



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108336978 A

(43)申请公布日 2018.07.27

(21)申请号 201810021512.4

(22)申请日 2018.01.10

(71)申请人 南京邮电大学

地址 210023 江苏省南京市亚东新城区文苑路9号

申请人 南京邮电大学南通研究院有限公司

(72)发明人 张瑛 张旭 李泽有 耿萧

(74)专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司 32200

代理人 徐莹

(51)Int.Cl.

H03F 3/195(2006.01)

H03F 1/26(2006.01)

H03G 3/30(2006.01)

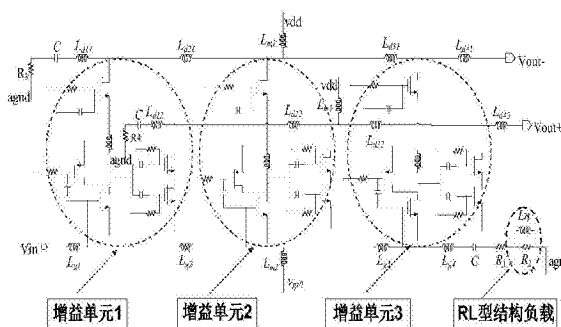
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种级联的分布式低噪声放大器

(57)摘要

本发明公开了一种级联的分布式低噪声放大器,包括第一级放大器、第二级放大器和第三级放大器,所述各级放大器由均由增益单元和片上电感构成,并且各级放大器的增益单元的结构完全相同;其中,所述片上电感和各增益单元的输入阻抗构成了输入人工传输线,及片上电感和各增益单元的输出阻抗构成了输出人工传输线;并且,所述各级放大器的增益单元均采用单端输入转差分输出的结构。本发明结构简单,输入回波损耗低、带内波动小、增益高、噪声系数低,可以克服传统放大器的增益带宽积的限制,在很宽频带内得到较大的平坦增益,并实现良好的噪声性能。



1. 一种级联的分布式低噪声放大器,包括第一级放大器、第二级放大器和第三级放大器,其特征在于,所述各级放大器均由增益单元和片上电感构成,并且各级放大器的增益单元的结构完全相同;其中,所述片上电感和各增益单元的输入阻抗构成了输入人工传输线,及片上电感和各增益单元的输出阻抗构成了输出人工传输线;并且,所述各级放大器的增益单元均采用单端输入转差分输出的结构。

2. 根据权利要求1所述级联的分布式低噪声放大器,其特征在于:所述每个增益单元采用共源极输入及共栅极输出结构。

3. 根据权利要求1所述级联的分布式低噪声放大器,其特征在于:所述增益单元包括第一至第五MOS管、偏置电阻、交流耦合电容,其中增益单元的输入端经交流耦合电容分别连接第一MOS管与第二MOS管的栅极,且第一MOS管与第二MOS管的栅极连接偏置电阻后施加偏置电压;所述第一MOS管的源极施加偏置电压,且第一MOS管的漏极连接第二MOS管的漏极,第二MOS管的源极接入电源地;并且,所述第二MOS管的漏极通过并联的两个交流耦合电容后分别连接第三MOS管、第四MOS管的栅极,及第三MOS管的漏极与第四MOS管的源极连接,且第三MOS管的源极接入电源地;所述第四MOS管的漏极作为增益单元的正向输出端,并在第三MOS管、第四MOS管的栅极连接偏置电阻后分别施加偏置电压;所述第五MOS管的源极接入连接的第一MOS管的漏极与第二MOS管的漏极之间,且第五MOS管的栅极连接偏置电阻后施加偏置电压,并连接交流耦合电容后接入电源地,并将所述第五MOS管的漏极作为增益单元的负向输出端。

4. 根据权利要求3所述级联的分布式低噪声放大器,其特征在于:所述增益单元还包括峰值电感,所述第五MOS管的源极通过峰值电感接入连接的第一MOS管的漏极与第二MOS管的漏极之间。

