



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105871535 B

(45)授权公告日 2018.09.14

(21)申请号 201610398370.4

(22)申请日 2016.06.06

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 105871535 A

(43)申请公布日 2016.08.17

(73)专利权人 南京信息工程大学  
地址 210019 江苏省南京市建邺区奥体大街69号

(72)发明人 李春彪 张裕成 胡文 王雄

(74)专利代理机构 南京纵横知识产权代理有限公司 32224

代理人 董建林

(51)Int.Cl.

H04L 9/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 102611388 A,2012.07.25,

CN 101800512 A,2010.08.11,

CN 102957530 A,2013.03.06,

CN 102970020 A,2013.03.13,

CN 103199982 A,2013.07.10,

WO 2008025153 A1,2008.03.06,

李春彪.具有恒李雅普诺夫指数的类  
culPitts 混沌系统及其同步.《中国博士学位论  
文全文数据库(电子期刊)》.2010,

审查员 曾珍

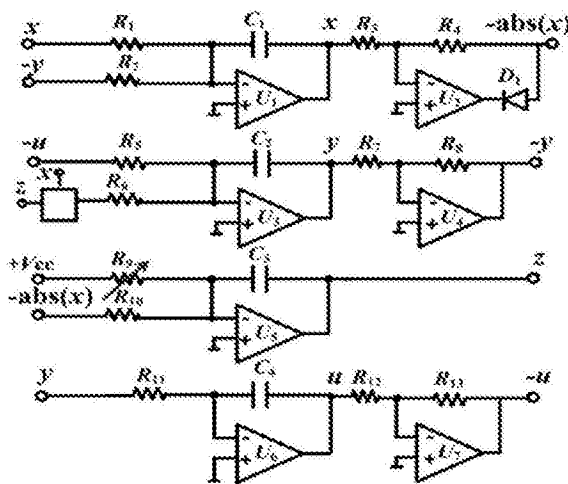
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

一种可调幅超混沌信号源

(57)摘要

本发明公开了一种可调幅超混沌信号源,它以四个支路的积分求和电路为框架,通过一个模拟选通门电路和一个绝对值运算单元实现非线性反馈,结合四个线性反馈项和一个直流输入控制项,输出较为复杂的幅值大小可控的超混沌吸引子,得到四路超混沌信号,通过第三维中的直流输入控制,实现对系统输出四维超混沌信号的幅度调节。本发明超混沌信号源可通过电位器或可变电阻或供电直流电压源调节四条支路上超混沌信号的信号强度,避免了重新尺度变换带来的对多个反馈项的调整和硬件放大器。本发明降低了电路实现和调试的难度,为超混沌信号源应用于电子与信息工程提供了便利。



1. 一种可调幅超混沌信号源,其特征在于:包括四条支路,其中:第一、二、三条支路均包括两个输入端,第一条支路的两个输入端分别接第一条支路求和积分运算单元U1的输出端和第二条支路的输出端;第二条支路的两个输入端分别接第四条支路的输出端和一个模拟选通门电路的输出端,所述模拟选通门电路的输入端为第三条支路输出信号,而其选通控制信号来自第一条支路求和积分运算单元U1的输出端;第三条支路的一个输入端接直流电源的正极性,第三条支路的另一个输入端的信号来自于第一条支路的输出信号;第四条支路包括一个输入端,接第二条支路的输出信号的反相信号;

所述第一条支路包括求和积分运算单元U1、负绝对值实现单元U2、电阻R1、R2、R3和R4、二极管D1以及电容C1,其中,第一条支路求和积分运算单元U1的输出端经电阻R1接求和积分运算单元U1的反相输入端,第二条支路输出端信号经电阻R2接求和积分运算单元U1的反相输入端,求和积分运算单元U1的反相输入端与电容C1的一端相连,电容C1的另一端和求和积分运算单元U1的输出端经电阻R3接负绝对值实现单元U2的反相输入端,负绝对值实现单元U2的输出端接二极管D1的负极,负绝对值实现单元U2的反相输入端与电阻R4的一端相连,并且电阻R4的另一端和二极管D1的正极接第一条支路的输出端;

第二条支路包括模拟选通门电路、求和积分运算单元U3、反相放大单元U4、电阻R5、R6、R7和R8以及电容C2,其中,第四条支路的输出端经过电阻R5接求和积分运算单元U3的反相输入端,模拟选通门电路的输出端经过电阻R6接求和积分运算单元U3的反相输入端,求和积分运算单元U3的反相输入端与电容C2的一端相连,电容C2的另一端和求和积分运算单元U3的输出端经电阻R7接反相放大单元U4的反相输入端,反相放大单元U4的反相输入端与电阻R8的一端相连,并且电阻R8的另一端和反相放大单元U4的输出端接第二条支路的输出端;

所述第三条支路包括直流电源Vcc、求和积分运算单元U5、可变电阻或电位器R9、电阻R10以及电容C3,其中,直流电源Vcc的正极经过可变电阻或电位器R9接求和积分运算单元U5的反相输入端,第一条支路输出端经过电阻R10接求和积分运算单元U5的反相输入端,求和积分运算单元U5的反相输入端与电容C3的一端相连,电容C3的另一端接求和积分运算单元U5的输出端即第三条支路的输出端;

