



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101083449 B

(45) 授权公告日 2011.08.24

(21) 申请号 200710108737.5

JP 1999261336 A, 1999.09.24,

(22) 申请日 2007.05.31

US 2003015937 A1, 2003.01.23,

(30) 优先权数据

审查员 唐宇希

153962/06 2006.06.01 JP

(73) 专利权人 松下电器产业株式会社

地址 日本大阪府

(72) 发明人 长友圭 竹内久人 新宫圭悟

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 胡琪

(51) Int. Cl.

H03B 5/32 (2006.01)

H03B 5/04 (2006.01)

H03K 3/03 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 1257619 A, 2000.06.21,

WO 2004025824 A1, 2004.03.25,

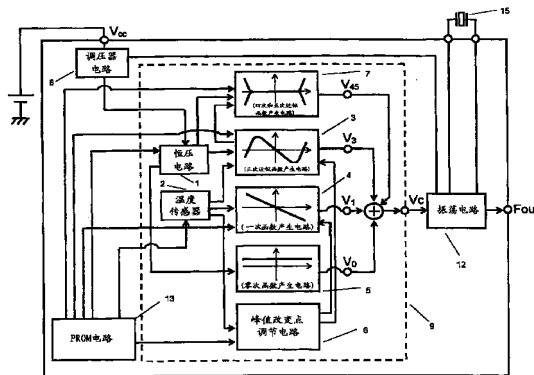
权利要求书 3 页 说明书 13 页 附图 24 页

(54) 发明名称

函数产生电路

(57) 摘要

一次函数产生电路从温度传感器电路接收信号,并且产生受环境温度影响的一次函数控制信号 V1。四次和五次近似函数产生电路从温度传感器电路和三次近似函数产生电路接收信号,并且产生受环境温度影响的四次和五次近似函数控制信号 V45。峰值改变点调节电路输出用于调节三次近似函数产生电路、一次函数产生电路、以及四次和五次近似函数产生电路的峰值改变点温度 Ti 的值的信号。温度补偿电路将控制信号 V0、V1、V3 和 V5 加到一起,并且输出所得到的信号 Vc。



1. 一种对石英振荡装置执行温度补偿的函数产生电路,包括:

第一模拟信号产生电路,用于产生和输出不受环境温度影响的预定模拟信号;

第二模拟信号产生电路,用于产生和输出受环境温度影响并且近似于一次函数的模拟信号;

三次近似函数产生电路,用于从第一模拟信号产生电路和第二模拟信号产生电路接收模拟信号,并且产生和输出 m 个控制信号,所述 m 个控制信号与通过划分可用于环境温度的范围而获得的、从低温度侧延伸到高温度侧的 m 个邻接的温度区相对应,其中, m 是 3 或更大的整数;

一次函数产生电路,用于从第二模拟信号产生电路接收模拟信号,并且产生受环境温度影响的一次函数控制信号;

零次函数产生电路,用于从第一模拟信号产生电路接收模拟信号,并且产生不受环境温度影响的零次函数控制信号;

峰值改变点调节电路,用于从第二模拟信号产生电路接收模拟信号,以及调节峰值改变点处的温度并且将结果输出到三次近似函数产生电路和一次函数产生电路;

四次和五次近似函数产生电路,用于使用第 g 控制信号和第 h 控制信号,并且产生近似于四次函数和五次函数的控制信号,其中所述第 g 控制信号和第 h 控制信号二者是由三次近似函数产生电路分别根据第 g 温度区和第 h 温度区输出的,其中, g 是大于或等于 1 且小于或等于 m 的整数, h 是不同于 g 的、大于或等于 1 且小于或等于 m 的整数;以及

加法器,用于合成由三次近似函数产生电路输出的信号、由一次函数产生电路输出的模拟信号、零次函数产生电路输出的零次函数控制信号、以及由四次和五次近似函数产生电路输出的控制信号,并且输出所得到的信号。

2. 如权利要求 1 所述的函数产生电路,其中,使用二极管的正向电压来产生要由第二模拟信号产生电路输出的第二模拟信号。

3. 如权利要求 1 所述的函数产生电路,其中,使用第一电阻器组和第二电阻器组之间的温度系数差来产生要由第二模拟信号产生电路输出的第二模拟信号。

4. 一种对石英振荡装置执行温度补偿的函数产生电路,包括:

第一模拟信号产生电路,用于产生和输出不受环境温度影响的预定模拟信号;

第二模拟信号产生电路,用于产生和输出受环境温度影响并且将近似于一次函数的模拟信号;

三次近似函数产生电路,用于从第一模拟信号产生电路和第二模拟信号产生电路接收模拟信号,并且输出信号;

一次函数产生电路,用于从第二模拟信号产生电路接收模拟信号,并且产生受环境温度影响的一次函数控制信号;

零次函数产生电路,用于从第一模拟信号产生电路接收模拟信号,并且产生不受环境温度影响的零次函数控制信号;

第一峰值改变点调节电路,用于从第二模拟信号产生电路接收模拟信号,并且调节峰值改变点处的温度,以及将结果输出到三次近似函数产生电路和一次函数产生电路;

低温度工作区调节电路,用于从第二模拟信号产生电路接收模拟信号,并且调节输出与低温度区相对应的低温度区控制信号的低温度区控制电路的工作温度区;

高温工作区调节电路,用于调节输出与高温区相对应的高温区控制信号的高温区控制电路的工作温度区;

n 次函数近似函数产生电路,用于从低温工作区调节电路、高温工作区调节电路以及第二模拟信号产生电路接收信号,并且产生和输出与低温区相对应的低温区控制信号以及和高温区相对应的高温区控制信号,其中, n 是 4 或更大的整数;

第二峰值改变点调节电路,用于从第二模拟信号产生电路接收模拟信号,调节峰值改变点处的温度,并且将信号输出到 n 次近似函数产生电路;以及加法器,用于合成由三次近似函数产生电路、一次函数产生电路、零次函数产生电路以及 n 次近似函数产生电路输出的信号。

5. 如权利要求 4 所述的函数产生电路,其中,使用二极管的正向电压来产生要由第二模拟信号产生电路输出的第二模拟信号。

6. 如权利要求 4 所述的函数产生电路,其中,使用第一电阻器组和第二电阻器组之间的温度系数差来产生要由第二模拟信号产生电路输出的第二模拟信号。

7. 如权利要求 4 所述的函数产生电路,其中,三次近似函数产生电路从第一模拟信号产生电路和第二模拟信号产生电路接收信号,并且产生和输出 m 个控制信号,所述 m 个控制信号与通过划分可用于环境温度的范围而获得的、从低温侧到高温侧的 m 个邻接的温度区相对应。

8. 一种对石英振荡装置执行温度补偿的函数产生电路,包括:

第一模拟信号产生电路,用于产生和输出不受环境温度影响的预定模拟信号;

第二模拟信号产生电路,用于产生和输出受环境温度影响并且将近似于一次函数的模拟信号;

三次近似函数产生电路,用于从第一模拟信号产生电路和第二模拟信号产生电路接收模拟信号,并且输出信号;

一次函数产生电路,用于从第二模拟信号产生电路接收模拟信号,并且产生受环境温度影响的一次函数控制信号;

零次函数产生电路,用于从第一模拟信号产生电路接收模拟信号,并且产生不受环境温度影响的零次函数控制信号;

第一峰值改变点调节电路,用于从第二模拟信号产生电路接收模拟信号,调节峰值改变点处的温度,并且将结果输出到三次近似函数产生电路和一次函数产生电路;

低温工作区调节电路,用于从第二模拟信号产生电路接收模拟信号,并且调节输出与低温区相对应的低温区控制信号的低温区控制电路的工作温度区;

高温工作区调节电路,用于调节输出与高温区相对应的高温区控制信号的高温区控制电路的工作温度区;

n 次近似函数产生电路,用于从低温工作区调节电路、高温工作区调节电路、以及第二模拟信号产生电路接收信号,并且产生和输出 s 个低温区控制信号以及 t 个高温区控制信号,其分别对应于通过划分可用于环境温度的低温范围和高温范围而获得的 s 个邻接的温度区和 t 个邻接的温度区,其中, n 是 4 或更大的整数, s 是 2 或更大的整数, t 是 2 或更大的整数;

第二峰值改变点调节电路,用于从第二模拟信号产生电路接收模拟信号,调节峰值改

变点,并且将信号输出到 n 次近似函数产生电路;以及

加法器,用于合成由三次近似函数产生电路、一次函数产生电路、零次函数产生电路以及 n 次近似函数产生电路输出的信号。

9. 如权利要求 8 所述的函数产生电路,其中,使用二极管的正向电压来产生要由第二模拟信号产生电路输出的第二模拟信号。

10. 如权利要求 8 所述的函数产生电路,其中,使用第一电阻器组和第二电阻器组之间的温度系数差来产生要由第二模拟信号产生电路输出的第二模拟信号。

函数产生电路

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于使用石英振荡频率的温度补偿石英振荡电路的函数产生电路、电子装置和通信装置。

背景技术

[0002] 近来,对于便携式电子装置的需求显著增加,对于这样的电子装置,产生基准时钟信号的紧凑、精确的石英振荡器是必不可少的。

[0003] 作为温度特性,被包括在石英振荡装置中的石英振荡器的振荡频率具有由于用于石英振荡器的晶体单元而导致的三次和一次温度成分(element)。具体地说,当如图 17A 所示横轴表示环境温度 T_a 并且纵轴表示振荡频率 f 时,不进行温度补偿时的石英振荡器的振荡频率 f 的特性大致如三次曲线 101A 所示,其中,在相对最大值和相对最小值之间存在大约 10ppm 至 30ppm 的偏移。在此情况下,将环境温度 T_a 限定为大约 -30°C 至 $+80^{\circ}\text{C}$ 。因此,当如图 17B 所示横轴表示环境温度 T_a 并且纵轴表示控制电压 V_c 时,产生理想的控制电压曲线 102A。并且,当如图 17C 所示将电压施加到石英振荡器上时,得到 $df/dT_a = 0$, 并且振荡频率 f 基本上与温度无关。

[0004] 目前可用的是示例温度补偿方法,其中,将作为频率调节元件的变容二极管(=可变电容二极管)连接到石英振荡器,并且其中,为了稳定振荡频率,将用于补偿石英振荡器的温度特性的、具有三次和一次温度特性的控制电压施加到变容二极管。

[0005] 实际上,在技术上难以产生图 17B 所示的具有理想温度特性的控制电压 V_c , 并且,通常,通过使用各种方法来产生具有伪三次温度特性的控制电压,以便提供对于石英振荡装置的温度补偿。

[0006] 图 18 是示出包括温度补偿功能的传统石英振荡装置的结构框图。根据此石英振荡装置的温度补偿方法,划分石英振荡器的三次和一次温度特性二者,以便获得多个温度区,并且对于每个温度区,通过将作为温度函数的电压电平用作线性温度线来获得交叉近似(approximation)。

[0007] 具体地说,对于各个电压线区域,将通过划分温度特性获得的温度区、温度区中的线性温度线的温度系数(比例因子)、以及沿着线性温度线的正常温度处的电压值存储在图 18 所示的存储器电路 111A 中,并且选择性地从存储器电路 111A 读出与温度传感器电路 112A 所检测的环境温度相对应的电压线数据。放大电路 113A 基于所读取的控制电压数据产生预定控制电压,并且将所产生的控制电压施加到压控石英振荡器 114A。以这一方式,提供了对于石英振荡装置的温度补偿,并且稳定了振荡频率。

[0008] 专利文档 1:JP-A-8-288741

[0009] 然而,由于配备有温度补偿功能的传统石英振荡装置使用 A/D 转换来获得用来产生用于温度补偿的控制电压的交叉近似,因此出现量化噪声,并且基本上不能避免频率跳跃问题。此外,由于需要时钟信号产生电路,因此存在关于时钟噪声混合的问题以及以下问题,即:当电源接通时,由于采样保持电路 115A 的时间常数而耗费时间来稳定振荡频率。

[0010] 此外,在测量和调节温度特性的过程中,通过离散地改变环境温度来测量由石英振荡装置振荡的频率的温度特性,并且执行对于石英振荡装置的温度补偿。因此,出现调节误差。为了减小这一误差,必须增大通过划分温度特性而获得的区的数目;然而,在此情况下,增大了存储器电路 111A 的存储器容量。

[0011] 当考虑到这些问题时,本发明的一个目的是提供一种函数产生电路,其使得能够获得精确的 TCXO(温控石英振荡器),在大温度区内,其基本频率波动误差为 $\pm 0.5\text{ppm}$ 。

发明内容

[0012] 本发明的另一目的是提供一种函数产生电路,其使得温度补偿电路能够执行对温度(包括压控振荡电路的温度特性和晶体单元的温度特性)的补偿。

[0013] 根据本发明的第一方面,一种对石英振荡装置执行温度补偿的函数产生电路包括:

[0014] 第一模拟信号产生电路,用于产生和输出不受环境温度影响的预定模拟信号;

[0015] 第二模拟信号产生电路,用于产生和输出受环境温度影响并且近似一次函数的模拟信号;

[0016] 三次近似函数产生电路,用于从第一模拟信号产生电路和第二模拟信号产生电路接收模拟信号,以及产生和输出 m 个控制信号(m 是 3 或更大的整数),所述 m 个控制信号与通过划分可用于环境温度的范围而获得的、从低温侧延伸到高温侧的 m 个邻接的温度区相对应;

[0017] 一次函数产生电路,用于从第二模拟信号产生电路接收模拟信号,并且产生受环境温度影响的一次函数控制信号;

[0018] 零次函数产生电路,用于从第一模拟信号产生电路接收模拟信号,并且产生不受环境温度影响的零次函数控制信号;

[0019] 峰值改变点调节电路,用于从第二模拟信号产生电路接收模拟信号,以及调节峰值改变点处的温度,并且将结果输出到三次近似函数产生电路和一次函数产生电路;

[0020] 四次和五次近似函数产生电路,用于使用第 g 控制信号(g 是 1 或更大且 m 或更小的整数)和第 h 控制信号(h 是不同于 g 的、1 或更大且 m 或更小的整数),并且产生近似于四次函数和五次函数的控制信号,其中所述第 g 控制信号和第 h 控制信号二者是由三次近似函数产生电路分别根据第 g 温度区和第 h 温度区输出的;以及

[0021] 加法器,用于合成由三次近似函数产生电路输出的信号、由一次函数产生电路输出的模拟信号、由零次函数产生电路输出的零次函数控制信号、以及由四次和五次近似函数产生电路输出的控制信号,并且输出所得到的信号。

[0022] 为了产生与特定工作温度区相符的控制信号,仅必须指定用于恒压电路的输出的预定输出电平以便设置该特定工作温度区,这是因为温度传感器输出的模拟信号带有一次温度特性。

[0023] 根据本发明第一方面的配置,三次近似函数产生电路输出的信号包括近似于下面的三次函数的温度特性。

[0024] [Ex. 1]

[0025] $V_3 = A(T-T_i)^3 + B(T-T_i) + C$

[0026] 在此表达式 (1) 中, V_3 表示三次近似函数产生电路输出的控制信号, T 表示环境温度, A 表示三次系数, B 表示一次系数, C 表示零次系数, 并且 T_i 表示函数 V_3 的峰值改变点。此外, 三次近似函数产生电路连接到图 1 所示的 PROM 电路 13, 并且可以调节温度补偿参数 A 和 B , 所述 PROM 电路 13 将在后面描述。

[0027] 根据本发明第一方面的配置, 三次近似函数产生电路可以通过将所述范围划分为第 1 到第 m 温度区来产生控制信号。因此, 由于温度区的数目 m 增大, 可以通过在宽温度区域内精确地进行三次函数近似来产生控制信号。

[0028] 四次和五次近似函数产生电路输出的信号具有近似于下面的五次函数的温度特性。

[0029] [Ex. 2]

$$V_{45} = D(T-T_i)^5 + E(T-T_i)^4$$

[0031] 在此表达式 (2) 中, V_{45} 表示四次和五次近似函数产生电路输出的控制信号, T 表示环境温度, D 表示五次系数, E 表示四次系数, T_i 表示函数 V_{45} 和 V_3 的峰值改变点。此外, 四次和五次近似函数产生电路连接到图 1 所示的 PROM 电路 13, 并且可以调节温度补偿参数 D 和 E , 所述 PROM 电路 13 将在后面描述。

