



(12) 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 93106002.8

[51] Int.Cl⁵
H03F 3/217

[43] 公开日 1993 年 12 月 29 日

[22] 申请日 93.5.20

[30] 优先权

[32] 92.5.20 [33] US [31] 07/887,168

[71] 申请人 戴布罗研究公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 罗吉·西亚歌

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
代理人 程伟

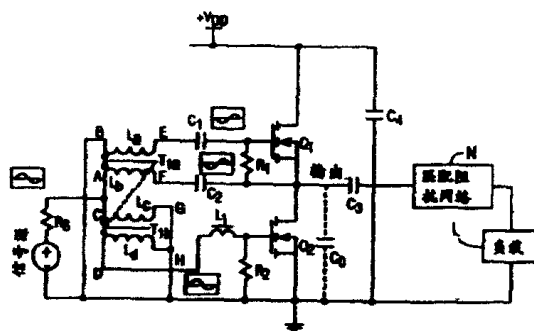
H05B 41/24

说明书页数: 10 附图页数: 3

[54] 发明名称 零电压互补开关的高效率 D 类放大器

[57] 摘要

本发明涉及一种高效率 D 类放大器。此放大器包含有两个晶体管, 依序转换通断。其输出是由两个晶体管间的公共节点上输出。确保每一晶体管于其接通时, 其上电压大体上为 0, 此时放大器的效率大为增加。此优点经由在公共节点上连接一电感的方式而获致, 因此使储存于任何杂散电容内的电能均于任一晶体管接通之前转移到电感上。



权 利 要 求 书

1、一种放大器，包括：

串联的第一和第二转换装置；

用以控制第一转换装置的第一门控装置；

用以控制第二转换装置的第二门控装置；

一个联接到第一门控装置和第二门控装置的信号源，该信号源使所述的第一转换装置和所述的第二转换装置顺序断开和闭合，第一和第二转换装置其中之一为断开时，另一个为闭合，且还有一个时间段，在该时间段内第一和第二转换装置均为断开；

其中，所述的放大器有固有的电容，当第一和第二转换装置其中之一断开时，固有的电容储存能量；以及储存能量的装置，该装置在所述的时间段内接收储存在固有电容中的能量，以便减少加在第一和第二转换装置上的电压，使之在从断开转为闭合的情况下几乎为零。

2、如权利要求1所述的放大器，其中所述的信号源包含所述的储存能量的装置。

3、如权利要求1所述的放大器，其中所述的信号源包含有一个具有初级线圈和次级线圈的变压器，所述的用于储存能量的装置包含有初级线圈。

4、如权利要求3所述的放大器，其中所述的第一转换装置含有一个第一晶体管，所述的第二转换装置含有一个第二晶体管。

5、如权利要求3所述的放大器，其中所述的变压器包含有平衡一不平衡变压器。

6、如权利要求1所述的放大器，其中所述的储存能量装置含有其值为 L_b 的电感，如：

$$L_b = \frac{4\Delta t^2}{\pi^2 C_0}$$

其中： Δt 为所述时间段；

C_0 为所述的放大器的固有电容量。

7、如权利要求5所述的放大器，其中所述的信号源进一步包括一普通的变压器，所述的平衡一不平衡变压器与所述的第一门控装置相连接，所述的普通变压器与第二门控装置相连接。

8、如权利要求7所述的放大器，其中所述的普通变压器和平衡一不平衡变压器均包含有初级线圈和次级线圈。

9、如权利要求8所述的放大器，其中所述的平衡一不平衡变压器上的初级线圈具有的自感 L_b 基本上等于平衡一不平衡变压器上的次级线圈的自感 L_a ，普通变压器的初级线圈具有的自感 L_c ，其基本上等于普通变压器的自感 L_d ， L_b 和 L_c 均大于 L_a 和 L_d 。

