

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
H03G 1/00 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200480010286.6

[45] 授权公告日 2009年11月4日

[11] 授权公告号 CN 100557961C

[22] 申请日 2004.4.8

[21] 申请号 200480010286.6

[30] 优先权

[32] 2003.4.16 [33] EP [31] 03101041.6

[86] 国际申请 PCT/IB2004/050415 2004.4.8

[87] 国际公布 WO2004/093312 英 2004.10.28

[85] 进入国家阶段日期 2005.10.17

[73] 专利权人 NXP 股份有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

[72] 发明人 J·H·A·布里克曼斯

M·G·M·诺特坦

[56] 参考文献

EP0545536A1 1993.6.9

US5412346A 1995.5.2

US6046632A 2000.4.4

US5929706A 1999.7.27

US4855685A 0198.8.8

审查员 杨 鹏

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公  
司

代理人 王波波

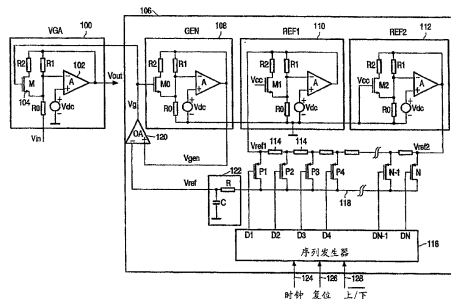
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 5 页

[54] 发明名称

一种具有可变增益放大器的电子电路

[57] 摘要

本发明涉及一种控制一个至少具有一个半导体开关的可变增益放大器的方法，当该半导体开关处于第一稳定状态时该放大器具有一个第一增益、并且一个第一栅极电压被施加到该半导体开关，以及当该半导体开关处于第二稳定状态时该放大器具有一个第二增益、并且一个第二栅极电压被施加到该半导体开关，由此一个第三栅极电压的序列被施加到该半导体开关以便在该第一和第二增益之间进行转换。



1、一种电子电路，包括：

一个至少具有一个半导体开关（104）的可变增益放大器（100；400；500；600），当该半导体开关处于第一稳定状态时该放大器具有一个第一增益、并且一个第一栅极电压被施加到该半导体开关，以及当该半导体开关处于第二稳定状态时该放大器具有一个第二增益、并且一个第二栅极电压被施加到该半导体开关；

控制装置（106，130），用于向半导体开关（104）施加一个第三栅极电压的序列以便在所述第一和第二增益之间进行转换，所述控制装置包括：

一个栅极电压发生器电路（108）；

一个第一参考电压电路（110）和一个第二参考电压电路（112），该栅极电压发生器电路、第一和第二参考电压电路对于该可变增益放大器在电气上是等效的，

其中该第一栅极电压被施加到该第一参考电压电路的半导体开关的栅极并且该第二栅极电压被施加到该第二参考电压电路的半导体开关的栅极，以便分别提供第一和第二参考电压，所述电子电路的特征在于还包括：

序列发生器装置（116），用于产生在该第一和第二参考电压之间转换的电压序列，该栅极电压发生器电路通过由该序列发生器装置提供的电压序列而被控制，从而产生所述第三栅极电压的序列。

2、根据权利要求1所述的电子电路，其中序列发生器装置（116）产生一个步进信号序列，该电子电路还包括用于对该步进信号序列进行低通滤波以获得所述第三栅极电压的序列的装置（122）。

3、根据权利要求1所述的电子电路，其中所述半导体开关的第一部分用于粗增益选择，并且所述半导体开关的第二部分用于精细增益选择。

4、根据权利要求1所述的电子电路，还包括用于复用该控制装置以在所述半导体开关之间施加所述第三电压的序列的装置，从而使得

所述半导体开关能够在对应的第一和第二稳定状态之间进行顺序转换。

5、根据权利要求1所述的电子电路，还包括一个在所述半导体开关的栅极和所述控制装置之间的接口电路（130），该接口电路具有一个存储器以存储所述半导体开关的当前稳定状态，以及将该半导体开关的当前稳定状态的状态信号提供给该控制装置。

