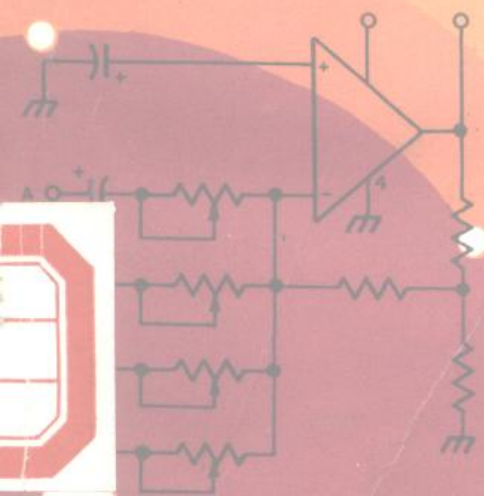


电子文库  
5

# 电子定时器

徐雪松 编



科学出版社

75-78-2  
109

电子文库 5

# 电子定时器

徐雪松 编

科学出版社

1988

D102/22

## 内 容 简 介

形形色色的电子定时器用在不同的场合,将给您的学习、工作和家庭生活增添无穷的趣味和便利。

本书专讲电子定时器原理与制作方法。全书分为三章,第一章概述电子定时器的种类、用途及其性能;第二章讲电子定时器电路原理;第三章讲实际电路及其制作、调试,并给出不同种类易制作的电子定时器电路实例近50个,引导读者初通电子定时器工作原理并学会动手制作的方法。

本书可供青少年电子爱好者和初学者阅读,不失为一部饶有趣味、内容丰富的入门指导书。

电子文库 5

## 电 子 定 时 器

徐雪松 编

责任编辑 陈 忠 樊友民

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街137号

中国民用航空局印刷厂台湖分厂印刷

科学出版社发行 新华书店北京发行所经销

\*

1988年6月 第 一 版 开本: 787×1092 1/32

1988年6月第一次印刷 印张: 4

印数: 0001-23,560 字数: 86,000

ISBN 7-03-000493-0 7TN·27

定 价: 0.90元

1.10元

# 目 录

|                    |    |
|--------------------|----|
| 概述                 | 1  |
| 1.1 用途与种类          | 1  |
| 1 用途               | 1  |
| 2 种类               | 2  |
| 1.2 性能指标           | 3  |
| 二、电路原理             | 5  |
| 2.1 延时电路           | 6  |
| 1 电容充、放电           | 6  |
| 2 充电式延时电路          | 8  |
| 3 放电式延时电路          | 8  |
| 4 充、放电式延时电路        | 8  |
| 2.2 电子开关电路         | 10 |
| 1 电路原理             | 10 |
| (1) 晶体管的开关特性       | 10 |
| (2) 单管延时释放定时器      | 11 |
| (3) 单管延时接通定时器      | 12 |
| (4) 定时开关参数的估算      | 12 |
| 2 电路形式             | 15 |
| (1) 三极管开关电路        | 16 |
| (2) 带恒流源或倍增电容的开关电路 | 17 |
| (3) 级联式开关电路        | 20 |
| (4) 单结管开关电路        | 20 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| (5) 场效应管开关电路·····      | 21  |
| (6) 集成定时开关电路·····      | 21  |
| (7) 计数器开关电路·····       | 24  |
| 2.3 负载及其控制·····        | 26  |
| 1 负载种类·····            | 26  |
| 2 继电器控制·····           | 30  |
| 3 可控硅控制·····           | 36  |
| 4 直流电源控制·····          | 43  |
| 2.4 电源·····            | 43  |
| 2.5 开关运用·····          | 45  |
| 1 启动、终止开关·····         | 45  |
| 2 工作变换开关·····          | 53  |
| 三 实际电路·····            | 57  |
| 3.1 三极管定时器·····        | 57  |
| 3.2 带恒流源和倍增电容的定时器····· | 77  |
| 3.3 级联式定时器·····        | 85  |
| 3.4 单结管定时器·····        | 89  |
| 3.5 场效应管定时器·····       | 103 |
| 3.6 集成电路定时器·····       | 106 |
| 3.7 计数器定时器·····        | 118 |
| 附录 实际电路目录·····         | 150 |

## 一 概述

在已经有了各种精度和式样的钟表的今天，为什么还需要定时器呢？这是因为定时器和钟表不同，它是一种自动控制设备，能自动地控制电器在规定时间内启动、停止或变换工作状态，这是钟表等时间计量器所代替不了的。

