



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102843111 B

(45) 授权公告日 2015. 07. 01

(21) 申请号 201210208192. 6

(22) 申请日 2012. 06. 19

(30) 优先权数据

2011-137143 2011. 06. 21 JP

(73) 专利权人 日本电信电话株式会社

地址 日本东京

专利权人 NTT 电子股份有限公司

(72) 发明人 佐野公一 福山裕之 野坂秀之

中村诚 村田浩一 十林正俊

井锅泰宣 土屋英祐

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 倪斌

(51) Int. Cl.

H03G 3/20(2006. 01)

(56) 对比文件

JP 特开 2009-260715 A, 2009. 11. 05, 说明书第 39-45 段, 附图 13-15.

JP 特开平 11-27216 A, 1999. 01. 29, 说明书第 66-72 段, 附图 7.

CN 1614883 A, 2005. 05. 11, 全文.

CN 202713241 U, 2013. 01. 30, 权利要求 1-4.

审查员 梁岩

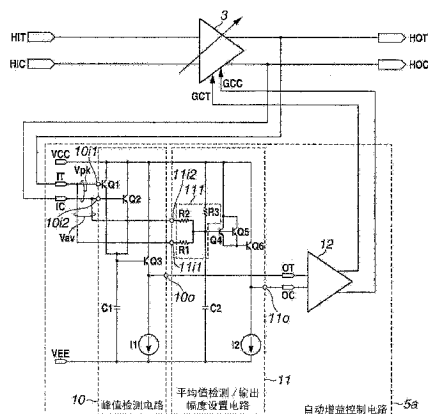
权利要求书2页 说明书8页 附图6页

(54) 发明名称

自动增益控制电路

(57) 摘要

在自动增益控制电路中, 峰值检测电路检测并输出可变增益电路的输出信号的峰值电压。平均值检测 / 输出幅度设置电路检测可变增益电路的输出信号的平均值电压, 输出幅度为可变增益电路所需输出幅度 1/2 的电压与平均值电压相加获得的电压。放大电路对峰值检测电路和平均值检测 / 输出幅度设置电路的输出电压之差放大, 向可变增益电路输出增益控制信号, 来控制可变增益电路的增益。峰值检测电路中从接收可变增益电路的输出信号的输入端口到向放大电路输出电压的输出端口的路径上晶体管基极 - 发射极结的个数等于平均值检测 / 输出幅度设置电路中从接收可变增益电路的输出信号的输入端口到向放大电路输出电压的输出端口的路径上晶体管基极 - 发射极结的个数。



1. 一种自动增益控制电路,包括:

峰值检测电路(10),所述峰值检测电路检测并输出来自可变增益电路(3)的输出信号的峰值电压,所述可变增益电路对主信号进行放大,所述峰值检测电路包括晶体管(Q1、Q2、Q3);

平均值检测/输出幅度设置电路(11),检测来自可变增益电路(3)的输出信号的平均值电压,输出通过将幅度为可变增益电路(3)所需输出幅度1/2的电压与平均值电压相加获得的电压,并包括晶体管(Q4、Q5、Q6);以及

放大电路(12),所述放大电路通过对峰值检测电路(10)的输出电压和平均值检测/输出幅度设置电路(11)的输出电压之间的差进行放大,并且向所述可变增益电路(3)输出所述放大结果作为增益控制信号,来控制所述可变增益电路(3)的增益,

其中峰值检测电路(10)中从接收来自可变增益电路(3)的输出信号的输入端口(10i1,10i2)到向所述放大电路(12)输出电压的输出端口(10o)的路径上的晶体管的基极-发射极结的个数等于平均值检测/输出幅度设置电路(11)中从接收来自所述可变增益电路的输出信号的输入端口(11i1,11i2)到向所述放大电路(12)输出电压的输出端口(11o)的路径上的晶体管的基极-发射极结的个数;

所述自动增益控制电路还包括接收来自所述可变增益电路(3)的输出信号的正相输入端口(IT)和反相输入端口(IC),

其中所述峰值检测电路(10)包括:

第一晶体管(Q1),具有用作峰值检测电路(10)的第一输入端口(10i1)、并且与正相输入端口(IT)相连的基极,以及用于接收第一电源电压的集电极;

第二晶体管(Q2),具有用作峰值检测电路(10)的第二输入端口(10i2)、并且与反相输入端口相连的基极,以及用于接收第一电源电压的集电极;

第三晶体管(Q3),具有与第一晶体管的发射极和第二晶体管的发射极相连的基极,接收第一电源电压的集电极,以及用作峰值检测电路(10)的输出端口(10o)的发射极;

第一电容(C1),具有与第一晶体管(Q1)的发射极、第二晶体管(Q2)的发射极以及第三晶体管(Q3)的基极相连的一端,以及接收第二电源电压的另一端;以及

第一电流源(I1),向第三晶体管(Q3)供应恒定电流;

所述平均值检测/输出幅度设置电路(11)包括:

电压检测/设置电路(111),其将幅度为可变增益电路(3)所需输出幅度1/2的电压加到正相输入端口(IT)处的电压和反相输入端口(IC)处的电压的平均值电压上;

第四晶体管(Q4)和第五晶体管(Q5),具有与电压检测/设置电路(111)的输出端口相连的基极,以及接收第一电源电压的集电极;

第六晶体管(Q6),具有与第四晶体管(Q4)的发射极和第五晶体管(Q5)的发射极相连的基极,接收第一电源电压的集电极,以及用作平均值检测/输出幅度设置电路(11)的输出端口(11o)的发射极;

第二电容器(C2),具有与电压检测/设置电路(111)的输出端口、第四晶体管(Q4)的基极以及第五晶体管(Q5)的基极相连的一端,以及接收第二电源电压的另一端;以及

第二电流源(I2),其向所述第六晶体管(Q6)供应恒定电流;第一晶体管(Q1)和第二晶体管(Q2)的尺寸等于第四晶体管(Q4)和第五晶体管(Q5)的尺寸,

第三晶体管 (Q3) 的尺寸等于第六晶体管 (Q6) 的尺寸, 以及
第一电流源 (I1) 的电流值等于第二电流源 (I2) 的电流值。

2. 根据权利要求 1 所述的自动增益控制电路, 其中所述电压检测 / 设置电路 (111) 包括:

第一电阻器 (R1), 具有用作平均值检测 / 输出幅度设置电路 (11) 的输入端口 (11i1)、并且与正相输入端口 (IT) 相连的一端;

第二电阻器 (R2), 具有用作平均值检测 / 输出幅度设置电路 (11) 的第二输入端口 (11i2)、并且与反相输入端口相连的一端; 以及

第三电阻器 (R3), 具有接收第一电源电压的一端; 以及

第一电阻器 (R1) 的另一端连接到第二电阻器 (R2) 的另一端和第三电阻器 (R3) 的另一端, 并且用作电压检测 / 设置电路 (111) 的输出端口。

3. 根据权利要求 1 所述的自动增益控制电路, 还包括:

缓冲电路 (13), 插入到输入端口 (IT、IC) 与峰值检测电路 (10) 的输入端口、平均值检测 / 输出幅度设置电路 (11) 的输入端口之间;

所述缓冲电路 (13) 包括:

射极跟随器电路 (131、132), 所述射极跟随器电路具有与输入端口 (IT、IC) 相连的输入端口; 以及

输出电路 (133), 具有与所述射极跟随器电路的输出端口相连的输入端口、与所述峰值检测电路 (10) 的输入端口以及所述平均值检测 / 输出幅度设置电路 (11) 的输入端口相连的输出端口。

自动增益控制电路

技术领域

[0001] 本发明涉及一种自动增益控制电路,其自动地控制半导体集成电路中可变增益电路的增益。

背景技术

[0002] 常规上,自动增益控制电路已经用作跨阻(transimpedance)放大电路的构成元件,跨阻放大电路同时将微小光电流转换为电压信号并对其进行放大。图4示出了非专利文献1(Kimikazu Sano 等人" A Wideband Low-distorted ROSA for Video Distribution Service based on FM Conversion Scheme", ECOC 2007 Proceedings, Vol. 3, pp. 167-168, 2007) 中公开的跨阻放大电路的结构。

[0003] 跨阻核心电路1将由诸如光电二极管(未示出)之类的光接收元件获得的电流信号转换为电压信号。偏移补偿电路2对来自跨阻核心电路1的输出信号的偏移进行补偿。可变增益电路(可变增益放大器)3对来自跨阻核心电路1的输出信号进行放大。可变增益电路3经由输出缓冲器4将输出信号输出至差分输出端口OT和OC。自动增益控制电路5通过产生增益控制信号来控制可变增益电路3的增益,以将来自可变增益电路3的输出信号的幅度与预定的设定输出幅度相匹配。

[0004] 下面将详细描述自动增益控制电路5。自动增益控制电路5包括峰值检测电路50、平均值检测电路51、输出幅度设置电路52、运算放大器53、电阻器r51、r52、r53和r54以及电容器c51、c52和c53。峰值检测电路50检测来自可变增益电路3的输出信号的峰值THo。平均值检测电路51检测来自可变增益电路3的输出信号的平均值Ave。峰值THo和平均值Ave之间的差是来自可变增益电路3的输出信号的半值(半值幅度)。在输出幅度设置电路52中设置作为基准的设定输出半值幅度ASet。输出幅度设置电路52在运算放大器53的非反相输入端口和反相输入端口之间输出设定输出半值幅度Aset。

[0005] 运算放大器53在其输入处将可变增益电路3的输出幅度加到从输出幅度设置电路52输出的设定输出半值幅度Aset上,如下所示:

$$[0006] \quad Ave - Tho + ASet \quad \dots (1)$$

[0007] 因为由于运算放大器本身的高增益特性,在稳定操作期间运算放大器53的输入几乎为0,数学表达式(1)的值变为几乎为0。结果,数学表达式(2)成立:

$$[0008] \quad Tho - Ave \approx ASet \quad \dots (2)$$

[0009] 也就是说,运算放大器53对设定输出半值幅度ASet和可变增益电路3的输出半值幅度(Tho-Ave)之间的差进行放大,并且基于放大结果向可变增益电路3输出增益控制信号。利用这种操作,运算放大器53控制可变增益电路3的增益,以便将可变增益电路3的输出半值幅度(Tho-Ave)稳定在设定输出半值幅度ASet处。

[0010] 例如,将吉尔伯特单元型可变增益电路(参见非专利文献2)用作可变增益电路3。图5示出了文献2(P. R. Gray, P. J. Hurst, S. H. Lewis 和 R. G. Meyer(Kunihiro Asada and Yuzuru Nagata:Supervisors of Translation)," Analysis and Design of Analog

Integrated Circuits(lower volume))”，第四版，BAIHUKAN, pp. 263-264, 2003) 中公开的吉尔伯特单元型可变增益电路的结构。

[0011] 该可变增益电路包括：幅度调节晶体管 Q30 和 Q31，构成上差分对，所述上差分对根据输入至基极的增益控制信号 GCT 和 GCC 执行输出幅度调节；幅度调节晶体管 Q32 和 Q33，构成上差分对；放大晶体管 Q34 和 Q35，构成下差分对，其基极与正相位输入端口 HIT 和反相输入端口 HIC 相连；电流源 I30，具有与放大晶体管 Q34 和 Q35 的发射极相连的一端，以及接收电源电压 VEE 的另一端；集电极电阻器 R30，具有接收电源电压 VCC 的一端，以及幅度调节晶体管 Q30 和 Q32 的集电极相连的另一端；以及集电极电阻器 R31，具有接收电源电压 VCC 的一端，以及幅度调节晶体管 Q31 和 Q33 的集电极相连的另一端。放大晶体管 Q34 的集电极与幅度调节晶体管 Q30 和 Q31 的发射极相连。放大晶体管 Q35 的集电极与幅度调节晶体管 Q32 和 Q33 的发射极相连。

[0012] 在图 5 所示的可变增益电路中，将从跨阻核心电路 1 输出的正相输入信号和反相输入信号分别输入至正相输入端口 HIT 和反相输入端口 HIC，将增益控制信号 GCT 和 GCC 分别输入至幅度调节晶体管 Q30 和 Q31，以及将增益控制信号 GCT 和 GCC 分别输入至构成上差分对的幅度调节晶体管 Q33 和 Q32。幅度调节晶体管 Q31 和 Q33 的集电极和集电极电阻器 R31 的节点与正相输出端口 HOT 相连。幅度调节晶体管 Q30 和 Q32 的集电极和集电极电阻器 R30 的节点与反相输出端口 HOC 相连。

[0013] 由图 4 所示的自动增益控制电路 5 控制以便恒定的可变增益电路 3 的输出幅度值有时极大地改变。当图 4 中的峰值检测电路 50 的输出电压 THo 和平均值检测电路 51 的平均电压 Ave 的温度依赖性不同时，可能出现可变增益电路 3 的输出幅度值随温度变化的现象。这可以根据数学表达式 (2) 来理解。

[0014] 自动增益控制电路 5 检测峰值检测电路 50 的输出电压 THo 和平均值检测电路 51 的输出电压 Ave 之间的差 (THo-Ave)。自动增益控制电路 5 还将输出电压差 (THo-Ave) 与输出幅度设置电路 52 的输出电压 ASet 进行比较，并且操作以将差设置为 0。在这种情况下，如果峰值检测电路 50 的输出电压 THo 和平均值检测电路 51 的输出电压 Ave 的温度依赖性不同，输出电压差 (THo-Ave) 变为具有温度依赖性。

[0015] 因为作为由自动增益控制电路 5 用来产生增益控制信号的比较确定信号之一的输出电压差 (THo-Ave) 具有温度依赖性，从自动增益控制电路 5 向可变增益电路 3 输出的增益控制信号变得具有温度依赖性。结果，来自可变增益电路 3 的输出幅度值也变得具有温度依赖性。如上所述，根据现有技术，因为可变增益电路 3 的输出幅度不可避免地具有温度依赖性，所以设置了较大的电流操作裕度。

发明内容

[0016] 已经做出了本发明以解决以上问题，并且本发明的目的是为了减小由自动增益控制电路产生的增益控制信号的温度依赖性，并因此减小可变增益电路的输出幅度的温度依赖性。

[0017] 根据本发明，提出了一种自动增益控制电路，包括：峰值检测电路，所述峰值检测电路检测并输出来自可变增益电路的输出信号的峰值电压，所述可变增益电路对主信号进行放大，所述峰值检测电路包括晶体管；平均值检测和输出幅度设置电路（下文中称作“平

