

新型实用电子电路

400例

何希才 伊 兵 杜 煜



電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
URL: <http://www.phei.com.cn>

新型实用电子电路 400 例

何希才 伊兵 杜煜 编著

電子工業出版社
Publishing House of Electronics Industry

内 容 简 介

本书精选了作者实践中总结的实用电路 400 多例,内容包括转换电路、振荡电路、运放应用电路、传感器应用接口电路、电动机控制电路、充电器电路以及电源电路等。电路结构合理、设计新颖、性能优良。

本书内容丰富,资料齐全,既可作为电子电路设计者的参考书,又可作为工程技术人员的实用电路手册,也是大专院校电子专业师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

新型实用电子电路 400 例/何希才等编著。—北京:电子工业出版社,1998.8

ISBN 7-5053-4738-1

I. 新… II. 何… III. 电子电路-汇编 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 08203 号

书 名: 新型实用电子电路 400 例

著 者: 何希才等

责任编辑: 王晨

印 刷 者: 北京兴华印刷厂

装 订 者: 三河市双峰装订厂

出版发行: 电子工业出版社出版、发行 URL: <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036 发行部电话 68214070

经 销: 各地新华书店经销

开 本: 787×1092 1/16 印张: 17 字数: 420 千字

版 次: 1998 年 6 月第 1 版 1998 年 6 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-5053-4738-1
TN·1155

定 价: 25.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换

版权所有·翻印必究

第一章	集成电路的基本应用	(1)
1-1	运算放大器的基本应用.....	(1)
1-2	集成 IC 门电路的基本应用	(4)
1-3	D 触发器的基本应用.....	(7)
1-4	计数器的基本应用.....	(9)
1、	概述.....	(9)
2、	异步计数器的应用	(10)
3、	同步计数器的应用	(12)
4、	可逆计数器的应用	(12)
1-5	译码器的基本应用	(13)
1、	概述	(13)
2、	显示译码器	(14)
3、	数码译码器	(15)
4、	CD4017 的应用	(17)
1-6	移位寄存器的应用	(18)
1、	概述	(18)
2、	串入 - 串出移位寄存器	(18)
3、	串入 - 并出移位寄存器	(19)
4、	4 位双向通用移位寄存器	(20)
1-7	CMOS 模拟开关的应用	(21)
1-8	CMOS 电路使用注意事项	(22)
1、	电源	(22)
2、	驱动能力	(22)
3、	多余输入端的处理	(22)
4、	输入端长线时的保护	(23)
5、	CMOS 与运放的接口方法	(23)
1-9	555 时基电路的基本应用	(23)
1、	555 定时器的基本结构	(23)
2、	555 定时器的工作过程	(25)
3、	555 定时器的基本应用	(25)
第二章	运放应用电路	(29)
2-1	低失真 10W 音频功率放大器	(29)

2-2	通用运放构成的高电压电路	(30)
2-3	采用功率运放构成的音频放大器	(31)
2-4	仪用差动放大器	(33)
2-5	可编程增益放大器	(35)
2-6	带输出电流缓冲器的前置放大器	(35)
2-7	低噪声磁头放大器	(38)
2-8	0.3W 的音频功率放大器	(39)
2-9	2W 音频功率放大器	(41)
2-10	采用 LM1877 的 2W×2 功率放大器	(41)
2-11	10W 的音频功率放大器	(42)
2-12	电压反馈型高速宽带放大器	(43)
2-13	电流反馈型运放构成的高速宽带放大器	(44)
2-14	适用于容性负载的宽带放大器	(45)
2-15	宽带 VCA 电路	(46)
2-16	峰值保持电路	(47)
2-17	运放构成的最大值与最小值选取电路	(49)
2-18	运放构成的整流电路	(50)
2-19	运放输出限幅电路	(51)
2-20	直流到 4MHz 宽带隔离放大器	(52)
2-21	恒流输出放大器	(53)
2-22	数据采集中常用接口电路	(53)
2-23	输出电压上下限能独立调整的电路	(55)
2-24	输出 7W 的低频功率放大器	(55)
2-25	输出 100W 的低频 MOS FET 功率放大器	(56)
第三章	振荡电路	(58)
3-1	文氏电桥振荡电路	(58)
3-2	低失真状态变数型振荡电路	(58)
3-3	RC 相移振荡电路	(59)
3-4	超低失真率振荡电路	(60)
3-5	可编程振荡电路	(60)
3-6	振荡频率达 1MHz 的二相振荡电路	(61)
3-7	RC 相移三相振荡电路	(62)
3-8	宽频带正弦波压控振荡器	(62)
3-9	12 位分辨力的锯齿波振荡电路	(63)
3-10	任意个阶梯波振荡电路	(64)
3-11	PLL 合成器方式时钟脉冲振荡电路	(64)
3-12	正弦波振荡电路	(65)
3-13	外同步振荡电路	(66)
3-14	采用 8038 的函数发生器	(67)
3-15	压控振荡器 (VCO)	(67)

