



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102043096 A

(43) 申请公布日 2011. 05. 04

(21) 申请号 200910179848. 4

(22) 申请日 2009. 10. 15

(71) 申请人 瑞鼎科技股份有限公司

地址 中国台湾新竹市

(72) 发明人 周世宗 饶永年 光宇

(74) 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限

责任公司 11240

代理人 吴贵明 张英

(51) Int. Cl.

G01R 27/26 (2006. 01)

G06F 3/044 (2006. 01)

H03K 17/96 (2006. 01)

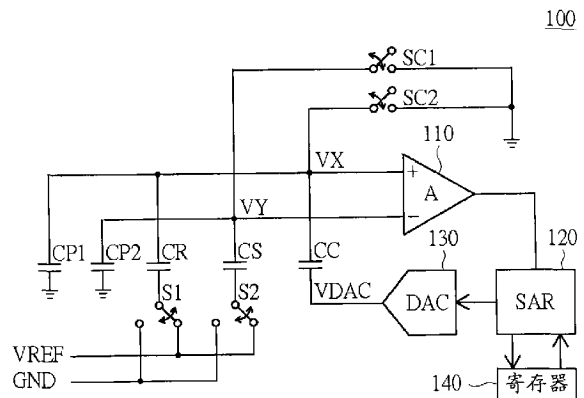
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 1 页

(54) 发明名称

电容值测量电路与电容值测量方法

(57) 摘要

一种电容值测量电路,包括:操作放大器,具有第一输入端,第二输入端与输出端;参考电容,具有第一端与第二端,该第一端耦接操作放大器的第一输入端,该第二端选择性耦接第一参考电压或第二参考电压;待测电容,具有第一端与第二端,该第一端耦接操作放大器的第二输入端,该第二端选择性耦接第一参考电压或第二参考电压;逼近单元,具有输入端与输出端,该输入端耦接操作放大器的输出端;转换单元,具有输入端与输出端,该输入端耦接逼近单元的输出端;以及耦合电容,具有第一端与第二端,该第一端耦接操作放大器的第一输入端或第二输入端,该第二端耦接转换单元的输出端。本发明还提供了一种用于测量待测电容的电容值的电容值测量方法。



1. 一种电容值测量电路,包括:

操作放大器,具有第一输入端、第二输入端与输出端;

参考电容,具有第一端与第二端,所述第一端耦接所述操作放大器的所述第一输入端,所述第二端选择性耦接第一参考电压或第二参考电压;

待测电容,具有第一端与第二端,所述第一端耦接所述操作放大器的第二输入端,所述第二端选择性耦接所述第一参考电压或所述第二参考电压;

逼近单元,具有输入端与输出端,所述输入端耦接所述操作放大器的输出端;

转换单元,具有输入端与输出端,所述输入端耦接所述逼近单元的输出端;以及

耦合电容,具有第一端与第二端,所述第一端耦接所述操作放大器的第一输入端或第二输入端,所述第二端耦接所述转换单元的输出端。

2. 根据权利要求1所述的电容值测量电路,还包括:

第一开关,具有第一端与第二端,所述第一端耦接至所述参考电容的第二端,所述第二端则耦接至所述第一参考电压或所述第二参考电压;

第二开关,具有第一端与第二端,所述第一端耦接至所述待测电容的第二端,所述第二端则耦接至所述第一参考电压或所述第二参考电压;

第三开关,具有第一端与第二端,所述第一端耦接至所述操作放大器的第二输入端,所述第二端则选择性耦接至所述第二参考电压;

第四开关,具有第一端与第二端,所述第一端耦接至所述操作放大器的第一输入端,所述第二端则选择性耦接至所述第二参考电压;

第一寄生电容,具有第一端与第二端,所述第一端耦接所述操作放大器的第一输入端,所述第二端耦接至所述第二参考电压;

第二寄生电容,具有第一端与第二端,所述第一端耦接所述操作放大器的第二输入端,所述第二端耦接至所述第二参考电压;以及

匹配耦合电容,具有第一端与第二端,所述第一端耦接所述操作放大器的第一输入端或第二输入端,所述第二端耦接所述第二参考电压。

3. 根据权利要求2所述的电容值测量电路,其中:

在初始状态下,所述第一开关、所述第二开关、所述第三开关与所述第四开关皆耦接至所述第二参考电压。

4. 根据权利要求3所述的电容值测量电路,其中,在开始测量时,

所述第一开关切换至所述第一参考电压,所述参考电容耦合第一电荷量至所述操作放大器的第一输入端;