均值检测 / 输出幅度设置电路”),检测来自可变增益电路的输出信号的平均值电压,输出通过将具有可变增益电路的所需输出幅度的 $1/2$ 幅度的电压与平均值电压相加获得的电压,所述平均值检测 / 输出幅度设置电路包括晶体管;以及放大电路,所述放大电路通过对峰值检测电路的输出电压和平均值检测 / 输出幅度设置电路的输出电压之间的差进行放大,并且向所述可变增益电路输出放大结果作为增益控制信号,来控制可变增益电路的增益,其中峰值检测电路中从接收来自可变增益电路的输出信号的输入端口到向放大电路输出电压的输出端口的路径上的晶体管的基极-发射极结的个数等于平均值检测 / 输出幅度设置电路中从接收来自可变增益电路的输出信号的输入端口到向放大电路输出电压的输出端口的路径上的晶体管的基极-发射极结的个数。

附图说明

[0018] 图 1 是示出了根据本发明第一实施例的自动增益控制电路的结构的电路图;

[0019] 图 2 是示出了根据本发明第二实施例的自动增益控制电路的结构的电路图;

[0020] 图 3A 至 3C 是示出了本发明第二实施例中的可变增益电路的输出幅度的温度依赖性的仿真结果的图;

[0021] 图 4 是示出了常规跨阻放大电路的结构的方框图;以及

[0022] 图 5 是示出了吉尔伯特型可变增益电路的结构的电路图。

具体实施方式

[0023] 下面将参考附图描述本发明的实施例

[0024] [第一实施例]

[0025] 如同图 4 所示的常规自动增益控制电路 5 那样,图 1 所示的自动增益控制电路 5a 产生增益控制信号,并且向对主信号进行放大的可变增益电路 3 输出增益控制信号,以便在监测可变增益电路 3 的输出幅度同时将输出幅度设置为通过自动增益控制电路 5a 设置的幅度。

[0026] 自动增益控制电路 5a 包括峰值检测电路 10、平均值检测和输出幅度设置电路(下文中称作“平均值检测 / 输出幅度设置电路”)11、以及用作差分放大电路的高增益放大器 12。

[0027] 如图 4 所示的常规峰值检测电路 50 那样,峰值检测电路 10 是对来自可变增益电路 3 的输出信号的峰值电压进行检测和输出的电路。峰值检测电路 10 包括:第一晶体管 Q1、第二晶体管 Q2、第三晶体管 Q3、第一电容器 C1 和第一电流源 I1。第一晶体管 Q1 具有与自动增益控制电路 5a 的正相输入端口 IT 相连的基极,以及接收第一电源电压 VCC 的集电极。第二晶体管 Q2 具有与自动增益控制电路 5a 的反相输入端口 IC 相连的基极,以及接收电源电压 VCC 的集电极。第三晶体管 Q3 具有与晶体管 Q1 和 Q2 的发射极相连的基极,以及接收电源电压 VCC 的集电极。电容器 C1 具有与晶体管 Q1 和 Q2 的发射极和晶体管 Q3 的基极相连的一端,以及接收第二电源电压 VEE 的另一端。电流源 I1 具有与晶体管 Q3 的发射极相连的一端,以及接收电源电压 VEE 的另一端。电流源 I1 向晶体管 Q3 供应恒定电流。晶体管 Q1 的基极用作峰值检测电路 10 的第一输入端口 10i1。晶体管 Q2 的基极用作峰值检测电路 10 的第二输入端口 10i2。晶体管 Q3 的发射极用作峰值检测电路 10 的输出端口

10o。电容器 C1 的另一端以及电流源 I1 的另一端可以接地。

[0028] 平均值检测 / 输出幅度设置电路 11 是通过将平均值检测电路和输出幅度设置电路集成而获得的电路,在图 4 所示的常规自动增益控制电路 5 中它们是分离的。该电路检测来自可变增益电路 3 的输出信号的平均值电压,并且输出通过将幅度基本上为可变增益电路 3 所需输出幅度 1/2 的电压(半值幅度)与平均值电压相加而获得的电压。平均值检测 / 输出幅度设置电路 11 包括第四晶体管 Q4、第五晶体管 Q5、第六晶体管 Q6、第一电阻器 R1、第二电阻器 R2、第三电阻器 R3、第二电容器 C2 和第二电流源 I2。将电源电压 VCC 施加至晶体管 Q4 和 Q5 的集电极。晶体管 Q6 具有与晶体管 Q4 和 Q5 的发射极相连的基极,以及接收电源电压 VCC 的集电极。电阻器 R1 具有与自动增益控制电路 5a 的正相输入端口 IT 相连的一端,以及与晶体管 Q4 和 Q5 的基极相连的另一端。电阻器 R2 具有与自动增益控制电路 5a 的反相输入端口 IC 相连的一端,以及与晶体管 Q4 和 Q5 的基极相连的另一端。电阻器 R3 具有接收电源电压 VCC 的一端,以及与晶体管 Q4 和 Q5 的基极相连的另一端。电容器 C2 具有与晶体管 Q4 和 Q5 的基极相连的一端,以及接收电源电压 VEE 的另一端。电流源 I2 具有与晶体管 Q6 的发射极相连的一端,以及接收电源电压 VEE 的另一端。电流源 I2 向晶体管 Q6 供应恒定电流。电阻器 R1 的一端用作平均值检测 / 输出幅度设置电路 11 的第一输入端口 11i1。电阻器 R2 的一端用作平均值检测 / 输出幅度设置电路 11 的第二输入端口 11i2。晶体管 Q6 的发射极用作平均值检测 / 输出幅度设置电路 11 的输出端口 11o。电容器 C2 的另一端和电流源 I2 的另一端可以接地。

[0029] 电阻器 R1、R2 和 R3 构成电压检测 / 设置电路 111。电压检测 / 设置电路 111 具有将幅度基本上为可变增益电路 3 所需输出幅度 1/2 的电压加到正相输入端口 IT 处的电压和反相输入端口 IC 处的电压的平均值电压上的功能。电阻器 R1 的另一端与电阻器 R2 和 R3 各自的另一端相连,以用作电压检测 / 设置电路 111 的输出端口。

[0030] 峰值检测电路 10 的输出端口(晶体管 Q3 的发射极和电流源 I1 的节点)10o 与高增益放大器 12 的正相输入端口 OT 相连。平均值检测 / 输出幅度设置电路 11 的输出端口(晶体管 Q6 的发射极和电流源 I2 的节点)11o 与高增益放大器 12 的反相输入端口 OC 相连。

[0031] 高增益放大器 12 具有与图 4 所示的常规运算放大器 53 相同的功能。也就是说,高增益放大器 12 对峰值检测电路 10 的输出电压和平均值检测 / 输出幅度设置电路 11 的输出电压之差进行放大,并且向可变增益电路 3 输出放大结果作为增益控制信号。利用这种操作,高增益放大器 12 控制可变增益电路 3 的增益,以便将峰值检测电路 10 的输出电压与平均值检测 / 输出幅度设置电路 11 的输出电压相匹配。如上所述,例如可以使用图 5 所示的吉尔伯特单元型可变增益电路作为可变增益电路 3。

