

中等职业技术教育教学参考书·基础电子学教程

模拟电子技术基础

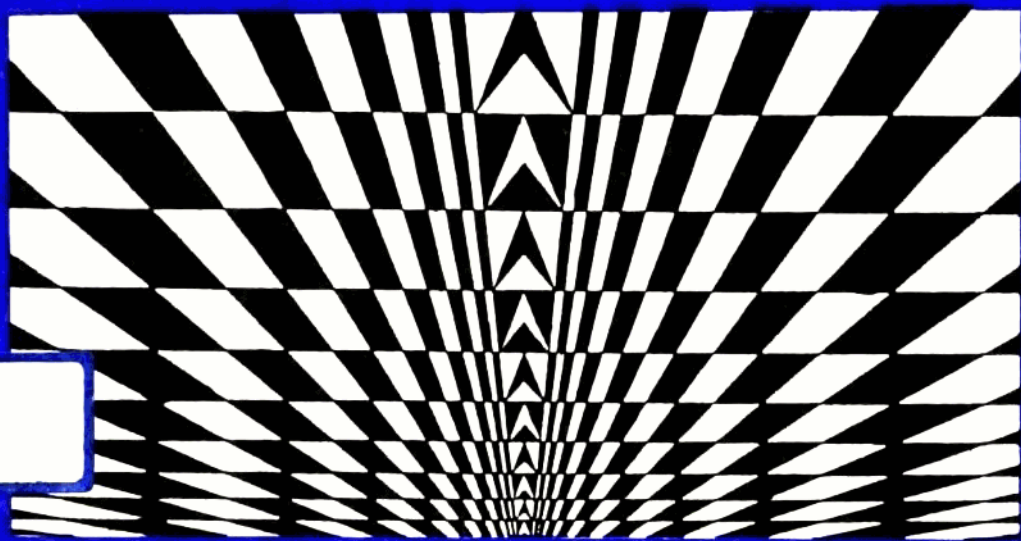
下 册

【荷兰】飞利浦工业有限公司 编著

王俊和 章浩平 译

张志军 审校

MOXI DIANZISHIJI 下册



2)

高等教育出版社

内 容 简 介

本书是荷兰飞利浦工业有限公司编著的职业技术培训教材,系联合国教科文组织向我国职业中学推荐的教材之一。

《模拟电子技术》分上、下二册。下册共14课,主要内容有:转换器电路、传感器电路、再生器电路、传送电路、存储器功能和混合电路等。本书内容以定性分析为主,突出实用性。

本书教学方式与我国传统方式有所不同,教学以学生自学为主,教师讲解为辅。每课开始有前课要点、本课内容介绍,课后有小结及自测题。课程内容由理论、练习、实验交替编排。通过不断地提问、练习使学生进入积极的学习过程,并通过反复复习可及时巩固学生所学知识。

本书可供中等职业技术学校电子电器专业教师、学生学习参考,也可供电子类企业职工培训部使用,还可供职业教育部门研究参考。

中等职业技术教育教学参考书

基础电子学教程

模 拟 电 子 技 术

下 册

〔荷兰〕飞利浦工业有限公司 编著

王俊和 章浩平 译

张志军 审校

高等教育出版社出版

新华书店总店北京科技发行所发行

文字六〇三厂印装

开本 787 × 1092 1/16 印张 17 字数 420 000

1991年9月第1版 1991年9月第1次印刷

印数 0 001—2 340

ISBN7-04-003540-5/TN·166

定价 5.15 元

译者的话

《基础电子学教程》是荷兰飞利浦工业公司编著的职业技术培训教材，系联合国教科文组织向我中等职业技术学校推荐的教材之一。其内容包括电工基础、元器件、模拟电子技术和数字电子技术四部分，每部分除教材外，还配有相应的教师用书。

本教程内容的选材针对性强，以定性分析为主，图文并茂，浅显易懂，并将有关的物理知识与电子学的基本内容融为一体，突出应用。理论、实验和练习交替编排，大大加强了实验，强调培养学生的动手能力，突出职业技能训练。教学方式以学生自学为主，教师只作必要的指导，一改传统的以教师讲授为主的教学方式，充分调动学生的学习积极性。书中还编入大量的练习题和自我测验，命题灵活、形式多样，避免繁琐的计算。

为了有利于我国职教部门和中等职业技术学校吸收国外职业教育的先进经验，我们在本教程第一部分——《电工基础》出版后，又翻译出版了《模拟电子技术》，以供有关方面借鉴参考。

《模拟电子技术》原书共3册，32课。译后将第一~十八课合订为上册，第十九~三十二课合订为下册。

在翻译过程中，我们尽量使译文保持原意，以不失原书的特色。对原书中的错误，我们一一加以改正。对原书中的斜体字，采用黑体排印。为了避免重复，对原书中的少数图表，作了适当删减。为了排印和阅读方便，对全书的图表进行了编号。

