

Electronic Formulas
Symbols&Circuits

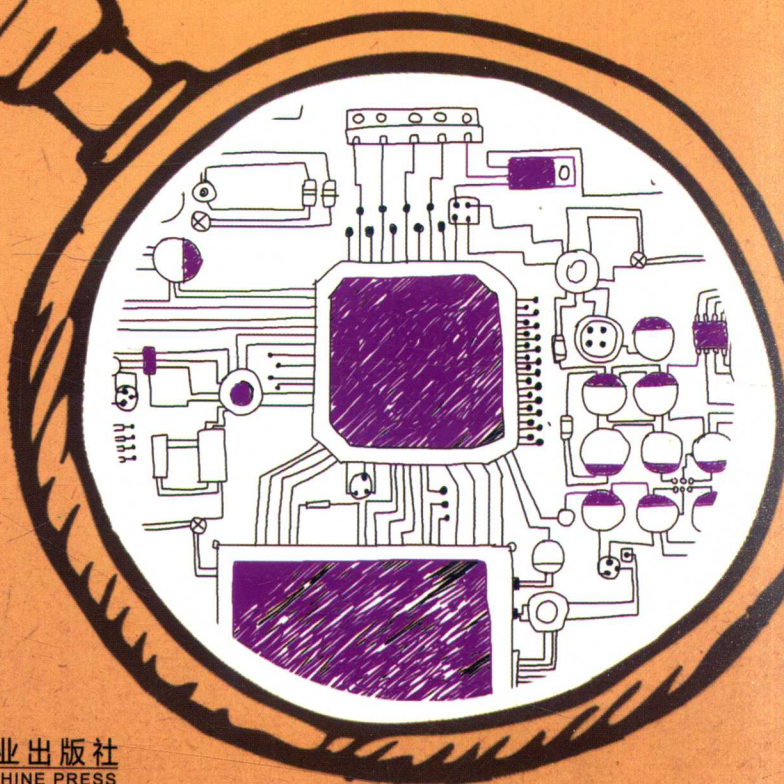
电子工程师成长笔记

手绘揭秘

电子电路 基本原理 和 符号

[美] 弗雷斯特·M.米姆斯三世 (Forrest M.Mims III) 著

侯立刚 译



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

Forrest M. Mims III

电子工程师成长笔记



手绘揭秘电子电路 基本原理和符号

[美] 弗雷斯特·M. 米姆斯三世(Forrest M. Mims III)著

侯立刚 译



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

ELECTRONIC FORMULAS, SYMBOLS AND CIRCUITS

By FORREST M. MIMS III

Copyright: © 1986, 1988, 2000, 2007 BY FORREST M. MIMS III

ALL RIGHTS RESERVED

This edition arranged with Forrest M. Mims III

Through BIG APPLE AGENCY, INC., LABUAN, MALAYSIA

Simplified Chinese edition copyright:

2019 China Machine Press

All rights reserved.

北京市版权局著作权合同登记 图字: 01-2017-8447 号。

图书在版编目 (CIP) 数据

手绘揭秘电子电路基本原理和符号/(美) 弗雷斯特·M. 米姆斯三世
(Forrest M. Mims III) 著; 侯立刚译. —北京: 机械工业出版社, 2019. 3
(电子工程师成长笔记)

书名原文: Electronic Formulas, Symbols & Circuits

ISBN 978-7-111-62030-3

I. ①手… II. ①弗…②侯… III. ①电子电路—普及读物 IV. ①TN7-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 028822 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 任 鑫 责任编辑: 任 鑫

责任校对: 梁 静 封面设计: 马精明

责任印制: 孙 炜

保定市中国画美凯印刷有限公司印刷

2019 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

147mm × 210mm · 7.25 印张 · 131 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-62030-3

定价: 39.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线: 010-88361066

读者购书热线: 010-68326294

网络服务

机 工 官 网: www.cmpbook.com

机 工 官 博: weibo.com/cmp1952

金 书 网: www.golden-book.com

教育服务网: www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

本书以工程师手绘笔记的形式描绘了一个生动、有趣的电子技术世界，书中内容包含有许多常用的电子学公式、图表、电路符号以及器件封装，还有基本的电阻和电容电路，以及使用压电蜂鸣器、LED、FET 和 IC 的许多电路，还包括从简单的门和振荡器到序列生成器、移位寄存器和数据选择器等大约 100 个数字逻辑电路。最重要的是，书中还提供了设计和测试技巧来帮助读者对电路进行规划以及故障排除。

