



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109962687 B

(45) 授权公告日 2023. 11. 10

(21) 申请号 201910370019.8

CN 204216856 U, 2015.03.18

(22) 申请日 2019.05.06

US 2009137220 A1, 2009.05.28

(65) 同一申请的已公布的文献号

US 2009167439 A1, 2009.07.02

申请公布号 CN 109962687 A

刘晨光; 王卫东; 胡许光. 一种多输出压控电流差分跨导放大器的设计. 电子器件. 2016, (02), 全文.

(43) 申请公布日 2019.07.02

(73) 专利权人 成都师范学院

余波; 吴兆耀; 李维. 一种新型智能电子负载的设计. 现代电子技术. 2013, (10), 全文.

地址 611130 四川省成都市温江区海科路东段99号

审查员 熊智慧

(72) 发明人 余波

(51) Int. Cl.

H03F 3/45 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 108846215 A, 2018.11.20

JP 2019022179 A, 2019.02.07

US 4302726 A, 1981.11.24

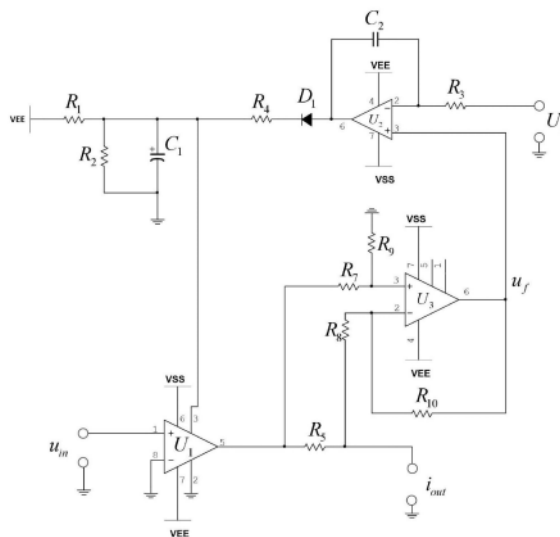
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

自动跨导控制放大电路

(57) 摘要

本发明公开了一种自动跨导控制放大电路, 包括输入端 u_{in} 、控制端 U_c 、输出端 i_{out} 、电压控制放大器 U_1 、运算放大器 U_2 、运算放大器 U_3 、电容 C_1 、电容 C_2 、电阻 R_1 、电阻 R_2 、电阻 R_3 、电阻 R_4 、电阻 R_5 、电阻 R_7 、电阻 R_8 、电阻 R_9 、电阻 R_{10} 和二极管 D_1 , 电压控制放大器 U_1 的型号为VCA610。该自动跨导控制放大电路具有自动控制跨导值的功能, 输入为交流电压信号, 输出为交流电流信号, 电流信号的峰值受到直流控制电压的控制; 当直流控制电压稳定时, 输出的电流值稳定, 且不随输入交流电压信号幅度的变化而变化, 可用于交流恒流源等电路的设计。