参加本册翻译的有王俊和(第十九~二十五课)、章浩平(第二十六~三十二课)。全书由张志军审校。

本书翻译过程中，得到北京148中学提供原版资料，特此表示感谢。

由于时间仓促，水平有限，译文难免有错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

译者

1991年3月

目 录

第十九课	转换器电路 I —— 只改变电信号波形而不改变电信号频率的转换器电路	1
第二十课	转换器电路 II —— 既改变电信号波形又改变电信号频率的转换器电路	23
第二十一课	复习三: 十三至二十课基本理论的复习	43
第二十二课	复习四: 十三至二十课测量方法复习	61
第二十三课	传感器电路	73
第二十四课	再生器电路	98
第二十五课	传送电路	120
第二十六课	存储器功能	142
第二十七课	混合电路 I —— 加法和减法电路	159
第二十八课	混合电路 II —— 特殊混合电路	178
第二十九课	系统 I —— 测量系统	195
第三十课	系统 II —— 收音机和磁带录音机	219
第三十一课	复习四: 二十三至三十课基本理论复习	238
第三十二课	复习五: 二十三至三十课测量方法复习	255

第十九课 转换器电路 I ——只改变电信号波形而不改变电信号频率的转换器电路

简介

前面讲述的“放大电路”和“衰减电路”对电信号进行处理的结果是只改变电信号的强弱，而不改变电信号的频率与波形。但也有些电路能够用来改变电信号的频率或波形，或者同时改变电信号的频率与波形。这样的电路称作转换器电路或简称为转换器。

这样的电路前面已提到过。

在第七课中，我们曾经见过斩波放大器的方框图(见图 19-1)。

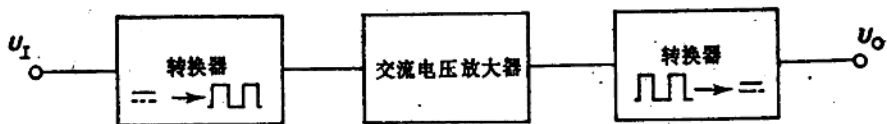


图 19-1

在第十八课中，我们曾经见过直流-直流转换器的方框图(见图 19-2)。

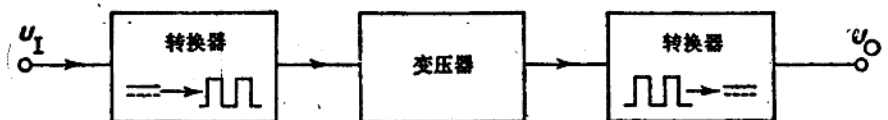


图 19-2

还有许多其他形式的转换器。在本课和下一课中，将要讨论几种常用的转换器，我们要了解这些常用转换器的特点及其应用。

转换器是信号处理系统的一部分

“转换”作用

“转换”就是改变电信号的波形或频率，或者既改变其波形又改变其频率。通常，转换器能够用带有输入端和输出端的方框来表示(见图 19-3)。将电信号加在其输入端，输出端就输出波形或频率与输入信号不同或者两者均发生改变的电信号。

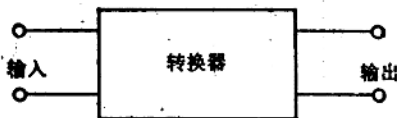


图 19-3

转换器的类型

转换器可以分成 3 种类型:

①只改变电信号波形,而不改变其频率的转换器(见图 19-4)。

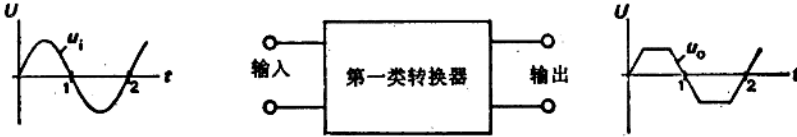


图 19-4

②只改变电信号频率,而不改变其波形的转换器(见图 19-5)。

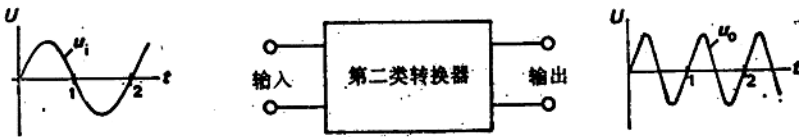


图 19-5

③既改变电信号频率又改变其波形的转换器(见图 19-6)。

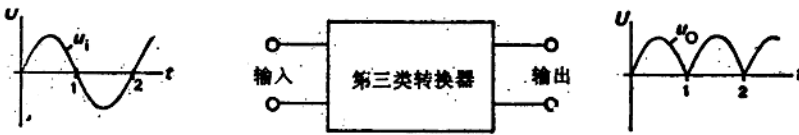


图 19-6

本课讨论第一类转换器,下一课讨论几种第二类和第三类转换器。

只改变电信号波形的转换器

本课讨论几种常见的第一类转换器,这些转换器在实际工作中常会遇到。

● 积分转换器(名称含义在后面再解释)

