

(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
2014 年 3 月 27 日 (27.03.2014)



(10) 国际公布号
WO 2014/044029 A1

(51) 国际专利分类号:
H03B 5/04 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2013/072426

(22) 国际申请日: 2013 年 3 月 12 日 (12.03.2013)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201210360991.5 2012 年 9 月 21 日 (21.09.2012) CN
201210357276.6 2012 年 9 月 21 日 (21.09.2012) CN
201210360745.X 2012 年 9 月 21 日 (21.09.2012) CN
201210357240.8 2012 年 9 月 21 日 (21.09.2012) CN

(71) 申请人: 中国科学院微电子研究所 (INSTITUTE OF MICROELECTRONICS, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) [CN/CN]; 中国北京市朝阳区北土城西路 3#, Beijing 100029 (CN)。

(72) 发明人: 吕志强 (LV, Zhiqiang); 中国北京市朝阳区北土城西路 3#, Beijing 100029 (CN)。 陈岚 (CHEN, Lan); 中国北京市朝阳区北土城西路 3#, Beijing 100029 (CN)。

(74) 代理人: 北京集佳知识产权代理有限公司 (UNITALEN ATTORNEYS AT LAW); 中国北京市朝阳区建国门外大街 22 号赛特广场 7 层, Beijing 100004 (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

[见续页]

(54) Title: LOW-NOISE VOLTAGE-CONTROLLED OSCILLATOR

(54) 发明名称: 一种低噪声压控振荡器

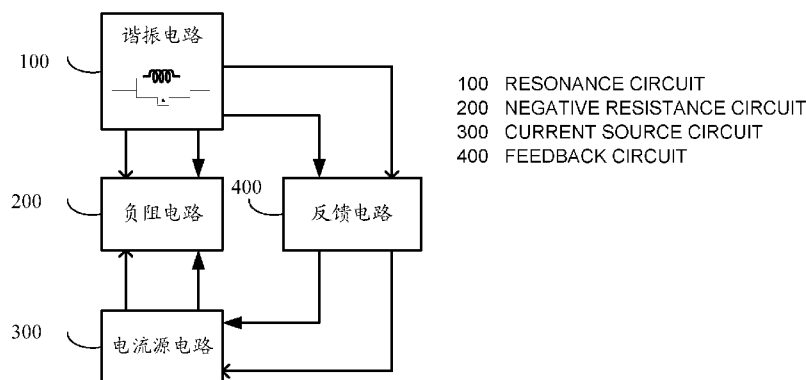


图 2 / FIG. 2

(57) Abstract: A low-noise and big tuning range voltage-controlled oscillator. Wherein a current source circuit is used for generating working current of the voltage-controlled oscillator, a resonance circuit is used for generating an oscillating signal of the voltage-controlled oscillator, the resonance circuit is an inductance and capacitance type resonance circuit, wherein capacitance adopts a metal oxide semiconductor (MOS) capacitive reactance tube or a reverse diode to increase the tuning range of the circuit, a negative resistance circuit is used for generating negative resistance to counteract positive resistance generated by the resonance circuit, and a feedback circuit is used for feeding back the oscillating signal generated by the resonance circuit to the current source circuit to add a new current to the current source so as to improve the use efficiency of the voltage-controlled oscillator. Therefore, the voltage-controlled oscillator has larger output voltage amplitude. The larger the output voltage amplitude of the voltage-controlled oscillator is, the better the phase noise performance is.

(57) 摘要:

[见续页]

**本国际公布:**

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种具有低噪声和大调谐范围压控振荡器，其中，电流源电路用于产生压控振荡器工作的电流；谐振电路用于产生压控振荡器的振荡信号；所述谐振电路为电感电容式谐振电路，其中的电容采用 MOS 容抗管或反向二极管，增加电路的调谐范围；负阻电路用于产生负阻，以抵消所述谐振电路产生的正阻；所述反馈电路用于将所述谐振电路产生的振荡信号反馈给所述电流源电路，从而为电流源注入新的电流，提高压控振荡器的使用效率。从而使该压控振荡器具有更大的输出电压幅度。压控振荡器的输出电压幅度越大，其相位噪声性能便越好。

-1-

一种低噪声压控振荡器

本申请要求于 2012 年 09 月 21 日提交中国专利局、申请号为 201210360991.5、发明名称为“一种具有低噪声和大调谐范围的压控振荡器”；申请号为 201210357276.6、发明名称为“一种低噪声压控振荡器”；申请号为 201210360745.X、发明名称为“一种集成低噪声压控振荡器”；申请号为 201210357240.8、发明名称为“一种低噪声压控振荡器”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

本发明涉及集成电路技术领域，特别涉及一种低噪声压控振荡器。

10 背景技术

压控振荡器(VCO, voltage-controlled oscillator)是指输出频率与输入控制电压有对应关系的振荡电路。

压控振荡器是集成电路中非常重要的基本电路之一，其电路的实现方式主要有两种，分别是环形压控振荡器(Ring VCO)和电感电容压控振荡器(LC VCO)。压控振荡器被广泛地应用于微处理器中的时钟同步(Clock Synchronization)电路；无线通信收发器中的频率综合器(Frequency Synthesizer)；光纤通信中的时钟恢复电路(CRC, Clock Recovery Circuit)以及多相位采样(Multi-phase Sampling)电路中。

相位噪声是衡量压控振荡器性能的主要参数之一。大多数情况下，压控振荡器的相位噪声性能是影响集成接收机灵敏度的最主要因素。理想的压控振荡器输出的信号频谱是一个脉冲函数，但是由于实际电路中存在各种噪声源，压控振荡器输出的信号频谱特性都是频罩曲线。

压控振荡器电路中的噪声源可以分为两大类：器件噪声和外界干扰噪声，前者主要包括热噪声和闪烁噪声；后者主要包括衬底和电源噪声。压控振荡器的器件噪声主要来源于片上电感和可变电容的串联寄生电阻、开关差分对管和尾电流源。

