

第一次仿真作业

仿 真 报 告

姓名： 李显昱

学号： 2018011498

班级： 自 83

日期： 2020.3.8

目录

1	实验目的	2
2	仿真题 1-1	2
2.1	用 IV 分析仪测量二极管的伏安特性	2
2.2	用 IV 分析仪测量晶体管的输出特性	2
3	仿真题 1-2	5
4	仿真题 1-3	5
5	仿真中遇到的问题	6
6	反思与总结	6

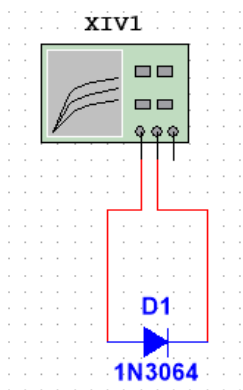


图 1: 测量二极管伏安特性电路

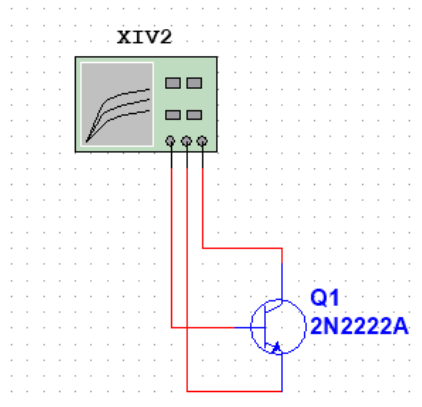


图 2: 测量晶体管输出特性电路

1 实验目的

- (1) 熟悉仿真软件环境;
- (2) 掌握仿真软件的基本测量手段 (用万用表的交流和直流档测量电压和电流量、用示波器测量和观察信号、用 IV 分析仪测量半导体器件的特性曲线);
- (3) 熟悉仿真软件的基本分析方法.

2 仿真题 1-1

2.1 用 IV 分析仪测量二极管的伏安特性

电路图如图 1 所示, 本次实验中使用了小功率二极管 1N3064。仿真结果如图 5。从图中可以看出, 曲线符合二极管的性质。在图 6(a) 和 6(b) 中体现了正向电压为 0.7V 时的电流 I_D 和反向击穿电压 U_{BR} , 结合 1N3064 的数据手册, 见图 3 和 4, 我们可以发现数据基本吻合。

2.2 用 IV 分析仪测量晶体管的输出特性

电路如图 2 所示。用 IV 分析仪得到晶体管的输出特性曲线如图 8。在图中读出集电极电流 I_C 于表 1, 利用公式:

$$\beta = \frac{I_C}{I_B}$$

可以计算得到晶体管放大倍数值, 如表 2。通过查阅数据手册, 如图 7。可见表 2 中的数据都处于数据手册中给出的范围内。

通过以上数据, 在给定的 I_B 与 U_{CE} 的条件下推测 β 在 210 到 220 之间。而观察 I_B 与 U_{CE} 的变化, 可以得出结论, 在 I_B 一定时, 随着 U_{CE} 增大而增大, 在 U_{CE} 一定时, 随着 I_B 增大而减小, 但是减少幅度不大。

通过上表数据, 取定 $I_B = 50\mu A$, 通过 $I_C - U_{CE}$ 直线, 找出与横轴的交点, 即 Early 电压:

$$V_A = 2V - 2.169mA \times \frac{6V - 2V}{2.169mA - 2.088mA} = -100.72A$$

Device No.	Package No.	VRRM V Min	IR nA @ VR V	VR V	VF V Min	VF V Max @ IF mA	C pF Max	tr ns Max	Test Cond.	Proc. No.
1N625	DO-35	30	1000	20		1.5 4		1000	(Note 1)	D4
1N914	DO-35	100	25 5000	20 75		1.0 10		4	(Note 2)	D4
1N914A	DO-35	100	25 5000	20 75		1.0 20		4	(Note 2)	D4
1N914B	DO-35	100	25 5000	20 75		0.72 5 100		4	(Note 2)	D4
1N918	DO-35	100	25 5000	20 75		1.0 10		4	(Note 2)	D4
1N918A	DO-35	100	25 5000	20 75		1.0 20		4	(Note 2)	D4
1N918B	DO-35	100	25 5000	20 75		0.73 5 30		4	(Note 2)	D4
1N3064	DO-35	75	100	50		0.575 0.250 0.650 1.0 0.710 2.0 1.0 10.0	2	4	(Note 3)	D4
1N3600	DO-35	75	100	50	0.54 0.62	1.0	2.5	4	(Note 4)	D4

