一输出信号的时钟相位获得时钟偏移相位。

滤波器对时钟偏移相位进行高频滤波获得第一偏移相位信息。

可选的，解耦合模块根据 MIMO 均衡单元的抽头系数确定补偿的时钟相位，可以包括：

解耦合模块根据 a=angle（Wxx*Wyy-Wyx*Wxy）确定补偿的时钟相位 a。其中，Wxx，Wyy，Wyx 和 Wxy 为 MIMO 均衡单元的抽头系数，angle()表示求相位函数。

可选的，时钟相位恢复装置还可以包括载波恢复单元，载波恢复单元的输入端与 MIMO 均衡单元的输出端连接。

本实施例提供的时钟相位恢复方法，还可以包括：

载波恢复单元对第二输出信号进行载波恢复获得载波恢复后的信号。

可选的，时钟相位恢复装置还可以包括 VCO 和环路滤波器。

时钟偏移相位获取单元的输出端还与环路滤波器的输入端连接，环路滤波器的输出端与 VCO 的输入端连接，VCO 的输出端与 ADC 连接。

本实施例提供的时钟相位恢复方法，还可以包括：

环路滤波器将第一偏移相位信息经过环路低通滤波后转换为控制电压信号。

VCO 根据控制电压信号确定时钟调整信号。

可选的，ADC 对模拟信号进行模数转换获得第二采样信号，可以包括：

ADC 根据时钟调整信号调整采样频率。

ADC 根据调整后的采样频率对模拟信号进行模数转换获得第二采样信号。

本申请实施例提供的时钟相位恢复方法，可以应用于图 2~图 4 所示实施例提供的时钟相位恢复装置，其技术原理和技术效果类似，此处不再赘述。

本申请实施例还提供一种芯片，包括本申请上述装置实施例提供的时钟相位恢复装置。

本申请实施例提供的芯片，包括图 2~图 4 所示实施例提供的时钟相位恢复装置，其技术原理和技术效果类似，此处不再赘述。

权 利 要 求 书

1、一种时钟相位恢复装置，其特征在于，包括：模拟数字转换器 ADC、色散补偿单元、数字间插器、多输入多输出 MIMO 均衡单元和时钟偏移相位获取单元；

所述 ADC 的输出端与所述色散补偿单元的输入端连接，所述色散补偿单元的输出端与所述数字间插器的第一输入端连接，所述数字间插器的输出端与所述 MIMO 均衡单元的输入端连接，所述 MIMO 均衡单元的输出端与所述时钟偏移相位获取单元的输入端连接，所述时钟偏移相位获取单元的输出端与所述数字间插器的第二输入端连接；

所述 ADC，用于对输入的模拟信号进行模数转换，输出第二采样信号；

所述色散补偿单元，用于对所述 ADC 输出的所述第二采样信号进行色散补偿，将色散补偿后的信号输出至所述数字间插器；

所述数字间插器，用于根据所述时钟偏移相位获取单元输出的第一偏移相位信息对所述色散补偿单元输出的所述色散补偿后的信号进行调整，以使所述数字间插器输出的信号为最佳采样时刻的信号；其中，所述第一偏移相位信息为所述时钟偏移相位获取单元根据所述 MIMO 均衡单元的抽头系数和所述 MIMO 均衡单元输出的第一输出信号确定的，所述第一输出信号为与第一采样信号对应的输出信号，所述第一采样信号为所述第二采样信号的前一个相邻的采样信号；

所述 MIMO 均衡单元，用于对所述数字间插器输出的信号进行偏振模色散补偿和均衡，输出第二输出信号。

2、根据权利要求 1 所述的装置，其特征在于，所述时钟偏移相位获取单元包括解耦合模块、时钟相位提取器、加法器和滤波器；

所述 MIMO 均衡单元的第一输出端与所述解耦合模块的输入端连接，所述 MIMO 均衡单元的第二输出端与所述时钟相位提取器的输入端连接，所述 MIMO 均衡单元的输出端和所述时钟相位提取器的输出端分别与所述加法器的输入端连接，所述加法器的输出端与所述滤波器的输入端连接，所述滤波器的输出端与所述数字间插器的所述第二输入端连接；