### 1.1 用途与种类

#### 1 用途

定时器在家用电器中经常用于延时自动关机、定时、玩具电路以及洗衣机的转停、强中弱洗和正反换向等。

延时自动关机可用于：收音机、电视机、电唱机、扩音机、录音机、催眠器、走廊灯、厕所灯、门灯、路灯、汽车头灯、转弯灯以及其他电器的延时断电及延时自停电源等。

定时可用于：照相定时曝光、定时闪光、定时放大、电风扇自动开停、定时调速、定时烘箱、冰箱门开定时报警、水位定时报警、延时催眠器、延时电铃、延时电子锁、定时记忆增强器、渐亮渐暗灯开关、备忘灯、来客留言录音机、时间顺序控制器、触摸定时开关、光控定时开关、声控定时开关、定时调压、定时调光、定时控温等。

例如电风扇装了定时器，工作一定时间之后便能自动切断电源停止转动。夏季夜间使用，入睡前先定好关机时间，睡熟后到了预定时间，风扇便能自动停止，使用方便。又如

晒相箱装上光控曝光定时器，不用人去调整，光控定时器本身便能根据底片的厚薄决定曝光时间的长短，并能定时地开启、关闭曝光灯，使相纸曝光。

定时器除了上述用于各种家用电器之外，还广泛地用于工农业生产和服务设施，直至军事（例如定时炸弹）等。

## 2 种类

目前家用电器所用的定时器绝大多数都是发条驱动式、电机传动式或电钟式等机械定时器，在部分电子器械中也有使用时间继电器的。如果改用电子定时器，将会缩小体积、减轻重量、降低造价、减少噪声、提高精度、延长寿命，而且安全可靠、调整方便、适于频繁使用。随着电子器件的普及，电子定时器必将逐步取代机械定时器。

电子定时器按延时方式来分，有接通延时、关断延时和重复延时三种。接通延时是在信号接点闭合后开始定时；关断延时是在信号接点断开后开始定时；而重复延时是在信号接点闭合之后，以一定周期重复进行定时工作。

按信号输入方式来分，电子定时器可以分为电源通断和信号通断两种。前者用信号接点控制电源的接通或断开，它还可以分为通电定时和断电定时两种。后者电源电压与信号接点的通断无关。

按定时调整方式来分，有使用电位器的连续调整，有使用开关的数字式调整，此外还有外接式的远距离调整。

按输出方式来分，电子定时器可以分为触点输出和无触点输出两种。触点输出指的是用继电器作负载的定时器。无触点输出以可控硅、电声、电光等元件为负载。

电子定时器按延时电路来分，有阻容式和振荡式等几种。

阻容式定时器是最先发展起来的，也是目前应用最为普遍的一种电子定时器。它是利用电阻电容积分电路中，电容两端电压在接通电源一定时间后才能达到一定值的特点来取得定时的。阻容式定时器的特点是电路简单、体积小、价格低，而且定时时间可以连续调整。缺点是延时值不可能太长，一般只有几分钟，放置一段时间后第一次延时值较长，不太精确。

振荡式延时电路可以采用晶体管振荡器、电阻电容振荡器、晶体振荡器、音叉振荡器等。为了简化电路降低成本，还可以采用工频电源频率（50赫）整形后作为时钟脉冲。还有些定时器使用电子钟表的输出脉冲作为定时基准。

电子定时器按电子开关电路所用元件来分，可以分为三极管电路、单结管电路、场效应管电路、集成开关电路和计数器电路等几种。

计数器经常配合振荡式延时电路组成定时器，由于振荡器的振荡频率具有相当高的稳定性，因而振荡计数式定时器的定时精度很高。由于使用了计数器，可用较小数值的电容取得较长的定时时间，如果增加计数器的位数还可以获得更长的定时时间；计数器的位数可用外加信号改变，因而可在一个定时器上实现多种定时规格。定时时间可以连续调整，调整误差小，而且调整和定时过程可用数字显示。

