

The Basic Diode Circuit And Analytical Approach

二极管的基本电路及其分析方法

第3章 二极管及其基本电路

第4节 二极管的基本电路及其分析方法

内容

二极管
图解分
析法

01

二极管
简化模
型

02

模型分
析法应
用电路

03

➤ 简单二极管电路的图解分析方法

二极管是一种非线性器件，因而其电路一般要采用非线性电路的分析方法，相对来说比较复杂，而图解分析法则较简单，但前提条件是已知二极管的 $V-I$ 特性曲线。

符号中大小写的含义：

大写字母大写下标：静态值（直流），如， I_B

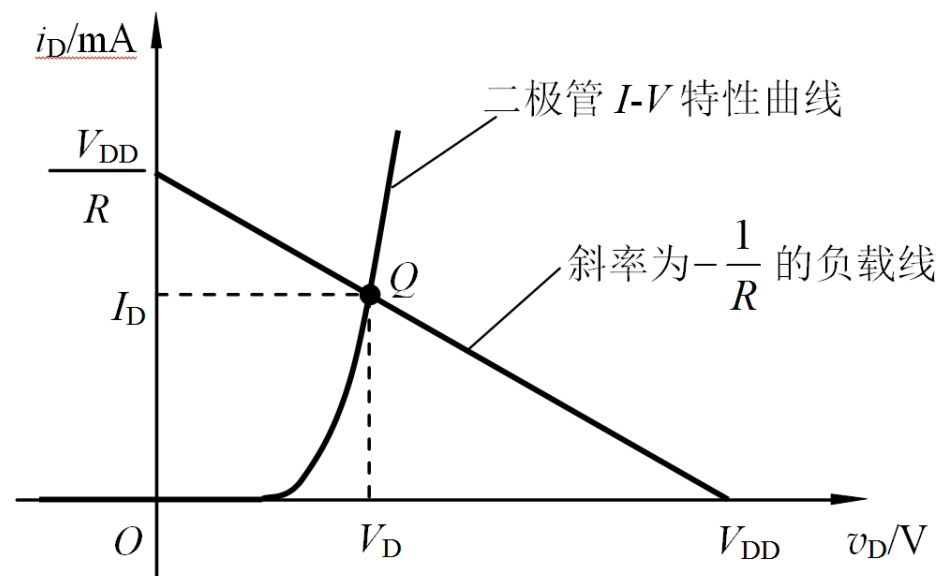
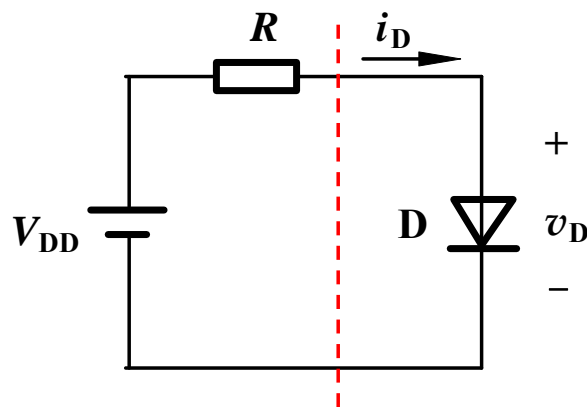
小写字母大写下标：总量（直流+交流），如， i_B

小写字母小写下标：瞬时值（交流），如， i_b

（参见“本书常用符号表”）

3.4 二极管的基本电路及其分析方法

例3.4.1 电路如图所示，已知二极管的 V - I 特性曲线、电源 V_{DD} 和电阻 R ，求二极管两端电压 v_D 和流过二极管的电流 i_D 。



解：由电路的KVL方程，可得
$$i_D = \frac{V_{DD} - v_D}{R}$$

即 $i_D = -\frac{1}{R}v_D + \frac{1}{R}V_{DD}$ 是一条斜率为 $-1/R$ 的直线，称为**负载线**

Q 的坐标值 (V_D, I_D) 即为所求。 Q （Quiescent）点称为电路的**工作点**

内容

二极管
图解分
析法

01

二极管
简化模
型

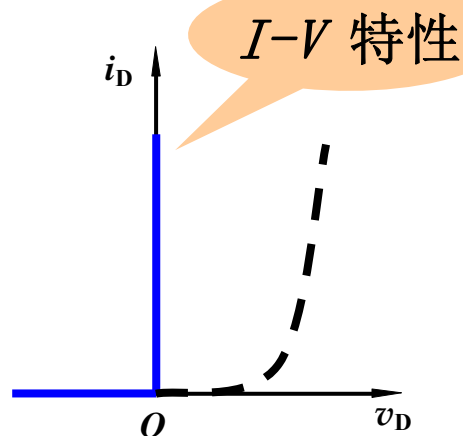
02

模型分
析法应
用电路

03

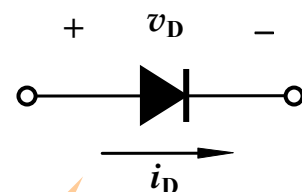
➤ 二极管 I - V 特性的建模

将指数模型 $i_D = I_S(e^{v_D/V_T} - 1)$ 分段线性化，得到二极管特性的等效模型。

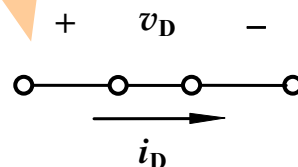
1 理想模型

(a)

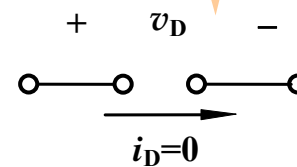
代表符号



(b)

 $(i_D > 0, v_D = 0)$

(c)