[0032] 根据本发明第一方面的配置, 四次和五次近似函数产生电路使用第 g 控制信号和第 h 控制信号, 所述第 g 控制信号和第 h 控制信号二者是由三次近似函数产生电路分别根据第 g 温度范围和第 h 温度范围输出的。因此, 可以通过峰值改变点调节电路来共同地调节四次和五次近似函数产生电路使用的峰值改变点, 并且可以防止电路尺寸的增大。

[0033] 在此情况下, g 代表低温度区, 并且为 1 或更大以及 m 或更小的值。 h 代表高温温度区, 并且为 1 或更大以及 m 或更小的值。此外, 除了第 g 温度区和第 h 温度区之外的温度区, 即第 $(g+1)$ 温度区至第 $(h-1)$ 温度区不受四次和五次近似函数产生电路影响, 并且第二温度区至第 $(m-1)$ 温度区中的噪声与四次和五次近似函数产生电路不存在时相同。

[0034] 根据本发明的第二方面, 一种对石英振荡装置执行温度补偿的函数产生电路包括:

[0035] 第一模拟信号产生电路, 用于产生和输出不受环境温度影响的预定模拟信号;

[0036] 第二模拟信号产生电路, 用于产生和输出受外界温度影响并且将近似于一次函数的模拟信号;

[0037] 三次近似函数产生电路, 用于从第一模拟信号产生电路和第二模拟信号产生电路接收模拟信号, 并且输出信号;

[0038] 一次函数产生电路, 用于从第二模拟信号产生电路接收模拟信号, 并且产生受环境温度影响的一次函数控制信号;

[0039] 零次函数产生电路, 用于从第一模拟信号产生电路接收模拟信号, 并且产生不受环境温度影响的零次函数控制信号;

[0040] 第一峰值改变点调节电路, 用于从第二模拟信号产生电路接收模拟信号并且调节峰值改变点处的温度, 以及将结果输出到三次近似函数产生电路和一次函数产生电路;

[0041] 低温工作区调节电路, 用于从第二模拟信号产生电路接收模拟信号, 并且调节输出与低温度区相对应的低温度区控制信号的低温度区控制电路的工作温度区;

[0042] 高温工作区调节电路, 用于调节输出与高温温度区相对应的高温温度区控制信号的高

温度区控制电路的工作温度区；

[0043] n 次函数近似函数产生电路,用于从低温工作区调节电路、高温工作区调节电路、以及第二模拟信号产生电路接收信号,并且产生和输出与低温度区相对应的低温度区控制信号以及与高温度区相对应的高温度区控制信号；

[0044] 第二峰值改变点调节电路,用于从第二模拟信号产生电路接收模拟信号,调节峰值改变点处的温度,并且将信号输出到 n 次近似函数产生电路；以及

[0045] 加法器,用于合成由三次近似函数产生电路、一次函数产生电路、零次函数产生电路以及 n 次近似函数产生电路输出的信号。

[0046] 根据本发明第二方面的配置,由三次近似函数产生电路输出的信号包括如表达式 (1) 所示的温度特性。此外,根据本发明的第二方面,由于 n 次函数近似函数产生电路可以分别调节低温度区内的工作点和高温度区内的工作点,因此不仅提供近似于四次或五次近似函数的温度特性,还提供近似于 n 次函数的温度特性。

[0047] [Ex. 3]

[0048] $V_n = D_{n+1}(T-T_2)^{n+1} + D_n(T-T_2)^n$

[0049] 在此表达式 (3) 中, V_n 表示 n 次近似函数产生电路输出的控制信号,T 表示环境温度, D_n 表示 n 次系数, T_2 表示函数 V_n 的峰值改变点,n 表示实数,其绝对值为 4 或更大。

[0050] 根据本发明第二方面的配置,n 次近似函数产生电路在从第二模拟信号产生电路接收到模拟信号时产生和输出控制信号,所述第二模拟信号产生电路产生和输出受环境温度影响的预定模拟信号,并且不同于产生和输出不受环境温度影响的预定模拟信号的第一模拟信号产生电路。因此,分别地,三次近似函数产生电路和零次函数产生电路的峰值改变点 T_i 可由第一峰值改变点调节电路调节,并且 n 次近似函数产生电路的峰值改变点 T_2 可由第二峰值改变点调节电路调节。

[0051] 此外,n 次近似函数产生电路连接到图 13 所示的 PROM 电路 13,并且可以调节在表达式 (3) 中表示出的多个温度补偿参数 D_n, D_{n-1}, \dots 和 D_4 ,所述 PROM 电路 13 将在后面描述。

[0052] 此外,由于 n 次近似函数产生电路不影响除了此电路的工作温度区之外的温度区,因此由函数产生电路引起的电压噪声与 n 次近似函数产生电路不存在时的电压噪声相同。

[0053] 根据本发明的第三方面,一种对石英振荡装置执行温度补偿的函数产生电路包括：

[0054] 第一模拟信号产生电路,用于产生和输出不受环境温度影响的预定模拟信号；

[0055] 第二模拟信号产生电路,用于产生和输出受环境温度影响并且将近似于一次函数的模拟信号；

[0056] 三次近似函数产生电路,用于从第一模拟信号产生电路和第二模拟信号产生电路接收模拟信号,并且输出信号；

[0057] 一次函数产生电路,用于从第二模拟信号产生电路接收模拟信号,并且产生受环境温度影响的一次函数控制信号；

[0058] 零次函数产生电路,用于从第一模拟信号产生电路接收模拟信号,并且产生不受环境温度影响的零次函数控制信号；

[0059] 第一峰值改变点调节电路,用于从第二模拟信号产生电路接收模拟信号,调节峰值改变点处的温度,并且将结果输出到三次近似函数产生电路和一次函数产生电路;

[0060] 低温工作区调节电路,用于从第二模拟信号产生电路接收模拟信号,并且调节输出与低温度区相对应的低温度区控制信号的低温度区控制电路的工作温度区;

[0061] 高温工作区调节电路,用于调节输出与高温度区相对应的高温度区控制信号的高温度区控制电路的工作温度区;

[0062] n 次近似函数产生电路,用于从低温工作区调节电路、高温工作区调节电路、以及第二模拟信号产生电路接收信号,并且产生和输出 s 个低温度区控制信号 (s 是 2 或更大的整数) 以及 t 个高温度区控制信号 (t 是 2 或更大的整数),其分别对应于通过划分可用于环境温度的低温度范围和高温度范围而获得的 s 个邻接的温度区和 t 个邻接的温度区;

[0063] 第二峰值改变点调节电路,用于从第二模拟信号产生电路接收模拟信号,调节峰值改变点,并且将信号输出到 n 次近似函数产生电路;以及

[0064] 加法器,用于合成由三次近似函数产生电路、一次函数产生电路、零次函数产生电路以及 n 次近似函数产生电路输出的信号。

[0065] 根据本发明第三方面的配置,三次近似函数产生电路输出的信号具有由表达式 (1) 表示的温度特性,并且 n 次近似函数产生电路输出的信号具有由表达式 (3) 表示的温度特性。

[0066] 根据本发明第三方面的配置, n 次近似函数产生电路在从第二模拟信号产生电路接收到模拟信号时产生和输出控制信号,所述第二模拟信号产生电路产生和输出受环境温度影响的预定模拟信号,并且不同于产生和输出不受环境温度影响的预定模拟信号的第一模拟信号产生电路。因此,分别地,三次近似函数产生电路和零次函数产生电路的峰值改变点 T_1 可由第一峰值改变点调节电路调节, n 次近似函数产生电路的峰值改变点 T_2 可由第二峰值改变点调节电路调节。

[0067] 此外, n 次近似函数产生电路连接到图 13 所示的 PROM 电路 13,并且可以调节在表达式 (3) 中表示出的多个温度补偿参数 D_n, D_{n-1}, \dots 和 D_4 ,所述 PROM 电路 13 将在后面描述。

[0068] 根据本发明第三方面的配置, n 次近似函数产生电路产生与 s 个邻接的温度区以及 t 个邻接的温度区相符的控制信号,所述 s 个邻接的温度区和 t 个邻接的温度区分别是通过划分可用于环境温度的低温度范围和高温度范围而获得的。因此,当将所述温度范围划分为区 s 和 t 时,可以产生近似于 n 次函数的控制信号。

[0069] 此外,由于 n 次近似函数产生电路不影响除了此电路的工作温度区之外的温度区,因此由函数产生电路引起的电压噪声与 n 次近似函数产生电路不存在时的电压噪声相同。

[0070] 根据本发明的函数产生电路,可以提供精确的 TCXO,在大温度范围内,其基本频率波动误差仅为 ± 0.5 ppm。

附图说明

[0071] 图 1 是用于解释根据本发明第一实施例的函数产生电路的图。

[0072] 图 2 是示出根据本发明第一实施例的温控石英振荡器 (TCXO) 的配置的框图。

- [0073] 图 3 是示出根据先前提交的发明的温度补偿电路 A 的框图。
- [0074] 图 4 是示出根据先前提交的发明的温度补偿电路 B 的框图。
- [0075] 图 5A 至图 5D 是示出当先前的发明中的温度补偿电路 B 调节了温度补偿参数时的特性改变的特性曲线图。
- [0076] 图 6A 至图 6C 是示出由先前的发明中的温度补偿电路 B 输出的信号 V_c 的特性、输出信号 V_c 和理想三次曲线之间的电压误差、以及输出频率的基本频率波动误差的特性曲线图。
- [0077] 图 7A 和图 7B 是示出用于本发明第一实施例的函数产生电路的温度传感器电路的电路图。
- [0078] 图 8 是示出根据本发明第一实施例的函数产生电路的恒压电路的电路图。
- [0079] 图 9A 和图 9B 是示出用于第一实施例的函数产生电路的示例三次近似函数产生电路的电路图。
- [0080] 图 9C 和图 9D 是示出用于第一实施例的函数产生电路的示例三次近似函数产生电路的电路图和特性图。
- [0081] 图 10 是示出用于第一实施例的函数产生电路的示例三次近似函数产生电路的电路图。
- [0082] 图 11 是示出用于第一实施例的函数产生电路的示例四次和五次近似函数产生电路的电路图。
- [0083] 图 12A 至图 12C 是示出在使用用于第一实施例的函数产生电路的三次近似函数产生电路以及四次和五次近似函数产生电路的情况下获得的温度补偿电路的特性的曲线图。
- [0084] 图 13A 是用于解释根据本发明第二实施例的函数产生电路的图。
- [0085] 图 13B 是用于解释图 13A 中的函数产生电路的特性 ($m = 9$ 的情况) 的图。
- [0086] 图 14 是示出用于根据第二实施例的函数产生电路的 n 次近似函数产生电路的电路图。
- [0087] 图 15 是示出用于根据第二实施例的函数产生电路的三次近似函数产生电路的电路图。
- [0088] 图 16A 和图 16B 是示出用于根据本发明第三实施例的函数产生电路的 n 次近似函数产生电路的电路图和曲线图。
- [0089] 图 16C 是示出根据第三实施例的函数产生电路的 n 次近似函数产生电路的图。
- [0090] 图 17A 至图 17C 是示出石英振荡器的振荡频率的温度特性的曲线图。
- [0091] 图 18 是示出配备有温度补偿功能的传统石英振荡装置的配置的框图。

具体实施方式

[0092] 现在,将在参照附图的同时描述根据本发明优选实施例的特定示例函数产生电路。

[0093] (第一实施例)

[0094] 图 1 是用于解释根据本发明第一实施例的函数产生电路的图。在此实施例中,由虚线指示的函数产生电路充当温度补偿电路 9。当参照图 1 时,恒压电路 1 从调压器电路 8 接收控制信号,并且产生不受环境温度影响的模拟信号。而温度传感器电路 2 输出受环境

温度影响的模拟信号。

[0095] 三次近似函数产生电路 3 从恒压电路 1 和温度传感器电路 2 接收信号,并且产生与三次温度特性参数相对应的三次近似函数控制信号 V3。一次函数产生电路 4 从温度传感器电路 2 接收信号,并且产生受环境温度影响的一次函数控制信号 V1。

[0096] 零次函数产生电路 5 从恒压电路 1 接收信号,并且产生不受环境温度影响的零次控制信号 V0。四次和五次近似函数产生电路从温度传感器电路 2 和三次近似函数产生电路 3 接收信号,并且产生受环境温度影响的四次和五次函数控制信号 V45。

[0097] 峰值改变点调节电路 6 输出用于调节三次近似函数产生电路 3、一次函数产生电路 4、以及四次和五次近似函数产生电路 7 的峰值改变点温度 T_i 的值的信号,并且输出信号。通过将控制信号 V0、V1、V3 和 V45 相加,温度补偿电路 9 输出控制信号 V_c 。

[0098] PROM 电路 13 存储用于补偿控制信号 V_c 的温度特性的温度补偿参数,使得可以相对于温度补偿电路 9 输出的控制信号 V_c 而优化由包括晶体单元 15 的压控振荡电路 12 输出的振荡频率的温度特性。为了获得输出频率,石英单元 15 和压控振荡电路 12 对温度补偿电路 9 输出的控制信号 V_c 进行频率转换。

[0099] 图 2 是示出合并了本实施例的函数产生电路的温度补偿石英振荡器(在下文中称为 TCXO)的配置的示意图。此实施例的函数产生电路被应用于温度补偿电路 9。如图 2 所示,TCXO 14 是温度补偿石英振荡器,其振荡用于电子装置的基准频率,并且包括:压控振荡电路 12,包括晶体单元 15 和可变电容器件 11;电路 9,用于对晶体振荡频率执行温度补偿;以及 PROM 电路 13,其存储晶体的温度补偿数据。

[0100] 压控振荡电路 12 包括可变电容器件 11 和放大器 10。温度补偿电路 9 输出的控制信号 V_c 被传送给可变电容器件 11。可变电容器件 11 将所接收的控制信号 V_c 转换为放大器 10 的负载电容,即,使用控制信号 V_c 来改变放大器 10 的负载电容,从而改变压控振荡电路的输出频率。

[0101] 晶体单元 15 具有近似于以下三次函数的温度特性。

[0102] [Ex. 4]

$$[0103] F_c = a(T-T_0)^3 + b(T-T_0) + c$$

[0104] 在表达式 (4) 中, F_c 表示晶体单元的输出频率, T 表示环境温度, a 表示三次系数, b 表示一次系数, c 表示零次系数, T_0 表示函数 F_c 的峰值改变点。

[0105] 此外,包括可变电容器件的压控振荡电路具有近似于以下一次函数的温度特性。

[0106] [Ex. 5]

$$[0107] F_o = d(T-T_1) + e$$

[0108] 在表达式 (5) 中, F_o 表示压控振荡电路的输出频率,所述压控振荡电路包括不具有温度特性的晶体单元, T 表示环境温度, d 表示一次系数, e 表示零次系数, T_1 表示函数 F_o 的峰值改变点。

[0109] 通过参照表达式 (4) 和 (5),包括晶体单元和可变电容器件的压控振荡电路的整体温度特性具有近似于下面的三次函数的温度特性。

[0110] [Ex. 6]

$$[0111] F = \alpha (T-T_0)^3 + \beta (T-T_0) + \gamma$$

[0112] 在表达式 (6) 中, F 表示包括晶体单元的压控振荡电路的输出频率, T 表示环境温

度, α 表示三次系数, β 表示一次系数, γ 表示零次系数, 并且 $F = F_c + F_0$, $\alpha = a$, $\beta = b + d$, $\gamma = c + d(T_0 - T_1) + e$ 。

[0113] 根据此 TCXO 的配置, 由于温度补偿电路补偿包括晶体单元和可变电容器件的整个压控振荡电路的温度特性, 因此可以在任何类型的环境中输出预定振荡频率。

