

⑥

CMOS, 非门, 振荡器, 原理, 应用

9-11

CMOS 与非门振荡器原理及应用

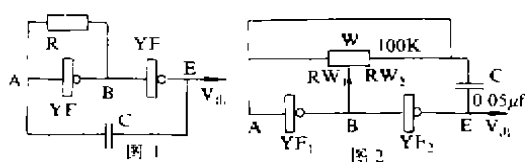
我们知道, CMOS 与非门是数字电路的最基本电路之一, 具有十分广泛的用途, 而其一个重要的方面就是配以电阻器、电容器等元器件组成各种各样的振荡器。现就将常见的 CMOS 与非门振荡器的工作原理及应用简介如下。

一、多谐振荡器

1. 普通多谐振荡器

用两个 CMOS 与非门电路及一个电阻及一个电容器即可以组成一个双稳态型多振荡器, 产生矩形脉冲, 见图 1。

其工作过程如下: 若开始时振荡器的 B 点为“1”



电平, 则 E 点为“0”电平。电路由 B→R→A→C→E 对电容器 C 按指数规律充电, 当充至 A 点为“1”电平时, B 点立即跳变为“0”电平, 产生第一个“雪崩”, 这时 E 点为“1”电平, 这是第二个稳态, 这时, 沿 C→A→R→B 电容器 C 呈指数规律放电, 当 A 点电平下降至“0”电平时, 使 YF1 产生另一次“雪崩”过程, 使 B 点的电平又从“0”电平跳变量“1”电平, 又回到了第一个稳态——开始时的状态, 之后周而复始形成振荡。

此振荡器输出端的脉冲周期取决于电阻器 R 及电容器 C 的乘积, 并与 RC 的乘积成正比, 其频率 $f \propto \frac{1}{1.4RC}$ 。这种振荡器直接要将波形调至占空比各占 50% 的波形较困难, 但是, 其线路简单, 使用的元器件少, 调试方便, 应用较广。有一点需要注意, 当与非门使用 CMOS 电路时, 振荡器中的电阻器 R 之值不能取得太小, 否则将造成不易起振或振荡波形变差等后果。R 一般取 10kΩ 以上, 电容器大小可根据频率选择。R = 1MΩ, C = 120pf 时, f = 6kHz; R = 1MΩ, C = 5600pf 时, f = 15Hz; R = 100kΩ, C = 120pf 时, f = 60kHz; R = 100kΩ, C = 5600p 时 f = 1.3kHz。

图 2 所示的电路, 用电位器取代了图 1 中的电阻器 R, 用以使振荡器的振荡频率可以微调, 当电位器滑动头在中间位置时, f = 400Hz, 其频率可增至 2 ~ 3kHz。当滑动头滑至“0”电阻时, 振荡器将停止振

荡。

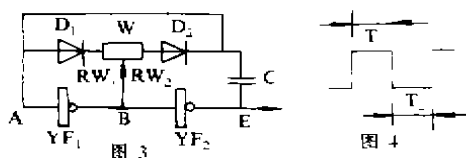
图 3 所示的电路, 由于在电位器两端串入了两只二极管, 就避免了图 2 中电阻 R = 0 情况的出现。但是, 二极管的串入, 使振荡器工作过程中的电容器 C 的充放电按一定的回路走。因此, 此电路可以用电位器 W 来任意调节输出波形的占空比, 几乎可在 0 ~ 100% 内任意调节。其波形可见图 4。

$$T_1 = 1.4RW_1C; T_2 = 1.4RW_2C。$$

2. 对称型多谐振荡器

用二个与非门电路、二个相同容量的电容器、二个相同阻值的电阻器即可组成一个占空比各占 50% 的多谐振荡器, 如图 5 所示。其工作过程如下: 如第一个暂稳态时, A 点为“1”电平, B 点为“0”电平, 回路 A→R₂→C₁→B 为电容 C₁ 按指数规律充电, C₂ 通过 R₁→B 放电, 当 m 点充电至“1”电平时, 电路出现第一次翻转, A 点由原来的“1”电平跳变为“0”电平, B 点也由于 n 点电位降低为“0”电平而跳变为“1”电平, 这时电路进入第二个暂稳态; 之后, C₁→R₂→A 放电, 回路 B→R₁→C₂→A 对电容器 C₂ 按指数规律充电, 当 n 点充至高电平时, 电路出现又一次翻转, B 点又变为“0”电平, A 点跳变为“1”电平, 电路恢复至初始状态, 之后电路周而复始形成连续的振荡。