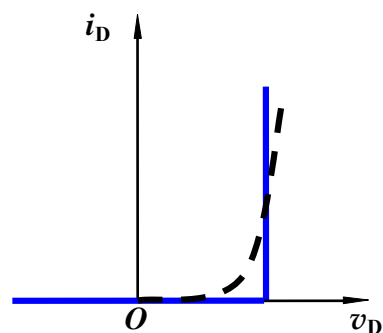
 $(v_D < 0, i_D = 0)$

(d)

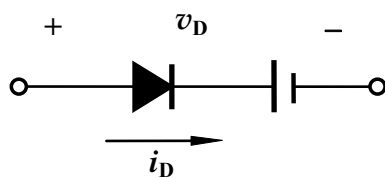
反向偏置时的电路模型

2

恒压降模型



(a)



(b)

(a) I - V 特性 (b) 电路模型

● 导通管压降

硅管 $V_D \approx 0.7V$

锗管 $V_D \approx 0.2V$

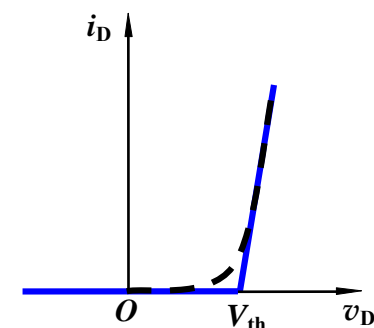
● 门槛电压

硅管 $V_{th} \approx 0.5V$

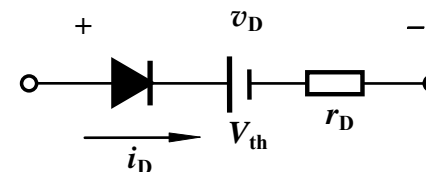
锗管 $V_{th} \approx 0.1V$

3

折线模型



(a)



(b)

(a) I - V 特性 (b) 电路模型

思考

两个重要问题：

◆在何种场合适用何种等效电路模型？

一般原则：在满足精度要求的前提下，尽可能选择简单的模型

◆如何判断二极管的工作状态？

思考

二极管电路分析原则:

二极管的工作状态 $\begin{cases} \text{导通} \\ \text{截止} \end{cases}$

正向导通时二极管相当于短路, 

反向截止时二极管相当于断开。 

分析方法: 将二极管断开, 分析二极管两端电位的高低或所加电压 U_D 的正负。

若 $V_{\text{阳}} > V_{\text{阴}}$ 或 U_D 为正(正向偏置), 二极管导通

若 $V_{\text{阳}} < V_{\text{阴}}$ 或 U_D 为负(反向偏置), 二极管截止

例题

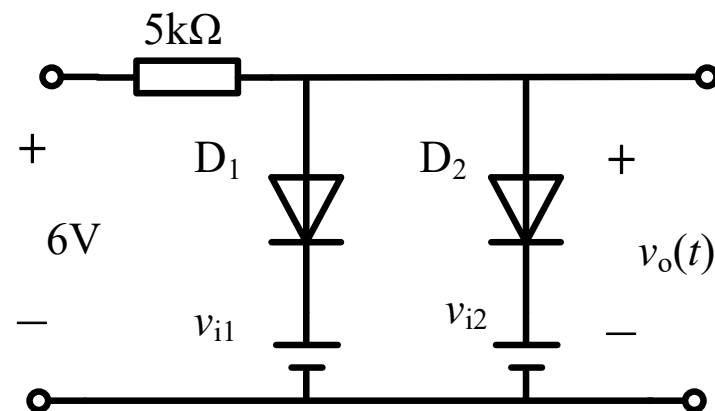
所示的电路中，设二极管均为理想的，请回答：

- (1) 当 $v_{i1}=10\text{V}$, $v_{i2}=8\text{V}$ 时，判断 D_1 和 D_2 的工作状态，并求 v_o ；
- (2) 当 $v_{i1}=0\text{V}$, $v_{i2}=0\text{V}$ 时，判断 D_1 和 D_2 的工作状态，并求 v_o 。

解：(1) D_1 和 D_2 均截止 $v_o=6\text{V}$

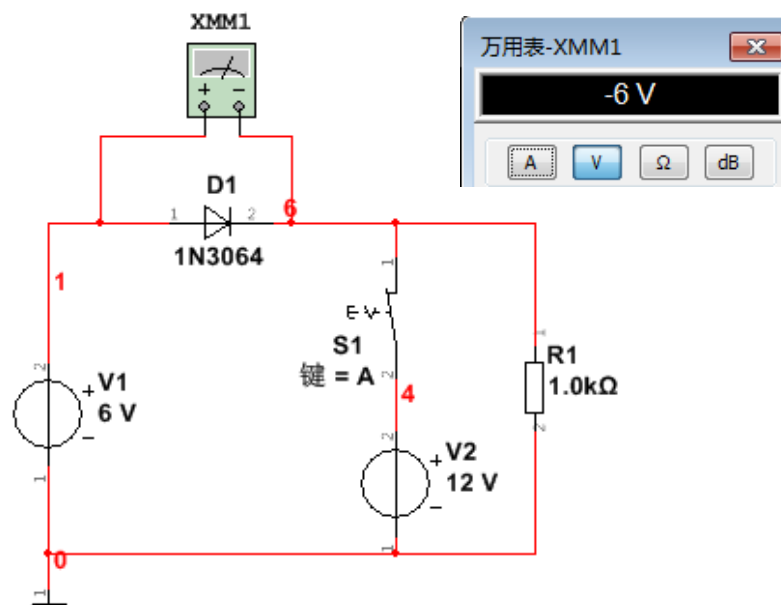
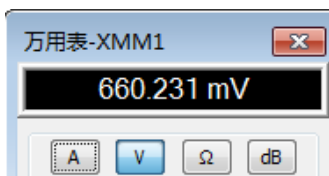
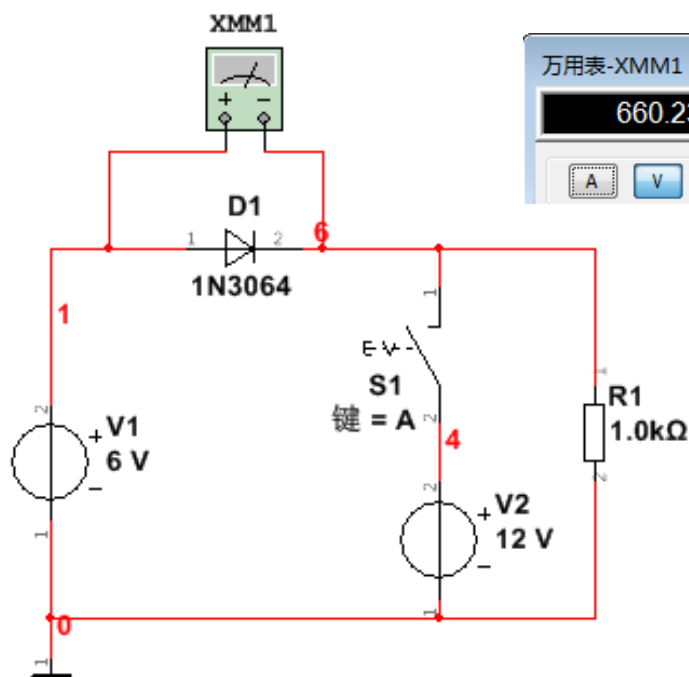
(2) D_1 和 D_2 均导通 $v_o=0\text{V}$