6、根据权利要求1所述的电子电路，还包括用于借助一个交流漏极信号分量来调制所述栅极电压的装置（136）。

7、根据权利要求6所述的电子电路，该用于调制栅极电压的装置包括一个与一个电容串联的电阻（136），该电阻和电容的串联连接将所述半导体开关的漏极和栅极耦合在一起。

8、根据权利要求6所述的电子电路，该用于调制栅极电压的装置适于将所述半导体开关的栅-源电压的交流电压分量带到所述半导体开关的漏极电压和源极电压的平均值。

9、根据权利要求8所述的电子电路，一个电容和一个电阻的第一串联连接被耦合在所述半导体开关的栅极和漏极之间，以及一个电阻和一个电容的第二串联连接被耦合在所述半导体开关的栅极和源极之间。

10、根据权利要求6所述的电子电路，该用于调制栅极电压的装置适于在几个半导体开关上分割所述调制信号幅度。

## 一种具有可变增益放大器的电子电路

### 技术领域

本发明涉及可变增益放大器的领域，尤其涉及具有可以结合各种开关以多个离散步长进行选择的增益的连续模拟输出放大器。

### 背景技术

一种已知类型的可变增益放大器利用一个运算放大器，其中该放大器的增益由一个反馈电阻和一个串联电阻的比值决定。在这些类型的放大器电路中，增益能够通过提供反馈的电阻网络中设置各种开关而被选择。例如，美国专利 N. 4, 855, 685 显示了这样一个精度可切换增益电路以用作模拟到数字转换器的模拟接口。

可变增益放大器也被使用在电视调谐器中，以作为控制环路的一部分来实现自动增益控制（AGC）。以往技术的调谐器使用双栅极 MOS 晶体管，被施加到其第二栅极的 DC 电压允许控制跨导，以及从而控制增益。在这样一种以往技术调谐器中，增益控制是连续的。

通过设置多个开关来实现对增益的离散选择的可变增益放大器对诸如电视或电台调谐器这样的应用是无用的，因为增益的突然改变导致一个可见或可听到的信号失真。

### 发明内容

因此本发明目标在于提供一种用于控制一个可变增益放大器的改进方法，以减少在增益转换过程中的失真量。

本发明提供一种用于控制一个至少具有一个半导体装置的可变增益放大器的方法，以便在该可变增益放大器的第一和第二增益之间进行选择。通过将一个控制电压序列施加到该半导体装置来控制在该可变增益放大器的增益状态间的转换，从而借助一个步进序列来逐渐改变该半导体装置的控制电压。

这样实现在可变增益放大器的离散增益状态之间的逐步转换以消除转换失真。这能将具有离散可切换增益的可变增益放大器应用到例如电视和电台调谐器的应用中。

根据本发明的一个优选实施例，该步进信号序列在被施加到半导体装置的栅极之前被低通滤波，从而进一步减少在转换阶段中的失真。

根据本发明的另一个优选实施例，多个半导体开关的一个子集被用于粗增益控制，同时多个开关的另一个子集被用于精细增益控制。通过选择第一子集中的一个或更多开关和通过选择第二子集中的一个或更多开关来选择一个期望的增益。所选择的第一和/或第二子集的开关必须被打开或关闭。

通过施加该步进序列来逐步切换所选择的开关中的每一个，从而顺序执行这些开关操作。换句话说，通过将该步进序列接连施加到所选择开关而将所选择的开关一个接一个地设置为所需的开关状态。从而能够使用一个可在各个开关间被复用的单个序列发生器。

根据本发明的一个优选实施例，一个栅极电压发生器电路和第一以及第二参考电压电路被用于该步进栅极电压序列的产生。该栅极电压发生器电路和第一以及第二参考电压电路对所述可变增益放大器电路来说在电气上是等效的。

例如所述参考电压电路中的一个的开关的栅极电压被永远固定到供电电压电位，而另一个参考电压电路的栅极被永远固定到地。该序列发生器产生一个在由两个参考电压电路提供的参考电压值间转换的序列。这个步进电压序列被使用来控制该发生器电路，该发生器电路提供该栅极电压序列来转换该可变增益放大器的开关状态。

根据本发明的另一个优选实施例，在开关栅极和序列发生器之间提供一个接口电路。该接口电路的目的在于存储和保持开关的稳定状态。该接口电路提供一个相应的状态信号给该序列发生器，以在传输发生前将该开关的初始状态通知该序列发生器。

当从某个稳定状态到另一个稳定状态的转换被触发时，接口电路被切换以通过该开关的栅极来提供该栅极电压步进序列。当该转换序列已经被完成后，接口电路被切换回来以保持新的稳定状态。