本书适合于电子技术入门人员、青少年、职业院校师生，以及电子技术爱好者阅读。



□ 欢迎来到Forrest的学霸笔记世界

本书的作者 Forrest M. Mims III 先生是一位高产的作家、教师，迄今为止写了 69 本书，在《Nature》《Science》等知名杂志上累计发表了 1000 多篇文章，内容涉及科学、激光、计算机、电子等多个领域。他设计制作的设备被 NASA（美国国家航空航天局）用于太空中对大气污染的监测，并因相关研究获得杰出劳力士奖（Rolex Award）。令我震惊的不仅仅是 Forrest 先生的“产量”，而是他的书的特色：有意思，容易懂！书中真正深入浅出地用简单的笔记、手绘图的形式将诸多电路、传感器说得明明白白，引人入胜。

如果你还记得考试前努力借来的学霸同学的笔记，那么比那位学霸记录得更清楚、更明白、更全面的电子课笔记就在这里了。关键是还有图！手绘的图！很难弄明白 Forrest 先生怎么学得这么透彻，但看超级学霸的笔记会比看普通的教材容易得多，也有意思得多。

本书为你把电路符号（非常全）、基本公式、设计小贴士、测试小贴士、二极管、晶体管、功率晶体管、CMOS 电路、TTL 电路都一一画了出来。通过学习，以后你就不会

再对这些名词感到莫名的恐惧了，因为懂了！祝学习愉快！

作为一名教师，非常荣幸能有机会将本书翻译给同样幸运的读者。在感谢 Forrest 先生杰出工作的同时，也必须感谢机械工业出版社慧眼拾珍，为我们大家引荐了本书。

本书翻译得以完成，还要感谢叶彤旸、王海强、郭嘉、江南、吕昂等的协助和共同努力。在翻译的过程中，也得到了同事和家人的大力支持，在此一并感谢！

由于本书内容丰富，涉及大量相似和相近的元器件、电路，尽管译者一直认真仔细求证，但难免还会存在错误疏漏，恳请广大读者批评指正。

译者联系方式：houligang@bjut.edu.cn。

侯立刚

2019 年 1 月

content



目

录



欢迎来到 Forrest 的学霸笔记世界

1

公式、表以及基础电路 1

1.1 直流电路电子学公式 1

1.1.1 直流电 1

1.1.2 交流电 3

1.2 基础数学知识 5

1.2.1 符号 5

1.2.2 10 的 n 次方 6

1.2.3 代数的变换 7

1.2.4 指数定律 7

1.2.5 常用对数 8

1.2.6 分贝 8

1.2.7 数字进制系统 11

1.3 常数和标准 13

1.3.1 美国的衡量标准和措施 13

1.3.2 温度 16

1.3.3 铜线；相对电阻 17



1.3.4	音频频谱	18
1.3.5	声强级别	20
1.3.6	电磁频谱	21
1.3.7	无线电频谱	22
1.3.8	一些比较重要的频率 (MHz)	22
1.3.9	时间转换	24
1.3.10	波、脉冲和信号	25
1.4	代码及符号	30
1.4.1	字母表、ASCII 码和摩尔斯电码	30
1.4.2	希腊字母表及符号	32
1.4.3	电阻色标	33
1.4.4	变压器色标	34
1.5	电子学术语的缩写	35
1.6	基本电子电路	42
1.7	基本逻辑电路	48
1.8	电源	53

2

原理图符号、器件封装、设计及检测	57
------------------	----

2.1	原理图符号	58
2.1.1	天线、连线以及电感	58
2.1.2	电源、熔丝及屏蔽	61
2.1.3	电子管	62
2.1.4	麦克风、扬声器以及灯	63
2.1.5	连接器	64
2.1.6	开关	66
2.1.7	继电器	68
2.1.8	电动机、电磁阀、仪表	69



2.1.9 电阻	70
2.1.10 电容	71
2.1.11 半导体器件	72
2.2 元器件封装	77
2.2.1 电容、电阻	77
2.2.2 二极管	78
2.2.3 晶体管	79
2.2.4 集成电路	80
2.2.5 电池	81
2.2.6 灯	83
2.3 元器件处理	86
2.3.1 静电放电	87
2.3.2 ESD 处理注意事项	89
2.4 元器件测试	90
2.5 电路设计技巧	91
2.6 电路布局技巧	92
2.7 散热	93
2.8 焊接	96
2.9 故障排除	100
2.10 安全保障措施	104

