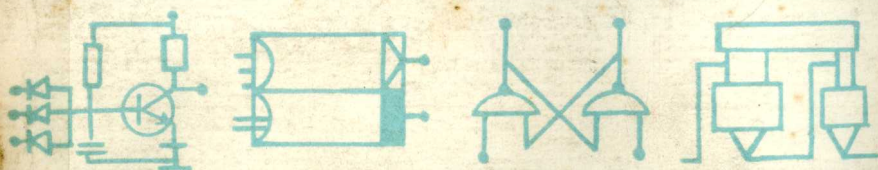


电子简易程序控制

山东省科学技术宣传馆
《电子简易程序控制》编写组



山东人民出版社

电子简易程序控制

山东省科学技术宣传馆

《电子简易程序控制》编写组

山东人民出版社

一九七七年·济南

内 容 提 要

本书是电子与自动化方面的普及读物。全书共分六章，主要内容包：介绍电子简易程序控制的设计方法——步进式设计法和偶式设计法；通过若干典型实例——程序控制毛巾印花机、计时式程控注塑机、计数式程控仪表车床、矩阵式顺序控制器等，深入浅出地分析其工作原理、结构和设计方法；对于电子程序控制装置中所使用的电子器件及其基本的脉冲数字电路，也作了比较系统地叙述；同时还分析、讨论了提高电子设备的可靠性和抗干扰等问题。

本书在内容、文字方面，力求理论联系实际、由浅入深、通俗易懂、切合实用。可供有关专业工人和技术人员参考，也可作为“七·二一”工人大学或短训班的教材。

电子简易程序控制

山东省科学技术宣传馆
《电子简易程序控制》编写组

*

山东人民出版社出版
山东新华印刷厂印刷
山东省新华书店发行

*

1977年9月第1版 1977年9月第1次印刷

统一书号：15099·42 定价：1.90元

前 言

在英明领袖华主席抓纲治国的战略决策指引下，我国人民意气风发，斗志昂扬，正在甩开膀子大干社会主义。随着我国社会主义革命和社会主义建设的迅猛发展，电子技术作为工业、农业、国防、科学技术中广泛应用的先进技术，在国民经济中越来越显示出重要的作用。电子水准是现代化的标准，为了大力推广普及电子技术，加速实现生产自动化，尽快把我国建设成为具有现代工业、现代农业、现代国防、现代科学技术的伟大的社会主义强国，我们编写了《电子简易程序控制》这本书，可供有关专业工人和技术人员参考，也可作为“七·二一”工人大学或短训班的教材。

本书在编写过程中，曾到我省各地进行调查和学习，将生产中应用的部分典型电子简易程序控制装置收入书中。在内容、文字方面，力求理论联系实际、由浅入深、通俗易懂、切合实用，简要地阐述了电子程序控制的基本原理和各种设计方法，重点介绍了适合于广大专业工人和技术人员学用方便的步进式设计法和偶式设计法。对于一般读者，本书既是入门的向导，又是实践的助手。

参加本书编写工作的单位有：山东工学院、山东大学、山东师范学院、济南毛巾厂、济南塑料四厂、济南无线电十厂等单位。对上述单位给予的大力支持，谨表示衷心的感谢。

由于我们水平所限，实践经验不多，编写时间仓促，书中难免存在缺点和错误，恳请读者批评指正。

山东省科学技术宣传馆
《电子简易程序控制》编写组
一九七七年九月

目 录

第一章 晶体管脉冲电路	1
第一节 脉冲电路基础知识	1
第二节 晶体管的开关特性与参数	9
第三节 晶体管门电路	19
第四节 双稳态触发器	35
第五节 计数电路	54
第六节 十进制计数器及其译码显示	69
第七节 单稳态触发器	88
第八节 多谐振荡器	98
第九节 射极耦合触发器	104
第十节 半导体逻辑元件	110
第二章 数字集成电路	126
第一节 集成门电路	127
第二节 集成门电路参数测试及使用常识	144
第三节 集成电路触发器	157
第四节 由集成门电路组成的单稳态触发器 和多谐振荡器	189
第三章 条件式程序控制器与逻辑线路设计法	194
第一节 逻辑代数	195
第二节 电子程序控制线路设计的若干问题	210
第三节 对偶式设计法	229

