



波形产生电路的设计

汤雪娇 tangxuejiao@seu.edu.cn

◀◆实验目的与任务

◀◆相关知识点

◀◆实验内容

◀◆预习要求

实验目的与任务



- 1. 掌握矩形波产生电路的基本结构和工作原理
- 2. 掌握波形产生电路的输出幅度、周期等测量方式
- 3. 掌握矩形波产生电路的设计调试方式

实验目的与任务



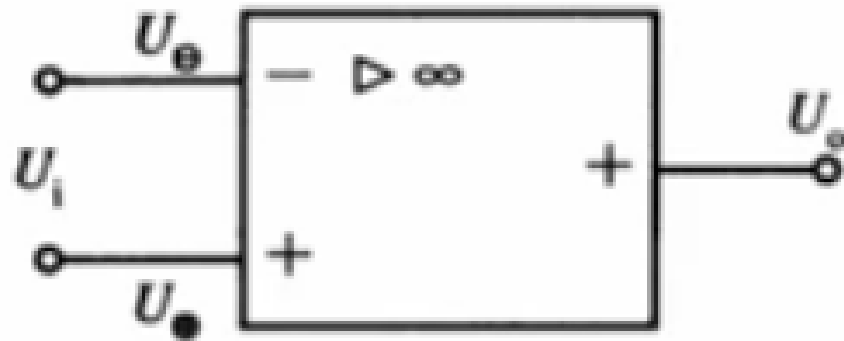
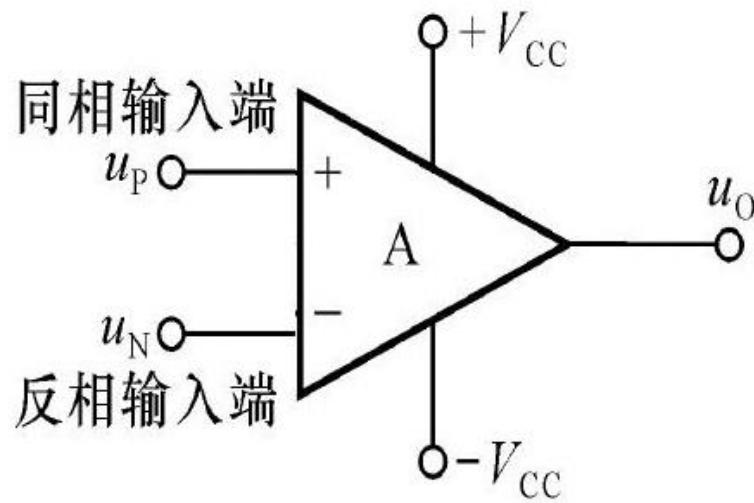
- 设计一个频率为1.6KHz、高低电平电压分别为+7V、-7V的方波信号 U_{01} ，然后再设计一个电路实现方波-三角波波形转换

参考： (1) 方波发生器；（参见教材中实验十五）
(2) 积分器；（参见教材中实验十三）

- ◀◆实验目的
- ◀◆相关知识**点**
- ◀◆实验内容
- ◀◆预习要求

1. 运算放大器

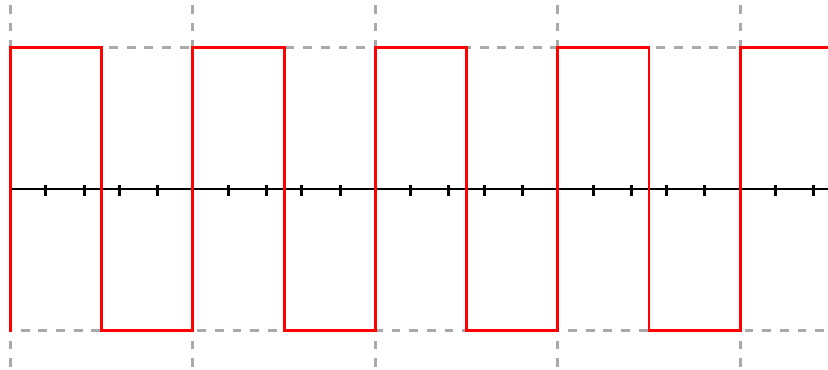
- 运算放大器，简称运放，是模拟电子电路中应用很广泛的器件，如常用的 $\mu A741$ 单运放，LM324四运放等。
- 运放的电路符号在欧美等国用的是三角形的符号，我国的国标符号是一个方形，同相、反相输入端分别有+、-号。