1. 一种自动跨导控制放大电路,其特征在于,包括输入端 u_{in} 、控制端 U_c 、输出端 i_{out} 、电压控制放大器 U_1 、运算放大器 U_2 、运算放大器 U_3 、电容 C_1 、电容 C_2 、电阻 R_1 、电阻 R_2 、电阻 R_3 、电阻 R_4 、电阻 R_5 、电阻 R_7 、电阻 R_8 、电阻 R_9 、电阻 R_{10} 和二极管 D_1 ,所述电压控制放大器 U_1 的型号为VCA610,所述电压控制放大器 U_1 的第1脚与输入端 u_{in} 相连,所述电压控制放大器 U_1 的第8脚接地,所述电压控制放大器 U_1 的第2脚接地,所述电压控制放大器 U_1 的第6脚与电源VSS相连,所述电压控制放大器 U_1 的第7脚与电源VEE相连,所述电压控制放大器 U_1 的第3脚与电阻 R_1 的一端相连,所述电压控制放大器 U_1 的第3脚与电阻 R_2 的一端相连,所述电压控制放大器 U_1 的第3脚与电容 C_1 的正极端相连,所述电压控制放大器 U_1 的第3脚与电阻 R_4 的一端相连,所述电阻 R_1 的另一端与电源VEE相连,所述电阻 R_2 的另一端接地,所述电容 C_1 的负极端接地,所述电阻 R_4 的另一端与二极管 D_1 的负极相连,所述二极管 D_1 的正极与运算放大器 U_2 的第6脚相连,所述运算放大器 U_2 的第6脚与电容 C_2 的一端相连,所述电容 C_2 的另一端与运算放大器 U_2 的第2脚相连,所述运算放大器 U_2 的第2脚与电阻 R_3 的一端相连,所述电阻 R_3 的另一端与控制端 U_c 相连,所述运算放大器 U_2 的第3脚与运算放大器 U_3 的第6脚相连,所述运算放大器 U_3 的第6脚与电阻 R_{10} 的一端相连,所述电阻 R_{10} 的另一端与运算放大器 U_3 的第2脚相连,所述运算放大器 U_3 的第7脚与电源VSS相连,所述运算放大器 U_3 的第4脚与电源VEE相连,所述运算放大器 U_3 的第3脚与电阻 R_9 的一端相连,所述电阻 R_9 的另一端接地,所述运算放大器 U_3 的第3脚与电阻 R_7 的一端相连,所述电阻 R_7 的另一端与电压控制放大器 U_1 的第5脚相连,所述运算放大器 U_3 的第2脚与电阻 R_8 的一端相连,所述电阻 R_8 的另一端与输出端 i_{out} 相连,所述电阻 R_5 的一端与电压控制放大器 U_1 的第5脚相连,所述电阻 R_5 的另一端与输出端 i_{out} 相连。

2. 根据权利要求1所述的自动跨导控制放大电路,其特征在于,所述运算放大器 U_2 的型号为OPA620。

3. 根据权利要求1所述的自动跨导控制放大电路,其特征在于,所述运算放大器 U_3 的型号为OP37。

4. 根据权利要求1所述的自动跨导控制放大电路,其特征在于,所述电源VSS为正负5V双电源的+5V端。

5. 根据权利要求1所述的自动跨导控制放大电路,其特征在于,所述电源VEE为正负5V双电源的-5V端。

6. 根据权利要求1所述的自动跨导控制放大电路,其特征在于,所述输入端 u_{in} 输入正弦交流电压信号。

7. 根据权利要求1所述的自动跨导控制放大电路,其特征在于,所述控制端 U_c 输入直流电压信号。

自动跨导控制放大电路

技术领域

[0001] 本发明涉及跨导控制放大电路设计领域,具体涉及一种自动跨导控制放大电路。

背景技术

[0002] 跨导运算放大器(OTA)是一种电压输入、电流输出的电子放大器,其输出与输入的比值称为跨导值。跨导运算放大器不仅可以在多种线性和非线性模拟电路及系统中进行信号运算和处理,而且可在电压信号变量和电流模式信号处理系统之间作为接口电路,将待处理的电压信号变换为电流信号,再送入电流模式系统进行处理。跨导运算放大器具有电路结构简单、高频特性好和便于集成等优点,已在模拟集成电路领域得到了广泛的应用,成为微电子领域的研究热点之一。理想跨导运算放大器的输入电阻和输出电阻均为无穷大,在市场上已有很多跨导运算放大器芯片。

[0003] 跨导运算放大器通常会有一个额外的电流输入端,用以控制放大器的跨导。电流输入端的电流值固定时,跨导值固定;跨导运算放大器的输出电流会随着输入电压的变化而变化,无法实现自动控制跨导值的功能,也无法实现输出电流恒定。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是提供一种自动跨导控制放大电路,解决现有跨导控制放大电路无法实现自动控制跨导值的功能。