10、如权利要求9所述的放大器，其中 L_c / L_b 的比为衰减因子，其代表从所述的第一和第二转换装置间的公共节点输出至所述的平衡一不平衡变压器和普通变压器的初级线圈间的公共节点的正反馈信号是衰减

的。

1 1、如权利要求 9 所述的放大器，包括一个连接于所述的普通变压器和所述的第二门控装置之间的电感。

1 2、一种无电极放电灯，包括：

一种有如权利要求 1 - 1 1 中之一所述的放大器，并且在靠近密闭容器的位置安装有感应线圈，该密封容器内有包含有金属蒸汽的气体，所述的放大器与所述的感应线圈相连接。

1 3、如权利要求 1 2 所述的无电极放电灯，其中所述的密封容器用荧光粉涂覆。

1 4、如权利要求 1 2 所述的无电极放电灯，其中通过所述密封容器内含有的气体产生可见光。

1 5、一种无电极放电灯，包括：

一个振荡信号源；

一个安装到密封容器附近的感应线圈，所述的密封容器含有金属蒸汽，以及，

一个与所述的感应线圈相连接的放大器，所述的放大器包括：

串联的第一和第二转换装置；

用于相继断开和闭合第一转换装置的第一门控装置；

用于相继断开和闭合第二转换装置的第二门控装置；

其中 (i) 所述的放大器被设计成有一个时间段，在该时间段内第一和第二转换装置均为断开，以及

(i i) 所述的放大器具有一个固有的电容，该电容在第一和第二转换装置为断开时储存能量；以及

一个储存能量的装置，该装置接收储存在所述的固有电容中的能量以便减少加在第一和第二转换装置其中之一上的电压，使当第一和第二转换装置其中之一从断开转换到闭合时的情况下电压几乎为零。

16、如权利要求**15**所述的无电极放电灯，其中所述的感应线圈位于由密封容器的外表面所形成的空腔中间。

17、如权利要求**16**所述的无电极放电灯，其中所述的储存能量的装置包含有一个电感。

18、如权利要求**17**所述的无电极放电灯，其中所述的第一转换装置含有第一晶体管及第二转换装置含有第二晶体管。

19、如权利要求**18**所述的无电极放电灯进一步包括有一个与所述第一门控装置相连接的平衡—不平衡变压器，其中所述的储存能量的装置至少部分包括在所述的平衡—不平衡变压器内。

20、如权利要求**19**所述的无电极放电灯进一步包括一个普通变压器，其中所述的平衡—不平衡变压器及所述的普通变压器配置成所述的第一和第二转换装置在所述的时间段内是断开的。

21、如权利要求**11**所述的放大器，其中所述的电感具有一个所选定的值，以便使施加到第二门控装置的信号产生相位延迟。

22、如权利要求**1**所述的放大器，其中储存能量的装置包含有一个选定值的电感，以便使所有储存在固

有电容内的能量在所述的时间段内转移到所述的电感上。

零电压互补开关的高效率
D类放大器

本发明涉及D类放大器，尤其是涉及高效率D类放大器，此等放大器适于提供高频信号予无电极放电灯内的感应线圈。

D类放大器的基本形式如图1所示。两个晶体管 Q_A 和 Q_B 均由变压器予以驱动以转换于接通与关断之间而使彼此相位相差为 180° 。此两个晶体管相当于图2中所示的双刀开关，并于其公共节点上产生方波输出，该波形与图3中所示波形相仿。

理想的是，D类放大器的效率应为100%，即，在晶体管 Q_A 和 Q_B 再重复转换通断时，应完全不消耗功率。但是，实际上，晶体管 Q_A 和 Q_B 本身均具有其驻在电阻，通常称为晶体管的驻在电阻。此等晶体管也有其固有电容，如图1中所示为电容器 C_A 和 C_B ，此等电容器于其关断时，乃能充电而产生电压。因此，当其接通时，晶体管上因有电压差，结果流经晶体管的电流使能量变为热量而散失。此能量损失可表示为 CV^2f ，其中的 C 表示晶体管的固有电容（其值为 C_A 或 C_B ）， V 为直流输出电压（ V_{DD} ），而 f 为放大器驱动时的频率。实际上，高频D类放大器的标准工作效率约为50%至60%。此效率损失的大部分是由于晶体管固有电容造成的。此一低效率，对于显著功率损失无法承受的无电极放电灯和其他装置，D类放大器的适合