5. 根据权利要求1所述级联的分布式低噪声放大器,其特征在于:所述输入人工传输线和输出人工传输线上连接用于施加偏压和电源电压的扼流电感。

6. 根据权利要求1所述级联的分布式低噪声放大器,其特征在于:所述输入人工传输线上连接RL型结构负载。

7. 根据权利要求6所述级联的分布式低噪声放大器,其特征在于:所述RL型结构负载由第二电阻和电感并联后与第一电阻串联构成。

一种级联的分布式低噪声放大器

技术领域

[0001] 本发明涉及一种级联的分布式低噪声放大器,属于射频集成电路的技术领域。

背景技术

[0002] 无线通信技术的飞速发展对通信系统的数据传输率和带宽提出了更高要求。通常采用的宽带放大器设计技术包括负反馈、平衡放大器、电阻匹配以及有源匹配等等,然而这些技术均无法有效提升放大器的增益带宽积。分布式放大器由于其结构上的特性,能够突破放大器增益带宽积的限制,实现更宽频带的信号放大。

[0003] 单片微波集成电路在无线通信、卫星通信网、毫米波自动防撞系统、光传输系统、毫米波成像系统以及微波测试设备等众多领域中有着广泛的应用。然而晶体管的寄生电容效应使得传统的放大器带宽受到限制,如上所述,利用分布式放大器自身结构上的特性,即利用晶体管的寄生电容构成人工传输线,能够突破传统放大器的增益带宽积的限制,在很宽频带内得到较大的平坦增益,可广泛应用于高速链接、宽带无线收发器、高分辨率雷达和成像系统等领域。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题在于克服现有技术的不足,提供一种级联的分布式低噪声放大器,克服传统放大器的增益带宽积的限制,在很宽频带内得到较大的平坦增益,并实现良好的噪声性能。

[0005] 本发明具体采用以下技术方案解决上述技术问题:

一种级联的分布式低噪声放大器,包括第一级放大器、第二级放大器和第三级放大器,所述各级放大器均由增益单元和片上电感构成,并且各级放大器的增益单元的结构完全相同;其中,所述片上电感和各增益单元的输入阻抗构成了输入人工传输线,及片上电感和各增益单元的输出阻抗构成了输出人工传输线;并且,所述各级放大器的增益单元均采用单端输入转差分输出的结构。

[0006] 进一步地,作为本发明的一种优选技术方案:所述每个增益单元采用共源级输入及共栅级输出结构。

[0007] 进一步地,作为本发明的一种优选技术方案:所述增益单元包括第一至第五MOS管、偏置电阻、交流耦合电容,其中增益单元的输入端经交流耦合电容分别连接第一MOS管与第二MOS管的栅极,且第一MOS管与第二MOS管的栅极连接偏置电阻后施加偏置电压;所述第一MOS管的源极施加偏置电压,且第一MOS管的漏极连接第二MOS管的漏极,第二MOS管的源极接入电源地;并且,所述第二MOS管的漏极通过并联的两个交流耦合电容后分别连接第三MOS管、第四MOS管的栅极,及第三MOS管的漏极与第四MOS管的源极连接,且第三MOS管的源极接入电源地;所述第四MOS管的漏极作为增益单元的正向输出端,并在第三MOS管、第四MOS管的栅极连接偏置电阻后分别施加偏置电压;所述第五MOS管的源极接入连接的第一MOS管的漏极与第二MOS管的漏极之间,且第五MOS管的栅极连接偏置电阻后接入施加偏置

电压,并连接交流耦合电容后接入电源地,并将所述第五MOS管的漏极作为增益单元的负向输出端。

[0008] 进一步地,作为本发明的一种优选技术方案:所述增益单元还包括峰值电感,所述第五MOS管的源极通过峰值电感接入连接的第一MOS管的漏极与第二MOS管的漏极之间。

