



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 106486776 B

(45) 授权公告日 2023.04.28

(21) 申请号 201610909482.1

H01Q 7/08 (2006.01)

(22) 申请日 2016.10.19

H01Q 23/00 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106486776 A

(56) 对比文件

CN 103703613 A, 2014.04.02

US 6014111 A, 2000.01.11

(43) 申请公布日 2017.03.08

崔国恒; 许江宁; 曹可劲; 朱银兵. 基于罗兰C磁天线的高精度数字移相算法研究. 计算机工程与设计. 2011, (第04期), 全文.

(73) 专利权人 赵嵩郢

地址 430000 湖北省武汉市硚口区解放大道717号海军工程大学

审查员 张彦钰

(72) 发明人 赵嵩郢 崔国恒 李京书 解璟昊 吴英楠

(74) 专利代理机构 济南泉城专利商标事务所

37218

专利代理师 张贵宾

(51) Int. Cl.

H01Q 7/06 (2006.01)

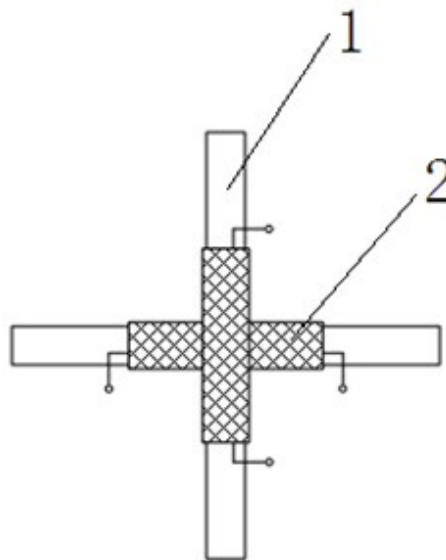
权利要求书2页 说明书4页 附图4页

(54) 发明名称

一种高灵敏长波全向磁天线

(57) 摘要

本发明涉及一种天线,特别涉及一种高灵敏长波全向磁天线。该高灵敏长波全向磁天线,包括天线体和信号处理系统;所述天线体包括单棒磁天线,该单棒磁天线由磁棒及绕在其上的线圈所组成;所述若干个单棒磁天线彼此之间组合连接。本发明设计的高灵敏长波全向磁天线具有灵敏度高,接收信号信噪比高的特点,可以扩大长波系统的工作范围,提高系统的使用精度。长波全向磁天线体积小,接地要求低,安装固定方便,易于实现同GPS等卫星导航系统天线进行组合收信。长波全向磁天线抗静电沉积效应强,在雷、雨、雾、雪等恶劣天气条件下具有稳定的接收性能,具有更强的环境适应能力,且成本较低,维修保养方便。



1. 一种高灵敏长波全向磁天线,其特征在于:包括天线体和信号处理系统;所述天线体包括单棒磁天线,该单棒磁天线由磁棒及绕在其上的线圈所组成;若干个单棒磁天线彼此之间组合连接;线圈的导线规格选择多股铜芯导线,股数不少于5股,每股线径小于0.1mm,每股之间相互绝缘;线圈绕制方式采用分段分层密绕方式,线圈绕制在磁芯材料的正中间,线圈总匝数为300-450匝;信号处理系统包括模拟电路部分和数字电路部分;所述模拟电路部分包括模拟电源单元、前端谐振单元、电压跟随单元、低噪声放大单元、带通滤波单元组成,其中前端谐振单元、电压跟随单元、低噪声放大单元、带通滤波单元依次连接成顺序电路,模拟电源单元的输出端分别与电压跟随单元、低噪声放大单元、带通滤波单元电源输入端相连;所述数字电路部分包括数字电源单元、自动增益放大单元、信号采集单元、CPLD处理单元、数模转换单元组成数字电源单元的输出端分别与自动增益放大单元、信号采集单元、CPLD单元处理单元和数模转换单元的电源输入端相连;模拟电路部分的数量根据组合环路设计中磁棒数量确定,每根磁棒感应的信号都经过模拟电路部分进行调理和整形,提高信号质量;自动增益放大单元和信号采集单元的数量应根据组合环路设计中磁棒数量确定;自动增益放大单元功能是根据输入信号的电平幅度,控制放大器的放大倍数,确保信号电平处于采样电平范围内;信号采集单元在CPLD处理单元的控制下,对每路信号分别进行同时采集,并将采集后的数字信号输出给CPLD处理单元;CPLD处理单元完成每路输入信号同时采集的控制、对多路输入信号进行数字滤波和信号合成功能;合成后的数字信号经数模转换单元变成模拟信号输出给接收机使用;

