



HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

哈尔滨工业大学

## RC 电路在工程实际中的应用

学生姓名: [REDACTED] 班级: 软件二班 学号: [REDACTED]

学院: 计算机学院 专业: 软件工程大类 任课教师: 齐超

2017 年 6 月 1 日 作

## (一) 引言

### 1.背景

RC 电路全称 Resistance-Capacitance Circuits。一个 **相移电路（RC 电路）** 或称 **RC 滤波器、RC 网络**，是一个包含利用电压源、电流源驱使电阻器、电容器运作的电路。众所周知,RC 振荡电路是电子技术中的一种基本电路。因为它具有稳定度高,失真度小等许多重要的特点,所以它在无线电设备和电子仪器中有着独特的地位。它在电视机电路,无线电测量仪器,充电器,信号收发设备等工具上作为最主要元件。

### 2.目的

分析 RC 电路的特性及应用, 深入理解该电路的意义, 并讨论课程教学中对于教材课本、老师的建议。初学者对 RC 电路的特性及其许多方面的应用缺乏全面认识和深入理解, 本文从 RC 电路不同条件下表现出不同的特性及其相应的特性应用, 展现了 RC 电路的魅力。

### 3.意义

RC 电路根据电路的形式和 R、C 元件参数的不同, 因而组成了 RC 电路的各种应用形式: 微分电路、积分电路、耦合电路、滤波电路及脉冲分压电路。在实际工程中有着复杂而广泛的应用, 是非常基础却又千变万化。研究 RC 电路对课程教学具有深刻的意义。

## (二) 论文:

### 1. 摘要

RC 电路由电阻和电容串联、并联或串并联而组成的电路虽然简单, 在电子设备中的应用却很广泛。本文分析了 RC 电路相应工作条件下的微分、积分特性及其应用和 RC 电路不同输出端口表现出的不同频率特性, 介绍了应用其幅频特性的高通、低通有源滤波器, 应用其相频特性的 RC 移相集成振荡器, 将常用到的各种 RC 电路加以归纳, 分析它们在电路中的作用和原理。

### 2. 关键词

一阶 RC 电路, 零输入响应, 积分电路, 微分电路

### 3. 正文

一个最简单的 RC 电路是由一个电容器和一个电阻器组成的，称为一阶 RC 电路。

先从数学上最简单的情形来看 **RC 电路的特性**。假定 RC 电路接在一个电压值为  $U_0$  的直流电源上很长的时间了，电容上的电压已与电源相等（关于充电的过程在后面讲解），在某时刻  $t_0$  突然将电阻左端 S 接地，电容上进入了放电状态。理论分析时，将时刻  $t_0$  取作时间的零点。

依据 KVL 定律，建立电路方程：
$$RC \frac{du_c}{dt} + u_c = 0$$

初值条件是  $u_c(0_+) = u_c(0_-) = U_0$

这是一阶齐次微分方程，其通解为： $u_c = Ae^{pt}$ ，代入原方程后

得： $(RCp + 1)Ae^{pt} = 0$

特征方程为： $RCp + 1 = 0$

特征根为： $p = -\frac{1}{RC}$

根据  $u_c(0_+) = u_c(0_-) = U_0$  得： $A = U_0$ ；

故满足初值的微分方程的解为： $u_c = U_0 e^{-\frac{1}{RC}t}$ 。

可以看出电容上电压衰减的快慢取决于指数中  $\frac{1}{RC}$  的大小，其大小仅取决于电路结构与元件的参数。当电阻的单位是  $\Omega$ ，电容的单位是 F 时，乘积 RC 的单位为秒 (s)，用  $\tau$  表示。则电容电压可记为  $u_c = U_0 e^{-\frac{1}{\tau}t}$ 。

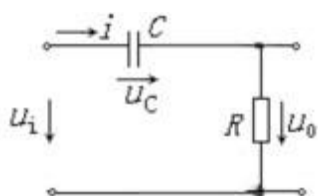
$t$	0	$\tau$	$2\tau$	$3\tau$	$4\tau$	$5\tau$	...	$\infty$
$u_c(t)$	$U_0$	$0.368U_0$	$0.135U_0$	$0.05U_0$	$0.018U_0$	$0.0067U_0$	...	0