若 $v_{i1}=0\text{V}$, $v_{i2}=8\text{V}??$



思考

Multisim建立仿真模型如图所示，开关断开和闭合时二极管两端的电压是多少？



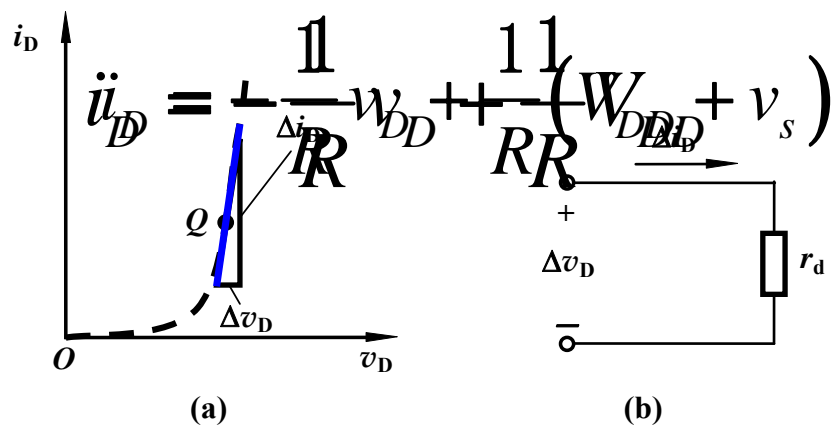
练习：以上两种状态，二极管流过的电流是多少？

课后
作业

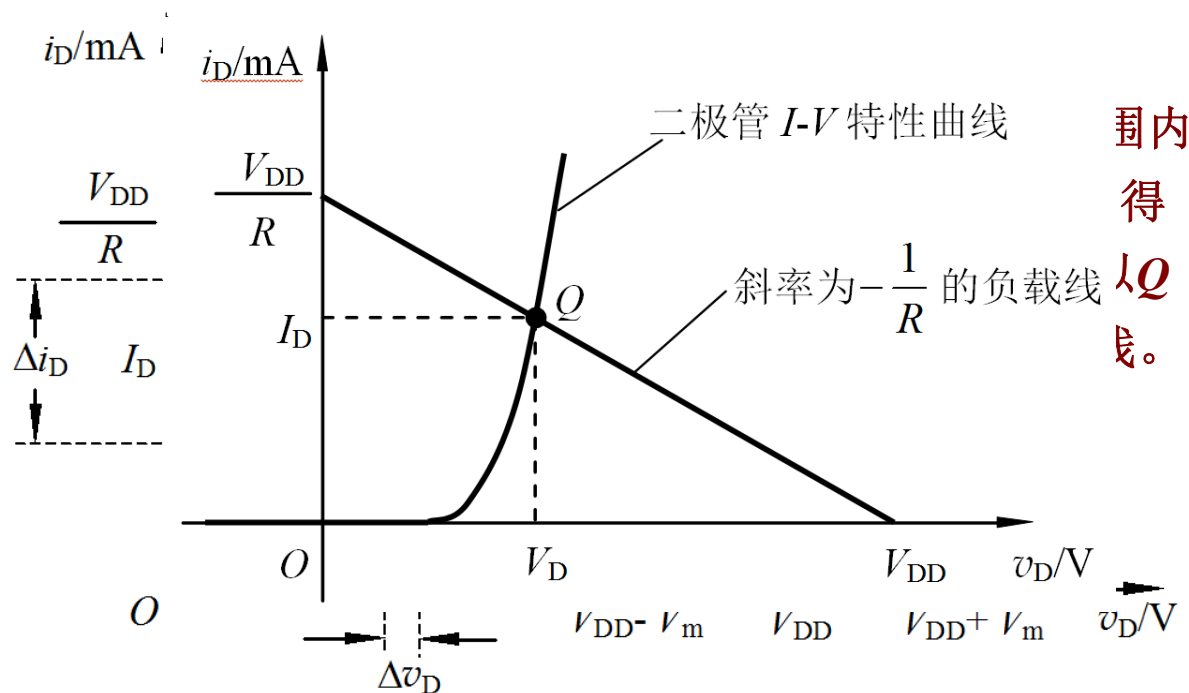
习题：3.4.12(a)(c), 3.4.13 (a)