非谐振条件下两端之间出现的电压,可以由下列关系式给出:

$$e = -n \frac{d\Phi}{dt} \quad (1)$$

式中, n 为线圈的匝数; Φ 为穿过环形天线的磁通量; e 为感应电动势;
穿过环形天线的总磁通量为:

$$\Phi = BA \cos \theta \quad (2)$$

式中, B 为磁通量密度; A 为环形天线有效面积; θ 为磁通线与环形天线轴之间的夹角;

当环形天线置于有电磁波经过的地方、且磁通量密度为正弦形变化时,载波所感应的电压可由下式给出:

$$V = 2 \pi f B A n \cos \theta \quad (3)$$

式中, V 为感应电压; f 为载波频率; n 为匝数; B 为磁通量密度,这里,磁通量密度可表示为:

$$B = \mu H \quad (4)$$

式中, μ 为介质的导磁率,在自由空间中 $\mu_0 = 4 \pi \times 10^{-7}$ 亨利/米; H 为磁场强度;

对于自由空间或任何 $\mu = \mu_0$ 的介质,则可以写为:

$$V = 8 \pi^2 10^{-7} f H A n \cos \theta \quad (5)$$

对于一个空心环形天线来说,天线的有效面积 A 实际上是线圈本身包围的实际面积;对于含有磁芯的环形天线,式(5)中利用的有效面积可以由下式给出:

$$A = A_{\text{实际}} \mu' \quad (6)$$

式中, $A_{\text{实际}}$ 为线圈所包围的面积, μ' 为相对磁导率, 即 $\mu' = \mu / \mu_0$;

磁天线线圈感应的电压可由下式给出:

$$V = 8 \pi^2 10^{-7} \mu' f H A n \cos \theta \quad (7)$$

2. 根据权利要求1所述的高灵敏长波全向磁天线, 其特征在于: 所述单棒磁天线组合连接方式包括两根单棒磁天线垂直交叉连接。

3. 根据权利要求1所述的高灵敏长波全向磁天线, 其特征在于: 所述单棒磁天线组合连接方式包括四根单棒磁天线首尾相连。

4. 根据权利要求1所述的高灵敏长波全向磁天线, 其特征在于: 所述磁棒选择相对磁导率大于2000的磁芯材料, 磁棒长度为15-20cm, 直径1-2cm。

一种高灵敏长波全向磁天线

[0001] (一) 技术领域

[0002] 本发明涉及一种天线,特别涉及一种高灵敏长波全向磁天线。

[0003] (二) 背景技术

[0004] 长波信号在空气和海水中的传播具有衰减率低、传播距离远、入水深度大等其它通信及导航频段无可比拟的优势,是目前对水下航行器通信及导航最隐蔽的手段之一,利用长波信号通信和导航对解决水下航行器和水下作业平台的隐蔽通信、实现不间断导航具有重大意义。目前,利用长波信号进行通信及导航都是使用电天线,如采用电极对拖曳天线接收甚低频信号进行水下通信,利用鞭状天线接收罗兰C信号进行导航等,这种传统的通信及导航方式具有一定的局限性,首先,采用电极对拖曳天线进行水下通信时,海水中的电波是水平极化波,在天线拖曳方向具有最强感应信号的能力,在垂直天线方向接收信号能力为零,不能保证水下航行器或作业平台在任意方向上接收信号,要求收信时水下航行器必须航行在信号的来波方向,这就极大地限制了水下航行器的机动性;其次,水下接收罗兰C信号进行导航时,由于海水中的电波是水平极化波,信号幅度衰减较大,难以采用鞭状电天线进行导航,拖曳天线虽可以在水下接收罗兰C信号,但由于天线接收信号的方向性,难以同时接收一个台链的信号,这就限制了水下导航技术的发展;第三,鞭状电天线体积大,不便于安装,接地要求高,难以同其它天线组合收信;第四,鞭状天线在空气中接收罗兰C信号时,易受静电沉积效应影响,接收信号信噪比会下降,这就降低了罗兰C系统的定位精度和使用范围。