[0114] 为了检测外部环境中的环境温度, 温度补偿电路主要包括: 采用与带隙基准 (band gap reference) V_t 成比例的电流的温度传感器、使用电阻器的温度特性的温度传感器、或者使用二极管的温度特性的温度传感器。

[0115] 通过使用这些温度传感器之一来提供三次近似函数产生电路, 并且通过向变容二极管施加控制电压来使用包括晶体单元的压控振荡电路。利用这一配置, 对晶体单元的温度特性进行温度补偿。

[0116] 温度补偿电路 9 产生的控制信号被传送给压控振荡电路 12 的可变电容器件 11 并且被转换为电容。这一电容被晶体单元 15 和压控振荡电路 12 转换为频率, 并且该频率被输出。

[0117] 由于由温度补偿电路 9 产生的控制信号和输出频率之间的关系近似于具有比例常数 K 的一次函数, 因此将由温度补偿电路 9 产生的控制信号和比例常数 K 的乘积作为输出频率输出。

[0118] 图 3 是示出本发明人先前提交的温度补偿电路 A (JP-A-11-508441) 的配置的示意图。此实施例的函数产生电路的特征在于: 在该先前的发明中公开的温度补偿电路所输出的信号中包括四次或更高次的温度特性参数。首先, 将描述在该先前的发明中公开的温度补偿电路。

[0119] 当参照图 3 时, 恒压电路 17 和温度传感器电路 18 产生控制信号 y_1 、 y_2 、 y_3 、 y_4 和 y_5 , 所述控制信号 y_1 、 y_2 、 y_3 、 y_4 和 y_5 与通过划分环境温度的可用范围而获得的、从低温侧到高温侧的 5 个邻接的温度区 (即, 第一、第二、第三、第四和第五温度区) 相符。将控制信号 y_1 至 y_5 传送给包括 MAX 电路 19a 和 MIN 电路 19b 的信号合成电路 19, 并且产生受环境温度影响且近似于三次函数的控制信号 y_7 。

[0120] 如上所述, 配备有温度补偿功能的石英振荡装置 16 包括: 恒压电路 17, 其充当第一模拟信号产生电路, 用于产生和输出不受环境温度影响的预定电压值; 温度传感器电路 1, 其充当第二模拟信号产生电路, 用于产生和输出与环境温度成比例的电压值; 控制电路 19, 其接收由恒压电路 17 输出的电压、以及由温度传感器电路 18 产生的与温度成比例的电压, 并且产生控制电压 V_c , 利用所述控制电压 V_c , 使用连续线来对负三次曲线进行交叉近似, 以便在环境温度的整个温度区内补偿晶体单元的温度特性; 压控石英振荡电路 (以下简称 VCXO) 20, 其从控制电路 19 接收控制电压 V_c , 并且, 基于控制电压 V_c 而将其振荡频率调节为预定值; 以及 ROM/RAM 电路 21, 其存储用来补偿控制电压 V_c 的温度特性的温度补偿参数, 使得可以相对于控制电路 19 输出的控制电压 V_c 而优化 VCXO 20 输出的振荡频率。在此情况下, 环境温度可以是 VCXO 20 中的温度或者石英振荡装置 16 中的温度。

[0121] 根据图 3 所示的电路配置, 产生与温度成比例的输出电压 y_1 、 y_2 、 y_3 、 y_4 和 y_5 , 并且 ROM/RAM 电路对温度补偿参数进行调节。利用这一电路配置, 在 ROM/RAM 电路对温度补偿参数进行了调节之后, 产生输出电压 y_1 、 y_2 、 y_3 、 y_4 和 y_5 , 并且经由 MAX 电路和 MIN 电路将其输出。因此, 由于 MAX 电路和 MIN 电路的性质, 温度补偿电路的输出根据输出电压 y_1 、

y_2 、 y_3 、 y_4 和 y_5 的温度特性中的比例因子而可能不会精确地反映温度补偿参数。

[0122] 图 4 是示出在先前的发明 (JP-A-11-508441) 中描述的温度补偿电路 B 的配置的示意图。图 4 所示的温度补偿电路 40 具有与图 3 中的控制电路 19 相同的配置。也就是说, 温度补偿电路 40 包括: MAX/MIN 电路 25, 其接收恒压电路 17 和温度传感器电路 18 的输出, 并且产生三次控制电压 αV_c , 所述三次控制电压 αV_c 与温度补偿控制电压 V_c 的预定温度范围中的第三温度特性参数 α 相符; 一次温度特性产生电路 22, 其接收温度传感器电路 18 的输出, 并且产生一次控制电压 βV_c , 所述一次控制电压 βV_c 与温度补偿控制电压 V_c 的预定温度范围内的一次温度特性参数 β 相符; 零次温度特性产生电路 23, 其接收恒压电路 17 的输出, 并且产生零次控制电压 γV_c , 所述零次控制电压 γV_c 与温度补偿控制电压 V_c 的预定温度范围内的零次温度特性参数 γ 相符, 即不受预定温度范围内的温度影响; 以及 T_i 调节电路 24, 其接收温度传感器电路 18 的输出, 以及调节峰值改变点温度 T_i 的值并且将调节后的值输出到 MAX/MIN 电路 25 和一次温度特性电路 22。

[0123] 提供图 4 中的温度补偿电路 B 以便消除在图 3 的温度补偿电路 A 中出现的问题。根据图 4 中的配置, MAX/MIN 电路 25 调节输出电压 y_1 、 y_2 、 y_3 、 y_4 和 y_5 的三次温度特性参数和峰值改变点参数, 并且产生输出电压 αV_c 。

[0124] 此外, 一次温度特性产生电路输出通过调节一次温度特性参数获得的一次控制电压 βV_c , 并且零次温度特性电路输出通过调节零次温度特性参数获得的零次控制电压 γV_c 。当将这些输出 αV_c 、 βV_c 和 γV_c 加到一起时, 可以输出精确地反映温度补偿参数的控制信号 V_c 。

[0125] 然而, 在此配置中, 由于精确反映温度补偿参数的控制电压 V_c 仍然受到压控振荡电路的温度特性影响, 并且在晶体单元的温度特性中包括三次或更高次的温度特性参数, 因此仍然不可能提供在 $\pm 0.5\text{ppm}$ 内的基本频率波动误差。

[0126] 图 5A 至 5B 是示出在先前的发明 (JP-A-11-508441) 的温度补偿电路 B 的、相对于温度补偿参数变化的 V_c 特性变化的图。温度补偿电路的输出 V_c 具有近似于下面的三次函数的温度特性。

[0127] [Ex. 7]

$$[0128] \quad V_c = \alpha_c (T - T_c)^3 + \beta_c (T - T_c) + \gamma_c$$

[0129] 在表达式 (7) 中, V_c 表示温度补偿电路输出的信号, T 表示环境温度, α_c 表示三次系数, β_c 表示一次系数, γ_c 表示零次系数, 并且 T_c 表示函数 V_c 的峰值改变点。

[0130] 图 5A 是示出相对于表达式 (7) 中的三次温度补偿参数 α_c 的变化的 V_c 特性变化的曲线图。图 5B 是示出相对于表达式 (7) 中的一次温度补偿参数 β_c 的变化的 V_c 特性变化的曲线图。图 5C 是示出相对于表达式 (7) 中的零次温度补偿参数 γ_c 的变化的 V_c 特性变化的曲线图。图 5D 是示出相对于表达式 (7) 中的峰值改变点的温度补偿参数 T_c 的变化的 V_c 特性变化的曲线图。

[0131] 图 6A 至图 6C 是示出图 4 中的先前的发明 (JP-A-11-508441) 的温度补偿电路 B 的特性的曲线图。图 6A 中的曲线图示出图 5 中的 V_c 的特性, 图 6B 中的曲线图示出在 V_c 和通过近似 V_c 获得的理想三次曲线之间的差 ΔV_c 的特性。

[0132] V_c 是用于产生三次近似函数的温度补偿电路输出的信号; 然而, 在这里, 与理想的三次曲线相比, 出现了小误差。导致这一误差的因素可能是半导体 IC 制造工艺中的扩散

(dispersion) 变化或者 IC 芯片的布局。图 6C 中的曲线图示出了相对于通过温度补偿获得的输出频率的频率误差 Δf 。由于控制信号的误差 ΔV_c 、压控振荡电路的相对于理想一次近似的误差、以及晶体单元的相对于理想三次近似的误差, 误差 Δf 大约为 $\pm 1\text{ppm}$ 。

[0133] 如上所述, 图 4 中的温度补偿电路 40 的控制信号 V_c 具有图 6A 所示的特性。使用三次函数来近似控制信号 V_c , 并且在图 6B 中示出相对于该三次函数而获得的误差。对图 6B 所示的误差进行频率转换, 并且在图 6C 中示出所获得的结果。根据图 4 中的温度补偿电路, 作为温度补偿的结果而出现的频率波动误差大约为 $\pm 1.0\text{ppm}$ 。

[0134] 与信息技术的发展相呼应, 电子装置的用途已经变得更加多样化。因此, 对于 TCXO 要求的精度随着 GPS 的广泛使用而提高, 并且由于这种使用所必需的精密度, TCXO 仅在基本频率波动误差被限制为 $\pm 0.5\text{ppm}$ 时才是可以接受的。

[0135] 此外, 由于 TCXO 被安装在包括很多其它类型的设备的电子装置中, 因此 TCXO 所产生的噪声不仅可能不利地影响其它设备的运行, 还可能产生该电子装置的特性的恶化, 从而使其发生故障或执行错误操作。

[0136] 如上所述, 根据先前的发明 (JP-A-11-508441), 由于温度补偿电路 (图 3 和图 4) 输出的电压近似于三次或更低的函数, 因此当温度补偿电路补偿了在压控振荡电路中使用的晶体单元的温度特性时, 输出振荡频率具有大约 $\pm 1.0\text{ppm}$ 的基本频率波动误差。

[0137] 晶体单元的温度特性通常近似于在表达式 (4) 中表示的三次函数。为了精确地近似函数, 必须考虑更高次。此外, 也使用一次函数来近似包括可变电容器件的压控振荡电路的温度特性。然而, 由于不能忽略一次函数导致的精度误差, 因此也必须精确地执行近似函数。也就是说, 温度补偿电路应当对温度特性进行温度补偿, 以便包括压控振荡电路的温度特性和晶体单元的温度特性。

[0138] 当通过使用诸如先前描述的温度补偿电路的三次或更低次函数产生电路来近似晶体单元的温度特性时, 不能满足对于 $\pm 0.5\text{ppm}$ 的基本频率波动误差的精度要求。此外, 为了同样满足对于压控振荡电路的温度特性的精度要求, 不能忽略所述误差。

[0139] 因此, 取代产生近似于三次或更低次函数的控制电压, 温度补偿电路必须产生近似于四次函数、五次函数和 k 次函数成分的控制电压, 而不引起诸如功率电流特性和噪声特性的其它特性的恶化。在此情况下, k 是绝对值为 1 或更大的实数。

[0140] 图 7A 和图 7B 是示出根据本发明第一实施例的用于函数产生电路的示例温度传感器电路的图。图 7A 中的电路示例是使用二极管的温度特性的温度传感器。每个二极管具有大约 $-4\text{mV}/^\circ\text{C}$ 的一次温度特性, 并且, 与二极管的数目一致地改变该温度传感器的输出偏置和一次温度特性的斜度。图 7B 中的电路示例是使用两类电阻器的温度特性的温度传感器。通过使用所述电阻器的温度特性来改变电流镜电路的镜像比 (mirror ratio)。

[0141] 图 8 是示出用于根据第一实施例的函数产生电路的示例恒压电路的图。此电路 80 可以使用电阻器来指定由调压器电路 8 产生的恒定电压 V_{REG} 作为期望的恒定电压。此外, 此电路允许 PROM 电路 13 执行调节, 以便获得期望的恒定电压值。

[0142] 图 9A 和图 9B 是示出用于根据本发明第一实施例的函数产生电路的示例三次近似函数产生电路的图。图 9A 中的电路示例是单调递减电压产生电路 90a, 其包括图 4 所示的恒压电路 17 和温度传感器电路 18, 并且其产生和输出第一控制电压 y_1 或第五控制电压 y_5 , 所述第一控制电压 y_1 或第五控制电压 y_5 的值响应于环境温度 T_a 的上升而成比例地降

低。

[0143] 如图 9A 所示,单调递减电压产生电路 90a 包括:恒压电路 91、充当温度传感器电路的带隙基准电路 92、以及电流镜电路 93。带隙基准电路 92 产生不受环境温度 T_a 影响的大约 1.25V 的基准电压 V_0 ,恒压电路 91 基于基准电压 V_0 而产生恒定电流 I_0 。

[0144] 此外,带隙基准电路 92 产生受环境温度 T_a 影响的电流 I_{T0} ,而电流镜电路 93 产生与环境温度 T_a 成比例的电流 I_T 、以及在恒压电路 91 与电流镜电路 93 的接合点处提取的差分电流 $I_0 - I_T$,所述差分电流是恒定电流 I_0 和与环境温度 T_a 成比例的电流 I_T 之间的差。然后,使用电阻器 94 来进行电流 - 电压转换,以便产生第一控制电压 y_1 或第五控制电压 y_5 ,所述第一控制电压 y_1 或第五控制电压 y_5 是与环境温度 T_a 的增大相一致地单调递减的电压。

[0145] 此时,通过调节被施加了电源电压 V_{cc} 的恒压电路 91 中的电阻器 91a 的绝对值,来指定第一控制电压 y_1 或第五控制电压 y_5 的绝对值。

[0146] 图 9B 中的电路示例是单调递增电压产生电路 91b,其包括图 4 中的恒压电路 17 和温度传感器电路 18,并且产生和输出第三控制电压 y_3 ,所述第三控制电压 y_3 的值与环境温度 T_a 的增大成比例地单调递增。

[0147] 如图 9B 所示,单调递增电压产生电路 91b 包括:恒压电路 95、充当温度传感器电路的带隙基准电路、以及电流镜电路 87。带隙基准电路 96 产生不受环境温度 T_a 影响的大约 1.25V 的基准电压 V_0 ,并且恒压电路 95 基于基准电压 V_0 产生恒定电流 I_0 。

[0148] 此外,带隙基准电路 96 产生受环境温度 T_a 影响的电流 I_{T0} ,而电流镜电路 97 产生与环境温度 T_a 成比例的电流 I_T 、以及从恒压电路 95 和电流镜电路 97 的接合点提取的差分电流 $I_T - I_0$,所述差分电流是恒定电流 I_0 和与环境温度 T_a 成比例的电流 I_T 之间的差。然后,使用电阻器 98 来进行电流 - 电压转换,以便产生与环境温度 T_a 成比例的第三控制电压 y_3 。

[0149] 此时,通过调节恒压电路 95 中的电阻器 95a 的电阻,来指定在第三控制电压 y_3 和用于对位移 (displacement) 点温度提供基准频率的电压之间的、正常温度下的电压差。

[0150] 图 9C 是示出用于合成电压 y_1 、 y_2 、 y_3 、 y_4 和 y_5 并且输出结果的示例信号合成电路 (MIN/MAX 电路) 的电路图。首先,从输入电压 y_1 、 y_2 和 y_3 中选择最大电压 (MAX 值),并且将其作为电压 y_6 输出。然后,从电压 y_6 、 y_4 和 y_5 中选择最小电压 (MIN 值) 并且将其作为电压 y_7 输出,如图 9D 所示。

[0151] 图 10 是示出用于根据第一实施例的函数产生电路的示例三次近似函数产生电路的图。在图 10 的三次近似函数产生电路中,恒压电路 1 输出不受环境温度影响的第一、第三和第四模拟信号,温度传感器电路 8 输出受环境温度影响并且近似于第一函数的第二模拟信号。放大电路 101 接收第一模拟信号和第二模拟信号,并且输出模拟信号 y_1 。放大电路 102 接收第三模拟信号和第二模拟信号,并且输出模拟信号 y_3 。放大电路 103 接收第四模拟信号和第二模拟信号,并且输出模拟信号 y_5 。信号合成电路 104 接收并合成模拟信号 y_1 、 y_3 和 y_5 ,并且产生近似于三次温度特性的输出电压 V_3 。

