

# 电子元件手册

## Electronic Components Manual

丁毅

(中国科学院大学, 北京 100049)

Yi Ding

*(University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)*

2024.11 – ...

## 序言

本文为笔者本科时的电子元件手册，对学习过程中接触较多的元件作了系统性的介绍和总结，同时对部分元件进行了仿真或实际电路测试，给出了相应的参数曲线或波形图。

随着学习的不断深入，笔者对某些元件的认识一定会更加深刻，也会认识新的元件。因此，笔者打算将本手册作为一份长期更新的（真的很长期）电子元件手册，既是我个人对元件知识的总结，也是便于以后自己参考。读者可到我的 GitHub 下载手册的最新版本 <https://github.com/YiDingg/LatexNotes>，也可以在我的个人网站 [待更新](#) 上找到相关资料，包括各元件的 Data Sheet、学习电子元件及其相关电路的优秀网站等（例如 [Electornics Tutorials](#)）。

另外，有相当一部分元件（例如 Operational Amplifier）其实是基础元件所构成的模块化电路。在本书，我们不会详谈如何通过基本元件搭建出这些进阶元件，而是讨论如何对这些元件（模块化的电路）建立正确的认识，探究在不同情况下应该选用怎样的模型进行分析，以达到足够高的精度，同时尽可能地降低模型复杂度。实现它们的具体电路，以及 Oscillators、Amplifiers 和 Power Supplies 等模块化电路，会放到另一本书“电子电路手册”中，读者可到网址 [待更新](#) 自行下载和阅读。为了提高读者的自学效率，笔者在这里推荐几个免费且优秀的电子学习网站：

- (1) [Electornics Tutorials](#)：这个网站提供了丰富的电子学习资料，包括 Transistors、Amplifiers、Diodes、Filters 等，还提供了很多实用的电子工程师工具，例如在线电阻电感电容计算器等；
- (2) <https://www.learnabout-electronics.org/>：这个网站提供了电子学习的基础和进阶知识，包括 Semiconductors, Amplifiers, Oscillators, Power Supplies 等，最令人惊喜的是几乎所有资料都提供了 PDF 下载，方便读者下载后自行学习；
- (3) <https://www.electronics-lab.com>：这个网站不仅开源了很多电子电路设计实例，包括基础电路、模拟电路、数字电路等，还提供了丰富的学习资源（文章）在 [here](#)；
- (4) <https://developerhelp.microchip.com/>：这是 Microchip 官方的开发者帮助网站，提供了大量的电子元件的 Data Sheet、Application Notes、Reference Manuals 等，是学习 Microchip 产品的重要参考网站，当然，在这里也可以找到与模拟电路、数字电路相关的的学习资料；

由于个人学识浅陋，认识有限，文中难免有不妥甚至错误之处，望读者不吝指正。读者可以将错误发送到我的邮箱 [dingyi233@mails.ucas.ac.cn](mailto:dingyi233@mails.ucas.ac.cn)，也可以到笔者的 [GitHub \(https://github.com/YiDingg/LatexNotes\)](#) 上提 issue，衷心感谢。

# 目录

序言	I
目录	II
<b>1 Resistors (电阻)</b>	<b>1</b>
<b>2 Capacitors (电容)</b>	<b>2</b>
<b>3 Inductors (电感)</b>	<b>3</b>
<b>4 Diodes (二极管)</b>	<b>4</b>
4.1 Power/Rectifier/General Diode (功率/整流/通用二极管)	4
4.1.1 1N4007 [GOODWORK (固得沃克)]	4
4.2 Voltage regulator diode (稳压二极管)	5
4.3 LED (Light Emitting Diode) (发光二极管)	5
4.3.1 XL-302 [XINGLIGHT (成兴光)]	5
4.3.2 LED [某宝]	5
4.4 Schottky Diode (肖特基二极管)	6
<b>5 Transistors (晶体管)</b>	<b>7</b>
5.1 BTJ (Bipolar Transistor Junction) (双极型晶体管)	7
5.2 JFET (Junction Field Effect Transistor) (结型场效应晶体管)	7
5.3 MOSFET (Metal-Oxide -Semiconductor Field Effect Transistor) (金属氧化物半导体场效应晶体管)	7
5.3.1 2N7000 [onsemi (安森美)]	7
5.4 MODFET (Modulation Doped Field Effect Transistor) (调制掺杂场效应晶体管)	10
5.5 Darlington Transistors (达林顿晶体管)	10
<b>6 Amplifiers</b>	<b>11</b>
6.1 Common Emitter Amplifier (共射极放大器)	11
6.2 Common Base Amplifier (共基极放大器)	11
6.3 Common Collector Amplifier (共集极放大器)	11
6.4 Common Source Amplifier (共源极放大器)	11
6.5 MOSFET Amplifier (MOSFET 放大器)	11
6.5.1 LM258P	11
6.5.2 NE5532P	11
6.5.3 LM318N	11
6.6 Class AB Amplifier (AB 类放大器)	11
<b>7</b>	<b>12</b>