所述解耦合模块，用于根据所述 MIMO 均衡单元的抽头系数确定补偿的时钟相位，并将所述补偿的时钟相位输出至所述加法器；

所述时钟相位提取器，用于获取所述 MIMO 均衡单元输出的所述第一输出信号的时钟相位，并将所述第一输出信号的时钟相位输出至所述加法器；

所述加法器，用于根据所述解耦合模块输出的所述补偿的时钟相位和所述时钟相位提取器输出的所述第一输出信号的时钟相位获得时钟偏移相位，并将所述时钟偏移相位输出至所述滤波器；

所述滤波器，用于对所述加法器输出的所述时钟偏移相位进行高频滤波获得所述第一偏移相位信息，并将所述第一偏移相位信息输出至所述数字间插器。

3、根据权利要求 2 所述的装置，其特征在于，所述解耦合模块具体用于：

根据 a=angle（Wxx*Wyy-Wyx*Wxy）确定所述补偿的时钟相位 a；其中，Wxx，Wyy，Wyx 和 Wxy 为所述 MIMO 均衡单元的抽头系数，angle()表示求相位函数。

4、根据权利要求 2 所述的装置，其特征在于，所述时钟相位提取器为鉴相器。

5、根据权利要求 1 至 4 任一项所述的装置，其特征在于，还包括载波恢复单元，所

述载波恢复单元的输入端与所述 MIMO 均衡单元的输出端连接；

所述载波恢复单元，用于对所述 MIMO 均衡单元输出的所述第二输出信号进行载波恢复，输出载波恢复后的信号。

6、根据权利要求 1 至 4 任一项所述的装置，其特征在于，还包括压控振荡器 VCO 和环路滤波器；

所述时钟偏移相位获取单元的输出端还与所述环路滤波器的输入端连接，所述环路滤波器的输出端与所述 VCO 的输入端连接，所述 VCO 的输出端与所述 ADC 连接；

所述环路滤波器，用于将所述时钟偏移相位获取单元输出的第一偏移相位信息经过环路低通滤波后转换为控制电压信号；

所述 VCO，用于根据所述环路滤波器输出的所述控制电压信号确定时钟调整信号。

7、根据权利要求 6 所述的装置，其特征在于，所述 ADC 具体用于：

根据所述 VCO 输出的所述时钟调整信号调整采样频率；

根据调整后的采样频率对所述模拟信号进行模数转换获得所述第二采样信号。

8、一种时钟相位恢复方法，其特征在于，应用于时钟相位恢复装置，所述时钟相位恢复装置包括：模拟数字转换器 ADC、色散补偿单元、数字间插器、多输入多输出 MIMO 均衡单元和时钟偏移相位获取单元；

所述 ADC 的输出端与所述色散补偿单元的输入端连接，所述色散补偿单元的输出端与所述数字间插器的第一输入端连接，所述数字间插器的输出端与所述 MIMO 均衡单元的输入端连接，所述 MIMO 均衡单元的输出端与所述时钟偏移相位获取单元的输入端连接，所述时钟偏移相位获取单元的输出端与所述数字间插器的第二输入端连接；

所述方法包括：

所述 ADC 接收模拟信号，并对所述模拟信号进行模数转换获得第二采样信号；

所述色散补偿单元对所述第二采样信号进行色散补偿获得色散补偿后的信号；

所述数字间插器根据第一偏移相位信息对所述色散补偿后的信号进行调整，以使调整后的信号为最佳采样时刻的信号；其中，所述第一偏移相位信息为所述时钟偏移相位获取单元根据所述 MIMO 均衡单元的抽头系数和第一输出信号确定的，所述第一输出信号为与第一采样信号对应的输出信号，所述第一采样信号为所述第二采样信号的前一个相邻的采样信号；