图 6 的对称型多谐振荡器亦有相似的工作过程, 这种振荡器只要 R₁ = R₂, C₁ = C₂, 则其输出波形的



占空比为 50%, 而且两个输出端上的脉冲波形刚好彼此相反, 脉冲周期与 RC 乘积成正比关系, 频率

$$f \propto \frac{1}{1.4RC}。$$

应当指出的是: 当与非门采用 CMOS 电路时, 电阻 R₁、R₂ 的值不能取得太小, 图 5 中 R₁、R₂ 应取 10kΩ 以上, 图 6 中 R₁、R₂ 应取 100kΩ 以上, 图 5 中的电容可根据频率选择, 图 6 中的电容不能小于 5000pf, 否则, 电路将不易起振、或波形变差。

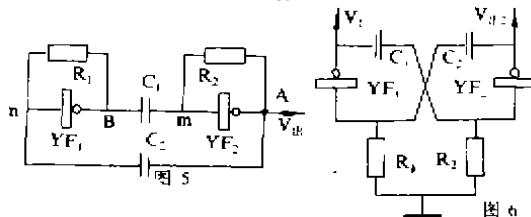
3. 环形振荡器

《仪器与未来》一九九〇第一期已有专文介绍, 这里就不再重复了。

4. 石英晶体振荡器

我们知道, 上述振荡器的振荡频率由电路中的电阻器 R 及电容器 C 的值决定, 当温度变化时, R 及 C 的值也会变化, 这种变化就会引起振荡器频率输出的变化。此外, 当振荡器的工作电源发生变化时, 其频率输出也会变化, 而且变化得很厉害。CMOS 与非门一般可工作于 $5 \sim 15V$ 电源电压的状态下, 如振荡器电源由 $5V$ 升至 $15V$ 时, 其频率可升高 $20 \sim 30\%$ 。因此, 在工业控制机中的时标信号或仪器中的作标准信号源使用的振荡器往往采用石英晶体振荡器。

我们知道, 当石英晶体的极板上加上交变电压时, 立即会引起机械变形振动, 机械变形振动又会导



致电场变化。通常, 机械变形振动的振幅和交变电场的振幅都很小, 只有当外加交变电压的频率为某一特定频率时, 振幅才突然变大, 这个特定的频率就是石英晶体的谐振频率。晶体振荡器就是利用这个特点, 使电路的振荡频率稳定在晶体的谐振频率上。由石英晶体振荡器组成的振荡器, 其频率稳定度可以高达 10^{-8} 以上, 这是阻容耦合的振荡器望尘莫及的。这时工作电源在 $5 \sim 15V$ 范围内变化时, 振荡器输出波形只改变其幅度, 而不改变其频率。

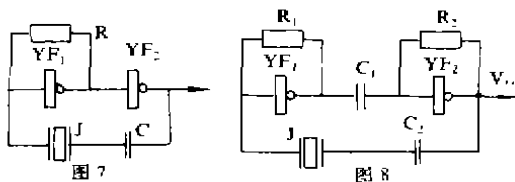


图 7、8、9 所示的电路即是石英晶体振荡器电路。其工作过程可参见上述振荡器的工作过程。这里电容器 C 起耦合作用, 原振荡器仅给石英晶体提供一个有一定幅度的交变电场, 使石英晶体可靠工作。值得指出的是: 不同型号的晶体其谐振电阻及负载电容的值是不相同的。如图 7 所示, J 用 $JD11$, $R=8.2k\Omega$, $C=30pf$ 时, 电路输出 $500kHz$, 是晶体的标称值。若将 R 取 $1M\Omega$ 时, 频率为 $40kHz$, 若 C 取 $0.05\mu f$ 时, 频率输出为 $1MHz$ 。因此, 使用石英晶体振荡器时, 谐振电阻及负载电容要与电路相匹配, 才能取得最佳效果。表 1 列出了部分晶体的谐振电阻及负载电容值。