发明内容

本发明要解决的技术问题是提供一种低噪声压控振荡器，具有较大的输出电压幅度，能够降低整个电路的相位噪声，提高相位噪声性能。

-2-

本发明提供一种低噪声压控振荡器，包括：谐振电路、负阻电路、电流源电路和反馈电路；

所述谐振电路，用于产生压控振荡器的振荡信号，所述谐振电路为电感电容式谐振电路，其中的电容采用 MOS 容抗管或采用反向二极管；

5 所述负阻电路，用于产生负阻，以抵消所述谐振电路产生的正阻；

所述电流源电路，用于产生压控振荡器工作的电流；

所述反馈电路，用于将所述谐振电路产生的振荡信号反馈给所述电流源电路。

优选地，所述电流源电路中的电流提供主器件为 MOS 管或者三极管；

10 当所述电流源电路中的电流提供主器件为 MOS 管时，所述电流源电路包括：第一 MOS 管、第二 MOS 管、第五电阻、第六电阻、第九电容和第十电容；

所述第一 MOS 管的栅极连接接地的第九电容，所述栅极为反馈电路的第一反馈信号的输入端，第一 MOS 管的源极接地；

15 所述第二 MOS 管的栅极连接接地的第十电容，所述栅极为反馈电路的第二反馈信号的输入端，第二 MOS 管的源极接地；

所述第一 MOS 管的漏极与所述第二 MOS 管的漏极相接，相接的节点作为负阻电路的输入端与电流源电路的输出端相接点；

20 所述第五电阻的一端连接所述第一 MOS 管的栅极，另一端连接第三控制电压；

所述第六电阻的一端连接所述第二 MOS 管的栅极，另一端连接第三控制电压；

25 当所述电流源电路中的电流提供主器件为三极管时，所述电流源电路包括：第三双极型晶体管、第四双极型晶体管、第五电阻、第六电阻、第九电容和第十电容；

所述第三双极型晶体管的基极连接接地的第九电容，所述基极为第一反馈信号的输入端，第三双极型晶体管的发射极接地；

所述第四双极型晶体管的基极连接接地的第十电容，所述基极为第二反馈信号的输入端，第四双极型晶体管的发射极接地；

—3—

所述第三双极型晶体管的集电极与所述第四双极型晶体管的集电极相接，相接的节点作为负阻电路的输入端与电流源电路的输出端相接点；

所述第五电阻的一端连接所述第三双极型晶体管的基极，另一端连接第三控制电压；

5 所述第六电阻的一端连接所述第四双极型晶体管的基极，另一端连接第三控制电压。

优选地，当所述谐振电路中的电容采用 MOS 容抗管时，

所述谐振电路包括：差分电感、第一 MOS 容抗管、第二 MOS 容抗管、第三电容、第四电容、第一电阻和第二电阻；

10 所述差分电感的一端连接第一节点，另一端连接第二节点；

所述第一 MOS 容抗管的栅极连接第三节点，漏极和源极短接在一起连接第一控制电压；

所述第二 MOS 容抗管的栅极连接第四节点，漏极和源极短接在一起连接所述第一控制电压；

15 所述第一电阻的一端连接所述第三节点，另一端接地；

所述第二电阻的一端连接所述第四节点，另一端接地；

所述第三电容的两端分别连接所述第一节点和所述第三节点，所述第四电容的两端分别连接所述第二节点和所述第四节点；

20 所述第一节点为所述谐振电路与负阻电路的第一相接点，输出第一谐振信号，所述第二节点为所述谐振电路与负阻电路的第二相接点，输出第二谐振信号；

当所述谐振电路中的电容采用反向二极管时，

所述谐振电路包括：差分电感、第一反向二极管、第二反向二极管、第三电容、第四电容、第一电阻和第二电阻；

25 所述差分电感的一端连接第一节点，另一端连接第二节点；

所述第一反向二极管的阳极连接第三节点，阴极连接第一控制电压；

所述第二反向二极管的阳极连接第四节点，阴极连接所述第一控制电压；

所述第一电阻的一端连接所述第三节点，另一端接地；

所述第二电阻的一端连接所述第四节点，另一端接地；

—4—

所述第三电容的两端分别连接所述第一节点和所述第三节点,所述第四电容的两端分别连接所述第二节点和所述第四节点;

所述第一节点为所述谐振电路与负阻电路的第一相接点,输出第一谐振信号,所述第二节点为所述谐振电路与负阻电路的第二相接点,输出第二谐振信号。

优选地,所述负阻电路包括:第一双极型晶体管、第二双极型晶体管、第三电阻、第四电阻、第五电容、第六电容和第十一电容;

第一双极型晶体管的基极连接第五节点,集电极连接第一节点,所述第一节点为所述负阻电路与谐振电路的第一相接点;

10 第二双极型晶体管的基极连接第六节点,集电极连接第二节点,所述第二节点为所述负阻电路与谐振电路的第二相接点;

所述第一双极型晶体管的发射极与所述第二双极型晶体管的发射极相接,相接的节点作为所述负阻电路的输入端与电流源电路的输出端相接点;

第三电阻的一端连接所述第五节点,另一端连接第二控制电压;

15 第四电阻的一端连接所述第六节点,另一端连接所述第二控制电压;

第五电容的一端连接所述第一节点,另一端连接所述第六节点;

第六电容的一端连接所述第二节点,另一端连接所述第五节点;

第十一电容的两端分别连接所述第二控制电压和地。

优选地,

20 所述反馈电路包括:第七电容和第八电容;

所述第七电容的一端连接谐振电路的第一输出端,另一端连接电流源电路的第一信号输入端,第一谐振信号通过所述第七电容反馈至电流源电路,所述第七电容的另一端为压控振荡器的第一输出端;

25 所述第八电容的一端连接谐振电路的第二输出端,另一端连接电流源电路的第二信号输入端,第二谐振信号通过所述第八电容反馈至电流源电路,所述第八电容的另一端为压控振荡器的第二输出端。

优选地,所述第三电容和第四电容的容值比第一 MOS 容抗管和第二 MOS 容抗管的容值至少大 10 倍。

优选地,所述第一 MOS 容抗管和第二 MOS 容抗管工作于积累区或耗尽

-5-

区。

优选地，所述第一双极型晶体管和所述第二双极型晶体管处于正向工作区。

优选地，所述第三双极型晶体管和第四双极型晶体管处于正向工作区。

优选地，所述第一反向二极管和第二反向二极管工作于反向工作区。

5 优选地，所述第一 MOS 管和第二 MOS 管处于饱和区。

与现有技术相比，本发明具有以下优点：

10 本发明提供的具有低噪声和大调谐范围压控振荡器中，电流源电路用于产生压控振荡器工作的电流；谐振电路用于产生压控振荡器的振荡信号；所述谐振电路为电感电容式谐振电路，其中的电容采用 MOS 容抗管，增加电路的调谐范围；负阻电路用于产生负阻，以抵消所述谐振电路产生的正阻；所述反馈电路用于将所述谐振电路产生的振荡信号反馈给所述电流源电路，从而为电流源注入新的电流，提高压控振荡器的使用效率。从而使本发明实施例的压控振荡器具有更大的输出电压幅度。压控振荡器的输出电压幅度越大，其相位噪声性能便越好。

15 附图说明

图 1 是现有技术中的一种压控振荡器示意图；

图 2 是本发明提供的低噪声压控振荡器实施例一的示意图；

图 3 是本发明提供的低噪声压控振荡器实施例二的示意图；

图 4 是本发明提供的低噪声压控振荡器实施例三的示意图；

20 图 5 是本发明提供的低噪声压控振荡器实施例四的示意图；

图 6 是本发明提供的低噪声压控振荡器实施例五的示意图

图 7 是本发明提供的低噪声压控振荡器实施例六的电路图；

图 8 是本发明提供的低噪声压控振荡器实施例七的电路图；

图 9 是本发明提供的低噪声压控振荡器实施例八的电路图。

25 具体实施方式

为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂，下面结合附图对本发明的具体实施方式做详细的说明。

参见图 2，该图为本发明提供的低噪声压控振荡器实施例一的示意图。

本实施例提供的低噪声压控振荡器，包括：谐振电路 100、负阻电路 200、

—6—

电流源电路 300 和反馈电路 400:

所述谐振电路 100, 用于产生压控振荡器的振荡信号, 所述谐振电路 100 为电感电容式谐振电路, 其中的电容采用 MOS 容抗管;

所述负阻电路 200, 用于产生负阻, 以抵消所述谐振电路 100 产生的正阻;

5 所述电流源电路 300, 用于产生压控振荡器工作的电流;

所述反馈电路 400, 用于将所述谐振电路 100 产生的振荡信号反馈给所述电流源电路 300。

本发明提供的低噪声压控振荡器中, 电流源电路 300 用于产生压控振荡器工作的电流; 谐振电路 100 用于产生压控振荡器的振荡信号; 所述谐振电路 100 为电感电容式谐振电路, 其中的电容采用 MOS 容抗管, 增加电路的调谐范围; 负阻电路 200 用于产生负阻, 以抵消所述谐振电路 100 产生的正阻; 所述反馈电路 400 用于将所述谐振电路 100 产生的振荡信号反馈给所述电流源电路 300, 从而为电流源电路 300 注入新的电流, 提高压控振荡器的使用效率。从而使本发明实施例的压控振荡器具有更大的输出电压幅度。压控振荡器的输出
15 电压幅度越大, 其相位噪声性能便越好。

图 2 所示的实施例中的谐振电路 100 中的电容采用的是 MOS 容抗管, 下面介绍谐振电路中的电容采用反向二极管的实施例。

参见图 3, 该图为本发明提供的低噪声压控振荡器实施例二的示意图。

本实施例提供的低噪声压控振荡器, 包括: 谐振电路 100、负阻电路 200、
20 电流源电路 300 和反馈电路 400:

所述谐振电路 100, 用于产生压控振荡器的振荡信号, 所述谐振电路 100 为电感电容式谐振电路, 其中的电容采用反向二极管;

所述负阻电路 200, 用于产生负阻, 以抵消所述谐振电路 100 产生的正阻;

所述电流源电路 300, 用于产生压控振荡器工作的电流;

25 所述反馈电路 400, 用于将所述谐振电路 100 产生的振荡信号反馈给所述电流源电路 300。

本发明提供的低噪声压控振荡器中, 电流源电路 300 用于产生压控振荡器工作的电流; 谐振电路 100 用于产生压控振荡器的振荡信号; 所述谐振电路 100 为电感电容式谐振电路, 其中的电容采用反向二极管; 负阻电路 200 用于