3-16	采用 D/A 转换器的信号发生电路	(69)
3-17	采用微处理机的测试图形发生器	(69)
3-18	似正弦波产生电路	(69)
3-19	阶梯波产生电路	(72)
3-20	相位可调电路	(73)
3-21	可变脉冲发生器	(74)
3-22	单电源锯齿波发生器	(75)
3-23	简单的方波与三角波产生电路	(76)
3-24	反相器构成的正弦波发生器	(77)
3-25	5Hz~5MHz 的函数发生器	(78)
3-26	数字锁相环(PLL)电路	(78)
3-27	采用集成 PLL 构成的 4 倍时钟频率的电路	(79)
3-28	PLL 脉冲发生器	(80)
3-29	低失真率二相振荡电路	(80)
第四章	转换电路	(82)
4-1	正弦波/方波转换电路	(82)
4-2	允许接地负载的电压/电流转换电路	(83)
4-3	电流/电压转换电路	(83)
4-4	微小电流/电压转换电路	(85)
4-5	电压/电流转换电路	(86)
4-6	电压/频率(正比例)转换电路	(87)
4-7	电压/频率(反比例)转换电路	(88)
4-8	频率/电压转换电路	(88)
4-9	湿度/电压转换电路	(89)
4-10	湿度/频率转换电路	(90)
4-11	交流电压/直流电压转换电路	(91)
4-12	有效值/直流转换电路	(92)
4-13	温度/频率转换电路	(92)
4-14	双极性频率/电压与电压/频率转换电路	(93)
1、	双极性频率/电压(F-V)转换电路	(93)
2、	双极性电压/频率转换电路	(94)
4-15	宽带平均值检波方式 AC-DC 转换电路	(95)
4-16	适用于串行控制的 2 位 D/A 转换电路	(96)
4-17	单电源工作的通用 D/A 转换电路	(97)
4-18	高精度 D/A 转换电路	(98)
4-19	串行隔离型 12 位 A/D 转换电路	(99)
4-20	3V 单电源工作的 12 位 A/D 转换电路	(100)
4-21	视频用 20MHz 的 8 位 A/D 转换电路	(101)
4-22	适用于桥接电路(传感器)的高精度 A/D 转换电路	(103)
4-23	适用于 CCD 的高速双重 A/D 转换电路	(104)

4-24	通用运放构成的 V-F/F-V(电压-频率/频率-电压)转换电路 ...	(105)
4-25	0 ~ -10V/1Hz ~ 10kHz 的 V-F/F-V 转换电路	(106)
4-26	0 ~ 10V/1Hz ~ 10kHz 的 V-F/F-V 转换集成芯片	(108)
4-27	低频电压/频率和频率/电压转换电路	(109)
4-28	充电器充电电流测量用电流/电压转换器	(110)
第五章	电动机驱动电路	(111)
5-1	直流电动机的驱动电路	(111)
1、	采用 AN6650 的桥接伺服电路	(111)
2、	采用 TA7768F 的桥接伺服电路	(112)
3、	采用 LA5524 的电动机控制电路	(112)
4、	采用 FG 的电动机恒速控制电路	(114)
5、	直流电机的 PLL 控制	(115)
6、	电动机转速的数字控制	(119)
5-2	步进电动机的驱动电路	(119)
1、	采用专用集成电路的步进电动机驱动电路	(119)
2、	步进电动机的微机控制	(123)
3、	双向 PWM 恒流驱动电路	(128)
4、	微步进驱动电路	(130)
5-3	无刷电动机的驱动电路	(133)
1、	2相半波通电电路的无刷电动机	(133)
2、	3相无刷电动机的驱动电路	(135)
3、	2相无刷电动机的驱动电路	(138)
4、	单相无刷电动机的驱动电路	(138)
5、	无传感器的无刷电动机驱动电路	(141)
5-4	电动机的正反转控制电路	(141)
1、	晶体管构成的电动机正反转控制电路	(141)
2、	采用运放构成的电动机正反转控制电路	(145)
3、	伺服表头的定位控制	(147)
4、	采用桥用集成块的电动机正反转控制电路	(147)
5、	采用功率模块的电动机正反转控制电路	(150)
6、	采用 I2-FET 的直流电动机正反转控制电路	(151)
7、	电动机正反转的微机控制电路	(151)
5-5	交流电动机的驱动电路	(154)
1、	交流电源驱动直流电动机的电路	(154)
2、	电动机调速电路	(154)
3、	电动机的双向晶闸管控制电路	(156)
4、	感应电动机的控制电路	(157)
第六章	传感器应用电路	(161)
6-1	红外线 LED 驱动电路	(161)
6-2	采用光电晶体管构成的光传感器	(161)

6-3	光电传感器的电流放大器电路	(162)
6-4	光电传感器的电荷放大器电路	(163)
6-5	热电偶放大器电路	(164)
6-6	铂热电阻的放大器电路	(166)
6-7	三线式铂热电阻放大器	(167)
6-8	超声波振子的驱动电路	(168)
6-9	超声波发送电路	(168)
6-10	超声波接收电路	(169)
6-11	LM35 测温接口电路	(170)
6-12	μ PC616A 的测温电路	(171)
6-13	AD590 的测温电路	(171)
6-14	硅三极管温度传感器接口电路	(172)
6-15	LM194 对管温度传感器接口电路	(172)
6-16	热敏二极管测温接口电路	(173)
6-17	利用二极管温度特性构成的温度计接口电路	(175)
第七章	充电器电路	(176)
7-1	镍镉电池充电器电路	(176)
7-2	镍镉电池快速充电器电路	(178)
7-3	带放电功能的镉镍充电器电路	(182)
7-4	通用镉镍电池充电器电路	(187)
7-5	钟控镍镉电池充电器电路	(189)
7-6	标准制实用充电器电路	(191)
7-7	高效率充电器电路	(192)
7-8	太阳能电池对镍镉电池充电电路	(193)
7-9	铅蓄电池充电器电路	(194)
7-10	电池内阻测量电路	(196)
第八章	新型集成稳压器应用电路	(198)
8-1	集成直流/直流变换器应用电路	(198)
8-2	RH5RC 系列应用电路	(200)
8-3	TL499A 应用电路	(201)
8-4	LT1072 应用电路	(203)
8-5	微处理机电源	(206)
8-6	RH5RH/I 系列应用电路	(209)
8-7	RX5RL/RX5RE 系列应用电路	(210)
8-8	BA178FP/BA00FP 系列应用电路	(212)
8-9	LT1584/1585/1587 应用电路	(213)
8-10	LTC1159 应用电路	(214)
8-11	HA16114P/FP, 16120FP 系列应用电路	(215)
8-12	TPS7101Q/7113Q/7148Q/7150Q 应用电路	(217)
8-13	RS5RM/J 系列应用电路	(218)