根据本发明的另一个优选实施例，通过以一个存在于所述开关的漏极的交流信号分量调制该开关的栅极电压来进一步减少失真。例如，这个漏极信号能通过一个电阻和一个电容的串联连接被耦合到栅极。更优选的是，在几个开关上分割该调制信号幅度，以进一步减少总体失真。这样，当被用作一个可变电阻时，MOS装置的接通电阻调制被减少。因此由MOS装置引入的非线性被显著降低。

## 附图说明

下面，通过参考附图来详细描述本发明的优选实施例，其中：

图1显示了一个具有单个开关和用于提供在各个增益之间的可控转换的可变增益放大器的框图，

图2显示了一个具有多个开关以选择离散增益的可变增益放大器，

图3显示了一个用于在可变增益放大器开关的栅极和控制电路之间提供一个接口的接口电路，

图4显示了一个通过一个电阻和一个电容的串联连接来降低其MOS开关的接通电阻调制的可变增益放大器，

图5显示了图4的可变增益放大器的一个替换实施例，

图6显示了图4的可变增益放大器的另外一个替换实施例，其中在两个MOS开关上分割该调制信号幅度。

## 具体实施方式

图1显示了一个可变增益放大器(VGA)100。VGA 100具有用来提供输出信号 $V_{out}$ 的运算放大器102。输入信号 $V_{in}$ 通过电阻 $R_0$ 被耦合到运算放大器102的反相输入端。如果MOS晶体管开关104处于非导电关闭状态，通过电阻 $R_1$ 将输出信号 $V_{out}$ 反馈到运算放大器102的反相输入端；如果MOS晶体管开关104处于导电开启状态，该反馈通过与 $R_2$ 和MOS晶体管开关104的接通电阻并联的 $R_1$ 被提供。通过以MOS晶体管开关104控制反馈量，对于稳定状态可选择VGA 100的两个离散增益。

运算放大器102的非反相输入端被连接到电压 $V_{dc}$ 。

MOS晶体管开关104的栅极电压 $V_G$ 通过控制电路106被提供。控制电路106具有发生器电路108、参考电压电路110和参考电压电路112。发生器电路108、参考电压电路110和参考电压电路112具有与可变增益放大器100相同的拓扑，并且在电气上等效。

参考电压电路110的MOS晶体管开关 $M_1$ 的栅极电压被永远固定到电压 $V_{CC}$ ，而参考电压电路112的MOS晶体管开关 $M_2$ 的栅极电压被永远固定到地。

参考电压电路110在其输出端提供参考电压 $V_{ref1}$ ，同时参考电压电路112在其输出端提供参考电压 $V_{ref2}$ 。参考电压 $V_{ref1}$ 和 $V_{ref2}$ 被施加到 $N-1$ 个串联电阻114上。这样就在两个参考电压之间提供了 $N$

个离散电压。

这些离散电压中的任意一个通过一个相应的晶体管开关  $P_1, P_2, P_3, \dots, P_N$  可以被选择。晶体管开关  $P_1, \dots, P_N$  通过序列发生器 116 的对应输出  $D_1, D_2, \dots, D_N$  被控制。依赖于输出端  $D_1, D_2, \dots, D_N$  的状态, 所述多个离散电压中的一个被选择并且被耦合到线路 118。通过线路 118, 所选择的离散电压被施加到运算放大器 120 的反相输入端。优选地, 所选择的离散电压在被施加到运算放大器 120 的反相输入端之前通过低通滤波器 122 被低通滤波。

运算放大器 120 在其非反相输入端接收发生器电路 108 的输出电压  $V_{gen}$ 。运算放大器 120 的输出是栅极电压  $V_G$ , 其被施加到 MOS 晶体管开关 104 的栅极, 同时也被施加到发生器电路 108 的等效 MOS 晶体管开关  $M_0$  的栅极。这样, 发生器电路 108 被调节, 以使得对应于所选离散输出电压  $V_{ref}$  的  $V_G$  结果与某一个增益设置相对应。

序列发生器 116 具有输入端 124、126 和 128。一个时钟信号被施加到输入端 124。输入端 126 是一个复位输入端。通过输入端 128, 触发在各稳定状态之间的转换, 也就是从高增益转换到低增益或者从低增益转换到高增益。