3

基本的半导体电路	105
----------------	-----

3.1 电路组装技巧	105
3.2 电阻	106
3.3 电容	110
3.4 RC 电路	114
3.5 二极管及整流器	115
3.5.1 降压电路：稳压器	116



3.5.2	三角波到正弦波转换器	117
3.5.3	峰值读数电压表	117
3.5.4	保护电路	117
3.5.5	削波限幅电路	118
3.5.6	半波、全波整流器	119
3.5.7	电压倍增器	121
3.5.8	二极管逻辑门	122
3.5.9	十进制到二进制编码器	123
3.6	稳压二极管	125
3.6.1	调压器模式	125
3.6.2	电压指示器	126
3.6.3	电压变换器	126
3.6.4	波形限幅器	127
3.7	双极型晶体管	127
3.7.1	基本开关和放大器	128
3.7.2	继电器驱动器和中继控制器	128
3.7.3	LED调节器	130
3.7.4	晶体管放大器和晶体管混频器	130
3.7.5	音频振荡器	132
3.7.6	节拍器	133
3.7.7	逻辑探头	133
3.7.8	可调整笛	134
3.7.9	音频噪声发生器	134
3.7.10	单晶体管振荡器	135
3.7.11	开关去抖动电路	136
3.7.12	微型射频发射机	136
3.7.13	频率计	138
3.7.14	脉冲发生器	139



3.7.15	直流电表放大器	140
3.7.16	光/暗敏闪光器	141
3.7.17	高亮度闪光器	142
3.7.18	LED发射器/接收器	143
3.7.19	电阻-晶体管逻辑电路	143
3.8	结型场效应晶体管	146
3.8.1	基本开关和放大器功能	146
3.8.2	高阻抗传声器前置放大器	147
3.8.3	高阻抗音频混合器	148
3.9	功率 MOSFET	148
3.9.1	计时器	148
3.9.2	高阻抗扬声器放大器	150
3.9.3	双 LED 闪光器	150
3.10	单结晶体管	151
3.10.1	基本的 UJT 振荡器	151
3.10.2	低电压指示器	152
3.10.3	音效发生器	152
3.10.4	分钟计时器	153
3.11	压电蜂鸣器	153
3.11.1	电铃	154
3.11.2	音量调节器	154
3.11.3	逻辑接口	154
3.12	压电元件的驱动	155
3.12.1	固定音调型	155
3.12.2	频率可调型	155
3.13	可控硅整流器	156
3.13.1	锁定按钮开关	157
3.13.2	光控继电器	157

3.13.3 松弛振荡器	158
3.13.4 直流电动机调速控制器	158
3.14 三端双向可控硅开关元件 (TRIAC)	159
3.14.1 TRIAC 开关缓冲器	159
3.14.2 灯泡调光器	160

4

数字逻辑电路	161
4.1 开关逻辑	161
4.2 晶体管逻辑电路	162
4.3 二进制数码 (双状态)	163
4.4 逻辑门	164
4.5 TTL 和 TTL/LS 逻辑系列	167
4.5.1 使用建议	167
4.5.2 供电	168
4.6 TTL 输入接口	169
4.6.1 时钟脉冲发生器	170
4.6.2 无跳动开关	170
4.6.3 光敏晶体管转 TTL	171
4.6.4 比较器/运算放大器转 TTL	172
4.7 TTL 输出接口	172
4.7.1 驱动 LED	172
4.7.2 驱动压电蜂鸣器	173
4.7.3 驱动晶体管	173
4.7.4 驱动 SCR	174
4.8 TTL 与非门电路	174
4.9 TTL 应用电路	182
4.9.1 双路输出选择器	182
4.9.2 扩展器	183



4.9.3	两输入数据选择器	183
4.9.4	逻辑探针	184
4.9.5	一致表决器	185
4.9.6	分频计数器	186
4.9.7	两位BCD计数器	187
4.9.8	显示调光器/闪光器	188
4.9.9	0~99秒/分钟定时器	189
4.10	CMOS逻辑系列	189
4.10.1	操作要求	189
4.10.2	处理注意事项	190
4.10.3	供电	190
4.11	CMOS输入接口	191
4.11.1	时钟脉冲发生器	191
4.11.2	无跳变开关	192
4.11.3	光电池转CMOS	192
4.11.4	光敏晶体管转CMOS	193
4.11.5	比较器/运算放大器转CMOS	193
4.12	CMOS输出接口	193
4.12.1	增加输出	194
4.12.2	驱动LED	194
4.12.3	驱动晶体管	195
4.12.4	驱动SCR	196
4.13	CMOS与非门电路	196
4.14	CMOS应用电路	204
4.14.1	RS锁存器	204
4.14.2	相移振荡器	204
4.14.3	逻辑探头	205
4.14.4	四位数据总线控制器	205