所述第二开关切换至所述第一参考电压,所述待测电容耦合第二电荷量至所述操作放大器的第二输入端;以及

所述第三开关与所述第四开关则断路于所述第二参考电压。

5. 根据权利要求4所述的电容值测量电路,其中,

如果所述待测电容与所述参考电容的电容值不同,所述操作放大器的第一输入端的第一输入电压不同于所述第二输入端的第二输入电压,所述操作放大器比较并传送一输出电压给所述逼近单元;

根据所述操作放大器的所述输出电压,所述逼近单元据而输出一数字输出信号至所述

转换单元；

所述转换单元将所述逼近单元的所述数字输出信号转换成模拟电压；

经由所述逼近单位的连续逼近，所述逼近单元的所述数字输出信号反应所述待测电容与所述参考电容间的电容差值，以得知所述待测电容的电容值。

6. 一种电容值测量方法，用于测量待测电容的电容值，所述方法包括：

通过参考电容，耦合第一电荷量至比较器的第一输入端，以在所述比较器的第一输入端形成第一输入电压；

通过所述待测电容，耦合第二电荷量至所述比较器的第二输入端，以在所述比较器的第二输入端形成第二输入电压；

差动式比较所述第一输入电压与所述第二输入电压；以及

根据所述比较结果，连续逼近一模拟电压，所述模拟电压通过耦合电容而耦合第三电荷量至所述比较器的第一输入端或第二输入端，使得所述第一输入电压接近于所述第二输入电压，其中，连续逼近结果反映所述待测电容的所述电容值。

7. 根据权利要求6所述的电容值测量方法，还包括：

放电所述参考电容与所述待测电容。

8. 根据权利要求6所述的电容值测量方法，还包括：

利用匹配耦合电容以达到负载匹配。

9. 一种电容值测量方法，用于测量待测电容的电容值，所述方法包括：

放电比较器的第一输入端与第二输入端；

耦接参考电容的第二端至第一参考电压，其中，所述参考电容的第一端耦接至所述比较器的第一输入端；

耦接待测电容的第二端至所述第一参考电压，其中，所述待测电容的第一端耦接至所述比较器的第二输入端；

停止放电所述比较器的所述第一输入端与所述第二输入端；

切换所述参考电容的所述第二端至第二参考电压；

切换所述待测电容的所述第二端至所述第二参考电压；以及

根据所述比较器的比较结果，连续逼近模拟电压，所述模拟电压通过耦合电容而耦合至所述比较器的所述第一输入端或所述第二输入端，使得所述比较器的所述第一输入端的第一输入电压接近于所述第二输入端的所述第二输入电压，其中，连续逼近结果反应所述待测电容的所述电容值。

10. 根据权利要求9所述的电容值测量方法，其中，所述第一参考电压为接地电压，所述第二参考电压为参考电压。

11. 根据权利要求9所述的电容值测量方法，还包括：

利用匹配耦合电容以达到负载匹配。

## 电容值测量电路与电容值测量方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种电容值测量电路与电容值测量方法,且特别涉及一种以差动方式进行测量的电容值测量电路与电容值测量方法。

### 背景技术

[0002] 传统上,多半以机械式开关来实现使用者控制接口。由于使用者需直接接触到传统机械开关,传统机械开关才可响应于使用者的控制指令而进行操作,传统机械式装置容易在使用者操作过程中发生损坏。目前,已开发出触控式开关。触控式开关例如是电容式开关等。

[0003] 为了提升使用上的便利性,目前已研发出的触控面板(touch panel)或显示触控面板(同时具有显示与触控的功能)可接受使用者的输入、点选等操作。触控面板或显示触控面板可应用于各种电子装置当中,例如移动电话中。如此,可让使用者直接在触控面板或显示触控面板上点选画面来进行操作,藉此提供更为便捷且人性化的操作模式。触控面板或显示触控面板有多种,电容式触控面板,电容式显示触控面板均属其中。

[0004] 当使用者操作电容式触控面板、电容式显示触控面板、或电容式开关时,其内部的待测电容的电容值会随使用者操作而发生变化。故而,如果能检测待测电容的电容值与其变化,即可检测(感觉)使用者的操作。然而,如何设计出可有效地检测待测电容的电容值与其变化的电容值测量电路,以提升电容式触控面板、电容式显示触控面板、或电容式开关的性能仍为业界不断致力的方向之一。