性已大受限制。

在实际工作中，具有相同电特性的晶体管 Q_A 和 Q_B ，并不为图3中所示的立即和同时接通和关断。反之，来自变压器的输入标准的正弦波形，当其到达其阈值电压 V_{th} 时才使每一晶体管接通，如图4中所示。因此，在晶体管其中之一关断而另一晶体管接通之间有一个时间段。因此，其输出信号并非为完全方波，而有一倾斜过度时间，如图5所示，其时间段为 Δt 。此外，每一晶体管的接通或关断均须有一定的时间。

本发明的目的在于提供一种工作效率高的D类放大器。

本发明的另一个目的在于提供一种使用该D类放大器的无电极放电灯。

为了达到上述发明目的，本发明的一种D类放大器，包括：

串联的第一和第二转换装置；

用以控制第一转换装置的第一门控装置；

用以控制第二转换装置的第二门控装置；

一个联接到第一门控装置和第二门控装置的信号源，该信号源使所述的第一转换装置和所述的第二转换装置顺序断开和闭合，第一和第二转换装置其中之一为断开时，另一个为闭合，且还有一个时间段，在该时间段内第一和第二转换装置均为断开；

其中，所述的放大器有固有的电容，当第一和第二转换装置其中之一断开时，固有的电容储存能量；以及

储存能量的装置，该装置在所述的时间段内接收储存在固有电容中的能量，以便减少加在第一和第二转换装置上的电压，使之在从断开转为闭合的情况下几乎为零。

本发明的另一个使用D类放大器的无电极放电灯，包括：

一个振荡信号源；

一个安装到密封器附近的感应线圈，所述的密封容器含有金属蒸汽，以及，

一个与所述的感应线圈相连接的放大器，所述的放大器包括：

串联的第一和第二转换装置；

用于相继断开和闭合第一转换装置的第一门控装置；

用于相继断开和闭合第二转换装置的第二门控装置

其中 (i) 所述的放大器被设计成有一个时间段，在该时间段内，在第一和第二转换装置均为断开，以及

(ii) 所述的放大器具有一个固有的电容，该电容在第一第二转换装置为断开时储存能量；

一个储存能量的装置，该装置接收储存在所述的固有电容中的能量，以便减少加在第一和第二转换装置其中之一上的电压，使当第一和第二转换装置其中之一从断开转换到闭合时的情况下电压几乎为零。

在本发明的D类放大器中，放大器的内在电感是依电容方式耦合至两个晶体管间的公共节点上。此电感实际上与晶体管的固有电容及电路上其他杂散电容构成一

谐振电路，此等电容总称为输出电容 C_o 。电感的选定，在两个晶体管均关断时的时间段 Δt 内，其储存于输出电容 C_o 内的功率转移至电感内。因此当一个晶体管关断时，在输出电容 C_o 与电感之间发生能量转移，而另一晶体管接通时，其上不致有电压降。如上所述，这就是使晶体管转换功率损失减小至最低限度所需要的条件。