[0152] 图 11 是示出用于根据所述实施例的函数产生电路的示例四次和五次近似函数产生电路的图。在图 11 中,恒压电路 1 输出不受环境温度影响的第一模拟信号和第三模拟信号,温度传感器电路 8 输出受环境温度影响并且近似于第一函数的第二模拟信号。在三次

近似函数产生电路 111 中,放大电路 112 接收第一模拟信号和第二模拟信号并且输出模拟信号 b11 和 b12,放大电路 113 接收第三模拟信号和第二模拟信号并且输出模拟信号 b51 和 b52。

[0153] 通过从三次近似函数产生电路 111 接收信号 b11、b12、b21 和 b22 来提供四次和五次近似函数产生电路 114。此外,当通过 PROM 电路 13 控制开关时,可以对由四次和五次近似函数产生电路 114 输出的控制信号 V45 调节温度补偿参数。

[0154] 如上所述,根据第一实施例的函数产生电路,可以提供执行精确温度补偿的 TCXO,而不会使正常温度附近的噪声状况变差,并且可以避免电路尺寸增大。

[0155] 图 12A 至图 12C 是示出根据第一实施例的函数产生电路的示例特性的曲线图。图 12A 中的曲线图示出了三次近似函数产生电路输出的信号 V3 的特性。图 12B 中的曲线图示出了四次和五次近似函数产生电路输出的信号 V45 的特性。如图 1 所示,通过将信号 V3 加到信号 V45 上来获得由图 12C 中的温度补偿电路输出的信号 Vc。

[0156] (第二实施例)

[0157] 图 13A 是用于解释根据本发明第二实施例的函数产生电路的图。在图 13A 中,恒压电路 1 从调压器电路 8 接收控制信号,并且产生不受环境温度影响的模拟信号。温度传感器电路 2 输出受环境温度影响的模拟信号。

[0158] 三次近似函数产生电路 3 从恒压电路 1 和温度传感器电路 2 接收信号,并且产生与三次温度特性参数相符的三次近似函数控制信号 V3。并且,一次函数产生电路 4 从温度传感器电路 2 接收信号,并且产生受环境温度影响的一次函数控制信号 V1。

[0159] 零次函数产生电路 5 从恒压电路 1 接收信号,并且产生不受环境温度影响的零次控制信号 V0。并且, n 次近似函数产生电路 26 从恒压电路 1 和温度传感器电路 2 接收信号,并且产生与低温度区相符的控制信号 V45 和与高温度区相符的控制信号。

[0160] 峰值改变点调节电路 6a 和 6b 输出用于调节三次近似函数产生电路 3 和一次函数产生电路 4 的峰值改变点温度 T_1 的值、以及 n 次近似函数产生电路 26 的峰值改变点温度 T_2 的值的信号。温度补偿电路 9 将控制信号 V0、V1、V3 和 V45 相加,并且输出控制信号 Vc。

[0161] 工作温度区调节电路 6c 调节高温度区控制电路的工作温度区、以及低温度区控制电路的工作温度区,所述高温度区控制电路是在 n 次近似函数产生电路 26 中提供的,并且输出与高温度区域相符的高温度区控制信号,所述低温度区控制电路是在 n 次近似函数产生电路 26 中提供的,并且输出与低温度区域相符的低温度区控制信号。

[0162] PROM 电路 13 存储用于补偿控制信号 Vc 的温度特性的温度补偿参数,使得可以相对于温度补偿电路 9 输出的控制电压 Vc 而优化压控振荡电路 12 输出的振荡频率。当晶体单元 15 和压控振荡电路 12 对温度补偿电路 9 输出的控制信号 Vc 进行频率转换时,获得输出频率。

[0163] 图 13B 是用于解释图 13A 中的三次函数产生电路的特性 ($m = 9$ 的情况) 的图。三次函数产生电路 3 从第一模拟信号产生电路(恒压电路 1) 以及第二模拟信号产生电路(温度传感器 2) 接收信号。然后,通过使用恒压电路 1 和温度传感器 2 的输出,产生图 13B 所示的三次函数产生电路的特性。此外,通过信号合成电路进行信号合成,并且输出结果。

[0164] 图 14 是示出用于根据第二实施例的函数产生电路的示例 n 次近似函数产生电路的图。在图 14 中,恒压电路 1 输出不受环境温度影响的第一模拟信号和第三模拟信号,温

度传感器电路 8 输出受环境温度影响并且近似于第一函数的第二模拟信号。放大电路 142 接收第一模拟信号和第二模拟信号,并且产生与低温度区中的一次温度特性参数相符的第一函数控制信号。放大电路 143 接收第三模拟信号和第二模拟信号,并且产生与高温度区中的一次温度特性参数相符的第一函数控制信号。通过将放大电路 142 和 143 输出的控制信号相加,获得近似于 n 次近似函数的控制信号 V_n 。

[0165] 图 15 是示出示例三次近似函数产生电路的图,所述三次近似函数产生电路在本发明人先前提交的发明 (JP-A-10-362689) 中描述、并且被用作根据第二实施例的函数产生电路。如上所述,根据本发明的函数产生电路,可以提供执行精确温度补偿的 TCXO,而不会使正常温度附近的噪声状况变差。

[0166] (第三实施例)

[0167] 图 16 是示出用于根据本发明第三实施例的函数产生电路的示例 n 次近似函数产生电路的图。当如图 16B 所示通过划分低温度区域而排列三个邻接的温度区 TL1、TL2 和 TL3 时,放大电路 162 产生与区 TL1 的一次温度特性参数相符的一次函数控制信号;放大电路 163 产生与区 TL2 的一次温度特性参数相符的一次函数控制信号;并且放大电路 164 产生与区 TL3 的一次温度特性参数相符的一次函数控制信号。

[0168] 当将放大电路 162、163 和 164 输出的控制信号加到一起时,可以获得近似于 n 次近似函数的控制信号 V_n 的低温侧控制信号 V_{nL} 。

[0169] 当为放大电路 162、163 和 164 附加地提供用于改变电流镜比率的开关时,可以控制 n 次温度特性参数。

[0170] 将相同的结构用于高温度区域。也就是说,通过划分高温度区域而排列三个邻接的温度区 TH1、TH2 和 TH3,第四放大电路产生与区 TH1 的一次温度特性参数相符的一次函数控制信号;第五放大电路产生与区 TH2 的一次温度特性参数相符的一次函数控制信号;并且第六放大电路产生与区 TH3 的一次温度特性参数相符的一次函数控制信号。

