



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106199116 B

(45)授权公告日 2018.10.16

(21)申请号 201610494442.5

G01R 35/00(2006.01)

(22)申请日 2016.06.28

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 106199116 A

CN 102360502 A, 2012.02.22,  
CN 102480292 A, 2012.05.30,  
CN 102164104 A, 2011.08.24,  
US 8723530 B2, 2014.05.13,

(43)申请公布日 2016.12.07

(73)专利权人 电子科技大学  
地址 611731 四川省成都市高新区(西区)  
西源大道2006号

审查员 徐泽昕

(72)发明人 杨扩军 蒋俊 赵佳 黄武煌  
叶芑 邱渡裕

(74)专利代理机构 成都行之专利代理事务所  
(普通合伙) 51220  
代理人 温利平 陈靓靓

(51) Int. Cl.

G01R 13/02(2006.01)

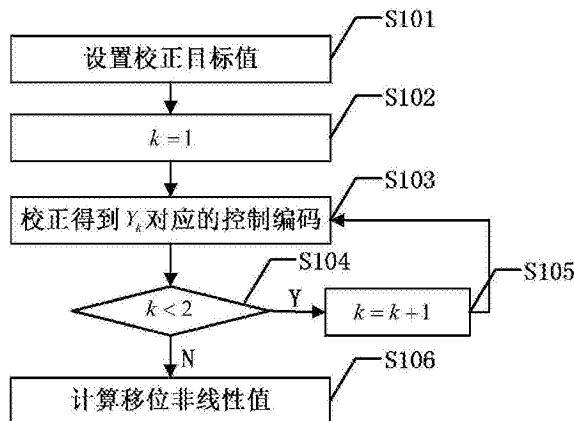
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种数字示波器的基线移位非线性自校正方法

(57)摘要

本发明公开了一种数字示波器的基线移位非线性自校正方法,设置基线向上位移和向下位移的校正目标值,根据每个校正目标值进行校正,获取对应的控制编码,校正方法为:从0开始调整DAC模块的控制编码,获取ADC模块的采集量化值的平均值 $y$ ,当 $y < Y_k$ 时,大幅度增加调节步进,当 $y$ 第一次超过校正目标值 $Y_k$ ,反向逐步缩小调节步进,如果调节到 $y < Y_k$ ,则再次反转调节方向,设置调节步进为1;在此调节过程中,如果 $y = Y_k$ 或者当步进为1且 $y$ 第二次超过校正目标值 $Y_k$ ,则记录当前控制编码作为校正目标值对应的控制编码;然后根据上下两个移位基线对应的校正目标值和控制编码,计算得到移位非线性值,完成基线移位非线性校正。采用本发明可以实现高效率、高精度的基线移位非线性校正。



1. 一种数字示波器的基线移位非线性自校正方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1: 设置基线向上位移的校正目标值 $Y_1$ 和向下位移的校正目标值 $Y_2$ ,  $E_0 < Y_1 < E_1$ ,  $E_2 < Y_2 < E_0$ ,  $E_1$ 和 $E_2$ 分别表示数字示波器波形显示区域的上、下边缘对应的采集量化值, $E_0$ 表示基线零电平对应的量化值;

S2: 令校正目标值序号 $k=1$ ;

S3: 根据校正目标值 $Y_k$ 进行校正,获取对应的控制编码,校正的具体步骤包括:

S3.1: 初始化示波器,设置基线居中,通道耦合方式为直流,关闭偏置电压;设置DAC模块的基线电平输入控制编码 $x$ 的初始值 $x=0$ ,控制编码的调节步进 $\Delta u$ 的初始值 $\Delta u=1$ ,校正标志 $Flag=0$ ;

S3.2: 如果 $Flag=1$ ,令调节步进 $\Delta u=1$ ,否则令调节步进 $\Delta u=K_1 \Delta u$ ,其中 $K_1$ 表示步进增大系数, $K_1 > 1$ ;

S3.3: 令控制编码 $x=x+\Delta u$ ,将控制编码输入DAC模块,获取由数字示波器的ADC模块的采集量化值的平均值 $y$ ;

S3.4: 如果 $y=Y_k$ ,记录当前控制编码作为校正目标值 $Y_k$ 对应的控制编码 $C_k$ ,进入步骤S4;否则判断是否 $y < Y_k$ ,如果是返回步骤S3.2,否则进入步骤S3.5;