[0032] 可变增益电路 3 的正相输出端口 HOT 与自动增益控制电路 5a 的正相输入端口 IT 相连。可变增益电路 3 的反相输出端口 HOC 与自动增益控制电路 5a 的反相输入端口 IC 相连。此外,将从高增益放大器 12 输出的正相侧增益控制信号 GCT 和反相侧增益控制信号 GCC 输入至可变增益电路 3。

[0033] 下面将使用数学表达式,解释该实施例如何减小可变增益电路 3 的输出幅度值的温度依赖性。

[0034] 首先,该实施例获得高增益放大器 12 的差分输入端口 OT 和 OC 中正相输入端口

OT 处的电压。设 V_{pk} 是可变增益电路 3 的输出电压的峰值, V_{be1} 是晶体管 Q1 和 Q2 的基极 - 发射极电压, 以及 V_{be2} 是晶体管 Q3 的基极 - 发射极电压, 则正相输入端口 OT 处的电压由下式给出:

$$[0035] \quad V_{pk} - V_{be1} - V_{be2} \quad \dots (1)$$

[0036] 然后, 该实施例获得高增益放大器 12 的反相输入端口 OC 处的电压。设 V_{av} 是可变增益电路 3 的输出电压的平均值, 电阻器 R1、R2 和 R3 的公共节点 (晶体管 Q4 和 Q5 的基极的公共节点) 处的电压由下式给出:

$$[0037] \quad V_{av} + (V_{CC} - V_{av}) \times \{(R1 \times R2) / (R1 + R2)\} / [\{(R1 \times R2) / (R1 + R2)\} + R3] \quad \dots (2)$$

[0038] 如果以下三个条件成立: (A) 晶体管 Q1 和 Q2 的尺寸与晶体管 Q4 和 Q5 的尺寸相等; (B) 晶体管 Q3 的尺寸等于晶体管 Q6 的尺寸; 以及 (C) 电流源 I1 的电流值等于电流源 I2 的电流值, 则晶体管 Q3 的基极电流等于晶体管 Q6 的基极电流, 以及具有这些基极电流的 1/2 幅度的电流流过具有相同尺寸的晶体管 Q1、Q2、Q4 和 Q5 的发射极。结果, 晶体管 Q4 和 Q5 的基极 - 发射极电压变为等于晶体管 Q1 和 Q2 的基极 - 发射极电压 V_{be1} 。在这种情况下, 晶体管具有相同的尺寸意味着在相同基极电流的情况下基极 - 发射极电压相同。实现这种晶体管的方法之一是按照这样的方式制造具有相同尺寸的晶体管, 使得他们具有相同的半导体层结构或电极结构, 并且所述半导体层和电极具有相同的厚度和长度。

[0039] 如果上述两个条件成立: (B) 晶体管 Q3 的尺寸等于晶体管 Q6 的尺寸; 以及 (C) 电流源 I1 的电流值等于电流源 I2 的电流值, 则来自具有相同电流值的电流源 I1 和 I2 的电流分别流过晶体管 Q3 和 Q6 的发射极。结果, 晶体管 Q6 的基极 - 发射极电压变为等于晶体管 Q3 的基极 - 发射极电压 V_{be2} 。根据以上描述, 反相输入端口 OC 处的电压由下式给出:

$$[0040] \quad V_{av} + (V_{CC} - V_{av}) \times \{(R1 \times R2) / (R1 + R2)\} / [\{(R1 \times R2) / (R1 + R2)\} + R3] - V_{be1} - V_{be2} \quad \dots (3)$$

[0041] 正相输入端口 OT 和反相输入端口 OC 是高增益放大器 12 的输入端口。如上所述, 高增益放大器 12 操作为将正相输入端口 OT 处的电压与反相输入端口 OC 处的电压相匹配。因此, 根据数学表达式 (1) 和 (3), 以下等式成立:

$$[0042] \quad V_{pk} - V_{be1} - V_{be2} = V_{av} + (V_{CC} - V_{av}) \times \{(R1 \times R2) / (R1 + R2)\} / [\{(R1 \times R2) / (R1 + R2)\} + R3] - V_{be1} - V_{be2} \quad \dots (4)$$

[0043] 此外, 可以将等式 (4) 调整成:

$$[0044] \quad V_{pk} - V_{av} = (V_{CC} - V_{av}) \times \{(R1 \times R2) / (R1 + R2)\} / [\{(R1 \times R2) / (R1 + R2)\} + R3] \quad \dots (5)$$

[0045] 也就是说, 在该实施例中, 可变增益电路 3 操作为使得其峰值电压和平均值电压之间的差变为 $(V_{CC} - V_{av}) \times \{(R1 \times R2) / (R1 + R2)\} / [\{(R1 \times R2) / (R1 + R2)\} + R3]$ 。因此, 可变增益电路 3 的输出幅度由下式给出:

$$[0046] \quad 2 \times (V_{CC} - V_{av}) \times \{(R1 \times R2) / (R1 + R2)\} / [\{(R1 \times R2) / (R1 + R2)\} + R3] \quad \dots (6)$$

[0047] 可以清楚看出, 数学表达式 (6) 既不包括晶体管 Q1、Q2、Q4 和 Q5 的基极 - 发射极电压 V_{be1} , 也不包括晶体管 Q3 和 Q6 的基极 - 发射极电压 V_{be2} 。为什么可以将基极 - 发射极电压 V_{be1} 和 V_{be2} 排除在外的原因可以解释如下。由 (Q1+Q2) 和 Q3 构成的两级形式的晶体管插入到从峰值检测电路 10 的输入端口 (晶体管 Q1 和 Q2 的基极) 10i1 和 10i2 到峰值检测电路 10 的输出端口 10o 的路径中。由 (Q4+Q5) 和 Q6 构成的两级形式的晶体管插入到从平均值检测 / 输出幅度设置电路 11 的输入端口 (电阻器 R1 和 R2 各自的一端) 11i1 和 11i2 到平均值检测 / 输出幅度设置电路 11 的输出端口 11o 的路径中。因此, 从峰值检

测电路 10 的输入端口 10i1 和 10i2 到输出端口 10o 的路径上的晶体管的基极 - 发射极结的个数等于从平均值检测 / 输出幅度设置电路 11 的输入端口 11i1 和 11i2 到输出端口 11o 的路径上的晶体管的基极 - 发射极结的个数。为此原因,当高增益放大器 12 根据峰值检测电路 10 的输出电压和平均值检测 / 输出幅度设置电路 11 的输出电压之间的差产生增益控制信号时,排除了基极 - 发射极电压 V_{be1} 和 V_{be2} 。

[0048] 基极 - 发射极电压 V_{be1} 和 V_{be2} 具有强烈的温度依赖性。为此原因,如果数学表达式 (6) 包含 V_{be1} 和 V_{be2} ,则本应恒定的可变增益电路 3 的输出幅度极大地变化。该实施例从数学表达式 (6) (可变增益电路 3 的输出幅度的设定值) 中去除了具有强烈温度依赖性的 V_{be1} 和 V_{be2} ,以减小温度依赖性。