这种电路用来把矩形波电压转换成锯齿波电压(见图 19-7)。

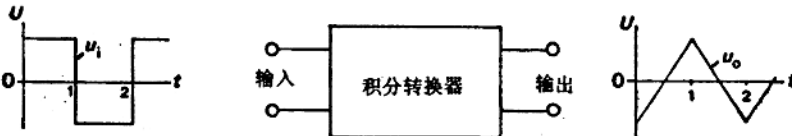


图 19-7

● 微分转换器(名称含义在后面再解释)

这种电路用来把矩形波电压转换成尖峰脉冲(见图 19-8)。

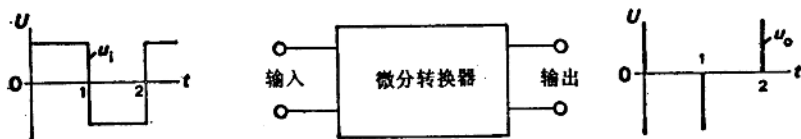


图 19-8

● 脉冲发生器

这种电路可以把任何波形的输入电压转换成矩形波电压(见图 19-9)。

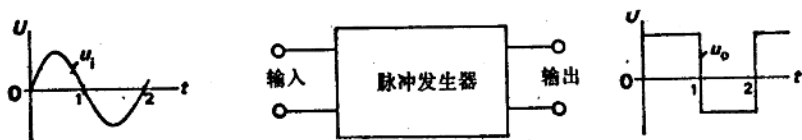


图 19-9

● 削波电路

输入信号经过此电路其波峰被削去(见图 19-10)。

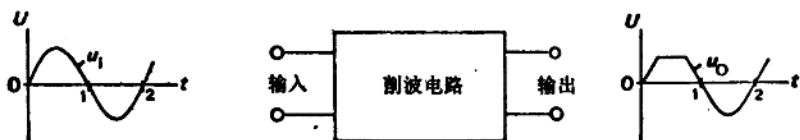


图 19-10

● 钳位电路

输入信号经过此电路其波峰被限制在一个给定的直流电平上(见图 19-11)。

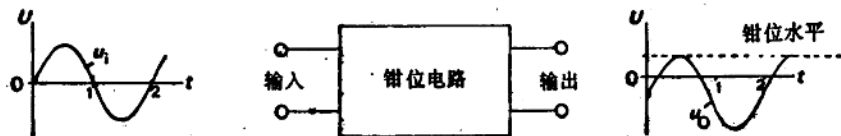


图 19-11

积分电路与微分电路介绍

电容的充放电是积分电路和微分电路的基础,下面来看一下电容充放电的规律。

A. 电容充电

把图 19-12(a)中的开关 S 接通 1 秒钟,将发生什么现象呢?

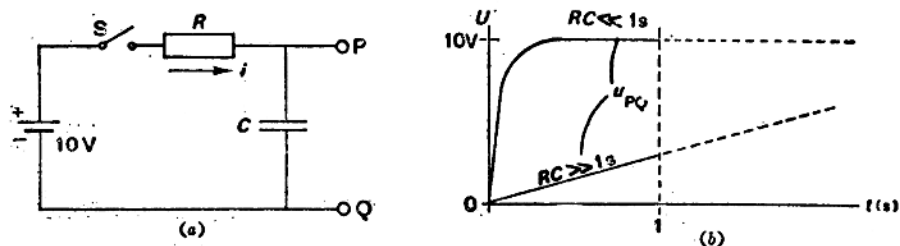


图 19-12

开关一接通, 电流经过电阻 R 给电容 C 充电, 电容的 P 端相对 Q 端形成正电位。电容电压的增长与电池电压(在本例中为 10V)、电阻值和电容量有关(与时间常数 RC 有关)。

(1) 当 $RC \ll 1\text{s}$ 时(例如 $R = 10\text{k}\Omega$, $C = 100\text{nF}$), 电容电压在不到 1 秒的时间内达到 10V , 电容电压 u_{PQ} 的增长情况如图 19-12(b) 所示。

(2) 当 $RC \gg 1\text{s}$ 时(例如 $R = 1\text{M}\Omega$, $C = 1000\mu\text{F}$), 电容电压在 1 秒钟内远远达不到 10V , 在这段时间里电容充电量很小, 这段充电曲线接近于直线[见图 19-12(b)]。