[0005] 然而,以现有的电容值测量电路而言,如果在输入电压源出现噪声,此噪声会耦合至电容值测量电路的内部,进而影响到电容值的测量结果。

### 发明内容

[0006] 本发明涉及一种电容值测量电路与电容值测量方法,其以差动方式进行电容值测量,故而可以提高抗噪声能力。

[0007] 根据本发明的一种实施方式,提出了一种电容值测量电路,其包括:操作放大器,具有第一输入端,第二输入端与输出端;参考电容,具有第一端与第二端,该第一端耦接该操作放大器的该第一输入端,该第二端选择性耦接第一参考电压或第二参考电压;待测电容,具有第一端与第二端,该第一端耦接该操作放大器的该第二输入端,该第二端选择性耦接该第一参考电压或该第二参考电压;逼近单元,具有输入端与输出端,该输入端耦接该操作放大器的该输出端;转换单元,具有输入端与输出端,该输入端耦接该逼近单元的该输出端;以及耦合电容,具有第一端与第二端,该第一端耦接该操作放大器的该第一输入端或该第二输入端,该第二端耦接该转换单元的该输出端。

[0008] 在一种实施方式中,本发明的电容值测量电路还包括:第一开关,具有第一端与第二端,该第一端耦接至该参考电容的该第二端,该第二端则耦接至该第一参考电压或该第二参考电压;第二开关,具有第一端与第二端,该第一端耦接至该待测电容的该第二端,该

第二端则耦接至该第一参考电压或该第二参考电压；第三开关，具有第一端与第二端，该第一端耦接至该操作放大器的该第二输入端，该第二端则选择性耦接至该第二参考电压；第四开关，具有第一端与第二端，该第一端耦接至该操作放大器的该第一输入端，该第二端则选择性耦接至该第二参考电压；第一寄生电容，具有第一端与第二端，该第一端耦接该操作放大器的该第一输入端，该第二端耦接至该第二参考电压；第二寄生电容，具有第一端与第二端，该第一端耦接该操作放大器的该第二输入端，该第二端耦接至该第二参考电压；以及匹配耦合电容，具有第一端与第二端，该第一端耦接该操作放大器的该第一输入端或该第二输入端，该第二端耦接该第二参考电压。

[0009] 在本发明的一种实施方式中，在电容值测量电路中，在初始状态下，该第一开关、该第二开关、该第三开关与该第四开关皆耦接至该第二参考电压。

[0010] 在本发明的一种实施方式中，在电容值测量电路中，在开始测量时，该第一开关切换至该第一参考电压，该参考电容耦合第一电荷量至该操作放大器的该第一输入端；该第二开关切换至该第一参考电压，该待测电容耦合第二电荷量至该操作放大器的该第二输入端；以及该第三开关与该第四开关则断路于该第二参考电压。

[0011] 在本发明的一种实施方式中，在电容值测量电路中，如果该待测电容与该参考电容的电容值不同，该操作放大器的该第一输入端的第一输入电压不同于该第二输入端的第二输入电压，该操作放大器比较并传送一输出电压给该逼近单元；根据该操作放大器的该输出电压，该逼近单元据而输出一数字输出信号至该转换单元；该转换单元将该逼近单元的该数字输出信号转换成模拟电压；经由该逼近单元的连续逼近，该逼近单元的该数字输出信号反应该待测电容与该参考电容间的电容差值，以得知该待测电容的电容值。

[0012] 根据本发明的另一种实施方式，提出了一种电容值测量方法，其包括：通过参考电容，耦合第一电荷量至比较器的第一输入端，以在该比较器的该第一输入端形成第一输入电压；通过该待测电容，耦合第二电荷量至该比较器的第二输入端，以在该比较器的该第二输入端形成第二输入电压；差动式比较该第一输入电压与该第二输入电压；以及根据该比较结果，连续逼近模拟电压，该模拟电压通过耦合电容而耦合第三电荷量至该比较器的该第一输入端或该第二输入端，使得该第一输入电压接近于该第二输入电压，其中，连续逼近结果反应该待测电容的该电容值。

