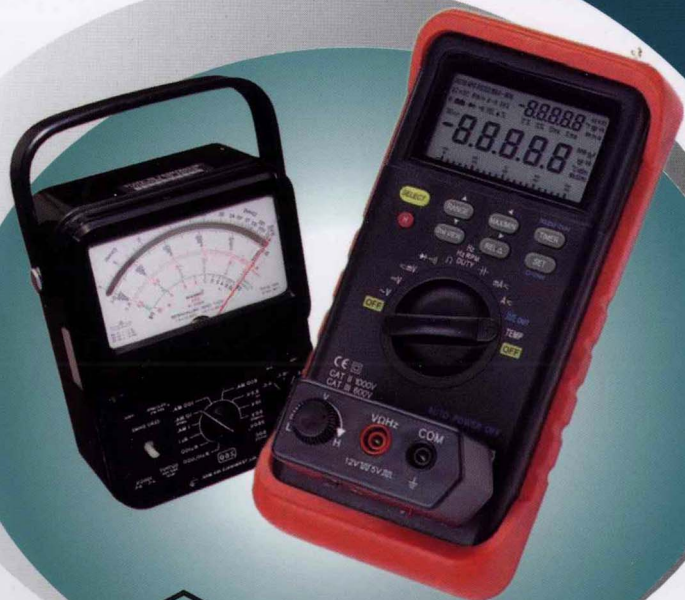


魏连荣 魏弢 编



万用表 使用入门

W/ANYONGBIAO SHIYONG RUMEN



化学工业出版社

○ 魏连荣 魏 弢 编



万用表 使用入门

W/ANYONGBIAO SHIYONG RUMEN



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

万用表使用入门/魏连荣, 魏弢编. —北京: 化学工业出版社, 2009. 2

ISBN 978-7-122-03876-0

I. 万… II. ①魏…②魏… III. 复用电表-基本知识
IV. TM938. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 160077 号

责任编辑: 卢小林
责任校对: 郑捷

文字编辑: 徐卿华
装帧设计: 刘丽华

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 北京市兴顺印刷厂

850mm×1168mm 1/32 印张 6 字数 148 千字

2009 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 18.00 元

版权所有 违者必究



前 言

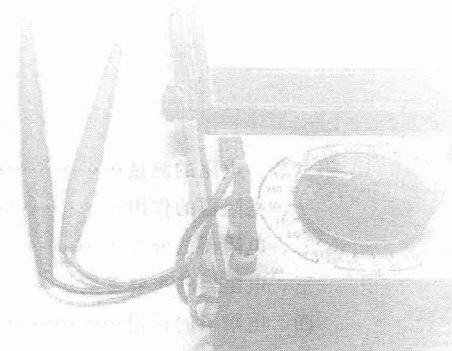
万用表是最常用的一种工具类电测仪表，它携带使用方便，可以完成多量程、多种电量的测量，在电子产品检测和电气工程领域被广泛使用。掌握万用表的使用方法和测量技巧是电子产品维修人员、电气工程从业人员及电子爱好者的一项基本技能。本书以学习使用万用表为主线，通过对万用表的结构、工作原理、使用调试方法、检测实例的介绍，帮助读者掌握用万用表检修电气线路和电子产品的方法。

本书首先介绍指针式万用表的基本原理、使用方法，同时以实例形式详细介绍了如何用指针式万用表检修各种家用电器、电器控制线路；其次介绍了数字万用表基本原理、使用方法及检测实例；最后对万用表的常见故障及检修方法进行了介绍。通过本书的学习，希望读者可以全面掌握使用万用表的技能，并能进行万用表的调试和常见故障的处理。