所述第四条支路包括求和积分运算单元U6、反相放大单元U7、电阻R11、R12和R13以及电容C4,其中,第二条支路输出信号的反相信号通过电阻R11接求和积分运算单元U6的反相输入端,求和积分运算单元U6的反相输入端与电容C4的一端相连,电容C4的另一端和求和积分运算单元U6的输出端经电阻R12接反相放大单元U7的反相输入端,反相放大单元U7的反相输入端与电阻R13的一端相连,并且电阻R13的另一端和反相放大单元U7的输出端接第四条支路的输出端。

2. 根据权利要求1所述的可调幅超混沌信号源,其特征在于:所述模拟选通门电路包括两个运算放大器Ua和Ub,两个电阻Ra和Rb以及一个乘法器M,模拟选通门电路的选通输入信号s直接与其内部乘法器M的一个输入端相连,而其选通控制信号c则通过两个运算放大器Ua、Ub连到内部乘法器M的另一个输入端;运算放大器Ua的反相输入端连接选通控制信号c,运算放大器Ua的输出端连接到电阻Ra的一端,电阻Ra的另一端直接连到运算放大器Ub的反相输入端,且通过另一个电阻Rb直接连到运算放大器Ub的输出端,乘法器M的输出端给出模拟选通门电路选通输入信号s所对应的选通信号w。

3. 根据权利要求1所述的可调幅超混沌信号源,其特征在于:所述第三条支路的输出端连接到模拟选通门电路的信号端,提供选通输入信号,而第一条支路求和积分运算单元U1的输出端连接到模拟选通门电路的控制端,提供选通控制信号。

4. 根据权利要求1所述的可调幅超混沌信号源,其特征在于:所述求和积分运算单元U1、U3、U5和U6的同相输入端均接地,负绝对值实现单元U2的同相输入端接地,反相放大单元U4和U7的同相输入端均接地,直流电源Vcc的负极接地。

5. 根据权利要求3所述的可调幅超混沌信号源,其特征在于:所述模拟选通门电路的两个运算放大器Ua、Ub的同相输入端均接地。

## 一种可调幅超混沌信号源

### 技术领域

[0001] 本发明属于电子、通讯与信息工程技术领域,特别涉及一种可调幅超混沌信号源。

### 背景技术

[0002] 混沌或者超混沌信号作为一种宽带类随机信号,在仪器仪表、通信、雷达等工程技术领域有广阔的应用前景。工程中应用的信号通常要经过放大或者衰减等预处理或者信号调理环节进入到处理的核心层。信号的预处理或者调理电路要与所处理的信号带宽匹配才能满足要求,然而混沌信号的宽带特性使得对应的信号预处理或者信号调理变得困难,任何多余的电路元件或附加系统也容易引发信号失真与变形。

[0003] 目前超混沌信号源的发明专利更多的是基于超混沌的抗扰控制设计方法(申请号:CN201510829084.4),量子图像加密方法(申请号:CN201510800870.1),基于超混沌加密的空间网络跨域匿名身份认证方法(申请号:CN201510621310.X),一种基于忆阻器含 $y$ 方的Chen超混沌系统的自适应同步方法及电路(申请号:CN201510571092.3)等等,而关于混沌信号源的发明专利,则涉及到电路设计,其中专利[授权号ZL200910183379.3]提出一种可切换三阶恒Lyapunov指数谱混沌电路,该电路通过绝对值项实现非线性作用,通过常数控制项(对应于直流电源电压)实现混沌信号的幅度调节,这一调节不改变系统的Lyapunov指数谱。专利[授权号ZL201210395656.9]发明的四翼混沌信号源电路,利用交叉乘积项实现非线性,输出复杂的四翼混沌吸引子,且通过对交叉乘积项的反馈强度的调节来实现其他二维混沌信号的幅度调控,以上等等都是针对混沌信号的幅度调控,而关于超混沌信号的幅度调控问题,目前尚未提出好的解决方案。此外,从系统方程的角度来考察,很多混沌信号源都是源于具有某种对称性的动力学系统,而此类系统在很多参数下具有对称破缺导致的多稳态特征,这就对可靠混沌信号源的设计以及相应的调幅提出更高的要求。本发明所提出的超混沌电路综合采用绝对值非线性项和模拟选通单元,得到对称而复杂的超混沌奇异吸引子,该吸引子在既定参数下具有全局吸引性,因此在改变直流电源供电电压的大小或者改变所在支路的电阻能实现系统四维输出信号的自由幅度控制。本发明降低了超混沌信号源的电路设计难度,克服了其它超混沌电路对设备要求高、设备不稳定、整机庞大等缺点;信号源的幅度调控不会产生新的状态,因为系统产生的超混沌吸引子具有全局吸引性,从而不要特别考虑初始值的重新设置,大大降低了电路调试的难度。

