

压控振幅正弦波振荡器的设计与应用

邵 康 高自强

(自动化系)

摘要 介绍了一种振幅由直流电压控制的正弦波振荡器的设计及应用。对设计的二相正弦波振荡器、任意限幅器及压控振幅电路进行了详细的理论分析与推导,给出了压控振幅振荡器的实用电路和试验数据,并列举了该电路应用于自动调节的例子。

主题词 正弦波;振荡器;自动调节;限幅电路

中图分类号 TP342.3

0 引言

正弦波振荡器是模拟电子技术中的一种基本电路,在电子仪器及测试设备中有着广泛的应用。其具体电路形式有多种多样,如文氏桥式振荡器、LC 振荡器、相移式振荡器、正交振荡器等。这些振荡器的输出幅度都是某一确定值,即固定不变的。但在实际应用中,往往需要用到振幅由外电路来控制的具有调节功能的正弦波振荡器。为此作者设计了一个振幅由直流电压控制的压控振幅振荡器。在研制“洗衣机参数 CAT 检测线”项目中,为解决接地电阻的自动测试问题,应用该电路,取得了理想的效果。

1 工作原理

如图 1 所示。

输入信号 V_i (控制电压)经电压变换电路,产生一组正负对称的双路电压,使限幅器有一个确定的限幅值,从而使振荡器的输出

幅度稳定于某一值,也就是说振荡器的输出幅度将由输入信号 V_i 来决定。

1.1 二相振荡器

如图 2 所示。图中 A_1 为同相输入积分器, A_2 为反相输入积分器。根据理想运算放大器的定义,从 C_2, R_2 支路可以看出

$$V_B(S) = [1/(1 + SR_2C_2)] \cdot V_2(S)$$

因为 $V_B = V_B'$, 由 R_1, C_1 支路得

$$V_B(S) = [SR_1C_1/(1 + SR_1C_1)] \cdot V_1(S)$$

从而可得 $V_1(S) = [(1 + SR_1C_1)/(1 + SR_2C_2)] \cdot [1/SR_1C_1] \cdot V_2(S)$

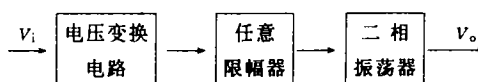


图 1 压控振幅振荡器原理框图

收稿日期:1994-12-05

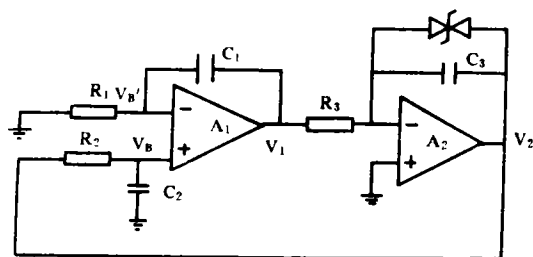


图2 二相振荡器原理图

由式(1)和式(2)得

$$\frac{d^2 V_2}{dt^2} + \frac{1}{R_1 R_3 C_1 C_3} V_2 = 0 \quad (3)$$

取 $C_1 = C_2 = C_3 = C$, $R_1 = R_2 = R_3 = R$, 且令 $\frac{1}{RC} = \omega_0$, 则式(3)可写成

$$\frac{d^2 V_2}{dt^2} + \omega_0^2 V_2 = 0$$

当 $V_2(0) = V_0$, $V_2'(0) = 0$ 时, $V_2(t) = V_0 \cos \omega_0 t$; $V_1(t) = V_0 \sin \omega_0 t$. 可以看出, V_1 和 V_2 均为正弦波, 只不过相位差 90° 而已, 其振荡频率 $f_0 = \omega_0 / 2\pi = 1 / 2\pi RC$. 幅度 V_0 的大小由初始条件决定, 但实际上并不是每次增加初始条件, 而是通过使 R_2 稍大于 R_1 , 先获得增幅振荡, 然后再用限幅器(双向稳压管)使振荡幅度稳定。

1.2 任意限幅器

用稳压管作限幅器, 振荡器只能有一个输出幅度值。为了获得不同幅度值, 作者在设计中用图3所示的任意限幅器来替代双向稳压管。

图3中, A_2 为反相积分器(见图2), D_1 、 D_2 、 R_4 、 R_5 、 R_6 、 R_7 组成限幅电路。由于 Σ 点为零电位(虚地),

所以当 V_2 向负方向增大而使 B_1 点的电位等于 $-V_D$ (V_D 为二极管的正向压降) 时, D_1 开始导通, A_2 不再积分, 此时的 V_2 就是负方向的限幅值。同理, 当 V_2 向正方向增大 B_2 点的电位等于 $+V_D$ 时, D_2 导通, 达到正方向限幅值。