# 第 1 章 Resistors (电阻)

## 第 2 章 Capacitors (电容)

## 第3章 Inductors (电感)

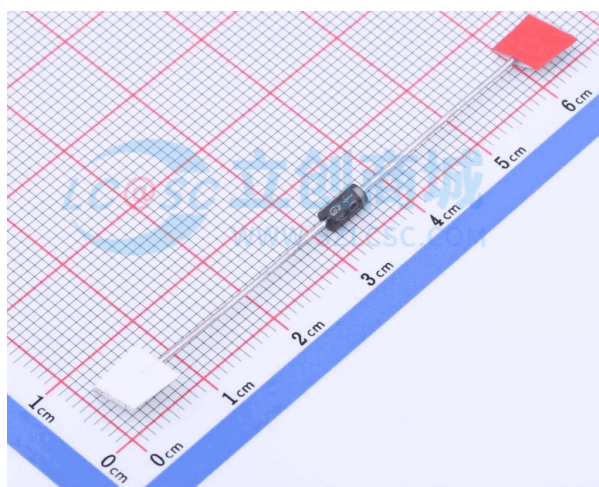
## 第4章 Diodes (二极管)

二极管分为...

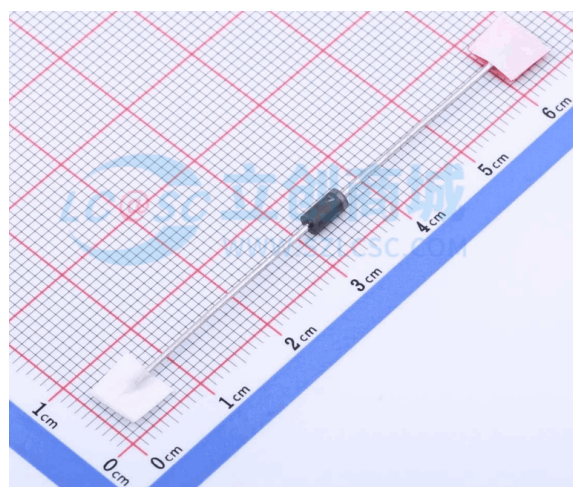
### §4.1 Power/Rectifier/General Diode (功率/整流/通用二极管)

#### 4.1.1 1N4007 [GOODWORK (固得沃克)]

由 GOODWORK (固得沃克, 中国江苏) 生产的 1N4007 是一种功率/整流/通用二极管, 常应用于整流电路等 (同类型的有 1N4000, 1N4001, ..., 1N4006), 可以在 [立创商城](#) 或 [GOODWORK 官网](#) 上找到它。