[0013] 本发明的电容值测量方法还包括使该参考电容与该待测电容放电。

[0014] 在一种实施方式中，本发明的电容值测量方法还包括利用匹配耦合电容以达到负载匹配。

[0015] 根据本发明的另一种实施方式，提出了一种电容值测量方法，其包括：放电比较器的第一输入端与第二输入端；耦接参考电容的第二端至第一参考电压，其中，该参考电容的第一端耦接至该比较器的该第一输入端；耦接待测电容的第二端至该第一参考电压，其中，该待测电容的第一端耦接至该比较器的该第二输入端；停止放电该比较器的该第一输入端与该第二输入端；切换该参考电容的该第二端至第二参考电压；切换该待测电容的该第二端至该第二参考电压；以及根据该比较器的比较结果，连续逼近模拟电压，该模拟电压通过耦合电容而耦合至该比较器的该第一输入端或该第二输入端，使得该比较器的该第一输入端的第一输入电压接近于该第二输入端的该第二输入电压，其中，连续逼近结果反应该待测电容的该电容值。

[0016] 在一种实施方式中,本发明的电容值测量方法中的该第一参考电压为接地电压,该第二参考电压为参考电压。

[0017] 在一种实施方式中,本发明的电容值测量方法还包括利用匹配耦合电容以达到负载匹配。

[0018] 为了使本发明的上述内容能更明显易懂,下文特通过实施例,并配合附图作详细说明如下。

#### 附图说明

[0019] 图 1 示出了根据本发明第一实施例的电容值测量电路的电路示意图。

[0020] 图 2 示出了当参考电压  $V_{REF}$  有噪声时的示意图。

[0021] 图 3 示出了根据本发明第二实施例的电容值测量电路的电路示意图。

#### 具体实施方式

[0022] 本发明实施例的电容值测量电路与电容值测量方法中,以差动方式进行电容值测量,故而可以提高抗噪声能力。

[0023] 请参考图 1,其示出了根据本发明第一实施例的电容值测量电路的电路示意图。如图 1 所示,根据本发明第一实施例的电容值测量电路 100 包括:参考电容 CR,待测电容 (sensor capacitor)CS,耦合电容 CC,操作放大器 110,连续逼近寄存器 (Successive Approximation Register, SAR) 120,数字模拟转换器 (DAC) 130,开关 S1、开关 S2、开关 SC1 与开关 SC2。此外,CP1 与 CP2 代表此电容值测量电路 100 的寄生电容。而寄存器 140 是选择性元件,其可暂存由 SAR 120 所输出的数字信号,也可输入参数至 SAR 120。

[0024] 参考电容 CR 耦接于开关 S1 与操作放大器 110 的输入端 (比如,非反相输入端) 之间。参考电容 CR 的电容值为已知。待测电容 CS 耦接于开关 S2 与操作放大器 110 的另一输入端 (比如,反相输入端) 之间。待测电容 CS 的电容值为未知,且其电容值可能随着使用者的操作 (比如按压) 而变化。在本发明其它实施例中,参考电容 CR 可耦接至操作放大器 110 的反相输入端;而待测电容 CS 则耦接至操作放大器 110 的非反相输入端。

[0025] 耦合电容 CC 耦接于操作放大器 110 与 DAC 130 之间。在图 1 中,耦合电容 CC 耦接至操作放大器 110 的非反相输入端;然而,在本发明其它实施例中,耦合电容 CC 可耦接至操作放大器 110 的反相输入端。

[0026] 操作放大器 110 的非反相输入端耦接至参考电容 CR 与耦合电容 CC;其反相输入端耦接至待测电容 CS;其输出端则耦接至 SAR120。SAR 120 接收操作放大器 110 的模拟输出电压,并据以输出数字信号给 DAC 130。DAC 130 接收 SAR 120 所输出的数字信号,并将其转换成模拟电压  $V_{DAC}$  给耦合电容 CC。

[0027] 开关 S1 的一端耦接至参考电容 CR,其另一端则选择性耦接至参考电压  $V_{REF}$  与接地端 GND 之一。开关 S2 的一端耦接至待测电容 CS,其另一端则选择性耦接至参考电压  $V_{REF}$  与接地端 GND 之一。

[0028] 开关 SC1 的一端耦接至操作放大器 110 的反相输入端,其另一端则耦接至接地端。相似地,开关 SC2 的一端耦接至操作放大器 110 的非反相输入端,其另一端则耦接至接地端。

[0029] 现说明本发明第一实施例的电容值测量电路 100 的操作原理。首先,在初始状态下,开关 S1 与 S2 皆耦合至接地端 GND。开关 SC1 与 SC2 也耦合至接地端 GND,使得节点电压 VX 与 VY 皆为 0(亦即,对操作放大器 110 的两个输入端放电至接地端 GND)。在底下,VX 与 VY 皆可同时代表节点与节点电压。亦即,在初始状态下,参考电容 CR,待测电容 CS 与耦合电容 CC 皆被放电。