[0005] 本发明解决上述技术问题的技术方案如下:一种自动跨导控制放大电路,包括输入端 u_{in} 、控制端 U_c 、输出端 i_{out} 、电压控制放大器 U_1 、运算放大器 U_2 、运算放大器 U_3 、电容 C_1 、电容 C_2 、电阻 R_1 、电阻 R_2 、电阻 R_3 、电阻 R_4 、电阻 R_5 、电阻 R_7 、电阻 R_8 、电阻 R_9 、电阻 R_{10} 和二极管 D_1 ,所述电压控制放大器 U_1 的型号VCA610,所述电压控制放大器 U_1 的第1脚与输入端 u_{in} 相连,所述电压控制放大器 U_1 的第8脚接地,所述电压控制放大器 U_1 的第2脚接地,所述电压控制放大器 U_1 的第6脚与电源VSS相连,所述电压控制放大器 U_1 的第7脚与电源VEE相连,所述电压控制放大器 U_1 的第3脚与电阻 R_1 的一端相连,所述电压控制放大器 U_1 的第3脚与电阻 R_2 的一端相连,所述电压控制放大器 U_1 的第3脚与电容 C_1 的正极端相连,所述电压控制放大器 U_1 的第3脚与电阻 R_4 的一端相连,所述电阻 R_1 的另一端与电源VEE相连,所述电阻 R_2 的另一端接地,所述电容 C_1 的负极端接地,所述电阻 R_4 的另一端与二极管 D_1 的负极相连,所述二极管 D_1 的正极与运算放大器 U_2 的第6脚相连,所述运算放大器 U_2 的第6脚与电容 C_2 的一端相连,所述电容 C_2 的另一端与运算放大器 U_2 的第2脚相连,所述运算放大器 U_2 的第2脚与电阻 R_3 的一端相连,所述电阻 R_3 的另一端与控制端 U_c 相连,所述运算放大器 U_2 的第3脚与运算放大器 U_3 的第6引脚相连,所述运算放大器 U_3 的第6引脚与电阻 R_{10} 的一端相连,所述电阻 R_{10} 的另一端与运算放大器 U_3 的第2脚相连,所述运算放大器 U_3 的第7脚与电源VSS相连,所述运算放大器 U_3 的第4脚与电源VEE相连,所述运算放大器 U_3 的第3脚与电阻 R_9 的一端相连,所述电阻 R_9 的另一端接地,所述运算放大器 U_3 的第3脚与电阻 R_7 的一端相连,所述电阻 R_7 的另一端与电压控制放大器 U_1 的第5脚相连,所述运算放大器 U_3 的第2脚与电阻 R_8 的一端相连,所述电阻 R_8 的另一端与输出端

i_{out} 相连,所述电阻 R_5 的一端与电压控制放大器 U_1 的第5脚相连,所述电阻 R_5 的另一端与输出端 i_{out} 相连。

[0006] 在上述技术方案的基础上,本发明还可以做如下改进。

[0007] 进一步,所述运算放大器 U_2 的型号为OPA620,采用本步的有益效果是,OPA620为宽带精密运算放大器,可以使控制环路控制更精准,稳定速度更快。

[0008] 进一步,所述运算放大器 U_3 的型号为OP37,采用本步的有益效果是,可使电路的工作带宽较宽。

[0009] 进一步,所述电源VSS为正负5V双电源的+5V端。

[0010] 进一步,所述电源VEE为正负5V双电源的-5V端。

[0011] 进一步,所述输入端 u_{in} 输入正弦交流电压信号。

[0012] 进一步,所述控制端 U_c 输入直流电压信号。

[0013] 本发明的有益效果是:在本发明中,该自动跨导控制放大电路具有自动控制跨导值的功能,输入为交流电压信号,输出为交流电流信号,电流信号的峰值受到直流控制电压的控制;当直流控制电压稳定时,输出的电流值稳定,且不随输入交流电压信号的幅度变化而变化,可用于交流恒流源等电路的设计。