S3.5: 判断是否 $Flag=1$ ,如果不是,进入步骤S3.6,否则记录当前控制编码作为校正目标值 $Y_k$ 对应的控制编码 $C_k$ ,进入步骤S4;

S3.6: 令 $\Delta u = \lceil \Delta u / K_2 \rceil$ ,其中 $K_2$ 表示步进减小系数, $K_2 \geq 2$ , $\lceil \rceil$ 表示向上取整,控制编码 $x=x-\Delta u$ ,将控制编码输入DAC模块,获取由数字示波器的ADC模块的采集量化值的平均值 $y$ ;

S3.7: 如果 $y=Y_k$ ,记录当前控制编码作为校正目标值 $Y_k$ 对应的控制编码 $C_k$ ,进入步骤S4;否则判断是否 $y > Y_k$ ,如果是,返回步骤S3.6,否则设置校正标志 $Flag=1$ ,返回步骤S3.2;

S4: 如果 $k < 2$ ,令 $k=k+1$ ,返回步骤S3,否则根据上下两个移位基线对应的校正目标值和控制编码,计算得到移位非线性值 $M$ ,其计算公式为:

$$M = \frac{C_1 - C_2}{Y_1 - Y_2};$$

其中, $C_1$ 表示基线向上位移对应的控制编码, $C_2$ 表示基线向下位移对应的控制编码。

2. 根据权利要求1所述的基线移位非线性自校正方法,其特征在于,所述步骤S1中 $Y_1$ 和 $Y_2$ 的取值范围为 $E_1 - \lambda \leq Y_1 < E_1$ ,  $E_2 < Y_2 \leq E_2 + \lambda$ , $\lambda$ 表示波形显示区垂直方向中每个div所代表的量化值个数。

3. 根据权利要求1所述的基线移位非线性自校正方法,其特征在于,所述步骤S3.2中参数 $K_1$ 的取值范围为 $2 \leq K_1 \leq 4$ 。

4. 根据权利要求1所述的基线移位非线性自校正方法,其特征在于,所述步骤S3.6中参数 $K_2$ 的取值范围为 $2 \leq K_2 \leq 4$ 。

## 一种数字示波器的基线移位非线性自校正方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于数字示波器技术领域,更为具体地讲,涉及一种数字示波器的基线移位非线性自校正方法。

### 背景技术

[0002] 自校正是示波器必不可少的功能之一。示波器在初次使用时,使用一定时间后器件老化时,环境温度改变导致温漂时,必须对示波器进行校正。一台没有经过校正的示波器,无论其设计指标多高,也无法保证测量结果的正确性。自校正功能中需要校正的参数比较多,其中包括对基线移位非线性的校正。

[0003] 基线移位非线性保证了在某个幅度档位下移动基线位置后,基线和指示器位置仍然是重合的。在某个幅度档位下移动基线位置,使其上移 $n$ 个点,假设此时输入电路的电压值增加为 $\Delta V$ ,数字示波器中ADC模块的采集量化值为 $R+n$ , $R$ 表示基线零电平的采集量化值,对应ADC模块量化范围的中间值。那么可以得到公式 $\Delta V=M*n$ , $M$ 即为基线移位非线性值。移动基线时,移位后基线对应的模拟信号电压 $V=V_0+M*n$ , $V_0$ 是基线零电平电压值。基线移位非线性校正就是精确获取数字示波器对应的移位非线性值,从而在基线位移操作时使位移后的基线位置更加准确。

[0004] 数字示波器的基线移位非线性值的精度要求较高,如何快速、准确地完成数字示波器的移位非线性校正,是数字示波器自校正领域的重要研究课题。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于克服现有技术的不足,提供一种数字示波器的基线移位非线性自校正方法,实现高效率、高精度的基线移位非线性校正。

[0006] 为实现上述发明目的,本发明数字示波器的基线移位非线性自校正方法包括以下步骤:

[0007] S1:设置基线向上位移的校正目标值 $Y_1$ 和向下位移的校正目标值 $Y_2$ , $E_0<Y_1<E_1$ , $E_2<Y_2<E_0$ , $E_1$ 和 $E_2$ 分别表示数字示波器波形显示区域的上、下边缘对应的采集量化值;

[0008] S2:令校正目标值序号 $k=1$ ;

[0009] S3:根据校正目标值 $Y_k$ 进行校正,获取对应的控制编码,校正的具体步骤包括:

[0010] S3.1:初始化示波器,设置基线居中,通道耦合方式为直流,关闭偏置电压;设置DAC模块的基线电平输入控制编码 $x$ 的初始值 $x=0$ ,控制编码的调节步进初始值 $\Delta u=1$ ,校正标志 $Flag=0$ ;

[0011] S3.2:如果 $Flag=1$ ,令调节步进 $\Delta u=1$ ,否则令调节步进 $\Delta u=K_1 \Delta u$ ,其中 $K_1$ 表示步进增大系数, $K_1>1$ ;

[0012] S3.3:令控制编码 $x=x+\Delta u$ ,将控制编码输入DAC模块,经过信号调理后,获取由数字示波器的ADC模块的采集量化值的平均值 $y$ ;

[0013] S3.4:如果 $y=Y_k$ ,记录当前控制编码作为校正目标值 $Y_k$ 对应的控制编码 $C_k$ ,进入步

骤S4;否则判断是否 $y < Y_k$ ,如果是返回步骤S3.2,否则进入步骤S3.5;

[0014] S3.5:判断是否 $Flag = 1$ ,如果不是,进入步骤S3.6,否则记录当前控制编码作为校正目标值 $Y_k$ 对应的控制编码 $C_k$ ,进入步骤S4;

[0015] S3.6:令 $\Delta u = \lceil \Delta u / K_2 \rceil$ ,其中 $K_2$ 表示步进减小系数, $K_2 > 1$ ,控制编码 $x = x - \Delta u$ ,将控制编码输入DAC模块,经过信号调理后,获取由数字示波器的ADC模块的采集量化值的平均值 $y$ ;

[0016] S3.7:如果 $y = Y_k$ ,记录当前控制编码作为校正目标值 $Y_k$ 对应的控制编码 $C_k$ ,进入步骤S4;否则判断是否 $y > Y_k$ ,如果是,返回步骤S3.6,否则设置校正标志 $Flag = 1$ ,返回步骤S3.2;

[0017] S4:如果 $k < 2$ ,令 $k = k + 1$ ,返回步骤S3,否则根据上下两个移位基线对应的控制编码,计算得到移位非线性值 $M$ ,其计算公式为:

$$[0018] \quad M = \frac{C_1 - C_2}{Y_1 - Y_2}。$$

[0019] 本发明数字示波器的基线移位非线性自校正方法,设置基线向上位移和向下位移的校正目标值,根据每个校正目标值进行校正,获取对应的控制编码,校正方法为:从0开始调整DAC模块的控制编码,将控制编码输入DAC模块,经过信号调理后,获取由数字示波器的ADC模块的采集量化值的平均值 $y$ ,当 $y < Y_k$ 时,大幅度增加调节步进,使其快速逼近校正目标值 $Y_k$ ,当 $y$ 第一次超过校正目标值 $Y_k$ ,反向逐步缩小调节步进,如果调节到 $y < Y_k$ ,则再次反转调节方向,设置调节步进为1;在此调节过程中,如果 $y = Y_k$ 或者当步进为1且 $y$ 第二次超过校正目标值 $Y_k$ ,则记录当前控制编码作为校正目标值对应的控制编码;然后根据上下两个移位基线对应的校正目标值和控制编码,计算得到移位非线性值,完成基线移位非线性校正。

[0020] 本方法在校正时,采用“大步向前,小步后退”的原理调整控制编码的调节步进,使能快速得到校正目标值对应的控制编码,使自校正功能的实现效率更高,并使控制编码的误差范围在 $\pm 1$ 个DAC值。采用本方法可以使数字示波器的操作者便捷地完成基线移位非线性校正,提高了产品使用精度,进而提高了产品的性能。

## 附图说明

[0021] 图1是本发明数字示波器的基线移位非线性自校正方法的具体实施方式流程图;

[0022] 图2是本发明中校正的流程图。

## 具体实施方式

[0023] 下面结合附图对本发明的具体实施方式进行描述,以便本领域的技术人员更好地理解本发明。需要特别提醒注意的是,在以下的描述中,当已知功能和设计的详细描述也许会淡化本发明的主要内容时,这些描述在这里将被忽略。

[0024] 实施例

[0025] 图1是本发明数字示波器的基线移位非线性自校正方法的具体实施方式流程图。

如图1所示,本发明数字示波器的基线移位非线性自校正方法包括以下步骤:

[0026] S101:设置校正目标值:

[0027] 设置基线向上位移的校正目标值 $Y_1$ 和向下位移的校正目标值 $Y_2$ 。

[0028] 位移基线可以视为在基线零点电平之上加上一个偏置电压,当偏置电压超出数字示波器的波形显示区域的垂直方向时,就超过了ADC模块的量化范围,则为了校正的精度,基线位移不得超出波形显示区域的垂直方向的范围。记数字示波器ADC模块的有效位数为 $N$ ,其采集量化值从0至 $2^N-1$ ,基线零电平对应的量化值记为 $E_0$ ,一般为采集量化值的中间值 $2^{N-1}$ ,波形显示区域垂直方向上采集量化值数量一般小于 $2^N$ ,记波形显示区域的上、下边缘对应的采集量化值分别为 $E_1$ 和 $E_2$ 。因此 $E_0 < Y_1 < E_1, E_2 < Y_2 < E_0$ 。一般来说, $Y_1$ 和 $Y_2$ 更接近于显示区域边缘会有利于校正精度,因此优选的设置范围为 $E_1 - \lambda \leq Y_1 < E_1, E_2 < Y_2 \leq E_2 + \lambda$ , $\lambda$ 表示波形显示区垂直方向中每个div所代表的量化值个数,div表示数字示波器显示区域垂直方向的网格。

[0029] 本实施例中,以示波器显示区垂直方向为8div、每div有25个像素点、非位移基线对应ADC模块的采集量化值为128为例,设置基线向上位移3div,向下位移3div,则 $\pm 3$ div分别对应ADC模块的采集量化值为203和53,即 $Y_1 = 203, Y_2 = 53$ 。

[0030] S102:令校正目标值序号 $k=1$ 。

[0031] S103:校正得到 $Y_k$ 对应的控制编码:

[0032] 根据校正目标值 $Y_k$ 进行校正,获取对应的控制编码。

[0033] 图2是本发明中校正的流程图。如图2所示,本发明中根据校正目标值 $Y_k$ 进行校正的具体步骤包括:

[0034] S201:初始化参数:

[0035] 初始化示波器,设置基线居中,通道耦合方式为直流,关闭偏置电压。设置DAC模块的基线电平输入控制编码 $x$ 的初始值 $x=0$ ,控制编码的调节步进初始值 $\Delta u=1$ ,校正标志Flag=0。

[0036] S202:判断是否Flag=1,如果是,进入步骤S203,否则进入步骤S204。

[0037] S203:最小化调节步进:

[0038] 令调节步进 $\Delta u=1$ ,进入步骤S205。

[0039] S204:增大调节步进:

[0040] 令调节步进 $\Delta u = K_1 \Delta u$ ,其中 $K_1$ 表示步进增大系数,用于控制调节步进增大的幅度,显然 $K_1 > 1$ ,根据实验统计得到 $K_1$ 较优的取值范围为 $2 \leq K_1 \leq 4$ 。进入步骤S205。

[0041] S205:令控制编码 $x = x + \Delta u$ ,将控制编码输入DAC模块。由于DAC模块输出是一个模拟信号,获取由数字示波器的ADC模块的采集量化值的平均值 $y$ 。

[0042] S206:判断是否 $y = Y_k$ ,即判断当前的采集量化值的平均值 $y$ 是否等于校正目标值 $Y_k$ ,如果是,则说明达到校正目标,进入步骤S211,否则进入步骤S207。

[0043] S207:判断是否 $y < Y_k$ ,即判断当前的采集量化值的平均值 $y$ 是否小于校正目标值 $Y_k$ ,如果是,表示搜索方向正确,返回步骤S202,否则进入步骤S208。

[0044] S208:判断是否Flag=1,如果不是,则说明当前的采集量化值的平均值 $y$ 第一次超过了校正目标值 $Y_k$ ,进入步骤S209,否则说明当前的采集量化值的平均值 $y$ 第二次超过了校正目标值 $Y_k$ ,此时虽然采集量化值的平均值 $y$ 未完全等于校正目标值 $Y_k$ ,但是由于调节步进为1,因此当前采集量化值的平均值 $y$ 与校正目标值 $Y_k$ 的误差已经小于等于1个DAC值,也可以视为达到校正目标,进入步骤S211。