B. 电容放电

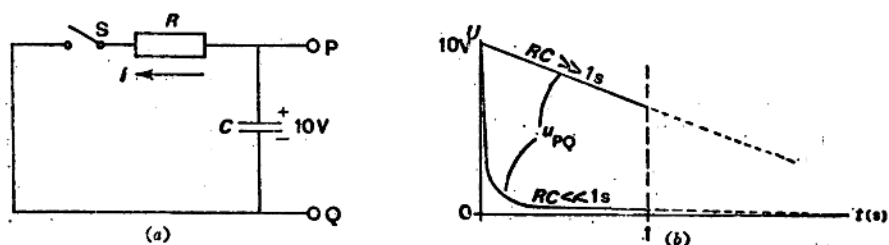


图 19-13

设图 19-13(a) 中的电容电压为 10V , 开关 S 接通 1 秒钟。

开关一接通, 电容就通过电阻 R 放电。电容电压的下降也与 RC 值有关。

(1) 当 $RC \ll 1\text{s}$ 时, 电容放电速度很快[见图 19-13(b)]。

(2) 当 $RC \gg 1\text{s}$ 时, 电容电压在 1 秒钟内下降很小, 这段放电曲线也基本上是一条直线[见图 19-13(b)]。

积分转换器

图 19-14(a) 是一个积分转换器。在这个电路中, $RC \gg T$ (T 是输入电压的周期)。

有关这个电路的一些基本知识前面已有所提及, 下面我们看一下这个电路怎样对矩形波输入电压进行处理。

● 矩形波输入电压可以看成是正、负交替变化的直流电压。

● 在点 A 电位相对于点 P 为正的这段时间 t_1 , 电流经过电阻 R 给电容充电。由于 $RC \gg t_1$, 与 $U_{(a,p)}$ 相比, $U_{(b,p)}$ 很小, 电压增长曲线趋于直线[见图 19-14(b)]。

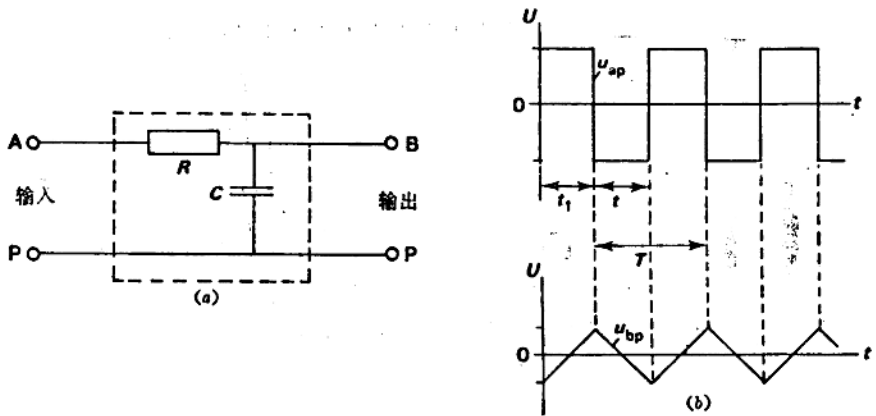


图 19-14

● 在点 P 电位相对于点 A 为正的这段时间 t_2 , 电容 C 放电至 $U_{bp} = 0$, 然后反向充电。由于 $RC \gg t_2$, 电压下降曲线也趋于直线[见图 19-14(b)]。

结论 (1) 经过积分转换器, 输出电压的波形发生变化, 但频率不变。

(2) 经过积分转换器, 输出电压的峰值远小于输入电压的峰值。

(3) 虽然输入信号的值变化很快, 但输出信号的值变化不快, 这是积分转换器的一个特征。经过积分转换器, 输入信号值的快速变化被平缓下来。从这个意义上说, “积分”意思是: 使平缓, 降低差异, 使光滑。

实验一: 积分转换器的测量

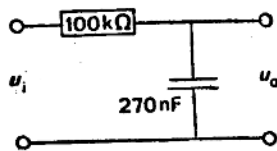


图 19-15

(1) 在实验板上安装图 19-15 所示电路。

(2) 在这个积分器中, 时间常数

$$RC = \text{ms}$$

(3) 输入矩形波电压, 将幅值调到 5 V, 频率调到约 1 kHz。我们可以看到积分器的时间常数 RC 与输入电压的周期 T 相比 大得多 / 小得多 / 相同。

(4) 用双踪示波器(置于“交流”处)显示输入电压与输出电压。

(5) 画出输出电压变化曲线(画在图 19-16 上)。

- (6) 输出电压的峰-峰值
 (7) 输出电压 U_o 的频率

$$U_{opp} = \text{---} \text{ mV}$$

$$f = \text{---} \text{ kHz}$$

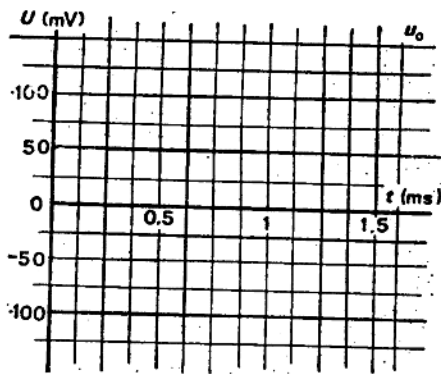


图 19-16

注意: 实验表明, 积分器把矩形波电压转换为锯齿波电压。在实际中, 用锯齿波电压来测量使放大器饱和的输入电压, 比用矩形波电压或正弦波电压好, 这是由于_____。