[0171] 当将第四、第五和第六放大电路输出的控制信号加到一起时,可以获得近似于 n 次近似函数的控制信号 V_n 的高温度区域控制信号 V_{nH} 。

[0172] 如上所述,根据本发明第三实施例的函数产生电路,可以提供在宽温度区域内执行精确温度补偿的 TCXO,而不会使正常温度附近的噪声状况变差。

[0173] 本发明的函数产生电路提供了确保可以以较少的噪声执行精确温度补偿的效果,并且可用于具有高温度补偿精度的无噪声 TCXO。

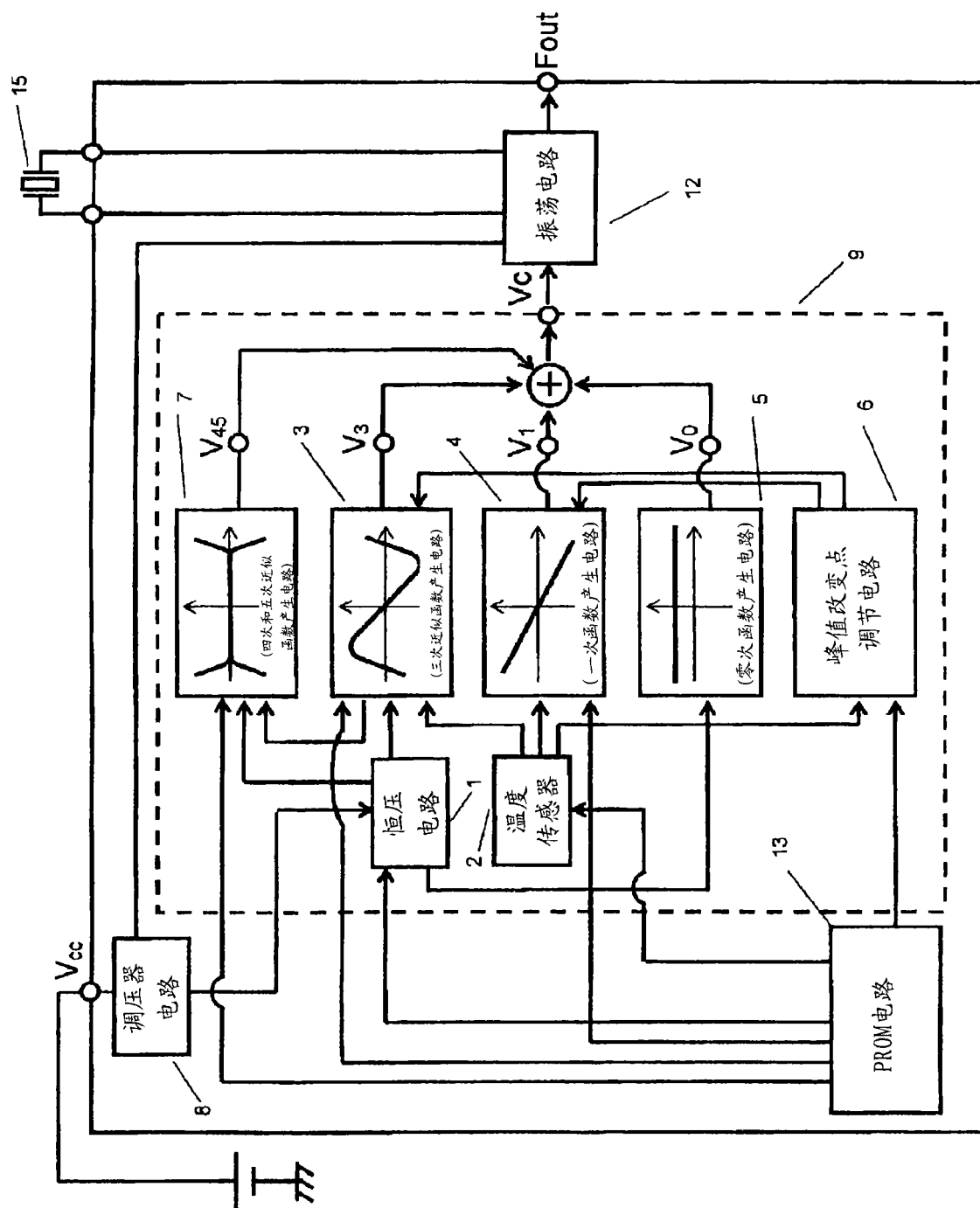


图 1

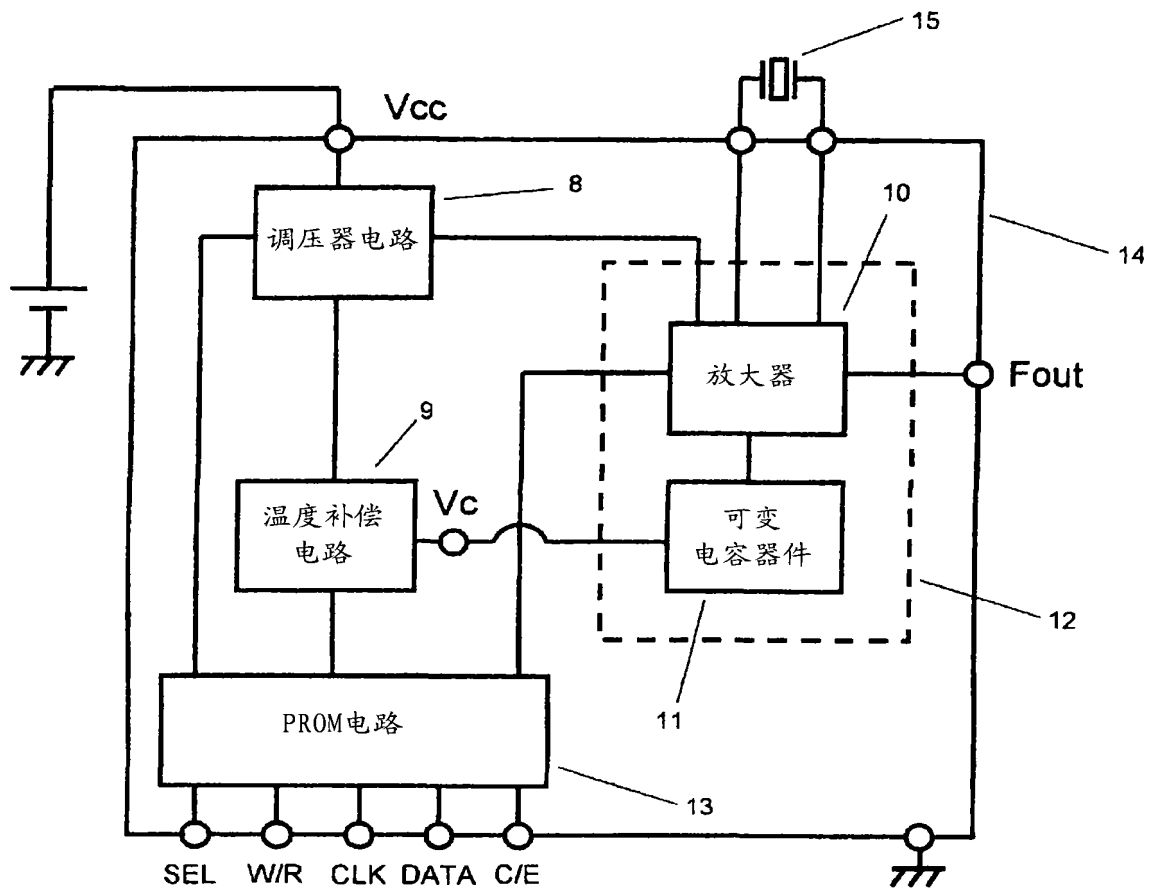


图 2

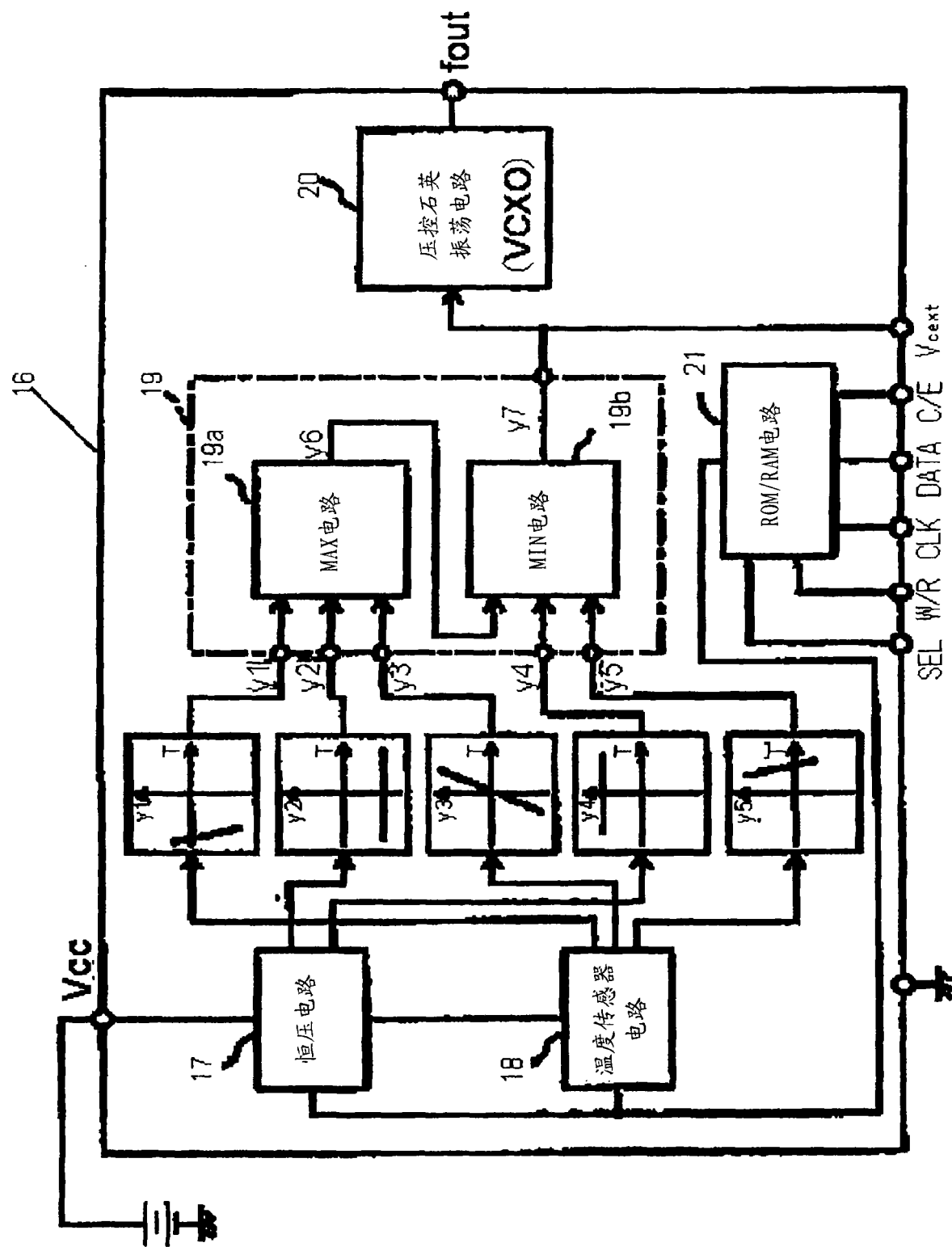


图 3

40

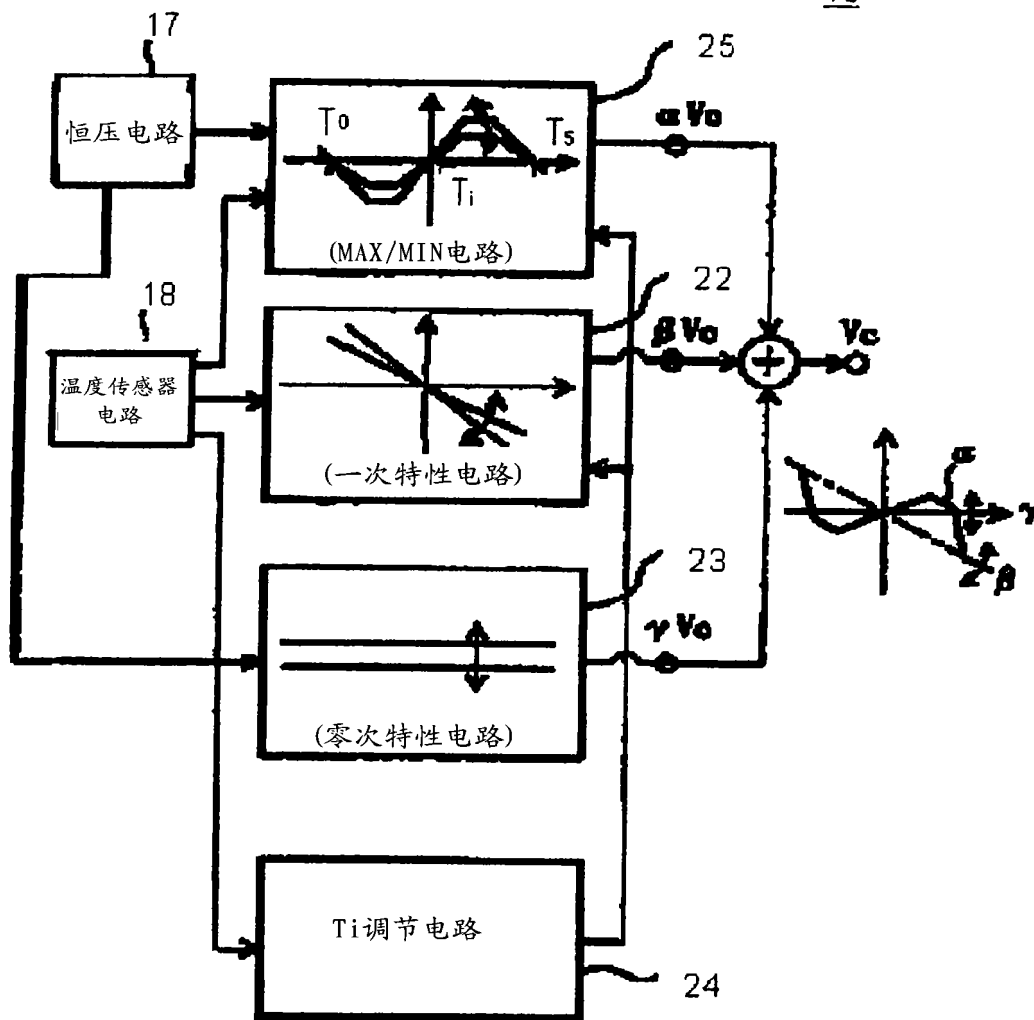


图 4

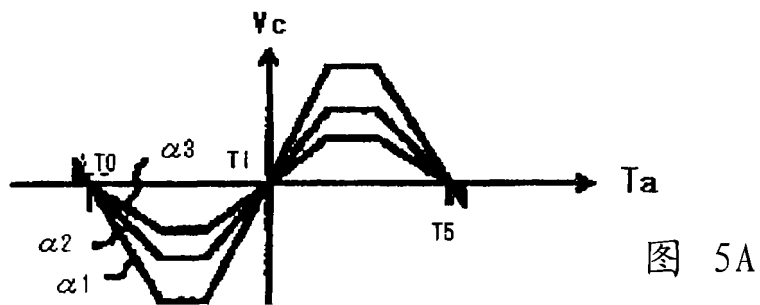


图 5A