[0045] S209:当采集量化值的平均值 $y$ 已经超过了校正目标值 $Y_k$ 时,显然继续增大控制编码会使采集量化值的平均值 $y$ 离校正目标值 $Y_k$ 越来越远,因此需要将搜索方向反转,并减小步进,使采集量化值的平均值 $y$ 逼近校正目标值 $Y_k$ 。即令 $\Delta u = \lceil \Delta u / K_2 \rceil$ ,控制编码 $x = x - \Delta u$ , $K_2$ 用于控制反向搜索的步进减小幅度,其取值范围为 $K_2 > 1$ ,根据实验统计得到 $K_2$ 较优的取值范围为 $2 \leq K_2 \leq 4$ ,本实施例中令 $K_2 = 4$ , $\lceil \rceil$ 表示向上取整,即步进减小过程中 $\Delta u$ 最小值为1。将控制编码输入DAC模块,获取由数字示波器的ADC模块的采集量化值的平均值 $y$ ,进入S210。

[0046] S210:判断是否 $y = Y_k$ ,即判断当前的采集量化值的平均值 $y$ 是否等于校正目标值 $Y_k$ ,如果是,则说明达到校正目标,进入步骤S211,否则进入步骤S212。

[0047] S211:记录当前控制编码:

[0048] 记录当前控制编码作为校正目标值 $Y_k$ 对应的控制编码 $C_k$ 。

[0049] S212:判断是否 $y > Y_k$ ,即判断当前的采集量化值的平均值 $y$ 是否大于校正目标值 $Y_k$ ,如果是,表示当前搜索方向正确,返回步骤S209,否则进入步骤S213。

[0050] S213:设置校正标志 $Flag = 1$ 。当采集量化值的平均值 $y$ 超过校正目标值 $Y_k$ 之后反向搜索又小于了校正目标值 $Y_k$ ,说明此时采集量化值的平均值 $y$ 已经在校正目标值 $Y_k$ 附近了,需要再次反转搜索方向,然后以最小调节步进调节控制编码。即返回步骤S202。

[0051] S104:判断是否 $k < 2$ ,如果是,进入步骤S105,否则进入步骤S106。

[0052] S105:令 $k = k + 1$ ,返回步骤S103。

[0053] S106:计算移位非线性值:

[0054] 根据上下两个移位基线对应的控制编码,计算得到移位非线性值 $M$ ,其计算公式为:

$$[0055] \quad M = \frac{C_1 - C_2}{Y_1 - Y_2}。$$

[0056] 根据以上步骤可知,本发明中所采用的自校正方法,在获取校正目标值对应的控制编码时,根据校正目标值的判断,在开始阶段,使控制编码调节步进大幅度增加,使其快速逼近校正目标值,当其跨越了校正目标值时,则减小步进且反向搜索,当判断值在校正目标值左右振荡时,以最小步进1来继续搜索目标值,最终以 $\pm 1$ 个DAC值为误差逼近目标值。本发明的自校正方法利用“大步向前,小步后退”的原理,实现快速的校正流程,减少自校正时间,提高自校正功能的效率。

[0057] 尽管上面对本发明说明性的具体实施方式进行了描述,以便于本技术领域的技术人员理解本发明,但应该清楚,本发明不限于具体实施方式的范围,对本技术领域的普通技术人员来讲,只要各种变化在所附的权利要求限定和确定的本发明的精神和范围内,这些变化是显而易见的,一切利用本发明构思的发明创造均在保护之列。