-7-

产生负阻，以抵消所述谐振电路 100 产生的正阻；所述反馈电路 400 用于将所述谐振电路 100 产生的振荡信号反馈给所述电流源电路 300，从而为电流源电路 300 注入新的电流，提高压控振荡器的使用效率。从而使本发明实施例的压控振荡器具有更大的输出电压幅度。压控振荡器的输出电压幅度越大，其相位噪声性能便越好。

以上实施例介绍的是谐振电路的两种实现方式，下面结合附图详细介绍电流源电路的两种实现方式。

参见图 4，该图为本发明提供的低噪声压控振荡器实施例三的示意图。

本发明实施例提供一种低噪声压控振荡器，包括：谐振电路 100、负阻电路 200、电流源电路 300 和反馈电路 400；

所述谐振电路 100，用于产生压控振荡器的振荡信号，所述谐振电路 100 为电感电容式谐振电路，其中的电容采用反向二极管；

所述负阻电路 200，用于产生负阻，以抵消所述谐振电路 100 产生的正阻；

所述反馈电路 400，用于将所述谐振电路 100 产生的振荡信号反馈给所述电流源电路 300；

所述电流源电路 300，用于产生压控振荡器工作的电流；具体包括：第一 MOS 管 M1、第二 MOS 管 M2、第五电阻 R5、第六电阻 R6、第九电容 C9 和第十电容 C10；

所述第一 MOS 管 M1 的栅极连接接地的第九电容 C9，所述栅极为反馈电路 400 的第一反馈信号的输入端，第一 MOS 管 M1 的源极接地；

所述第二 MOS 管 M2 的栅极连接接地的第十电容 C10，所述栅极为反馈电路 400 的第二反馈信号的输入端，第二 MOS 管 M2 的源极接地；

所述第一 MOS 管 M1 的漏极与所述第二 MOS 管 M2 的漏极相接，相接的节点作为负阻电路 200 的输入端与电流源电路 300 的输出端相接点；

所述第五电阻 R5 的一端连接所述第一 MOS 管 M1 的栅极，另一端连接第三控制电压 VBIAS；

所述第六电阻 R6 的一端连接所述第二 MOS 管 M2 的栅极，另一端连接第三控制电压 VBIAS。

需要说明的是，可以通过控制第三控制电压 VBIAS 的电压大小来使 M1

-8-

和 M2 处于饱和区。

需要说明的是，C9 和 C10 起滤波作用，滤除 Q3 和 Q4 产生的高频信号。

本发明提供的低噪声压控振荡器中，电流源电路 300 用于产生压控振荡器工作的电流；谐振电路 100 用于产生压控振荡器的振荡信号；所述谐振电路
5 100 为电感电容式谐振电路，其中的电容采用反向二极管；负阻电路 200 用于产生负阻，以抵消所述谐振电路 100 产生的正阻；所述反馈电路 400 用于将所述谐振电路 100 产生的振荡信号反馈给所述电流源电路 300，从而为电流源电路 300 注入新的电流，提高压控振荡器的使用效率。并且，电流源电流采用第一 MOS 管和第二 MOS 管，由于第一 MOS 管和第二 MOS 管具有较小的阈值
10 电压，因此使本发明实施例的压控振荡器具有更大的输出电压幅度。压控振荡器的输出电压幅度越大，其相位噪声性能便越好。

参见图 5，该图为本发明提供的低噪声压控振荡器实施例四的示意图。

图 5 与图 4 的区别是，谐振电路 100 中的电容采用 MOS 容抗管。

本发明提供的低噪声压控振荡器中，电流源电路 300 用于产生压控振荡器
15 工作的电流；谐振电路 100 用于产生压控振荡器的振荡信号；所述谐振电路 100 为电感电容式谐振电路，其中的电容采用 MOS 容抗管，增加电路的调谐范围；负阻电路 200 用于产生负阻，以抵消所述谐振电路 100 产生的正阻；所述反馈电路 400 用于将所述谐振电路 100 产生的振荡信号反馈给所述电流源电路 300，从而为电流源电路 300 注入新的电流，提高压控振荡器的使用效率。
20 并且，电流源电流采用第一 MOS 管和第二 MOS 管，由于第一 MOS 管和第二 MOS 管具有较小的阈值电压，因此使本发明实施例的压控振荡器具有更大的输出电压幅度。压控振荡器的输出电压幅度越大，其相位噪声性能便越好。

下面结合附图介绍本发明实施例提供的压控振荡器的具体结构。

参见图 6，该图为本发明提供的低噪声压控振荡器实施例五的示意图。

25 本实施例提供的压控振荡器，包括：谐振电路、负阻电路、电流源电路和反馈电路；

所述谐振电路包括：差分电感 L0、第一 MOS 容抗管 C1、第二 MOS 容抗管 C2、第三电容 C3、第四电容 C4、第一电阻 R1、第二电阻 R2；

差分电感 L0 的抽头连接电源。

-9-

所述差分电感 L0 的一端连接第一节点 A，另一端连接第二节点 B；

所述第一 MOS 容抗管的栅极连接第三节点 C，漏极和源极短接在一起连接第一控制电压 ATUNE；

所述第二 MOS 容抗管的栅极连接第四节点 D，漏极和源极短接在一起连接所述第一控制电压 ATUNE；

该压控振荡器可以通过调节第一控制电压 ATUNE 的大小来调节压控振荡器的工作频率。

所述第一电阻 R1 的一端连接所述第三节点 C，另一端接地；

所述第二电阻 R2 的一端连接所述第四节点 D，另一端接地；

所述第三电容 C3 的两端分别连接所述第一节点 A 和第三节点 C，所述第四电容 C4 的两端分别连接所述第二节点 B 和第四节点 D。

所述第一节点 A 为所述谐振电路与负阻电路的第一相接点，输出第一谐振信号，所述第二节点 B 为所述谐振电路与负阻电路的第二相接点，输出第二谐振信号。

需要说明的是，C1 和 C2 工作于积累区或耗尽区。

所述第三电容 C3 和第四电容 C4 的容值比第一 MOS 容抗管 C1 和第二 MOS 容抗管 C2 的容值至少大 10 倍，这样可以保证本发明实施例提供的压控振荡器具有较宽的频率调谐范围。

需要说明的是，本发明实施例的谐振电路中的电容采用 MOS 容抗管 (C1 和 C2)。MOS 容抗管的容值大小随第一控制电压 ATUNE 的变化较大，从而采用 MOS 容抗管的压控振荡器具有较大的调谐范围。

所述负阻电路包括：第一晶体管双极型晶体管 Q1、第二双极型晶体管 Q2、第三电阻 R3、第四电阻 R4、第五电容 C5、第六电容 C6、第十一电容 C11；

第一双极型晶体管 Q1 的基极连接第五节点 M，集电极连接第一节点 A，所述第一节点 A 为所述负阻电路与谐振电路的第一相接点；

第二双极型晶体管 Q2 的基极连接第六节点 N，集电极连接第二节点 B，所述第二节点 B 为所述负阻电路与谐振电路的第二相接点；

所述第一双极型晶体管 Q1 的发射极与所述第二双极性晶体管 Q2 的发射极相接，相接的节点作为所述负阻电路的输入端与电流源电路的输出端相接

-10-

点;

第三电阻 R3 的一端连接第五节点 M, 另一端连接第二控制电压 CDC;

第四电阻 R4 的一端连接第六节点 N, 另一端连接第二控制电压 CDC;

第五电容 C5 的一端连接所述第一节点 A, 另一端连接所述第六节点 N;

5 第六电容 C6 的一端连接所述第二节点 B, 另一端连接所述第五节点 M;

第五电容 C5 和第六电容 C6 的作用主要是为了隔离直流信号, 同时协助 Q1 和 Q2 实现负阻的作用, 从而补偿谐振电路产生的正阻。

第十一电容 C11 的两端分别连接所述第二控制电压 CDC 和地。

需要说明的是, 可以通过调整第二控制电压 CDC 的大小保证 Q1 和 Q2
10 处于正向工作区。

所述电流源电路包括: 第三双极型晶体管 Q3、第四双极型晶体管 Q4、第五电阻 R5、第六电阻 R6、第九电容 C9 和第十电容 C10;