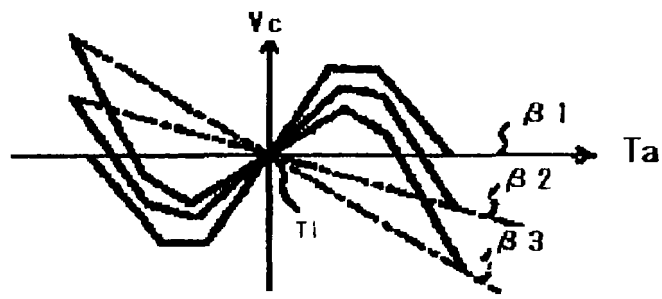


图 5B

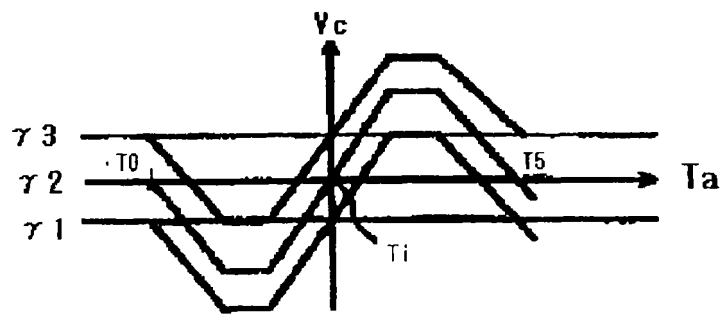


图 5C

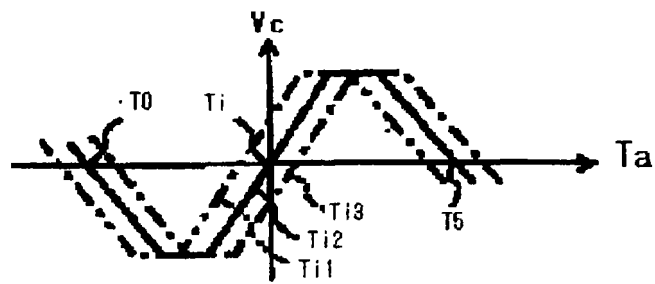


图 5D

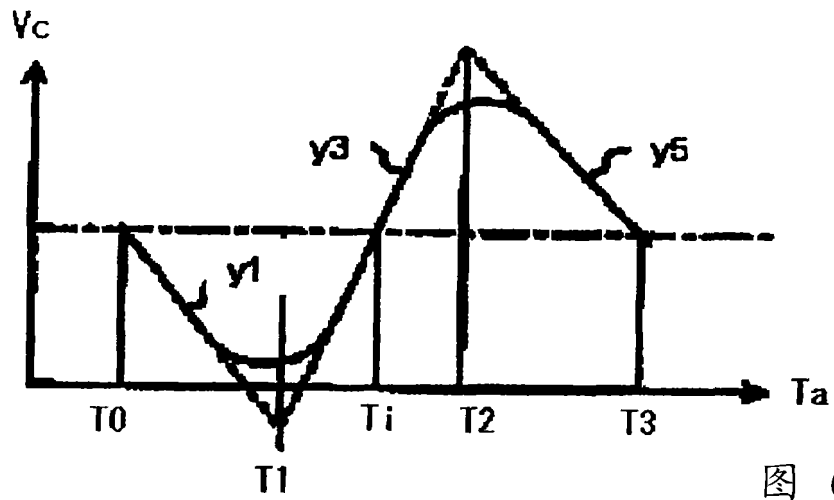


图 6A

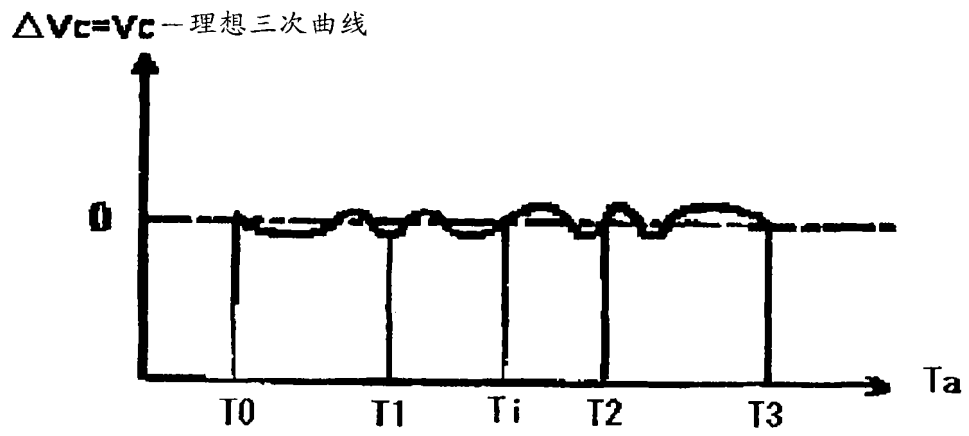


图 6B

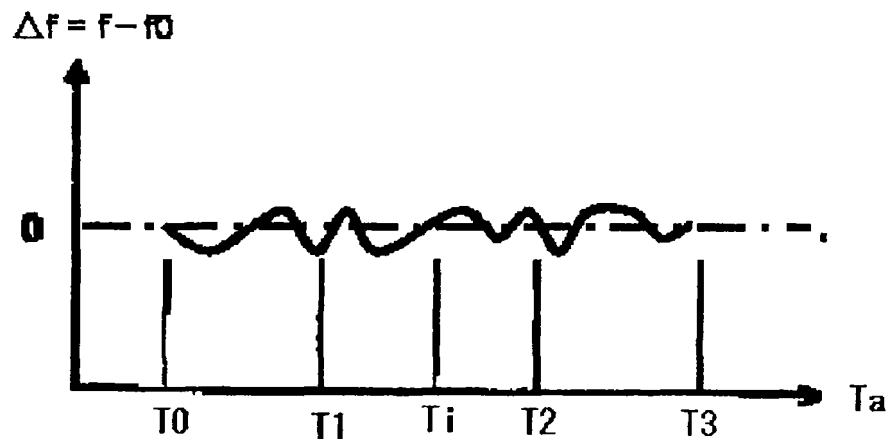


图 6C

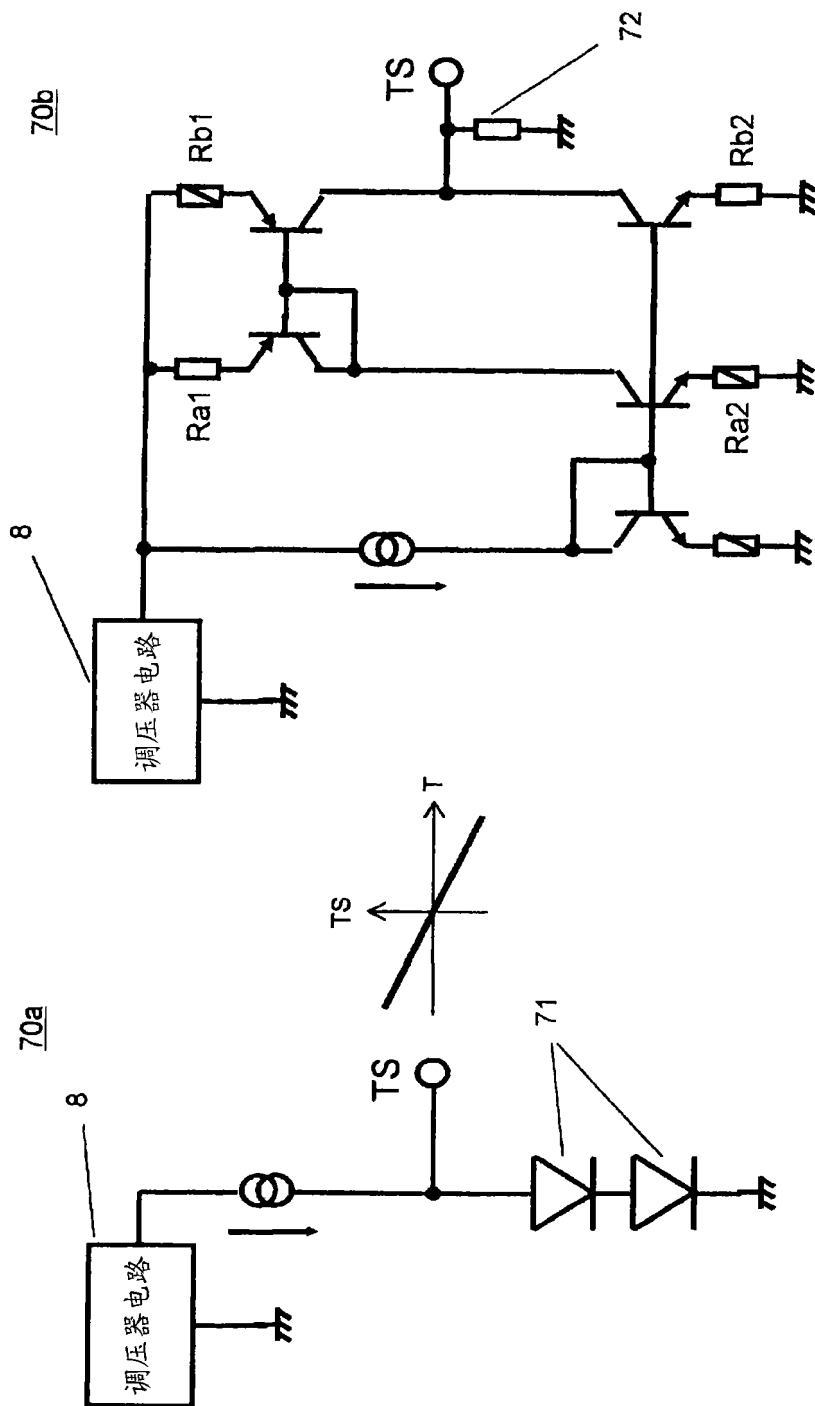


图 7 B

图 7 A

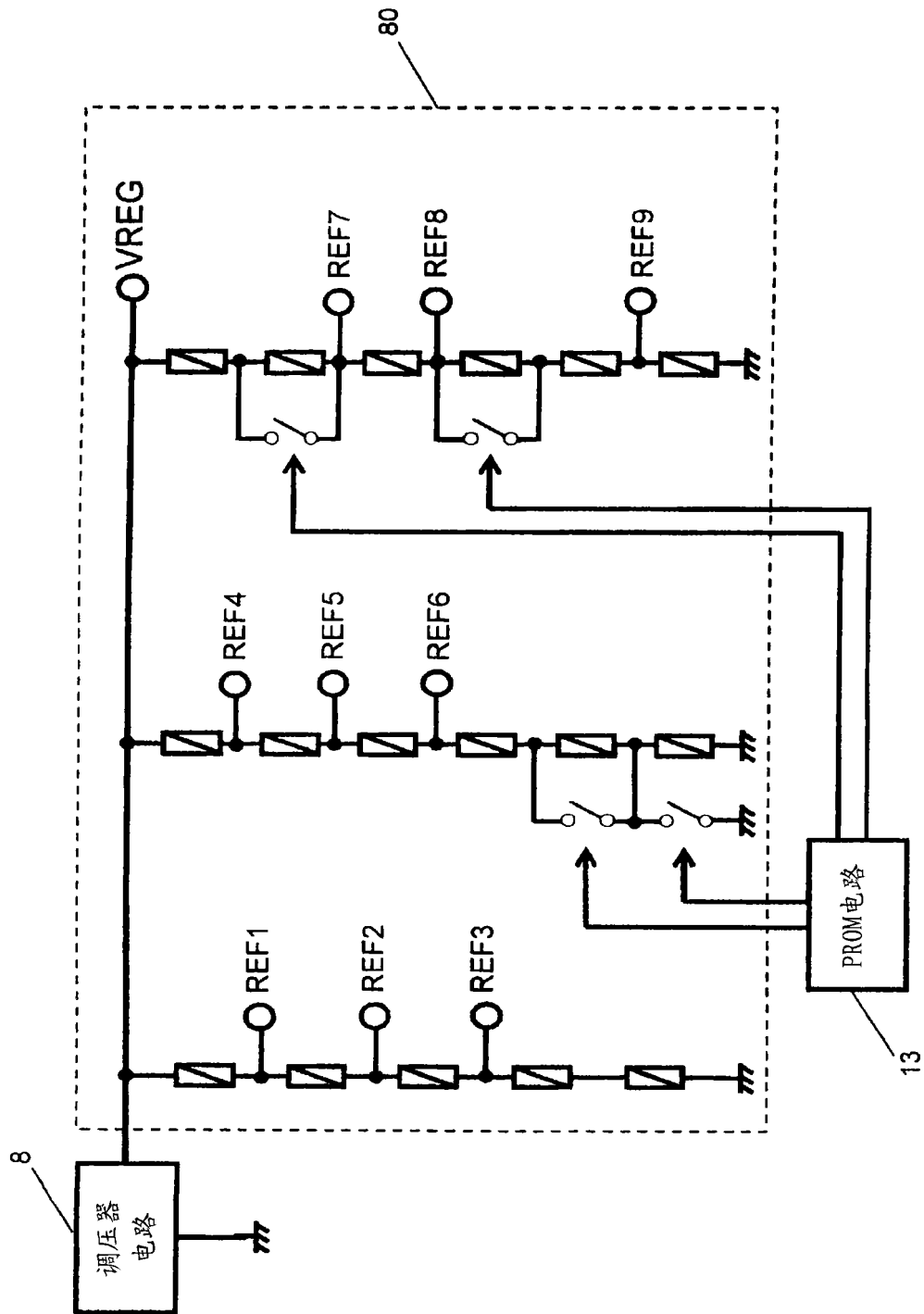


图 8

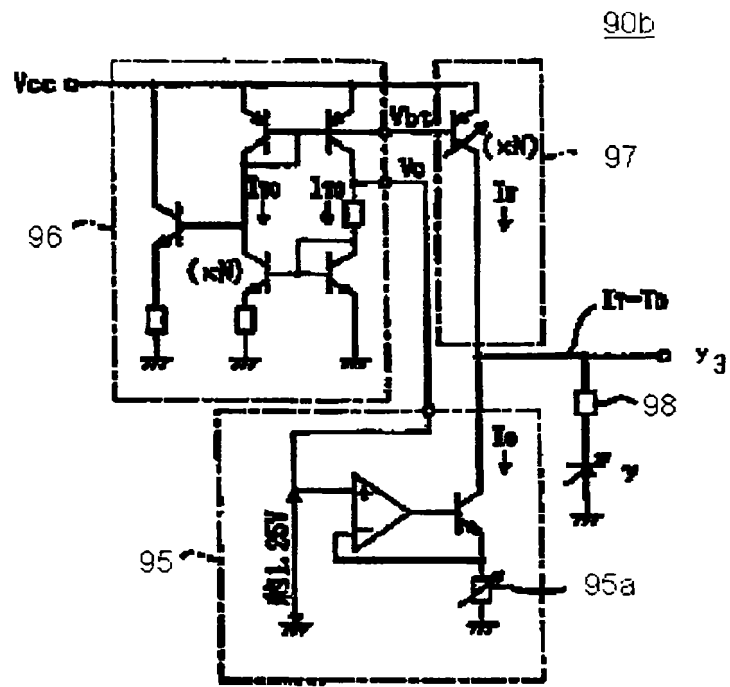


图 9B

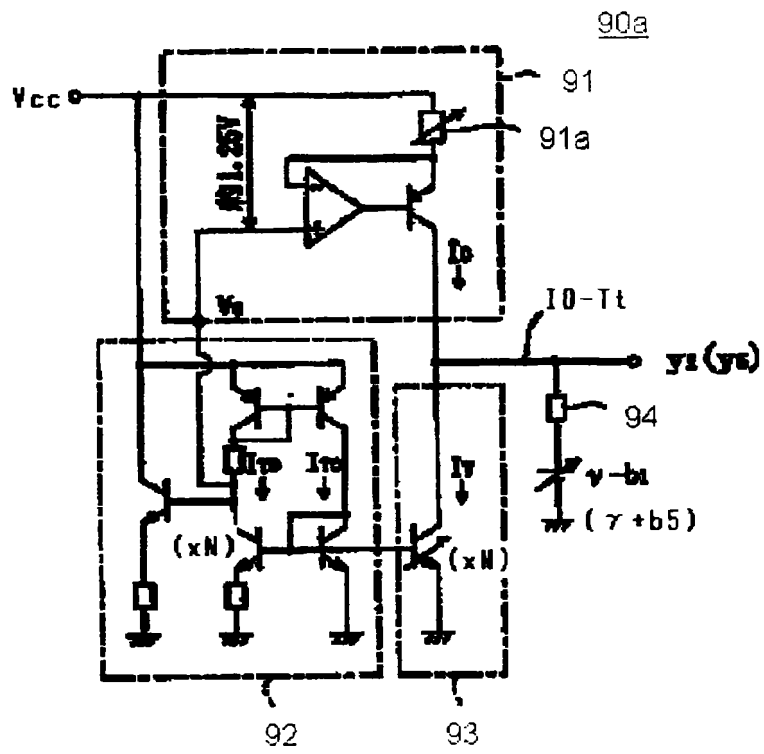


图 9A