## 1.2 性能指标

电子定时器的性能指标主要由定时精度、可靠性和定时时间长短等参数来衡量。

定时精度是主要性能指标之一。在使用中，由于定时器本身的元件、电路参数的变化或受外界因素变化的影响，定

时器的控制时间与实际时间总是存在差别的，其差值就是定时器的误差，误差越小精度越高。

定时器控制时间 $x$ 与实际时间 $x_0$ 之差值 $\Delta x$ 称为定时器的绝对误差，即

绝对误差 = 控制时间 - 实际时间 即  $\Delta x = x - x_0$

绝对误差与实际时间之比称为相对误差，通常用百分数表示。如用 $\gamma$ 表示相对误差，则：

$$\gamma = \frac{\Delta x}{x_0} \cdot 100\%$$

有些用途的定时器，例如延时关灯的定时开关，对精度要求不高，而另一些用途的定时器，例如印相设备上的定时器，对精度的要求就要高得多。精确度和可靠性的优劣，取决于电路结构和元件质量。

定时器由于使用对象不同，控制时间的长短也各不相同。摄影用的各种定时器最多只有几十秒，延时关灯、延时电铃、电子锁或来客留言录音机则为几分钟，而电风扇、催眠器、烘箱或备忘灯，一般定时几十分钟到一小时，收音机、录音机、电视机的延时关机可为几小时。而有些生产设备的定时时间，可达几十小时直至几天。洗衣机的定时器除了控制开停时间（强、中、弱洗，甩干）之外，还要变换电机的运转方向。

## 二 电路原理

电子定时器是根据电容器通过电阻充放电需要一定时间（阻容式）或振荡器具有一定的振荡频率（振荡式）的原理制成的。定时器由延时电路、开关电路、负载和电源四个部分组成，如图1方框图所示。

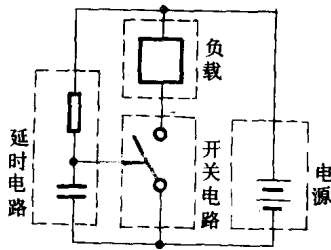


图1 定时器方框图

图中延时电路就是RC充放电电路或振荡器；而开关电路则由各种晶体管或集成电路开关构成；负载可用灯泡、电动机、电热器、音频振荡器等家用电器，或是通过继电器或可控硅来控制这些用电器的运行。电源可用直流电源或交流整流供电。

适当搭配延时电路、开关电路、负载和电源即可构成各种不同的定时器。

8810769

## 2.1 延时电路

### 1 电容充、放电

在图2(a)电路中,开关 $K$ 原来停在 $O$ 点,电容 $C$ 上没有电荷,电容两端电压等于零。当开关 $K$ 接到 $A$ 点时,电源 $E$ 通过充电限流电阻 $R$ 向电容器充电。电路接通的瞬间,电容电压 $U_C = 0$ ,充电电流最大,等于 $E/R$ 。随着电容器两极上电荷的积累, $U_C$ 逐渐增大,其方向与 $E$ 相反,因此电阻 $R$ 上的电压 $U_R = E - U_C$ ,充电电流 $i = (E - U_C)/R$ ,它随着 $U_C$ 的增大而越来越小, $U_C$ 的上升也越来越慢,当 $U_C = E$ 时, $i = 0$ ,充电过程结束。

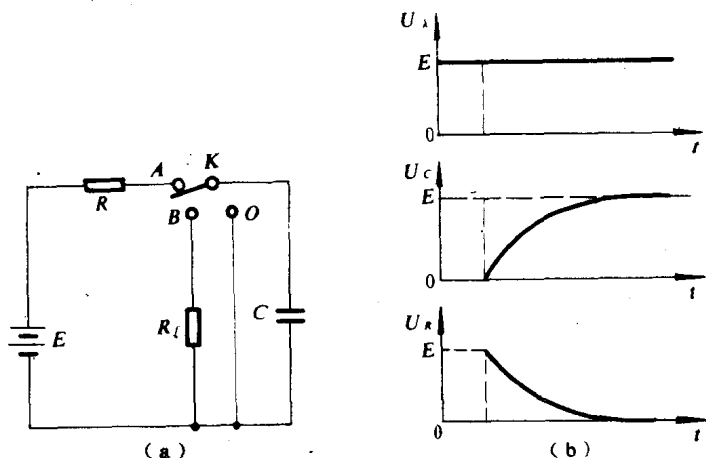


图2 电容充电及其曲线

图2(b)画出了充电过程中 $U_C$ 及 $U_R$ 随时间而变化的情况。 $U_C$ 是按指数规律上升的,由于 $U_R = E - U_C$ ,所以 $U_R$ 是按指数规律下降的。从图中可以看到, $U_C$ 、 $U_R$ 开始变化较快,以后