所述第三双极型晶体管 Q3 的基极连接接地的第九电容 C9, 所述基极为第一反馈信号的输入端, 第三双极型晶体管 Q3 的发射极接地;

15 所述第四双极型晶体管 Q4 的基极连接接地的第十电容 C10, 所述基极为第二反馈信号的输入端, 第四双极型晶体管 Q4 的发射极接地;

所述第三双极型晶体管 Q3 的集电极与所述第四双极型晶体管 Q4 的集电极相接, 相接的节点作为负阻电路的输入端与电流源电路的输出端相接;

所述第五电阻 R5 的一端连接所述第三双极型晶体管 Q3 的基极, 另一端
20 连接第三控制电压 VBIAS;

所述第六电阻 R6 的一端连接所述第四双极型晶体管 Q4 的基极, 另一端连接第三控制电压 VBIAS。

需要说明的是, 可以通过控制 VBIAS 的电压大小来使 Q3 和 Q4 处于正向工作区。

25 需要说明的是, C9 和 C10 起滤波作用, 滤除 Q3 和 Q4 产生的高频信号。

需要说明的是, 所述 Q1、Q2、Q3 和 Q4 可以为 HBT。

所述反馈电路包括: 第七电容 C7 和第八电容 C8;

所述第七电容 C7 的一端连接谐振电路的第一输出端 (所述第一节点 A), 另一端连接电流源电路的第一信号输入端, 第一谐振信号通过所述第七电容

-11-

C7 反馈至电流源电路, 所述第七电容 C7 的另一端为压控振荡器的第一输出端 NOUT;

所述第八电容 C8 的一端连接谐振电路的第二输出端 (所述第二节点 B), 另一端连接电流源电路的第二信号输入端, 第二谐振信号通过所述第八电容 C8 反馈至电流源电路, 所述第八电容 C8 的另一端为压控振荡器的第二输出端 POUT。

第七电容 C7 和第八电容 C8 的作用主要是隔直, 同时将交流信号反馈给电流源电路, 为电流源电路注入新的电流。从而对谐振电路产生的振荡信号进行了反馈利用, 这样可以提高使用效率。

需要说明的是, POUT 和 NOUT 是压控振荡器的两个输出端, 这两个输出端输出的振荡信号均是正电压的信号, 但是 POUT 和 NOUT 输出的振荡信号的相位是相反的。

第七电容 C7 和第八电容 C8 的容值是第一 MOS 容抗管 C1 和第二 MOS 容抗管 C2 的容值的十分之一, 从而保证该压控振荡器具有较宽的频率调谐范围。

下面结合图 2 详细说明本发明提供的压控振荡器的工作原理。

压控振荡器的相位噪声可以表达为:

$$L\{\Delta\omega\} = 10 \cdot \log \left[\frac{kT \cdot R_{eff} (1+F) \left(\frac{\omega_0}{\Delta\omega} \right)^2}{V_{max}^2 / 2} \right] \quad (1)$$

其中 F 为经验系数; k 为波尔兹曼常数; T 为绝对温度; $\Delta\omega$ 为相对于载波频率 ω_0 的偏移频率; V_{max} 为谐振电路的电压幅度; R_{eff} 为有效电阻。需要指出的是, 相位噪声越小, 压控振荡器的相位噪声性能越好。

电流源电路用于产生压控振荡器工作的电流;

谐振电路与负阻电路用于产生振荡信号;

谐振电路与负阻电阻产生的振荡信号通过反馈电路中的电容 (C7 和 C8) 反馈到电流源电路中 HBT (Q3 和 Q4) 的基极。在相同的直流偏置条件下, 本发明实施例提供的压控振荡器的电流源电路比现有技术中压控振荡器的电流源电路具有更小的压降, 从而使本发明实施例的压控振荡器具有更大的输出

-12-

电压幅度。

由公式(1)可知,压控振荡器的输出电压幅度越大,其相位噪声性能便越好。

5 本发明实施例提供的压控振荡器的输出电压(P_{OUT}和N_{OUT}直接的电压)Q3或Q4的基极-发射极的压降,从而增加了压控振荡器输出的峰峰值电压,提高了压控振荡器的相位噪声性能。

压控振荡器通过反馈电路使得HBT(Q1和Q4)的基极电压具有相似的相位,进而使压控振荡器的电流在其噪声敏感区达到最小值,从而提高了压控振荡器的相位噪声性能。

10 本发明还提供一种压控振荡器,参见图7,该图为本发明提供的低噪声压控振荡器实施例六电路图。

图7与图6的区别是,谐振电路中的电容采用的是反向二极管。

所述谐振电路包括:差分电感L0、第一反向二极管C1、第二反向二极管C2、第三电容C3、第四电容C4、第一电阻R1、第二电阻R2;

15 差分电感L0的抽头连接电源。

所述差分电感L0的一端连接第一节点A,另一端连接第二节点B;

所述第一反向二极管C1的阳极连接第三节点C,阴极连接第一控制电压ATUNE;

20 所述第二反向二极管C2的阳极连接第四节点D,阴极连接所述第一控制电压ATUNE;该压控振荡器可以通过调节第一控制电压ATUNE的大小来调节压控振荡器的工作频率。

所述第一电阻R1的一端连接所述第三节点C,另一端接地;

所述第二电阻R2的一端连接所述第四节点D,另一端接地;

25 所述第三电容C3的两端分别连接所述第一节点A和第三节点C,所述第四电容C4的两端分别连接所述第二节点B和第四节点D。

所述第一节点A为所述谐振电路与负载电路的第一相接点,输出第一谐振信号,所述第二节点B为所述谐振电路与负载电路的第二相接点,输出第二谐振信号。

需要说明的是,C1和C2工作于反向工作区。

-13-

所述第三电容 C3 和第四电容 C4 的容值比第一反向二极管 C1 和第二反向二极管 C2 的容值至少大 10 倍, 这样可以保证本发明实施例提供的压控振荡器具有较宽的频率调谐范围。

需要说明的是, 本发明实施例的谐振电路中的电容采用反向二极管 (C1 和 C2)。由于反向二极管工作于反向工作区, 反向二极管的电容相对于 MOS 容抗管, 其容值大小随第一控制电压 ATUNE 的变化较小, 从而采用反向二极管的压控振荡器具有较小的增益, 因此具有较好的相位噪声。

本发明还提供一种压控振荡器, 参见图 8, 该图为本发明提供的低噪声压控振荡器实施例七电路图。

图 8 与图 4 和图 5 中的电流源部分是相同的, 图 8 中除了电流源电路以外的其他模块是与图 7 完全相同的, 因此, 在此不再赘述。

本发明还提供一种压控振荡器, 参见图 9, 该图为本发明提供的低噪声压控振荡器实施例八电路图。

图 9 与图 4 和图 5 中的电流源部分是相同的, 图 9 中除了电流源电路以外的其他模块是与图 6 完全相同的, 因此, 在此不再赘述。

以上所述, 仅是本发明的较佳实施例而已, 并非对本发明作任何形式上的限制。虽然本发明已以较佳实施例揭露如上, 然而并非用以限定本发明。任何熟悉本领域的技术人员, 在不脱离本发明技术方案范围情况下, 都可利用上述揭示的方法和技术内容对本发明技术方案做出许多可能的变动和修饰, 或修改为等同变化的等效实施例。因此, 凡是未脱离本发明技术方案的内容, 依据本发明的技术实质对以上实施例所做的任何简单修改、等同变化及修饰, 均仍属于本发明技术方案保护的范围内。