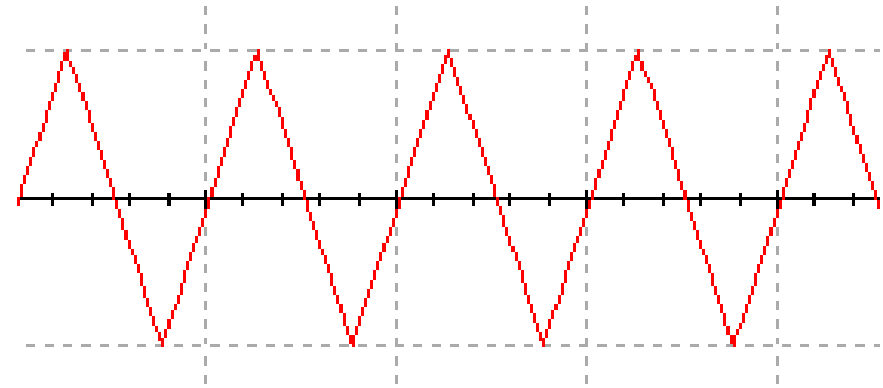
2. 方波产生电路



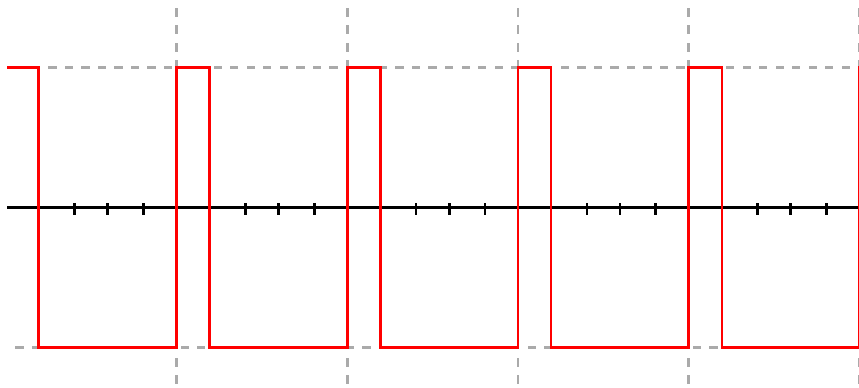
在工程实践中，经常用到各种不同类型的信号波形



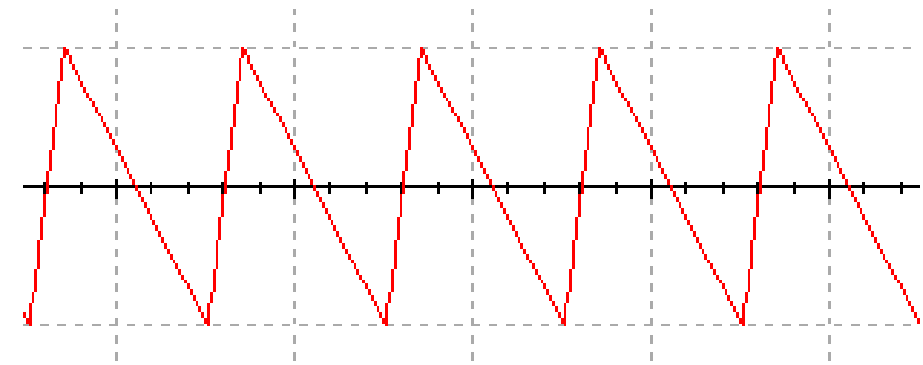
方波



三角波



矩形波

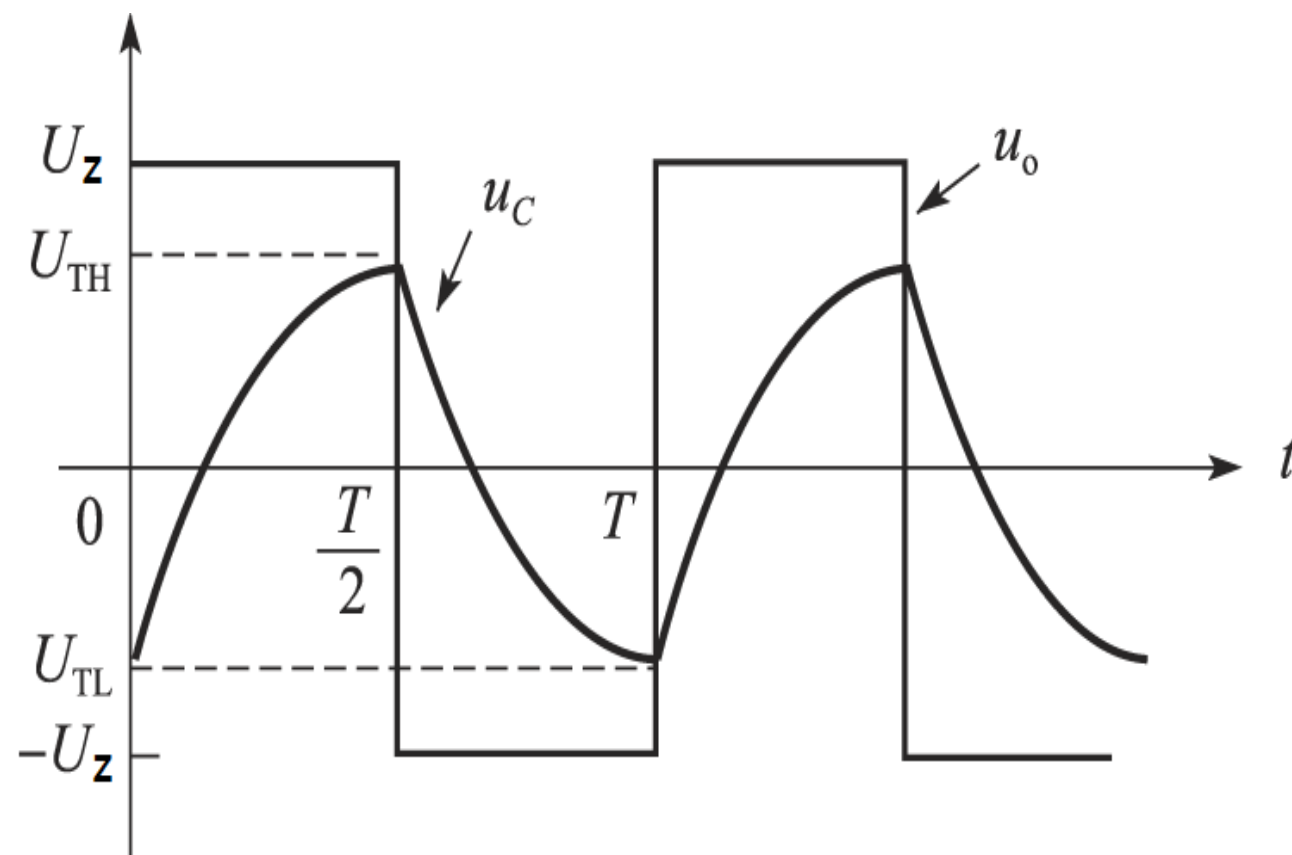
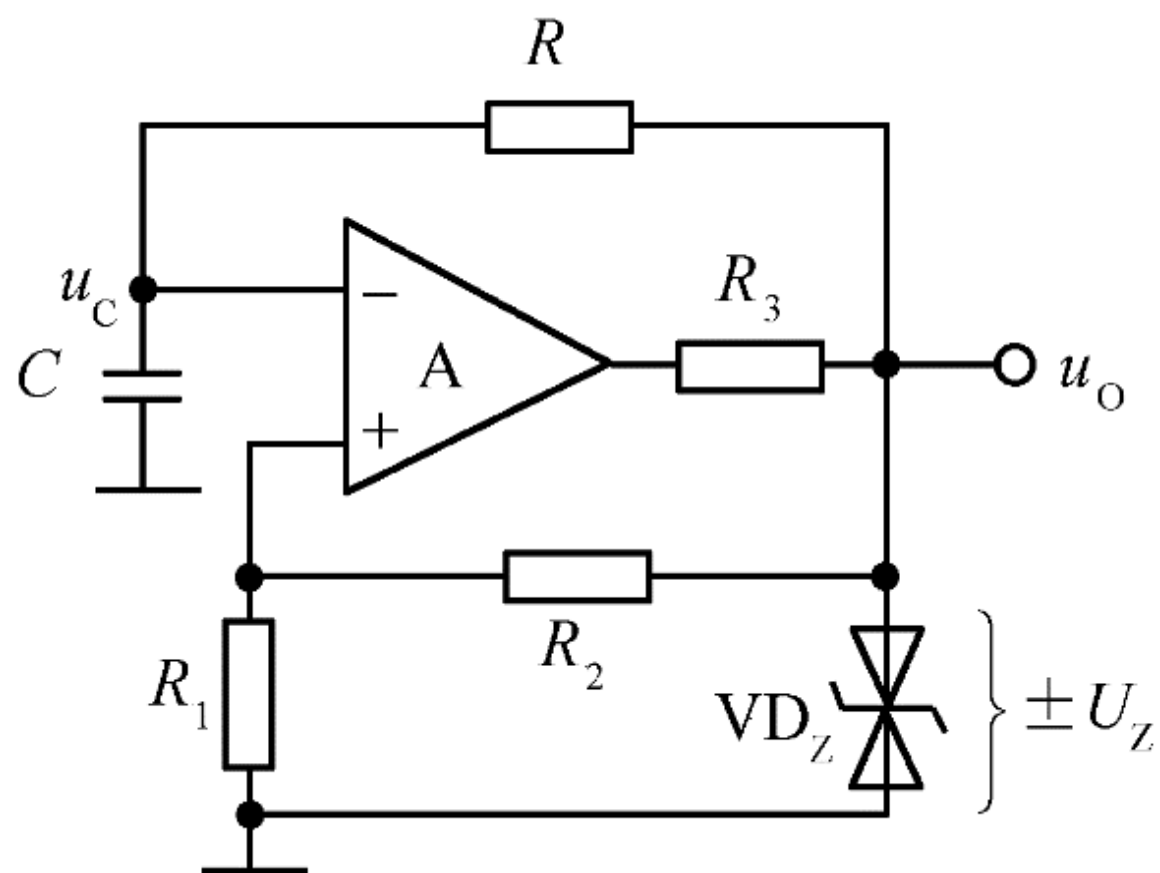