第四节	对偶式法设计举例	270
第五节	程序控制毛巾网框印花机	290
第六节	条件式程序控制器的设计举例	307
第四章	计数式程序控制	327
第一节	计数式程控的设计	327
第二节	计数式程控羊毛衫针织横机	336
第三节	计时式程控注塑机	351
第四节	计数式程序控制仪表车床	365
第五章	矩阵式顺序控制器	397
第一节	基本逻辑式顺序控制器	397
第二节	步进式顺序控制器的设计	415
第三节	步进式顺序控制器的结构	430
第四节	步进式顺控器的程序编制	456
第五节	矩阵式顺控器的技术条件、基本参数和分类	480
第六章	电子设备的可靠性和抗干扰问题	490
第一节	提高电子设备可靠性的措施	490
第二节	电子设备的抗干扰问题	514

第一章 晶体管脉冲电路

晶体管脉冲电路是电子技术中的基础技术。它主要研究脉冲的产生、整形、变换、放大、计数和测量等。随着科学技术的发展,晶体管脉冲电路已广泛应用于无线电通讯、雷达、计算机、自动控制、遥测遥控等各个方面。

第一节 脉冲电路基础知识

一、电脉冲及其特性

在无线电和自动控制系统中,常把在极短时间内发生突变的电压或电流信号称为脉冲。

脉冲包含着脉动和短促。在实际应用中,脉冲的含意已扩展,通常把一切非正弦波形统称为脉冲。常见的脉冲波如图 1—1 所示。

实际应用的脉冲波形往往不是图 1—1 中所示的理想状态。图 1—2 为实际的矩形脉冲波。其脉冲参数定义如下:

脉冲幅度 U_m : 脉冲波形电压变化的最大值。

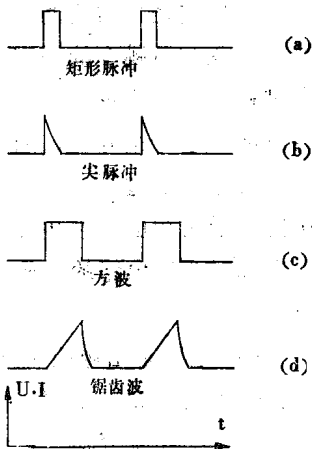


图 1—1

脉冲前沿 t_r : 波形从 $0.1U_m$ 上升到 $0.9U_m$ 所需的时间,称为上升沿或正跳变。

脉冲后沿 t_f : 波形从 $0.9U_m$ 下降到 $0.1U_m$ 所需的时间,称为下降沿或负跳变。

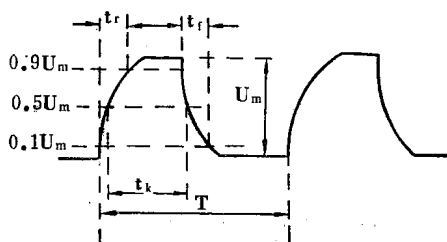


图 1—2

脉冲宽度 t_k : 从前沿的 $0.5U_m$ 到后沿的 $0.5U_m$ 所需的时间。

脉冲周期 T : 周期性变化的脉冲中, 前后两次脉冲出现的时间间隔。若以 f 表示脉冲的重复频率, 则

$$f = \frac{1}{T}$$

矩形波是最常用的一种脉冲波形, 可分为两个过程: 一是正跳变或负跳变的瞬态过程; 一是高电平或低电平的暂稳态过程。不难想象, 产生这种波形的脉冲电路必须包含两个组成部分: 一是开关, 通常用晶体管做开关, 以它的通断来产生瞬态突变过程; 一是惰性电路, 用以控制暂稳态过程的快慢。最常用的惰性电路是 RC 电路。