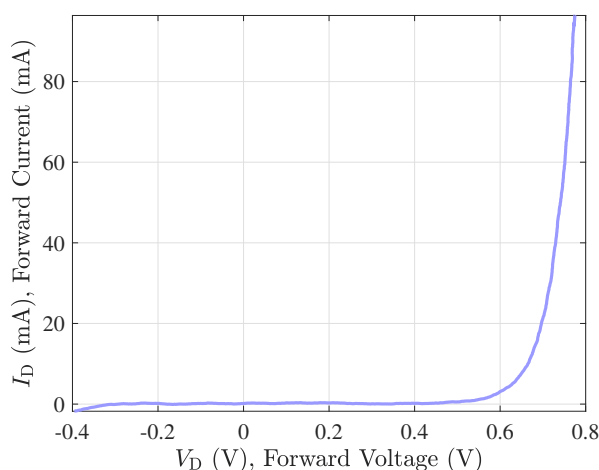
(a) The front side



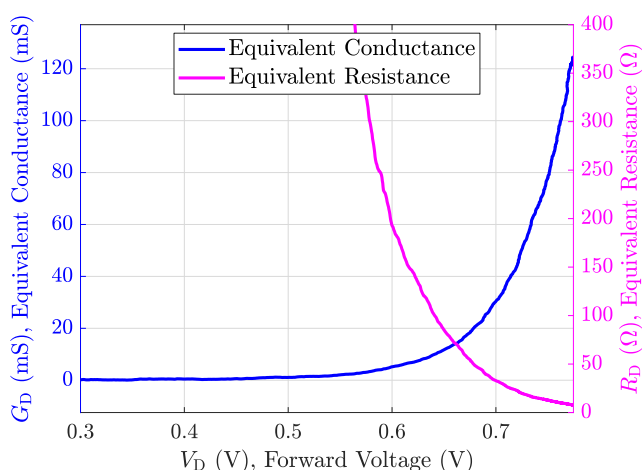
(b) The back side

图 4.1: 1N4007 [GOODWORK (固得沃克)]

Data Sheet 中的具体参数我们不再重复了, 可到数据手册中自行查找, 这里给出 1N4007 在经典 NMOS 反相器电路下的实际  $V$ - $I$  特性曲线。



(a) Voltage-Current Characteristics



(b) Resistance Characteristics

图 4.2: Characteristics of 1N4007

## § 4.2 Voltage regulator diode (稳压二极管)

## § 4.3 LED (Light Emitting Diode) (发光二极管)

### 4.3.1 XL-302 [XINGLIGHT (成兴光)]

XL-302SURD (red)、XL-302SURC (white)、XL-302UYD (yellow)、XL-302UYC (green)、是由 XINGLIGHT (成兴光, 中国广东) 生产的 LED, 可以在 [立创商城](#) 或 [XINGLIGHT 官网](#) 上找到它们。其实物图如下:

### 4.3.2 LED [某宝]

在某宝中购买大小和外观与 XL-302 相同的 LED, 其电气特性如下:

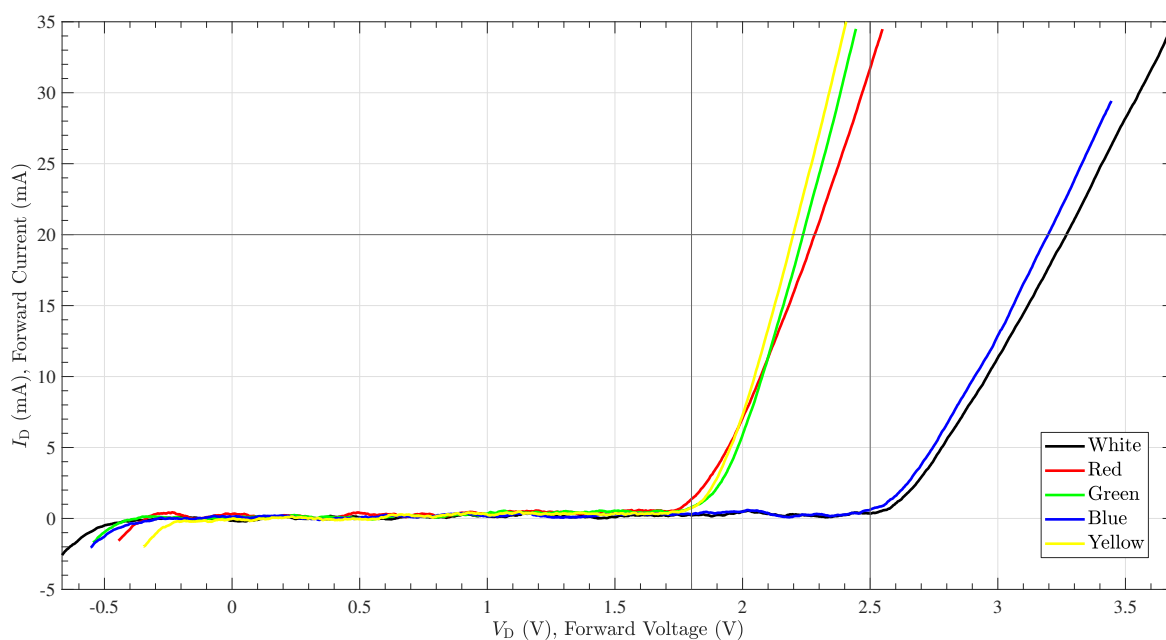


图 4.3: Voltage-Current Characteristics

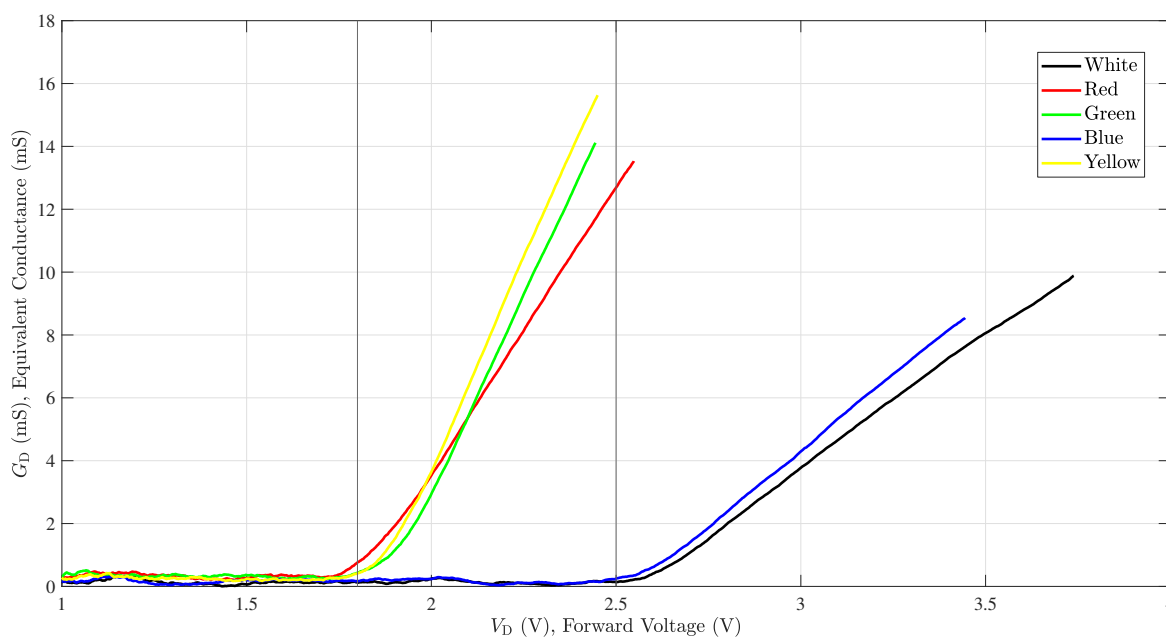


图 4.4: Equivalent Conductance Characteristics



由图可以看到，黄绿红三色导通电压  $V_{th}$  和 20 mA 工作压降  $V_D$  分别为：

$$V_{th} = 1.8 \text{ V}, \quad V_D = 2.3 \text{ V} \quad (\text{Yellow, Green, Red}) \quad (4.1)$$

而蓝色和白色 LED 的导通电压  $V_{th}$  和 20 mA 工作压降  $V_D$  分别为：

$$V_{th} = 2.5 \text{ V}, \quad V_D = 3.2 \text{ V} \quad (\text{Blue, White}) \quad (4.2)$$