[0009] 进一步地,作为本发明的一种优选技术方案:所述输入人工传输线和输出人工传输线上连接用于施加偏压和电源电压的扼流电感。

[0010] 进一步地,作为本发明的一种优选技术方案:所述输入人工传输线上连接RL型结构负载。

[0011] 进一步地,作为本发明的一种优选技术方案:所述RL型结构负载由第二电阻和电感并联后与第一电阻串联构成。

[0012] 本发明采用上述技术方案,能产生如下技术效果:

本发明的级联的分布式低噪声放大器,各级分布放大器增益单元分别共用输入传输线和输出传输线。且增益单元采用相同的单端输入转差分输出和直流偏置,为实现宽带阻抗匹配,栅极和漏极人工传输线也采用均匀结构。本发明是一个结构简单,输入回波损耗低、带内波动小、增益高、噪声系数低等射频指标优异的级联分布式低噪声放大器。

附图说明

[0013] 图1为传统的分布式放大器电路图。

[0014] 图2为本发明所用的增益单元的电路结构图。

[0015] 图3为本发明级联的分布式低噪声放大器电路图。

具体实施方式

[0016] 下面结合说明书附图对本发明的实施方式进行了描述。

[0017] 传统的分布式低噪声放大器的基本原理是将晶体管的寄生电容与电感元件构成人工传输线,从而克服寄生电容造成的增益滚降,其电路原理图如图1所示,其中vdd为电源电压,vgs为直流偏置电压,片上电感Lg和增益单元的输入阻抗构成了输入人工传输线,片上电感Ld和增益单元的输入阻抗构成了输出人工传输线,显然输入/输出人工传输线均为低通滤波器结构。

[0018] 由分布式低噪声放大器原理分析可知,分布式低噪声放大器增益单元的输入端及输出端要在交流小信号下等效为容性负载,所以该增益单元采用共源级输入及共栅级输出。为了降低噪声和提高增益,本发明的增益单元采用单端输入转差分双端输出的巴伦结构,如图2所示。

[0019] 本发明提出的级联的分布式低噪声放大器结构如图2所示。与图1所示的传统分布式放大器相比,本发明的电路结构由三级放大器构成,分别是第一级放大器、第二级放大器和第三级放大器。

[0020] 所述各级放大器均采用相同结构的增益单元和片上电感构成,各级放大器采用相同的增益单元结构,分别设为增益单元1、增益单元2和增益单元3,每个增益单元的结构如图3所示。所述分布式低噪声放大器中,如图2所示,增益单元1和片上电感Lg1、Ld11、Ld12构成第一级放大器,增益单元2和片上电感Lg2、Ld21、Ld22构成第二级放大器,增益单元3和片

上电感 L_{g3} 、 L_{d31} 、 L_{d32} 构成第三级放大器。

[0021] 其中,其中片上电感 L_{gi} 和各增益单元的输入阻抗构成了输入人工传输线,其中, $i=1,2,3,4$;片上电感 L_{dij} 和各增益单元的输出阻抗构成了输出人工传输线,其中 $i=1,2,3,4$; $j=1,2$ 。以及,所述各级放大器的增益单元采用相同的单端输入转差分输出的结构。