实验一中积分器的输出信号

在上述实验中, 我们看到积分器把矩形波电压转换为锯齿波电压, 输出电压的频率与输入电压的频率是相同的, 但输出电压的峰-峰值比输入电压的峰-峰值小得多。

下面计算实验一中积分器的输出电压[见图 19-17(a)]。

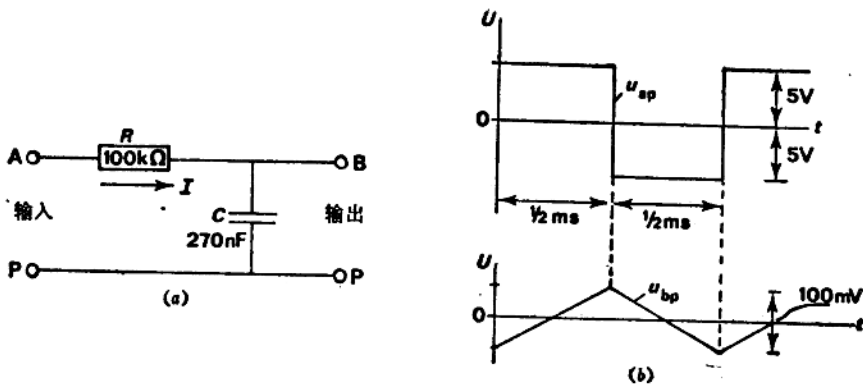


图 19-17

由于 $U_{(ap)p} \gg U_{(bp)p}$, 充电电流实际上是一个常数, 可用下式计算:

$$I \approx \frac{U_{(ap)p}}{R}$$

● 当点 A 的电位相对于点 P 为正 5 V 时:

$$I = \frac{5 \text{ V}}{100 \text{ k}\Omega} = 50 \text{ }\mu\text{A}$$

在 $\frac{1}{2}$ ms 时间中, 电容充电量为

$$Q = It = 50 \mu\text{A} \times 0.5 \text{ ms} = 25 \times 10^{-9} \text{ C}$$

电容电压增长为

$$U_{(BP)pp} = \frac{Q}{C} = \frac{25 \times 10^{-9}}{270 \times 10^{-9}} \approx 0.1 \text{ V} = 100 \text{ mV}$$

● 当点 A 的电位相对于点 P 为负 5 V 时, 与前面情况相反, 电容电压下降 100 mV [见图 19-17(b)].

● 电容电压 U_{BP} 的峰-峰值约为 100 mV (请与前面的测量值进行比较)。

练习一

给上述积分器加上一个频率为 2 kHz, 峰-峰值为 20 V 的矩形波电压。输出电压的峰-峰值 $U_{opp} \approx$ ___ mV

微分转换器

图 19-18(a) 是一个常用的微分转换器。在这个电路中, $RC \ll T$ (T 是输入电压的周期)。

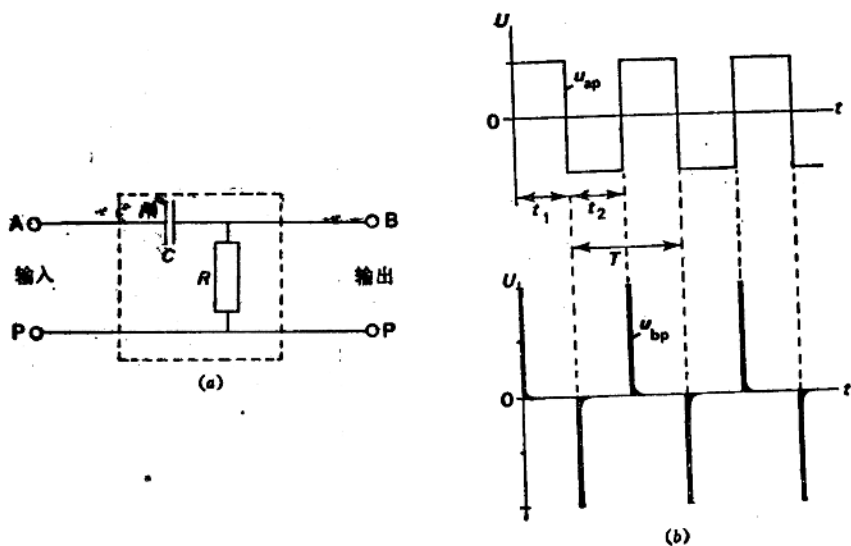


图 19-18

在这个电路的输入端加上矩形波电压 U_{ap} , 利用前面所学的知识我们可以知道输出电压 u_{op} 的波形[如图 19-18(b)所示]。

● 矩形波输入电压可以看成是周期性地从正到负跳变的直流电压。

● 在点 A 的电位相对于点 P 突然为正的瞬间, 电阻两端的电压也随之发生变化, 而电容两端的电压不能发生跳变。由于 $RC \ll t_1$, 电容很快充电到 $U_{(ap)P}$, 电阻上的电压变为零。