$\tau$  时间常数是电容上电压下降到初始值的  $1/e=36.8\%$  经历的时间。

当  $t=4\tau$  时，电容电压已经很小，一般认为电路进入稳态。

以上称为 RC 一阶电路的零输入响应。此外，常见 RC 电路还有微分电路和积分电路：在电子技术中常利用 RC 电路实现多种不同的功能，RC 微分电路和 RC 积分电路就是 RC 电路的两个重要应用。下面分别介绍这两种电路的工作原理。

### (1) 微分电路



如图所示 RC 电路中，输入电压  $u_i$  为周期性矩形脉冲，矩形脉冲的幅值为  $U_m$ ，脉冲宽度为  $t_w$ ，脉冲周期为  $T$ ，且电路的时间常数  $\tau$  很小， $\tau \ll t_w$ 。

首先分析  $u_C$  的波形。在  $t=0$  瞬间，RC 电路输入矩形波电压，由于  $\tau$  很小，电容迅速被充电至  $U_m$  值。当  $t_w < t < T$  时， $u_i=0$ ，相当于 RC 电路的输入端短接，电容器开始放电。同样，由于  $\tau$  很小，放电过程很快结束， $u_C$  下降至零。接着在  $t=T$  瞬间，电容又被迅速充电……，如此反复循环，波形如图。

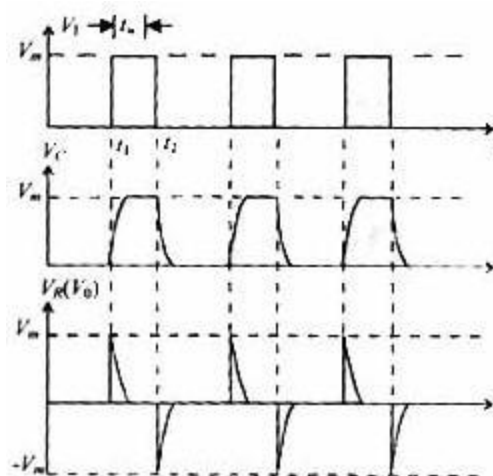


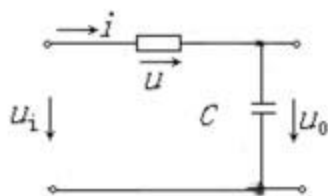
图 2 R 两端的尖脉冲

根据 KVL，有  $u_i = u_R + u_C = u_0 + u_C$ ，由于  $\tau = RC$  很小，使得输入信号  $u_i$  几乎全部降落在电容上，即  $u_i = u_0 + u_C \approx u_C$ ，因而输出电压为

$$u_0 = R \cdot i = RC \frac{du_C}{dt} \approx RC \frac{du_i}{dt}$$

电路的输出电压  $u_0$  近似与输入电压  $u_i$  的导数成正比, 因而称该电路为微分电路。利用微分电路可以改变信号的波形, 由于时间常数  $\tau$  与脉冲宽度  $t_w$  的关系变化, 输出电压  $u_0$  也将发生变化。

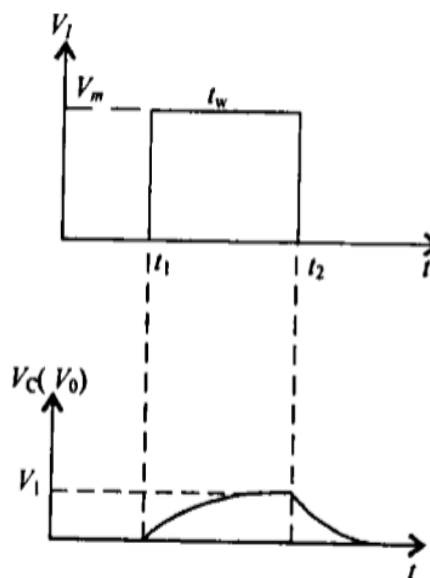
## (2) 积分电路



如图所示电路, 输入电压  $u_i$  仍为周期性矩形脉冲, 如图 (7.18) (a) 所示, 且电路的时间常数  $\tau \gg t_w$ 。输出电压  $u_0$  取自电容两端, 即  $u_0 = u_C$ ,