因此，由此电感与输出电容所构成的谐振电路，使储存于输出电容内的能量转移至电感上，而不致于在晶体管接通时经由电流流通和热损失而消耗掉。

本发明原理特别适用于诸如无电极放电灯装置，其中对于灯的整体效率十分重要的是，使传输到感应线圈的振荡信号放大时的功率损失减少至最低限度。

下面结合附图和实施例对本发明作进一步详细说明。

附图简要说明：

图1所示为传统型D类放大器电路图。

图2所示为D类放大器的等效电路。

图3所示为D类输出放大器的理想化输出。

图4所示为由信号源至D类放大器的输入。

图5所示为将转换延迟计算在内时，D类放大器的输出。

图6所示为本发明的D类放大器电路图。

图7所示为图6的D类放大器中的变压器。

图8所示为D类放大器的输入和输出信号的重叠视图。

图9所示为图6的D类放大器中的谐振电路。

图10所示为本发明D类放大器与无电极放电灯相连接的方块图。

图6所示为本发明高效率D类放大器电路图。信号源S输送正弦波输入信号， R_s 表示信号源S的阻抗。此输入信号被输送至变压器组件 T_1 ，此组件包括变压器 T_{1a} 和 T_{1b} ，共用同一磁心CR，如图7所示。变压器 T_{1a} 和 T_{1b} 各绕组在图6和7中标示为 L_a ， L_b ， L_c 和 L_d （ L_a-L_d 有时称为每一个别绕组的自感）上。如图7所示，绕组 L_a 和 L_b 为双线绕卷于磁心CR的一侧，而绕组 L_c 和 L_d 为双线绕卷于磁心CR的另一侧。绕组 L_a 和 L_b （变压器 T_{1a} ）间及绕组 L_c 和 L_d （变压器 T_{1b} ）间的耦合接近1，同时由于变压器 T_{1a} 和 T_{1b} 位于磁心CR的之间相反端侧（约相隔 180° ），且由于磁心CR的磁导率极低。其间的偶合极低（标准的约0.5）。由于下述理由，变压器 T_{1a} 的匝数较变压器 T_{1b} 的匝数为多。

转换功能是经由晶体管 Q_1 和 Q_2 所提供，每一晶体管均为N通道功率金属氧化物转体场效晶体管（MOSFET）。晶体管 Q_1 和 Q_2 串联于直流电源电压 V_{DD} 与接地之间，晶体管 Q_1 的源极端与晶体管 Q_2 的漏极端构成公共节点，代表放大器输出。此输出馈输至匹配阻抗网路N与负载L上。匹配阻抗网路N有多种变化，为本领域技术人员所熟知。

绕组 L_a 末端E经由耦合电容器 C_1 与晶体管 Q_1 的栅极相耦合。绕组 L_b 末端F经由耦合电容器 C_2 与

输出相交流耦合，而绕组 L_4 末端 D 经由电感 L_1 与晶体管 Q_2 的栅极端相连接。图 6 中所示的电容器 C_1 ， C_2 和 C_3 均用以作为交流耦合电容器。电容器 C_4 用以作为交流旁路电容器，以确保晶体管 Q_1 漏极端与电流接地间的交流阻抗维持一最小值。电阻器 R_1 和 R_2 均分别连接于晶体管 Q_1 和 Q_2 的栅极与源极端之间，并确保晶体管栅极保持在直流为零的基础上。

变压器 T_{1a} 构成为平衡—不平衡传输变压器，使来自信号源 S 的信号反相施加反相信号于晶体管 Q_1 的栅极上。（平衡—不平衡变压器见郝伯特·L·克劳斯等人合著，于 1980 年由约翰·卫里父子出版社出版的 *Solid State Radio Engineering* 一书第 374 页，并已纳入本说明中供参考。）另一方面，变压器 T_{1b} 为普通变压器，此变压器输送信号给晶体管 Q_2 栅极，此信号与来自信号源 S 的信号同相。因此，当来自信号源 S 的信号变高时，变压器 T_{1b} D 端输出也变高，而使晶体管 Q_2 接通。同时，来自变压器 E 端输出，以 F 端为基准变低，使晶体管 Q_1 关断。磁心 CR 上的平衡—不平衡变压器 T_{1a} 与普通变压器 T_{1b} 的配置根据所示方式相助，使之当晶体管 Q_1 和 Q_2 中其一关断，而另一晶体管接通时的时间有适当的间隔。此外，电感 L_1 使施加于晶体管 Q_2 的栅极的信号产生相位延迟，使晶体管 Q_1 和 Q_2 均于输出信号每一次转变时关断若干时间（或使晶体管 Q_1 和 Q_2 间的重叠减小至最低限度）。