附图说明

[0014] 图1为本发明的原理图

[0015] 图2为本发明实施例中输入峰值为0.5V的正弦交流电压信号时的输入电压 u_{in} 波形和输出电流 i_{out} 波形

[0016] 图3为本发明实施例中输入峰值为1V的正弦交流电压信号时的输入电压 u_{in} 波形和输出电流 i_{out} 波形

[0017] 图4为本发明实施例中输入峰值为1.5V的正弦交流电压信号时的输入电压 u_{in} 波形和输出电流 i_{out} 波形

具体实施方式

[0018] 以下结合附图对本发明的原理和特征进行描述,所举实例只用于解释本发明,并非用于限定本发明的范围。

[0019] 如图1所示,一种自动跨导控制放大电路,包括输入端 u_{in} 、控制端 U_c 、输出端 i_{out} 、电压控制放大器 U_1 、运算放大器 U_2 、运算放大器 U_3 、电容 C_1 、电容 C_2 、电阻 R_1 、电阻 R_2 、电阻 R_3 、电阻 R_4 、电阻 R_5 、电阻 R_7 、电阻 R_8 、电阻 R_9 、电阻 R_{10} 和二极管 D_1 ,电压控制放大器 U_1 的型号VCA610,电压控制放大器 U_1 的第1脚与输入端 u_{in} 相连,电压控制放大器 U_1 的第8脚接地,电压控制放大器 U_1 的第2脚接地,电压控制放大器 U_1 的第6脚与电源VSS相连,电压控制放大器 U_1 的第7脚与电源VEE相连,电压控制放大器 U_1 的第3脚与电阻 R_1 的一端相连,电压控制放大器 U_1 的第3脚与电阻 R_2 的一端相连,电压控制放大器 U_1 的第3脚与电容 C_1 的正极端相连,电压控制放大器 U_1 的第3脚与电阻 R_4 的一端相连,电阻 R_1 的另一端与电源VEE相连,电阻 R_2 的另一端接地,电容 C_1 的负极端接地,电阻 R_4 的另一端与二极管 D_1 的负极相连,二极管 D_1 的正极与运算放大器 U_2 的第6脚相连,运算放大器 U_2 的第6脚与电容 C_2 的一端相连,电容 C_2 的另一端与运算放大器 U_2 的第2脚相连,运算放大器 U_2 的第2脚与电阻 R_3 的一端相连,电阻 R_3 的另一端与控制端 U_c 相

连,运算放大器 U_2 的第3脚与运算放大器 U_3 的第6脚相连,运算放大器 U_3 的第6脚与电阻 R_{10} 的一端相连,电阻 R_{10} 的另一端与运算放大器 U_3 的第2脚相连,运算放大器 U_3 的第7脚与电源VSS相连,运算放大器 U_3 的第4脚与电源VEE相连,运算放大器 U_3 的第3脚与电阻 R_9 的一端相连,电阻 R_9 的另一端接地,运算放大器 U_3 的第3脚与电阻 R_7 的一端相连,电阻 R_7 的另一端与电压控制放大器 U_1 的第5脚相连,运算放大器 U_3 的第2脚与电阻 R_8 的一端相连,电阻 R_8 的另一端与输出端 i_{out} 相连,电阻 R_5 的一端与电压控制放大器 U_1 的第5脚相连,电阻 R_5 的另一端与输出端 i_{out} 相连。

[0020] 在本发明实施例中,运算放大器 U_2 的型号为OPA620。

[0021] 在本发明实施例中,运算放大器 U_3 的型号为OP37。

[0022] 在本发明实施例中,电源VSS为正负5V双电源的+5V端。

[0023] 在本发明实施例中,电源VEE为正负5V双电源的-5V端。

[0024] 在本发明实施例中,输入端 u_{in} 输入正弦交流电压信号。

[0025] 在本发明实施例中,控制端 U_c 输入直流电压信号。

[0026] 本发明的工作原理为:

[0027] 图1所示电路中的电压控制放大器 U_1 为VCA610,其电压放大倍数受到其第3脚的输入电压值的控制,运算放大器 U_2 起到电压比较作用。电容 C_1 为充放电电容, R_4 是 C_1 的充电限流电阻。电阻 R_1 和 R_2 不仅为电压控制放大器VCA610的第3脚提供静态工作电压,还是电容 C_1 的放电电阻。型号为1N3208的二极管 D_1 实现检波作用。电容 C_2 补偿环路相位,容量较小。电阻 R_5 为采样电阻,将输出电流信号 i_{out} 线性地转化为电压信号。运算放大器 U_3 和电阻 R_7 、 R_8 、 R_9 、 R_{10} 共同构成差分放大电路,且 $R_7=R_8$, $R_9=R_{10}$ 。