锯齿波

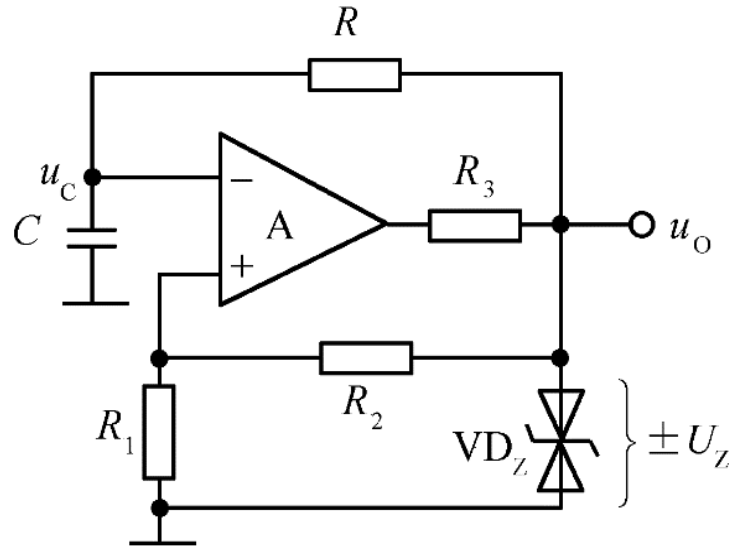
2. 方波产生电路



利用运放可以构成的方波产生电路：



2. 方波产生电路

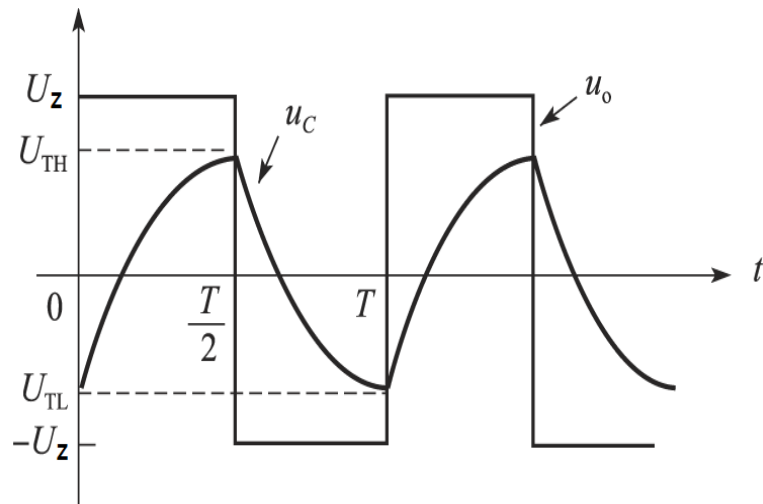


①运放工作在非线性区，其输出端电压为 $+U_Z$ 或 $-U_Z$

②输出端电压为 $+U_Z$ 时

$$u_+ = +U_Z \frac{R_1}{R_1 + R_2} = U_{TH}$$

通过电阻R对电容C充电，使C两端电压按指数规律上升，当电容电压升高到同相端参考电压 U_{TH} 时，比较器输出将发生翻转，输出产生负跳变



③输出端电压为 $-U_Z$ 时

$$u_+ = -U_Z \frac{R_1}{R_1 + R_2} = U_{TL}$$

通过电阻R对电容C反向充电，使C两端电压按指数规律下降，当电压下降到同相端参考电压 U_{TL} 时，比较器输出将发生翻转，输出产生正跳变

2. 方波产生电路

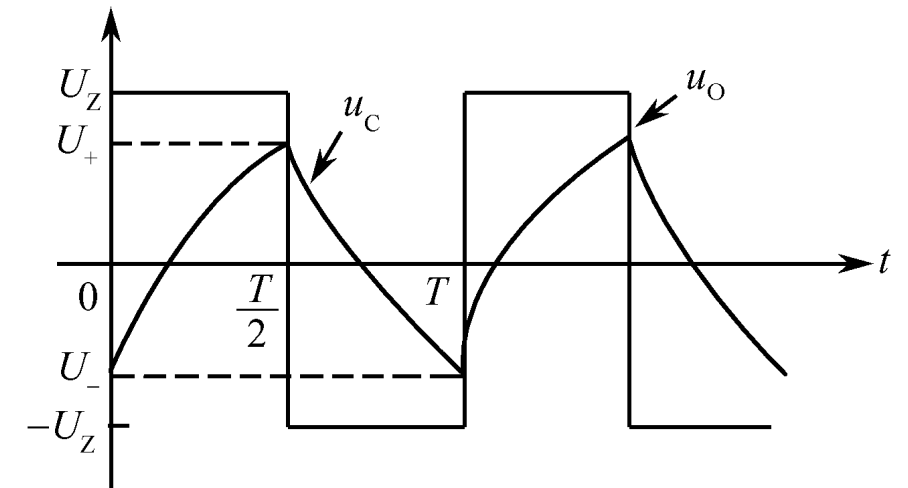
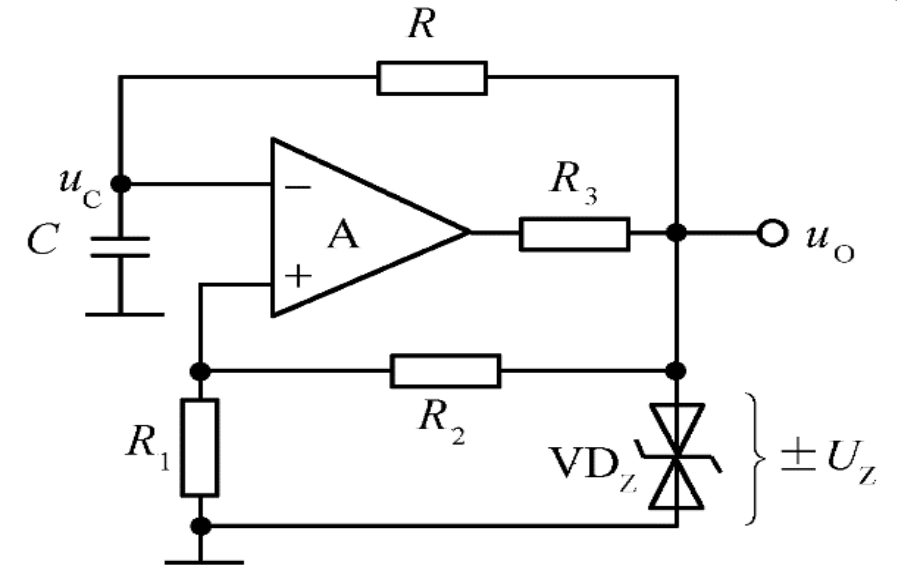
方波的周期为：

$$T = 2RC \ln\left(1 + 2\frac{R_1}{R_2}\right)$$

$\tau = RC$ 时间常数

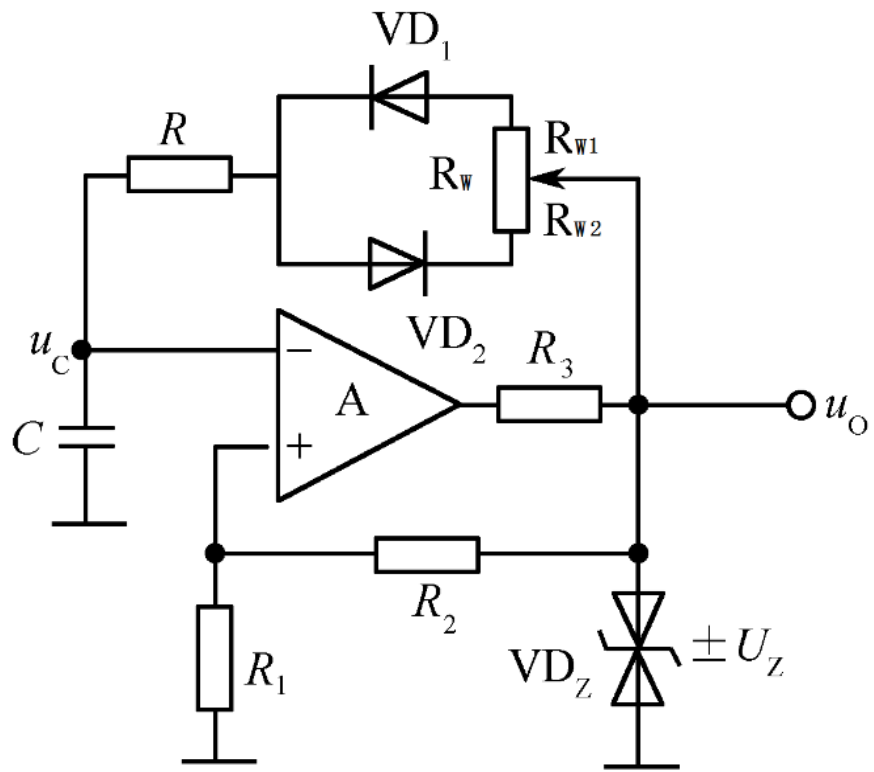
方波的频率为：

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2RC \ln\left(1 + 2\frac{R_1}{R_2}\right)}$$