二、 RC 电路的充放电过程

RC 电路是由电阻 R 和电容 C 组成的简单电路。图 1—3 是描述电容器充放电过程的一个实验电路, 利用

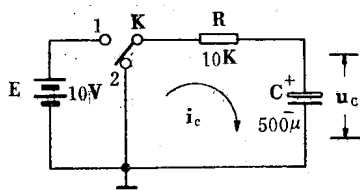


图 1—3

开关 K 模拟脉冲。当 K 从位置2拨向1时，相当于幅度为 E 的脉冲前沿作用到 RC 电路上；而从位置1拨向2时，则相当于脉冲的下降沿； K 在位置1的停留时间相当于脉冲的持续时间。假设开关 K 原来合在位置2，电容器上没有电荷，其端电压 u_c 为零。在 $t = 0$ 时，突然把开关 K 由位置2拨向1，电容器便开始充电，随着电容器上电荷的不断积累，端电压 u_c 越来越高。其端电压 u_c 与时间 t 的关系曲线，如图1—4(a)所示；充电电流 i_c 随时间 t 的变化规律，如图1—4(b)所示。下面分析形成图1—4所示曲线的原因。

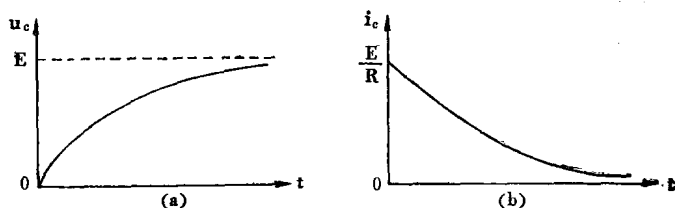


图 1—4

图1—3的电路，在充电时应满足：

$$E = u_c + i_c R$$

即充电电流

$$i_c = \frac{E - u_c}{R}$$

在 $t = 0$ 瞬间，由于 $u_c = 0$ ，此时电流：

$$i_c = \frac{E}{R}$$

为最大值。电容开始充电， u_c 相应上升，充电电流 $i_c = \frac{E - u_c}{R}$ 随着 u_c 的上升而减小。由于 i_c 越来越小，电容充电越来越

慢，于是 u_c 的增高也越趋缓慢。当 u_c 上升到与 E 相等时， $i_c = 0$ ，充电过程结束。理论和实践指出，其充电过程是按指数规律进行的，即图 1—4 所示形状为指数曲线。

若充电结束后，再将开关 K 拨到位置 2，则电容 C 上原来积累的电荷就要通过电阻 R 放电。电容放电时的端电压 u_c 与时间 t 的关系曲线，如图 1—5 (a) 所示；放电电流 i_c 随时间 t 的变化规律，如图 1—5 (b) 所示。

在图 1—3 电路中，当把 K 拨到位置 2 时，则

$$u_c + i_c R = 0$$

于是放电电流：

$$i_c = -\frac{u_c}{R}$$

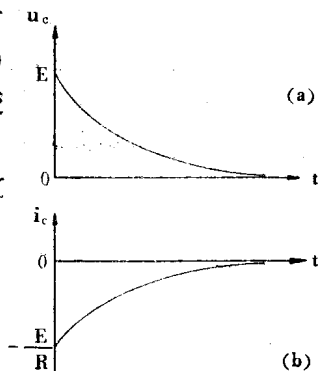


图 1—5

i_c 出现负号，是由于放电电流方向与图 1—3 中所标的充电电流方向相反所致。因此，图 1—5 中的 i_c 曲线画在横轴的下方。在放电开始的瞬间，电容器的端电压 u_c 仍为 E ，此电压全部降在电阻 R 上，形成起始放电电流，其数值等于 $\frac{E}{R}$ 。其后，电容器上积累的电荷随着放电而减少，即端电压 u_c 降低，因而放电电流 i_c 的数值也逐渐减小。当电容上的电荷放完， u_c 为零，放电结束。图 1—5 的曲线也符合指数规律。