[0005] (三) 发明内容

[0006] 本发明为了弥补现有技术的不足,提供了一种高灵敏长波全向磁天线。

[0007] 本发明是通过如下技术方案实现的:

[0008] 一种高灵敏长波全向磁天线,其特征在于:包括天线体和信号处理系统;所述天线体包括单棒磁天线,该单棒磁天线由磁棒及绕在其上的线圈所组成;所述若干个单棒磁天线彼此之间组合连接。

[0009] 所述单棒磁天线组合连接方式包括两根单棒磁天线垂直交叉连接。

[0010] 所述单棒磁天线组合连接方式包括四根单棒磁天线首尾相连。

[0011] 所述磁棒选择相对磁导率大于2000的磁芯材料,磁棒长度为15-20cm,直径1-2cm。

[0012] 所述线圈的导线规格选择多股铜芯导线,股数不少于5股,每股线径小于0.1mm,每股之间相互绝缘;线圈绕制方式采用分段分层密绕方式,线圈绕制在磁芯材料的正中间,长度约为磁芯材料长度的50%,线圈总匝数为300-450匝。

[0013] 所述信号处理系统包括模拟电路部分和数字电路部分;所述模拟电路部分包括模拟电源单元、前端谐振单元、电压跟随单元、低噪声放大单元、带通滤波单元组成,其中前端谐振单元、电压跟随单元、低噪声放大单元、带通滤波单元依次连接成顺序电路,模拟电源单元的输出端分别与电压跟随单元、低噪声放大单元、带通滤波单元电源输入端相连;所述数字电路部分包括数字电源单元、自动增益放大单元、信号采集单元、CPLD处理单元、数模转换单元组成数字电源单元的输出端分别与自动增益放大单元、信号采集单元、CPLD单元

处理单元和数模转换单元的电源输入端相连。

[0014] 本发明具有如下优点：

[0015] 1、本发明设计的高灵敏长波全向磁天线具有灵敏度高，接收信号信噪比高的特点，可以扩大长波系统的工作范围，提高系统的使用精度。

[0016] 2、长波全向磁天线体积小，接地要求低，安装固定方便，易于实现同GPS等卫星导航系统天线进行组合收信。

[0017] 3、长波全向磁天线抗静电沉积效应强，在雷、雨、雾、雪等恶劣天气条件下具有稳定的接收性能，具有更强的环境适应能力。

[0018] 4、长波全向磁天线接收到的信号电平及信噪高于电天线，尤其在信号较弱时，具有较好的接收效果。

[0019] 5、长波全向磁天线电路采用模块化设计，成本较低，维修保养方便。

[0020] (四) 附图说明

[0021] 下面结合附图对本发明作进一步的说明。

[0022] 图1为本发明的天线体一种情况结构示意图；

[0023] 图2为本发明的天线体另一种情况结构示意图；

[0024] 图3为本发明的信号处理系统示意图；

[0025] 图4是罗兰C标准脉冲波形图；

[0026] 图5是罗兰C信号格式示意图；

[0027] 图6是自动增益放大电路结构图；

[0028] 图7是两路信号采集波形图；

[0029] 图8是合成信号波形图；

[0030] 图中，1磁棒，2线圈，3模拟电源单元，4前端谐振单元，5电压跟随单元，6低噪声放大单元，7带通滤波单元，8数字电源单元，9自动增益放大单元，10信号采集单元，11 CPLD处理单元，12数模转换单元。

[0031] (五) 具体实施方式

[0032] 实施例1

[0033] 附图为本发明的一种具体实施例。该实施例包括天线体和信号处理系统；所述天线体包括单棒磁天线，该单棒磁天线由磁棒1及绕在其上的线圈2所组成；所述若干个单棒磁天线彼此之间组合连接；