[0028] 静态工作时,电源VEE的-5V电压通过电阻 R_1 和 R_2 给充放电电容 C_1 提供-2.5V的静态工作电压,使VCA610以最大的放大倍数对输入到 u_{in} 的交流电压信号进行放大。

[0029] 电压控制放大器 U_1 的输出电流信号 i_{out} 经电阻 R_5 采样得到电压信号,经运算放大器 U_3 差分放大得到交流电压信号 u_f 。当 u_f 的正峰值大于控制端 U_c 的直流电压值时,运算放大器 U_2 输出高电平,使二极管 D_1 导通,运算放大器 U_2 通过充电限流电阻 R_4 给电容 C_1 充电,使 C_1 电位升高,控制VCA610的放大倍数减小,直至VCA610输出电流信号 i_{out} 对应的电压信号 u_f 的正峰值等于控制端 U_c 的直流电压值。

[0030] 令电容 C_1 容量为100nF的双极性电容,电容 C_2 容量为50pF的单极性电容,电阻 R_1 、电阻 R_2 、电阻 R_9 和电阻 R_{10} 的阻值均为50k Ω ,电阻 R_3 的阻值为100 Ω ,电阻 R_4 、电阻 R_7 和电阻 R_8 的阻值均为1k Ω ,电阻 R_5 的阻值为1 Ω ,二极管 D_1 的型号为1N3208。

[0031] 当输入信号 u_{in} 为正弦交流电压信号时,若输入信号

$$[0032] \quad u_{in} = a \sin(\omega t + \varphi), \quad (1)$$

[0033] 且 a 为电压的峰值, ω 为信号角频率, φ 为初始相位;则输出电流信号 i_{out} 可表示为:

$$[0034] \quad i_{out} = b \sin(\omega t + \varphi), \quad (2)$$

[0035] 式中, b 为电流信号的峰值。输出电流信号 i_{out} 经采样和差分放大后,运算放大器 U_3 的输出电压

$$[0036] \quad u_f = \frac{bR_sR_{10}}{R_8} \sin(\omega t + \varphi)。 \quad (3)$$

[0037] 自动跨导控制放大电路稳定工作时,运算放大器 U_2 反向输入端直流电压和同相输入端交流电压峰值相等,即

$$[0038] \quad U_c = \frac{bR_sR_{10}}{R_8}, \quad (4)$$

[0039] 整理得到:

$$[0040] \quad b = \frac{R_8U_c}{R_sR_{10}}, \quad (5)$$

[0041] 由此可知,自动跨导控制放大电路输出电流信号 i_{out} 的峰值 b 受到控制端 U_c 的直流电压值的控制;控制电压 U_c 固定时,输出电流信号 i_{out} 的峰值保持稳定,基本不受输入电压 u_{in} 幅度的影响;这是由自动跨导控制放大电路的跨导值

$$[0042] \quad g_m = \frac{i_{out}}{u_{in}} = \frac{b}{a} \quad (6)$$

[0043] 自动变化来实现的。

[0044] 依据图1在Multisim 13中构建仿真电路,输出端 i_{out} 连接 50Ω 的负载电阻,由式(5)可知,若控制端的直流电压 $U_c=0.5V$ 时,工作稳定后,自动跨导控制放大电路输出电流信号 i_{out} 的理论峰值应为 $10mA$ 。图2为输入信号 u_{in} 频率为 $10kHz$,峰值为 $0.5V$ 的正弦交流电压信号时,自动跨导控制放大电路的输入电压 u_{in} (Channel A)与输出电流 i_{out} (Channel B)的波形。图3为改变输入信号峰值为 $1V$ 时,自动跨导控制放大电路的输入电压 u_{in} 与输出电流 i_{out} 的波形。图4为改变输入信号峰值为 $1.5V$ 时,自动跨导控制放大电路的输入电压 u_{in} 与输出电流 i_{out} 的波形。从图2、图3和图4可知,自动跨导控制放大电路实现了跨导值 g_m 的自动改变,输入电压幅度变化时,输出电流信号 i_{out} 的峰值最终都会稳定为 $10mA$,符合预期目标。