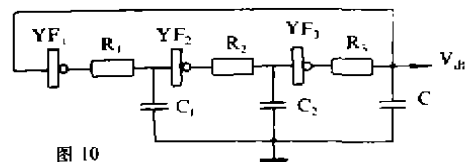
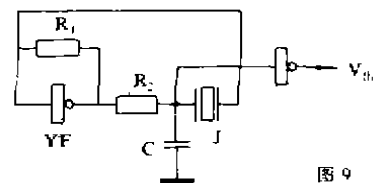
这些数字可以由石英晶体生产厂家的说明书得到。

5. 正弦波振荡器

表 1

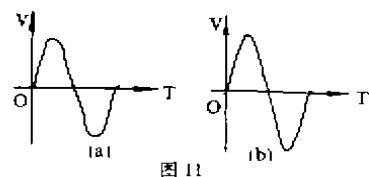
型 号	谐振电阻 (Ω)	负载电容 (pf)
JW1	80~90K	100
JN1	40~100K	100
JN3	10K	100
JX1	8K	30
JD1	8K	30
JD5	8K	30
JD9	8K	30
JC1	8K	30

如图 10 所示, 用三个 CMOS 与非门作三级放



大, 每级之间使用电容器 C 及电阻器 R 形成积分延迟电路, 每级延迟 60° , 与分立元件组成的三节 CR 相移振荡器相似。图中的电阻不仅具有移相作用, 同时也是每级的负反馈偏置电阻, 使各级反相器工作点处于近似于 V_{cc} 的一半, 处于线性放大区域, 其振荡频率 $f \approx \frac{1}{3.64RC}$ 。

图 中, 当 $R_1=R_2=R_3=1M\Omega$ 时,



$C_1=C_2=C_3=5600pf$ 时, $f=0.5kHz$; 当 $C=120pf$ 时, $f=5kHz$ 。当 $R=8.2k\Omega$ $C=120pf$ 时, $f=300kHz$; $C=0.1\mu f$ 时, $f=0.5kHz$ 。值得指出的是, 由于 R 、 C 的离散性, 三个电阻器、三个电容之值不可能绝对一致, 这时组成的正弦波振荡器的波形较差, 见图 11-a, 顶端平滑, 这时可略改变电容器 C_2 的值, 可使波形变成真正的正弦波, 如图 11-b 所示。

二、振荡器的应用

振荡器的用途是十分广泛的,除作标准振荡信号源、时标发生器等之外,尚有其他许许多多的用途,现举几个例子如下。

1. 作报警器用

如图 12 所示电路,当被用于仪器中时,被控端为“0”电平时,振荡器停振, YF2 输出低电平, BG 截止, D 灯不亮;当被控端为“1”电平时,振荡器解除封锁并开始振荡, BG 交替截止、导通, D 灯闪亮,报警起作用。