根据上述分析，可得如下结论：电容器上两端的电压不能突变。在 RC 电路中，当输入电压是一个跳变电压时，电容器上电压 u_c 、电阻上电压 U_R 以及充放电电流 i ，都按指数规律

变化。理论分析指出，这个变化过程可用如下的过渡过程公式来表示：

$$U(t) = U(\infty) + [U(0^+) - U(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (1-1)$$

式中： $U(\infty)$ ——表示稳定状态时的电压；

$U(0^+)$ ——表示当阶跃电压刚加上时的起始电压值；

τ ——时间常数，即 $\tau = RC$ （若 R 取 Ω ， C 取法拉，则 τ 的单位为秒）。

将式（1-1）中的电压 U 改为电流 i ，就是电流的过渡过程公式。

公式（1-1）对于输入为跳变电压的任何 RC 电路的过渡过程，都是适用的；对于电容或电阻上电压与电流也都适用。

以图1-6电路为例，当 K 合上后，分析电容器上电压 u_c 和电阻上电压 U_R 的变化情况于下：

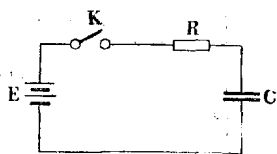


图 1-6

由于电容电压不能突变，刚合上 K 瞬时 u_c 仍为0值，即 $u_c(0^+) = 0$ ；合上 K 后，电容最终将被充到 E ，即 $U_c(\infty) = E$ 。将它们代入公式（1-1），则得

$$u_c(t) = E (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad (1-2)$$

刚合上 K 时，电阻电压为 E ，即 $U_R(0^+) = E$ ；充完电后 R 上电压为0，即 $U_R(\infty) = 0$ 。将上述各值代入公式（1-1），则得

$$U_R(t) = E e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (1-3)$$

根据公式（1-2）或（1-3）分析电容电压充到 $u_c = 0.9E$ ，亦即电阻电压降到 $U_R = 0.1E$ 所需要的时间 t_r ，将 $U_R = 0.1E$

代入式 (1-3), 可得:

$$0.1E = Ee^{-\frac{t_r}{\tau}} \quad \text{即 } 10 = e^{\frac{t_r}{\tau}}$$

则得

$$t_r = \tau \ln 10 \approx 2.3\tau \quad (1-4)$$

可见, 经过 2.3τ 的时间, 电容已充到稳定值的 90%。工程上一般认为: 经过 $3 \sim 5\tau$ 时间后, 电容的充放电过程已基本结束。

电容充放电的快慢取决于时间常数 τ , τ 越大, 充放电就越慢。对应于不同的时间常数 τ 的 RC 电路, 其充电和放电的 u_c 曲线, 分别如图 1-7 和图 1-8 所示。

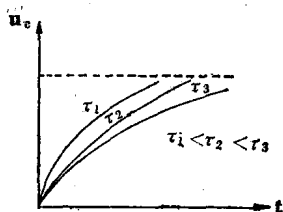


图 1-7

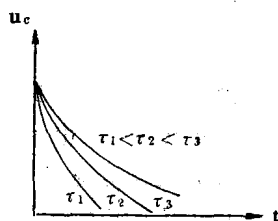


图 1-8

当一个矩形脉冲电压作用于 RC 电路时, 从电容两端输出的波形相对于原输入波形“延迟”了 3τ 左右时间, 且输出波形的前后沿也发生了畸变, 如图 1-9 所示。这在要求不失真地传送信号的场合是不希望的, 应尽量减小电路的时间