注意：1、作业用**普通作业本**做；
2、可以不抄题目，但是要画图；
3、不会做的话回看ppt或者看网课。

4 小信号模型



Q 点称为静态工作点，反映直流时的工作状态。



常温下 ($T=300\text{K}$)

$$r_d = \frac{V_T}{I_D} = \frac{26(\text{mV})}{I_D(\text{mA})}$$

过 Q 点的切线可以等效成一个微变电阻

$$\text{即 } r_d = \frac{\Delta v_D}{\Delta i_D}$$

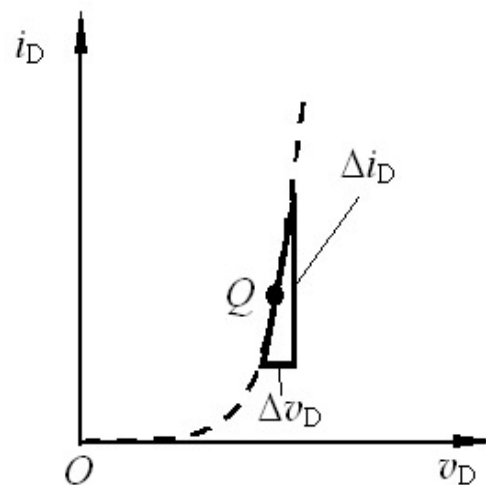
$$\text{根据 } i_D = I_S (e^{v_D/V_T} - 1)$$

得 Q 点处的微变电导

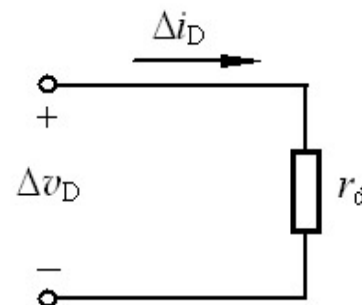
$$g_d = \left. \frac{di_D}{dv_D} \right|_Q = \frac{I_S}{V_T} e^{v_D/V_T} \Big|_Q \approx \left. \frac{i_D}{V_T} \right|_Q = \frac{I_D}{V_T} \quad \text{则 } r_d = \frac{1}{g_d} = \frac{V_T}{I_D}$$

常温下 ($T=300\text{K}$)

$$r_d = \frac{V_T}{I_D} = \frac{26(\text{mV})}{I_D(\text{mA})}$$



(a)



(b)

(a) V - I 特性 (b) 电路模型

特别注意:

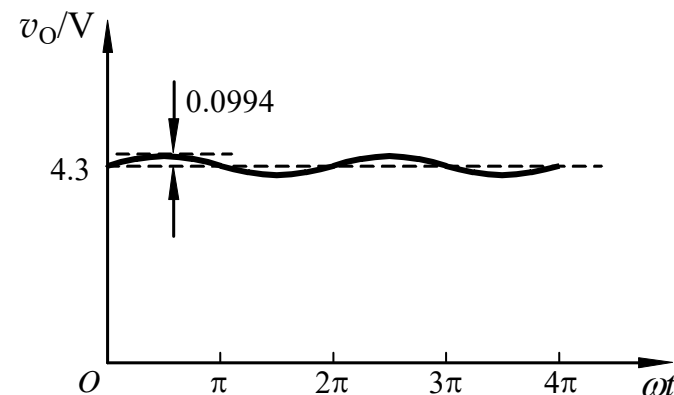
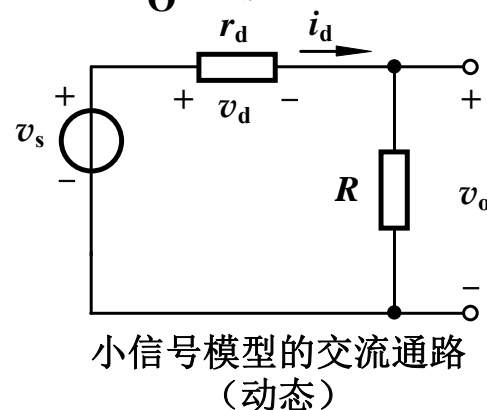
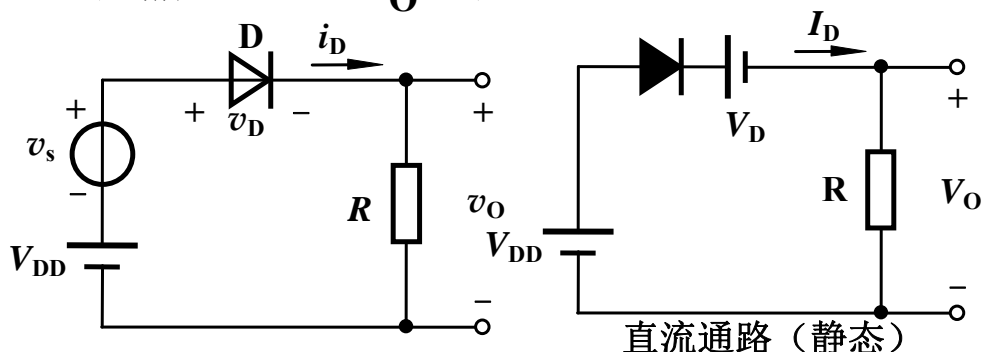
- 小信号模型中的微变电阻 r_d 与静态工作点 Q 有关。
- 该模型用于二极管处于正向偏置条件下, 且 $v_D \gg V_T$ 。

3 小信号模型

直流通路、交流通路、静态、动态等概念，在放大电路的分析中非常重要。

$$r_d = \frac{V_T}{I_D} = \frac{26(\text{mV})}{I_D(\text{mA})}$$

图示电路中， $V_{DD} = 5\text{V}$ ， $R = 5\text{k}\Omega$ ，恒压降模型的 $V_D = 0.7\text{V}$ ， $v_s = 0.1\sin\omega t \text{ V}$ 。（1）求输出电压 v_o 的交流量和总量；（2）绘出 v_o 的波形。