[0030] 接着,在开始测量时,开关 S1 与 S2 要切换至参考电压 VREF;而开关 SC1 与 SC2 则断路(停止对操作放大器的两个输入端的放电)。由于开关 S1 切换至参考电压 VREF,通过参考电容 CR 的耦合效应,参考电容 CR 会耦合电荷量 QR 至节点 VX,其中,电荷量 QR 如下式(1)所示:

$$[0031] \quad QR = VREF * CR \quad (1)$$

[0032] 相似地,开关 S2 切换至参考电压 VREF,通过待测电容 CS 的耦合效应,待测电容 CS 会耦合电荷量 QS 至节点 VY,其中,电荷量 QS 如下式(2)所示:

$$[0033] \quad QS = VREF * CS \quad (2)$$

[0034] 如果待测电容 CS 与参考电容 CR 的电容值不同,则 VX 不等于 VY。当成电压比较器的操作放大器 110 会比较节点电压 VX 与 VY,并将其电压差值传送给 SAR 120。根据操作放大器 110 的模拟输出电压,SAR 120 会调整(逼近)其数字输出信号,并将调整后的数字输出信号送至 DAC 130。之后,DAC 130 将 SAR 120 的数字输出信号转换成模拟电压 VDAC。特别是,当参考电容 CR 的电容值大于待测电容 CS 时, $VX > VY$ ;反之亦然。

[0035] 通过耦合电容 CC 的耦合效应,耦合电容 CC 会耦合电荷量 QC 至节点 VX,其中,电荷量 QC 如下式(3)所示:

$$[0036] \quad QC = VDAC * CC \quad (3)$$

[0037] 经由 SAR 120 的连续逼近,最后将使得节点电压 VX 接近于 VY,亦即,电荷量 QR 与 QC 的总和将等于 QS。所以,VDAC 可推导如下:

$$[0038] \quad QR + QC = QS$$

$$[0039] \quad VREF * CR + VDAC * CC = VREF * CS$$

$$[0040] \quad VDAC = VREF * (CS - CR) / CC \quad (4)$$

[0041] 由上式(4)可知,VDAC 可以反映待测电容 CS 与参考电容 CR 间的差值。亦即,经由 SAR 120 的输出数字信号,可以得知待测电容 CS 的电容值。

[0042] 而且,在本发明其它实施例中,开关 S1 与 S2 的操作方式可改为,在初始状态下,开关 S1 与开关 S2 皆耦接至参考电压 VREF,而在开始测量时,开关 S1 与开关 S2 则切换至接地端 GND。

[0043] 由于操作放大器 110 以差动方式比较节点电压 VX 与 VY,故而其抗噪声能力较好。图 2 示出了当参考电压 VREF 有噪声时的示意图。如图 2 所示,当参考电压 VREF 有噪声时,参考电容 CR 与待测电容 CS 均会将此噪声耦合至节点电压 VX 与 VY,造成节点电压 VX 与 VY 的变动。但由于操作放大器 110 以差动方式比较节点电压 VX 与 VY,故而,节点电压 VX 与 VY 的变动会彼此抵消,所以,SAR 120 的输出信号将较不受参考电压 VREF 的噪声影响。故而,电容值测量结果将较不受参考电压 VREF 的噪声影响。所以,可以得知,本发明上述实施例所披露的电容值测量电路具有高抗噪声能力。

[0044] 请参考图 3,其示出了根据本发明第二实施例的电容值测量电路的电路示意图。

与本发明第一实施例相比,根据本发明第二实施例的电容值测量电路还包括另一耦合电容 CCS,以达到负载匹配。由于本发明第二实施例的操作原理基本上相同或相似于第一实施例,故其细节于此省略。耦合电容 CCS 耦接于操作放大器 110 的反相输入端与接地端之间;然而,在本发明其它实施例中,耦合电容 CCS 可耦接至操作放大器 110 的非反相输入端与接地端之间。原则上,耦合电容 CC 与耦合电容 CCS 不会互相连接。当然,本发明第二实施例所披露的电容值测量电路也具有高抗噪声能力,如图 2 所示。