例如,  $VGA\ 100$  处于一个低增益稳定状态, 也就是  $V_G = V_{cc}$ 。当序列发生器 116 在其输入端 128 接收到一个触发信号, 这会触发从  $VGA\ 100$  的低增益稳定状态到其对应于“ $V_G = \text{地电压}$ ”的高增益稳定状态的受控转换。

该序列的第一个元素用于打开晶体管  $P_1$ , 以选择电压  $V_{ref1}$ 。这通过声明 (assert) 序列发生器 116 的信号输出端  $D_1$  来实现。在一个特定的预定时间间隔之后, 例如在输入端 124 的下一个时钟脉冲下, 输出端  $D_1$  被去声明并且输出端  $D_2$  被声明以打开晶体管  $P_2$ , 从而选择一个在  $V_{ref1}$  上递增一个步长的  $V_{ref}$ 。这导致被施加到 MOS 晶体管开关 104 栅极的  $V_G$  的一个相应的下降。

在下一个预定时间间隔已经经过之后,  $D_2$  被去声明同时  $D_3$  被声明以打开晶体管  $P_3$ , 从而实现  $V_{ref}$  的下一个递增。这个过程持续, 以便  $V_{ref}$  步进式地从  $V_{ref1}$  增加到  $V_{ref2}$ 。这导致  $V_G$  的一个相应的改变, 以使得  $VGA\ 100$  以一种受控方式从其低增益稳定状态转换到其高增益稳定状态, 这种受控方式限制了瞬变非线性效应, 以及因此限制了失

真。

图 2 显示了具有多个 MOS 晶体管开关 104 的 VGA 100 的一个替换实施例。在这里考虑的例子中，提供 9 个开关以用于粗增益控制，提供 10 个开关以用于精细增益控制。下表 1 显示了用于粗增益控制的栅极信号 A 到 I 的一个真值表，同时下表 2 显示了用于精细增益控制的栅极信号 J 到 S 的一个真值表。

|    |   | 开关 MOST 的栅极 |   |   |   |   |   |   |   |
|----|---|-------------|---|---|---|---|---|---|---|
| 增益 | A | B           | C | D | E | F | G | H | I |
| -6 | 0 | 0           | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| -4 | 1 | 0           | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| -2 | 1 | 1           | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0  | 1 | 1           | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2  | 1 | 1           | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4  | 1 | 1           | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6  | 1 | 1           | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 8  | 1 | 1           | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 10 | 1 | 1           | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 12 | 1 | 1           | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

表 1 (粗步长)

|     |   | 开关 MOST 的栅极 |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|---|-------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 增益  | J | K           | L | M | N | O | P | Q | R | S |
| 0   | 0 | 0           | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0.2 | 0 | 0           | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0.4 | 0 | 0           | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 0.6 | 0 | 0           | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0.8 | 0 | 0           | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1   | 0 | 0           | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1.2 | 0 | 0           | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1.4 | 0 | 0           | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1.6 | 0 | 1           | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1.8 | 1 | 1           | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

表2 (精细步长)

为了控制在图 2 的 VGA 100 的两个离散增益之间的转换, 控制电路 106 能被复用以避免对于信号 A 到 S 中的每一个具有一个分离的控制电路 106。这能通过图 3 的接口电路 130 来实现。

在图 3 的实施例中, 图 2 的 VGA 100 被使用; MOS 晶体管开关 104 的栅极电压 (信号 A, B, ..., S) 需要依赖于所选离散增益的转换控制。

接口电路 130 被连接到 VGA 100 的信号 A。接口电路 130 具有用于存储 MOS 晶体管 104 的当前稳定状态的触发器 132, 其被栅极信号 A 控制。由于 MOS 晶体管开关 104 的当前开关条件仅存在两个替换的稳定状态, 所以开关 S2 要么被连接到 Vcc, 要么被连接到地。该电位通过开关 S1 被耦合到信号 A。

触发器 132 的 Q 输出端提供信号 pState, 其被耦合到序列发生器 116 (图 1) 以将 VGA 100 的当前稳定状态通知给序列发生器 116。在从一个稳定状态到另一个的转变期间, 开关 S1 的位置被改变, 以便把由控制电路 106 提供的信号 VG 耦合到信号 A。在转换阶段之后, 开关 S1 被移回其初始位置; 同时开关 S2 的位置已经被改变, 以便保持新的稳定状态。