8-14	FA76 系列应用电路	(219)
8-15	FA53 系列应用电路	(223)
8-16	M62213FP 应用电路	(225)
8-17	μ PC1943/1944 应用电路	(227)
8-18	RS5VE 系列应用电路	(228)
8-19	FA5331P/M 应用电路	(230)
8-20	TPS2010/2011/2012/2013 应用电路	(231)
8-21	LTC1325 应用电路	(232)
8-22	LTC1472 的应用电路	(233)
8-23	RX5VT/RN5VD 应用电路	(235)
8-24	M62210FP 应用电路	(236)
8-25	开关稳压电源的典型方式	(238)
第九章	定时器电路	(242)
9-1	RC 晶体管开关型定时器	(242)
9-2	RC 集成电路定时器	(247)
9-3	数字电路定时器	(252)
9-4	集成电路专用定时器	(254)
第十章	滤波器电路	(257)
10-1	相同常数构成的 24dB/oct 低通滤波器	(257)
10-2	LC 低通滤波器	(257)
10-3	8 次低通滤波器	(258)
10-4	用一只运放构成的单峰特性滤波器	(258)
10-5	采用开关电容构成的可调去耦滤波器	(259)
10-6	同时获得四种特性的滤波器	(260)
10-7	滤除脉冲/振荡噪声滤波器	(261)
10-8	电源频率噪声滤波器	(261)

第一章 集成电路的基本应用

1-1 运算放大器的基本应用

运算放大器是一种高增益放大器,应用极其广泛。运放一般有三个端子,即同相输入端(+),反相输入端(-)和输出端。在分析工作原理时都按照理想条件进行:

- ① 开环差模放大倍数为无穷大
- ② 差模输入电阻为无穷大
- ③ 失调电压为零
- ④ 输入电流为零
- ⑤ 输出电阻为零
- ⑥ 上限频率为无穷大
- ⑦ 共模抑制比为无穷大

(1) 反相放大情况

图 1-1 是反相放大的基本电路,其输入电压与输出电压相位相反。运放同相输入端接基准电位(地),输入电压 E_i 经 R_1 加到反相输入端。这样,反相输入端相对于同相输入端仅是 E_i 的变化量。然而,这变化电压立即放大为反极性输出电压。输出电压经 R_2 电阻馈送到反相输入端。因此,反相输入端与同相输入端经常保持同电位,即平衡状态。当然,这是认为运放自身的电压放大倍数(开环增益)为无限大,反相输入端电压相对于实际的同相输入端电压,可认为与 E_i 同极性,是无限接近于零的电压。

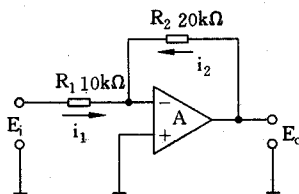


图 1-1 反相放大电路

① 电压放大倍数(A_v)

运放反相输入端与地同电位,设流经 R_1 的电流为 i_1 ,流经 R_2 的电流为 i_2 ,输入电压为 E_i ,输出电压为 E_o ,则 $i_1 = E_i/R_1$, $i_2 = E_o/R_2$ 。

根据克希霍夫定理, $i_1 + i_2 = 0$ (反相输入端的输入阻抗为无限大,则输入电流为零),即 $i_1 = -i_2$,电压放大倍数 $A_v = \frac{E_o}{E_i} = \frac{R_2 \times i_2}{R_1 \times i_1} = \frac{-(R_2 \times i_1)}{R_1 \times i_1} = \frac{-R_2}{R_1}$ (“-”表示极性相反)。即外接电阻 R_1 和 R_2 之比值决定电压放大倍数 A_v 。

② 输入电阻(R_i)

这是从输入信号源 E_i 看放大电路的电阻,因为 E_i 电压产生电流 i_1 ,据 $i_1 = E_i/R_i$ 知,输入电阻为 $R_i = E_i/i_1 = R_1$ 。需要注意的是,不要让信号源 E_i 负载过重,即 R_1 值不要选得太小。

③ 输出电阻(R_o)

运放输出内阻非常低。应用时加有负反馈电路,因此,输出电阻可视为零。最大也只有几欧姆以下。

④ 电压放大倍数(A_v)的频率特性

一般来说,运放自身开环增益非常大,而频率特性较差。用通用运放构成电压放大倍数为10~100倍(20~40dB)的反相放大器,小信号放大时频率约100kHz,而大信号放大时,在频率约10~20kHz,放大倍数开始降低。其它放大电路也有同样倾向。因此,有必要根据应用电路选择不同种类运放。一般来讲,运放消耗电流越大或者 R_1 和 R_2 阻值越小,频率特性越好。