从图3上可以看出

$$V_{B1} = \frac{R_5}{R_4 + R_5} (V - V_2) + V_2, V_{B2} = \frac{R_6}{R_6 + R_7} (-V - V_2) + V_2$$

如果忽略二极管的正向压降, 则负方向限幅时 B_1 点的电位 $V_{B1} = \frac{R_5}{R_4 + R_5} (V - V_2) + V_2 = -V_D \approx 0$, 由此可见 $V_2 = -(R_5/R_4)V$. 同时可得正向限幅时, V_2 的值为: $V_2 = (R_6/R_7) \cdot V$.

如果选择 $R_4 = R_7$, $R_5 = R_6$, 则可获得正负方向等幅的限幅值 $V_x = (R_5/R_7) \cdot V$. 由此

取 $R_1 C_1 = R_2 C_2$, 则有 $V_1(S) = \frac{1}{SR_1 C_1} V_2(S)$. 取拉氏反变换得

$$V_1(t) = \frac{1}{R_1 C_1} \int V_2(t) dt \quad (1)$$

对于反相积分器 A_2 有

$$V_2(S) = -\frac{1}{SC_3 R_3} \cdot V_1(S)$$

同样取拉氏反变换得

$$V_2(t) = -\frac{1}{R_3 C_3} \int V_1(t) dt \quad (2)$$

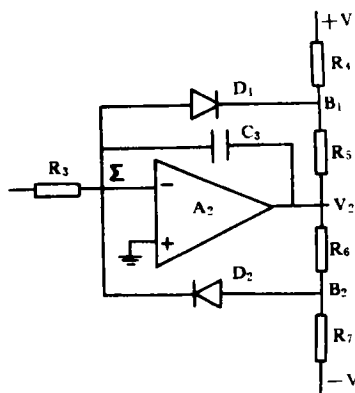


图3 任意限幅器

可见,限幅器的限幅电压仅取决于 R_6 与 R_7 的比值和电源电压 V 的大小。

1.3 电压控制的实现

在前面电路中,虽然只要改变 R_6 与 R_7 的比值就能改变限幅值,但在自动调节中要用电信号来控制 R_6/R_7 ,是非常困难的。既然 R_6 与 R_7 的比值不易受控制信号的控制,不妨使其为固定值,而把限幅器的电源电压($\pm V$)改为随控制信号变化的正负对称电压,这样限幅器的限幅电压就很容易控制了。基于此种思路,设计了图4所示的压控振幅振荡器的实用电路。

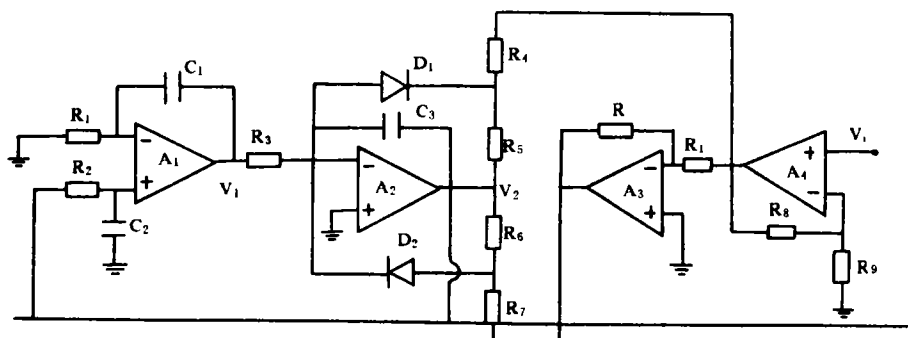


图4 压控振幅振荡器实用电路

图4中, A_3 和 A_4 组成电压变换电路。其中 A_4 为同相放大器, A_3 为反相器。输入信号 V_i 经同相放大器 A_4 放大(放大倍数由 R_8 、 R_9 决定,应根据实际要求来选取)后,产生一个正电压 V , 作为限幅器的正电源; 由于 A_4 的输出为反相器 A_3 的输入, 因而 A_3 同时输出一个负电压作为限幅器的负电源。很明显, 限幅电压将随 V_i 的改变而改变, 振荡器的振幅就可以用 V_i (注意, 这里 V_i 只能为正电压, 如果 V_i 为负电压, 则应改变图中 D_1 、 D_2 的极性) 来调节。