在所述转换已经完成之后, 控制电路 106 能被耦合到信号 B 或依赖于所需开关操作的信号 B 到 S 中的另外一个的接口电路 130。通过提供接口电路 130 给信号 A 到 S 中的每一个, 控制电路 106 能被复用, 从而顺序实现 MOS 晶体管开关 104 的各开关状态的所需转换。

在操作中, 通过接口电路 130 和控制电路 106 来执行下面的方法, 从而执行准连续增益转换:

- 将控制电路 106 的输出信号 VG 耦合到接口电路 130 的 VG 输入端, 同时将接口电路 130 的信号 pState 耦合到控制电路 106 的输入端 128。这通过一个复用器来完成, 该复用器将控制电路 106 的输出 VG 复用到各个接口电路 130, 以及将各个接口电路 130 的 pState 信号复用到信号控制电路 106 (即输入端 128),

- 设置 “使能 = 1” 以激活接口电路 130,

- 在输入端 128 通过序列发生器 116 (图 1) 读取信号 pState,

- 设置控制电路 106 的输出信号 VG 的起始值以匹配对应于由 pState 指示的当前开关位置的 VG 值,

-将信号 T1 施加到翻转触发器 134; 这样 S1 的位置被改变, 以选择从控制电路 106 输入的外部 VG,

-通过顺序地打开晶体管 P1 到 PN 来启动 VG 的步进式转换,

-将信号 T1 施加到翻转触发器 134 以将开关 S1 带回到其初识保持的位置。同时 T2 被施加以便触发触发器 132, 从而将开关 S2 设置为对应于新稳定状态的电压电位,

-通过设置“使能=0”来禁用接口电路 130,

-将控制电路 106 耦合到需要其开关状态的转换的 MOS 晶体管开关 104 的下一个栅极信号输入。

图 4 显示了可变增益放大器 400 的一个替换实施例。以与图 1 中的可变增益放大器 100 相同的符号来表示图 4 中的可变增益放大器 400 的类似元件。

在图 4 的实施例中, 通过以存在于 MOS 晶体管开关 104 的漏极处的 AC 信号来调制 MOS 晶体管开关 104 的栅极电压, 减少了具有两倍于输入信号  $V_{in}$  的频率的接通电阻的调制。这通过借助于电阻 136 和电容 138 的串联连接将晶体管开关 104 的漏极耦合到栅极来实现。

在所述漏极和源极之间的 AC 电压依赖于 MOS 晶体管开关 104 的接通电阻。由于事实上 MOS 晶体管开关 104 是一个对称装置, 所以漏极和源极能被互换。相对于承载最低电位的端子的栅极电压确定沟道的接通电阻。这种非线性通过栅极电压的调制而被补偿。

图 5 显示了通过使得栅-源 AC 电压为漏极电压和源极电压的平均值来进一步减少这种调制的一种可能性。电阻 R3 和 R5 相等, 电容 C2 和 C3 也相等。因此, 存在于栅极处的信号是存在于漏极和源极处的信号的平均值。这样, 图 5 的可变增益放大器 500 的线性被进一步改善。

图 6 显示了可变增益放大器 600 的另一个实施例。在图 6 的实施例中, 固定的反馈电阻被分为两个电阻 R1 和 R3, 同时中心抽头经电容 C1 被连接到 MOS 晶体管开关 104 的栅极。晶体管 R4 和 R5 被用于减少寄生效应的影响。