逐渐减慢，直至无限接近最终值。

表 1

| $t/\tau$ | 0 | 0.2   | 0.4   | 0.6   | 0.693 | 1.0   | 2.0   | 3.0   | 4.0   | 5.0   |
|----------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $U_C/E$  | 0 | 0.181 | 0.330 | 0.451 | 0.5   | 0.632 | 0.865 | 0.950 | 0.982 | 0.993 |

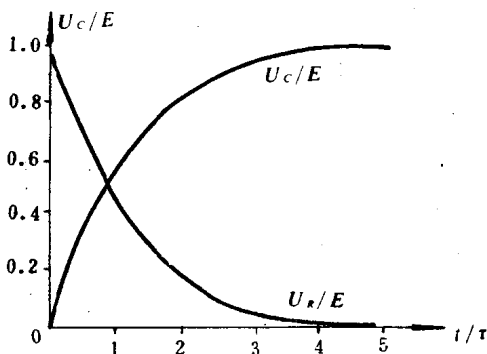


图3 电容充电  $t-u$  曲线

电容器的充电速度与  $R$  和  $C$  大小有关。  $C$  越大，充至同样电压所需的电荷越多，电容电压  $U_C$  的上升也就越慢；  $R$  越大，充电电流越小，  $U_C$  的上升也就越慢。  $R$  与  $C$  的乘积叫电路的时间常数，用  $\tau$  表示，即  $\tau = R \cdot C$ ，若  $R$  的单位用欧姆，  $C$  的单位用法拉，则  $\tau$  的单位为秒。因此，充电的快慢，可用时间常数  $\tau$  来衡量，  $\tau$  越大，充电就越慢，  $U_C$  到达最终值所需的时间也就越长。

表 1 中列出了以  $\tau$  为单位的充电时间  $t$  和  $U_C/E$  的对应值，并把它们的关系画在图 3 中。从表 1 中可以看出：  $t = \tau$  时，  $U_C = 0.63E$ ；  $t = 3\tau$  时，  $U_C = 0.95E$ ；  $t = 5\tau$  时，  $U_C = 0.99E$ 。因此，实用上通常认为  $t = 3 - 5\tau$  时，充电过程基本结束，而作为定时器的动作时间，以选在  $0.6 - 0.7\tau$  为好。

在图2(a)电路中,充电结束后,若把开关 $K$ 迅速合向 $B$ 点时,电容器 $C$ 将通过 $R_f$ 放电, $K$ 合向 $B$ 点瞬间,电容器两端电压 $U_c = E$ ,所以放电电流最大,等于 $E/R_f$ ,随后, $U_c$ 逐渐下降,放电电流也越来越小,直到 $U_c = 0$ 时,放电结束。 $U_c$ 也是按指数规律下降的。放电的快慢也取决于时间常数 $\tau$ , $\tau$ 越小,则放电越快。

## 2 充电式延时电路

如果充电电阻 $R_c$ 用得较大而放电电阻用得很小(如图4 a),开关 $K$ 拨到 $A$ 点时,电容 $C$ 通过电阻 $R_c$ 缓慢充电,指示灯点亮。电容充电完毕后,指示灯熄灭。电容充电时间(指示灯发亮时间)就是定时时间。指示灯熄灭后,将开关 $K$ 拨到 $B$ 点,使电容迅速放电,以备下次充电再用。这样电路叫做充电式延时电路。

## 3 放电式延时电路

如果充电电阻用得很小而放电电阻 $R_f$ 用得较大(如图4 b所示),开关 $K$ 拨到 $A$ 点时电容迅速充电,开关 $K$ 拨到 $B$ 点后,电容通过放电电阻 $R_f$ 和指示灯 $ZD_1$ 放电,放电完毕后指示灯由亮变灭,这段放电时间就是定时时间,所以这种电路叫做放电式延时电路。

## 4 充、放电式延时电路

如果充电电阻和放电电阻都用得较大(图4 c),当开关 $K$ 拨到 $A$ 点时,电容 $C$ 通过电阻 $R_c$ 缓慢充电,指示灯 $ZD_1$ 点亮。充电完毕灯泡 $ZD_1$ 熄灭时,充电定时结束。然后将开