[0022] 本发明中增益单元输入端连接所述输入人工传输线,差分输出端分别连接所述输出人工传输线,在所述输入人工传输线和所述输出人工传输线上,每个所述增益单元前均有片上电感。其结构如图3所示,每个增益单元均包含5个MOS管,分别记为第一MOS管 M_{P1} 、第二MOS管 M_{N1} 、第三MOS管 M_{N3} 、第四MOS管 M_{N4} 、第五MOS管 M_{N2} ;4个偏置电阻,4个交流耦合电容 $C1$ 、 $C2$ 、 $C3$ 、 $C4$ 和1个峰值电感 L_s 。 V_{in} 为输入信号, V_{out+} 和 V_{out-} 为一对差分输出信号, v_{gs1} 至 v_{gs5} 分别为各MOS管的偏置电压。电路中,增益单元的输入端经交流耦合电容 $C1$ 分别连接第一MOS管 M_{P1} 与第二MOS管 M_{N1} 的栅极,且偏置电阻可施加偏置电压 v_{gs5} ;所述第一MOS管 M_{P1} 的源极施加偏置电压 v_{gs2} ,且第一MOS管 M_{P1} 的漏极连接第二MOS管 M_{N1} 的漏极,第二MOS管 M_{N1} 的源极接入电源地 $agnd$;并且,所述第二MOS管 M_{N1} 的漏极通过并联的交流耦合电容 $C3$ 、 $C4$ 后分别连接第三MOS管 M_{N3} 、第四MOS管 M_{N4} 的栅极,第三MOS管 M_{N3} 的漏极与第四MOS管 M_{N4} 的源极连接,且第三MOS管 M_{N3} 的源极接入电源地 $agnd$;所述第四MOS管 M_{N4} 的漏极作为增益单元的正向输出端,并在第三MOS管 M_{N3} 、第四MOS管 M_{N4} 的栅极连接偏置电阻后分别施加偏置电压 v_{gs4} 、 v_{gs3} ;所述第五MOS管 M_{N2} 的源极连接峰值电感 L_s 后接入连接的第一MOS管的漏极与第二MOS管的漏极之间,即共源级的第一MOS管 M_{P1} 与第二MOS管 M_{N1} 之间,且第五MOS管 M_{N2} 的栅极连接偏置电阻后接入施加偏置电压 v_{gs1} ,并连接交流耦合电容 $C2$ 后接入电源地 $agnd$,所述第五MOS管 M_{N2} 的漏极作为增益单元的负向输出端。

[0023] 其中,增益单元的输入端经交流耦合电容 $C1$ 连接的第一MOS管 M_{P1} 与第二MOS管 M_{N1} 采用电流复用,构成增益单元的共源级,该结构可以减少电压在第五MOS管 M_{N2} 的压降,提高共源级的增益,同时可降低 M_{N1} 的噪声和增益电路的功耗。正向输出端采用第三MOS管 M_{N3} 和第四MOS管 M_{N4} 组成的共源共栅级结构,同时第四MOS管 M_{N4} 于第二MOS管 M_{N1} 形成了两级共源级级联,可提高正向输出端的电压增益;输出负向端第五MOS管 M_{N2} 与前级共源形成共源共栅结构,正负端的共栅级形成了噪声抵消。通过在第二MOS管 M_{N1} 和第五MOS管 M_{N2} 之间加入峰值电感 L_s ,可进一步提高放大器的增益和反向隔离特性。该电路的信号流向为:输入信号 V_{in} 从第二MOS管 M_{N1} 管的栅极输入,经第一MOS管 M_{P1} 与第二MOS管 M_{N1} 构成的电流复用结构后,从第二MOS管 M_{N1} 的漏极输出,该输出信号向上经过峰化电感 L_s ,最终通过第二MOS管 M_{N1} 和第五MOS管 M_{N2} 的漏极构成的共源共栅放大器输出端以电压形式反向输出;同时第二MOS管 M_{N1} 的漏极输出信号向右通过交流耦合电容 $C3$ 、 $C4$,经由第三MOS管 M_{N3} 和第四MOS管 M_{N4} 的漏极组成的共源共栅放大器输出端以电压形式正向输出。

[0024] 为实现在指定的带宽内良好的输入阻抗匹配,一般在栅极传输线终端连接 $50\ \Omega$ 的电阻。然而该电阻在输入端是主要的噪声贡献源,为了降低这个噪声,本放采用了RL型结构负载,如图2所示,优选采用第二电阻 R_2 和电感 L_n 并联后与一电阻 R_1 串联的结构。

[0025] 并且所述的级联的分布式低噪声放大器,增益单元对应的所述输入/输出人工传输线上连有扼流电感 L_{m2} 和 L_{m1} ,并分别施加偏压 v_{gs0} 和电源电压 v_{dd} 。

[0026] 因此,本发明中,输入信号进入放大器后,分别通过第一级放大器、第二级放大器和第三级放大器进行放大;第一级放大器、第二级放大器和第三级放大器的输出信号经由