(2) 同相放大情况

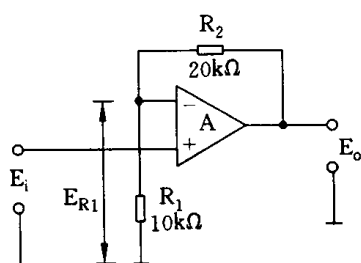


图 1-2 同相输入放大电路

同相放大基本电路如图 1-2。输入电压 E_i 与输出电压 E_o 同相位。输入电压 E_i 加在基准电位(地)与同相输入端之间,输出电压 E_o 经 R_1 和 R_2 分压馈送到反相输入端。

① 电压放大倍数(A_v)

考虑到虚地,则同相输入端的输入电压 E_i ,与 R_1 两端电压 E_{R1} 相位相同,大小相等。因而,输入电压 E_i 与输出电压 E_o 之间有下列关系:

$$\frac{R_1}{R_1 + R_2} \times E_o = E_i, \text{ 所以 } A_v = \frac{E_o}{E_i} = 1 + \frac{R_2}{R_1}.$$

由上述可知,同相放大电路的放大倍数 A_v 也由负反馈环里的电阻 R_1 与 R_2 之比值决定。但是,反相放大电路的反相放大倍数 A_v 可能小于 1,但同相放大电路的放大倍数 A_v 不可能小于 1。

② 输入电阻(R_i)

同相放大电路的输入电压 E_i 加在同相输入端与地之间。因此,从输入信号源 E_i 看输入电阻 R_i ,它等于运放同相输入端的输入电阻。一般来说,这电阻非常大(MΩ 以上)。输出电阻 R_o 、频率特性与反相放大电路基本相同。

(3) 差动放大电路

图 1-3 为差动放大电路。这种电路可看作是反相放大电路和同相放大电路的组合,参见图 1-4。

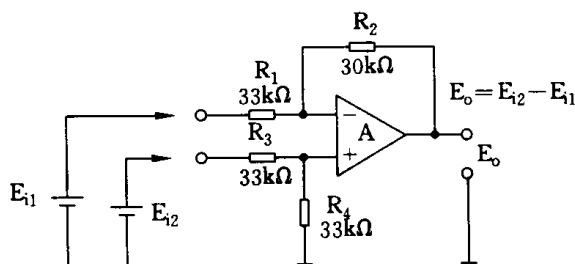


图 1-3 差动输入放大电路

先设同相输入端的电压 $E_{i2} = 0$ 。若忽略 E_{i2} 的内阻,这时图 1-3 所示的电路可以看成为图 1-4(a)所示的反相放大电路。同相输入端与地之间并联接入电阻 R_3 和 R_4 ,因为同相输入端的输入电阻非常大,同相输入端可认为直接接地。 E_{i1} 的相应的放大电压为 E_{o1} ,它与 E_{i1} 的相位相反,大小由 R_1 和 R_2 之比决定,即 $E_{o1} = A_v \times E_{i1} = (R_2/R_1)E_{i1}$ 。

再设反相输入端的输入电压 $E_{i1} = 0$,可看作图 1-4(b)所示的电路,它是 E_{i2} 通过 R_3 和 R_4 分得的电压 E_{R4} 作为运放的输入电压,再把 E_{R4} 进行放大的同相放大电路。当然, E_{i1} 的内阻可以忽略,对于 E_{R4} 的放大倍数 $A_{v2} = E_o/E_i = 1 + (R_2/R_1)$ 。因此, E_{i2} 放大后的电压 $E_{o2} = A_{v2} \times E_{R4}$ 。

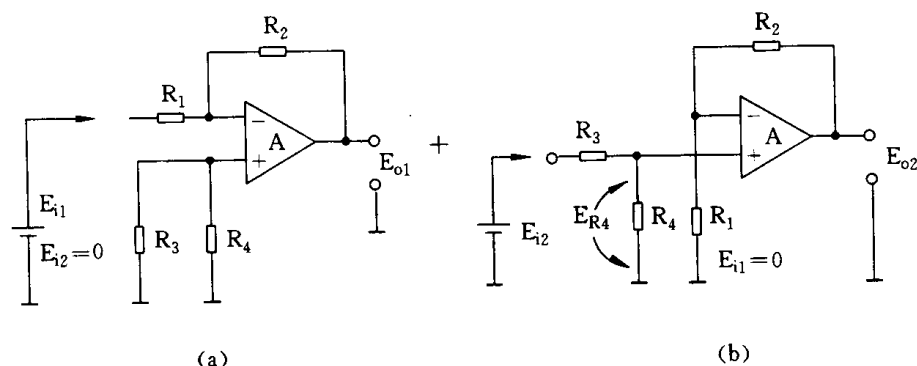


图 1-4 差动放大电路看作反相放大电路和同相放大电路的组合

(a) 看作反相放大电路 ; (b) 看作同相放大电路

① 差动放大电路的输出电压(E_o)