所述 MIMO 均衡单元对所述调整后的信号进行偏振模色散补偿和均衡获得第二输出信号。

9、根据权利要求 8 所述的方法，其特征在于，所述时钟偏移相位获取单元包括解耦合模块、时钟相位提取器、加法器和滤波器；

所述 MIMO 均衡单元的第一输出端与所述解耦合模块的输入端连接，所述 MIMO 均衡单元的第二输出端与所述时钟相位提取器的输入端连接，所述 MIMO 均衡单元的输出端和所述时钟相位提取器的输出端分别与所述加法器的输入端连接，所述加法器的输出端与所述滤波器的输入端连接，所述滤波器的输出端与所述数字间插器的所述第二输入端连接；

所述时钟偏移相位获取单元根据所述 MIMO 均衡单元的抽头系数和所述第一输出信号确定所述第一偏移相位信息，包括：

所述解耦合模块根据所述 MIMO 均衡单元的抽头系数确定补偿的时钟相位；

所述时钟相位提取器获取所述第一输出信号的时钟相位；

所述加法器根据所述补偿的时钟相位和所述第一输出信号的时钟相位获得时钟偏移相位；

所述滤波器对所述时钟偏移相位进行高频滤波获得所述第一偏移相位信息。

10、根据权利要求 9 所述的方法，其特征在于，所述解耦合模块根据所述 MIMO 均衡单元的抽头系数确定补偿的时钟相位，包括：

所述解耦合模块根据 a=angle（Wxx*Wyy-Wyx*Wxy）确定所述补偿的时钟相位 a；其中，Wxx，Wyy，Wyx 和 Wxy 为所述 MIMO 均衡单元的抽头系数，angle()表示求相位函数。

11、根据权利要求 8-10 任一项所述的方法，其特征在于，所述时钟相位恢复装置还包括载波恢复单元，所述载波恢复单元的输入端与所述 MIMO 均衡单元的输出端连接；