[0034] 所述单棒磁天线组合连接方式包括2种方式，一种方式为两根单棒磁天线垂直交叉连接，另一种方式为四根单棒磁天线首尾相连；

[0035] 所述磁棒1选择相对磁导率大于2000的磁芯材料，磁棒1长度为15-20cm，直径1-2cm；

[0036] 所述线圈2的导线规格选择多股铜芯导线，股数不少于5股，每股线径小于0.1mm，每股之间相互绝缘；线圈2绕制方式采用分段分层密绕方式，线圈2绕制在磁芯材料的正中间，长度约为磁芯材料长度的50%，线圈2总匝数为300-450匝；

[0037] 所述信号处理系统包括模拟电路部分和数字电路部分；所述模拟电路部分包括模拟电源单元3、前端谐振单元4、电压跟随单元5、低噪声放大单元6、带通滤波单元7组成，其中前端谐振单元4、电压跟随单元5、低噪声放大单元6、带通滤波单元7依次连接成顺序电

路,模拟电源单元3的输出端分别与电压跟随单元5、低噪声放大单元6、带通滤波单元7电源输入端相连;所述数字电路部分包括数字电源单元8、自动增益放大单元9、信号采集单元10、CPLD处理单元11、数模转换单元12组成数字电源单元8的输出端分别与自动增益放大单元9、信号采集单元10、CPLD单元处理单元和数模转换单元12的电源输入端相连。

[0038] 实施例2

[0039] 磁天线的本质是一种含铁氧体的多圈小环天线,主要用来接收电磁波信号中的磁场分量信号。磁天线主要由铁氧体磁棒和绕在磁棒上的线圈组成,磁棒由软磁铁氧体磁性材料制成,其特点是既易被磁化,又易退磁,有较高的导磁率。对于均匀磁场来说,磁棒内部所产生的磁阻远较空气小,所以将有大部分磁力线集中到磁棒内,因此,磁天线对电磁波的吸收能力很强,磁力线通过它就像很多棉纱线被一个铁箍束得很紧,在线圈绕组内能够感应出比较高的电压,所以磁天线兼有放大信号的作用;

[0040] 环形天线按尺寸大小可分为小环天线与大环天线。若圆环的半径 r 很小,其周长 $C=2\pi r \ll 0.2\lambda$,则称为小环天线。小环天线上沿线电流的振幅和相位变化不大,近似均匀分布。对于长波信号来说,波长远大于磁天线单个线圈的周长,因此,长波磁天线是一种典型的小环天线;

[0041] 众所周知,小环天线上感应的电压,亦即非谐振条件下两端之间出现的电压,可以由下列关系式给出:

$$[0042] \quad e = -n \frac{d\Phi}{dt} \quad (1)$$

[0043] 式中, n 为线圈的匝数; Φ 为穿过环形天线的磁通量(韦伯); e 为感应电动势(伏);

[0044] 穿过环形天线的总磁通量为:

$$[0045] \quad \Phi = BA \cos \theta \quad (2)$$

[0046] 式中, B 为磁通量密度(韦伯/米²); A 为环形天线有效面积(米²); θ 为磁通线与环形天线轴之间的夹角;

[0047] 当环形天线置于有电磁波经过的地方、且磁通量密度为正弦形变化时,载波所感应的电压可由下式给出:

$$[0048] \quad V = 2\pi f B A n \cos \theta \quad (3)$$

[0049] 式中, V 为感应电压(伏); f 为载波频率(赫兹); n 为匝数; B 为磁通量密度(韦伯/米²),这里,磁通量密度可表示为:

$$[0050] \quad B = \mu H \quad (4)$$

[0051] 式中, μ 为介质的导磁率(在自由空间中 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ 亨利/米); H 为磁场强度(安培/米)。对于自由空间或任何 $\mu = \mu_0$ 的介质,则可以写为:

$$[0052] \quad V = 8\pi^2 10^{-7} f H A n \cos \theta \quad (5)$$

[0053] 对于一个空心环形天线来说,天线的有效面积 A 实际上是线圈本身包围的实际面积;对于含有磁芯的环形天线,式(5)中利用的有效面积可以由下式给出:

$$[0054] \quad A = A_{\text{实际}} \mu' \quad (6)$$

[0055] 式中, $A_{\text{实际}}$ 为线圈所包围的面积(米²), μ' 为相对磁导率, 即 $\mu' = \mu / \mu_0$ 。

[0056] 综上所述, 磁天线线圈感应的电压可由下式给出:

$$[0057] \quad V = 8 \pi^2 10^{-7} \mu' f H a n \cos \theta \quad (7)$$

[0058] 由此可见, 磁天线接收信号的能力与磁芯材料的相对磁导率、线圈的匝数和线圈的截面积相关。采用高相对磁导率的磁性材料, 可以增加磁天线的磁场强度, 使得磁天线聚集磁力线的能力更强; 线圈的匝数越多, 其接收能力越强, 线圈感应的总电压就越高; 发射台发射的电磁波的磁力线在天空中的分布是很密集的, 线圈的截面越大, 它所容纳的数目就越多, 线圈上感应的电压就越大, 灵敏度就高。然而, 受磁性材料的性能、磁棒强度和天线体积限制, 磁芯材料相对磁导率目前不可能太高, 线圈的匝数不可能太多, 线圈截面积也不可能太大, 磁天线的接收性能同电天线相比, 只能达到一个较好的水平。

[0059] 实施例3

[0060] 信号处理电路设计包括模拟电路部分和数字电路部分; 模拟电路部分主要由模拟电源单元3、前端谐振单元4、电压跟随单元5、低噪声放大单元6、带通滤波单元7组成, 其中前端谐振单元4、电压跟随单元5、低噪声放大单元6、带通滤波单元7依次连接成顺序电路, 模拟电源单元3的输出端分别与电压跟随单元5、低噪声放大单元6、带通滤波单元7电源输入端相连; 模拟电路部分的数量应根据组合环路设计中磁棒数量确定, 每根磁棒感应的信号都经过模拟电路部分进行调理和整形, 提高信号质量。数字电路部分主要由数字电源单元8、自动增益放大单元9、信号采集单元10、CPLD处理单元11、数模转换单元12组成, 其中自动增益放大单元9和信号采集单元10的数量应根据组合环路设计中磁棒数量确定; 自动增益放大单元9主要功能是根据输入信号的电平幅度, 控制放大器的放大倍数, 确保信号电平处于合适的采样电平范围内; 信号采集单元10在CPLD处理单元11的控制下, 对每路信号分别进行同时采集, 并将采集后的数字信号输出给CPLD处理单元11; 数字电源单元8的输出端分别与自动增益放大单元9、信号采集单元10、CPLD单元处理单元和数模转换单元12的电源输入端相连; CPLD处理单元11主要完成每路输入信号同时采集的控制、对多路输入信号进行数字滤波和信号合成等功能; 合成后的数字信号经数模转换单元12变成模拟信号输出给接收机使用。