-14-

权 利 要 求

1、一种低噪声压控振荡器，其特征在于，包括：谐振电路、负阻电路、电流源电路和反馈电路；

5 所述谐振电路，用于产生压控振荡器的振荡信号，所述谐振电路为电感电容式谐振电路，其中的电容采用 MOS 容抗管或采用反向二极管；

所述负阻电路，用于产生负阻，以抵消所述谐振电路产生的正阻；

所述电流源电路，用于产生压控振荡器工作的电流；

所述反馈电路，用于将所述谐振电路产生的振荡信号反馈给所述电流源电路。

10 2、根据权利要求 1 所述的低噪声压控振荡器，其特征在于，所述电流源电路中的电流提供主器件为 MOS 管或者三极管；

当所述电流源电路中的电流提供主器件为 MOS 管时，所述电流源电路包括：第一 MOS 管、第二 MOS 管、第五电阻、第六电阻、第九电容和第十电容；

15 所述第一 MOS 管的栅极连接接地的第九电容，所述栅极为反馈电路的第一反馈信号的输入端，第一 MOS 管的源极接地；

所述第二 MOS 管的栅极连接接地的第十电容，所述栅极为反馈电路的第二反馈信号的输入端，第二 MOS 管的源极接地；

20 所述第一 MOS 管的漏极与所述第二 MOS 管的漏极相接，相接的节点作为负阻电路的输入端与电流源电路的输出端相接点；

所述第五电阻的一端连接所述第一 MOS 管的栅极，另一端连接第三控制电压；

所述第六电阻的一端连接所述第二 MOS 管的栅极，另一端连接第三控制电压；

25 当所述电流源电路中的电流提供主器件为三极管时，所述电流源电路包括：第三双极型晶体管、第四双极型晶体管、第五电阻、第六电阻、第九电容和第十电容；

所述第三双极型晶体管的基极连接接地的第九电容，所述基极为第一反馈信号的输入端，第三双极型晶体管的发射极接地；

-15-

所述第四双极型晶体管的基极连接接地的第十电容,所述基极为第二反馈信号的输入端,第四双极型晶体管的发射极接地;

所述第三双极型晶体管的集电极与所述第四双极型晶体管的集电极相接,相接的节点作为负阻电路的输入端与电流源电路的输出端相接点;

5 所述第五电阻的一端连接所述第三双极型晶体管的基极,另一端连接第三控制电压;

所述第六电阻的一端连接所述第四双极型晶体管的基极,另一端连接第三控制电压。

3、根据权利要求1所述的低噪声压控振荡器,其特征在于,当所述谐振
10 电路中的电容采用MOS容抗管时,

所述谐振电路包括:差分电感、第一MOS容抗管、第二MOS容抗管、第三电容、第四电容、第一电阻和第二电阻;

所述差分电感的一端连接第一节点,另一端连接第二节点;

15 所述第一MOS容抗管的栅极连接第三节点,漏极和源极短接在一起连接第一控制电压;

所述第二MOS容抗管的栅极连接第四节点,漏极和源极短接在一起连接所述第一控制电压;

所述第一电阻的一端连接所述第三节点,另一端接地;

所述第二电阻的一端连接所述第四节点,另一端接地;

20 所述第三电容的两端分别连接所述第一节点和所述第三节点,所述第四电容的两端分别连接所述第二节点和所述第四节点;

所述第一节点为所述谐振电路与负阻电路的第一相接点,输出第一谐振信号,所述第二节点为所述谐振电路与负阻电路的第二相接点,输出第二谐振信号;

25 当所述谐振电路中的电容采用反向二极管时,

所述谐振电路包括:差分电感、第一反向二极管、第二反向二极管、第三电容、第四电容、第一电阻和第二电阻;

所述差分电感的一端连接第一节点,另一端连接第二节点;

所述第一反向二极管的阳极连接第三节点,阴极连接第一控制电压;

-16-

所述第二反向二极管的阳极连接第四节点，阴极连接所述第一控制电压；

所述第一电阻的一端连接所述第三节点，另一端接地；

所述第二电阻的一端连接所述第四节点，另一端接地；

5 所述第三电容的两端分别连接所述第一节点和所述第三节点，所述第四电容的两端分别连接所述第二节点和所述第四节点；

所述第一节点为所述谐振电路与负阻电路的第一相接点，输出第一谐振信号，所述第二节点为所述谐振电路与负阻电路的第二相接点，输出第二谐振信号。

4、根据权利要求1所述的低噪声压控振荡器，其特征在于，所述负阻电路包括：第一双极型晶体管、第二双极型晶体管、第三电阻、第四电阻、第五电容、第六电容和第十一电容；

第一双极型晶体管的基极连接第五节点，集电极连接第一节点，所述第一节点为所述负阻电路与谐振电路的第一相接点；

15 第二双极型晶体管的基极连接第六节点，集电极连接第二节点，所述第二节点为所述负阻电路与谐振电路的第二相接点；

所述第一双极型晶体管的发射极与所述第二双极性晶体管的发射极相接，相接的节点作为所述负阻电路的输入端与电流源电路的输出端相接点；

第三电阻的一端连接所述第五节点，另一端连接第二控制电压；

第四电阻的一端连接所述第六节点，另一端连接所述第二控制电压；

20 第五电容的一端连接所述第一节点，另一端连接所述第六节点；

第六电容的一端连接所述第二节点，另一端连接所述第五节点；

第十一电容的两端分别连接所述第二控制电压和地。

5、根据权利要求1所述的低噪声压控振荡器，其特征在于，

所述反馈电路包括：第七电容和第八电容；

25 所述第七电容的一端连接谐振电路的第一输出端，另一端连接电流源电路的第一信号输入端，第一谐振信号通过所述第七电容反馈至电流源电路，所述第七电容的另一端为压控振荡器的第一输出端；