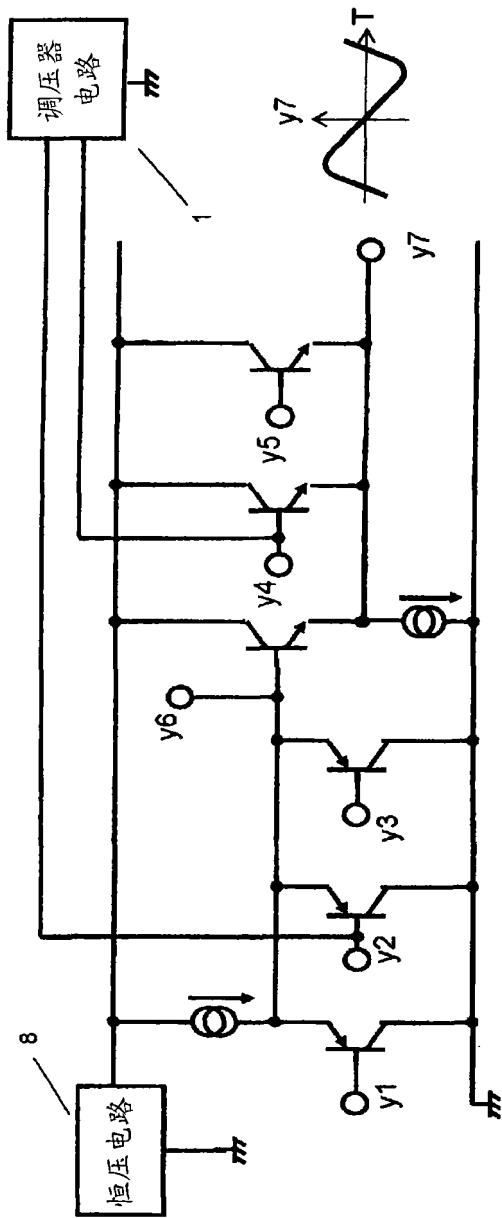


图 9C

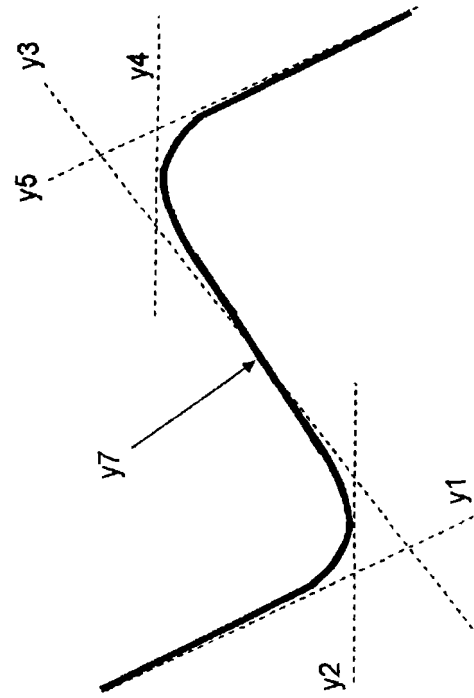


图 9D

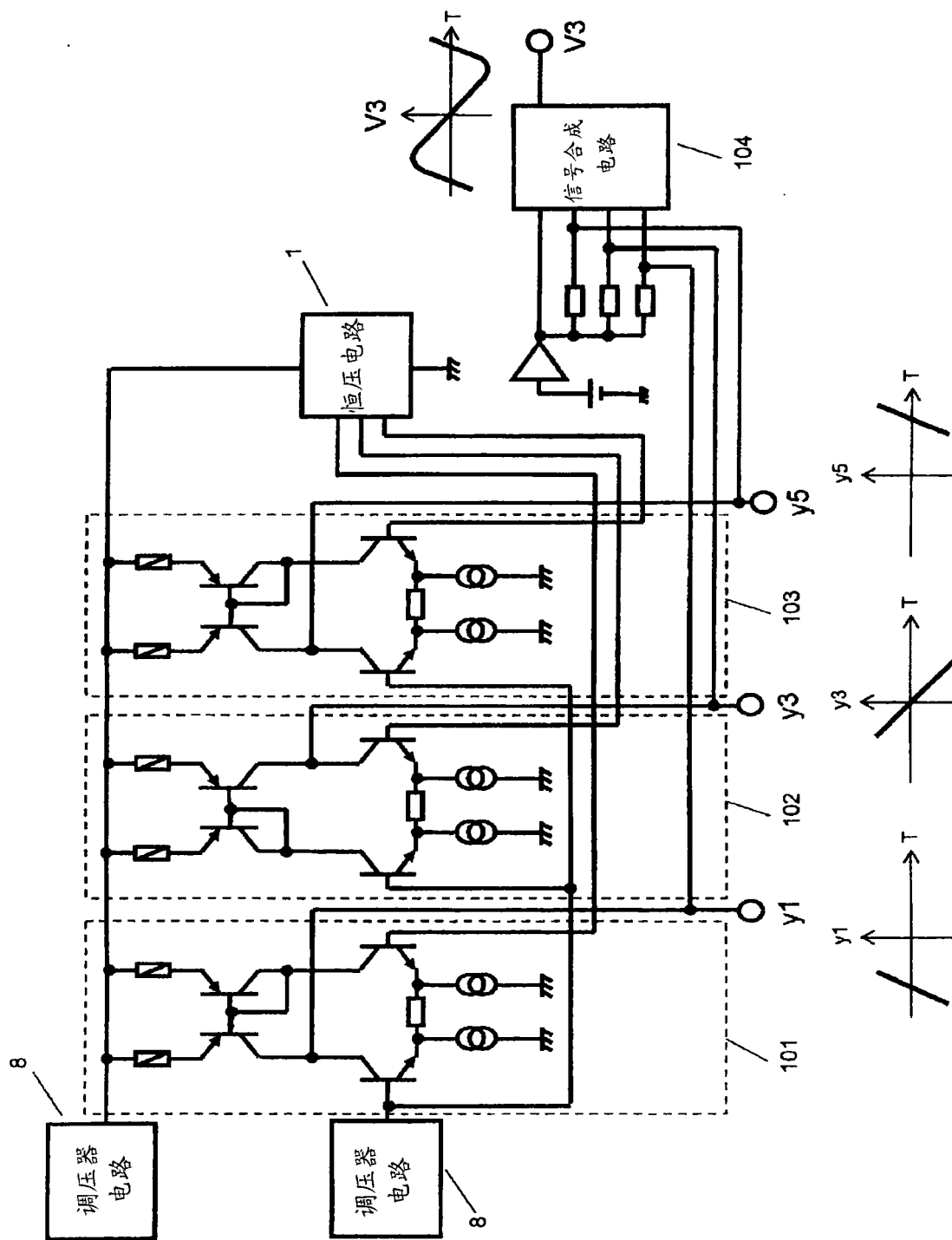


图 10

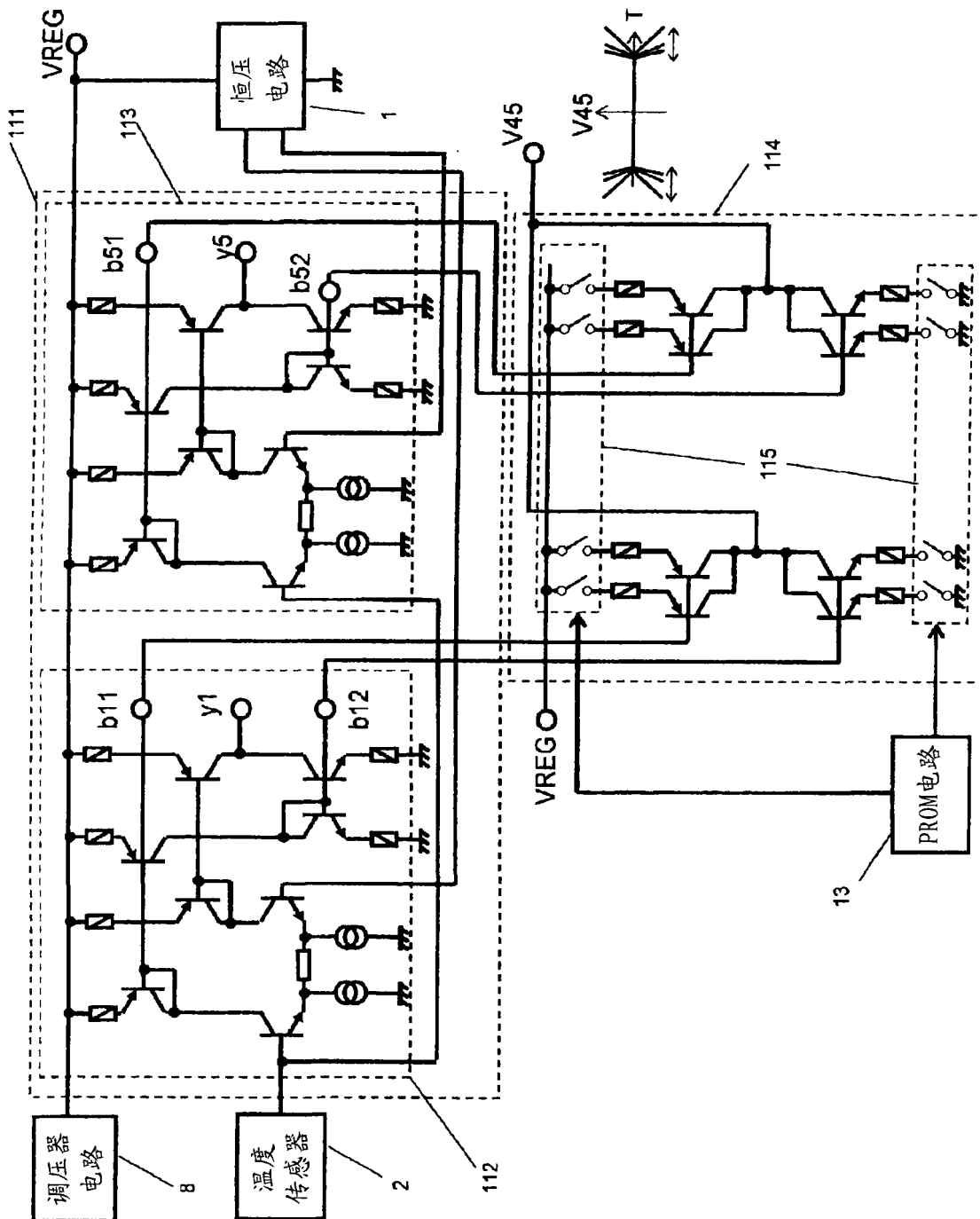
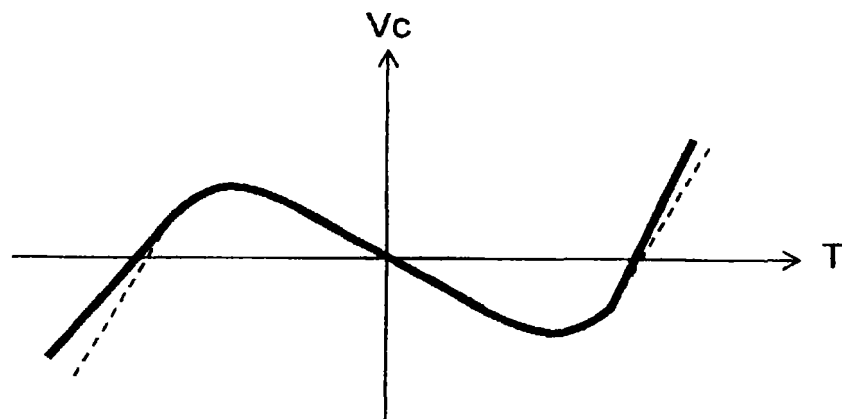
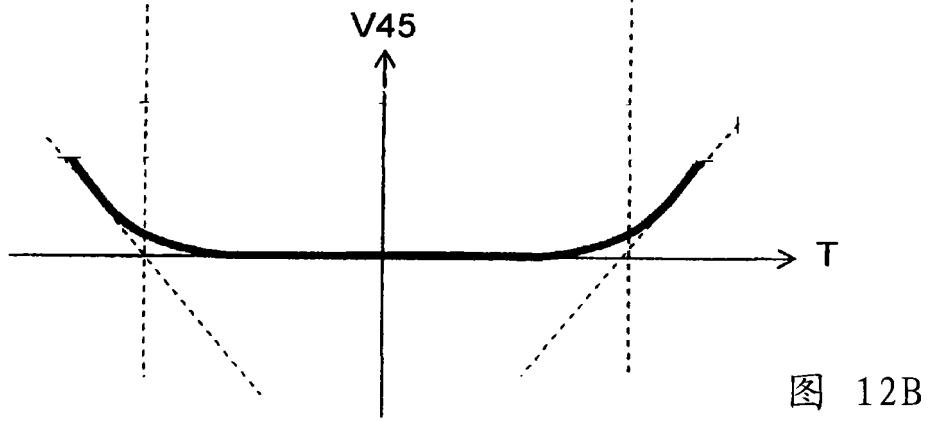
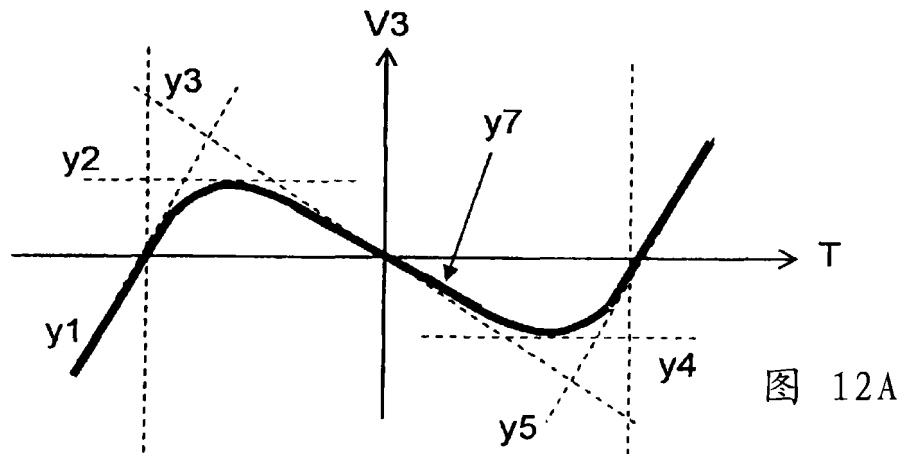


图 11



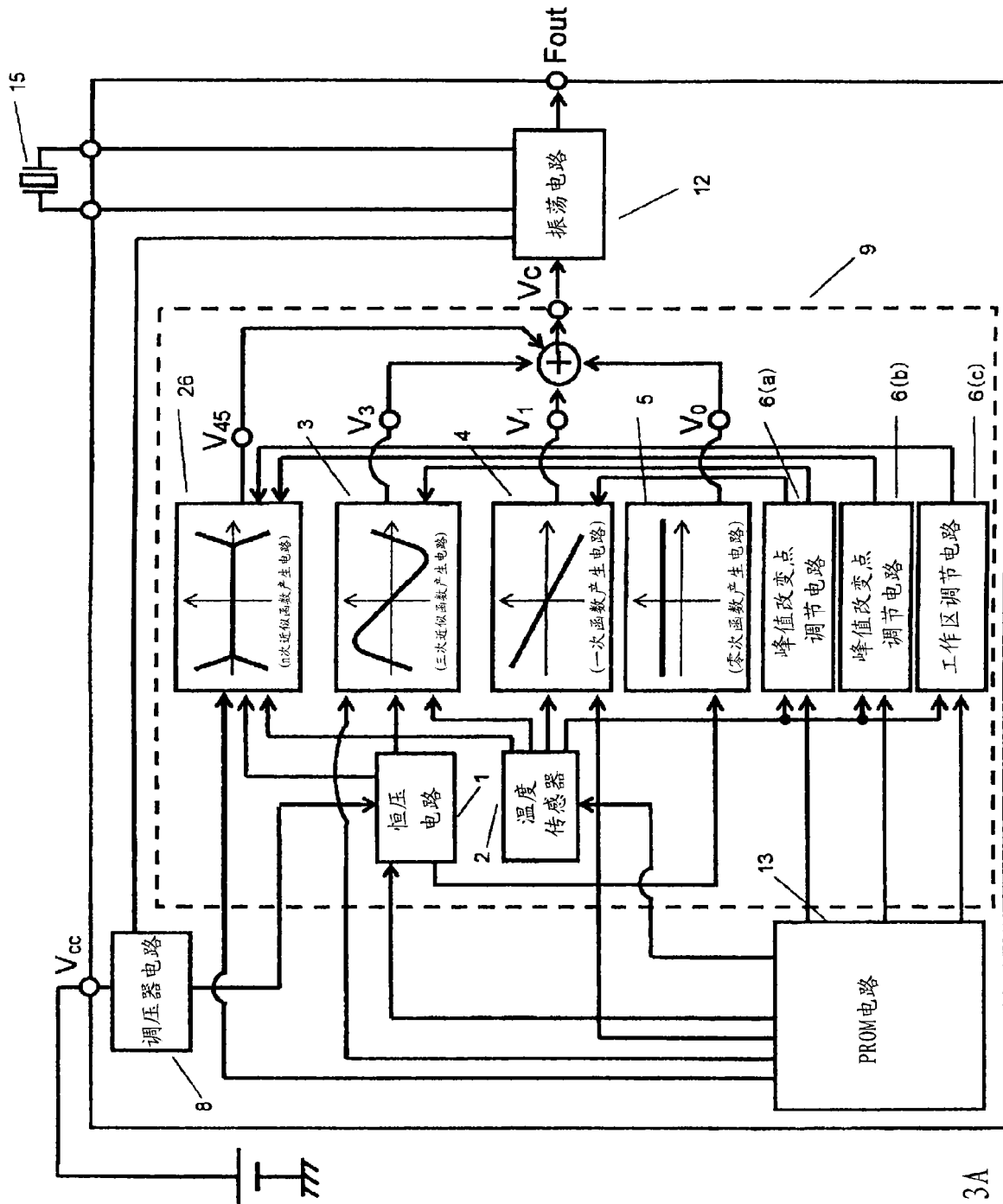


图 13A

对图 13A所示的三次函数产生电路的特性的说明 (m=9的情况)

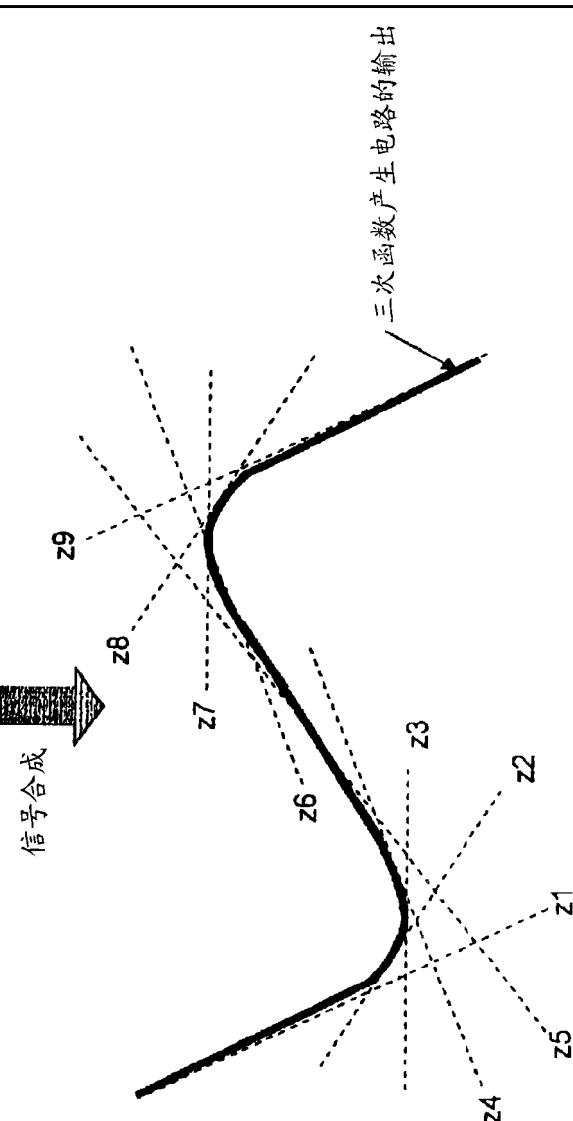
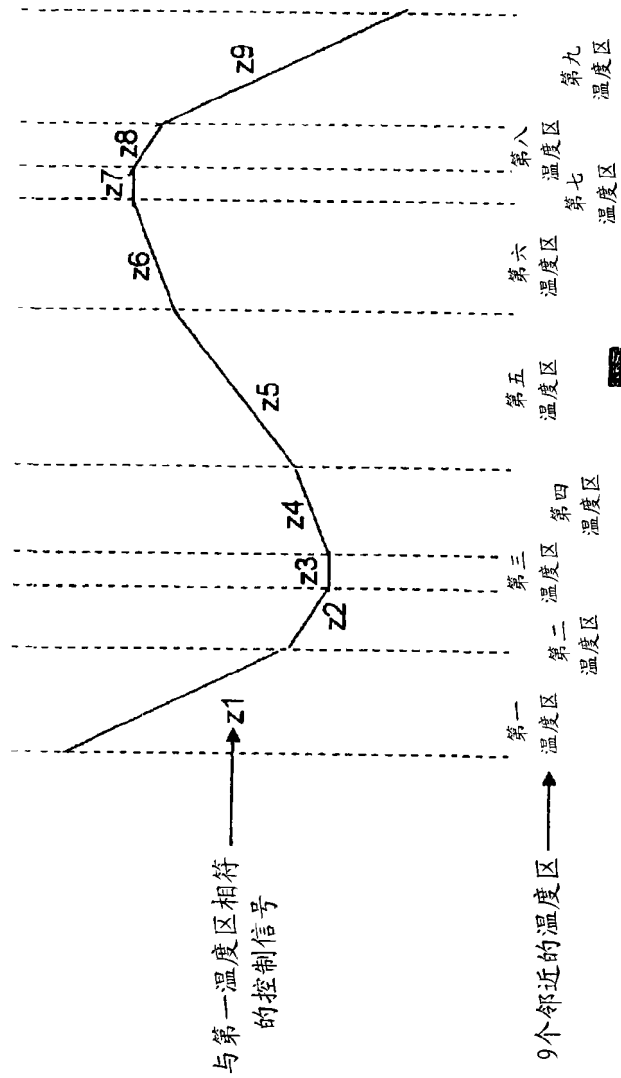