[0061] 上面以举例方式对本发明进行了说明, 但本发明不限于上述具体实施例, 凡基于本发明所做的任何改动或变型均属于本发明要求保护的范围。

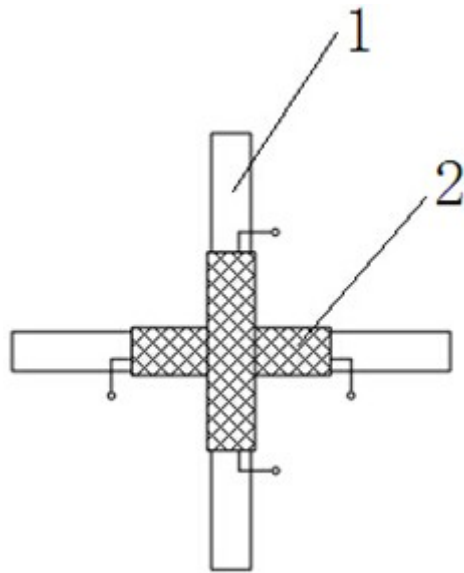


图1

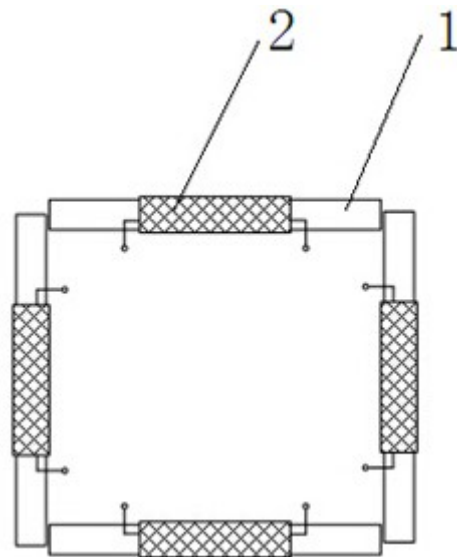


图2

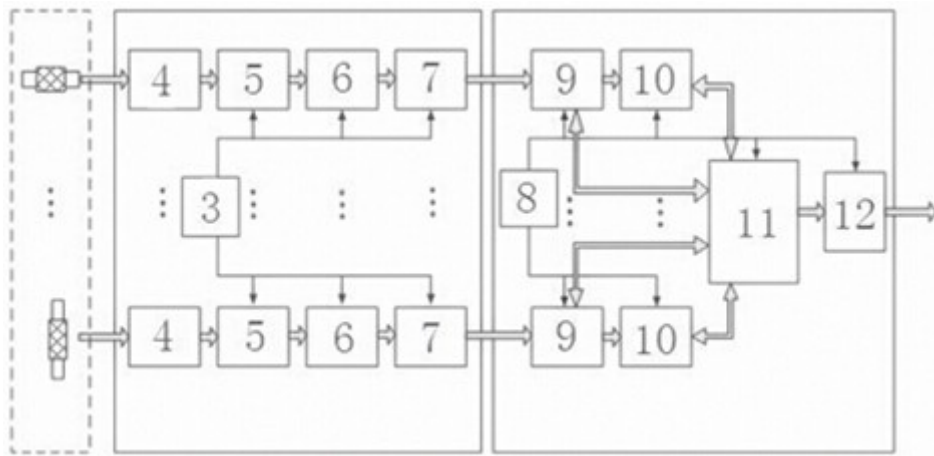


图3