现分析 E_{i1} 和 E_{i2} 都不为零时的输出电压 E_o 。限于运放工作在有效电压范围内,可用重叠原理得 $E_o = E_{o1} + E_{o2}$, 而 $E_{o1} = -(R_2/R_1)E_{i1}$, $E_{o2} = [(R_1 + R_2)/R_1 \cdot R_4/(R_3 + R_4)]E_{i2}$, 特别在 $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$ 时, $E_o = E_{i2} - E_{i1}$ 。

② 从 E_{i1} 和 E_{i2} 看差动放大电路的输入电阻

从 E_{i2} 看, 输入电阻就是 $R_3 + R_4$ 。当然, 同相输入端的输入电阻为无限大。从 E_{i1} 看, 输入电阻求法稍微复杂一些。如果 $E_{i2} = 0$, 从 E_{i1} 看, 输入电阻等于 R_1 。这是因为反相输入电压等于地电位。

然而, $E_{i2} \neq 0$, 反相输入端电压等于 E_{R4} , 因此, E_{i1} 形成的电流经 R_1 流入反相输入端, 它随着 E_{i1} 于 E_{i4} 电压差向着增大方向变化。特别是 E_{i1} 为较大的正电压, E_{i2} 为较大的负电压, 或者反之, 从 E_{i1} 看, 反相输入端的输入电阻远小于 R_1 。

(4) 电压跟随器

电压跟随器是输入阻抗高, 输出阻抗近似为零, 电压放大倍数 $A_v = 1$ 的同相放大电路。它无放大作用, 只进行阻抗变换, 因此, 常用作缓冲放大器。

电压跟随器电路如图 1-5 所示, 输出电压全部反馈到反相输入端, 即 100% 的负反馈。这种电路容易自激, 为防止跟随器自激, 有的在运放内加有相位补偿电路, 或者外接产品目录中规定容量的补偿电容。

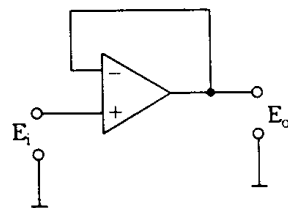


图 1-5 电压跟随器

(5) 反相输入求和电路

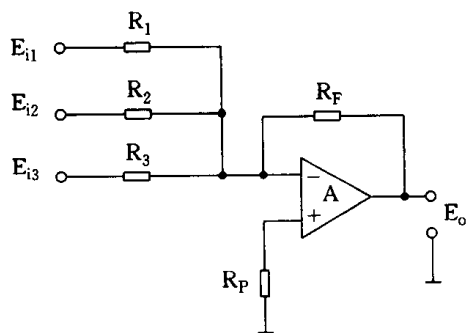


图 1-6 反相输入求和电路

电路如图 1-6 所示。设反相输入端有三个输入信号 E_{i1} , E_{i2} , E_{i3} 。根据叠加原理, 输出电压 E_o 可看作每个信号分别单独作用时产生的输出之和。

$$\text{则 } E_o = - \left(\frac{R_F}{R_1} E_{i1} + \frac{R_F}{R_2} E_{i2} + \frac{R_F}{R_3} E_{i3} \right)$$

(6) 同相输入求和电路

电路如图 1-7 所示。设同相端有三个输入信号 E_{i1} , E_{i2} , E_{i3} , 根据基本的同相放大器输入和输出关系可知

$$E_o = \left(1 + \frac{R_F}{R_i} \right) E_B$$

同相端电位 $E_B = I_B R_B$

同相输入的总电流 I_B 为各个输入支路电流的总和,即

$$I_B = \frac{E_{i1}}{R_1} + \frac{E_{i2}}{R_2} + \frac{E_{i3}}{R_3}$$

而同相端总的输入回路电阻 R_B 为各个输入回路电阻的并联值,即

$$R_B = R_1 // R_2 // R_3$$

所以,将 I_B, R_B 代入上式即得同相求和电路的输入和输出关系式

$$E_o = (1 + \frac{R_F}{R_f})(R_1 // R_2 // R_3)(\frac{E_{i1}}{R_1} + \frac{E_{i2}}{R_2} + \frac{E_{i3}}{R_3})$$

(7) 求和积分电路

电路如图 1-8 示。电路中的反馈元件为电容 C_F 。由于反相输入端为虚地,电容 C_F 的充电电流 I_F 与输入信号电压成正比,且 I_F 等于各输入回路支路电流的总和。电容 C_F 两端的电压即等输出电压 E_o 。因为电容电压不能突变,使输出电压的变化落后于输入电压的变化。在控制电路中有抑制系统振荡的作用。整流器控制电路中的误差放大器就采用了类似的电路。