[0004] 目前许多超混沌电路的设计是基于Lorenz系统,通过增加一维并添加新的反馈项,实现超混沌,通过该方法实现的超混沌系统往往包含九项或者更多项;其他超混沌电路甚至引入更加复杂的非线性反馈函数或者维数超过四维,整个电路结构复杂,对应的超混沌信号的幅度调控也要借助于多个电阻的联调,以同时改变系统内部的多个反馈项系数来实现。因此电路输出超混沌信号的可靠性差、调试难度大,难以满足工程需要。本发明提出一个超混沌系统,该系统仅仅包含七项,以一个模拟选通单元和一个绝对值运算单元为基本特征,结合系统内部的四个内部线性反馈,利用直流控制项或者相应支路的可变电阻实现超混沌吸引子的尺度调控。外界输入的直流能量转变成超混沌信号交流能量,适应各个

应用场合的信号强度调控需要。

### 发明内容

[0005] 发明目的:本发明提供一种可调幅超混沌信号源,以解决现有技术中的问题。

[0006] 技术方案:为实现上述目的,本发明采用的技术方案为:

[0007] 一种可调幅超混沌信号源,包括四条支路,其中:第一、二、三条支路均包括两个输入端,第一条支路的两个输入端分别接第一条支路求和积分运算单元U1的输出端和第二条支路的输出端;第二条支路的两个输入端分别接第四条支路的输出端和一个模拟选通门电路的输出端,所述模拟选通门电路的输入端为第三条支路输出信号,而其选通控制信号来自第一条支路求和积分运算单元U1的输出端;第三条支路的一个输入端接直流电源的正极性,第三条支路的另一个输入端的信号来自于第一条支路的输出信号;第四条支路包括一个输入端,接第二条支路的输出信号的反相信号。

[0008] 进一步的,所述第一条支路包括求和积分运算单元U1、负绝对值实现单元U2、电阻R1、R2、R3和R4、二极管D1以及电容C1,其中,第一条支路求和积分运算单元U1的输出端经电阻R1接求和积分运算单元U1的反相输入端,第二条支路输出端信号经电阻R2接求和积分运算单元U1的反相输入端,求和积分运算单元U1的反相输入端与电容C1的一端相连,电容C1的另一端和求和积分运算单元U1的输出端经电阻R3接负绝对值实现单元U2的反相输入端,负绝对值实现单元U2的输出端接二极管D1的负极,负绝对值实现单元U2的反相输入端与电阻R4的一端相连,并且电阻R4的另一端和二极管D1的正极接第一条支路的输出端。

[0009] 进一步的,第二条支路包括模拟选通门电路、求和积分运算单元U3、反相放大单元U4、电阻R5、R6、R7和R8以及电容C2,其中,第四条支路的输出端经过电阻R5接求和积分运算单元U3的反相输入端,模拟选通门电路的输出端经过电阻R6接求和积分运算单元U3的反相输入端,求和积分运算单元U3的反相输入端与电容C2的一端相连,电容C2的另一端和求和积分运算单元U3的输出端经电阻R7接反相放大单元U4的反相输入端,反相放大单元U4的反相输入端与电阻R8的一端相连,并且电阻R8的另一端和反相放大单元U4的输出端接第二条支路的输出端。

[0010] 进一步的,所述第三条支路包括直流电源Vcc、求和积分运算单元U5、可变电阻或电位器R9、电阻R10以及电容C3,其中,直流电源Vcc的正极经过可变电阻或电位器R9接求和积分运算单元U5的反相输入端,第一条支路输出端经过电阻R10接求和积分运算单元U5的反相输入端,求和积分运算单元U5的反相输入端与电容C3的一端相连,电容C3的另一端接求和积分运算单元U5的输出端即第三条支路的输出端。

[0011] 进一步的,所述第四条支路包括求和积分运算单元U6、反相放大单元U7、电阻R11、R12和R13以及电容C4,其中,第二条支路输出信号的反相信号通过电阻R11接求和积分运算单元U6的反相输入端,求和积分运算单元U6的反相输入端与电容C4的一端相连,电容C4的另一端和求和积分运算单元U6的输出端经电阻R12接反相放大单元U7的反相输入端,反相放大单元U7的反相输入端与电阻R13的一端相连,并且电阻R13的另一端和反相放大单元U7的输出端接第四条支路的输出端。

[0012] 进一步的,所述的可调幅超混沌信号源,其输出所有超混沌信号的幅度控制可通过所述直流电源供电电压Vcc的大小或者与之相连的可变电阻或电位器R9的调节来实现。