画有虚线的电容器 C_o 乃表示放大器的整体输出电容。因此，此电容包括晶体管 Q_1 和 Q_2 的固有电容（相交于图 1 中的电容器 C_A 和 C_B ）以及电路中的任何其他杂散电容。

图 8 所示为来自信号源 S 的输入信号与输出信号相重叠的视图，而图 9 所示为 D 类放大器中所发现谐振电路的理想形式。图 8 特别显示输入信号小于任一晶体管 Q_1 和 Q_2 的阈电压 V_{th} 的时间段 Δt 。如上文所述，此是表示两个晶体管均关断的时间段。当在此状况时，晶体管 Q_1 和 Q_2 间的公共节点在浮动，且实际上已建立起谐振电路。如图 9 所示，此谐振电路包括有电容器 C_o ，电感器 L_b （此为变压器 T_{1-2} 的一部分），及由 L_b 和 C_o 所组成的充电循环通路的等效串联电阻 R_o 等，当 R_o 值小时，此电路的自然频率 f_n 可根据下述关系调节：

$$f_n = \frac{1}{2 \pi \sqrt{L_b C_o}} \quad (1)$$

因此，在晶体管 Q_1 和 Q_2 均关断时，电容器 C_o 上积聚的电荷开始经由图 9 所示的谐振电路，依电路自然频率所决定的速率放电。所需要的条件是当晶体管接通时，每一晶体管 Q_1 和 Q_2 上的电压将为 0。 C_o 上电压由 $+V_{DD}$ 下降至 0 所需时间在自然频率为 f_n 时，为信号循环时长的四分之一。因此，如晶体管 Q_2 接通

时， C_o 上电压须为0时，应获得下式的关系：

$$\Delta t = \frac{1}{4f_n} \quad (2)$$

综合（1）与（2）式可求出所需的 L_b 值。

$$f_n = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_b C_o}} = \frac{1}{4\Delta t} \quad \text{或} \quad L_b = \frac{4\Delta t^2}{\pi^2 C_o}$$

为保持这种关系，在稳定状态下当个晶体管均关断时，储存于 C_o 内的能量于 Δt 期间转移至电感 L_b 内，而非为流经接通的晶体管 Q_1 或 Q_2 中其一的电流产生热而散失掉。所储存能量于 C_o 与 L_b 之间来回转移（“飞轮”效应）而不致散失掉。

在较佳实施例中，应获致下述关系：

$$L_a = L_b \gg L_c = L_d$$

理想的是， L_a 或 L_b 值约为 L_c 或 L_d 值的十倍。为此由放大器输出反馈回至共同输入节点（A或C）上的能量大为衰减。绕组 L_b 和 L_c 相交于输出端与电路接地间的分压器。结果，经由信号源S供应的输入驱动功率减小至最低限度，同时使放大器显示更佳稳定性。使绕组 L_c 设定于与绕组 L_b 比较为相当低值时，使 L_c 值及信号源S的低阻抗，在计算电路谐振频率时，可忽略不计，如图9中所示。而且， L_c 的低值使公共节点上的阻抗由于绕组 L_c 低阻抗而获相对固定。但是，

绕组 L_a 和 L_b 均应提供给信号源 S 足够的阻抗。

本发明 D 类放大器可与需要高效率放大的任何类型装置配合使用。而对于无电极放电灯尤其有用，如图 10 中所示。美国专利第 4, 010, 400 号中所述，已供参考，无电极放电灯标准的包括有感应线圈，此线圈受高频率激励而能经由电磁场使能量转移到气体混合物上。此气体混合物包括水银汽和惰性气体，均纳入封闭容器内，容器内表面涂有荧光粉。当如此受激励时，水银汽原子乃被激化而发出辐射（主要于紫外光谱上），而此辐射使荧光粉产生可见光。