本书由魏连荣、魏弢编写，在编写过程中朱凤芝、徐红升、胡宝寅、梁艳辉、纪文华、秦立芳等老师给予了大力协助，在此一并表示感谢。

限于编者水平，书中疏漏之处敬请广大读者批评指正。

编 者



目 录

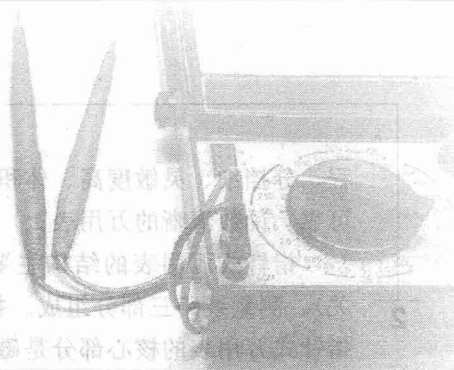
第一章 指针式万用表的基本知识	1
第一节 指针式万用表的结构	1
一、指针式万用表的结构	1
二、指针式万用表的测量电路	3
三、指针式万用表表头的结构	3
第二节 指针式万用表的测量原理	7
一、指针式万用表最基本的测量原理	7
二、直流电流挡的测量电路和工作原理	8
三、直流电压挡的测量电路和工作原理	9
四、交流电压挡的测量电路和工作原理	10
五、欧姆挡的测量电路和工作原理	12
第三节 指针式万用表的使用	13
一、主要技术指标	13
二、各主要旋钮的作用	13
三、表盘刻度	15
四、万用表的使用方法	16
五、使用注意事项	19
第四节 电压的测量	19
一、用直流电压挡测量直流电压	19
二、用交流电压挡测量交流电压	20
第五节 电流的测量	21
一、用直流电流挡测量直流电流	21
二、用交流电流挡测量交流电流	22

第六节	电阻的测量	23
一、	电阻器的作用	23
二、	电阻器的分类	23
三、	电阻器的主要参数	23
四、	电阻器的标记	25
五、	半可调式电阻器和电位器	27
六、	电阻器的测量	28
第七节	电容器、电感器的测量	30
一、	电容器的测量	30
二、	电感器的测量	36
第八节	电子器件的测量	43
一、	半导体二极管的测量	43
二、	半导体三极管的测量	52
三、	晶闸管的测量	62
第二章	万用表检修家用电器实例	67
第一节	电阻式加热元件的检修	67
一、	要求	67
二、	电热管的检测操作步骤	67
三、	电热管的更换	68
第二节	饮水机的故障检修	68
一、	要求	68
二、	检修基本步骤	68
三、	电热管的更换	70
第三节	家庭配电盘及照明电路的检修	70
一、	要求	70
二、	基本操作步骤	70
三、	漏电保护器主要保护功能、工作原理及其使用	71
四、	通电检查	72
第四节	电风扇的检修	73
一、	电风扇电路原理	73
二、	单相电动机的调速方法	74

三、单相异步电动机的检修步骤·····	75
四、电动机启动电容器的故障检修·····	77
第五节 洗衣机的检修·····	78
一、要求·····	78
二、单相洗衣机电动机绕组接线图·····	78
三、检修操作步骤·····	79
四、全自动洗衣机常见故障分析与排除·····	81
第六节 家用电冰箱的检修·····	84
一、电冰箱的结构和工作原理·····	84
二、电冰箱的电气控制·····	85
三、温控器的检测·····	86
四、启动器的检测·····	88
五、过载保护器的检测·····	88
六、单相异步电动机的检测·····	88
第七节 晶体管收音机的检修·····	89
一、晶体管收音机技术指标·····	89
二、晶体管收音机的工作原理·····	90
三、用万用表检测元器件(见表 2-1)·····	92
四、整机电路的检测与调试·····	93
第三章 数字万用表·····	97
第一节 数字万用表概述·····	97
一、数字万用表的特点·····	97
二、数字万用表的主要技术指标·····	98
三、数字万用表的组成·····	98
第二节 数字万用表构成及工作原理·····	99
一、数字电压表的组成和原理·····	99
二、数字多用表的组成和原理·····	102
第三节 常用数字万用表技术指标·····	105
一、数字万用表的特点·····	105
二、主要技术指标·····	105
三、各主要旋钮的作用·····	107

第四节 数字万用表的使用	108
一、使用方法	108
二、使用注意事项	109
第五节 数字万用表检测实例	110
一、测量手机电池电压	110
二、测量交流电网电压	110
三、测量收音机电源电流	110
四、测量节能灯的交流电流	111
五、测量电阻	111
六、测量二极管	112
七、三极管 h_{FE} 检测	113
八、检查线路通断	113
第六节 电器元件的测量	113
一、主令电器	114
二、交流接触器	119
三、继电器	122
四、低压断路器	129
五、低压开关类电器	131
六、漏电保护断路器	132
七、熔断器	133
第七节 用万用表检修电气控制线路	135
一、接触器联锁的正反转控制线路	135
二、自动循环控制	139
三、电气控制线路的检修步骤	140
四、电气控制线路的检修方法	141
第四章 万用表的常见故障处理和组装方法	145
第一节 指针式万用表常见故障的检修	145
一、万用表电阻挡常见故障分析	145
二、直流电流挡的故障分析及排除	145
三、直流电压挡的故障分析及排除	146
四、交流电压挡的故障分析及排除	146