2. 方波产生电路

● 占空比可调矩形波产生电路



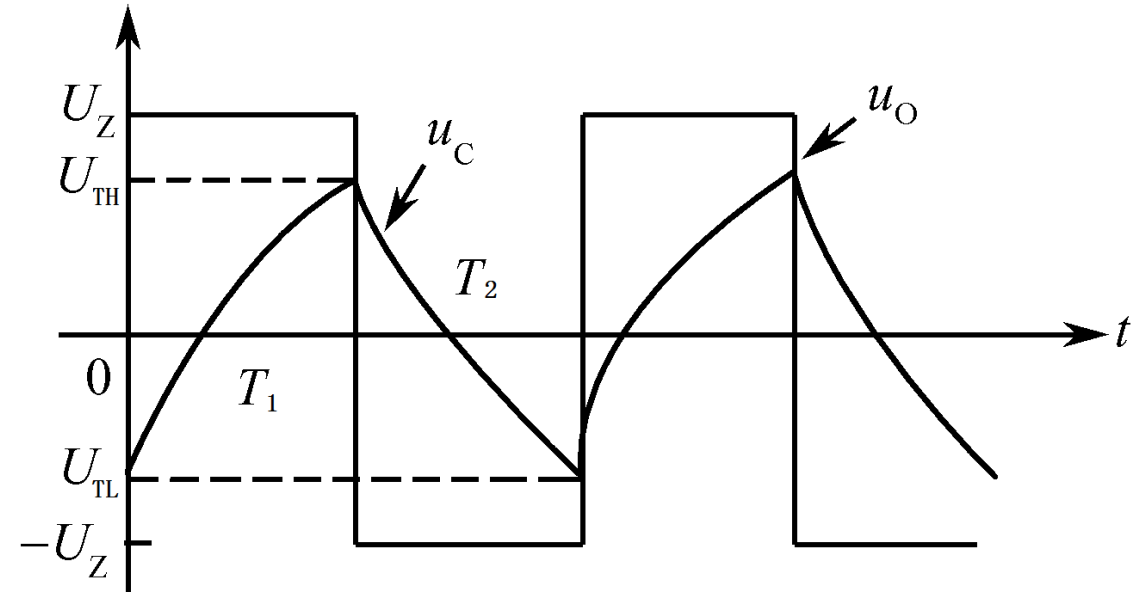
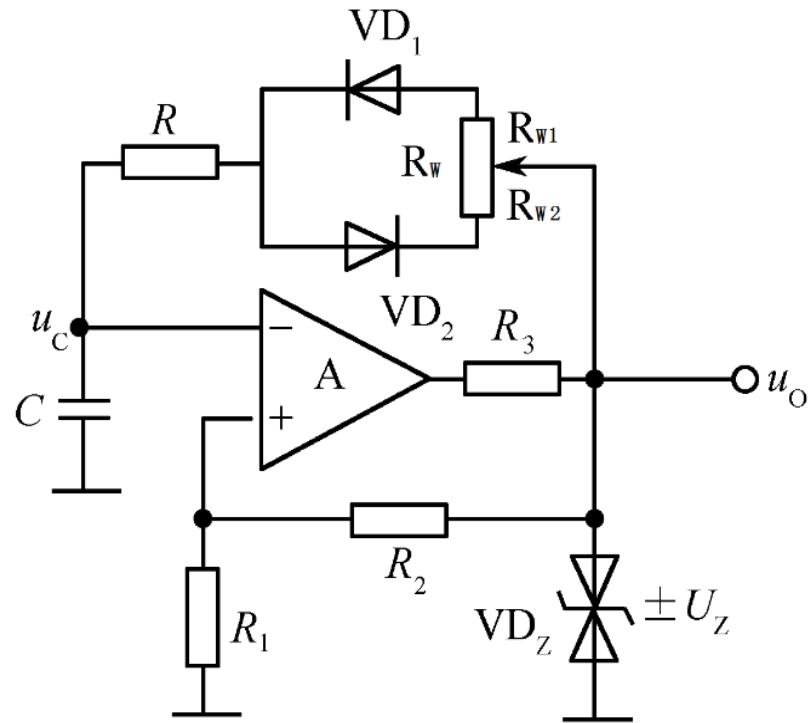
① 当 U_O 为 $+U_Z$ 时，二极管 VD_1 导通， VD_2 截止，电容 C 充电的时间常数为：

$$\tau_1 = (R_{W1} + R_{D1} + R)C$$

② 当 U_O 为 $-U_Z$ 时，二极管 VD_2 导通， VD_1 截止，电容 C 放电的时间常数为：

$$\tau_2 = (R_{W2} + R_{D2} + R)C$$

2. 方波产生电路



$$T_1 = \tau_1 \ln(1 + 2 \frac{R_1}{R_2})$$

$$T_2 = \tau_2 \ln(1 + 2 \frac{R_1}{R_2})$$

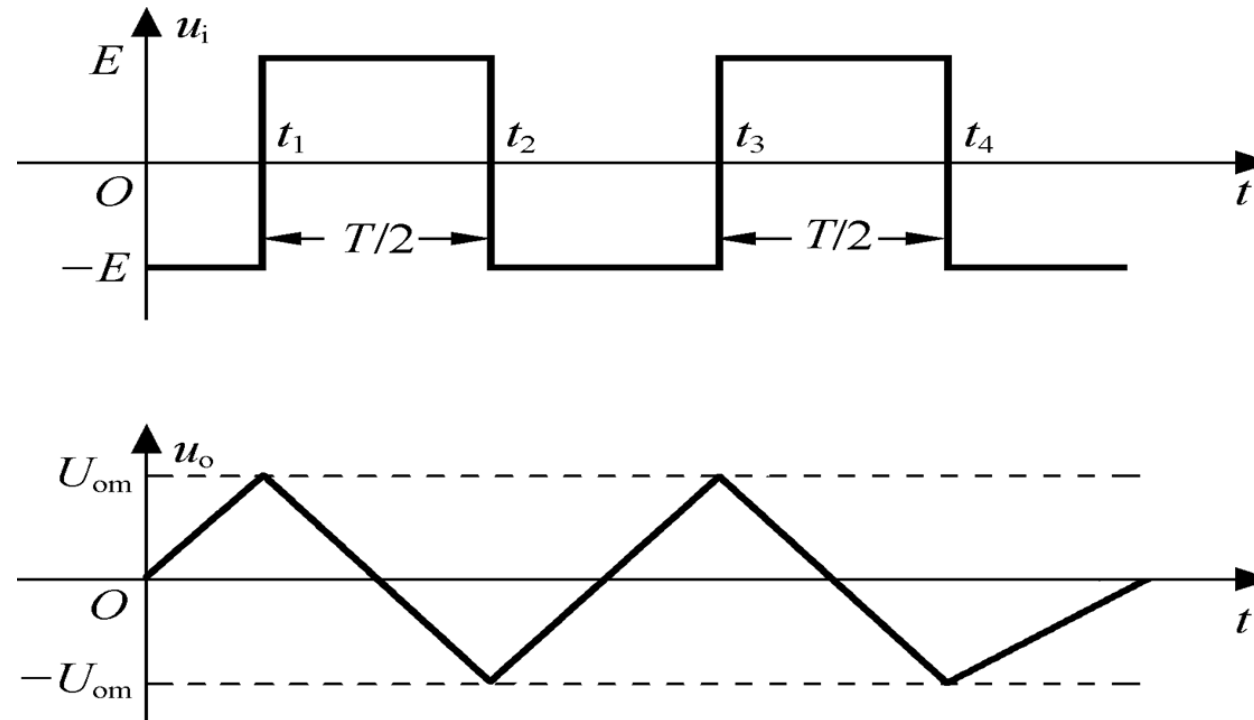
周期 $T = (T_1 + T_2) = (\tau_1 + \tau_2) \ln(1 + 2 \frac{R_1}{R_2}) = (R_w + R_{D1} + R_{D2} + 2R)C \ln(1 + 2 \frac{R_1}{R_2})$