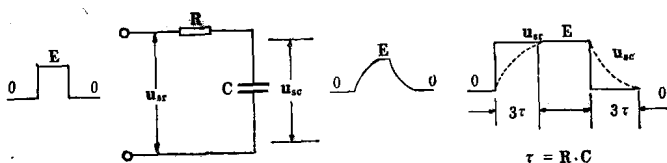


图 1-9

常数，但在另一些场合，有时却要利用这种“延时”现象。例如，用以提高电路的抗干扰能力（借以避开脉冲很窄的干扰波）等。

三、微分电路

在脉冲电路中，经常要用尖顶脉冲波。微分电路可以将矩形波变换成尖脉冲波。图 1—10 (a) 是一种最简单的微分电路。

当 $t = t_1$ 时， u_{sr} 由 0 突然上跳到 E ，但在此瞬间电容 C 上的电压不能突变 (u_c 仍为 0)，电容 C 可看作短路，因此 u_{sc} 也由 0 突变到 E 。然后，电容 C 在 u_{sr} 作用下被充电， u_c 以指数规律上升，如图 1—10 (c) 所示。由于电阻上的电压 $u_{sc} = u_{sr} - u_c$ ，随着 u_c 的增加， u_{sc} 相应地按指数规律下降，如图 1—10 (d) 所示。假定 RC 很小，使 u_c 很快由 0 充电到 E ，则 u_{sc} 由 E 很快下降到 0，于是 u_{sc} 就形成了一个正的尖脉冲。

当 $t = t_2$ 时， u_{sr} 由 E 突然下降到 0，在此瞬间电容上的电压 u_c 仍保持为 E ，其极性如图 1—10 (a) 所示。这时电容相当于一个正极接地的负电源，输出电压 $u_{sc} = u_{sr} - u_c = 0 - E = -E$ ，使 u_{sc} 由 0 下跳到 $-E$ [见图 1—10 (d)]。然后，由于电容 C 通过电阻 R 放电，使 u_c 以指数规律很快下降到 0，

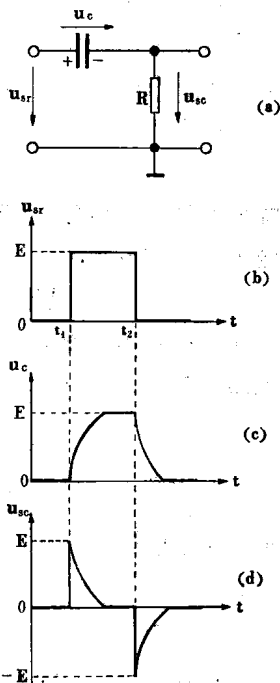


图 1—10

从而使 u_c 按指数规律由 $-E$ 很快回升到 0，于是 u_{sc} 就形成了一个负的尖脉冲。

可见，图 1—10 (a) 所示的 RC 电路，其输出脉冲反映了输入脉冲的变化部分，即能起“突出变化量，压低恒定量”的作用。在数学中，“微分”是反映变化速度的，因此这一电路叫做微分电路。它的输出电压大小是由输入电压的变化率所决定的，输入电压波形的前沿及后沿越陡，输出的尖脉冲幅度就越大，可接近于输入脉冲的幅值；当输入电压不变时，输出电压基本为零。

一个 RC 电路是不是微分电路，还要看在输入脉冲作用期间，电容器的充放电过程能否基本结束。因此，构成微分电路的条件是：

$$\tau \ll t_K \quad (1-5)$$

对于图 1—11 的方波信号，脉冲的宽度 $t_K = \frac{T}{2}$ (T 为周期)，则式 (1—5) 可写成：

$$\tau \ll \frac{T}{2}$$

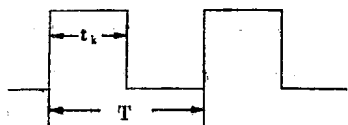


图 1—11

一般应使 $t_K \geq 3\tau$ ，或 $T \geq 6\tau$ 。

四、积分电路

最简单的积分电路也是由 RC 电路组成的，如图 1—12 (a) 所示。在积分电路中，要求 $\tau \gg t_K$ 。

当 $t = t_1$ 时， u_{sr} 由 0 跳变到 E ，电容 C 开始充电， u_c 以指数规律上升。但是由于 $RC \gg t_K$ ，所以 C 的充电过程十分缓慢，在 t_1 到 t_2 的短时间（即 t_K ）内， u_c 的上升曲线只是指数曲线中很小一段，可以认为近似于一条直线，即 u_{sc} 是线性