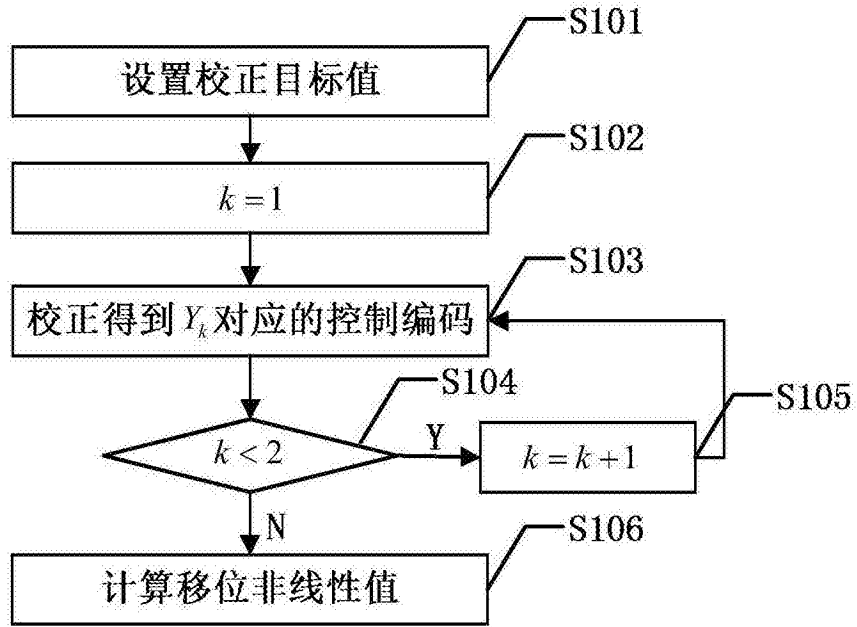


图1

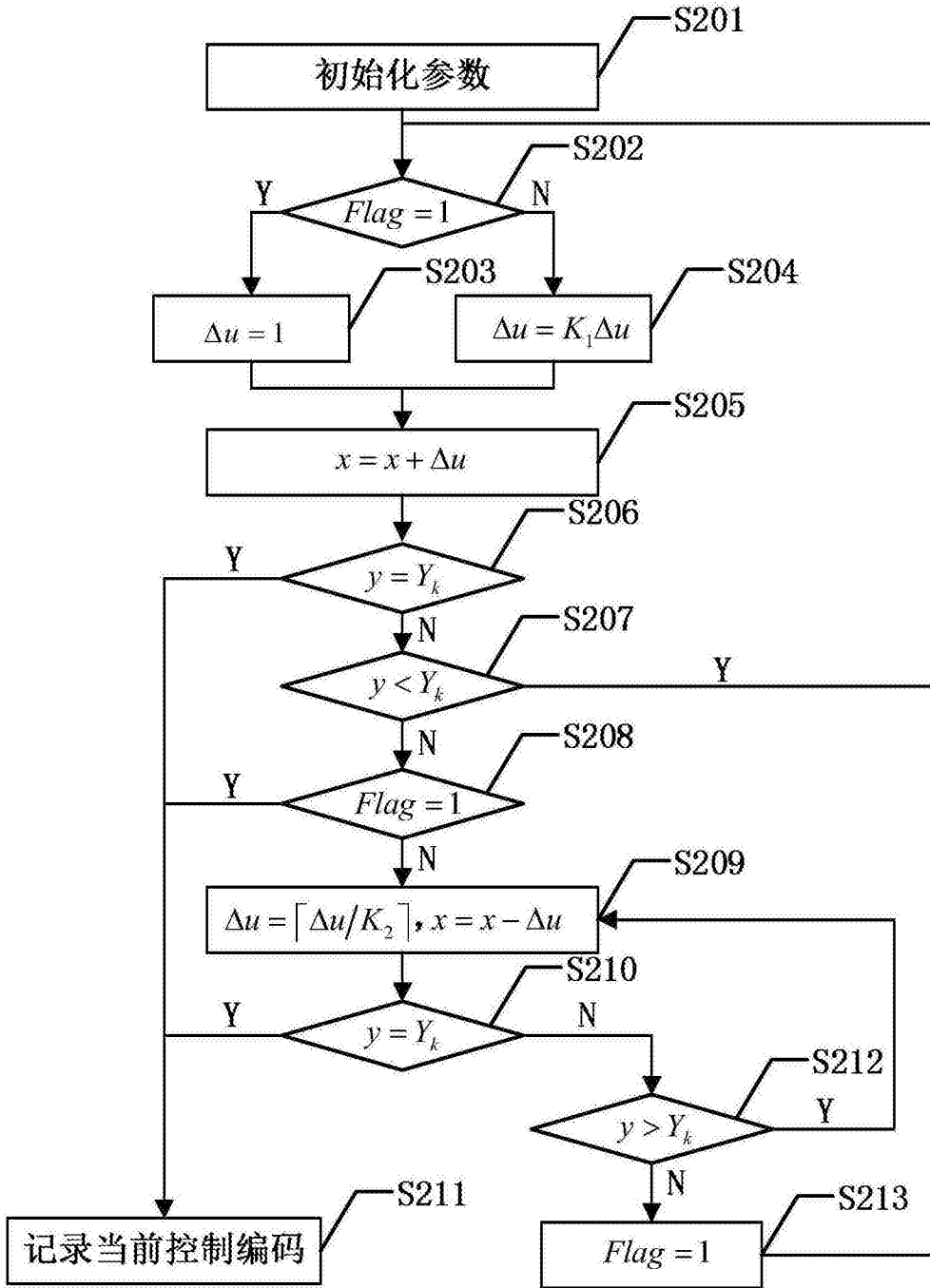


图2