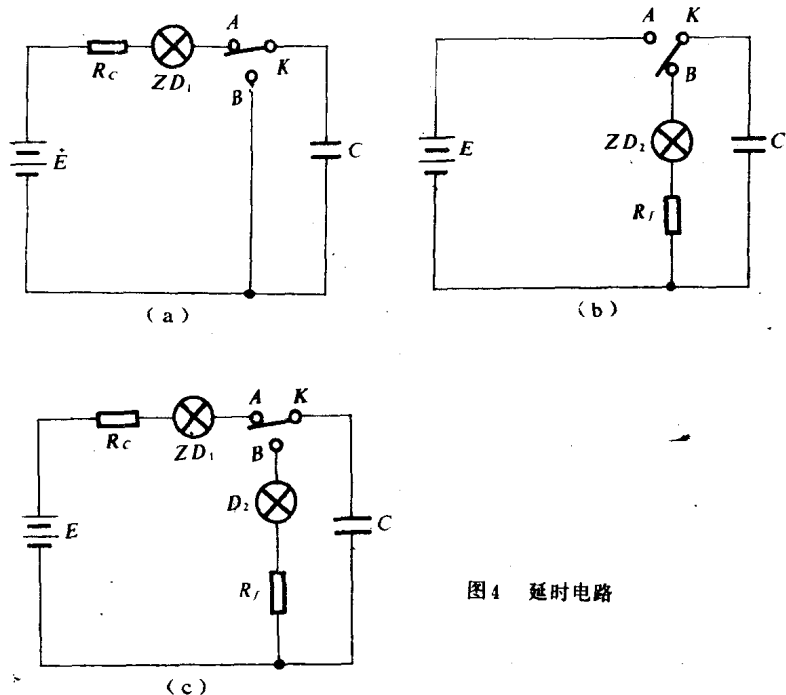


图4 延时电路

关  $K$  拨到  $B$  点，由于放电电阻  $R_f$  也用得较大，电容  $C$  通过放电电阻  $R_f$  和指示灯  $ZD_2$  放电，指示灯点亮，进行放电定时。这样，由于充、放电电阻都用得较大，充、放电都起定时作用。

为了延长定时时间，可用电流很小而且恒定的电子恒流源代替充、放电电阻，也可以通过电流很小的晶体管输入回路（发射结）向电容充、放电。

在实际电路中，充放电开关一般用电子开关代替，以实现自动控制。有些电路，开关  $K$  用按键、继电器触点或触摸开关、声控开关、光控开关控制充电（或放电），然后再用电子开关控制放电（或充电）。

## 2.2 电子开关电路

### 1 电路原理

#### (1) 晶体管的开关特性

由晶体三极管的特性可知,随着三极管工作状态的改变,可以由截止区迅速经过放大区到达饱和区;或是相反,由饱和区迅速通过放大区进入截止区。

三极管截止时,集电结处于反向偏置,反向电流很小,特别是硅管,常在 $0.1 \sim 1\mu\text{A}$ 以下,可以忽略。三极管饱和时,发射结和集电结都处于正向偏置,集电极与发射极之间有一个很小的饱和压降 $U_{ces}$ 。而基极与发射极之间也有一个不大的对应电压 $U_{bes}$ 。对于硅管来说, $U_{ces} \approx 0.3\text{V}$ ,  $U_{bes} \approx 0.7\text{V}$ 。因此三极管可以作为开关运用,三极管在截止状态下,可以等效为两个断开的开关,其等效电路如图5(a)所示。在饱和状态下,可以等效为两个大小为 $U_{ces}$ 和 $U_{bes}$ 的电池,如图5(b)所示。为了简化分析,亦可忽略 $U_{ces}$ 和 $U_{bes}$ ,粗略地认为三极管在饱和时,三个极之间好象“短接”在一起,如图5(c)的简化等效电路所示。