五、万用表常见故障及原因	147
六、使用万用表的注意事项	148
第二节 指针式万用表的测量及校试	149
一、测量表头灵敏度 I_0 和内阻 R_0	149
二、指针式万用表校试方法	150
第三节 数字万用表的检修方法	153
一、常见故障类型	153
二、故障诊断的基本方法	154
三、故障的处理方法	155
第四节 万用表的组装	157
一、识读电路原理图	157
二、实训准备器材	159
三、器件检测	160
四、万用表的组装要求和工艺	162
五、组装操作要点	163
第五章 常用万用表简介	173
第一节 指针式万用表	173
一、500 型万用表	173
二、MF30 型万用表	173
第二节 数字式万用表	175
一、DT830 型数字式万用表	175
二、DT890D 型数字式万用表	178
参考文献	180



第一章

指针式万用表的基本知识

万用表是一种可以实现多量程、多种电量测量的便携式电气测量仪表，一般可以用来测量直流电流、直流电压、交流电压、电阻和音频电平等电参量。除此之外，有的万用表还可以测量交流电流、晶体管放大倍数、电感、电容等参数。万用表广泛应用于无线电、通信和电工测量等领域。万用表按结构可分为指针式万用表和数字式万用表，本章讨论指针式万用表的结构、工作原理及使用方法。掌握常用电器元件的基本参数，会使用万用表测试器件的性能参数，掌握万用表的使用方法。

第一节 指针式万用表的结构

指针式万用表是电工常用仪表，在设备安装和维护中经常使用。掌握万用表的类型、结构、工作原理、技术指标以及正确地选择、使用和维护万用表是非常重要的。

一、指针式万用表的结构

指针式万用表的型号很多，但结构基本相同，使用方法基本相同。本书主要以 MF47 型指针式万用表为例，介绍指针式万用表的相关知识。MF47 型万用表具有 26 个基本量程和电平、电容、电感、晶体管直流参数等 7 个附加参数量程，是一种多量



程、分挡细、灵敏度高、体积小、重量轻、性能稳定、过载保护可靠、读数清晰的万用表。

指针式万用表的结构主要由表头、转换开关（又称选择开关）、测量线路三部分组成。指针式万用表的外形如图 1-1 所示。指针式万用表的核心部分是磁电式微安表头，它由固定和可动部分组成，固定部分由永久磁铁、极靴、圆柱铁芯、表盘和弧形反光板组成，可动部分由绕在铝框上的线圈、指针、游丝弹簧和机械零位调整器组成。转换开关有固定触点和活动触点，旋转转换开关使活动触点位于不同位置，接通相应的触点，构成相应的测量电路。在磁电式微安表头上加上元器件构成测量电路可以实现电阻测量、直流电流测量、直流电压测量和交流电压测量等功能，并可以通过转换开关进行选择。当表头并联上不同阻值的分流电阻时，就构成不通量程的直流电流表；当表头串联上不同阻值的电阻时，就构成不同量程的直流电压表；当表头上加上整流器、分流电阻时，就构成多量程的交流电流表和交流电压表；当表头外接电池和加上附加电阻、分流电阻时，就构成多量程的欧姆表。用指针式万用表测电压和电流时，外部有电流通入表头，

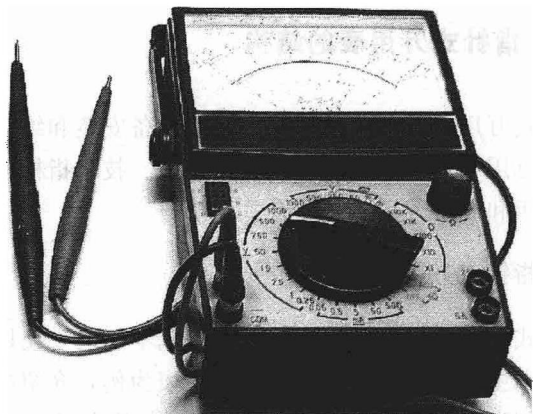


图 1-1 指针式万用表外形



因此不需内接电池；测电阻时外部没有电流通入，因此必须使用内部电池作为电源。

指针式万用表的表笔分为红、黑表笔。使用时应将红表笔插入标有“+”号的插孔中，黑色表笔插入标有“-”号的插孔中。另外，MF47型万用表还提供2500V交直流电压扩大插孔以及5A的直流电流扩大插孔。使用时分别将红表笔移至对应插孔中即可。