限幅器中 R_4 、 R_5 、 R_6 、 R_7 的电阻值不能取得太小, 在 $2 \sim 10\text{k}\Omega$ 内取值是比较合适的。

2 试验数据

在图4中, 取: $R_1 = 33.2\text{k}\Omega$, $R_2 = 33.9\text{k}\Omega$, $R_3 = 33.5\text{k}\Omega$, $C_1 = C_2 = C_3 = 0.1\mu\text{F}$, $R_4 = R_5 = R_6 = R_7 = 5.1\text{k}\Omega$, $R_8 = R_9 = R = 10\text{k}\Omega$ 。当输入信号 V_i 从 $0 \sim 6\text{V}$ 变化时, 用 SR-8 示波器观察得 $V_1(t)$ 和 $V_2(t)$ 均为理想的正弦波形, V_i 大于 6V 后, 由于受电源电压限制, 出现削顶失真。在示波器上读得振荡周期为 21ms , 与理论值符合。用 DT-845 数字万用表测得 V_i (控制信号, 直流电压) 和振荡器输出电压 V_1 ($V_1 = V_2$, 有效值) 见表1。

图5作出了输入信号 V_i 与输出电压 V_1 的关系曲线。从图5可以看出, 当输入信号从 0.5V 到 6V 变化时, 输出电压以线性关系变化, 输出电压的关系式为 $V_1 = 1.51V_i + 0.43$ 。

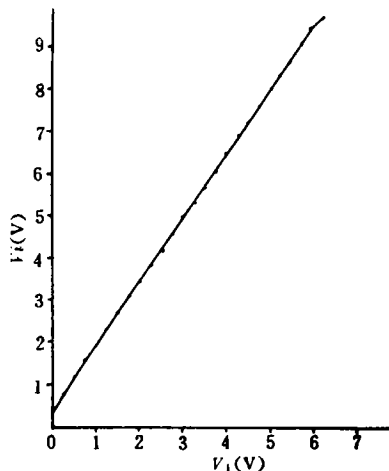


图5 V_i - V_1 关系曲线

表 1 测试数据

$V_1(\text{V})$	0	0.125	0.250	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00
$V_1(\text{V})$	0.29	0.52	0.75	1.15	1.54	1.93	2.31	2.69	3.07	3.47	3.85	4.23	4.60	4.97
$V_1(\text{V})$	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.25	5.50	5.75	6.00	6.25	
$V_1(\text{V})$	5.35	5.72	6.10	6.47	6.84	7.21	7.58	7.69	8.32	8.70	9.07	9.45	9.72	

3 应用实例

作者在设计“接地电阻测试仪”的测试电源(25A/50Hz 交流恒流源)时,应用压控振幅振荡器,取得了满意的效果。

接地电阻是衡量家用电器安全性能的一个重要参数。国家标准规定应在 25A/50Hz 条件下进行测试。以前传统的测试方法都是用调压变压器改变电流的,速度慢、精度低,不适合流水线生产。作者在设计时用恒流源作为测试电源,大大提高了测试速度精度。恒流源原理框图见图 6。

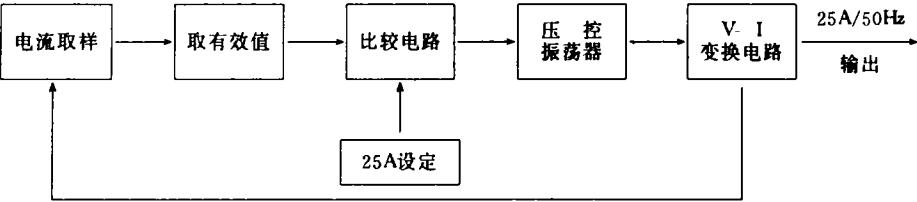


图 6 恒流源原理框图

恒流源的工作原理简单介绍如下:当温度变化使 $V-I$ 变换电路的基准电阻阻值发生变化及其它因素使 25A 电流发生偏差时,电流取样电路取到的电流信号经取有效值电路,转换为平滑的直流电压信号。此电压送到比较电路与基准电压(25A 设定值)比较后,比较电路产生一个合适的控制电压 V_1 ,使压控振荡器的幅度增大或减小,从而保证输出电流为恒定的 25A。

The Design and Application of a Voltage-controlled Sine Oscillator

Sao Kang Gao Ziqiang
(Dept. of Auto.)

Abstract The design and application of avoltage — controlled oscillator was described in this paper. The principle including two-phase sine wave oscillator, adjustable range limiter and voltage-controlled circuit is presented in detail. An equipment based on this theory, which is used in voltage automatic adjuction is also mentioned.

Subject-words Sine wave; Oscillator; Range limiter; Auto-adjustment