上升的,如图 1—12 (c) 所示。当 $t=t_2$ 时, U_{sr} 由 E 跳变到 0, 于是电容 C 开始放电, u_{sc} 随之下降。如果输入是图 1—11 所示的方波信号, 在电路的 $RC \gg \frac{T}{2}$ 的情况下, 输出将变成三角波, 而且三角波的幅度要比方波幅值小得多。因此, 积分电路也是一种脉冲波形变换电路。与微分电路相反, 积分电路的特点是把输入信号的突然变化变换成缓慢变化的信号。

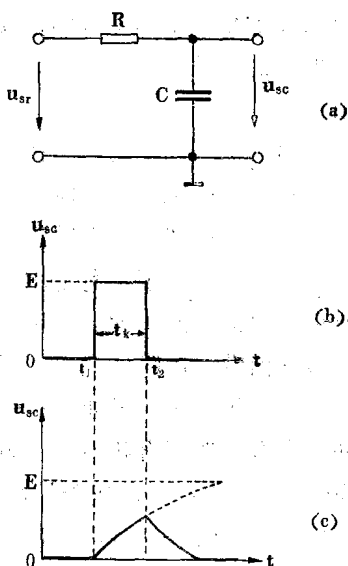


图 1—12

第二节 晶体管的开关特性与参数

程控装置通常是开关量控制设备, 它利用某些开关的逻辑组合来实现程序控制。开关起着接通或断开电路的作用。根据晶体二极管和三极管的特性, 它可以用作无触点开关。晶体管开关是脉冲电路的最基本环节, 掌握晶体管的开关特性与主要参数, 可以更合理地使用晶体管。

一、晶体二极管的开关特性与参数

大家知道, 二极管具有单向导电性, 根据这个特性, 它可以作开关用。在正向电压作用下, 二极管导通, 相当于开关闭合; 在反向电压作用下, 二极管截止, 相当于开关断开。

但只要观察一下二极管的伏安特性，就不难知道它并不是一个理想的开关。图 1—13 为硅和锗二极管的典型的伏安特性曲线。

由图 1—13 中的正向特性 ($+I \sim +U$) 可见：当加于二极管的正向电压很小时，二极管并不导通（称为死区）；只有正向电压超过一定数值（这个数值称为门槛电压）后，二极管才开始出现正向电流；其后，正向电压的微小增加将使正向电流迅速增加。在正向电流增加的一个很大范围内，二极管两端的压降 U_D 几乎不变， U_D 称为二极管的正向压降。可见，二极管正向导通是有管压降的，并不象理想开关那样处于完全短路闭合状态。一般来说，硅二极管的门槛电压约为 $0.4 \sim 0.5V$ ，正向压降 U_D 为 $0.7 \sim 1V$ 左右；锗二极管的门槛电压约为 $0.1 \sim 0.2V$ ，正向压降 U_D 为 $0.2 \sim 0.3V$ 左右。即硅管的正向压降比锗管大。

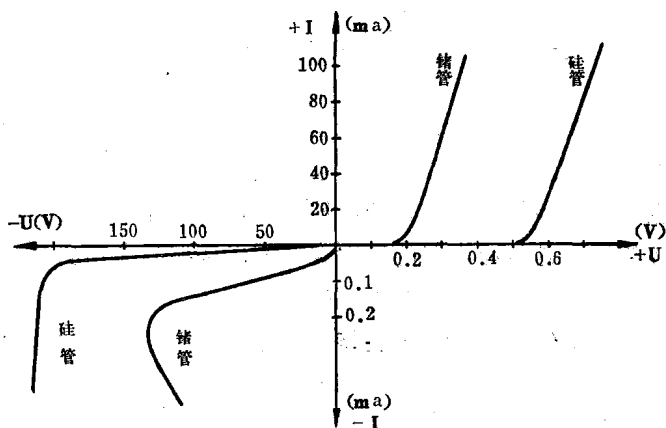


图 1—13