

[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 95108681.2

[45] 授权公告日 2001 年 11 月 28 日

[11] 授权公告号 CN 1075686C

[22] 申请日 1995.8.1

[21] 申请号 95108681.2

[30] 优先权

[32]1994.8.1 [33]JP [31]180309/1994

[73] 专利权人 株式会社东芝

地址 日本神奈川

[72]发明人 萩野秀幸

[56] 参考文献

EP 0086026 1983. 8.17 H03H11/12

US 3949316 1976. 4. 6 H03F3/16

审查员 吴兴华

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所

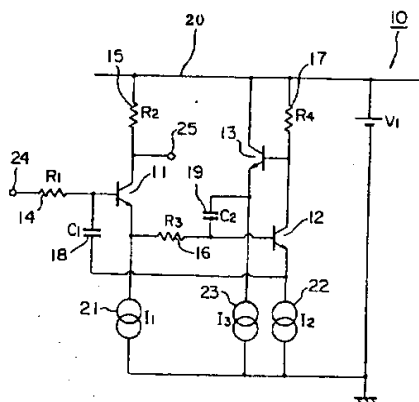
代理人 马 浩

权利要求书 1 页 说明书 8 页 附图页数 2 页

[54]发明名称 有源带通滤波器

[57] 摘要

提供一种能随意设定 Q 值及最大增益值的有源带通滤波器。它备有其基极通过第 1 电阻元件连在输入端、其集电极通过第 2 电阻元件连在恒压电源及输出端、其发射极连在第 1 恒流电源上的第 1 晶体管;其基极通过第 3 电阻元件连在第 1 晶体管的发射极、其集电极通过第 4 电阻元件连在上述恒压电源、其发射极通过第 1 电容元件连在第 1 晶体管的基极及第 2 恒流电源上的第 2 晶体管;以及其基极连在第 2 晶体管的集电极、其集电极连在上述恒压电源、其发射极通过第 2 电容元件连在第 2 晶体管的基极及第 3 恒流电源上的第 3 晶体管。



ISSN 1008-4274

权 利 要 求 书

1. 一种有源带通滤波器，其特征在于备有：

第 1 晶体管，其基极通过第 1 电阻元件连接在输入端，其集电极通过第 2 电阻元件连接在恒压电源，该集电极还同时连接在输出端，其发射极连接在第 1 电流供电电源上，

第 2 晶体管，其基极通过第 3 电阻元件连接在上述第 1 晶体管的发射极，其集电极通过第 4 电阻元件连接在上述恒压电源，其发射极通过第 1 电容元件连接在上述第 1 晶体管的基极上，该发射极还同时连接在第 2 电流供电电源上；以及

第 3 晶体管，其基极连接在上述第 2 晶体管的集电极上，其集电极连接在上述恒压电源上，其发射极通过第 2 电容元件连接在上述第 2 晶体管的基极上、该发射极还同时连接在第 3 电流供电电源上。

有源带通滤波器

本发明涉及使用有源元件的带通滤波器、即有源带通滤波器，更详细地说，涉及提高 Q 值 (品质因数) 及最大增益的设定值自由度的有源带通滤波器。

图 3 是表示以往的带通滤波器的一个结构示例的电路图。图中，取输入信号 V_i 的输入端 31 连接在电容为 C_{31} 的电容器 32 的一端。该电容器 32 的另一端分别与电阻值为 R_{31} 的电阻元件 33 的一端及电阻值为 R_{32} 的电阻元件 34 的一端相连接。这里，电阻元件 33 的另一端接地。电阻元件 34 的另一端通过电容为 C_{32} 的电容器 35 接地，同时连接在输出信号用的输出端 36 上。

在这种滤波电路中，传输函数 $G(b/a)$ 由下式(1)表示。

$$G\left(\frac{b}{a}\right) = \frac{\frac{1}{C_{32}R_{32}}s}{s^2 + \frac{C_{31}R_{31} + C_{32}R_{31} + C_{32}R_{32}}{C_{31}C_{32}R_{31}R_{32}}s + \frac{1}{C_{31}C_{32}R_{31}R_{32}}} \quad \dots(1)$$

式中 $S=j\omega$, $j=\sqrt{-1}$, ω 是频率

另外，截止频率 ω_0 用下式表示。

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{C_{31}C_{32}R_{31}R_{32}}} \quad \dots(2)$$

Q (即品质因数) 及最大增益 H 分别用 (3)、(4) 式表示如下:

$$Q = \frac{\sqrt{C_{31} C_{32} R_{31} R_{32}}}{C_{31} R_{31} + C_{32} R_{31} + C_{32} R_{32}} \quad \dots (3)$$

$$H = \frac{C_{31} R_{31}}{C_{31} R_{31} + C_{32} R_{31} + C_{32} R_{32}} \quad \dots (4)$$