## § 4.4 Schottky Diode (肖特基二极管)

## 第5章 Transistors (晶体管)

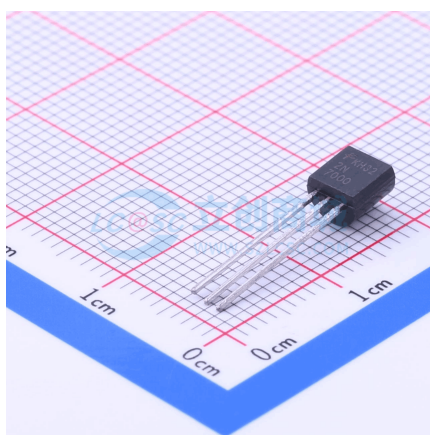
### § 5.1 BTJ (Bipolar Transistor Junction) (双极型晶体管)

### § 5.2 JFET (Junction Field Effect Transistor) (结型场效应晶体管)

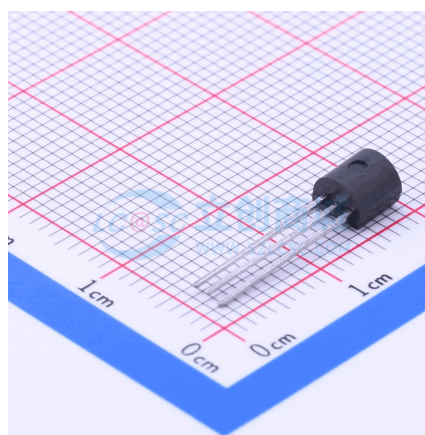
### § 5.3 MOSFET (Metal-Oxide -Semiconductor Field Effect Transistor) (金属氧化物半导体场效应晶体管)

#### 5.3.1 2N7000 [onsemi (安森美)]

2N7000 [onsemi (安森美)] 是由 onsemi 公司生产的 N-Channel Enhancement Mode Field Effect Transistor (N-Channel Enhancement MOSFET)，可以在 [立创商城](#) 或 [GOODWORK 官网](#) 上找到它。其实物图如下：



(a) The front side



(b) The back side

图 5.1: 2N7000 [onsemi (安森美)]

用经典反相器结构，取合适的电阻  $R_L$  用作电流表（我们这里取  $R_L = 5.2\Omega$ ），固定  $V_{GS}$ ，同时改变  $V_{DS}$ ，可以得到 MOS 的工作特性 (Operation Characteristics)  $I_{DS} = I_{DS}(V_{DS})$ ，这包括了导通特性 (On-Region Characteristics) 和体二极管特性 (Body Diode Characteristics)。