所述方法还包括：

所述载波恢复单元对所述第二输出信号进行载波恢复获得载波恢复后的信号。

12、根据权利要求 8-10 任一项所述的方法，其特征在于，所述时钟相位恢复装置还包括压控振荡器 VCO 和环路滤波器；

所述时钟偏移相位获取单元的输出端还与所述环路滤波器的输入端连接，所述环路滤波器的输出端与所述 VCO 的输入端连接，所述 VCO 的输出端与所述 ADC 连接；

所述方法还包括：

所述环路滤波器将所述第一偏移相位信息经过环路低通滤波后转换为控制电压信号；

所述 VCO 根据所述控制电压信号确定时钟调整信号。

13、根据权利要求 12 所述的方法，其特征在于，所述 ADC 对所述模拟信号进行模数转换获得第二采样信号，包括：

所述 ADC 根据所述时钟调整信号调整采样频率；

所述 ADC 根据调整后的采样频率对所述模拟信号进行模数转换获得所述第二采样信号。

14、一种芯片，其特征在于，包括如权利要求 1 至 7 任一项所述的时钟相位恢复装置。

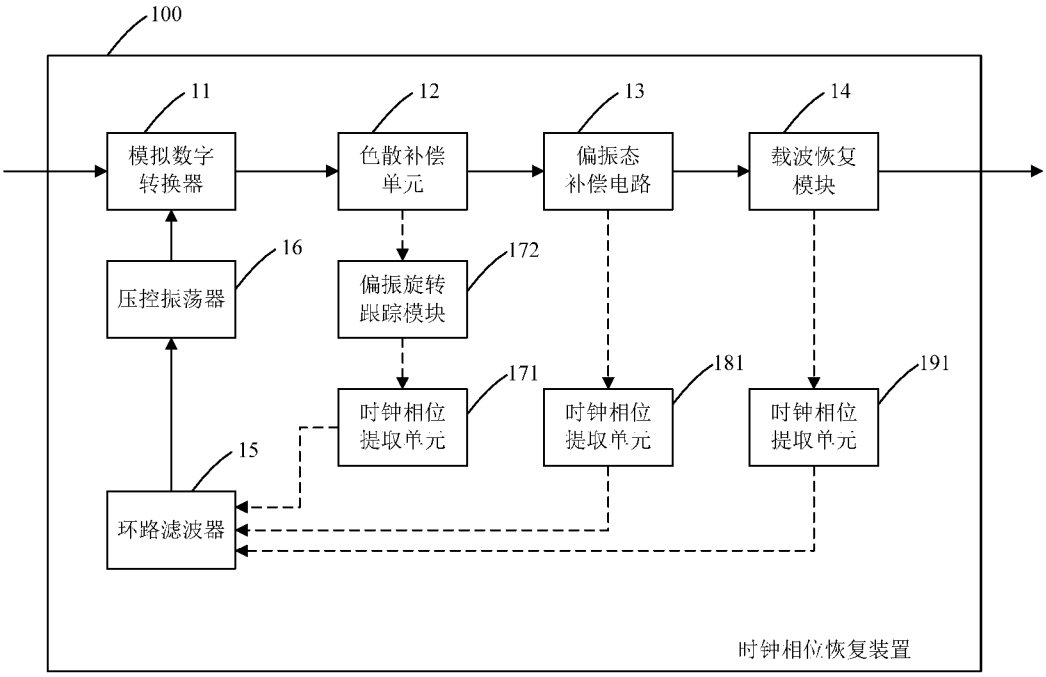
100
11
模拟数字转换器
12
色散补偿单元
13
偏振态补偿电路
14
载波恢复模块
16
压控振荡器
172
偏振旋转跟踪模块
171
时钟相位提取单元
181
时钟相位提取单元
191
时钟相位提取单元
15
环路滤波器
时钟相位恢复装置

图 1

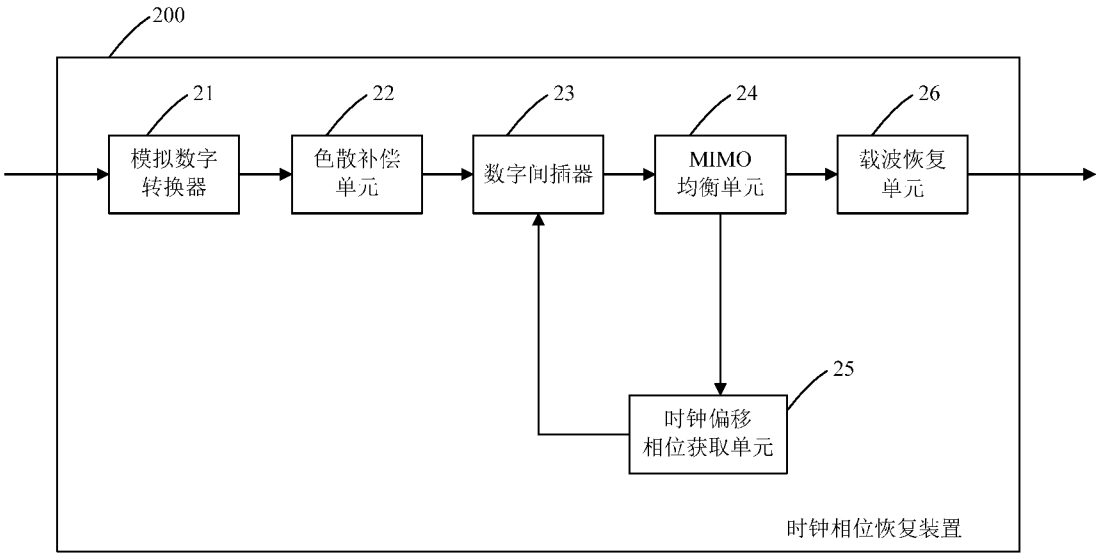
200
21
模拟数字转换器
22
色散补偿单元
23
数字间插器
24
MIMO均衡单元
26
载波恢复单元
25
时钟偏移相位获取单元
时钟相位恢复装置