可是, 图 3 所示的原有的有源带通滤波器的缺点是 Q 值不能达到 0.5 以上。再一个缺点是最大增益 H 不能达到 1 以上。

将 $C_{31} = nC_{32}$ 、 $R_{31} = mR_{32}$ ($n, m > 0$) 代入 (2) 式, 则截止频率 ω_0 可用 (5) 式表示, 从而 Q 值可用 (6) 式表示。

$$\omega_0 = \frac{1}{C_{32} R_{32}} \frac{1}{\sqrt{nm}} = \text{常数} \quad \dots (5)$$

$$Q = \frac{\sqrt{nm}}{1 + m + nm} \quad \dots (6)$$

现在考虑当 n 固定不变时 Q 的最大值, 由下式

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial Q}{\partial m} &= \frac{(nm+m+1) \left(\frac{1}{2} \sqrt{\frac{n}{m}} \right) - \sqrt{nm}(n+1)}{(nm+m+1)^2} \\
 &= \frac{\frac{1}{2} \sqrt{\frac{n}{m}} \{1-m(n+1)\}}{(nm+m+1)^2} \quad \dots (7)
 \end{aligned}$$

当 $m=1/(n+1)$ 时, Q 为最大值。设该最大值为 Q_{max} , 则

$$Q_{max} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{n}{n+1}} < \frac{1}{2} \quad \dots (8)$$

因此 Q 值不会达到 0.5 以上。

另外, 将前面的(4)式改写成如下的(9)式。

$$H = 1 - \frac{C_{32}R_{31} + C_{32}R_{32}}{C_{31}R_{31} + C_{32}R_{31} + C_{32}R_{32}} \quad \dots (9)$$

式中 C_{31} 、 C_{32} 、 R_{31} 、 R_{32} 都大于 0, 因此最大增益 H 的值不会达到 1 以上。

为了获得优异的滤波特性, 作为输出信号 V_0 , 希望能获得尖顶振动波形, 也就是说, 要使 Q 值大。另外, 若能将最大增益 H 任意设定在 1 以上的值, 则对电路的设计有利。

本发明就是鉴于这种原有技术的缺点而进行研究的。其目的在于提供一种能任意设定 Q 值及最大增益值的有源带通滤波器。

本发明的有源带通滤波器的特征在于备有以下三个晶体管，即第 1 晶体管，其基极通过第 1 电阻元件连接在输入端，集电极通过第 2 电阻元件连接恒压电源并同时连接在输出端，且发射极连接第 1 电流供电电源上；第 2 晶体管，其基极通过第 3 电阻元件连接在上述第 1 晶体管的发射极上，集电极通过第 4 电阻元件连接在上述恒压电源上，且发射极通过第 1 电容元件连接在上述第 1 晶体管的基极上并同时连接在第 2 电流供电电源上；以及第 3 晶体管，其基极连接在上述第 2 晶体管的集电极上，集电极连接在上述恒压电源上，且发射极通过第 2 电容元件连接在上述第 2 晶体管的基极上，并同时连接在第 3 电流供电电源上。

本发明的有源带通滤波器，通过适当地选择第 1、第 2 电容元件的电容值及第 1、第 2、第 4 电阻元件的电阻值，能无限制地设定 Q 值。

另外，通过适当地选择第 2、第 3 电阻元件的电阻值，能无限制地设定最大增益值。

图 1 是构成本发明的一个实施例中的有源带通滤波器的电路图。

图 2 是构成本发明的另一个实施例中的有源带通滤波器的电路图。

图 3 是构成原有的带通滤波器的一个示例的电路图。

图中 10: 有源带通滤波器；

11、12、13: 双极型晶体管；14、15、16、17: 电阻元件；18、19: 电容器；20: 恒压电源；21、22、23: 恒电流源；24: 输入端；25: 输出端；26、27、28: 电阻元件。

下面参照附图，说明本发明的一个实施例。

图 1 表示构成本实施例中的有源带通滤波器 10 的电路图。

如图 1 所示，第 1 双极型晶体管 11（相当于本发明中的“第 1 晶体管”）的基极通过电阻值为 R_1 的第 1 电阻元件 14（相当于本发明中的“第 1 电阻元件”）连接在输入端 24 上。该第 1 双极性晶体管 11 的集电极通过电阻值为 R_2 的第 2 电阻元件 15（相当于本发明中的“第 2 电阻元件”）连接在恒压电源 20 上，同时连接在输出端 25 上。另外，第 1 双极性晶体管 11 的发射极连接在第 1 恒流电源 21（相当于本发明中的“第 1 电流供电源”）上。