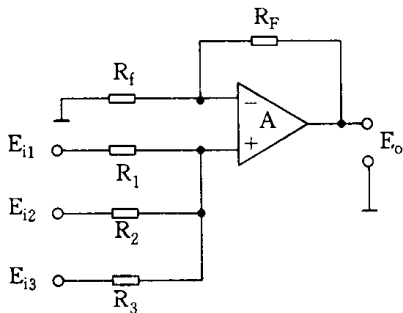


图 1-7 同相输入求和电路

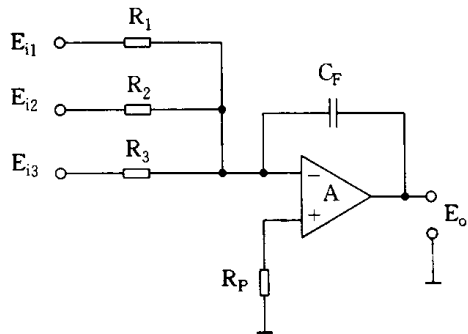


图 1-8 求和积分电路

1-2 集成 IC 门电路的基本应用

基本的门电路有非门、或门及与门三种电路,在数字电路中,电路一般有高、低电平两种

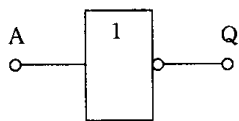


图 1-9 非门的逻辑符号

状态,即“1”和“0”,非门的功能是输入高电平时输出低电平;当输入低电平时输出高电平。即输入输出关系是相反的。非门的逻辑符号如图 1-9 所示,A 是输入,Q 是输出,写成逻辑表达式即为 $Q = \bar{A}$,其中 A 上面一横代表“相反”的意思。图 1-10 是 6 非门集成电路 CD4069 的管脚图。

图 1-11 是 2 个非门组成的脉冲振荡器,振荡频率 $f = 1/(1.5R_2C_1)$ 。门 2 的输出可以经三极管 VT_1 驱动发光二极管闪亮;也可以经三极管 VT_2 驱动扬声器发声。可以通过改变 R_2, C_1 的数值获得不同频率。 R_1 是保护电阻,一般选 $R_1 > 2R_2$ 。在驱动发光二极管时,可以选 $R_1 = 1M\Omega, R_2 = 500k\Omega, C_1 = 1\mu F$;驱动扬声器时,可选 $R_1 = 200k\Omega, R_2 = 100k\Omega, C_1 = 0.01\mu F$ 。

非门一般用来处理数字信号,但只要适当给它设置偏置工作点,也可以处理模拟信号。图 1-12 是一个用非门组成的线性放大器,R 是反馈偏置电阻,它将非门的输入输出端偏置在大约 $1/2V_{DD}$ 处,这样就利用非门在 $1/2V_{DD}$ 处附近的一段线性区域来作为线性放大。R 可在几百 $k\Omega$ ~几十 $M\Omega$ 之间选取。电路的电压放大倍数大约有几十倍。为了获得足够的放大倍数,可以

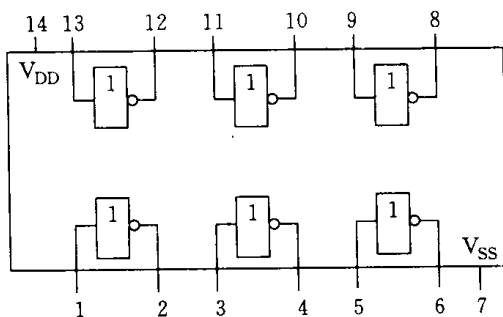


图 1-10 CD4069 的管脚图

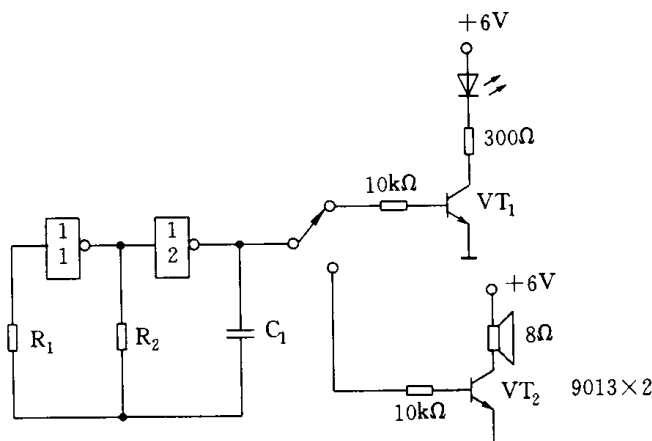


图 1-11 非门组成的振荡器

将几节串联使用。图 1-13 是用来放大 40kHz 超声波信号的线性放大器,由于 CMOS 非门输入阻抗很高,故加入 R' 做阻抗匹配和灵敏度调节,放大后的信号由非门输出。

与门是指这个门电路的输出为各个逻辑乘的结果,写成表达式即为 $Q=A \cdot B$ 。其中 A 、 B 是两个输入,当然可有多

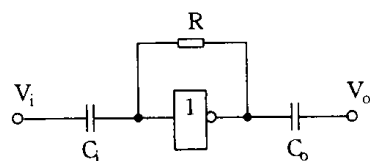


图 1-12 非门组成的线性放大器

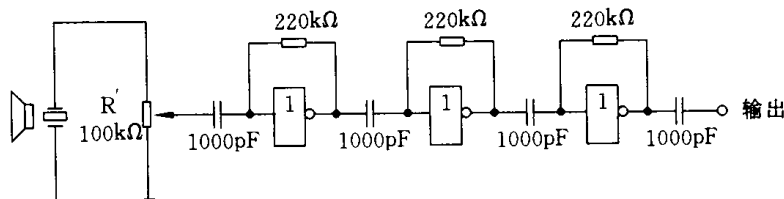


图 1-13 超声波信号线性放大器

输入。只有 A 、 B 均为高电平 1 时, Q 才为高电平 1, A 、 B 当中只要有一个为 0, 则 Q 即为 0。列成表格如表 1-1 所示, 称为真值表。或门是指门电路的输出为各个输入逻辑加的结果, 表达式为 $Q=A+B$, 真值表如表 1-2 所示。如果在与门或者或门的输出端分别加一级非门, 就成为与非门或者或非门。这些门电路的逻辑符号如图 1-14 所示。