片上电感Ld11、Ld12、Ld21、Ld22、Ld31、Ld32和增益单元1、2、3的输出阻抗共同构成的输出人工传输线进行输出。

[0027] 综上,本发明的各级分布放大器增益单元分别共用输入传输线和输出传输线。且增益单元采用相同的单端输入转差分输出和直流偏置,为实现宽带阻抗匹配,栅极和漏极人工传输线也采用均匀结构。本发明是一个结构简单,输入回波损耗低、带内波动小、增益高、噪声系数低等射频指标优异的级联分布式低噪声放大器,可以克服传统放大器的增益带宽积的限制,在很宽频带内得到较大的平坦增益,并实现良好的噪声性能。

[0028] 上面结合附图对本发明的实施方式作了详细说明,但是本发明并不限于上述实施方式,在本领域普通技术人员所具备的知识范围内,还可以在不脱离本发明宗旨的前提下做出各种变化。

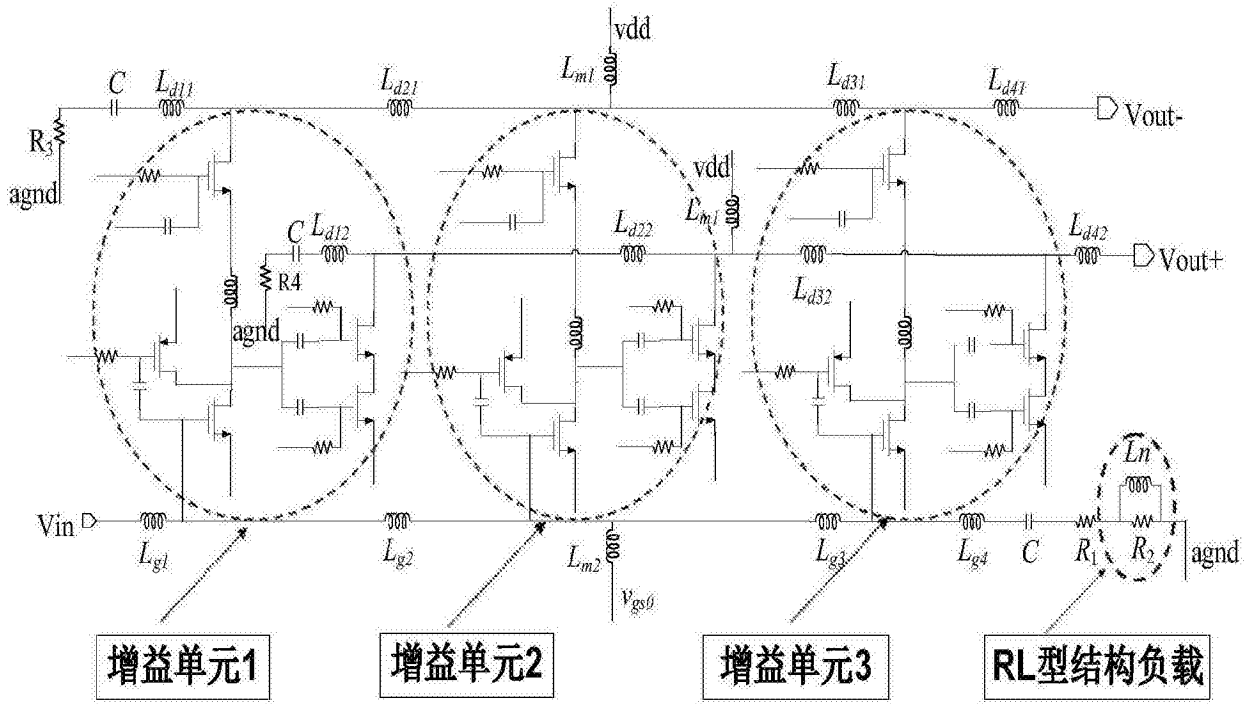


图3