第 2 双极型晶体管 12（相当于本发明中的“第 2 晶体管”）的基极通过电阻值为 R_3 的第 3 电阻元件 16（相当于本发明中的“第 3 电阻元件”）连接在第 1 双极性晶体管 11 的发射极上。该第 2 双极性晶体管 12 的集电极通过阻值为 R_4 的第 4 电阻元件 17（相当于本发明中的“第 4 电阻元件”）连接在恒压电源 20 上。另外，第 2 双极性晶体管 12 的发射极通过电容值为 C_1 的第 1 电容器 18（相当于本发明中的“第 1 电容元件”）连接在第 1 双极性晶体管 11 的基极上，同时连接在第 2 恒流电源 22（相当于本发明中的“第 2 电流供电源”）上。

第 3 双极型晶体管 13（相当于本发明中的“第 3 晶体管”）的基极连接在第 2 双极性晶体管 12 的集电极上。该第 3 双极性晶体管 13 的集电极连接在恒压电源 20 上。另外，该第 3 双极性晶体管 13 的发射极通过电容值为 C_2 的第 2 电容器 19（相当于本发明的“第 2 电容元件”）连接在第 2 双极性晶体管 12 的基极上，同时连接在第 3 恒流电源 23（相当于本发明中的“第 3 电流供电”

源”) 上。

在这种有源带通滤波器 10 中, 设输入端 24 上的输入信号电压为 V_a 、第 1 双极性晶体管 11 的基极电压为 V_b 、第 1 双极性晶体管 12 的基极电压为 V_c 、第 3 双极性晶体管 13 的基极电压为 V_d 、输出端 25 上的输出信号电压为 V_e , 则各电压 $V_b - V_e$ 分别为

$$V_b = \frac{1}{1 + s C_1 R_1} V_a + \frac{s C_1 R_1}{1 + s C_1 R_1} V_c \quad \dots (10)$$

$$V_c = \frac{1}{1 + s C_2 R_3} V_b + \frac{s C_2 R_3}{1 + s C_2 R_3} V_d \quad \dots (11)$$

$$V_d = (V_a - V_c) \frac{s C_1 R_4}{1 + s C_1 R_1} \quad \dots (12)$$

$$V_e = (V_c - V_b) \frac{R_2}{R_3} \quad \dots (13)$$

根据式 (10) - (13), 有源带通滤波器 10 总体的传输函数 $G(e/a)$ 用下式表示。

$$G\left(\frac{e}{a}\right) = \frac{-\frac{1}{C_1 (R_1 + R_4)} \cdot \frac{R_2}{R_3} s}{s^2 + \frac{1}{C_1 (R_1 + R_4)} s + \frac{1}{C_1 C_2 R_2 (R_1 + R_4)}} \quad \dots (14)$$

而且截止频率 ω_0 为

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{C_1 C_2 R_2 (R_1 + R_4)}} \quad \dots (15)$$

Q 值及最大增益 H 分别由式(16)及(17)算出。

$$Q = \sqrt{\frac{C_1 (R_1 + R_4)}{C_3 R_3}} \quad \dots (16)$$

$$H = \frac{R_2}{R_3} \quad \dots (17)$$

现将 $C_1 = nC_2$, $R_1 + R_4 = mR_3$ (n, m 都大于 0) 代入式(15)中, 则截止频率可由下式(18)表示,

$$\omega_0 = \frac{1}{C_2 R_3} \cdot \frac{1}{\sqrt{nm}} = \text{常数} \quad \dots (18)$$

从而 Q 可由下式(19)表示,

$$Q = \sqrt{nm} \quad \dots (19)$$

由式(19)可知, 通过适当选择 n 和 m 的值(即通过适当选择电容器 18、19 的电容值 C_1 、 C_2 及电阻元件 14、15、17 的阻值 R_1 、 R_2 、 R_4), 可无限地任意设定 Q 值。即, 如果采用本发明, 不会像原有的有源带通滤波器那样 Q 值会被限定在小于 0.5。