[0013] 进一步的,所述模拟选通门电路可由运放和二极管实现联合控制,也可以通过运放和乘法器来组合实现。

[0014] 进一步的,所述模拟选通门电路包括两个运算放大器 $U_a$ 和 $U_b$ ,两个电阻 $R_a$ 和 $R_b$ 以及一个乘法器 $M$ ,模拟选通门电路的选通输入信号 $s$ 直接与其内部乘法器 $M$ 的一个输入端相连,而其选通控制信号 $c$ 则通过两个运算放大器 $U_a$ 、 $U_b$ 连到内部乘法器 $M$ 的另一个输入端;运算放大器 $U_a$ 的反相输入端连接选通控制信号 $c$ ,运算放大器 $U_a$ 的输出端连接到电阻 $R_a$ 的一端,电阻 $R_a$ 的另一端直接连到运算放大器 $U_b$ 的反相输入端,且通过另一个电阻 $R_b$ 直接连到运算放大器 $U_b$ 的输出端,乘法器 $M$ 的输出端给出模拟选通门电路选通输入信号 $s$ 所对应的选通信号 $w$ 。

[0015] 进一步的,所述第三条支路的输出端连接到模拟选通门电路的信号端,提供选通输入信号,而第一条支路求和积分运算单元 $U_1$ 的输出端连接到模拟选通门电路的控制端,提供选通控制信号。

[0016] 进一步的,所述求和积分运算单元 $U_1$ 、 $U_3$ 、 $U_5$ 和 $U_6$ 的同相输入端均接地,负绝对值实现单元 $U_2$ 的同相输入端接地,反相放大单元 $U_4$ 和 $U_7$ 的同相输入端均接地,直流电源 $V_{cc}$ 的负极接地。

[0017] 进一步的,所述模拟选通门电路的两个运算放大器 $U_a$ 、 $U_b$ 的同相输入端均接地。

[0018] 有益效果:本发明采用一组模拟选通门电路和一个绝对值运算单元实现非线性反馈,通过四路积分求和运算电路,输出幅值大小可控的超混沌信号。本发明超混沌信号源可通过电位器或者可变电阻或者供电直流电压源调节电路四条支路上超混沌信号的信号强度,避免了重新尺度变换所带来的对多个反馈项的调整和硬件放大器的设计。本方法降低了电路实现和调试的难度,为超混沌信号源应用于电子与信息工程提供了便利。

## 附图说明

[0019] 图1可调幅超混沌相轨在相平面上的投影,其中:图(a)是 $x-y$ 平面图,图(b)是 $x-z$ 平面,图(c)是 $y-z$ 平面图,图(d)是 $x-u$ 平面图;

[0020] 图2可调幅超混沌信号源的电路原理图;

[0021] 图3可调幅超混沌信号源中模拟选通门电路内部结构图;

[0022] 图4可调幅超混沌信号源输出示波器相轨图( $C_1=C_2=C_3=C_4=1\text{nF}$ , $R_1=R_2=R_5=R_6=R_7=R_8=R_{10}=R_{12}=R_{13}=100\text{k}\Omega$ , $R_3=R_4=470\Omega$ , $R_9=900\Omega$ , $R_{11}=400\Omega$ , $V_{cc}=9\text{V}$ ),其中:图(a)是 $x-y$ 平面图,图(b)是 $x-z$ 平面,图(c)是 $y-z$ 平面图,图(d)是 $x-u$ 平面图。

## 具体实施方式

[0023] 下面结合实施例对本发明作更进一步的说明。

[0024] 一种可调幅超混沌信号源以四个支路的积分求和电路为框架,通过一个模拟选通门电路和一个绝对值运算单元实现非线性反馈,结合四个线性反馈项和一个直流输入控制项,输出较为复杂的幅值大小可控的超混沌吸引子,得到四路超混沌信号,通过第三维中的直流输入控制,实现对系统输出四维超混沌信号的幅度调节。

[0025] 一种可调幅超混沌信号源,包括四条支路,其中:第一、二、三条支路均包括两个输入端,第一条支路的两个输入端分别接第一条支路求和积分运算单元 $U_1$ 的输出端和第二条

支路的输出端；第二条支路的两个输入端分别接第四条支路的输出端和一个模拟选通门电路的输出端，所述模拟选通门电路的输入端为第三条支路输出信号，而其选通控制信号来自第一条支路求和积分运算单元U1的输出端；第三条支路的一个输入端接直流电源的正极性，第三条支路的另一个输入端的信号来自于第一条支路的输出信号；第四条支路包括一个输入端，接第二条支路的输出信号的反相信号。

[0026] 所述第一条支路包括求和积分运算单元U1、负绝对值实现单元U2、电阻R1、R2、R3和R4、二极管D1以及电容C1，其中，第一条支路求和积分运算单元U1的输出端经电阻R1接求和积分运算单元U1的反相输入端，第二条支路输出端信号经电阻R2接求和积分运算单元U1的反相输入端，求和积分运算单元U1的反相输入端与电容C1的一端相连，电容C1的另一端和求和积分运算单元U1的输出端经电阻R3接负绝对值实现单元U2的反相输入端，负绝对值实现单元U2的输出端接二极管D1的负极，负绝对值实现单元U2的反相输入端与电阻R4的一端相连，并且电阻R4的另一端和二极管D1的正极接第一条支路的输出端。