图 3: 1N3064 数据手册数据 [1]（部分）

名称	描述	值	单位
BV	反向击穿电压	100	V

图 4: 1N3064 在 Multisim 中反向击穿电压模型参数）

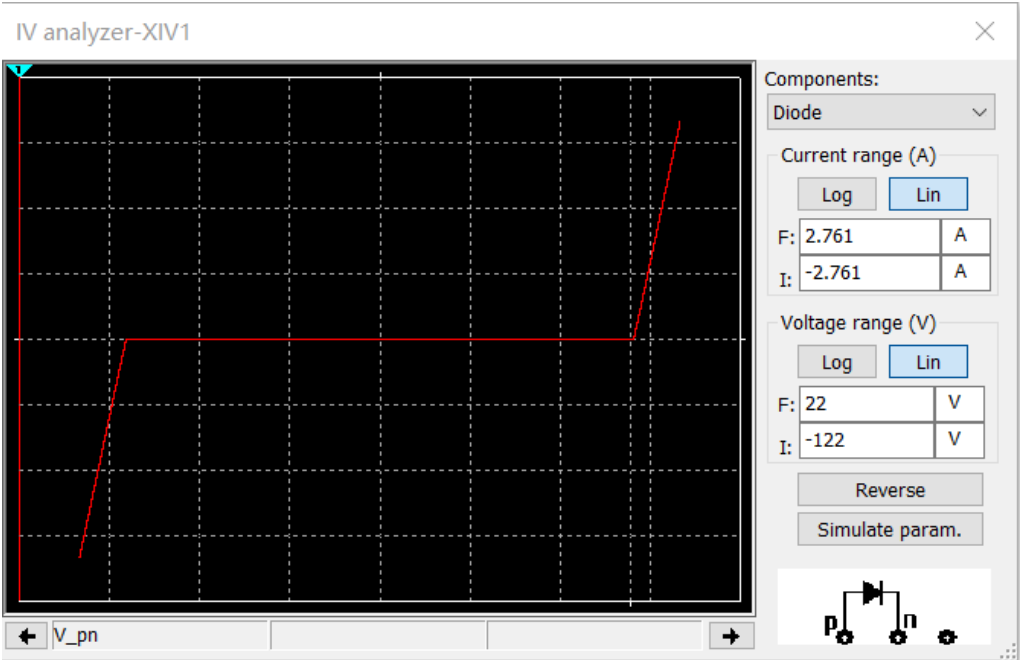


图 5: 二极管伏安特性曲线

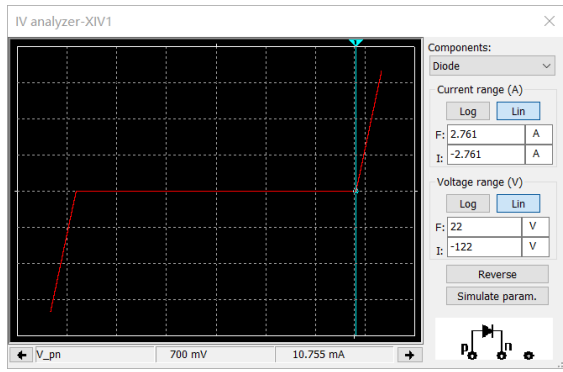
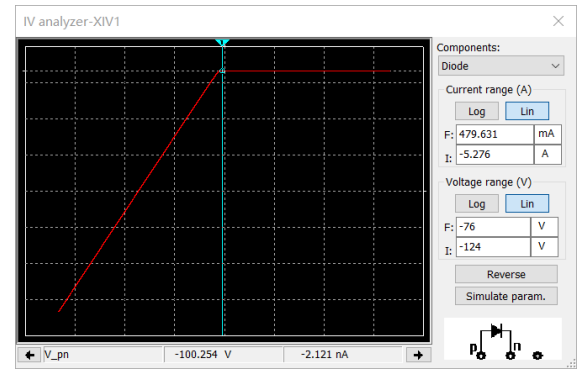
(a) 正向电压为 0.7V 时的电流 I_D (b) 反向击穿电压 U_{BR}

图 6: 二极管参数测量

h_{FE}	DC Current Gain	$I_C = 0.1 \text{ mA}$	$V_{CE} = 10 \text{ V}$	35		
		$I_C = 1 \text{ mA}$	$V_{CE} = 10 \text{ V}$	50		
		$I_C = 10 \text{ mA}$	$V_{CE} = 10 \text{ V}$	75		
		$I_C = 150 \text{ mA}$	$V_{CE} = 10 \text{ V}$	100		
		$I_C = 500 \text{ mA}$	$V_{CE} = 10 \text{ V}$	40		300
		$I_C = 150 \text{ mA}$	$V_{CE} = 1 \text{ V}$	50		
		$I_C = 10 \text{ mA}$	$V_{CE} = 10 \text{ V}$	35		
		$T_{amb} = -55^\circ\text{C}$				