[0049] 注意:电阻器 R1 至 R3 也具有温度依赖性。然而,与电阻器 R1 至 R3 相关联的数学表达式 (6) 中的数学表达式 $\{(R1 \times R2) / (R1 + R2)\} / [\{(R1 \times R2) / (R1 + R2)\} + R3]$ 是用于计算比率的数学表达式。为此原因,对电阻器 R1 至 R3 使用相同的电阻材料将抵消每一电阻器的温度依赖性,从而减小了 $\{(R1 \times R2) / (R1 + R2)\} / [\{(R1 \times R2) / (R1 + R2)\} + R3]$ 的温度依赖性。因此,该实施例可以将可变增益电路 3 的输出幅度的温度变化依赖性减小为大约是可变增益电路 3 的输出电压的电源电压 VCC 和平均值 V_{av} 的温度依赖性。

[0050] 另外,因为集成了平均值检测电路和输出幅度设置电路,该实施例可以获得以下效果,例如所使用元件个数减少,芯片面积减小,以及功耗降低。

[0051] [第二实施例]

[0052] 如图图 4 所示的常规自动增益控制电路 5 和图 1 所示的自动增益控制电路 5a,图 2 所示的自动增益控制电路 5b 产生并且向可变增益电路 3 输出增益控制信号,以便在监测可变增益电路 3 的输出幅度同时将输出幅度设置为由自动增益控制电路 5b 设置的幅度。

[0053] 自动增益控制电路 5b 包括峰值检测电路 10、平均值检测 / 输出幅度设置电路 11、高增益放大器 12 和缓冲电路 13。自动增益控制电路 5b 与图 1 所示的自动增益控制电路 5a 的不同之处在于:缓冲电路 13 插入到正相输入端口 IT 和反相输入端口 IC 与峰值检测电路 10 的输入端口 10i1 和 10i2、平均值检测 / 输出幅度设置电路 11 的输入端口 11i1 和 11i2 之间。

[0054] 缓冲电路 13 包括第七晶体管 Q7、第八晶体管 Q8、第九晶体管 Q9、第十晶体管 Q10、第四电阻器 R4、第五电阻器 R5、第六电阻器 R6、第三电流源 I3、第四电流源 I4、第五电流源 I5 和第六电流源 I6。晶体管 Q7 具有与自动增益控制电路 5b 的正相输入端口 IT 相连的基极,以及接收电源电压 VCC 的集电极。晶体管 Q8 具有与自动增益控制电路 5b 的反相输入端口 IC 相连的基极,以及接收电源电压 VCC 的集电极。晶体管 Q9 和 Q10 是成差分设置的晶体管,其中它们的基极与晶体管 Q7 和 Q8 的发射极相连。电阻器 R4 具有接收电源电压 VCC 的一端,以及与晶体管 Q9 的集电极相连的另一端。电阻器 R5 具有接收电源电压 VCC 的一端,以及与晶体管 Q10 的集电极相连的另一端。电阻器 R6 具有与晶体管 Q9 的发射极相连的一端,以及与晶体管 Q10 的发射极相连的另一端。电流源 I3 具有与晶体管 Q7 的发射极相连的一端,以及接收电源电压 VEE 的另一端。电流源 I4 具有与晶体管 Q8 的发射极相连的一端,以及接收电源电压 VEE 的另一端。电流源 I5 具有与晶体管 Q9 的发射极相连的一端,以及接收电源电压 VEE 的另一端。电流源 I6 具有与晶体管 Q10 的发射极相连的一端,以及接收电源电压 VEE 的另一端。

[0055] 晶体管 Q7 和电流源 I3 构成射极跟随器电路 131。晶体管 Q8 和电流源 I4 构成射极跟随器电路 132。晶体管 Q7 和 Q8 的基极用作射极跟随器电路 131 和 132 的输入端口。晶体管 Q7 和 Q8 的发射极用作射极跟随器电路 131 和 132 的输出端口。晶体管 Q9 和 Q10、电阻器 R4 和 R5 以及电流源 I5 和 I6 构成输出电路（差分放大电路）133。晶体管 Q9 和 Q10 的基极用作输出电路 133 的输入端口。晶体管 Q9 和 Q10 的集电极用作输出电路 133 的输出端口。

[0056] 缓冲电路 13 的正相输出端口（晶体管 Q10 的集电极和电阻器 R5 的节点）连接到峰值检测电路 10 的正相输入端口（晶体管 Q1 的基极）以及平均值检测 / 输出幅度设置电路 11 的正相输入端口（电阻器 R1 的一端）。缓冲电路 13 的反相输出端口（晶体管 Q9 的集电极和电阻器 R4 的节点）连接到峰值检测电路 10 的反相输入端口（晶体管 Q2 的基极）以及平均值检测 / 输出幅度设置电路 11 的反相输入端口（电阻器 R2 的一端）。

[0057] 与第一实施例相比,缓冲器 13 具有以下功能:通过减小可变增益电路 3 的差分输出端口 HOT 和 HOC 处的负载（尤其是电容性负载）,确保可变增益电路 3 比第一实施例大的高频侧频带。该功能如何实现可以如下解释。在第一实施例中,可变增益电路 3 的差分输出端口 HOT 和 HOC 处的负载对应于两个电路,即峰值检测电路 10 和与其并联连接的平均值检测 / 输出幅度设置电路 11。因为这两个电路是负载,所以即使将每一个均具有制造工艺所允许最小尺寸的晶体管用作峰值检测电路 10 的输入单元的晶体管 Q1 和 Q2 以及平均值检测 / 输出幅度设置电路 11 的输入单元的晶体管 Q4 和 Q5,可变增益电路 3 驱动的负载对应于每个输出端口两个晶体管。

[0058] 与此相反,该实施例通过插入缓冲电路 13,可以将可变增益电路 3 驱动的负载减小至每个输出端口一个晶体管。也就是说,针对缓冲电路 13 的输入单元的晶体管 Q7 和 Q8 使用具有最小尺寸的晶体管可以将可变增益电路 3 驱动的负载减小至第一实施例中负载的约 1/2。该实施例减小了由可变增益电路 3 驱动的负载,尤其是电容性负载,并且因此可以确保可变增益电路 3 在高频侧的大频带。

[0059] 另外设置缓冲电路 13 并不会改变自动增益控制电路 5b 的功能,即产生并且向可变增益电路 3 输出增益控制信号,以便在监测可变增益电路 3 的输出幅度同时将输出幅度与自动增益控制电路 5b 设置的幅度相匹配的功能。这是因为:尽管缓冲电路 13 对峰值检测电路 10 检测到的峰值电压 V_{pk} 和平均值检测 / 输出幅度设置电路 11 检测到的平均值电压 V_{av} 进行校正,但是通过考虑缓冲电路 13 的校正程度,设置由平均值检测 / 输出幅度设置电路 11 设置的输出幅度设定值,可以在可变增益电路 3 的输出端口处获得所需的输出幅度。

[0060] 此外,该实施例可以实现“减小可变增益电路 3 的输出幅度值的温度依赖性”,即在第一实施例中获得的效果。这是因为“减小可变增益电路 3 的输出幅度值的温度依赖性”的效果是基于峰值检测电路 10 和平均值检测 / 输出幅度设置电路 11 的晶体管级结构,并且该实施例保持了晶体管级结构。