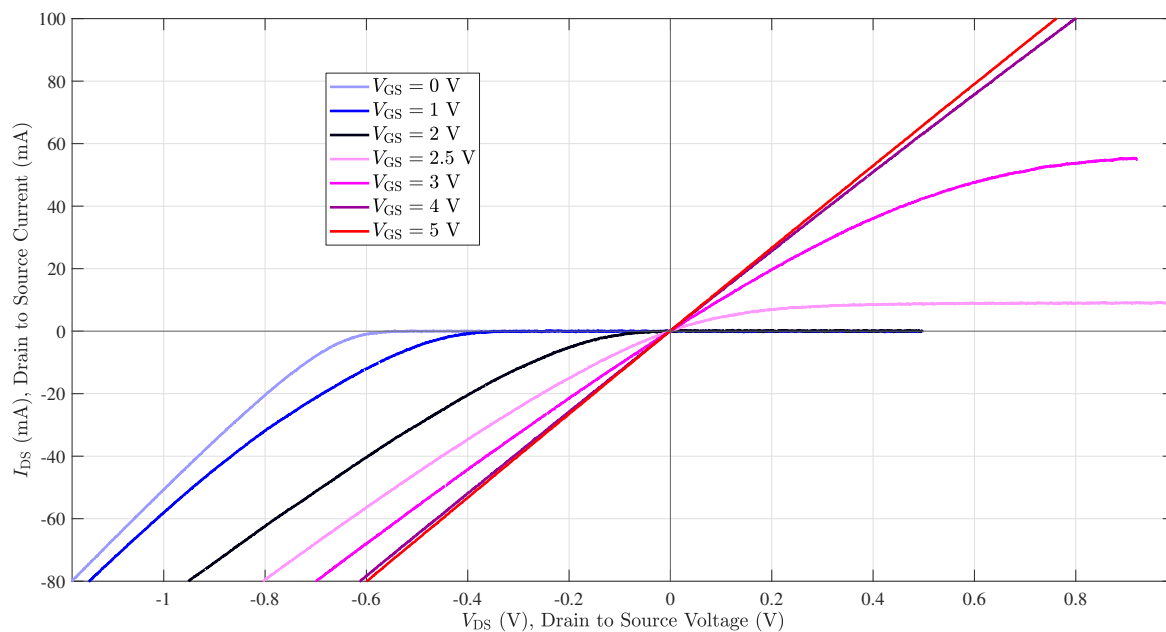


图 5.2: Operation Characteristics of 2N7000

依据实际测得的数据，可以计算出 MOS 的等效电导特性 (Equivalent Conductance Characteristics)，如下图所示：

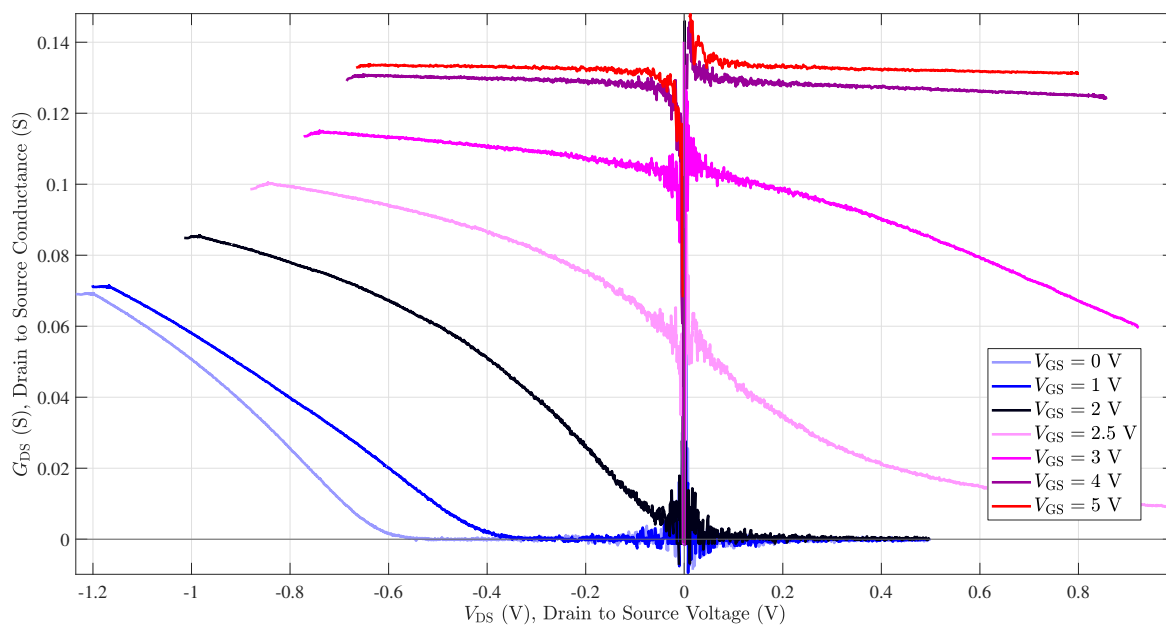


图 5.3: Equivalent Conductance Characteristics of 2N7000