如图 10 所示，电源 50 向振荡器 51 和放大器 52 供应电源，此振荡器通常在 13.56MHz 下工作，此频率经由 FCC 保留给予工业，科学和医药（ISM）业者使用。放大器 52 的输出经由滤波器和匹配网路 53 传送至感应线圈网络 54，此一网络置于玻璃容器 55 的中央。网络 53 优选为匹配阻抗和滤波器网络。为说明本发明应用于无电极放电灯方面的诸多利益，假定直流电源电压为 130V，频率为 13.56MHz，根据公式 CV^2f ，整体电容量 $C_0 = 40\text{pF}$ 时，其功率损失标准的约等于 9 瓦特。此约为 19 瓦特灯泡一半的额定功率消耗。利用本发明技术，放大器效率可由 50% 或 60% 增加至约 95%，而功率损失下降至约 1 瓦特。

上述实施例意为说明性质而无限制性。各种替换性实施例当必为本领域技术人员所熟知，而所有类似替换

性实施例均在本发明的范围内，即如权利要求所限定的范围。例如，虽述及美国专利案第4, 010, 400号中所述的无电极放电灯，本发明放大器也可与其他类型无电极放电灯配合使用。而且，本发明原理适应于经封闭气体直接产生，而非经由施加于密封容器表面上荧光粉涂层所产生可见光的无电极放电灯。