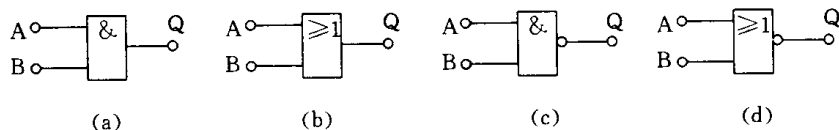


图 1-14 门电路的逻辑符号

(a)与门;(b)或门;(c)与非门;(d)或非门

表 1-1 与门的真值表

A	B	Q
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

表 1-2 或门的真值表

A	B	Q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

利用与非门或者或非门可以组成双稳态和单稳态触发器。双稳态触发器是指电路有两个稳定状态,如图 1-15 所示。如果限制 $RS \neq 11$ 和 $\overline{RS} \neq 00$,则输出要么为 $Q=1, \overline{Q}=0$;要么为 $Q=0, \overline{Q}=1$ 。这两种状态都是稳定的,只有改变输入信号状态,才能改变这种状态。

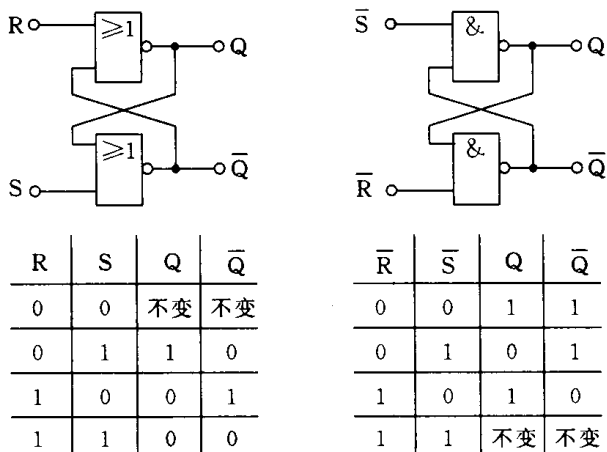


图 1-15 双稳态触发器

图 1-16 示出两种单稳态电路,单稳态电路只有一种稳定状态,在外加脉冲作用下,转到暂稳状态,经过一段时间后又回到原来的稳定状态,时间由外接 R、C 数值决定。

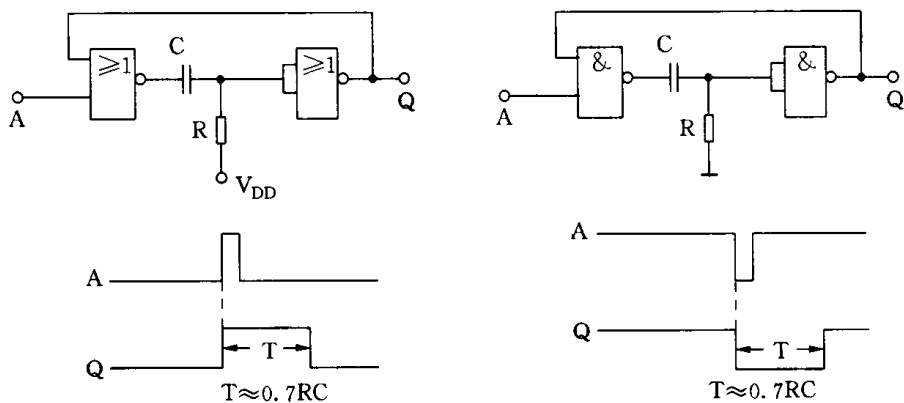


图 1-16 单稳态触发器

用门电路可以组成施密特触发器。施密特触发器可以对脉冲进行整形,可用于电压鉴别等电路中。它具有“滞后”特性,图 1-17 是其符号与输入输出波形以及输入输出关系曲线。其中 V_{T+} 称为正向阈值电压, V_{T-} 称为负向阈值电压, $\Delta V_T = V_{T+} - V_{T-}$ 称为滞后电压或回差。图 1-18 是非门组成的施密特触发器,其回差的形成是由于两级非门的正反馈作用。回差电压取决于 R_1/R_2 ,此值越大,回差越小。由于非门的特性不会完全一致,所以确切的回差值一般通过实验来确定。

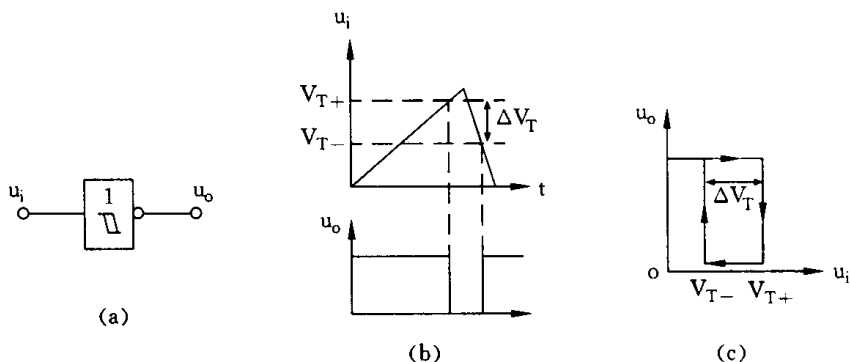


图 1-17 施密特触发器

(a)符号;(b)输入输出波形;(c)输入输出关系曲线

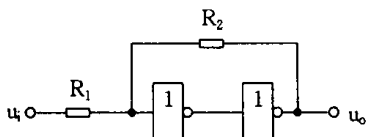


图 1-18 非门组成的施密特触发器

1-3 D 触发器的基本应用

数字电路可分为组合电路和时序电路。组合电路的输出状态仅与该时刻的输入有关,其内部没有任何存储信号的单元,例如门电路和译码器等就具有这种特征。时序电路的输出不仅取决于该时刻的输入状态,而且还与前一时刻的输入状态有关,其内部包含存储信号的单元。D 触发器就是一种时序电路单元,例如 CD4013 是一个内有两个独立的 D 触发器。CD4013 的引脚功能如图 1-19 所示,真值表如表 1-3 所示。由真值表可以看出,CD4013 触发器输出状态的改变依赖于时钟