解：

$$I_D = \frac{V_{DD} - V_D}{R}$$

$$r_d = \frac{V_T}{I_D}$$

$$v_o = \frac{R}{R + r_d} \cdot v_s$$

解得：

$$v_o = V_o + v_o = 4.3 + 0.0994\sin\omega t \text{ (V)}$$

内容

二极管
图解分
析法

01

二极管
简化模
型

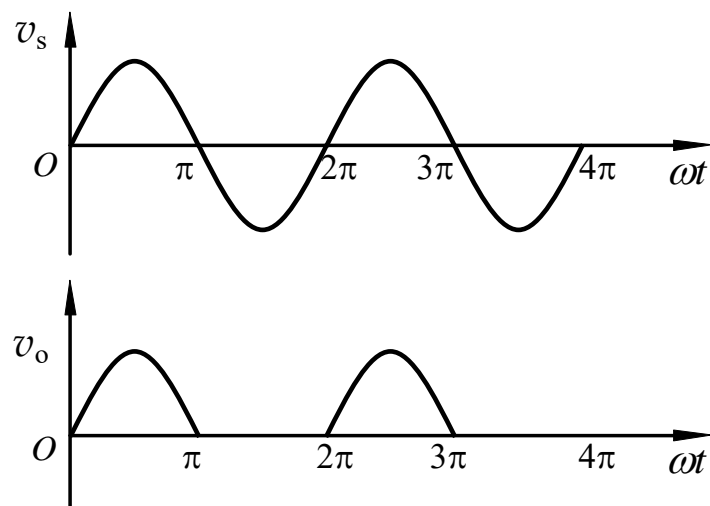
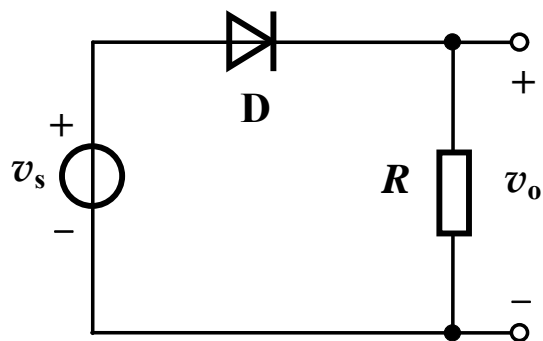
02