2. 声报警

图 13 所示(振荡器略画),当被控端用仪器中的“0”、“1”电平控制时,功能作用同上。当被控端用

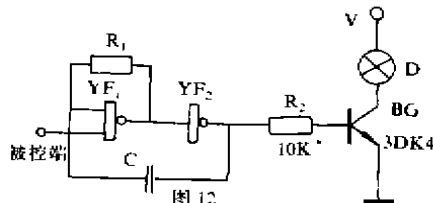


图 12

一细导线缠于被保护物体上后,再接地,在物体被盗时,细导线被拉断,扬声器立即发声,报告主人物体被盗。

3. 作晶体管测试器用

图 13 所示电路,三极管 BG 处装一晶体管插座,振荡器被控端接“1”电平。这时晶体管插座中插入一 npn 管,只要是好的,扬声器会发声,否则无声。

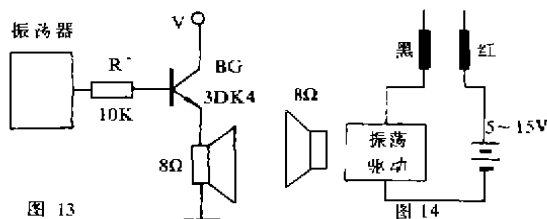


图 13

4. 作线路通断测试器用,测二、三极管

如图 14 所示。在其电源电路中串入一对表笔。当被测线通时,扬声器发声。断路无声。当将表笔换成 AN4 按钮开关时,可作无线电发报练习器用,或当简易门铃使用。也可用图 14 所示电路用来判测晶体二极管、三极管。二表笔红笔接二极管正极、黑笔接负极时,扬声器发声,反接无声,这说明被测二极管是好的。如正反都无声或都有声,则说明被测二极管已开路或短路。测三极管时是这样的(以 3DK7 为例):当红笔接三极管基极、黑笔按集电极或发射极时,扬声正常,当黑笔接三极管基极、红笔接集电极时,扬声器无声,红笔接发射极时,扬声器有很小的声音。当红笔接三极管的集电极、黑笔接发射极

时,扬声器有微小的声响,交换表笔后无声,上述情况说明被测三极管正常。这是 NPN 管,PNP 管与上述情况相反。

5. 作光控报警器

如图 15 所示,当振荡器被控端用光电管控制

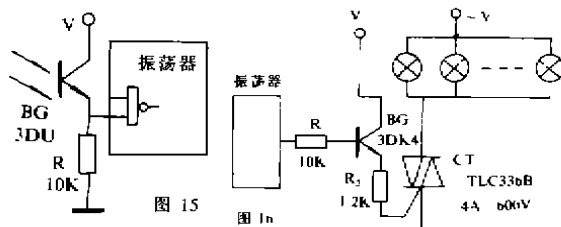


图 15

时,即成了光控报警器。无光照时,振荡器被控端为“0”电平,振荡器停振;有光照时,被控端为“1”电平,振荡器工作报警。

6. 控制闪光灯

如图 16 所示的电路,用振荡器来控制三极管,再由三极管控制双向可控硅,可控硅驱动一组灯,当振荡器在低频振荡时,被控灯会亮、灭闪烁。如对称振荡器两边输出端各带一组灯,可以形成交替闪烁的效果。

7. 产生调制声响效果

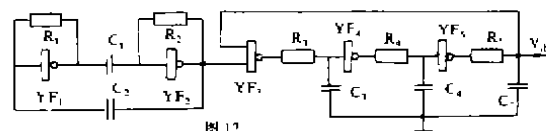


图 17

如图 17 所示电路即可达到这种效果。用一个频率较低的振荡器控制一个频率较高的振荡器,由频率较高的振荡器再控制扬声器,即可产生在报警时有“喔哇、喔哇”的变声效果。

8. 控制玩具电机之转速

如图 18 所示的电路,利用振荡器中电位器调节振荡器振荡频率,占空比能在 0~100% 变化的条件下,改变三极管 BG 的导通时间,从而改变玩具电机 M 的转速。

最后再谈两点:1.当振荡器输出波形作为标准信号源使用时,可在振荡器输出后面增加一个反相器。

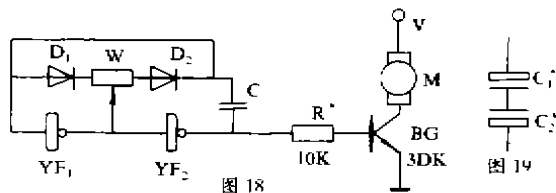


图 18

用作隔离及整形用。2.当振荡器振荡频率较低,需使用电解电容器时,可用两只电解电容器串联联接成无极性电容器使用,见图 19。

奚龙法