图 7: 2N2222A 数据手册数据 (部分) [2]

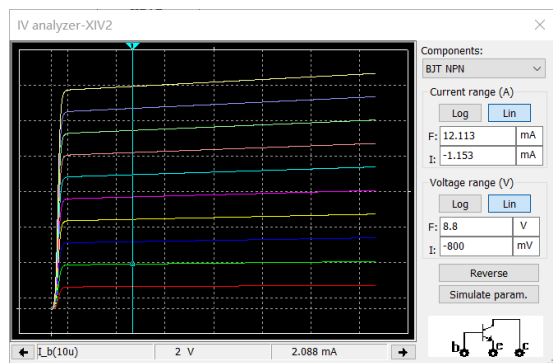
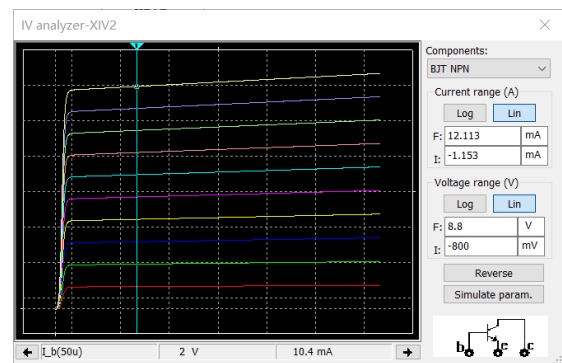
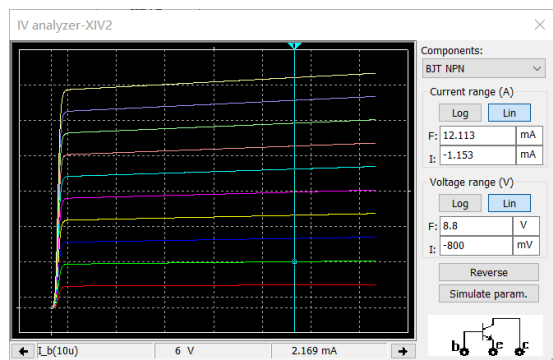
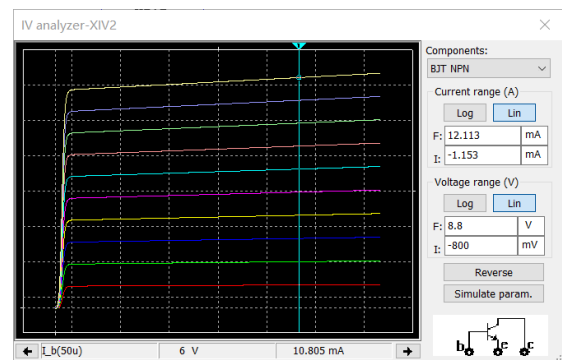
(a) $U_{CE} = 2\text{V}$ 且 $I_B = 10\mu\text{A}$ (b) $U_{CE} = 2\text{V}$ 且 $I_B = 50\mu\text{A}$ (c) $U_{CE} = 6\text{V}$ 且 $I_B = 10\mu\text{A}$ (d) $U_{CE} = 6\text{V}$ 且 $I_B = 50\mu\text{A}$

图 8: 四种情况下晶体管的输出特性曲线

表 1: I_C 数据

I_C/mA \ I_B/A \ U_{CE}/V	10	50
2	2.088	10.400
6	2.169	10.805

表 2: β 数据

I_C/mA \ I_B/A \ U_{CE}/V	10	50
2	208.80	208.00
6	216.90	216.10

同时，也利用 $I_B = 10\mu A$ ，通过 $I_C - U_{CE}$ 直线，找出与横轴的交点，即 Early 电压：

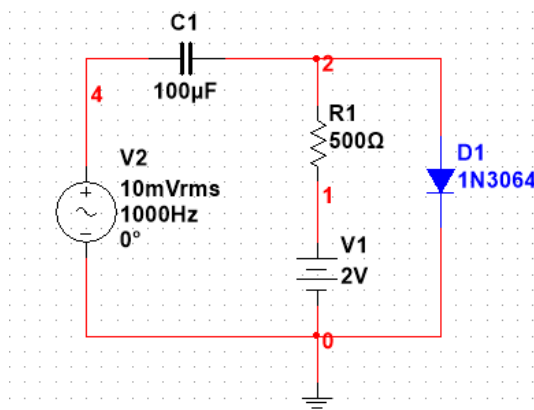
$$V_A = 2V - 10.4mA \times \frac{6V - 2V}{10.805mA - 10.4mA} = -105.11A$$