模型分
析法应
用电路

03

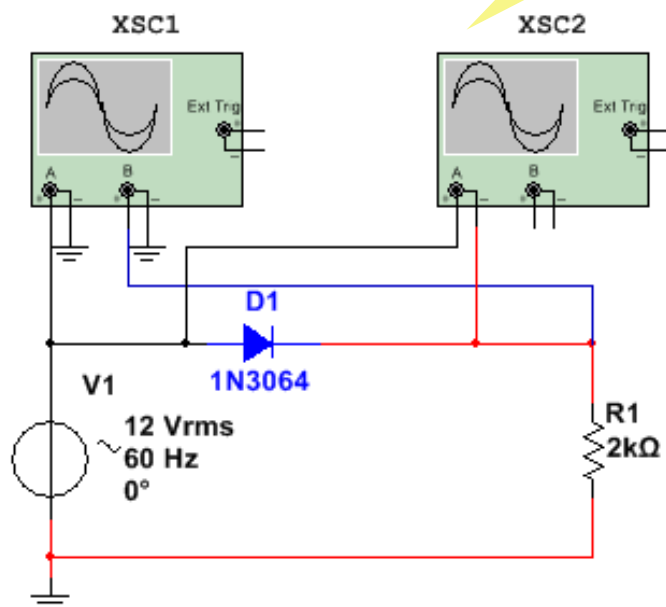
1 整流电路

当 v_s 为正半周时，二极管导通，且导通压降为 $0V$ ， $v_o = v_s$



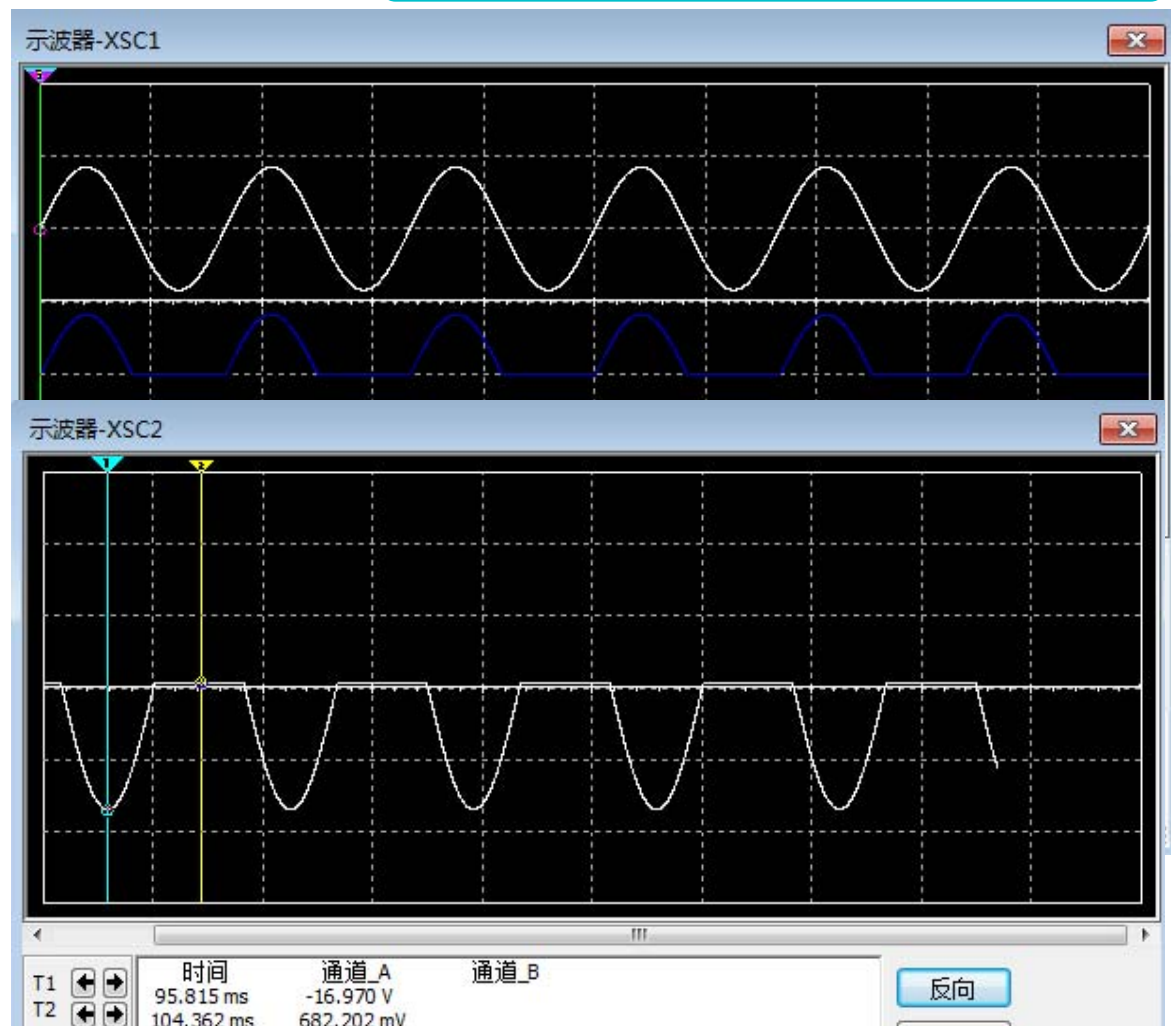
1 整流电路

半波整流



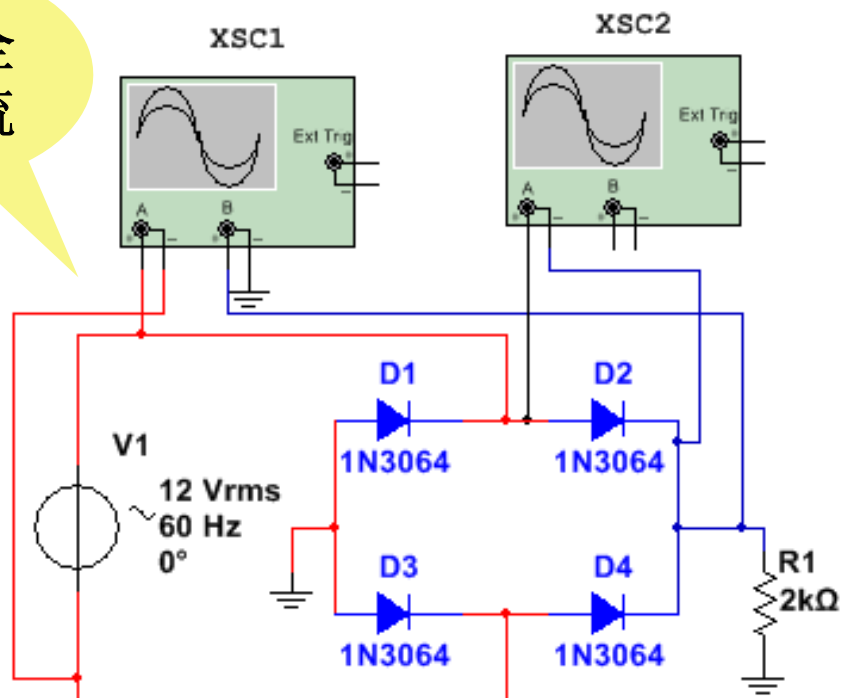
思考：二极管最高反向电压是多少？

3.4.2 模型分析法应用举例

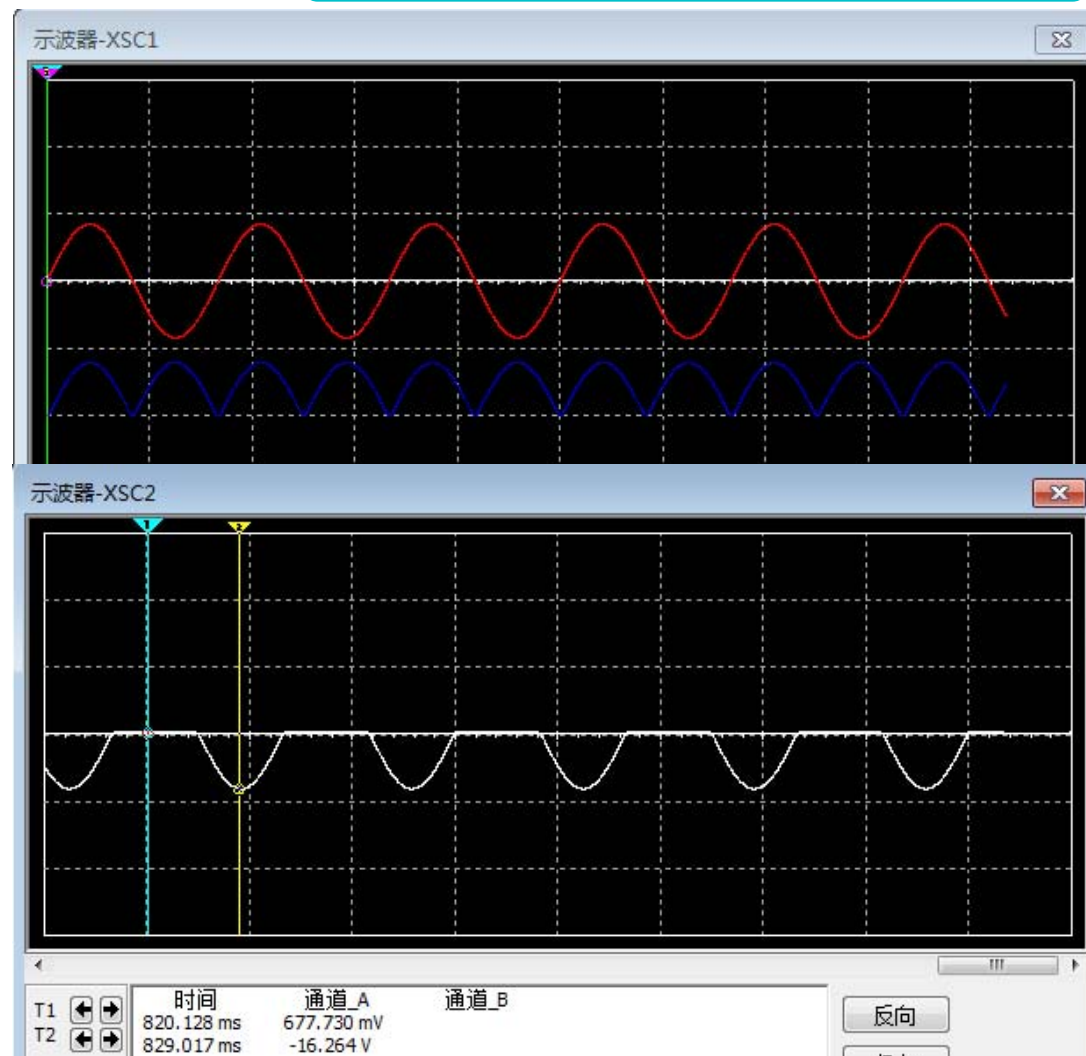


1 整流电路

桥式全
波整流



3.4.2 模型分析法应用举例



2 静态工作情况分析

当 $V_{DD}=10V$ 时, ($R=10k\Omega$)

理想模型

$$V_D = 0V \quad I_D = V_{DD} / R = 1mA$$

恒压模型

$$V_D = 0.7V \text{ (硅二极管典型值, 导通管压降)}$$

$$I_D = (V_{DD} - V_D) / R = 0.93mA$$

折线模型