占空比 $D = \frac{T_1}{T} = \frac{R_{w1} + R_{D1} + R}{R_w + R_{D1} + R_{D2} + 2R}$

3. 积分电路



- 积分电路是运算放大器的一个基本运用，除了完成对应的积分运算外，在很多场合可以用来完成波形之间的变换，比如由方波变成脉冲波，由方波变成三角波等。

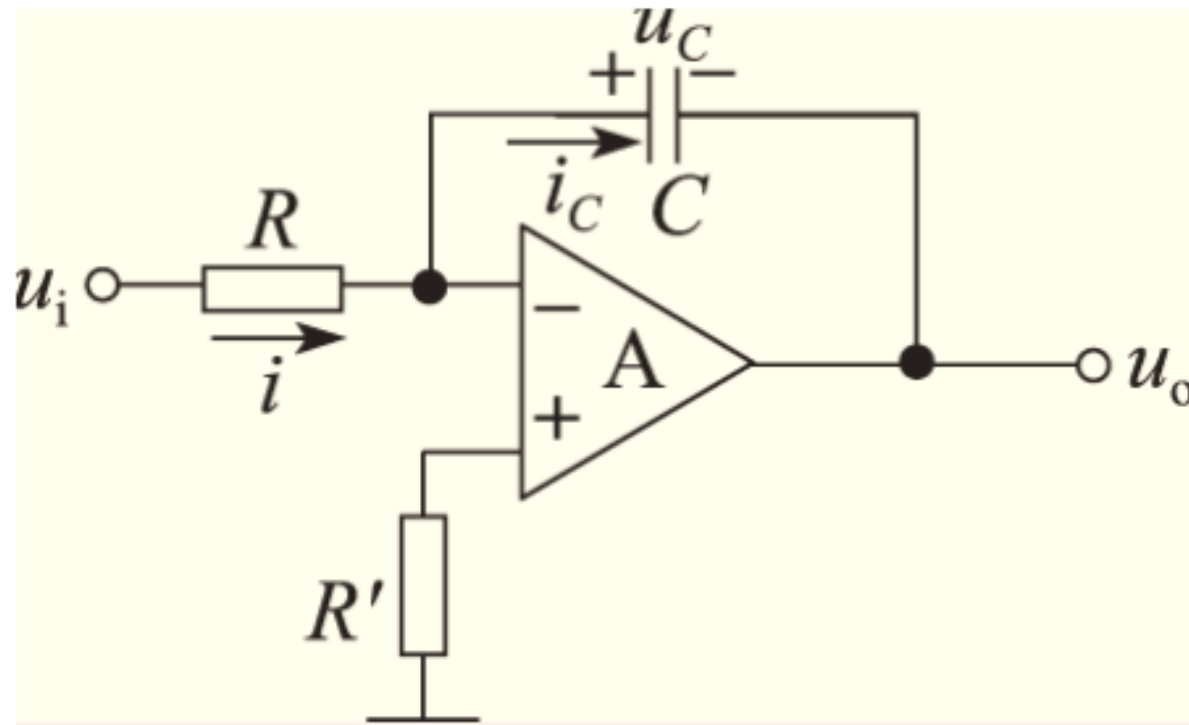


基本积分电路的积分波形

3. 积分电路



积分电路的基本结构：



$$u_C = \frac{1}{C} \int i_C dt$$

根据虚地有 $i = \frac{u_i}{R}$ ，于是

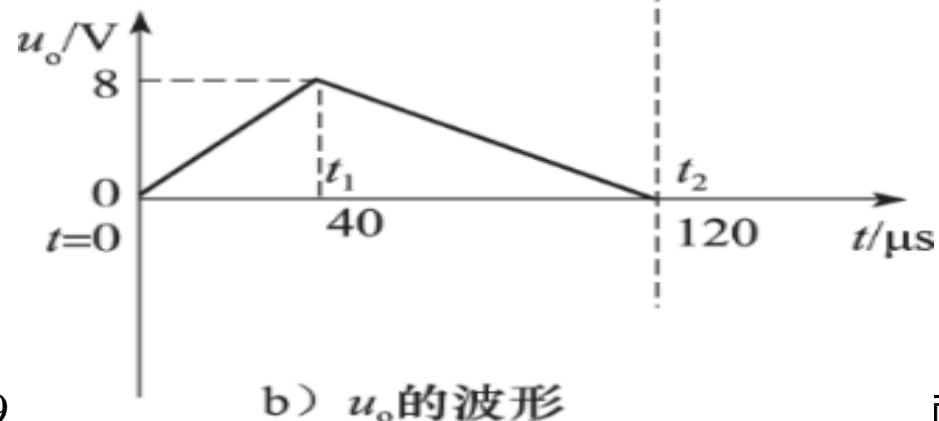
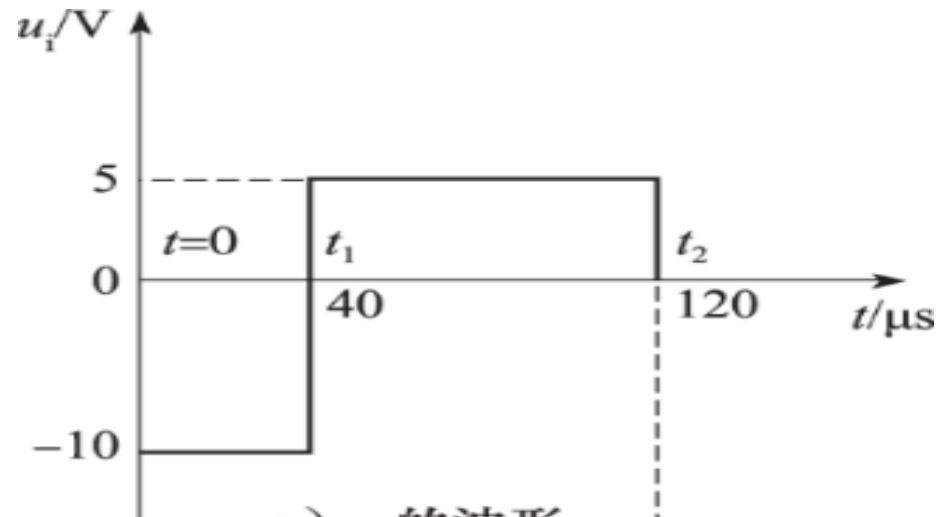
$$u_O = -u_C = -\frac{1}{C} \int i_C dt$$

$$= -\frac{1}{RC} \int u_i dt$$

3. 积分电路

当输入信号是直流电压E时

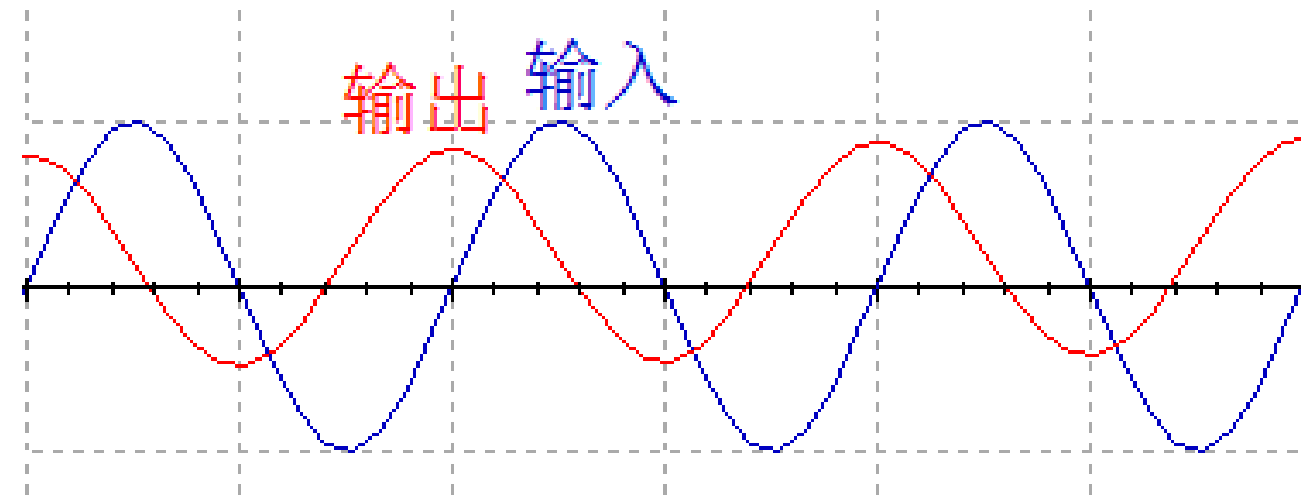
$$u_o = -u_c = -\frac{1}{RC} \int u_i dt = -\frac{E}{RC} t$$



当输入信号是正弦波时

$$u_i = U_{im} \sin \omega t$$

$$u_o = -u_c = -\frac{1}{RC} \int u_i dt = \frac{U_{im}}{\omega RC} \cos \omega t$$