所述第八电容的一端连接谐振电路的第二输出端，另一端连接电流源电路的第二信号输入端，第二谐振信号通过所述第八电容反馈至电流源电路，所述

-17-

第八电容的另一端为压控振荡器的第二输出端。

6、根据权利要求 3 所述的低噪声压控振荡器，其特征在于，所述第三电容和第四电容的容值比第一 MOS 容抗管和第二 MOS 容抗管的容值至少大 10 倍。

5 7、根据权利要求 3 所述的低噪声压控振荡器，其特征在于，所述第一 MOS 容抗管和第二 MOS 容抗管工作于积累区或耗尽区。

8、根据权利要求 4 所述的低噪声压控振荡器，其特征在于，所述第一双极型晶体管和第二双极型晶体管处于正向工作区。

10 9、根据权利要求 2 所述的低噪声压控振荡器，其特征在于，所述第三双极型晶体管和第四双极型晶体管处于正向工作区。

10、根据权利要求 3 所述的集成低噪声压控振荡器，其特征在于，所述第一反向二极管和第二反向二极管工作于反向工作区。

11、根据权利要求 2 所述的集成低噪声压控振荡器，其特征在于，所述第一 MOS 管和第二 MOS 管处于饱和区。

15

20

— 1/6 —

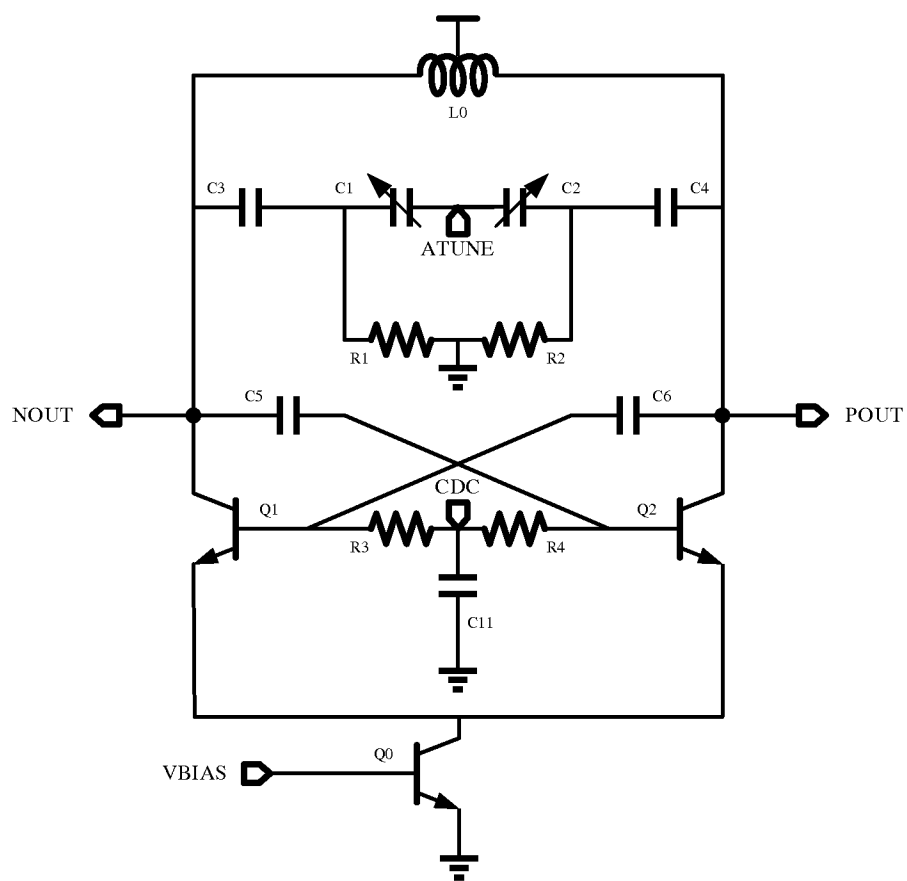


图 1

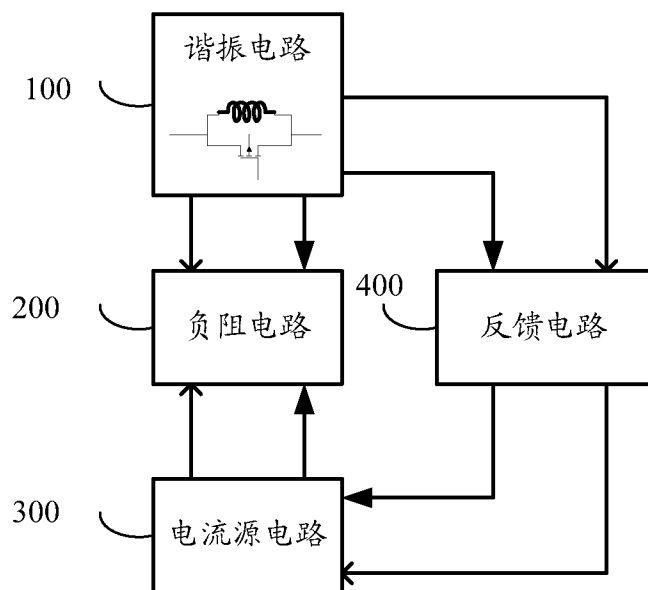


图 2

—2/6—

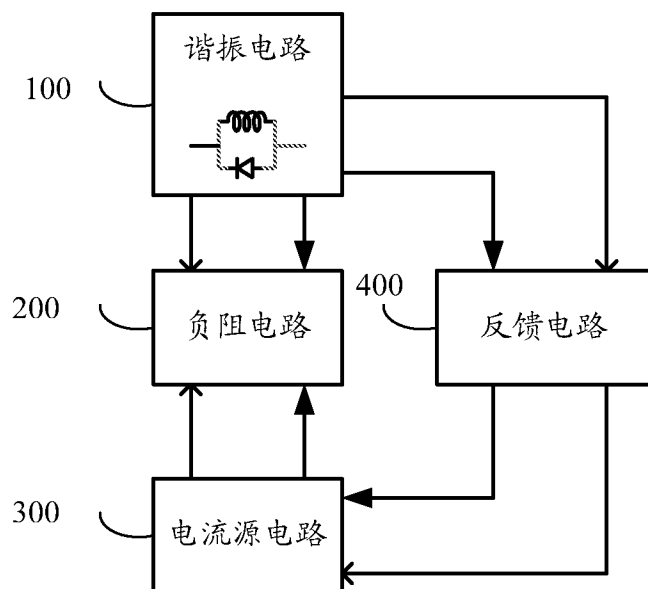


图 3

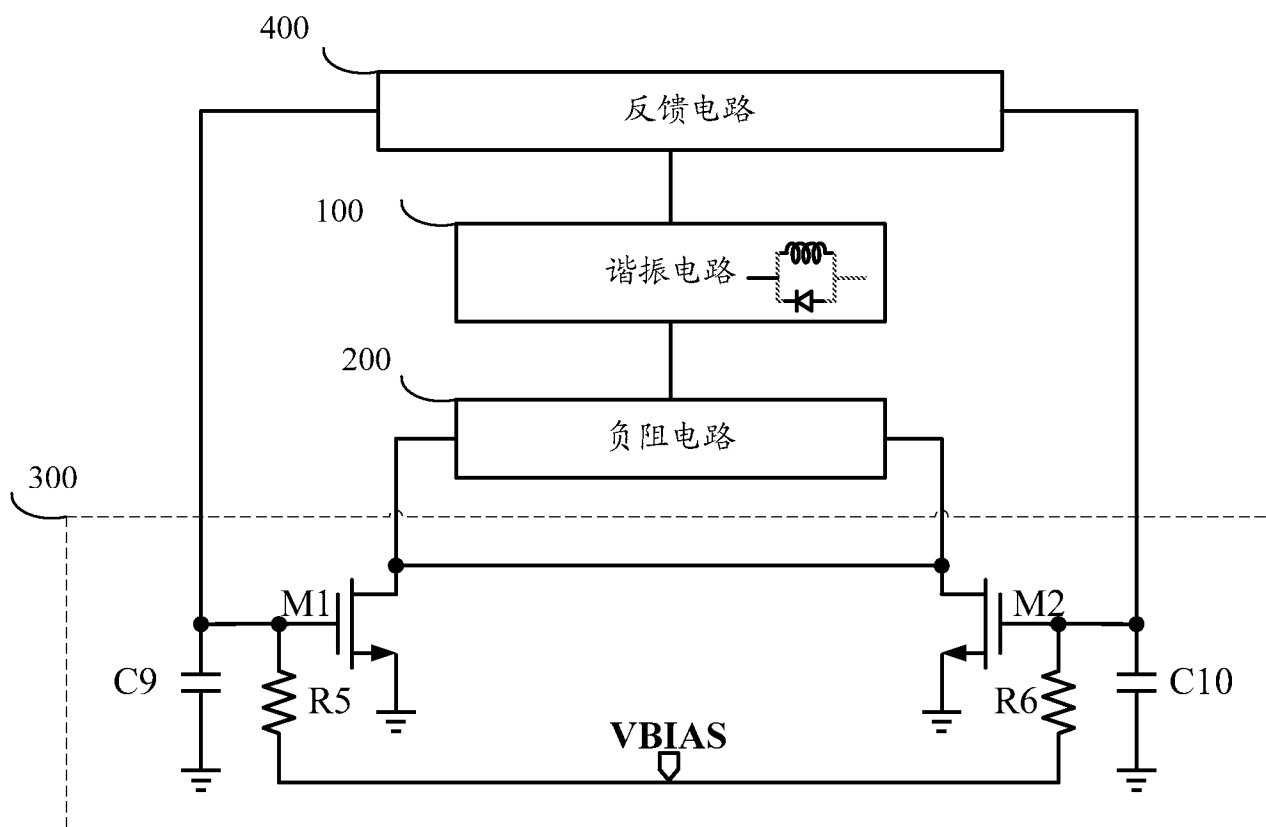


图 4

—3/6—

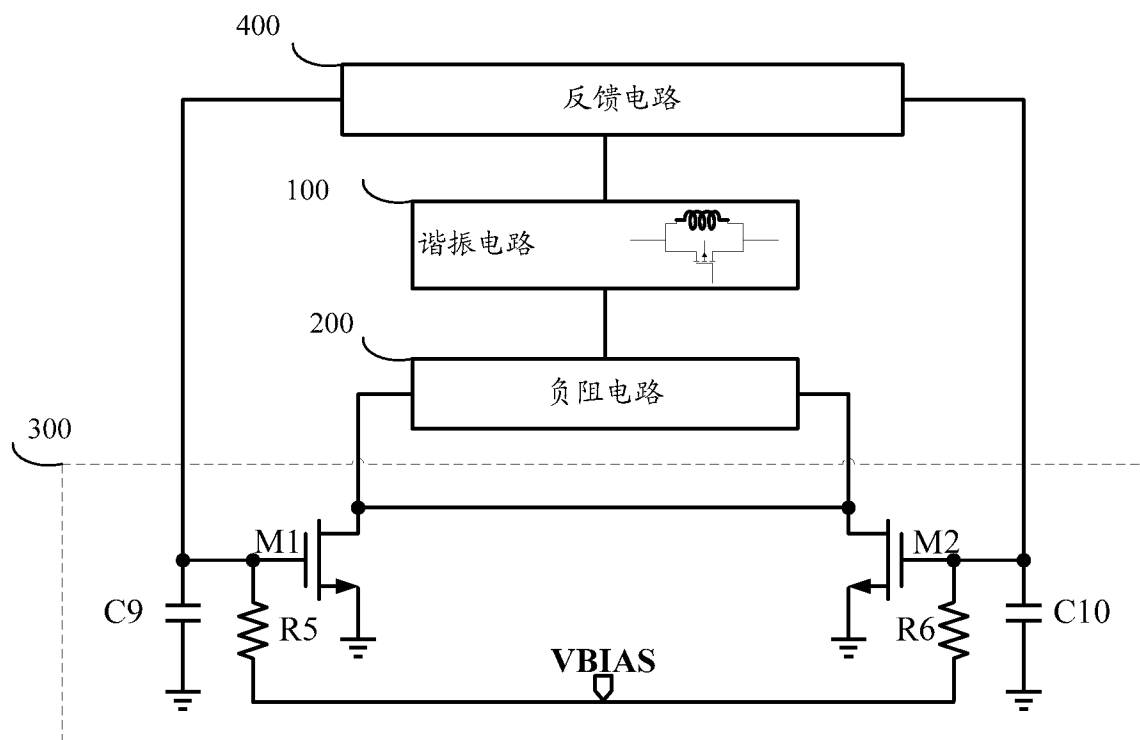


图 5

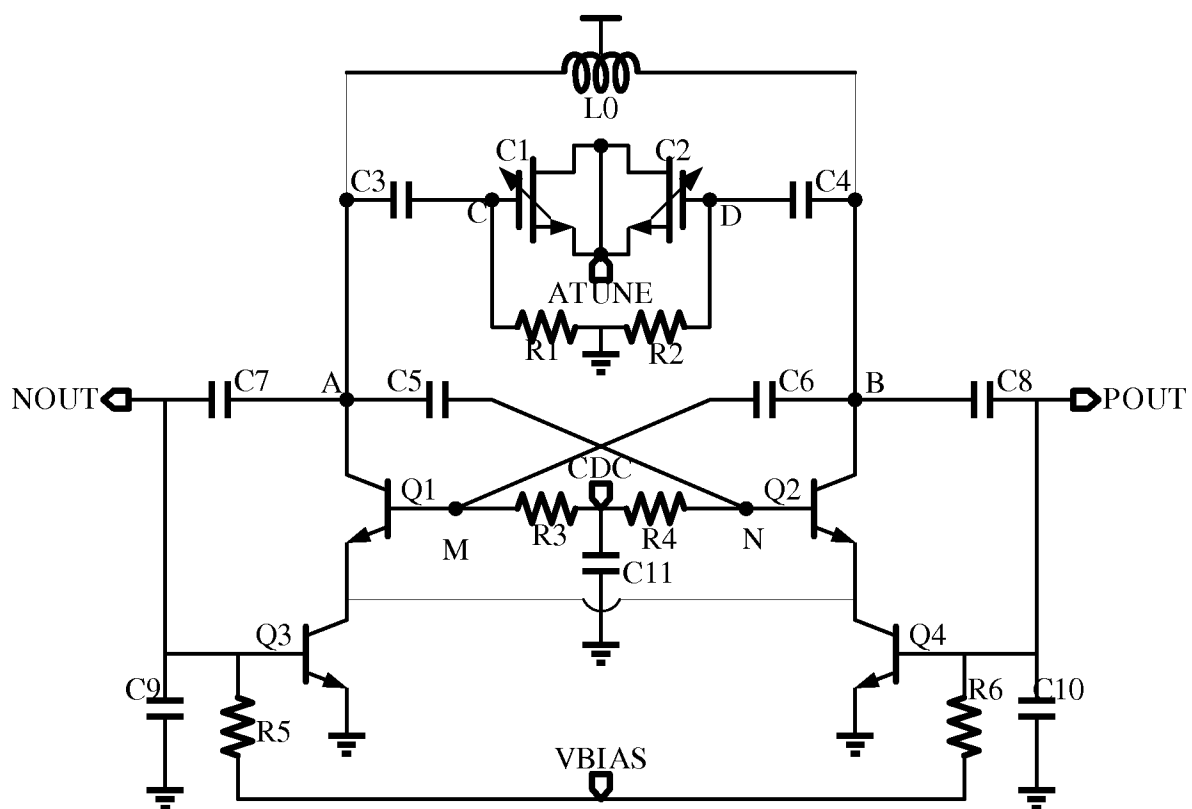


图 6

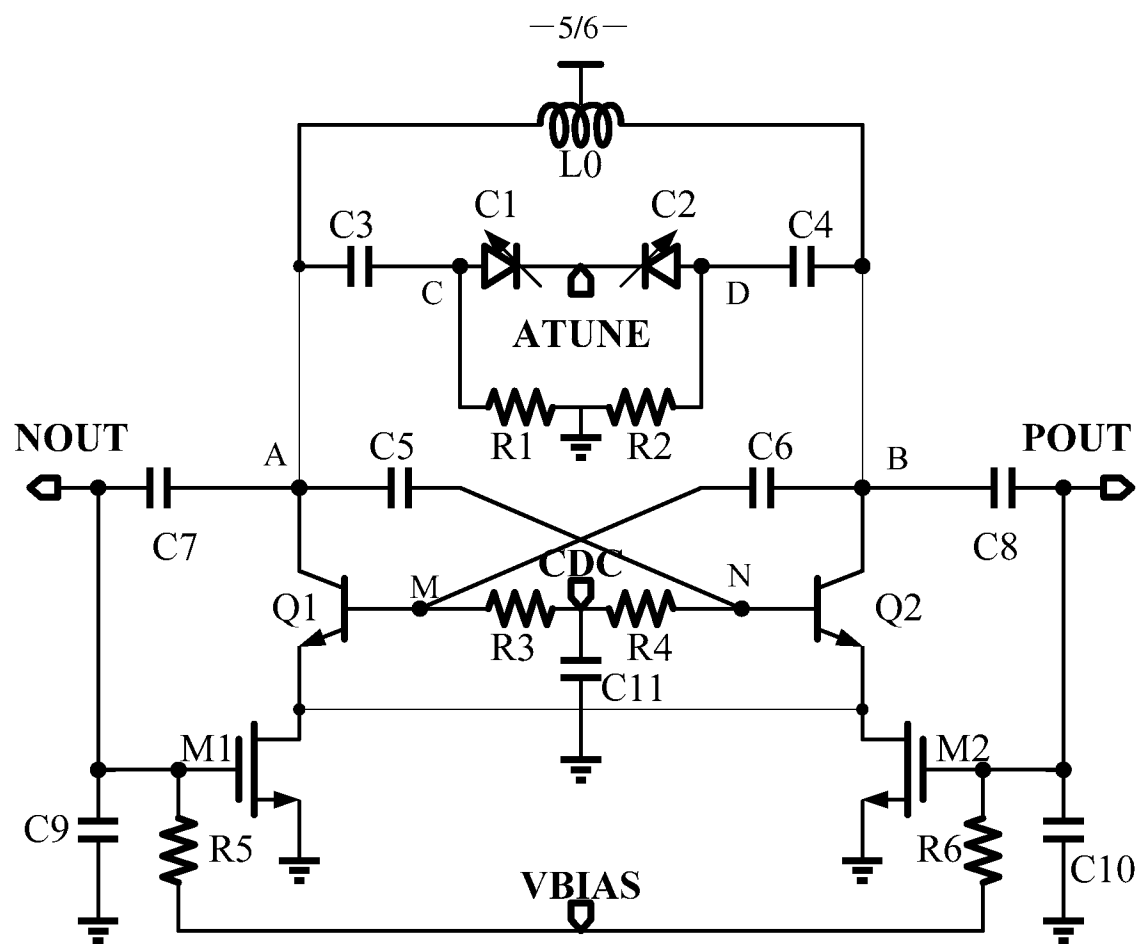


图 8

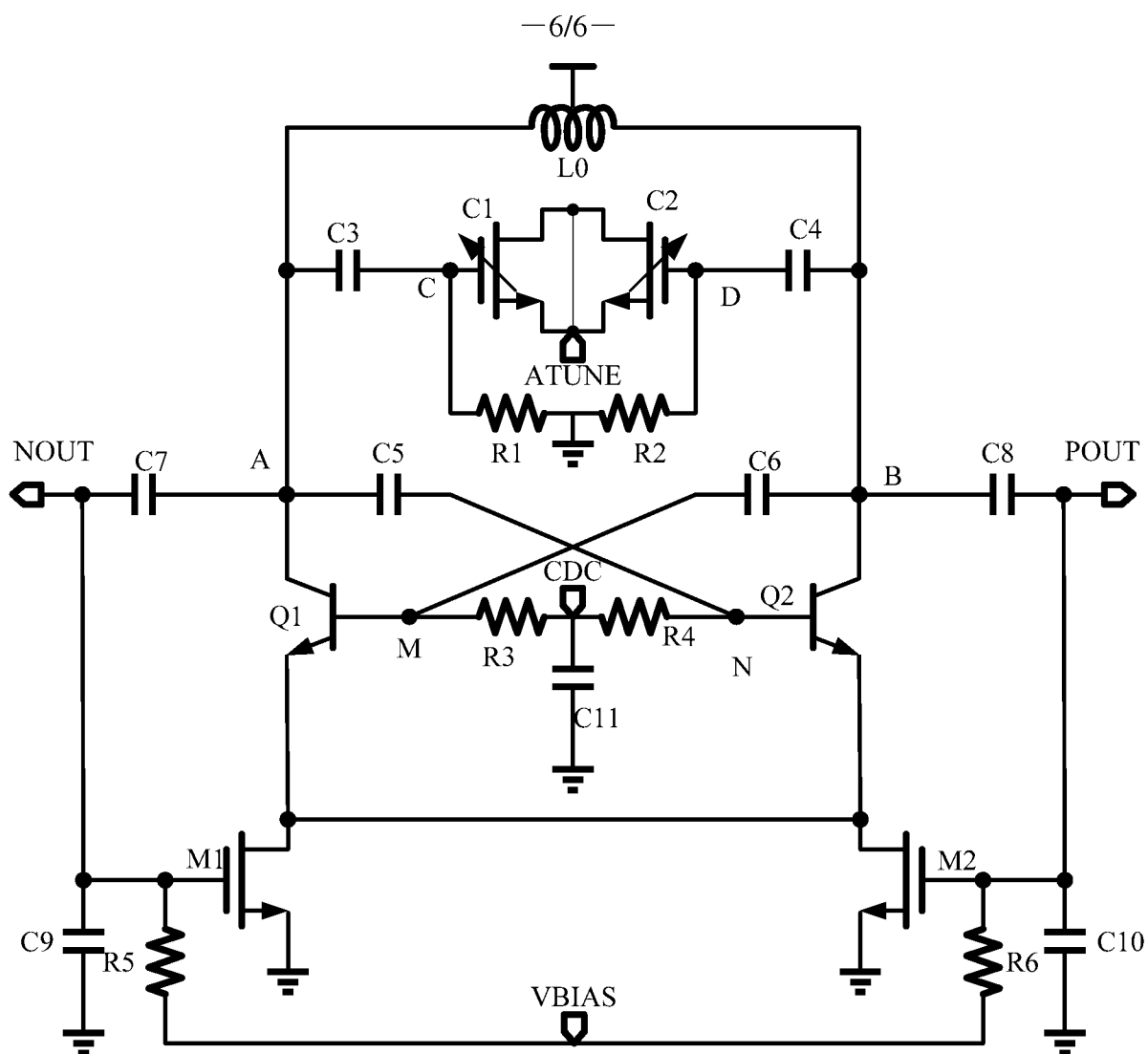


图 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2013/072426

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03B 5/04 (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)

IPC: H03B-

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)

CNABS, CPRSABS, VEN, CPRS, WPI, EPODOC: voltage, controll+, oscillator, current, source, negative, resistance, feedback;
INSTITUTE OF MICROELECTRONICS, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES; low-noise, voltage control, negative resistance,
current source

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 102868366 A (INSTITUTE OF MICROELECTRONICS, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES), 09 January 2013 (09.01.2013), the whole document	1-11