图 2

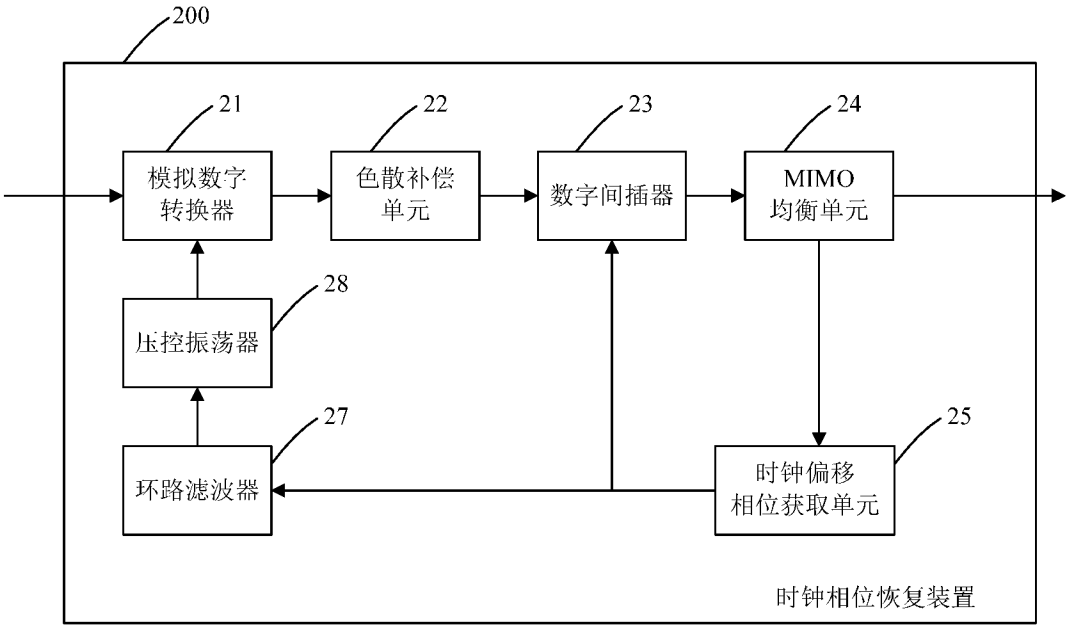
200
21
模拟数字转换器
22
色散补偿单元
23
数字间插器
24
MIMO均衡单元
28
压控振荡器
27
环路滤波器
25
时钟偏移相位获取单元
时钟相位恢复装置