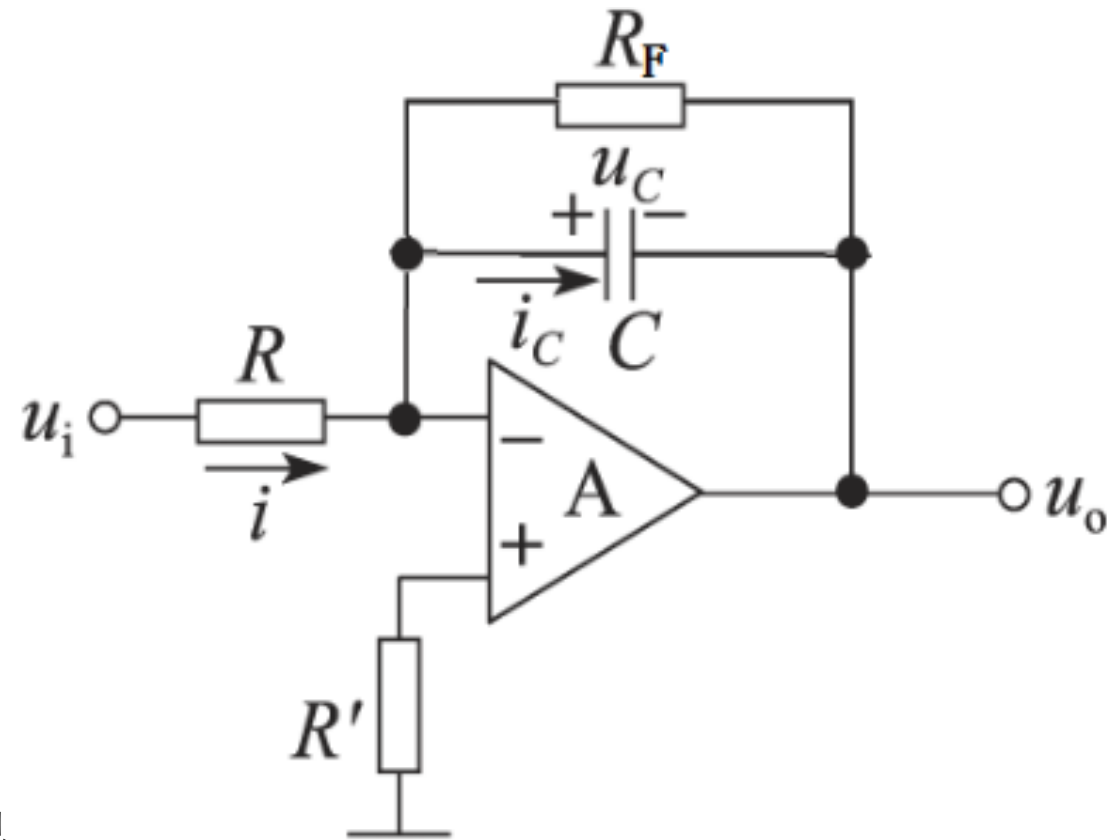


3. 积分电路

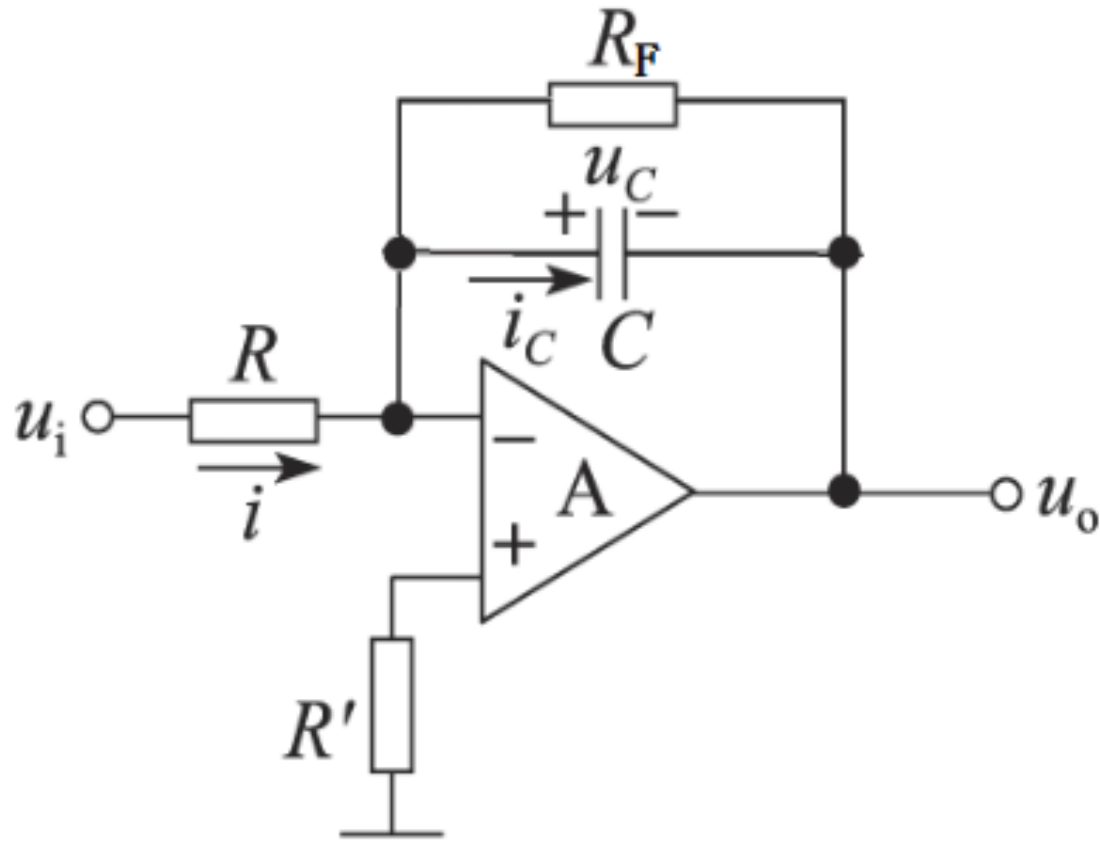


实际电路中，通常在积分电容两端会并接反馈电阻 R_F ，用作直流负反馈，目的是减少集成运算放大器输出端的直流漂移。

反馈电阻的存在将影响积分器的线性关系，为了改善线性关系，反馈电阻一般不宜太小，当然太大对抑制直流漂移不利，因此反馈电阻因取适中值。



3. 积分电路



- 输入电阻 $R_i=R$ ，因此希望 R 的值大一些。在 R 的值满足输入电阻要求的条件下，一般选择较大的 C 值，而且 C 的值不能大于 $1\mu\text{F}$
- R_F 为反馈电阻，为了防止因 C 长时间充电导致运放饱和，一般取 $R_F=10R$