[0045] 以上所述仅为本发明的较佳实施例,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

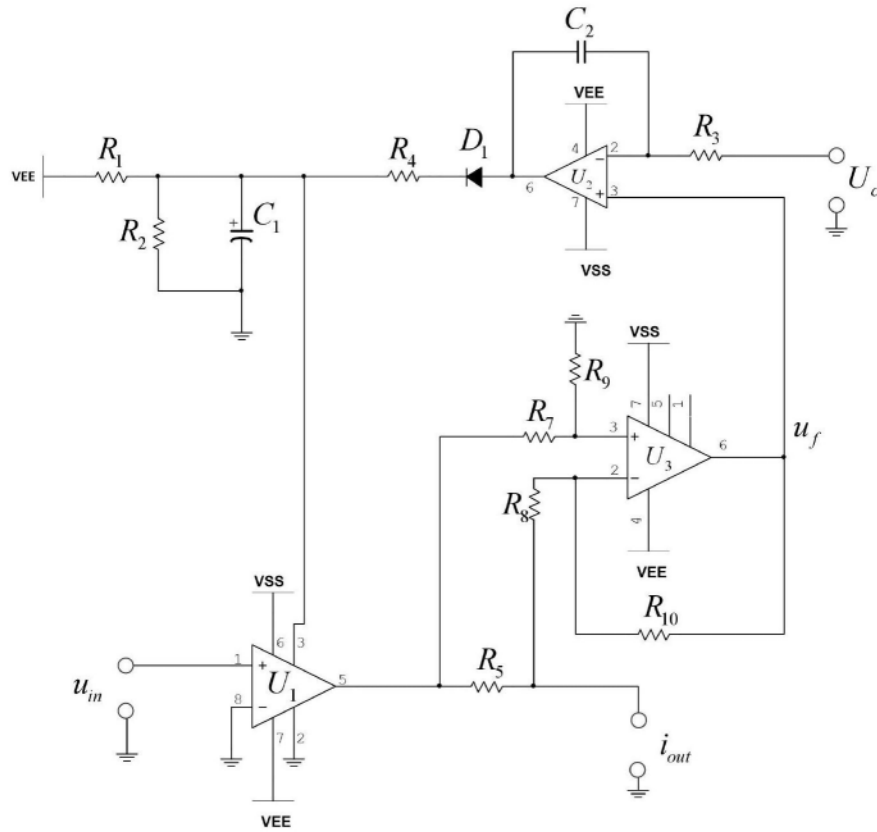


图1