[0027] 第二条支路包括模拟选通门电路、求和积分运算单元U3、反相放大单元U4、电阻R5、R6、R7和R8以及电容C2，其中，第四条支路的输出端经过电阻R5接求和积分运算单元U3的反相输入端，模拟选通门电路的输出端经过电阻R6接求和积分运算单元U3的反相输入端，求和积分运算单元U3的反相输入端与电容C2的一端相连，电容C2的另一端和求和积分运算单元U3的输出端经电阻R7接反相放大单元U4的反相输入端，反相放大单元U4的反相输入端与电阻R8的一端相连，并且电阻R8的另一端和反相放大单元U4的输出端接第二条支路的输出端。

[0028] 所述第三条支路包括直流电源Vcc、求和积分运算单元U5、可变电阻或电位器R9、电阻R10以及电容C3，其中，直流电源Vcc的正极经过可变电阻或电位器R9接求和积分运算单元U5的反相输入端，第一条支路输出端经过电阻R10接求和积分运算单元U5的反相输入端，求和积分运算单元U5的反相输入端与电容C3的一端相连，电容C3的另一端接求和积分运算单元U5的输出端即第三条支路的输出端。

[0029] 所述第四条支路包括求和积分运算单元U6、反相放大单元U7、电阻R11、R12和R13以及电容C4，其中，第二条支路输出信号的反相信号通过电阻R11接求和积分运算单元U6的反相输入端，求和积分运算单元U6的反相输入端与电容C4的一端相连，电容C4的另一端和求和积分运算单元U6的输出端经电阻R12接反相放大单元U7的反相输入端，反相放大单元U7的反相输入端与电阻R13的一端相连，并且电阻R13的另一端和反相放大单元U7的输出端接第四条支路的输出端。

[0030] 所述的可调幅超混沌信号源，其输出所有超混沌信号的幅度控制可通过所述直流电源供电电压Vcc的大小或者与之相连的可变电阻或电位器R9的调节来实现。

[0031] 所述模拟选通门电路可由运放和二极管实现联合控制，也可以通过运放和乘法器来组合实现。

[0032] 所述模拟选通门电路包括两个运算放大器Ua和Ub，两个电阻Ra和Rb以及一个乘法器M，模拟选通门电路的选通输入信号s直接与其内部乘法器M的一个输入端相连，而其选通控制信号c则通过两个运算放大器Ua、Ub连到内部乘法器M的另一个输入端；运算放大器Ua的反相输入端连接选通控制信号c，运算放大器Ua的输出端连接到电阻Ra的一端，电阻Ra的另一端直接连到运算放大器Ub的反相输入端，且通过另一个电阻Rb直接连到运算放大器Ub

的输出端,乘法器M的输出端给出模拟选通门电路选通输入信号s所对应的选通信号w。

[0033] 所述第三条支路的输出端连接到模拟选通门电路的信号端,提供选通输入信号,而第一条支路求和积分运算单元U1的输出端连接到模拟选通门电路的控制端,提供选通控制信号。

[0034] 所述求和积分运算单元U1、U3、U5和U6的同相输入端均接地,负绝对值实现单元U2的同相输入端接地,反相放大单元U4和U7的同相输入端均接地,直流电源Vcc的负极接地。

[0035] 所述模拟选通门电路的两个运算放大器Ua、Ub的同相输入端均接地。

[0036] 可调幅超混沌信号源的动力学方程与电路结构,本发明的电路可以用如下的动力学系统方程来描述,

$$[0037] \begin{cases} \dot{x} = y - x, \\ \dot{y} = -z \operatorname{sgn}(x) + u, \\ \dot{z} = |x| - a, \\ \dot{u} = -by. \end{cases} \quad (1)$$

[0038] 该方程从形式上来看,包含四个简单一次项反馈,一个绝对值项,一个包含符号函数的开关选择单元以及一个常数项。当 $a=1, b=0.25$ 时,系统输出超混沌吸引子,如图1所示,此时系统所对应的李雅谱诺夫指数为 $(0.064, 0.033, 0-1.098)$ 。这一系统可由四条支路构成的封闭反馈系统来实现,当采用四路积分求和运算回路来实现时,电路图如图2所示,上述数学方程转化为更加具体的电路方程,

$$[0039] \begin{cases} \dot{x} = \frac{1}{R_2 C_1} y - \frac{1}{R_1 C_1} x, \\ \dot{y} = \frac{1}{R_5 C_2} u - \frac{1}{R_6 C_2} z \operatorname{sgn}(x), \\ \dot{z} = \frac{1}{R_{10} C_3} |x| - \frac{V_{cc}}{R_9 C_3}, \\ \dot{u} = -\frac{1}{R_{11} C_4} y, \end{cases} \quad (2)$$

[0040] 电路方程与系统动力学方程相一致。这里,系统中各个反馈项的系数通过电阻和电容的联合设置来实现,而常数项a所对应的信号幅度控制端可以通过变阻器R9或者供电电压Vcc的调整来实现。电路产生的混沌相轨在示波器上的显示如图4所示。