● 在点 P 的电位相对于点 A 突然为正的瞬间, 电阻两端的电压也随之发生变化。由于 $RC \ll t_2$, 电容迅速放电, 接着反向充电到 $U_{(ap)P}$, 电阻上的电压再一次变为零。

结论 (1) 输出电压 u_{op} 的波形不同于输入电压 u_{ap} 的波形, 但频率相同。

(2) 输出电压是从输入电压的垂直部分得到的。

(3) 微分器是在输入电压迅速变化时导通, 输入电压不变(直流)时截止, 这是微分转换器的一个特征。从这个意义上说, “微分”的意思是: 产生差别, 使分离。

实验二: 微分转换器的测量

(1) 在实验板上安装图 19-19 所示的电路。

(2) 在这个微分器中, 时间常数 $RC = \underline{\hspace{2cm}} \text{ms}$

(3) 在输入端加上矩形波电压, 将其幅值调至 5 V, 频率调至约 1 kHz。可见微分器的 RC 与输入电压的周期 T 相比 大得多 / 小得多 / 相同。

(4) 用双踪示波器(置于“交流”处)显示输入电压与输出电压。

(5) 画出输出电压变化曲线(画在图 19-20 上)。

(6) 输出电压的峰-峰值 $U_{opp} = \underline{\hspace{2cm}} \text{V}$

(7) 输出电压 u_o 的频率 $f = \underline{\hspace{2cm}} \text{kHz}$

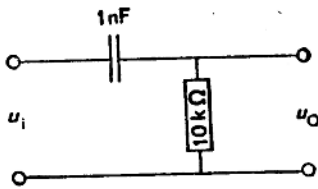


图 19-19

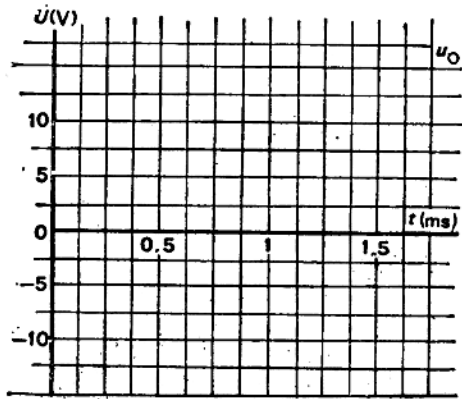


图 19-20

注意: 实验表明, 微分器可以提供尖峰脉冲。这种尖峰脉冲尤其适于作电子电路的定时

信号,示波器中的时基触发信号就是一个例子,它是由微分脉冲产生的。数字电路的开与关也常常需要短陡沿脉冲。

实验二中微分器的输出信号

在前面的实验中,我们看到微分器把矩形波电压变为尖峰脉冲。输出电压与输入电压频率相同,而输出电压的峰-峰值比输入电压的峰-峰值高得多。那么,实验二中微分器的输出电压是多大呢?

输入电压 u_{ap} 的峰-峰值是 $10V$, 换句话说,输入信号电压跳变 $10V$ (见图 19-21)。

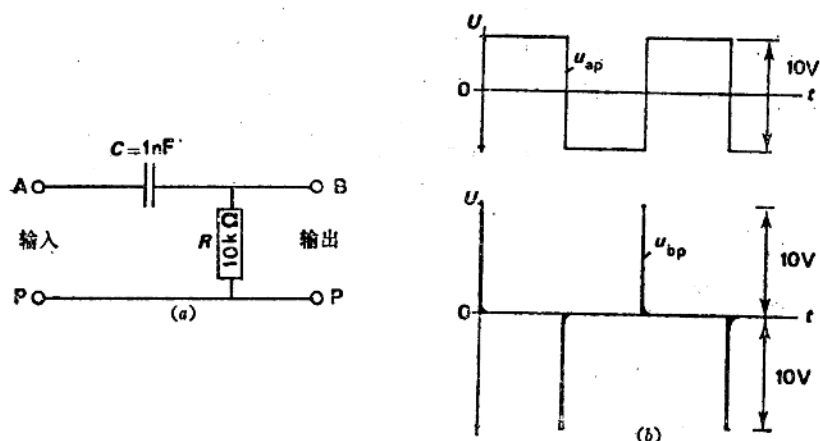


图 19-21

- ① 当输入电压 u_{ap} 从 $-5V$ 跳变到 $+5V$ 时,输出端产生一个正 $10V$ 的电压尖峰。
- ② 当输入电压 u_{ap} 从 $+5V$ 跳变为 $-5V$ 时,输出端产生一个负 $10V$ 的电压尖峰。
- ③ 因此,输出电压 u_{bp} 的峰-峰值为 $2 \times 10V = 20V$ (请与测量值进行比较)。