图 13B

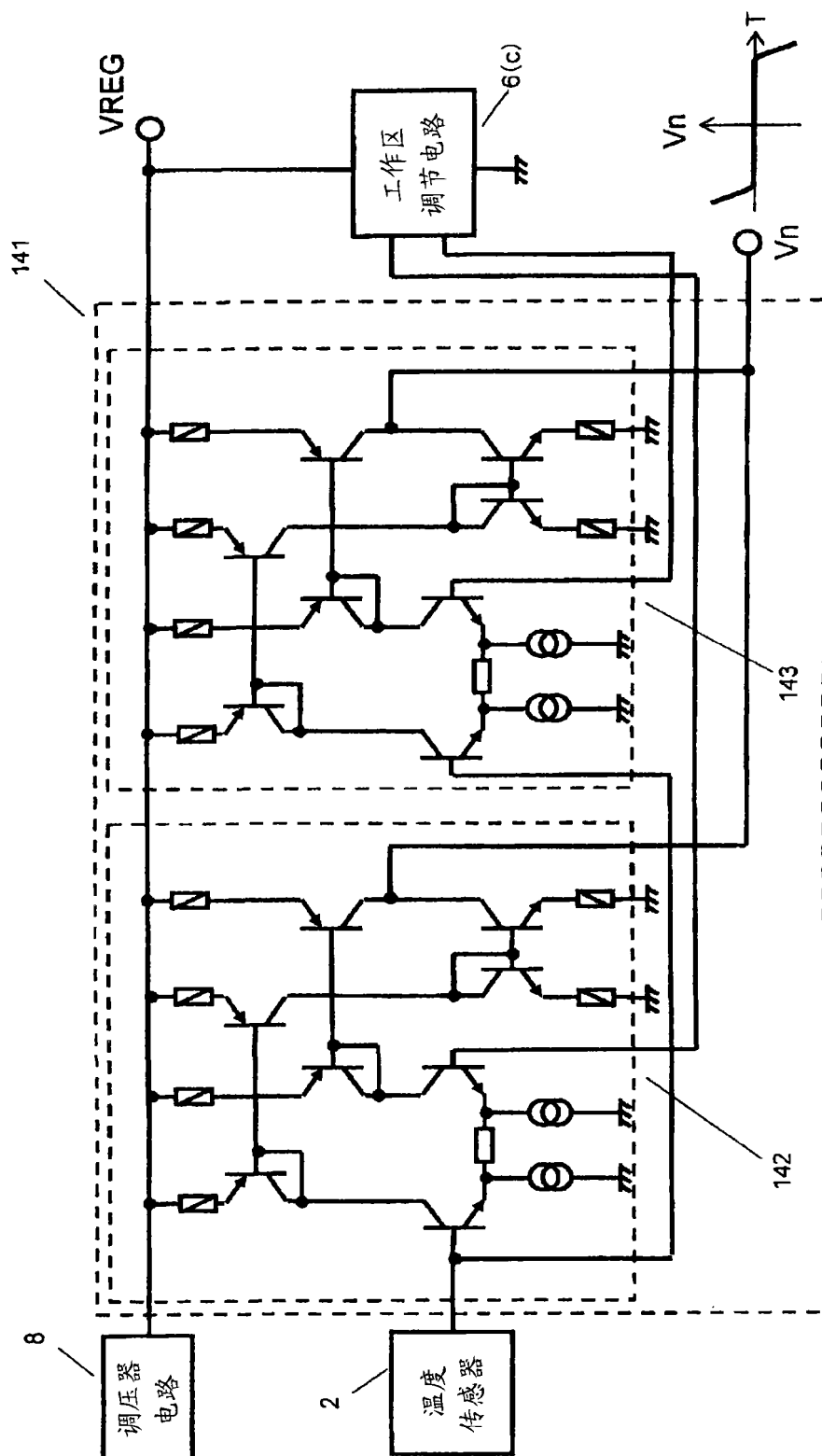


图 14

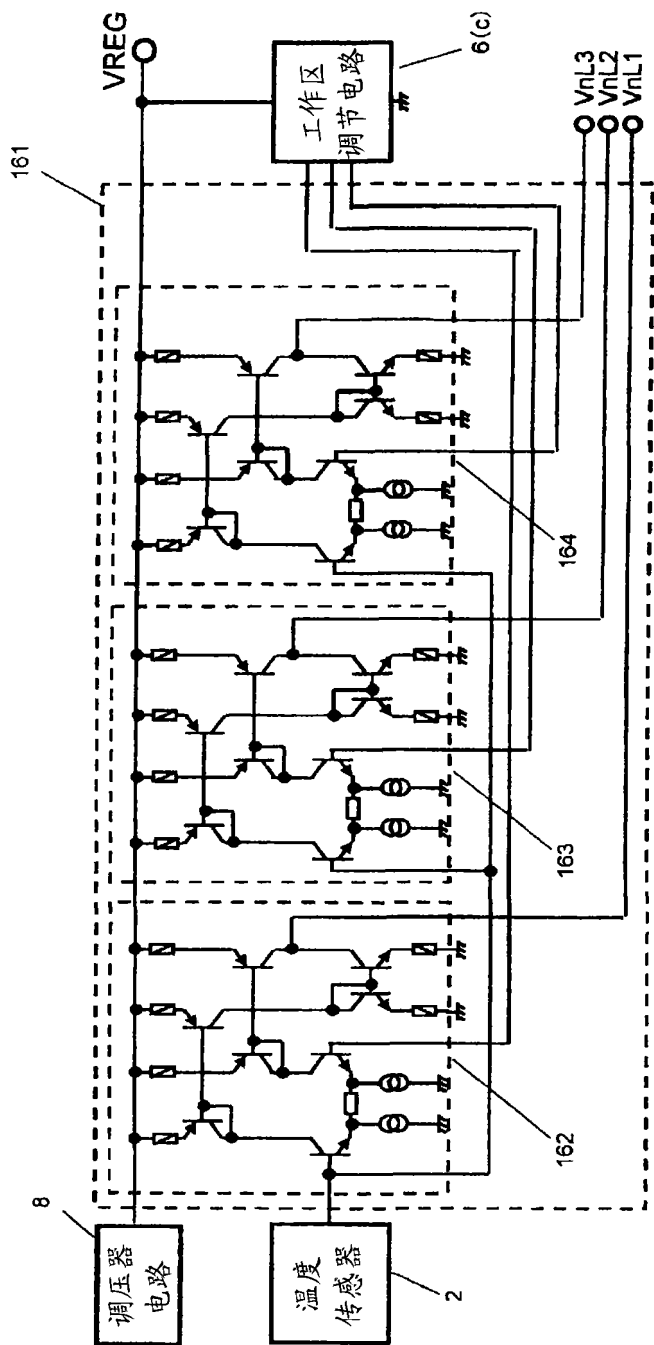


图 16A

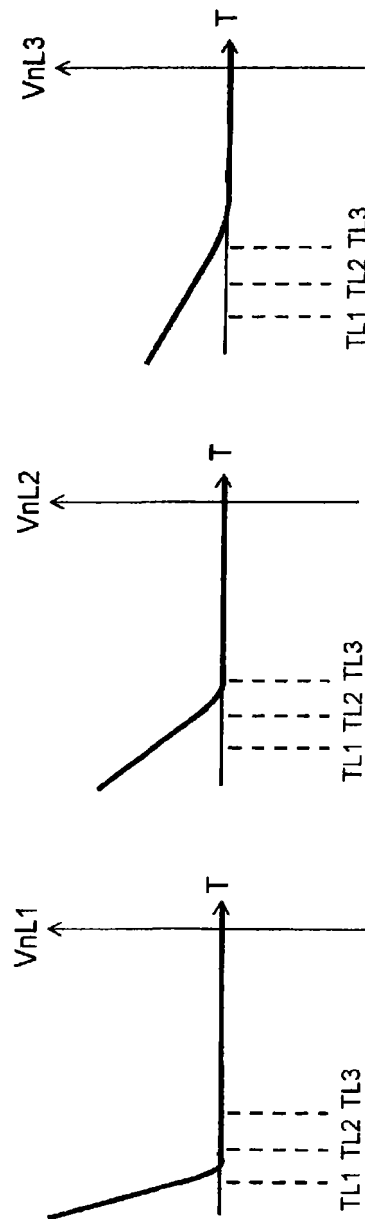


图 16B

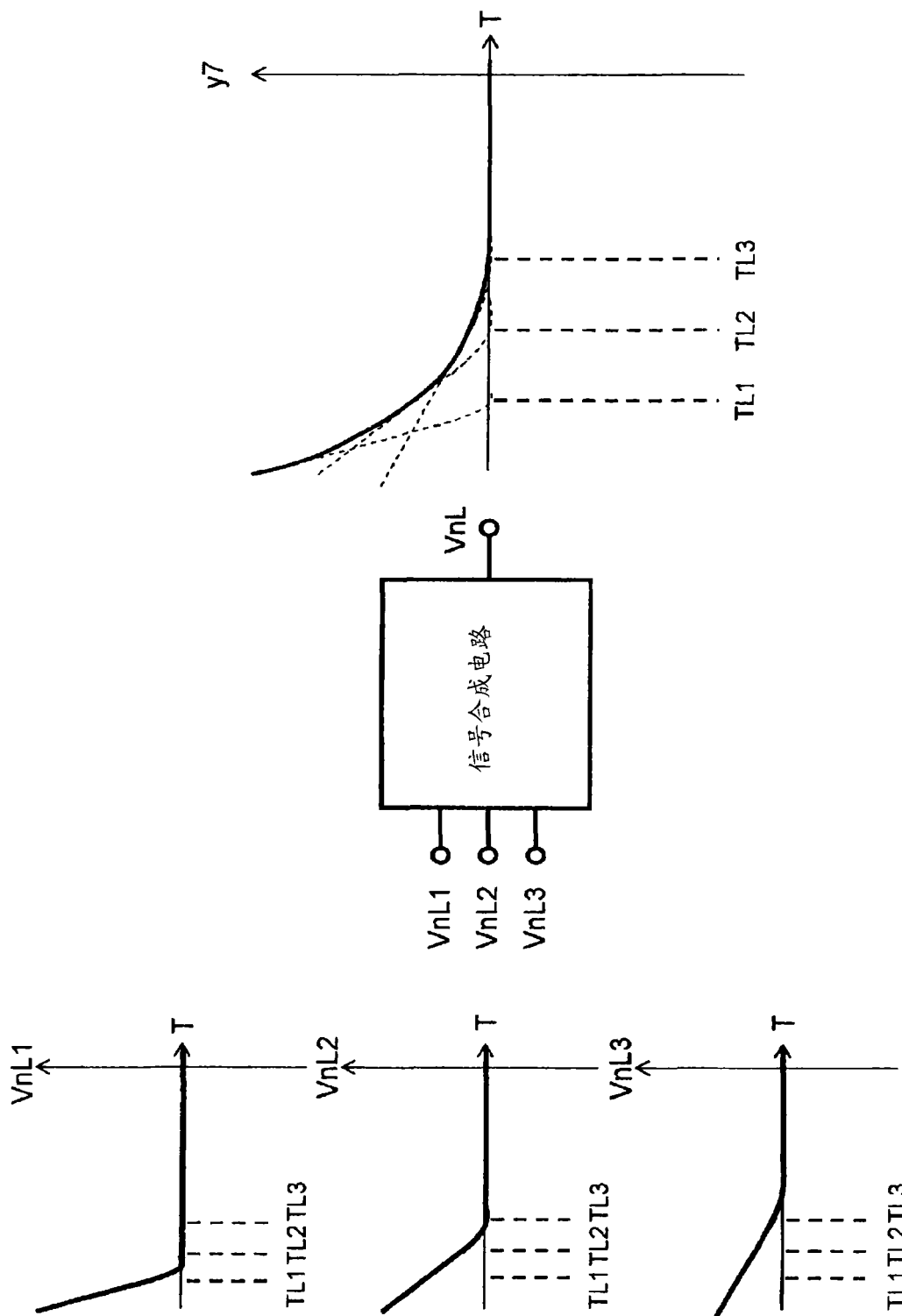


图 16C

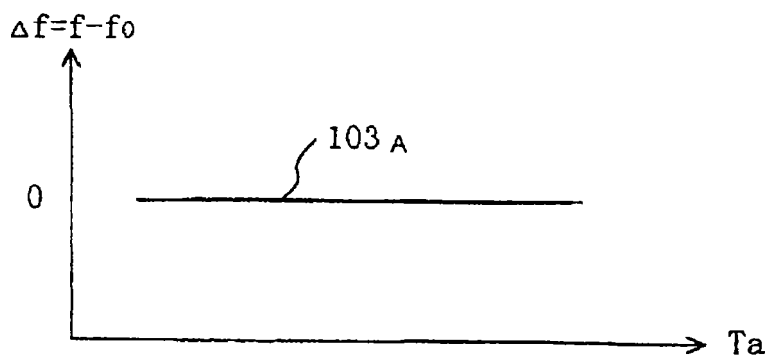


图 17 C

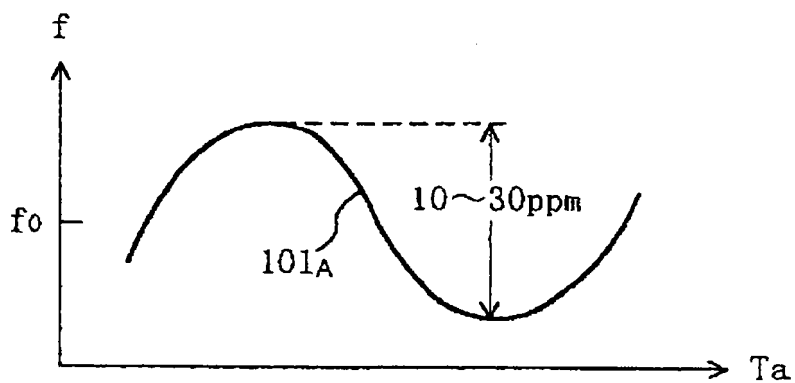


图 17 A

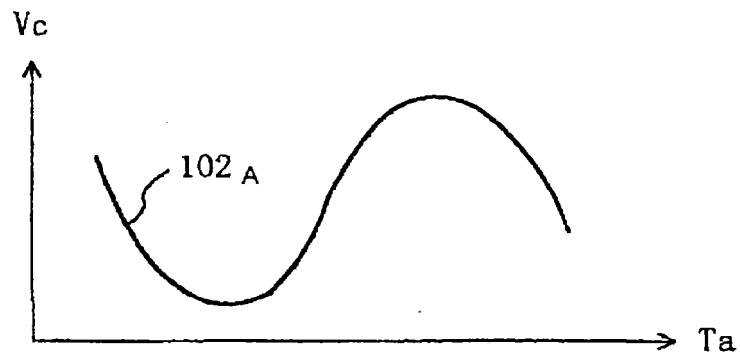


图 17 B

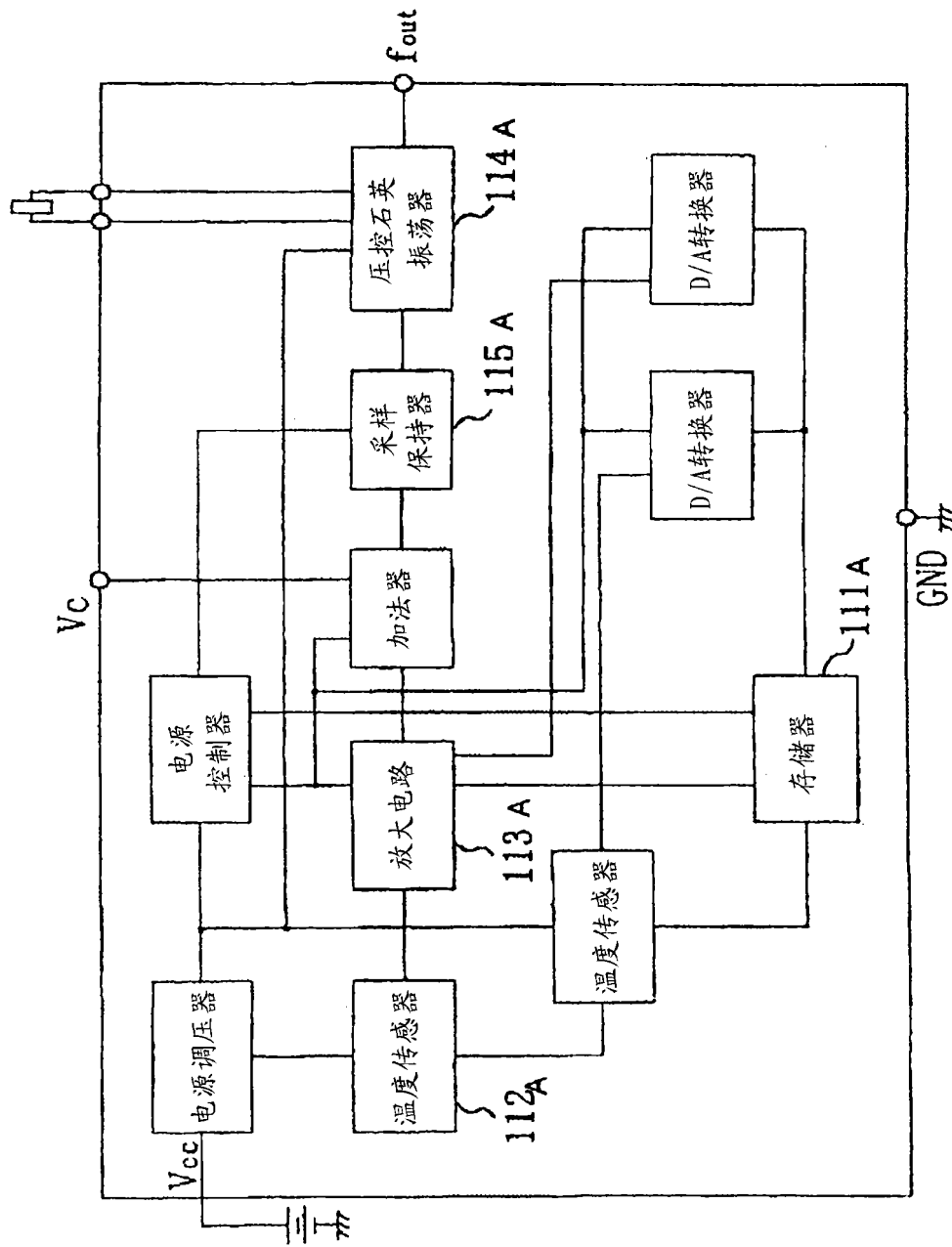


图 18