PX	CN 102843097 A (INSTITUTE OF MICROELECTRONICS, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES), 26 December 2012 (26.12.2012), the whole document	1-11
X	CN 101820250 A (FUDAN UNIVERSITY), 01 September 2010 (01.09.2010), description, paragraphs 0006-0026, and figures 1-3	1
A	CN 102118162 A (FUDAN UNIVERSITY), 06 July 2011 (06.07.2011), the whole document	1-11
A	CN 102158224 A (GUANGZHOU RUNXIN INFORMATION TECHNOLOGY CO., LTD.), 17 August 2011 (17.08.2011), the whole document	1-11
A	CN 102195639 A (SHANGHAI XINPUZHEN MICROELECTRONIC CO., LTD.), 21 September 2011 (21.09.2011), the whole document	1-11
A	US 2009231051 A1 (RICOH KK), 17 September 2009 (17.09.2009), the whole document	1-11

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 29 May 2013 (29.05.2013)	Date of mailing of the international search report 27 June 2013 (27.06.2013)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer LAN, Xia Telephone No.: (86-10) 62414208

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2013/072426

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 102868366 A	09.01.2013	None	
CN 102843097 A	26.12.2012	None	
CN 101820250 A	01.09.2010	WO 2011127754 A1	20.10.2011
		US 2012081155 A1	05.04.2012
		CN 102439845 A	02.05.2012
		CN 101820250 B	30.05.2012
		US 8362809 B2	29.01.2013
CN 102118162 A	06.07.2011	CN 102118162 B	24.10.2012
CN 102158224 A	17.08.2011	None	
CN 102195639 A	21.09.2011	None	
US 2009231051 A1	17.09.2009	US 7915966 B2	29.03.2011
		JP 2009218871 A	24.09.2009

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2013/072426

A. 主题的分类