经过上面两个计算，基本认为 Early 电压在 -100V 左右。

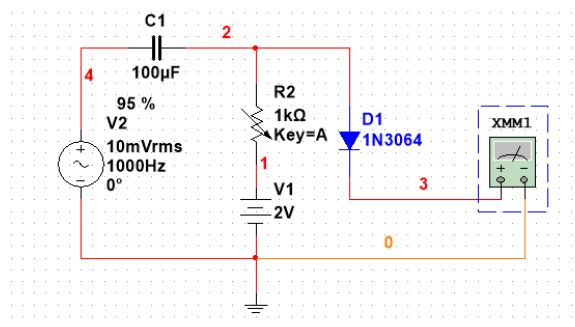
3 仿真题 1-2

教材习题 1.16.

由图 9(b)和图 9(a)，可以看到我对于测量关于二极管直流与交流电流和电阻 R_1 之间的关系。其中直流电流部分我采用的是 Parameter Sweep 的方式，电阻 R_1 的改变值从 0Ω 到 $1k\Omega$ ，参数扫描结果可以看图 10(a)，从图中可见，随着 R_1 阻值的增大，二极管的直流电压随之减小，从 $2V$ 左右开始降低，直到接近于 $600mV$ 。紧接着我对交流电流进行测量。因为利用参数扫描的方法无法得到 R_1 和二极管交流电流的关系，所以我在二极管所在支路上串联了一个万用表进行测量二极管的交流值，同时，将电阻改为可变电阻，对可变电阻进行调节，记录相对应的电流值，记录数据可见表 3。随后利用 Matlab 对记录数据进行绘图操作，得到图 10(b)。



(a) 二极管直流电流与 R_1 阻值的关系

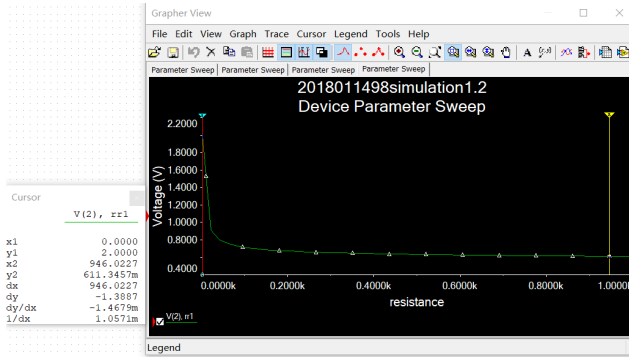
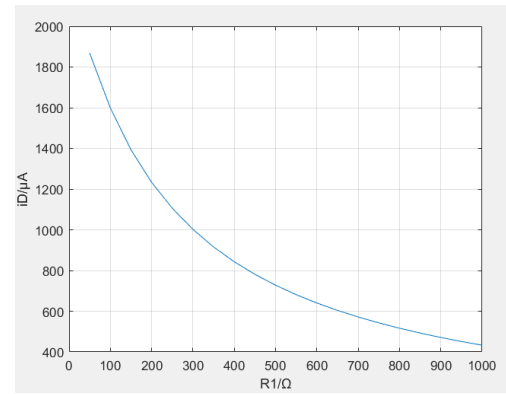


(b) 二极管交流电流与 R_1 阻值的关系

图 9: 仿真题 1-2 电路图

4 仿真题 1-3

本题中，晶体管、稳压管和电阻均采用的是虚拟元件。电路图如图 11，根据参数扫描结果，见图 12，可以看到，输出电压 u_I 在 0 到 $1V$ 时，输出电压均为高电平 $+5V$ ，当输出电压 u_I 大于 $2V$ 时，输出电压均为低电平 $0V$ 。设计过程中，主要根据分析晶体管常用的三个式子。

(a) 二极管直流电流与 R_1 阻值的关系(b) 二极管交流电流与 R_1 阻值的关系图 10: 二极管电流与 R_1 阻值的关系表 3: R_1 阻值变化时二极管交流电流值

R_1/Ω	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
$i_D/\mu A$	1868	1599	1393	1233	1106	1002	919.518	843.001	781.126	727.746
R_1/Ω	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
$i_D/\mu A$	681.215	640.309	604.053	571.710	542.676	516.47	492.694	471.033	451.201	432.994

$$\begin{cases} I_B = \frac{V_B - U_{BE}}{R_1} \\ I_C = \beta I_B \\ V_C = V_{CC} - I_C R_2 \end{cases}$$