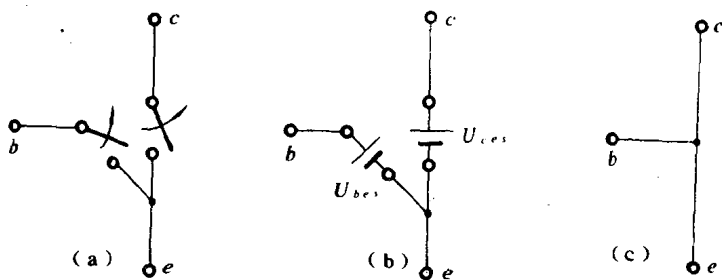
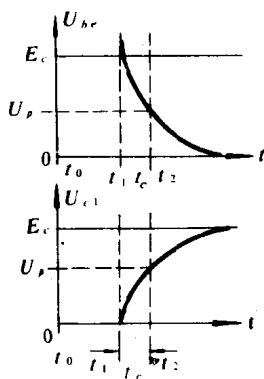
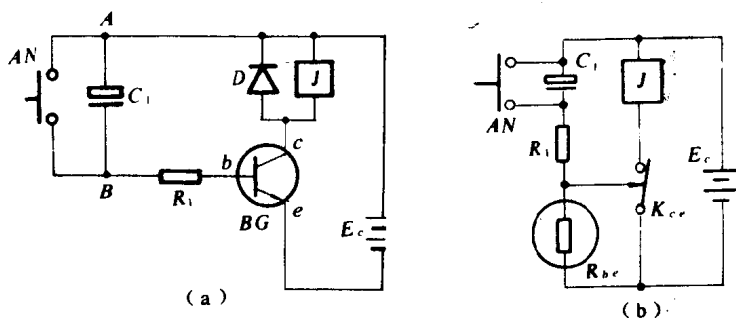


图5 开关三极管等效电路

推动这个开关由开到关或由关到开动作的是晶体管基极电压，亦即这个电子开关电路兼有电压鉴别作用，是一种压控开关。当基极电压达到三极管动作电压 $U_p$ 时，电子开关才能断开（图6a）或导通（图7a）。

以晶体管作为开关电路的最简单的定时器如图6、图7所示。

## (2) 单管延时释放定时器



吸合 吸合 释放

(c)

图6 单管延时释放定时器

在图6(a)电路中, 电容 $C_1$ 、电阻 $R_1$ 和晶体管发射结电阻( $R_{be}$ )构成RC延时电路, 晶体管集电结相当于一个开关( $K_{ce}$ ), 其等效电路如图6(b)。当AN接通时( $t_0$ ), BG饱和导通, 继电器J吸合; 当AN断开时( $t_1$ ), 继电器J并不立即释放, 而要延迟一段时间( $t_c$ )后到达 $t_2$ 时方才释放。因此称之为延时释放定时器。

定时器的具体工作过程是, 当AN接通( $t_0$ )时, 它将电容短路, 所以电容电压 $U_{C1} = U_{AB} = 0$ , 因而 $U_{be} = E_c$ ,  $U_{be}$ 通过电阻 $R_1$ 加到BG基极, 使BG饱和导通(相当于 $K_{ce}$ 接通)、继电器吸合。当AN断开( $t_1$ )后, 电源 $E_c$ 通过BG发射结和电阻 $R_1$ 向电容 $C_1$ 充电,  $U_{AB}$ 逐渐增加。因为 $U_{be} = E_c - U_{C1}$ , 所以随着 $U_{AB}$ 的不断增加,  $U_{be}$ 由 $E_c$ 逐渐下降(波形见图7c), 基极电流 $I_b$ 也不断减少, 经过 $t_c$ 时间后,  $U_{be}$ 下降到门限电压 $U_p$ 时( $t_2$ ), 晶体管截止, (相当于 $K_{ce}$ 断开)。继电器J释放。

### (3) 单管延时接通定时器

图7(a)是简单的延时接通定时器电路, (b)为其等效电路。当按键AN接通时( $t_0$ ), 电容 $C_1$ 被AN短路,  $U_{C1} = 0$ , 晶体管BG截止, 继电器J释放。AN断开( $t_1$ )后, 电容器 $C_1$ 通过 $R_w$ 充电, 电容两端电压 $U_{C1}$ 由零逐渐增大。经过一段时间 $t_c$ 后,  $U_{C1}$ 上升到门限电压 $U_p$ 时( $t_2$ ), BG导通, 继电器吸合。这个电路由于电容位置和上图不同, 在AN断开、经过延迟时间 $t_c$ 后, 继电器才吸合, 所以叫作延时接通定时器。

### (4) 定时开关参数的估算

定时开关电路参数的估算方法一般是:

首先根据开关电路的截止、饱和条件决定电阻元件参数。  
然后根据延迟时间要求决定电容元件参数。