[0041] 第一条支路包括求和积分运算单元U1、负绝对值实现单元U2、电阻R1、电阻R2、电阻R3、电阻R4、二极管D1以及电容C1,其中,第一条支路求和积分运算单元U1的输出端经电阻R1接求和积分运算单元U1的反相输入端,第二条支路输出端信号经电阻R2接求和积分运算单元U1的反相输入端,求和积分运算单元U1的同相输入端接地,求和积分运算单元U1的反相输入端与电容C1的一端相连,电容C1的另一端和求和积分运算单元U1的输出端经电阻R3接负绝对值实现单元U2的反相输入端,负绝对值实现单元U2的同相输入端接地,负绝对值实现单元U2的输出端接二极管D1的负极,二极管D1的正极接第一条支路的输出端,负绝对值实现单元U2的反相输入端与电阻R4的一端相连,并且电阻R4的另一端和负绝对值实现单元U2的输出端接第一条支路的输出端。

[0042] 第二条支路包括模拟选通门电路、求和积分运算单元U3、反相放大单元U4、电阻R5、电阻R6、电阻R7、电阻R8以及电容C2,其中,第四条支路的输出端经过电阻R5接求和积分



运算单元U3的反相输入端,模拟选通门电路的输出端经过电阻R6接求和积分运算单元U3的反相输入端,求和积分运算单元U3的同相输入端接地,求和积分运算单元U3的反相输入端与电容C2的一端相连,电容C2的另一端和求和积分运算单元U3的输出端经电阻R7接反相放大单元U4的反相输入端,反相放大单元U4的同相输入端接地,反相放大单元U4的反相输入端与电阻R8的一端相连,并且电阻R8的另一端和反相放大单元U4的输出端接第二条支路的输出端。

[0043] 第三条支路包括直流电源Vcc、求和积分运算单元U5、可变电阻或电位器R9、电阻R10以及电容C3,其中,直流电源Vcc的正极经过可变电阻或电位器R9接求和积分运算单元U5的反相输入端,直流电源Vcc的负极接地,第一条支路输出端经过电阻R10接求和积分运算单元U5的反相输入端,求和积分运算单元U5的同相输入端接地,求和积分运算单元U5的反相输入端与电容C3的一端相连,电容C3的另一端接求和积分运算单元U5的输出端即第三条支路的输出端。

[0044] 第四条支路包括求和积分运算单元U6、反相放大单元U7、电阻R11、电阻R12、电阻R13以及电容C4,其中,第二条支路输出信号的反相信号通过电阻R11接求和积分运算单元U6的反相输入端,求和积分运算单元U6的同相输入端接地,求和积分运算单元U6的反相输入端与电容C4的一端相连,电容C4的另一端和求和积分运算单元U6的输出端经电阻R12接反相放大单元U7的反相输入端,反相放大单元U7的同相输入端接地,反相放大单元U7的反相输入端与电阻R13的一端相连,并且电阻R13的另一端和反相放大单元U7的输出端接第四条支路的输出端。

[0045] 形如 $z * \text{sgn}(x)$ 的函数,由模拟选通门电路来实现。该电路包含两个输入端,即选通控制信号端c和选通输入信号端s;输出选通信号w,选通信号w从选通输入信号s得到。如果选通控制信号c是正极性,输出的是选通输入信号s本身,即 $w = s$ ;如果选通控制信号c是负极性,输出的是选通输入信号s的反相信号,即 $w = -s$ ;如果选通控制信号c是零,输出的也是零信号,即 $w = 0$ 。模拟选通门电路的一种参考实现方法是由两个运算放大器Ua、Ub,两个电阻Ra、Rb和一个乘法器M来实现。模拟选通门电路的选通输入信号s直接与其内部乘法器M的一个输入端相连,而其选通控制信号c则通过两级运放连到内部乘法器M的另一个输入端。两级运算放大器的同相输入端接地,一个运算放大器Ua的反相输入端连接选通控制信号c,而其输出端连接到一个电阻Ra的一端,电阻Ra的另一端直接连到另一个运放Ub的反相输入端,且通过另一个电阻Rb直接连到运放Ub的输出端,乘法器M的输出端给出模拟选通门电路选通输入信号s的选通信号w。

[0046] 幅度控制方法,幅度控制的实现:输出四维超混沌信号的幅度控制可通过所述直流电源供电电压Vcc的大小或者与之相连的可变电阻或电位器R9的调节来实现。由方程(2)可知,当Vcc增加时,输出的四维超混沌信号的幅度也随之线性同比例增加,而当可变电阻或电位器R9增加时,输出的四维超混沌信号的幅度随之非线性减小,这可由 $a \rightarrow ka, x \rightarrow kx, y \rightarrow ky, z \rightarrow kz, u \rightarrow ku, t \rightarrow t$ ,系统表达式(1)的不变性得到证明。

[0047] 本发明属于电子、通讯、与信息工程类技术,涉及一种非线性超混沌信号源的设计,通过两个内部非线性反馈支路、四个内部线性反馈支路和一个外部直流输入,产生超混沌信号,信号幅度可通过外部直流输入电压的大小来调控。本发明实现的超混沌信号产生电路,性能可靠,可广泛应用于信号检测、仪器仪表、雷达与通信等领域。