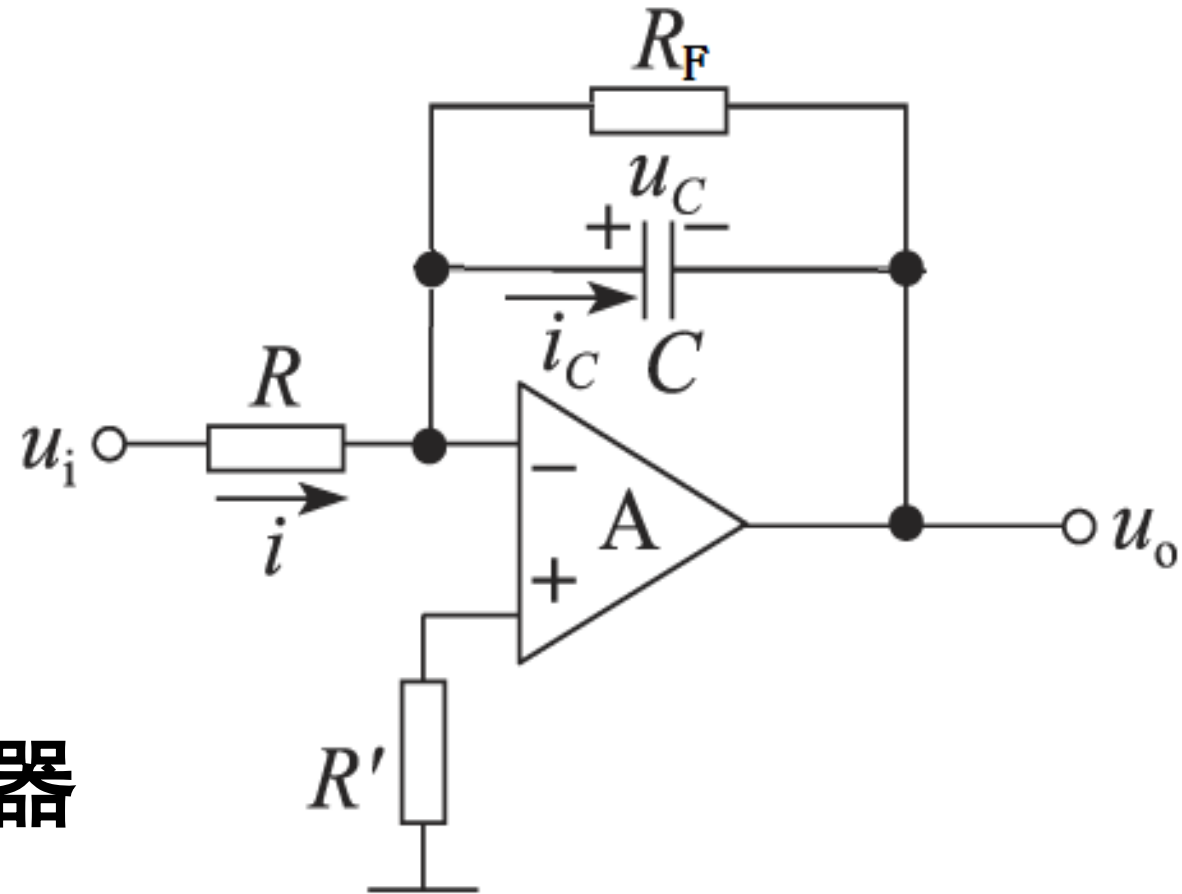
3. 积分电路



$$f_c = \frac{1}{2\pi R_F C}$$

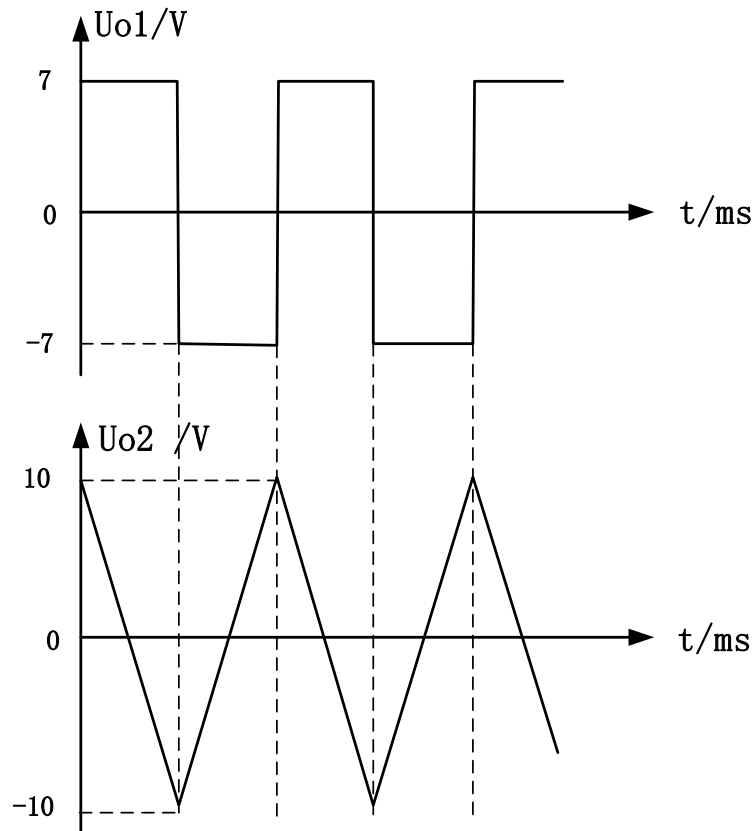
当 $f \gg f_c$ 时为**积分器**

当 $f \ll f_c$ 时为反相比例放大器



- ◀◆实验目的
- ◀◆相关知识点
- ◀◆**实验内容**
- ◀◆预习要求

- 设计一个频率为1.6KHz、高低电平电压分别为 +7V、-7V的方波信号 U_{01} ，然后再设计一个电路实现图4.1所示 U_{01} - U_{02} 波形转换。

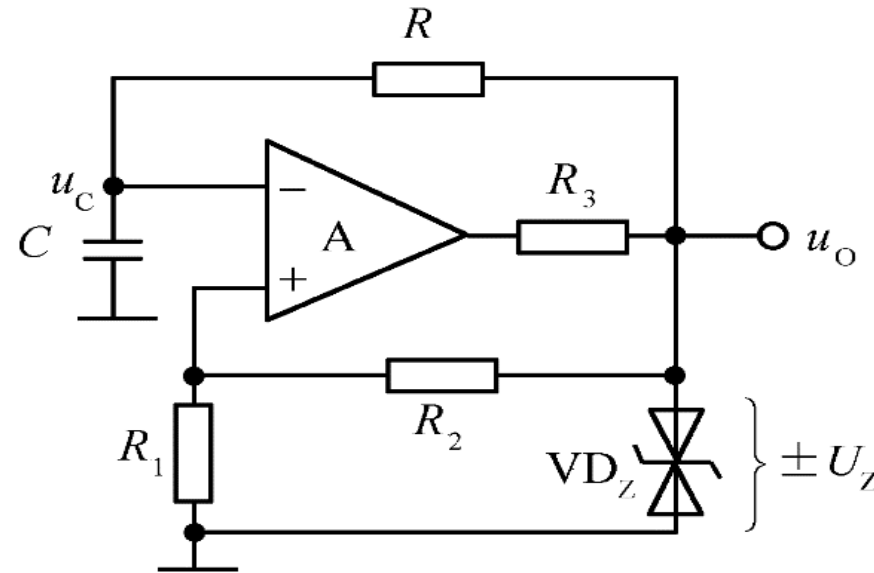
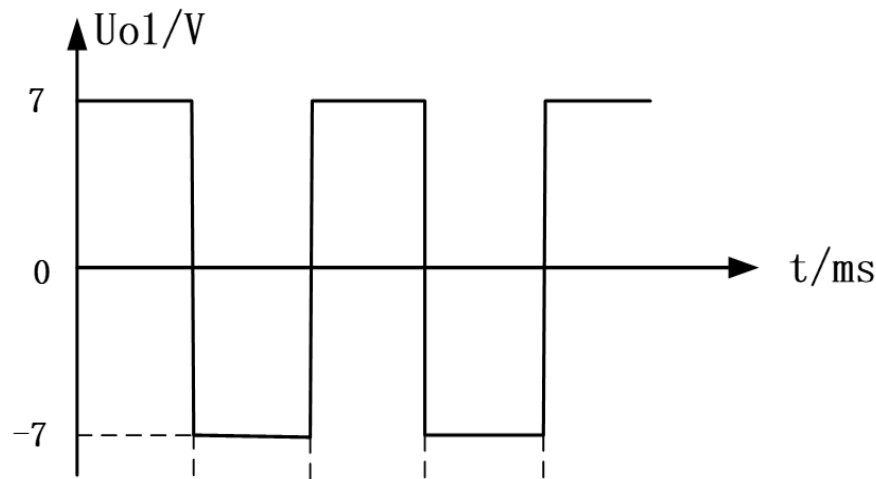


要求:

- 1、 完成电路的设计并确定参数;
- 2、 按所设计的电路搭接电路;
- 3、 拟定实验方案, 观察并记录 U_{01} 、 U_{02} 波形及参数, 分析数据波形、撰写实验报告。