练习二

图 19-22 上的 u_i 为微分转换器的输入电压,请画出输出电压曲线。

结论: 积分转换器使变化迅速的输入信号变得平滑 (见图 19-23)。

原理: 电容两端的电压不能“跳变”,因此输出电压 u_o 不能跳变。

④ 微分转换器能够通过变化迅速的输入信号,并且几乎不产生任何衰减 (见图 19-24)。

原理: 由于电容两端的电压不能“跳变”,输入电压的跳变发生在电阻两端,因此输出电压发生跳变。

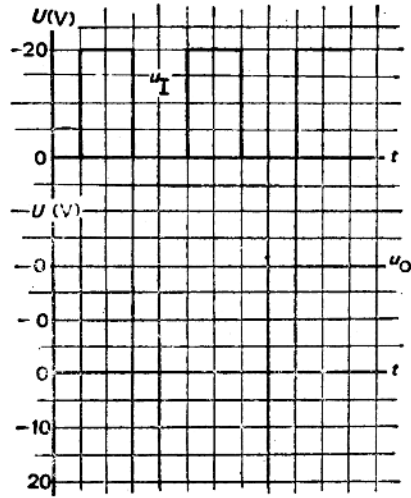


图 19-22

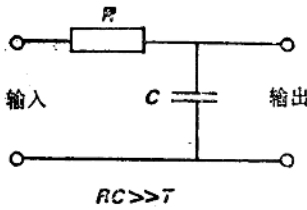


图 19-23

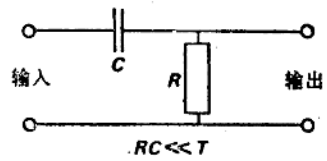


图 19-24

练习三

1. 从电学理论可知,通过线圈的电流的大小不能“跳变”,所以图 19-25 所示电路的输出电压不能跳变,因而这个电路是一个 积分转换器 / 微分转换器。

2. 在图 19-26 所示电路中,由于通过线圈的电流的大小不能“跳变”,电阻 R 两端的电压也就不能跳变,因此变化迅速的输入电压就在线圈两端产生电压跳变,因而这个电路是一个 积分转换器 / 微分转换器。

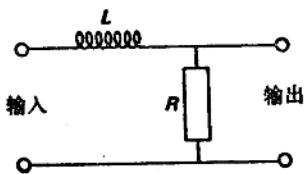


图 19-25

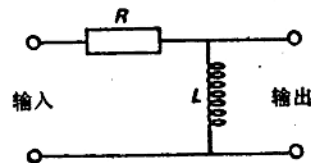


图 19-26

脉冲发生器

脉冲发生器是一个能把任何波形的输入电压转换成矩形波电压的电路。图 19-27 所示电路是进行这种转换的一个典型的电路,我们称之为施密特触发器。

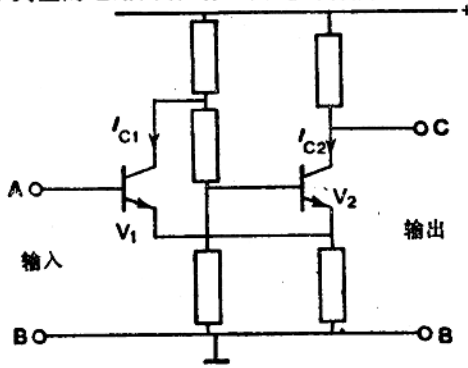


图 19-27

这个电路含有两个晶体管,当其中一支管子导通时,另一支管子截止,在此我们不解释这种情形发生的原因(在数字技术课再作解释),而仅讨论这个电路的作用。

如果输入端短路($u_{ab} = 0$),管子 V_1 截止, V_2 导通,那么输出电压 u_{CB} 就低。

假设在输入端加上一个正弦波电压(见图 19-28),在这个电压达到 u_{ab1} 的瞬间, V_1 突然

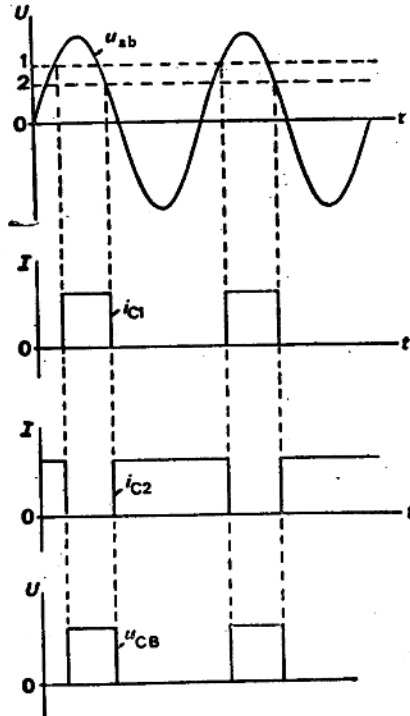


图 19-28

导通, V_2 突然截止, 那么输出电压高, 并持续到输入电压降至 u_{a12} 以下为止, 然后回到初始状态: 管子 V_1 截止, V_2 导通, u_{CB} 低。