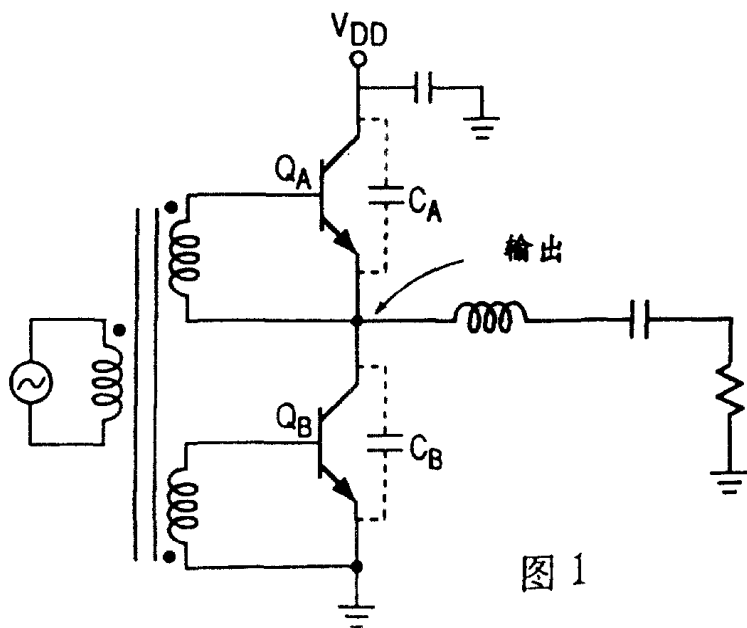


图 1

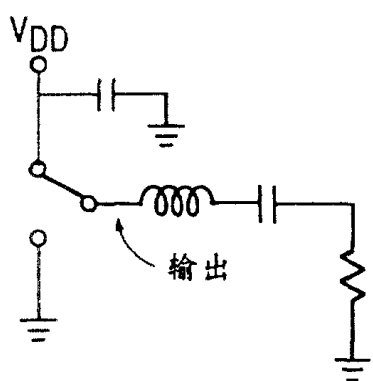


图 2

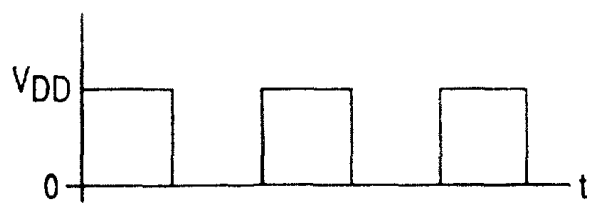


图 3

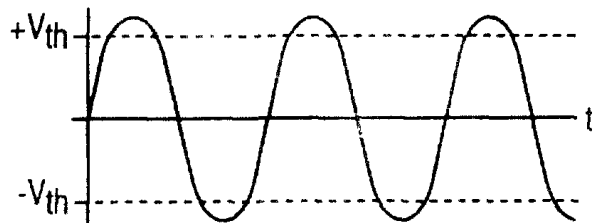


图 4

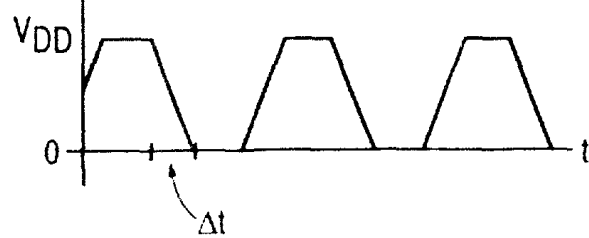


图 5