图 3

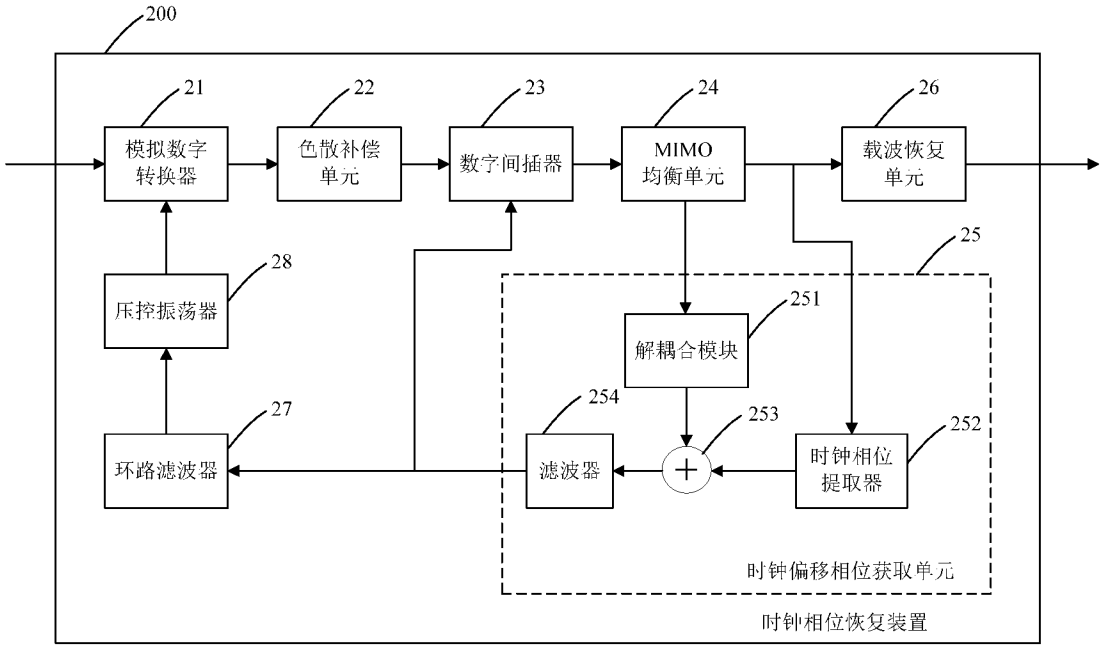
200
21
模拟数字转换器
22
色散补偿单元
23
数字间插器
24
MIMO均衡单元
26
载波恢复单元
25
28
压控振荡器
251
解耦合模块
254
253
252
27
环路滤波器
滤波器
时钟相位提取器
时钟偏移相位获取单元
时钟相位恢复装置

图 4

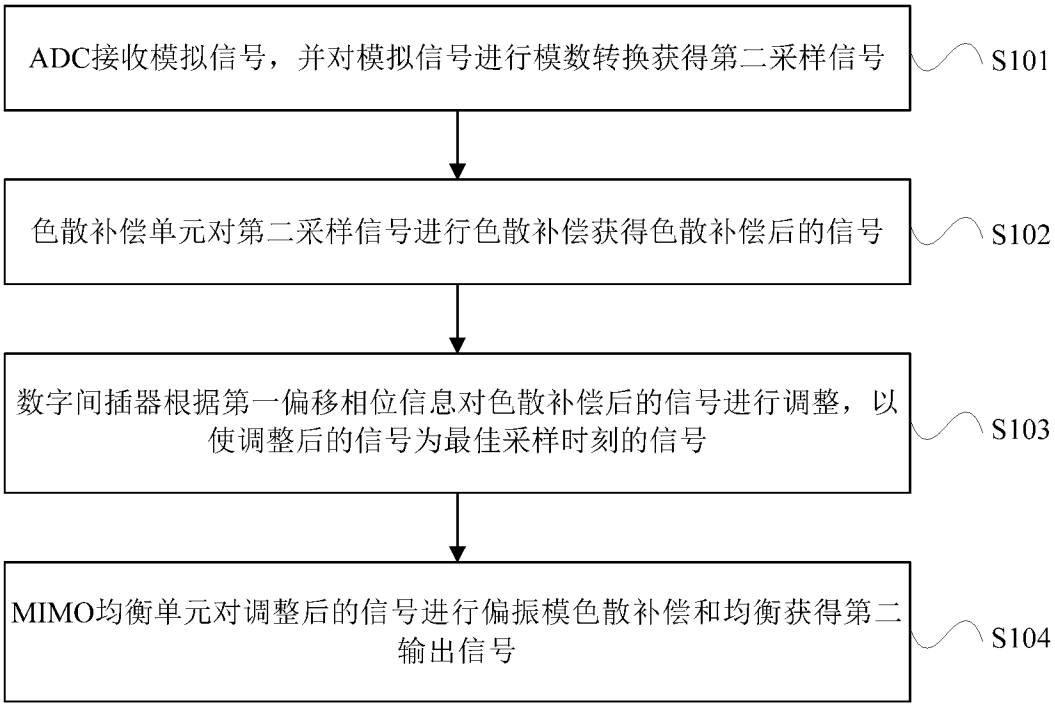
ADC接收模拟信号，并对模拟信号进行模数转换获得第二采样信号
S101
色散补偿单元对第二采样信号进行色散补偿获得色散补偿后的信号
S102
数字间插器根据第一偏移相位信息对色散补偿后的信号进行调整，以使调整后的信号为最佳采样时刻的信号
S103
MIMO均衡单元对调整后的信号进行偏振模色散补偿和均衡获得第二输出信号
S104