另外, 由于根据式(17), 通过适当地选择电阻元件 15、16 的阻值

R_2 、 R_3 ,可无限制地任意设定最大增益 H 的值,不会像以往那样会被限定在小于 1。

图 2 是构成本发明的有源带通滤波器的另一例的电路图。在图 2 中,标有与图 1 相同符号的构成部分分别表示与图 1 情况相同的部件。

图 2 所示的有源带通滤波器与图 1 中的有源带通滤波器不同的地方在于:第 1 至第 3 电流供电源采用电阻元件 26、27、28。

这样,采用电阻元件作为电流供电源时,也能获得式(15)—(19)所示的截止频率 ω_0 、 Q 值及最大增益 H ,取得本发明的效果。

如以上所详述,如果采用本发明,则能提供一种能任意设定 Q 值及最大增益值的有源带通滤波器。

图 1

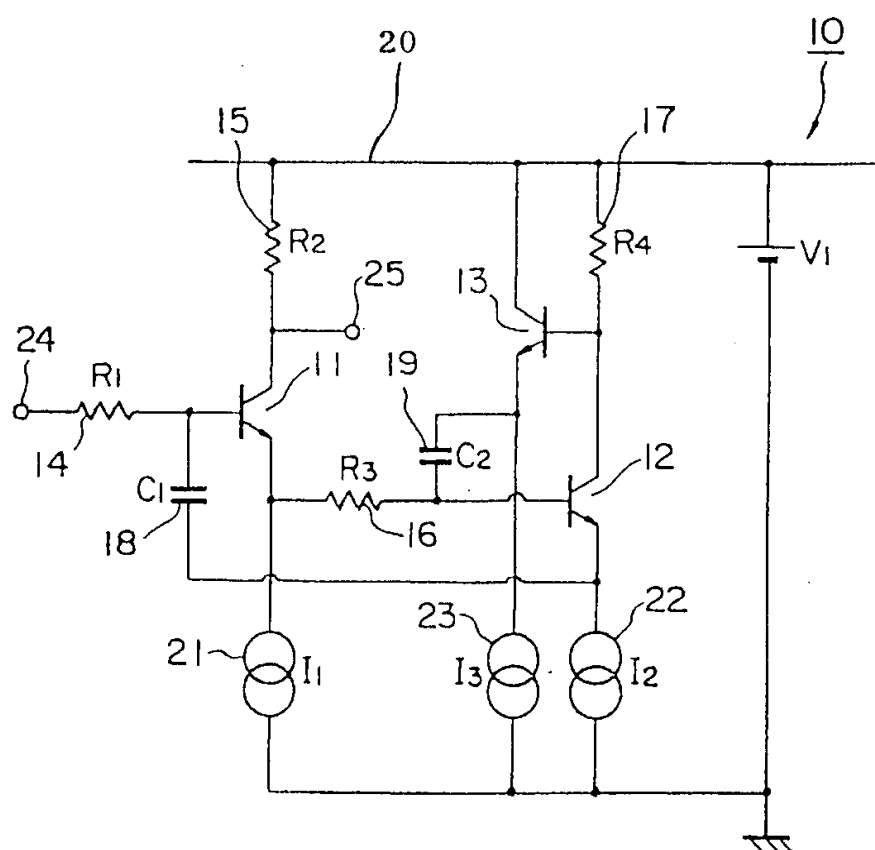


图 2

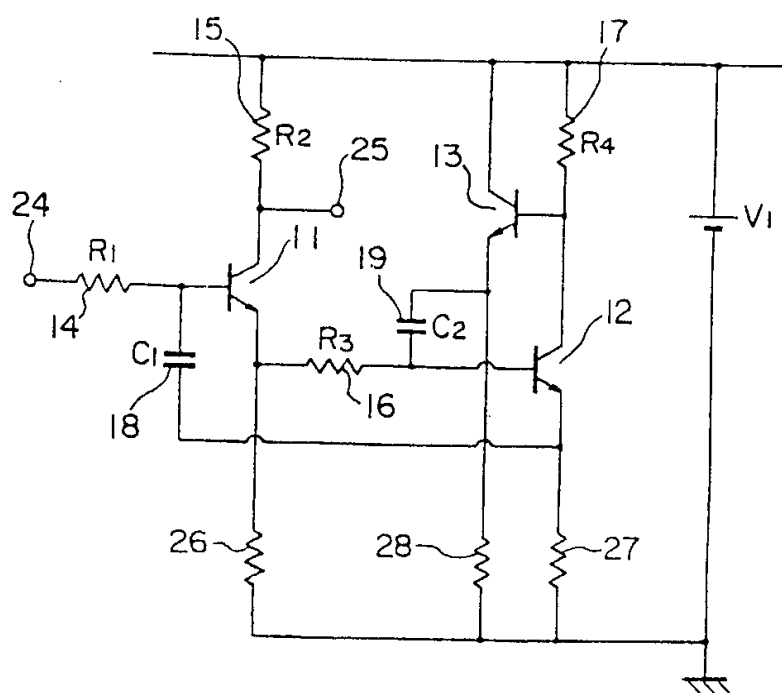


图 3