5 仿真中遇到的问题

在使用参数扫描的时候，总是会遗忘将“Analysis to sweep”改为真实需要的，所以一开始参数扫描时总出现横轴为时间的图，和所需不一致，但一开始没有意识到这一点，一直关注在电路以及参数扫描的其他选项，耗费很多时间。

6 反思与总结

(1) 熟悉了 Multisim

由于之前在电路原理使用过 Multisim 进行电路仿真，但是其中涉及的元器件以及仿真方法较为简单，对于 IV 分析仪等没有使用过，同时也对一些分析方法有了更加深刻的理解。

(2) 对二极管以及晶体管理解更深刻，通过自己实际操作，得到了二极管和晶体管的特征曲线，使我印象更为深刻，对后续学习提供帮助。

(3) 对软件 Matlab 以及 Latex 的使用更加熟练。

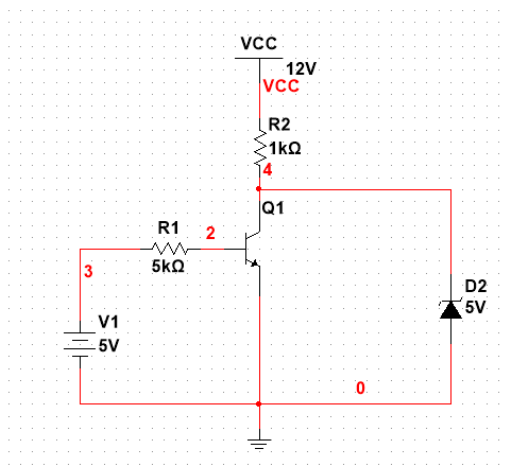


图 11: 仿真题 1-3 电路图

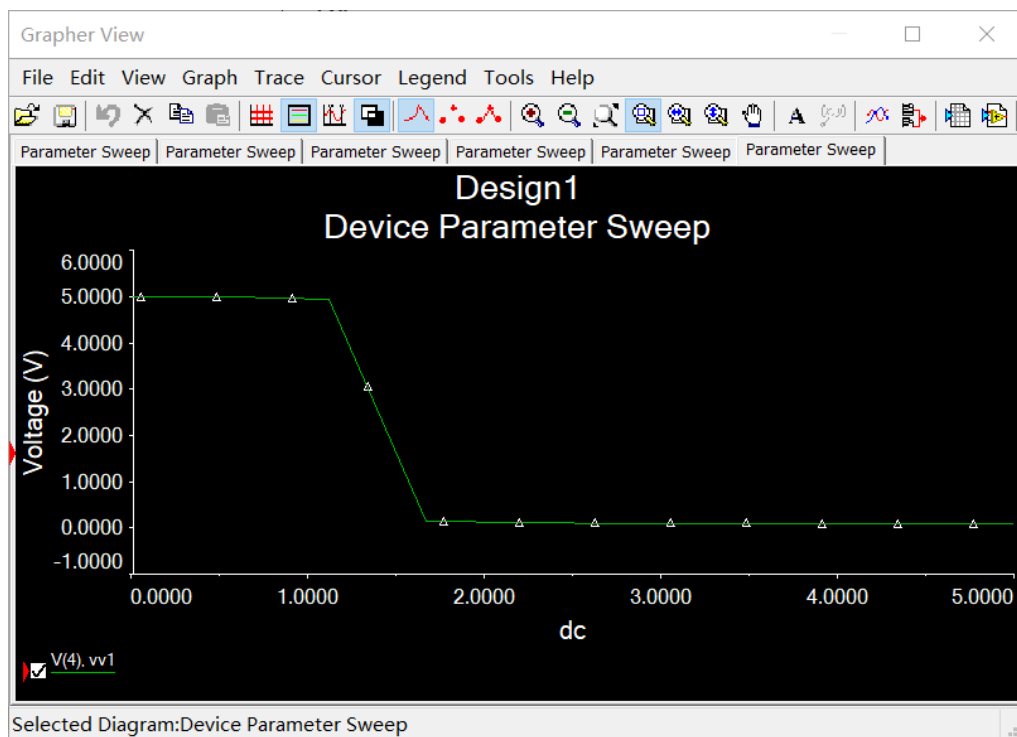


图 12: 仿真题 1-3 参数扫描结果

参考文献

- [1] <https://www.21icsearch.com/datasheet/1N3064/Zmhub2yVaQ==.html>.
- [2] <https://www.21icsearch.com/datasheet/2N2222A/ZGxoaWyaZg==.html>.