[0061] 图 3A 至 3C 示出了该实施例中的可变增益电路 3 的输出幅度的温度依赖性的仿真结果。图 3A、3B 和 3C 分别示出了在 -5°C 、 $+25^{\circ}\text{C}$ 和 $+100^{\circ}\text{C}$ 的环境温度条件下可变增益电路 3 的输出端口 HOT 处的输出波形。在每一仿真中,在每一个温度条件下将约 180mVpp、32Gbps 的伪随机信号输入至可变增益电路 3 的每一输入端口 HIT 和 HIC。可变增益电路 3 的输出

幅度在 -5°C 下是 242mVpp , 在 $+25^{\circ}\text{C}$ 下是 273mVpp , 在 $+100^{\circ}\text{C}$ 下是 342mVpp 。如上所述, 相对于 -5°C 至 100°C 的温度改变, 该实施例可以将可变增益电路 3 的输出幅度的变化抑制到约 100mVpp 。

[0062] 尽管将图 5 所示的吉尔伯特单元型可变增益电路的结构示例为可变增益电路 3 的结构, 但是本发明不局限于此, 并且可以应用于其他类型的可变增益电路。

[0063] 可以在峰值检测电路 10、平均值检测 / 输出幅度设置电路 11、电压检测 / 设置电路 111 和缓冲电路 13 的输入和输出端口处形成端子 (输入和输出端子)。

[0064] 在以上实施例中, 峰值检测电路 10 中从输入端口 $10i1$ 和 $10i2$ 到输出端口 $10o$ 的路径上的晶体管的基极 - 发射极结的个数等于平均值检测 / 输出幅度设置电路 11 中从输入端口 $11i1$ 和 $11i2$ 到输出端口 $11o$ 的路径上的晶体管的基极 - 发射极结的个数。为此原因, 当高增益放大器 12 根据峰值检测电路 10 的输出电压和平均值检测 / 输出幅度设置电路 11 的输出电压之间的差产生增益控制信号时, 该实施例消除了峰值检测电路 10 的晶体管的基极 - 发射极电压对增益控制信号的影响, 以及平均值检测 / 输出幅度设置电路 11 的基极 - 发射极电压对增益控制信号的影响。这将减小增益控制信号的温度依赖性。这使得可以获得减小可变增益电路 3 的输出幅度的温度依赖性的效果。

[0065] 另外, 因为集成了平均值检测电路和输出幅度设置电路, 上述实施例可以获得以下效果, 例如所使用元件个数减少, 芯片面积减小, 以及功耗降低。

[0066] 在以上实施例中, 电阻器 $R1$ 、 $R2$ 和 $R3$ 构成平均值检测 / 输出幅度设置电路 11 中的电压检测 / 设置电路 111, 并且通过电阻器 $R1$ 、 $R2$ 和 $R3$ 的分压比来设置通过将幅度为可变增益电路 3 所需输出幅度 $1/2$ 的电压与来自可变增益电路 3 的输出信号的平均值电压相加而获得的电压。这允许平均值检测电路按照小型集成形式合并输出幅度设置电路。