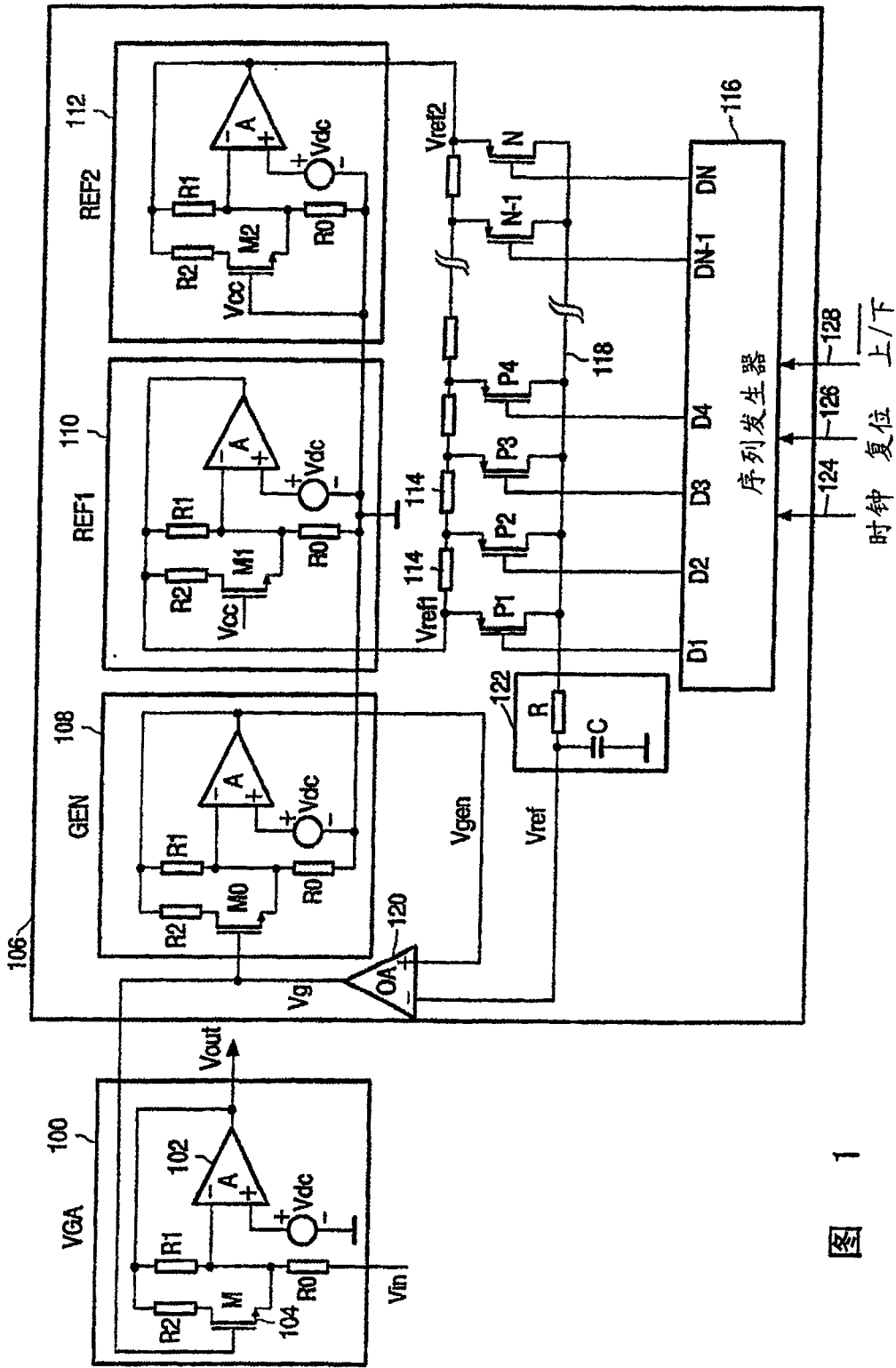


图 1

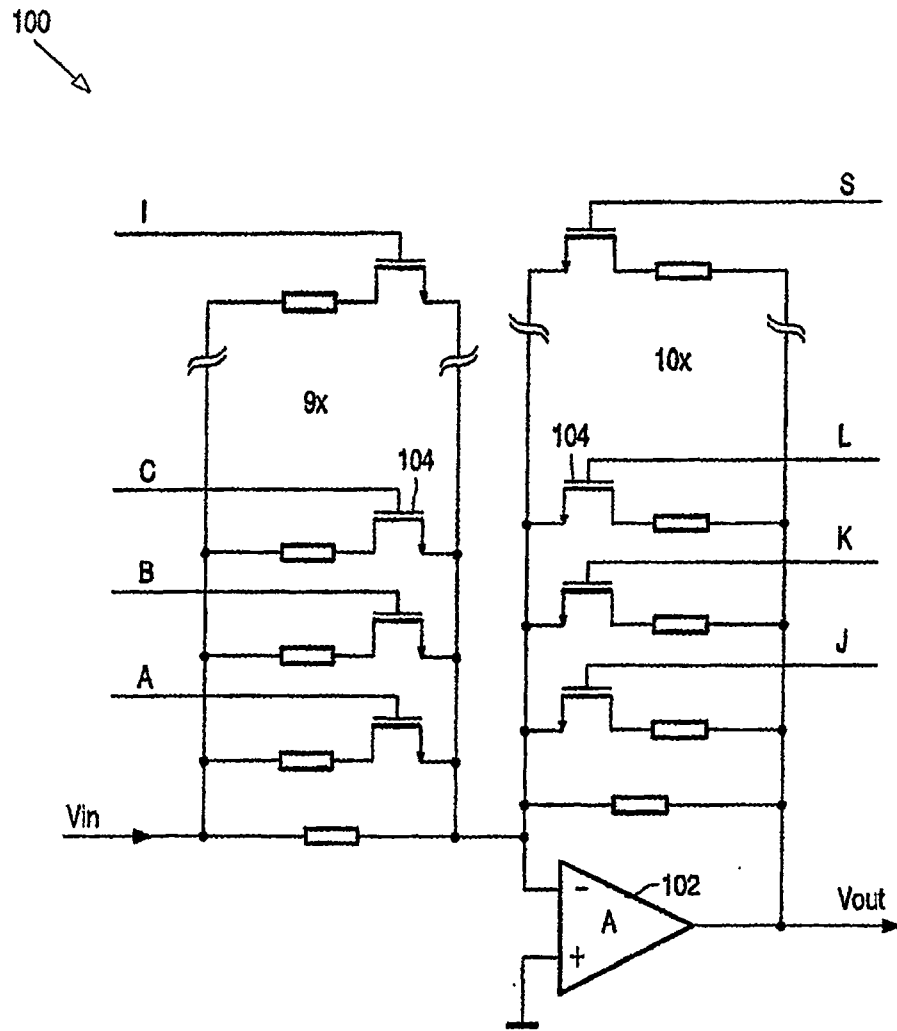


图 2