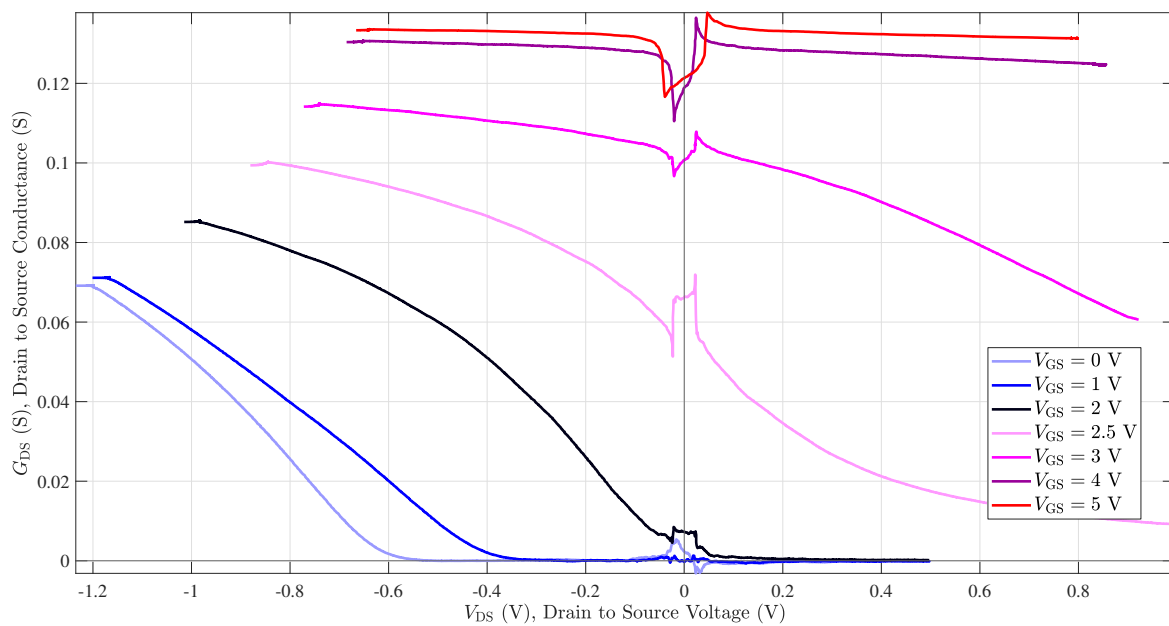


图 5.4: Filtered Equivalent Conductance Characteristics of 2N7000

固定  $V_{DS}$ , 改变  $V_{GS}$ , 串联万用表以测量  $I_{DS}$ , 得到 2N7000 的转移特性曲线  $I_{DS} = I_{DS}(V_{GS})$  如下:

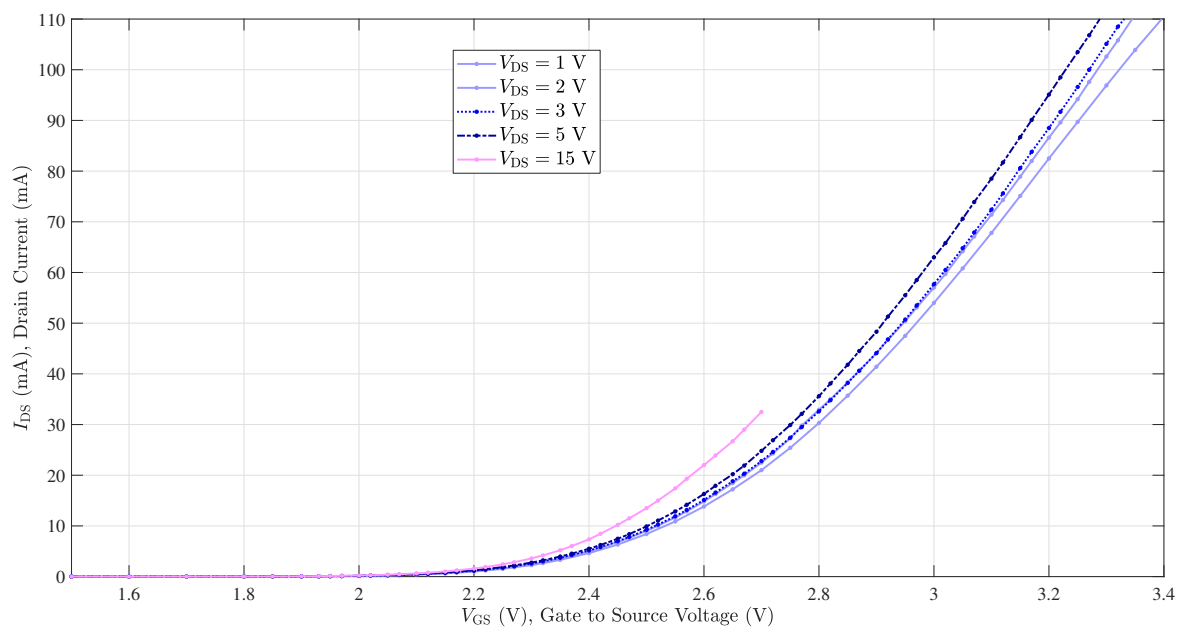


图 5.5: Transfer Characteristics of 2N7000

上图中  $V_{DS} = 15 \text{ V}$  时仅测到  $V_{GS} = 2.7 \text{ V}$ , 这是因为往后 MOS 管发热严重, 温度不断上升, 无法得到稳定示数。用  $V_{DS} = 15 \text{ V}$  时测得的数据拟合饱和电流公式  $I_{DS} = \frac{K}{2} (V_{GS} - V_T)^2$ , 其中  $K$  和  $V_T$  是待定参量, 得到:

$$V_T = 2.109 \text{ V}, \quad K = 0.182 \text{ A} \cdot \text{V}^{-2} = 182 \text{ mA} \cdot \text{V}^{-2} \quad (5.1)$$

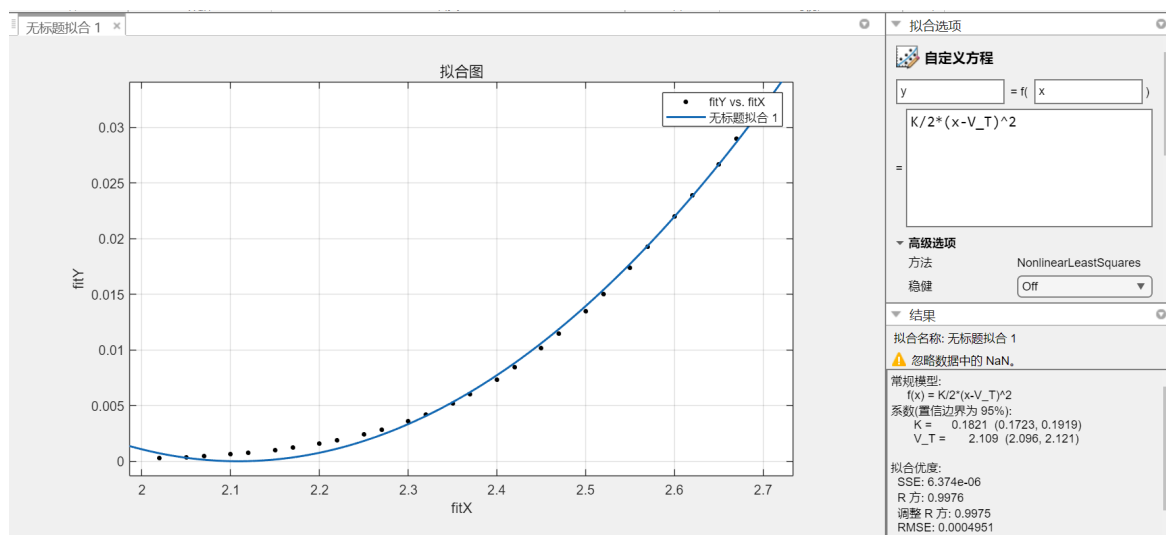


图 5.6: Threshold Voltage of 2N7000

## § 5.4 MODFET (Modulation Doped Field Effect Transistor) (调制掺杂场效应晶体管)

## § 5.5 Darlington Transistors (达林顿晶体管)

## 第 6 章 Amplifiers

§ 6.1 Common Emitter Amplifier (共射极放大器)

§ 6.2 Common Base Amplifier (共基极放大器)

§ 6.3 Common Collector Amplifier (共集极放大器)

§ 6.4 Common Source Amplifier (共源极放大器)

§ 6.5 MOSFET Amplifier (MOSFET 放大器)

6.5.1 LM258P

6.5.2 NE5532P

6.5.3 LM318N

§ 6.6 Class AB Amplifier (AB 类放大器)

## 第 7 章