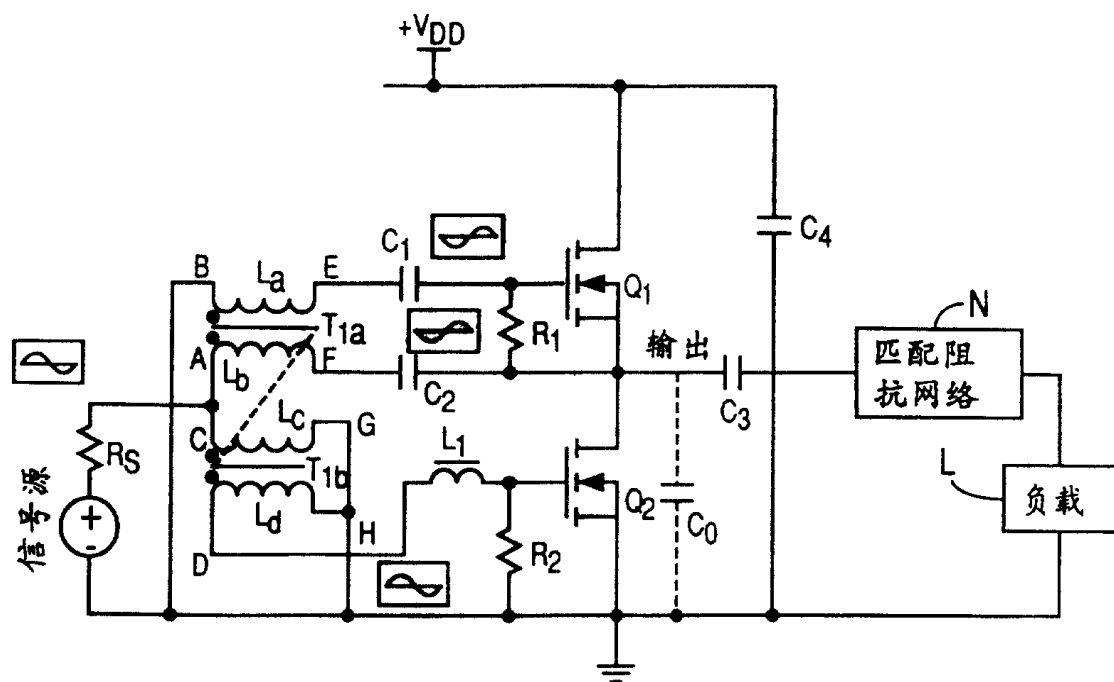


图 6

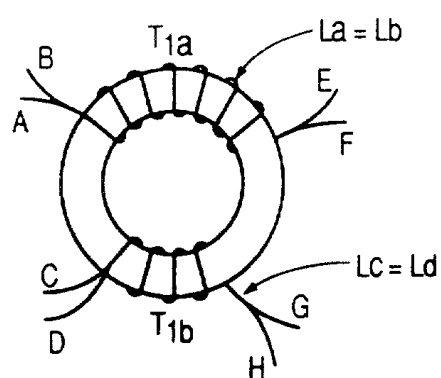


图 7

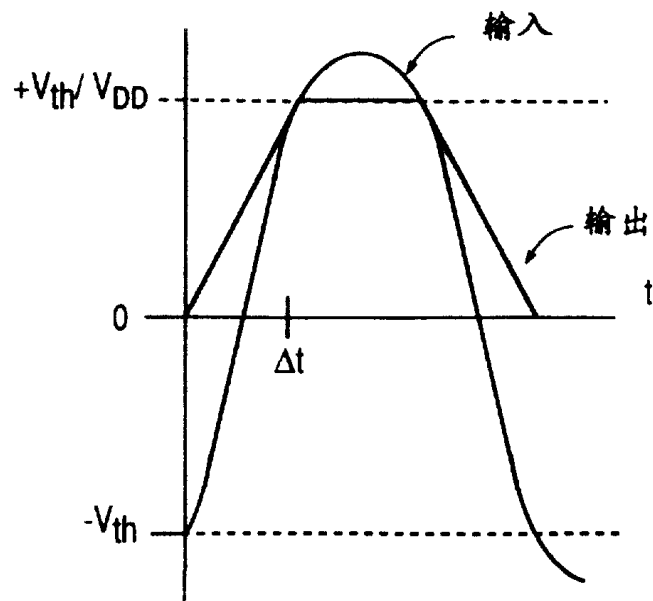


图 8

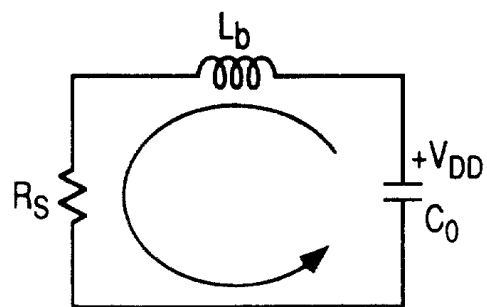


图 9

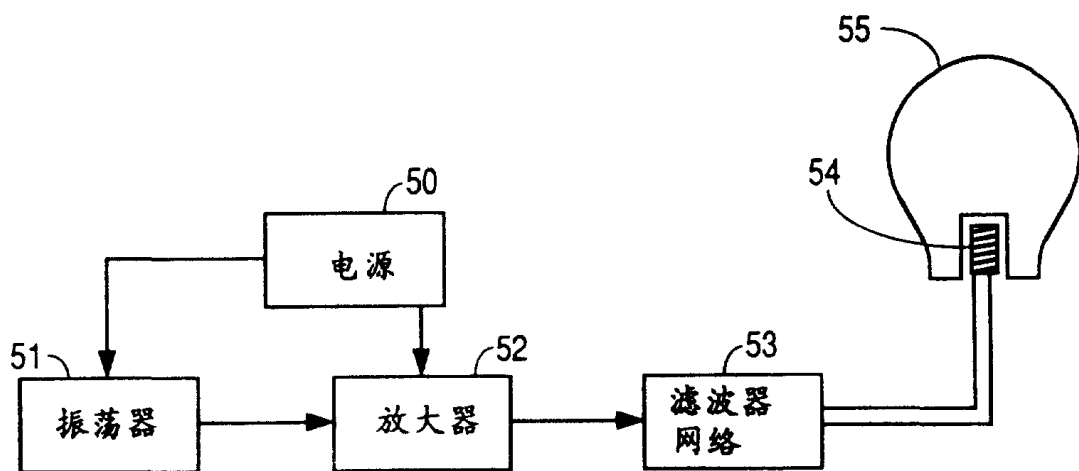


图 10