[0067] 此外, 以上实施例包括缓冲电路 13 以减小可变增益电路 3 驱动的负载, 并且可以确保可变增益电路 3 在高频侧的大频带。

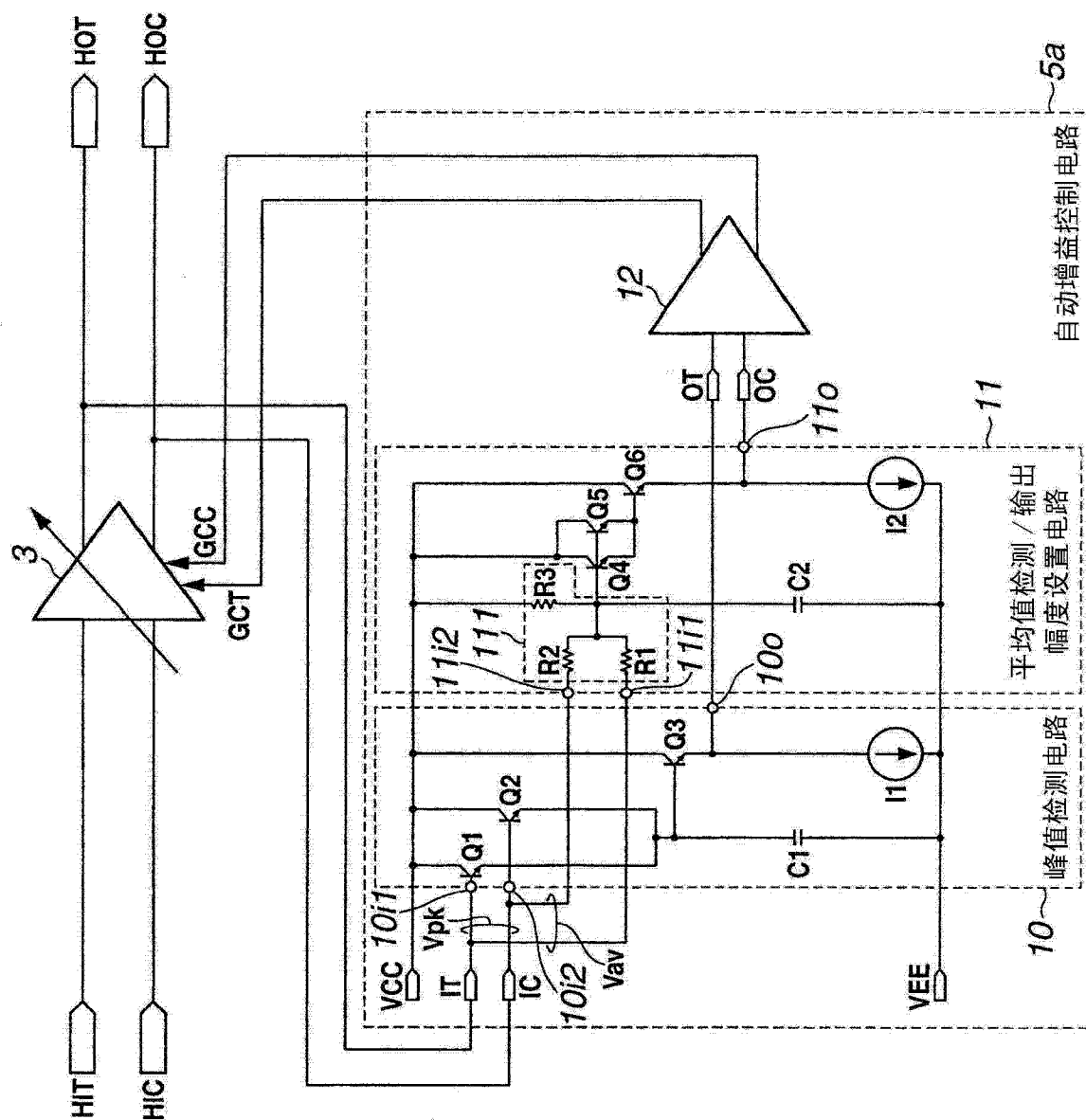


图 1

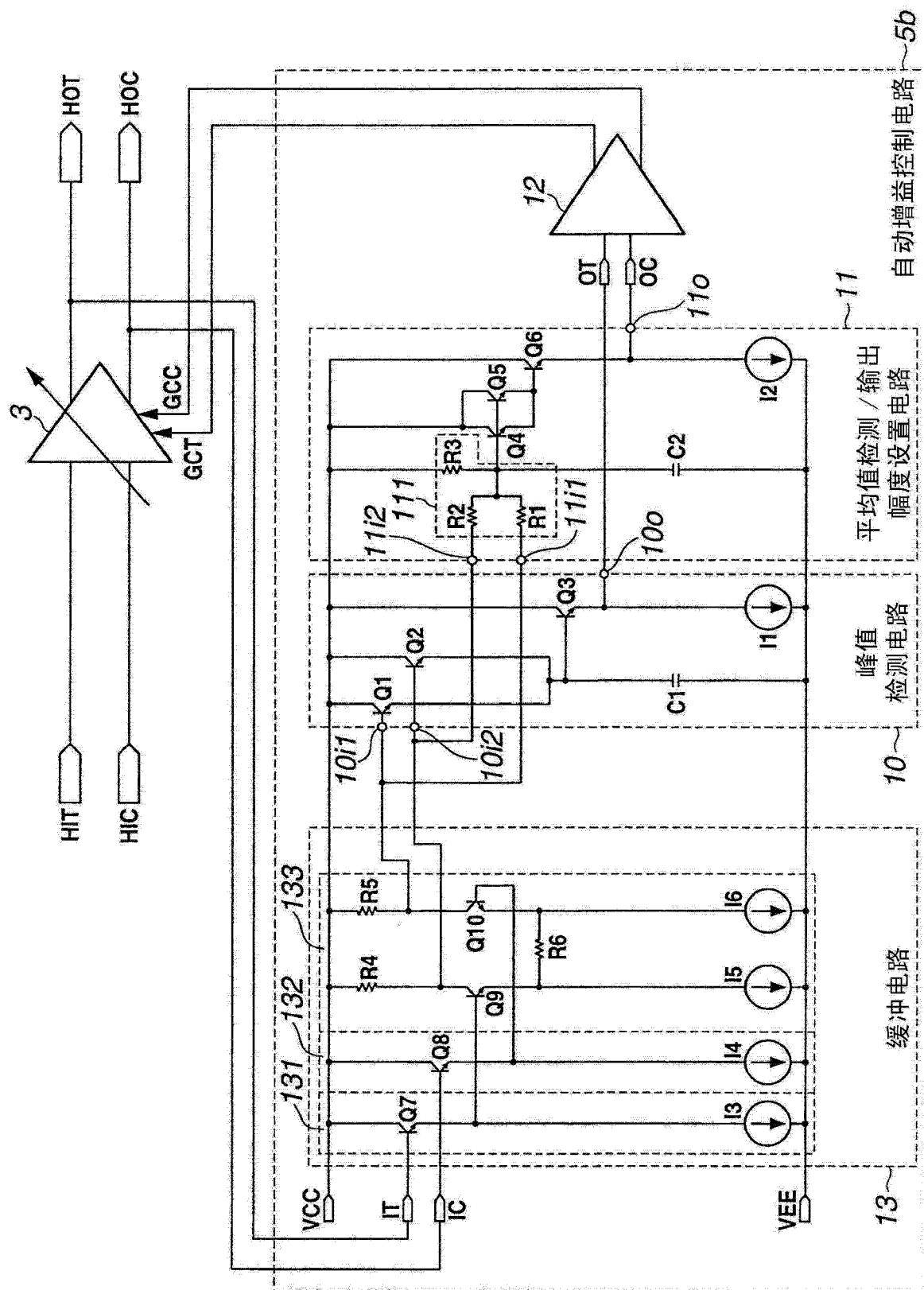


图 2

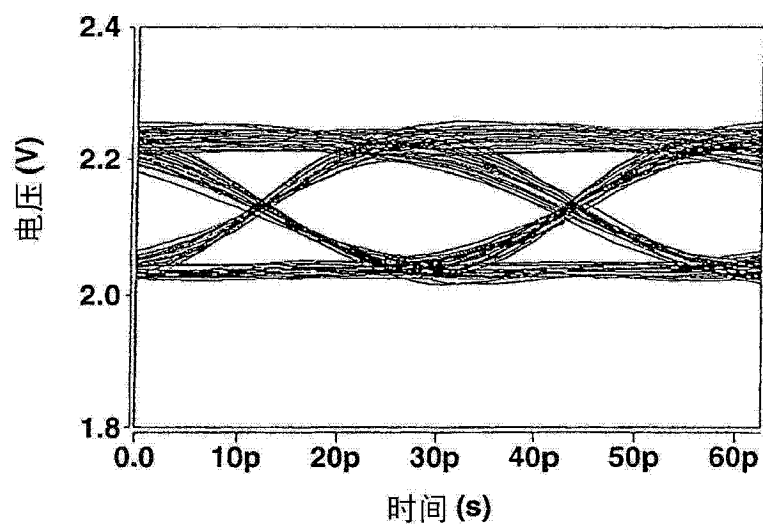