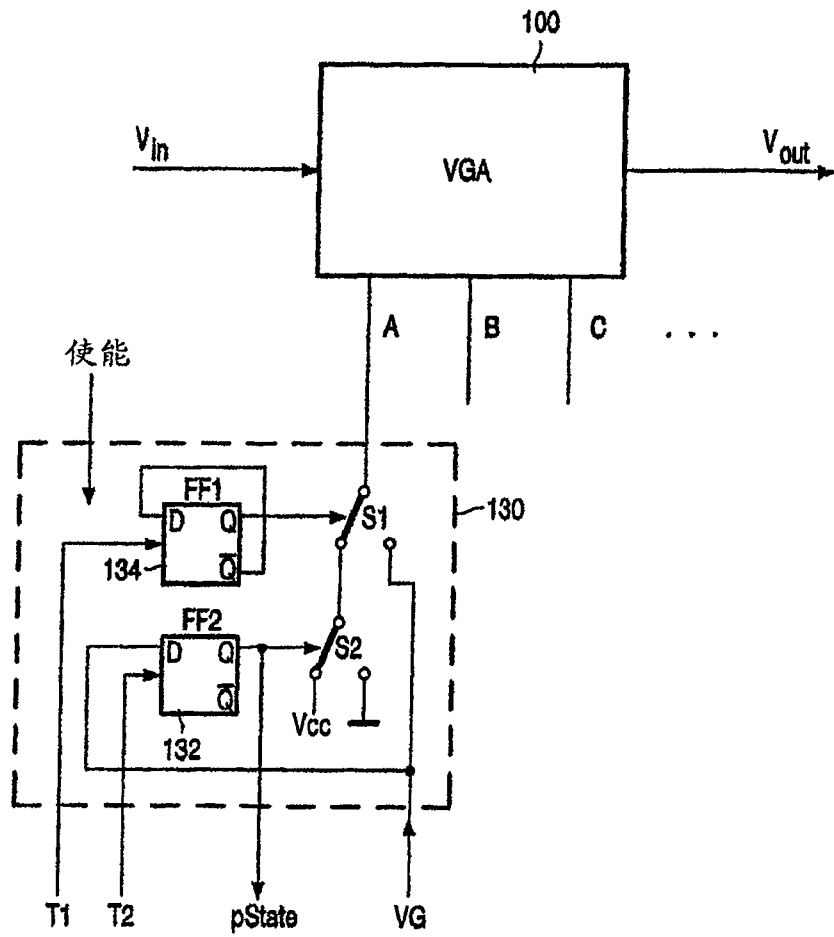


图 3

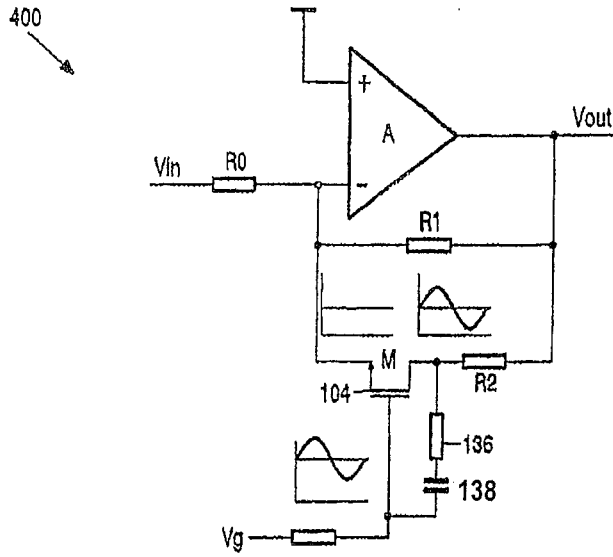


图 4