在输入电压的下一个周期中, 重复上述过程。结果, 正弦波电压被变成了具有确定振幅的矩形波电压。

施密特触发器输入端的电压不要求一定是正弦波, 可以是任何波形, 但要求输入电压必须高达 u_{a11}/u_{a12} 。

脉冲发生器的应用

在实际中经常会用到脉冲发生器, 让我们看两个实例。

例一:

我们想由正弦波电压获得一组尖峰信号, 这些尖峰信号用来控制电路或机械。这样的尖峰信号可以通过微分电路获得, 但是微分器输入端的电压必须是矩形波。我们给脉冲发生器输入正弦波, 脉冲发生器就给微分器提供矩形波(见图 19-29)。

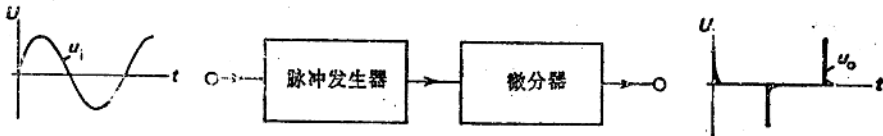
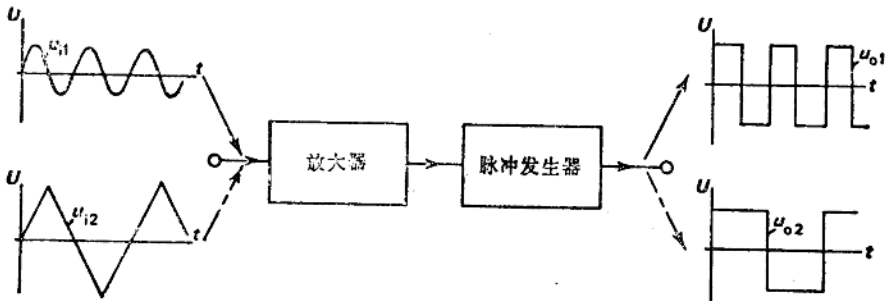


图 19-29

例二:

我们想知道一个交流电压的频率, 这个电压可以具有任意频率、任意幅值、任意波形, 这时, 需要使用频率表。对它的要求是, 无论输入信号的幅度、波形如何, 频率表必须精确地指示其频率。为此, 频率表的输入端通常由一个放大器和一个脉冲发生器组成。放大器的作用是确保输入信号的幅值足够高, 以驱动脉冲发生器。脉冲发生器使任何交流电压转换成“标准矩形波电压”, 这些“标准矩形波电压”只是在频率上可能不同(见图 19-30)。



不同频率、幅值、波形的输入信号

仅频率不同的输出信号

图 19-30

削波电路

削波的意思是去掉电信号的波峰。图 19-31 所示为二极管半波削波器（名称含义将在后面再解释）。电阻 R 与二极管 V 形成一个分压器。为方便起见，我们假设正极电压为零或大于零时，二极管导通且其电阻为 0 。在截止方向，其电阻为 ∞ 。

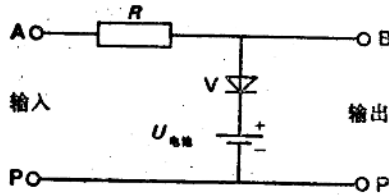


图 19-31

作为例子，我们给输入端加上正弦波电压 u_{ap} 。只要 u_{ap} 低于电池电压 $U_{\text{电池}}$ ，二极管截止 ($R_V = \infty$)，那么输出电压为 u_{ap} 。

u_{ap} 升高到 $U_{\text{电池}}$ 以上时，二极管就导通 ($R_V = 0$)，那么输出电压 $u_{ap} = U_{\text{电池}}$ 。

这样产生的输出电压就被削掉了正波峰，波峰被削掉多少取决于电池电压 $U_{\text{电池}}$ (见图 19-32)。

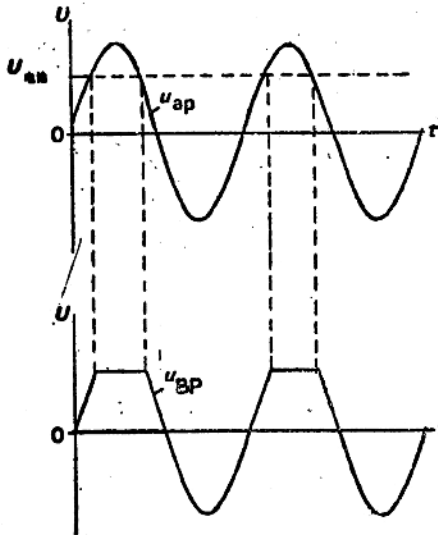


图 19-32

有的削波电路，可以削去正、负波峰。这样的电路被称作全波削波器。练习之后，我们就对这样的削波器进行实验。