H03B 5/04(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)

IPC: H03B -

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))

CNABS, CPRSABS, VEN, CPRS, WPI, EPDOC: voltage, controll+, oscillator, current, source, negative, resistance, feedback, 中国科学院微电子研究所, 低噪, 压控, 振荡器, 负阻, 电流源

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
PX	CN102868366A (中国科学院微电子研究所), 09.1 月 2013 (09.01.2013) 全文	1-11
PX	CN102843097A (中国科学院微电子研究所), 26.12 月 2012 (26.12.2012) 全文	1-11
X	CN101820250A (复旦大学), 01.9 月 2010 (01.09.2010) 说明书第 0006-0026 段, 附图 1-3	1
A	CN102118162A (复旦大学), 06.7 月 2011 (06.07.2011) 全文	1-11
A	CN102158224A (广州润芯信息技术有限公司), 17.8 月 2011 (17.08.2011) 全文	1-11
A	CN102195639A (上海信朴臻微电子有限公司), 21.9 月 2011 (21.09.2011) 全文	1-11
A	US2009231051A1 (RICOH KK), 17.9 月 2009 (17.09.2009) 全文	1-11



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

29.5 月 2013 (29.05.2013)

国际检索报告邮寄日期

27.6 月 2013 (27.06.2013)

ISA/CN 的名称和邮寄地址:

中华人民共和国国家知识产权局

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088

传真号: (86-10)62019451

受权官员

兰霞

电话号码: (86-10) **62414208**

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2013/072426

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN102868366A	09. 01. 2013	无	
CN102843097A	26. 12. 2012	无	
CN101820250A	01. 09. 2010	W02011127754A1	20. 10. 2011
		US2012081155A1	05. 04. 2012
		CN102439845A	02. 05. 2012
		CN101820250B	30. 05. 2012
		US8362809B2	29. 01. 2013
CN102118162A	06. 07. 2011	CN102118162B	24. 10. 2012
CN102158224A	17. 08. 2011	无	
CN102195639A	21. 09. 2011	无	
US2009231051A1	17. 09. 2009	US7915966B2	29. 03. 2011
		JP2009218871A	24. 09. 2009