[0048] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出:对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

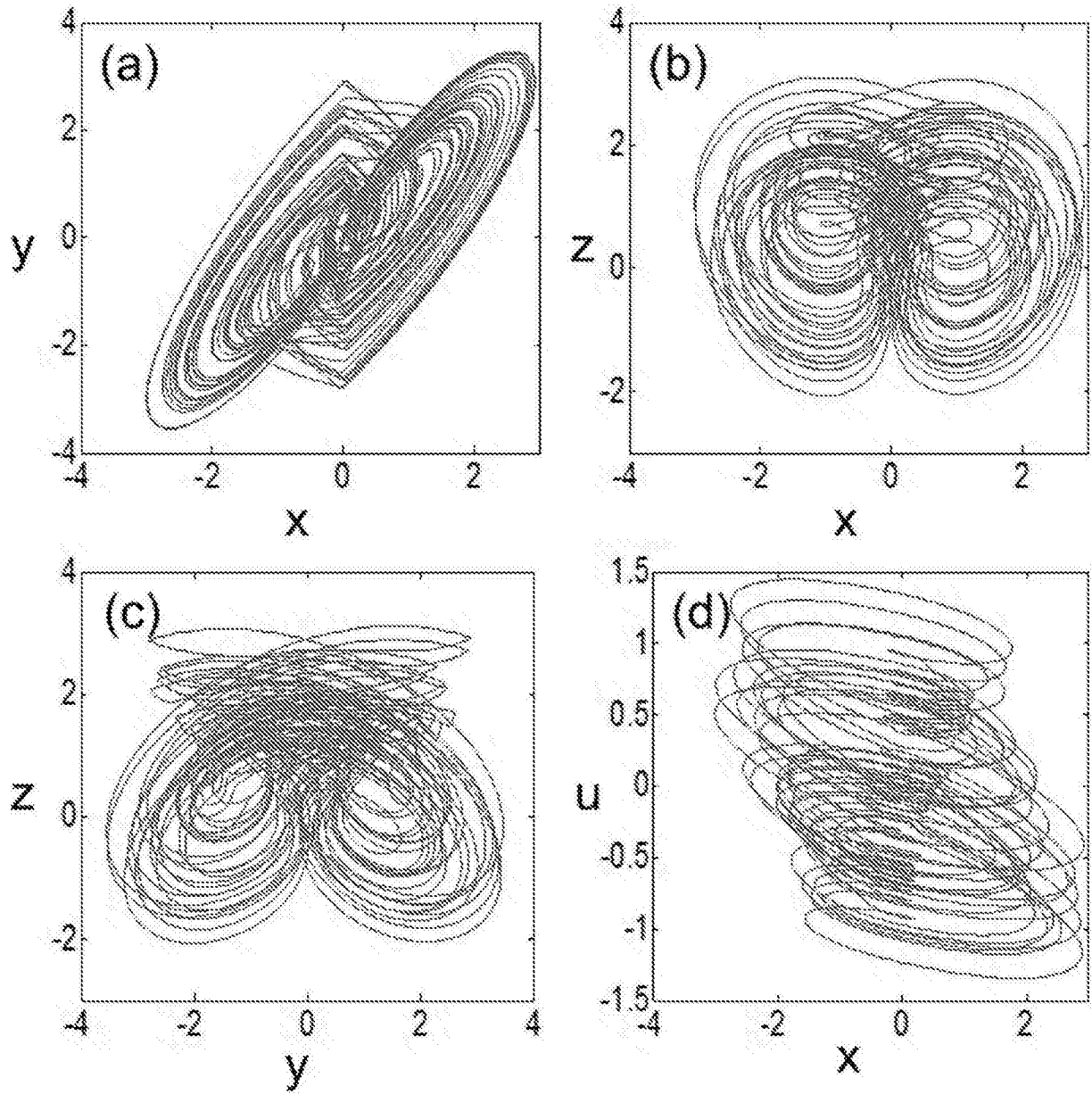