图 3A

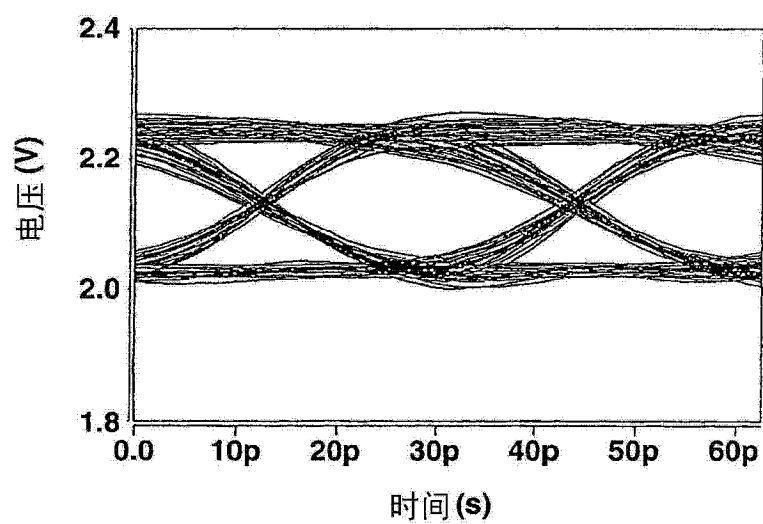


图 3B

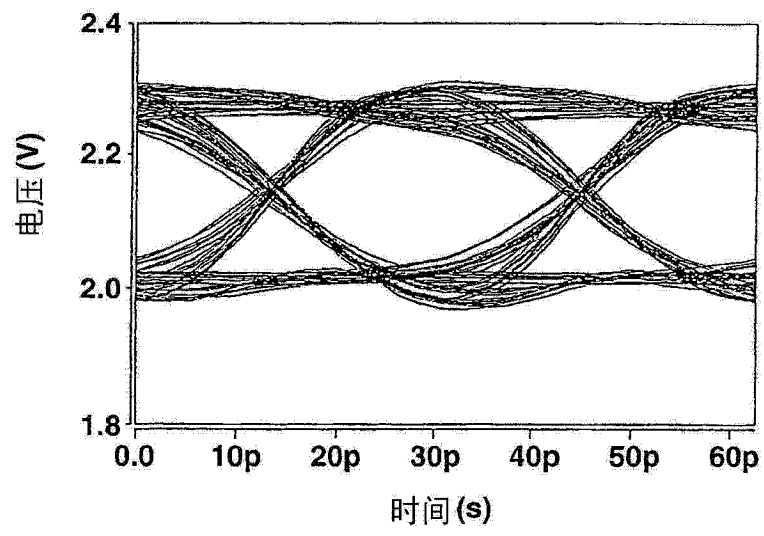


图 3C

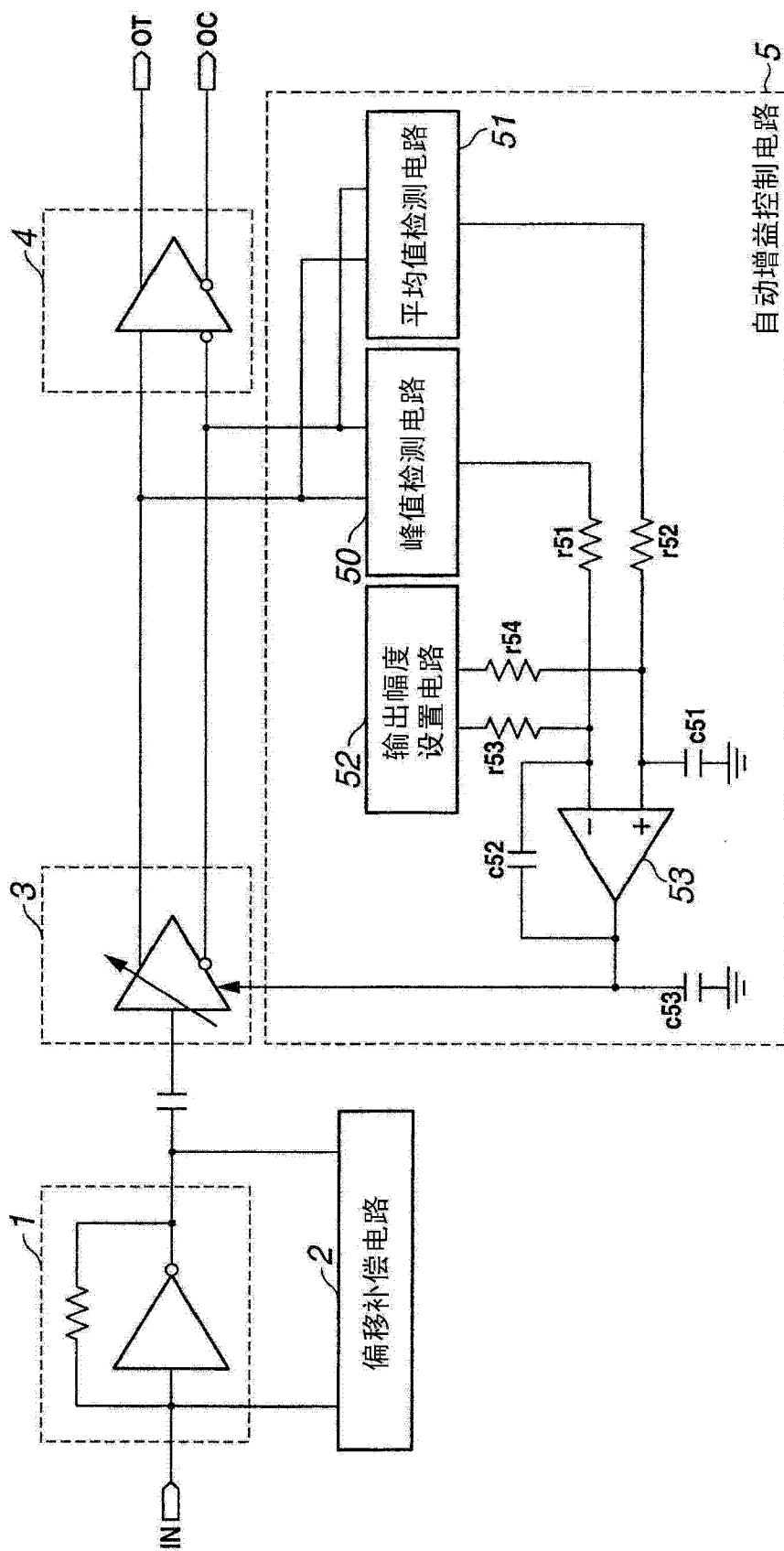


图 4

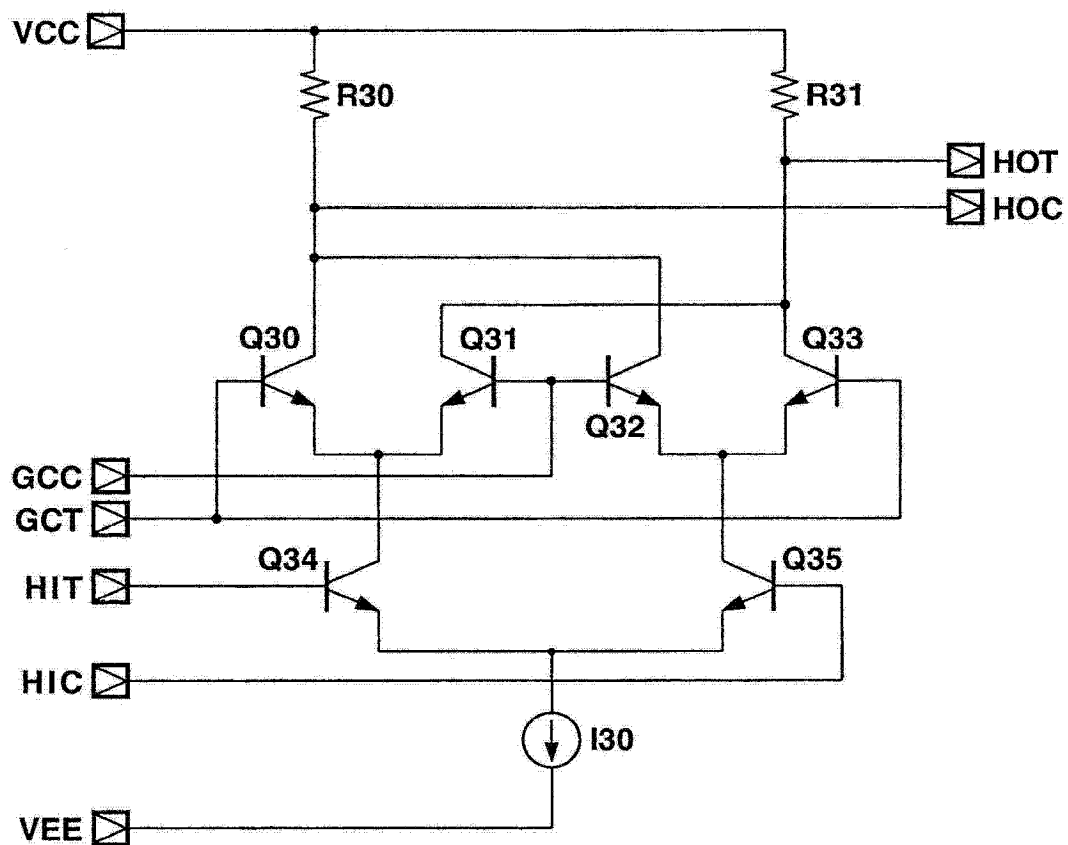


图 5