则此 RC 电路称为积分电路。

在  $t=0$  瞬间, RC 电路输入矩形波电压。由于  $\tau \gg t_w$ , 电容充电很慢, 到  $t=t_w$  时,  $u_C$  仅由零微升至  $U_{C1}$  值。当  $t_w < t < T$  时,  $u_i=0$ , 电容 C 开始经电阻 R 放电。由于  $\tau \gg t_w$ , 放电同样进行的很慢,  $u_C$  从  $U_{C1}$  缓慢下降。到  $t=T$  时,  $u_C$  尚未下降至零, 而下一个脉冲已经到来, 电容 C 又开始进入充电过程……, 如此反复循环, 波形如图。



在积分电路中, 由于  $\tau \gg t_w$ , 由于电容的充、放电过程进展很缓慢, 电容电压  $u_0$  变化也很缓慢, 输入信号  $u_i$  几乎全部降落在电阻 R 两端, 因此

$$u_i = u_0 + u_R \approx u_R$$

说明, 电路的输出电压  $u_0$  近似与输入电压  $u_i$  成积分关系, 因此, 这种电路叫积分电路。

---

接下来举例 **RC** 电路在几项实际工程中的应用：

1. 避雷器的测试电路：

避雷器是与电器设备并接的一种过电压保护设备，当出现危及电器设备绝缘的过电压（一般指大气过电压）时，它就放电，将雷电流泄入大地，从而限制电器设备绝缘上的过电压，保护其绝缘免受损伤或击穿。

避雷器本身的电容很小，对整流电压的平波作用甚微。因此，在测量导电电流时，应并联不小于  $0.1\mu\text{F}$  的稳压电容  $C$ 。变压器  $T$  的高压侧经整流硅堆输出的电压是半波整流电压，其正半周时，经电阻  $R$  对电容  $C$  充电。负半周时电容  $C$  经  $R$  放电，但由于  $C$  较大，电荷逸出很少。下一个正半周时， $C$  又通过  $R$  充电，使两端的电压维持原来的数值，这样就保证避雷器两端的电压波动很小。如果没有稳压电容  $C$ ，由于避雷器本身电容很小，加在其两端的电压将是脉动电压，这对于避雷器是绝对不允许的。

2. 晶闸管的过电压保护：

晶闸管又称可控硅，是一种大功率半导体器件，主要用于大功率的交流电能与直流电能的相互转换和交、直流电路的开关控制与调压。晶闸管承受过电流、过电压的能力较弱，因此，使用晶闸管的电路必须设置过电流、过电压的保护装置。

引起晶闸管上出现过电压的原因很多，如系统的通断。电网浪涌电压或晶闸管本身的通断，都可能导致晶闸管承受瞬时过电压而击穿。最常使用的保护措施是采用阻容吸收装置。如图（7.20）所示电路为单相桥式可控整流电路，在晶闸管及交流电源侧，整流输出的负载侧均并联一个 **RC** 串联支路。电路产生过压时，由于电容电压不能突变，电容充电，使其两端电压逐渐升高。

当晶闸管触发导通后，电容放电，使晶闸管避免了过电压的袭击。如电容器充电电压较高，放电时，会有很大的电流通过晶闸管，可能使该元件烧坏，为此必须与电容串联一个电阻  $R$ ，以限制放电电流和增加放电时间。

### (三) 应用

#### 1.对电路课的建议

##### 对教材：

教材中应该增加关于 RC 电路应用的一些实例分析，便于学生在实践中学习知识，理解知识点。

##### 对老师：

老师在教学过程中应适当举例一些电路理论知识的实际应用，使学生更加清晰地理解深奥的知识，使知识变得平易近人。

#### 2.总结

分析一阶 RC 电路是学生必须熟练掌握电路的理论知识。在它之前还需要学习过渡过程、换路定律及初始值的确定等，但是这些理论内容较为抽象，在教学中不易为学生理解和掌握。因此，讨论群其在具体问题，具体工程中的实际应用，能够加深学生对 RC 电路的理解，提升学生对 RC 电路的熟悉程度和分析技巧，并让学生感到学有所值、学有所用。

### (四) 参考文献

- [1] 孙立山, 陈希有, 刘洪臣, 霍炬.电路理论基础(第四版)[M].北京: 高等教育出版社.2016.3
- [2] 邱关源.电路: [M].北京: 高等教育出版社. 2006 年: 141-142
- [3] 徐道柏.电子技术应用[M].北京: 华北计算机系统工程研究所.1983 (1) :18-20+10