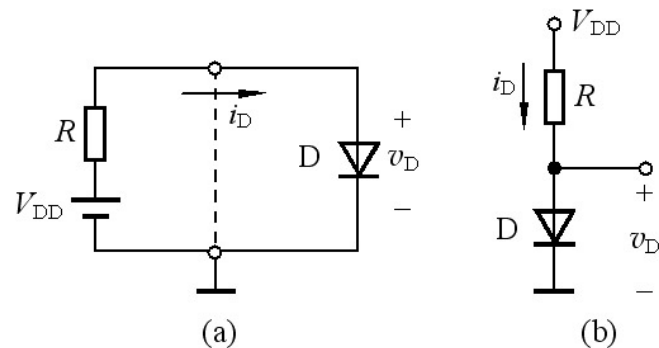
$$V_{th} = 0.5V \text{ (硅二极管典型值, 门槛电压)}$$

$$\text{设 } r_D = 0.2k\Omega$$

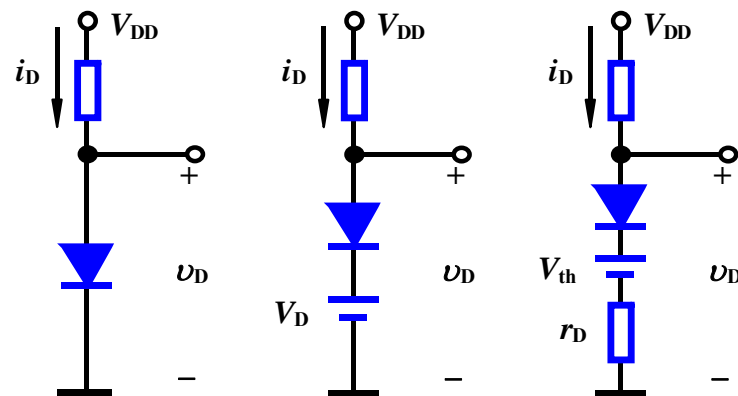
$$I_D = \frac{V_{DD} - V_{th}}{R + r_D} = 0.931mA \quad V_D = V_{th} + I_D r_D = 0.69V$$

当 $V_{DD}=1V$ 时, (P68)

3.4.2 模型分析法应用举例



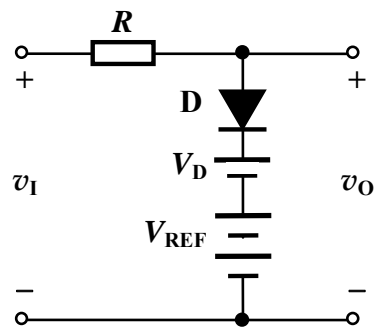
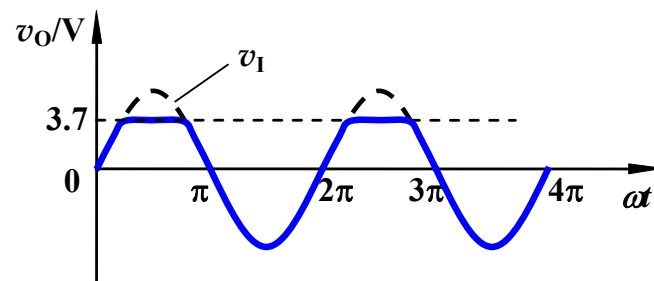
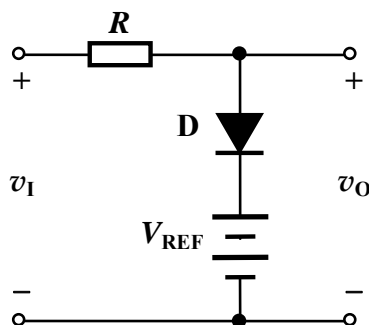
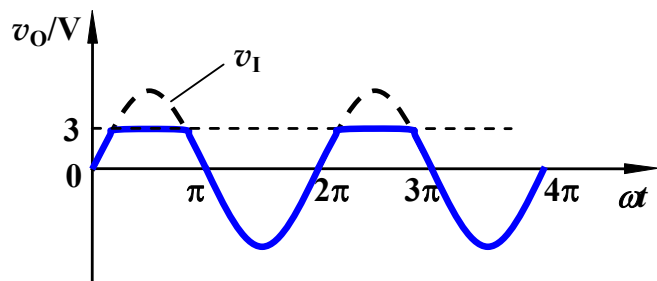
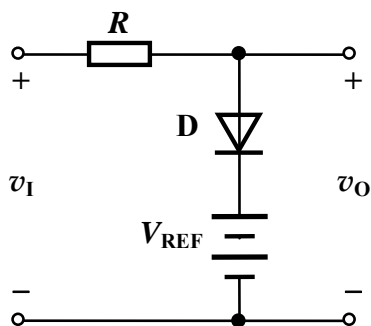
(a) 简单二极管电路 (b) 习惯画法