图1

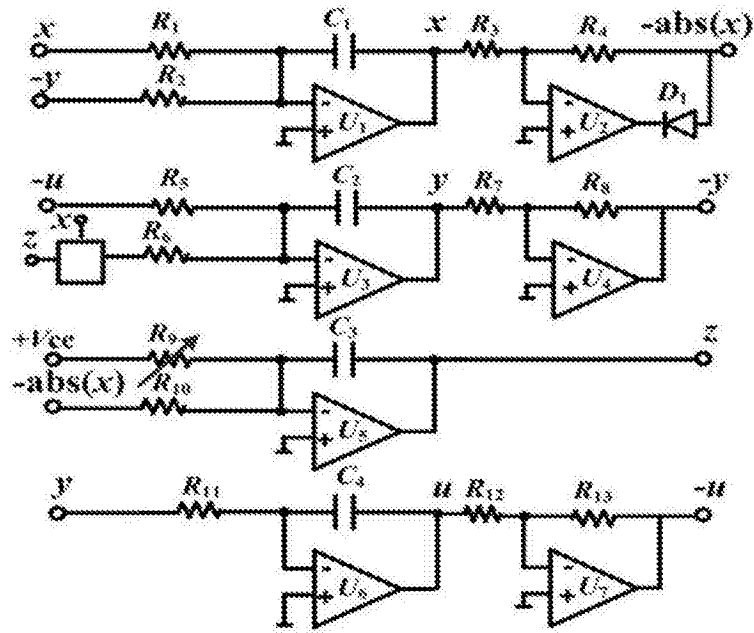


图2

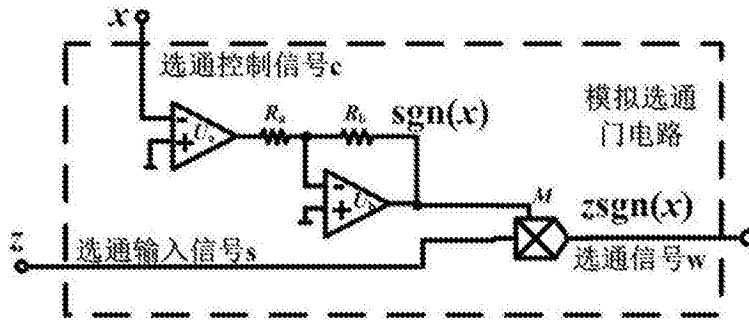


图3

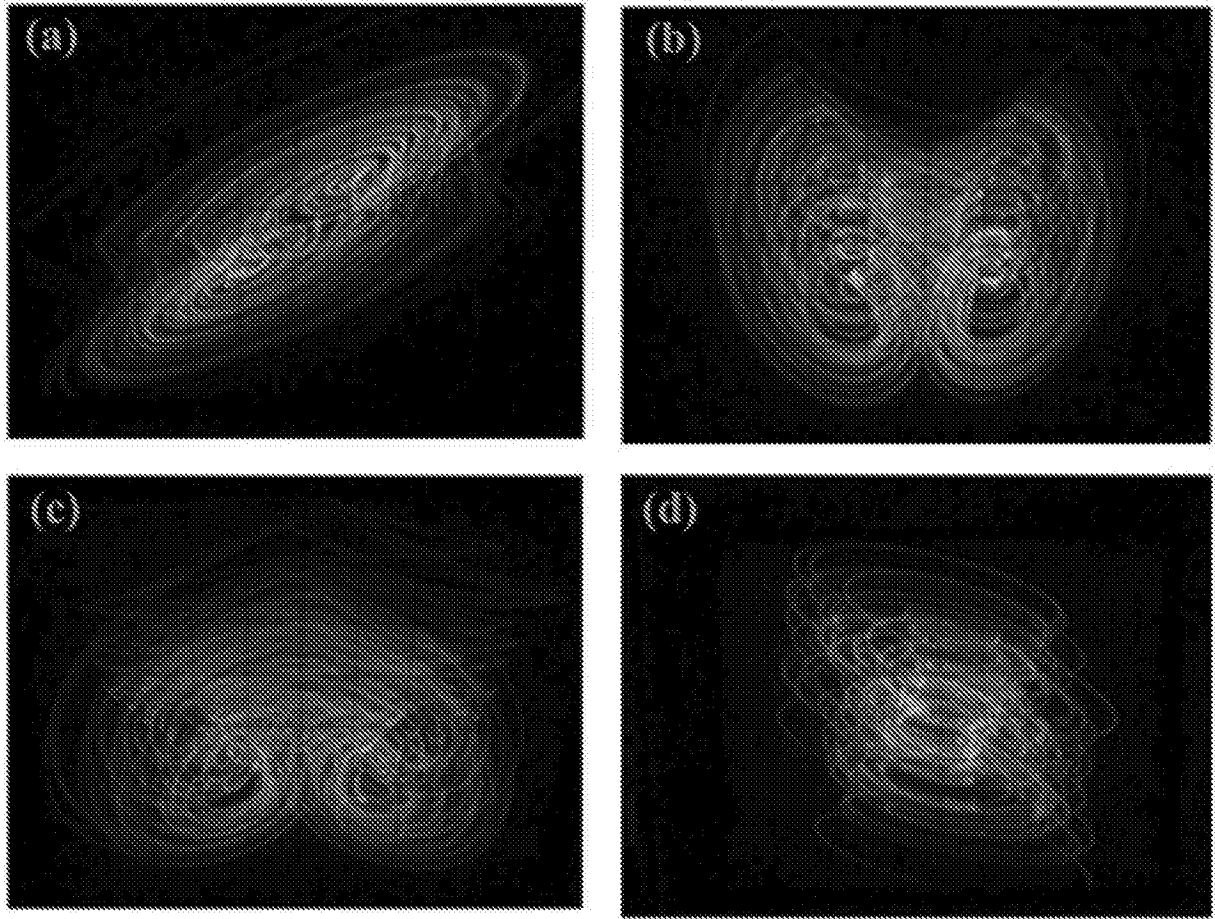


图4