[0045] 综上所述,虽然本发明已披露了上述实施例,但其并非用以限制本发明。本发明所属技术领域的普通技术人员在不脱离本发明的精神和范围内,应当可作各种修改与改变。因此,本发明的保护范围应当以所附权利要求所限定的为准。

[0046] 主要组件符号说明

[0047]	100 :电容值测量电路	CR :参考电容
[0048]	CS :待测电容	CC、CCS :耦合电容
[0049]	CP1、CP2 :寄生电容	S1、S2、SC1、SC2 :开关
[0050]	110 :操作放大器	120 :连续逼近寄存器
[0051]	130 :数字模拟转换器	140 :寄存器。



100

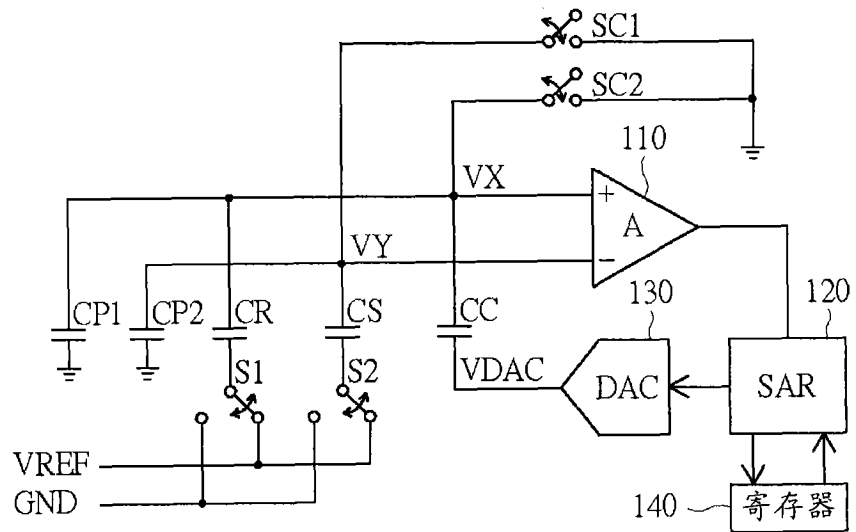


图 1

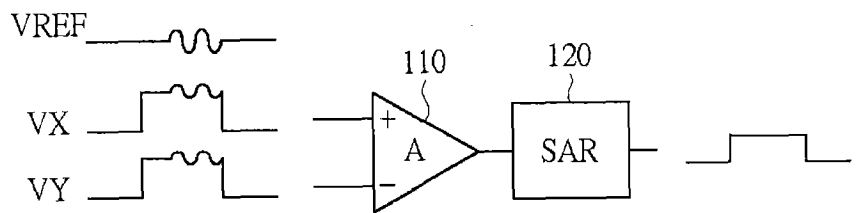


图 2

100

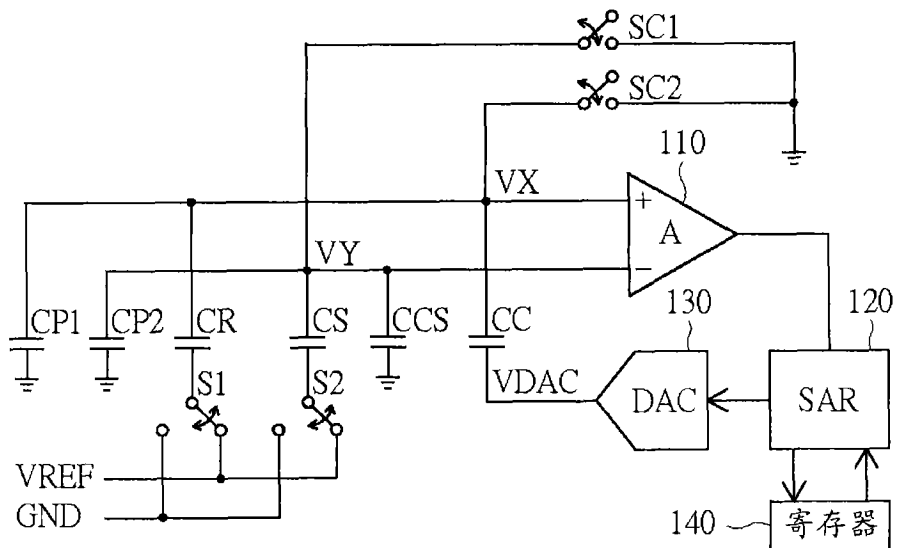


图 3