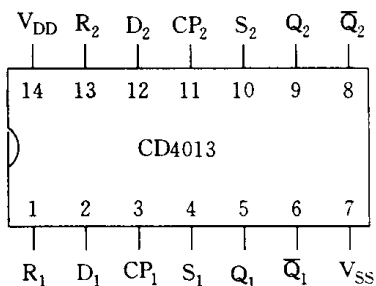


图 1-19 CD4013 的引脚功能

脉冲的触发作用,即在时钟脉冲的上升沿,输入数据由数据端(D)传输至输出端(Q)。另外,置位和复位有效电平为高电平,表中的“ ϕ ”表示可以是“0”,也可以是“1”。

表 1-3 CD4013 触发器真值表

输入				输出	
CP	D	R	S	Q	$\bar{Q}$
	0	0	0	0	1
	1	0	0	1	0
	ϕ	0	0	Q	Q
ϕ	ϕ	1	0	0	1

续表

输入				输出	
ϕ	ϕ	0	1	1	0
ϕ	ϕ	1	1	1	1

图 1-20 是 1/2CD4013 组成的双稳态触发器, 将 $\bar{Q}$ 端直接接到 D 端, 这样每当有时钟脉冲输入 Q 端便改变一次状态。这也相当于将时钟脉冲进行了 2 分频或计数。如果将多只 D 触发器串联, 并加上一些反馈电路, 则电路就可完成任意整数的分频, 例如图 1-21 就是一个 5 分频电路。

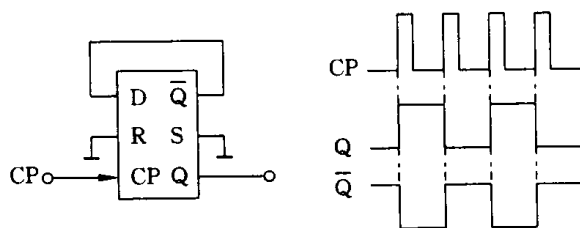


图 1-20 双稳态触发器

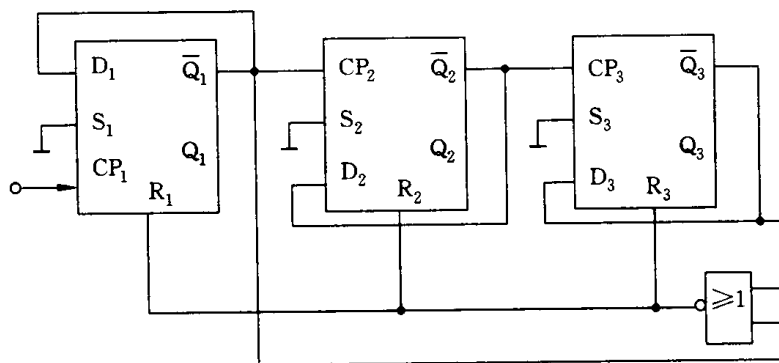


图 1-21 5 分频电路

图 1-22 是用 4 个 D 触发器构成的 4 位数据锁存器。各时钟端并联, 各 D 端作为数据输入, Q 端作为数据输出。在时钟的上升沿, 将数据由 D 端传送到 Q 端。

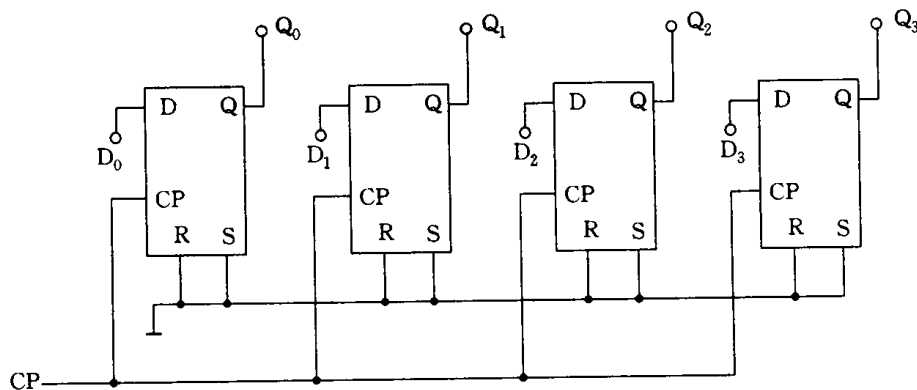


图 1-22 数据锁存器

图 1-23 是用 D 触发器构成的一个四位串入/并出右移移位寄存器。各时钟端并联, 数据从 D_0 输入, 前级的 Q 与后级的 D 相接, 每输入一个时钟脉冲, 数据向右依次移一位。