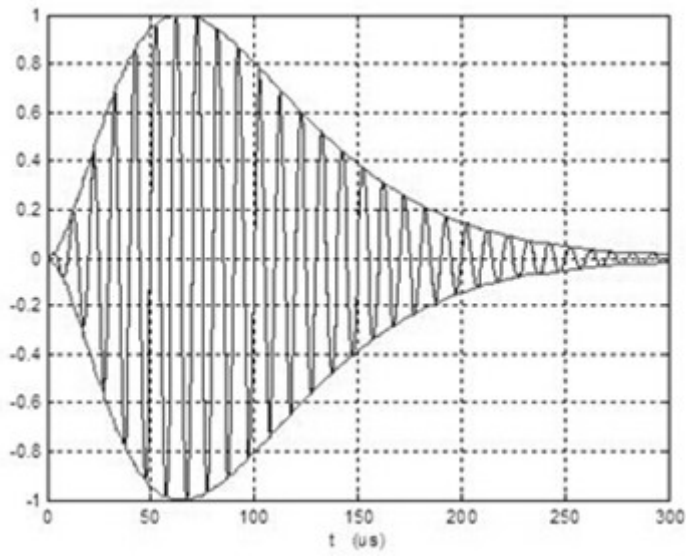


图4

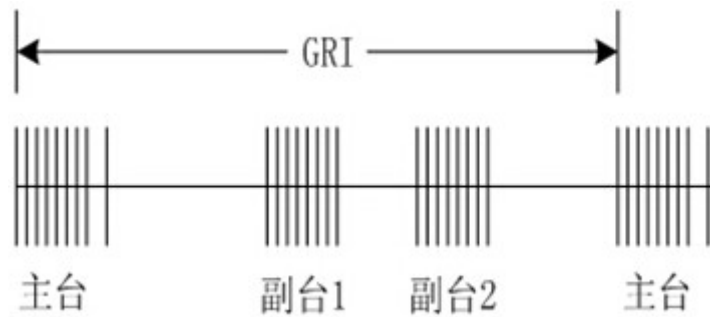


图5

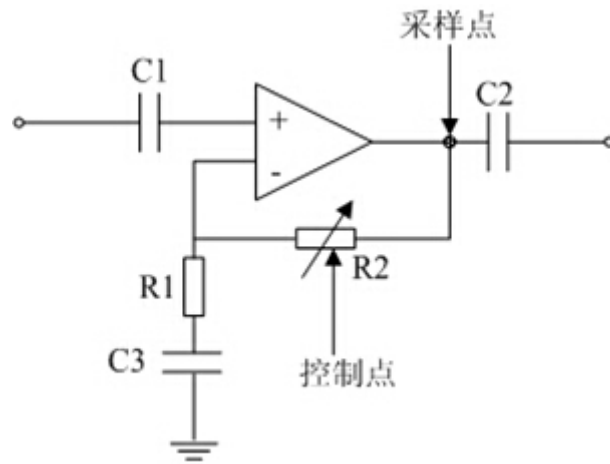


图6

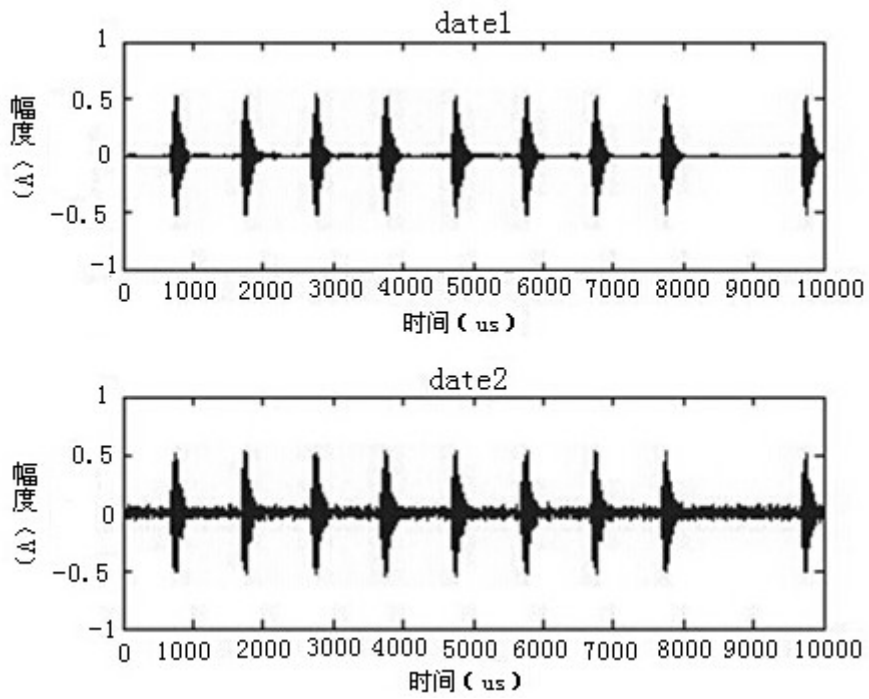


图7

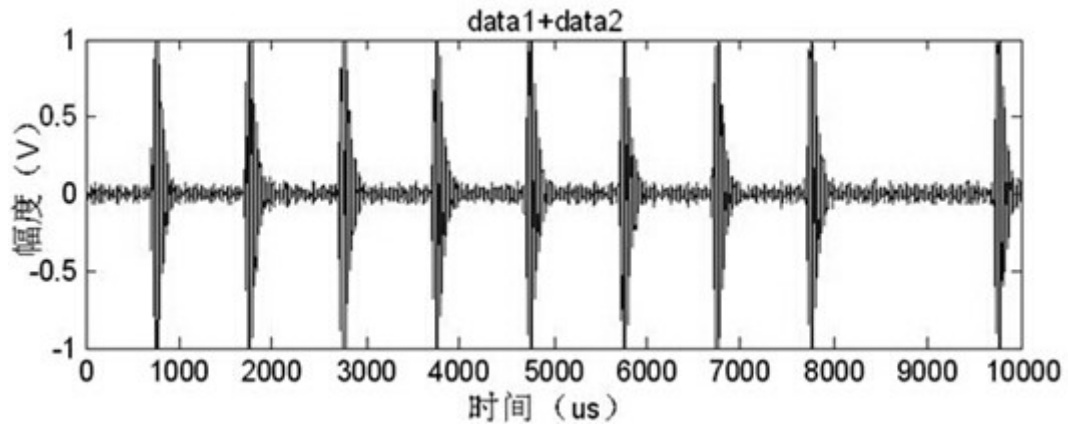


图8