图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2019/078028

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04L 7/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04L;H04W;H04Q

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CPRSABS; CNABS; CNTXT; VEN; USTXT; WOTXT; EPTXT; CNKI; 3GPP: 时间, 相位, 恢复, 间插, 插值, 内插, 均衡, 误差, 估计, 采样, tim+, clock, phase, recovery, interpolator, equalizer, error, estimate, sample

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2016106548 A1 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 07 July 2016 (2016-07-07) entire document	1-14
A	CN 102612811 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 25 July 2012 (2012-07-25) entire document	1-14
A	US 2007009074 A1 (MA, CHINGWEN) 11 January 2007 (2007-01-11) entire document	1-14

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
25 May 2019	**05 June 2019**

Name and mailing address of the ISA/CN	Authorized officer
State Intellectual Property Office of the P. R. China **No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing** **100088** **China**	
Facsimile No. **(86-10)62019451**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2019/078028

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2016106548	A1	07 July 2016	CN	107113159	A	29 August 2017
CN	102612811	A	25 July 2012	US	8712247	B2	29 April 2014
				CA	2766492	C	12 April 2016
				EP	2436128	A1	04 April 2012
				EP	2436128	A4	05 September 2012
				US	2013039665	A1	14 February 2013
				WO	2011100867	A1	25 August 2011
				CA	2766492	A1	25 August 2011
				CN	102612811	B	30 March 2016
US	2007009074	A1	11 January 2007	TW	200703260	A	16 January 2007
				TW	I322983	B	01 April 2010

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2019/078028

A. 主题的分类

H04L 7/00(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

H04L;H04W;H04Q

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用）)

CPRSABS;CNABS;CNTXT;VEN;USTXT;WOTXT;EPTXT;CNKI;3GPP:时间，相位，恢复，间插，插值，内插，均衡，误差，估计，采样，tim+，clock，phase，recovery，interpolator，equalizer，error，estimate，sample

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	WO 2016106548 A1 (HUAWEI TECH CO LTD) 2016年 7月 7日 (2016-07-07) 全文	1-14
A	CN 102612811 A (华为技术有限公司) 2012年 7月 25日 (2012-07-25) 全文	1-14
A	US 2007009074 A1 (MA CHING-WEN) 2007年 1月 11日 (2007-01-11) 全文	1-14

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件，或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件（如具体说明的）

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布，与申请不相抵触，但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件，单独考虑该文件，认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件，当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时，要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2019年 5月 25日	2019年 6月 5日

ISA/CN的名称和邮寄地址	受权官员
中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451	朱秀玲 电话号码 86-(010)-62089127

表 PCT/ISA/210 (第2页) (2015年1月)

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2019/078028

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
WO	2016106548	A1	2016年 7月 7日	CN	107113159	A	2017年 8月 29日
CN	102612811	A	2012年 7月 25日	US	8712247	B2	2014年 4月 29日
				CA	2766492	C	2016年 4月 12日
				EP	2436128	A1	2012年 4月 4日
				EP	2436128	A4	2012年 9月 5日
				US	2013039665	A1	2013年 2月 14日
				WO	2011100867	A1	2011年 8月 25日
				CA	2766492	A1	2011年 8月 25日
				CN	102612811	B	2016年 3月 30日
US	2007009074	A1	2007年 1月 11日	TW	200703260	A	2007年 1月 16日
				TW	I322983	B	2010年 4月 1日