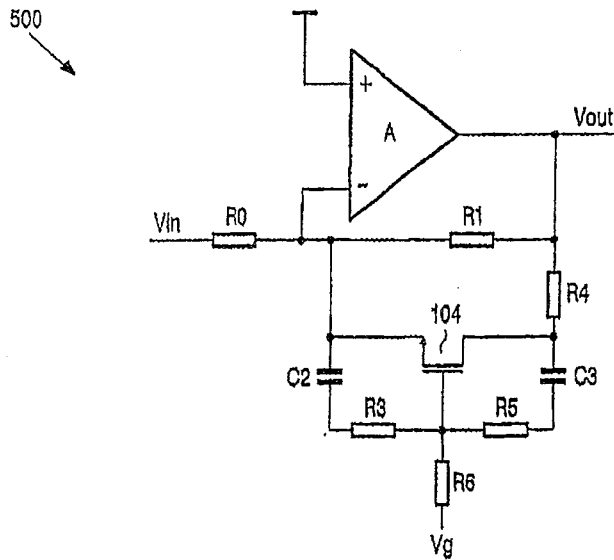


图 5

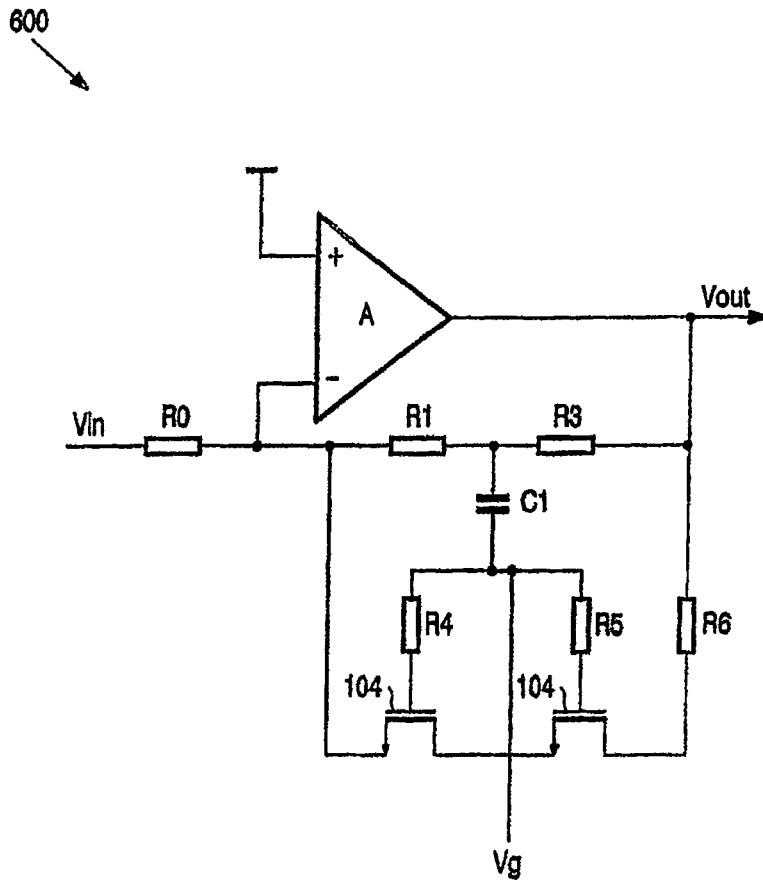


图 6