3

限幅电路

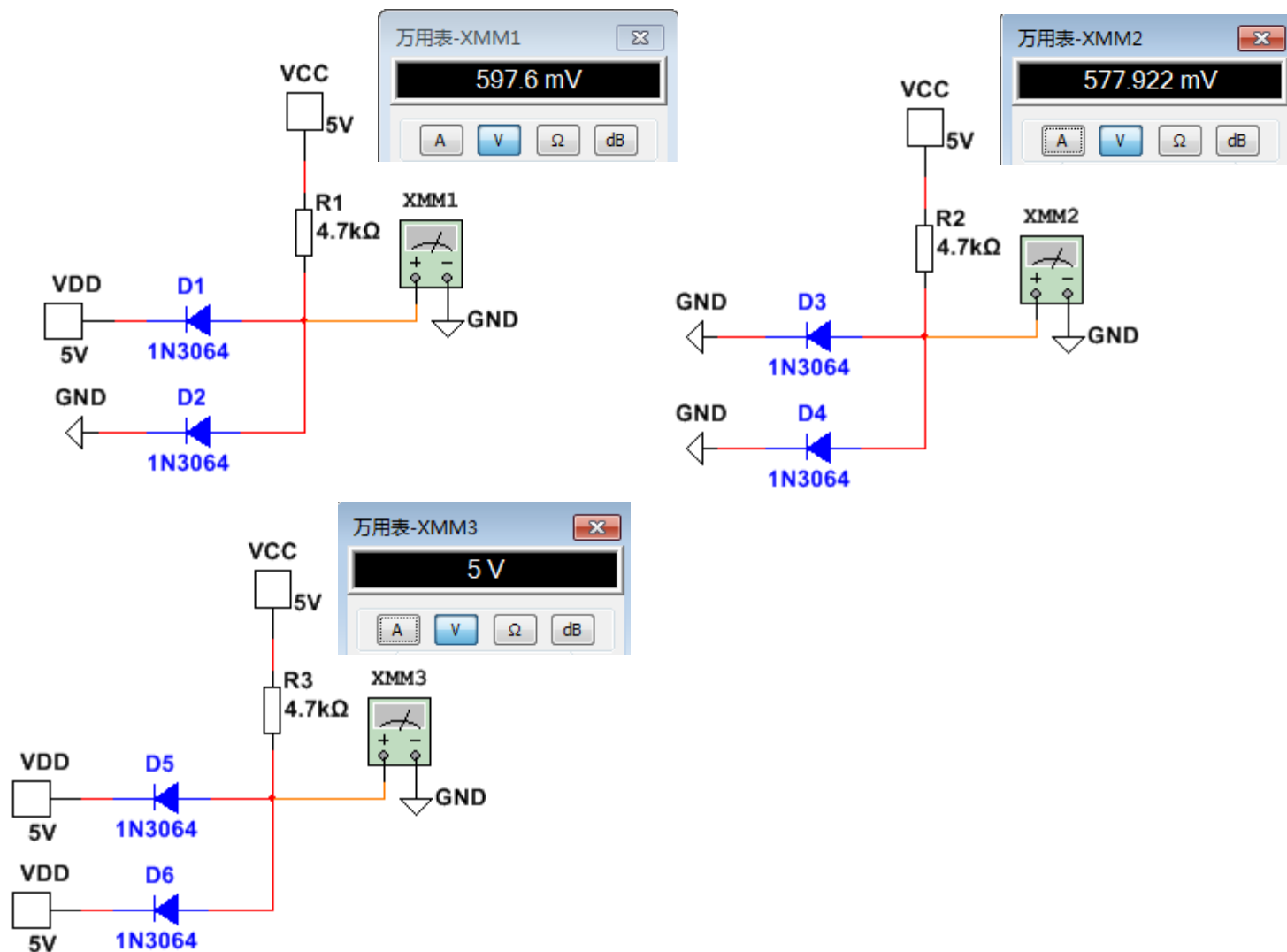
电路如图， $R = 1\text{k}\Omega$ ， $V_{\text{REF}} = 3\text{V}$ ，二极管为硅二极管。分别用理想模型和恒压降模型求解，当 $v_{\text{I}} = 6\sin\omega t \text{ V}$ 时，绘出相应的输出电压 v_{O} 的波形。



3 开关电路

P71 表3.4.1

3.4.2 模型分析法应用举例



二极管的导通管压降是：硅管- [填空1] V，锗管- [填空2] V；

二极管的门槛电压是：硅管- [填空3] V，锗管- [填空4] V。

正常使用填空题需3.0以上版本雨课堂

作答