4.14.5	四选一数据选择器	206
4.14.6	1-4 序列生成器	206
4.14.7	移位寄存器	208
4.14.8	循环计数器 (计数从 1 至 N)	208
4.14.9	可编程计时器	209
4.14.10	随机数发生器	210
4.14.11	分频器 (二分频)	211
4.15	逻辑类电路接口	211
4.15.1	TTL 转 TTL	211
4.15.2	TTL 转 CMOS	212
4.15.3	CMOS 转 CMOS	212
4.15.4	CMOS 转 TTL	212
4.16	数字逻辑电路故障排除	214

附录

电路符号对照表	215
---------	-----

公式、表以及基础电路

1.1 直流电路电子学公式

1.1.1 直流电

直流电流在一个方向上稳定地或以脉冲方式流动。

电流 (I)：某一点处电子流过的数量，单位为安培 (A)。

电压 (V)：电学中的压力或是驱动力，单位为伏特 (V)。

电阻 (R)：对电流流过的阻抗，单位为欧姆 (Ω)。

电位差：导体两端的电压差。

1.1.1.1 欧姆定律

1V 的电位差将迫使 1A 的电流通过 1 Ω 的电阻。欧姆定律有各种公式。

$$V = I \times R$$

帮你记欧姆定律

$$I = \frac{V}{R}$$



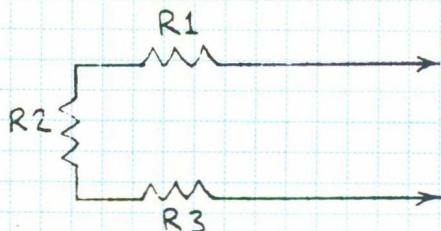
这张图表示出了 V 、 I 、 R 之间的关系。

$$R = \frac{V}{I}$$

$$P = I \times V \text{ (或) } I^2 \times R$$

1.1.1.2 电阻网络

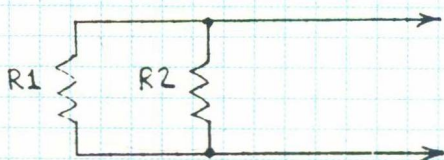
串联



R_T 为总阻值

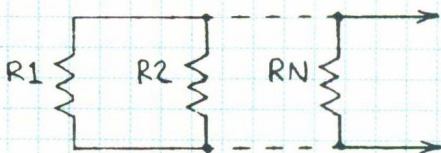
$$R_T = R1 + R2 + R3$$

两电阻并联



$$R_T = \frac{R1 \times R2}{R1 + R2}$$

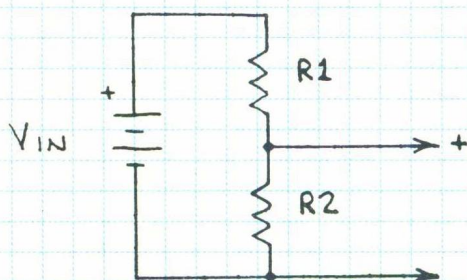
两个或两个以上电阻并联



$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \dots + \frac{1}{RN}}$$



分压器

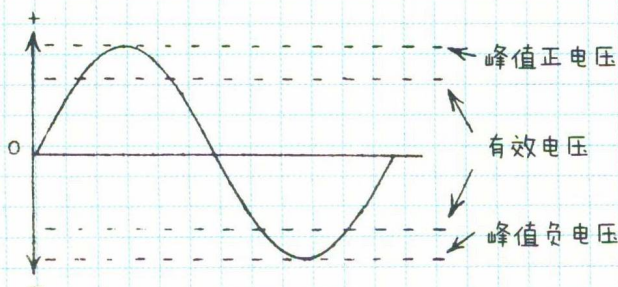


$$V_{OUT} = V_{IN} \times \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right)$$

R_1 和 R_2 可以组成电位器。

1.1.2 交流电

交流电在导体的两个方向上都有流动。



峰值电压：交流电的最大正向和负向偏移。

有效电压（方均根电压）：其数值等于与交流电做同样功时的直流电电压值。对于正弦函数交流电来说，其有效电压就是峰值电压乘上 0.707。

阻抗（Z）：电路表现出的对交流电的阻抗，单位为欧姆（Ω）。