实验内容

(一) 设计一个频率为**1.6KHz**、高低电平电压分别为 **+7V**、**-7V** 的方波信号 U_{01}



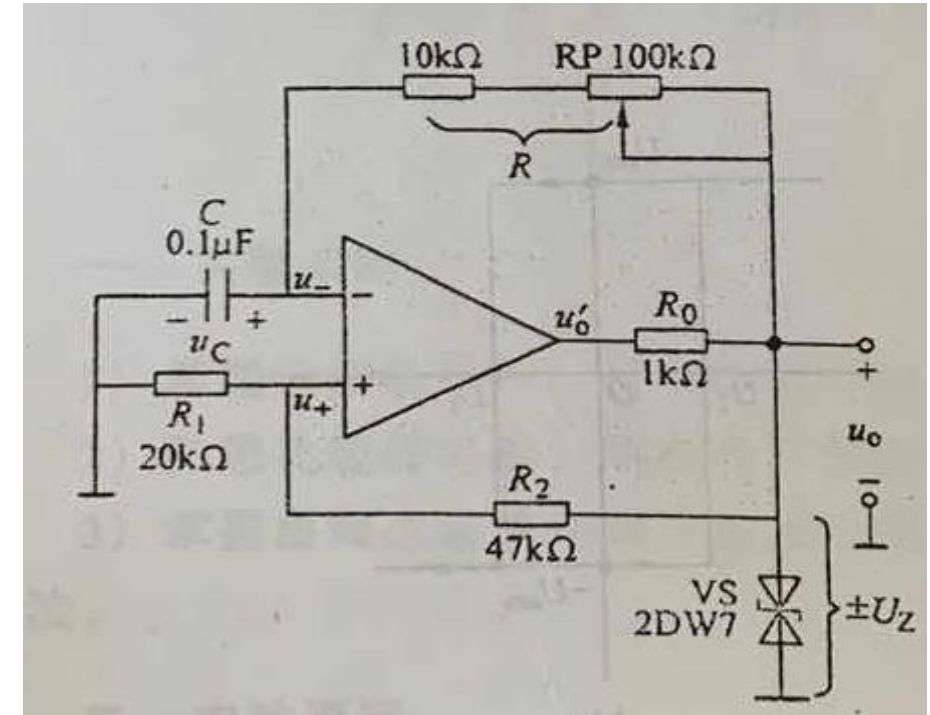
$$T = 2RC \ln\left(1 + 2\frac{R_1}{R_2}\right)$$

取: $R_1=20K\Omega$, $R_2=47K\Omega$, $R_3=1K\Omega$

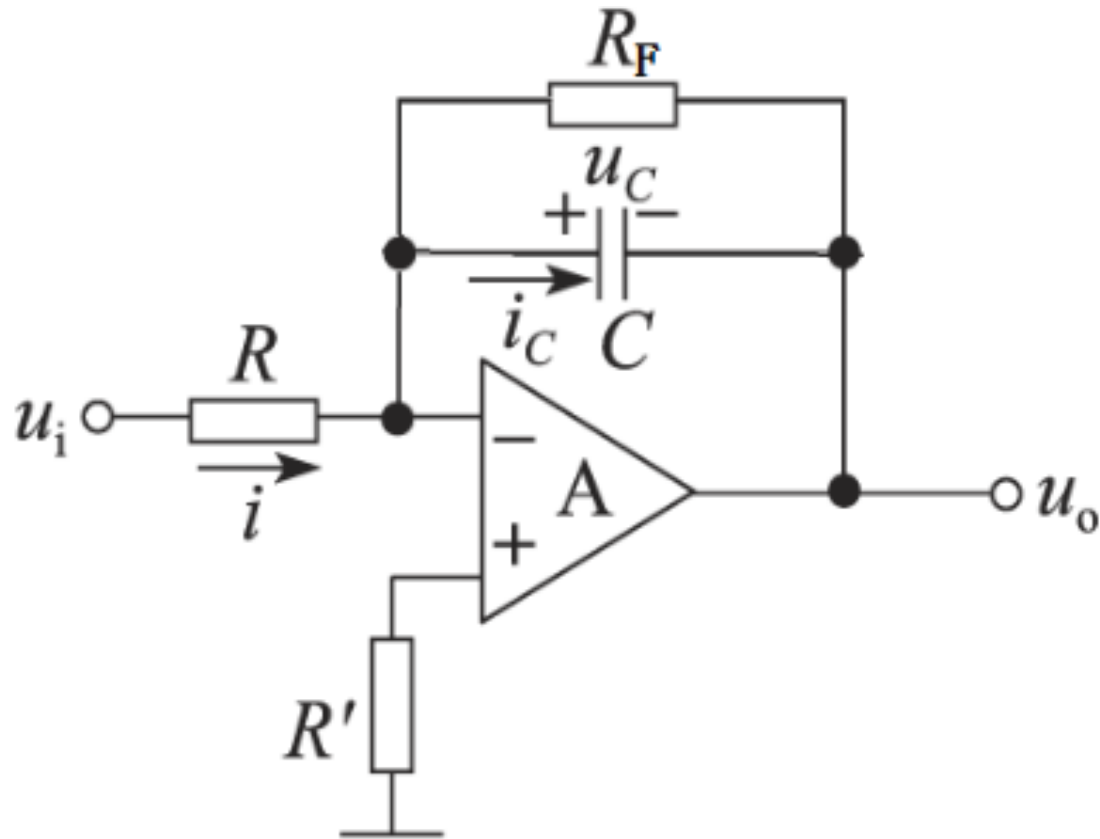


$RC =$

C
R



3. 积分电路



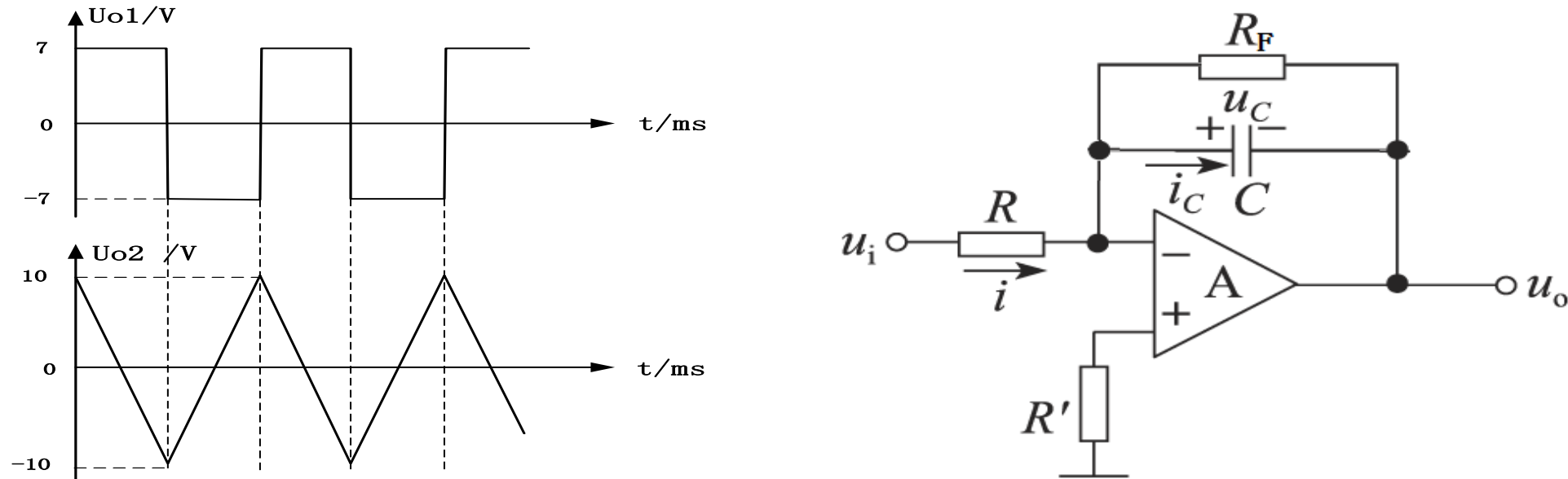
- 输入电阻 $R_i = R$ ，因此希望 R 的值大一些。在 R 的值满足输入电阻要求的条件下，一般选择较大的 C 值，而且 C 的值不能大于 $1\mu\text{F}$
- R_F 为反馈电阻，为了防止因 C 长时间充电导致运放饱和，一般取 $R_F = 10R$

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_F C}$$

当 $f \gg f_c$ 时为积分器

当 $f \ll f_c$ 时为反相比例放大器

(二) 设计一个电路实现如图所示 U_{o1} - U_{o2} 波形转换



当输入信号是直流电压 E 时 $u_o = -u_C = -\frac{1}{RC} \int u_i dt = -\frac{E}{RC} t \quad \Rightarrow \quad RC =$

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_F C}$$

当 $f \gg f_c$ 时为积分器 (通常取 $f = 10f_c$)

$f = 1.6\text{KHz}$ 则 $f_c = 160\text{Hz} \quad \Rightarrow \quad R_F C =$



THANK YOU!