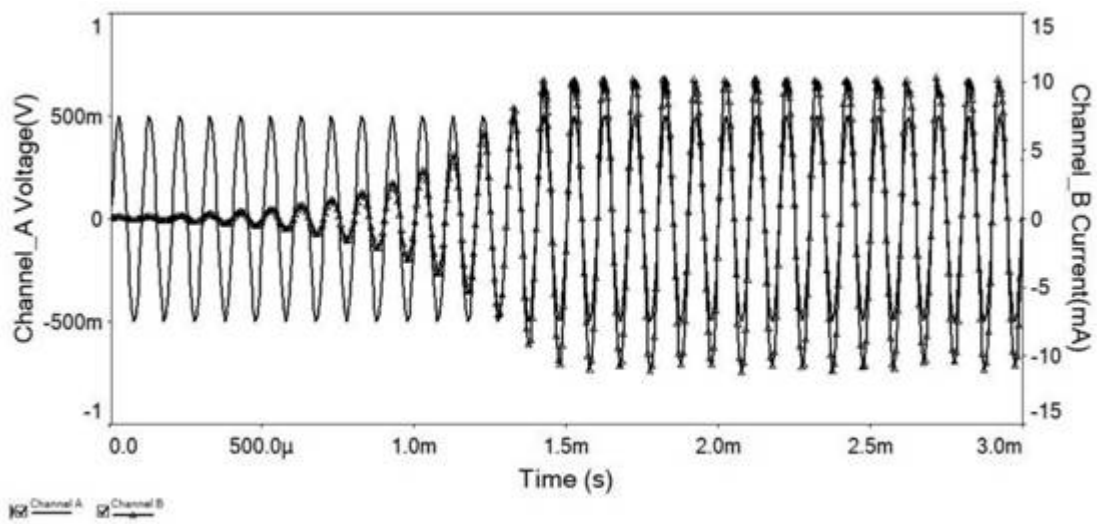


图2

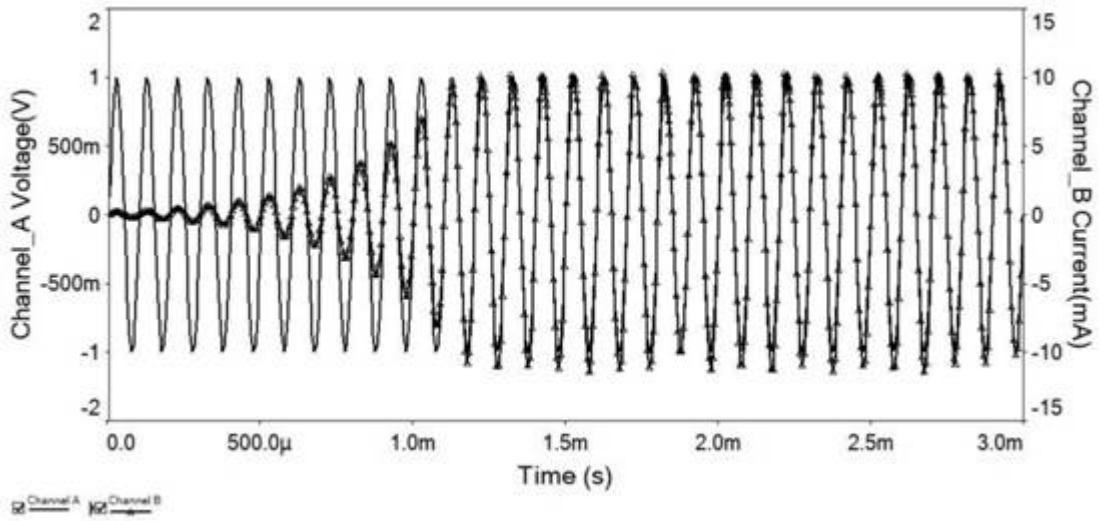


图3

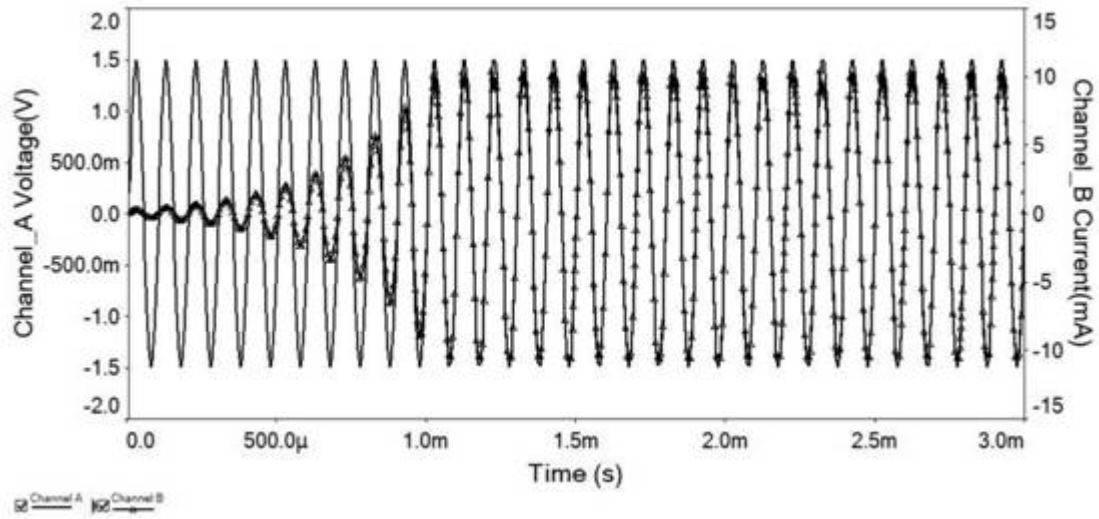


图4