二、指针式万用表的测量电路

MF47型万用表测量电路原理图如图1-2所示，电路主要包括直流电路测量、直流电压测量、交流电压测量和电阻测量、晶体管参数测量等多种电量测量电路。其中，直流电流测量分为 $50\mu\text{A}$ 、 $500\mu\text{A}$ 、 5mA 、 50mA 、 500mA 和 5A 6挡选择，直流电压测量分为 0.25V 、 0.5V 、 2.5V 、 10V 、 50V 、 250V 、 500V 、 1000V 和 2500V 9挡选择，交流电压测量分为 10V 、 50V 、 250V 、 500V 、 1000V 和 2500V 6挡选择，电阻测量分为 $\times 1\Omega$ 、 $\times 10\Omega$ 、 $\times 100\Omega$ 、 $\times 1\text{k}\Omega$ 和 $\times 10\text{k}\Omega$ 5挡选择，电路还可以对电容、晶体管的 h_{FE} 参数和音频电平等进行测量。除交直流2500V和直流5A分别有单独的插座外，其余只需旋转选择开关，即可选择相应的测量挡位。测量机构采用硅二极管保护，保证过载时不损坏表头，并且电路设有 0.5A 保险丝以防止万用表误用时烧坏电路。

三、指针式万用表表头的结构

指针式万用表的表头为磁电式仪表，磁电式仪表是指利用仪表可动线圈中的被测电流产生的磁场和固定的永久磁铁产生的恒定磁场之间的相互作用来工作的仪表。磁电式仪表的结构如图1-3所示。它的固定部分主要是磁路，包括永久磁铁、极掌（永久磁铁靠近圆柱形铁芯的端面）和圆柱形铁芯，极掌与铁芯间有均匀分布的气隙；它的可动部分套在圆柱形铁芯的外面，由转

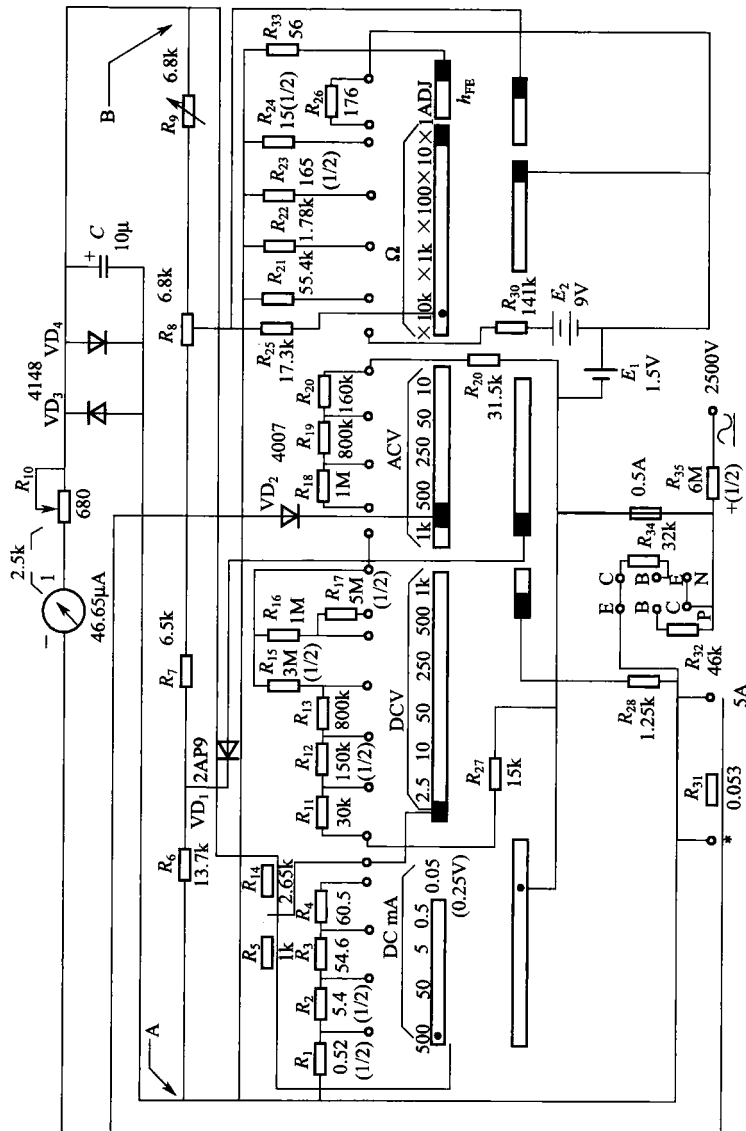
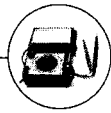


图 1-2 MF47 型万用表测量电路原理图





轴、指针、线圈、旋转弹簧（游丝）及铝框等组成。线圈绕在铝框的外边，工作时可动线圈中通以被测电流。转轴分为前后两部分，均与铝框相连，前面的转轴上安装旋转弹簧，旋转弹簧一端固定，一端与线圈的出线端相连，用以将被测电流引入线圈中，同时旋转弹簧用来产生反作用力矩。

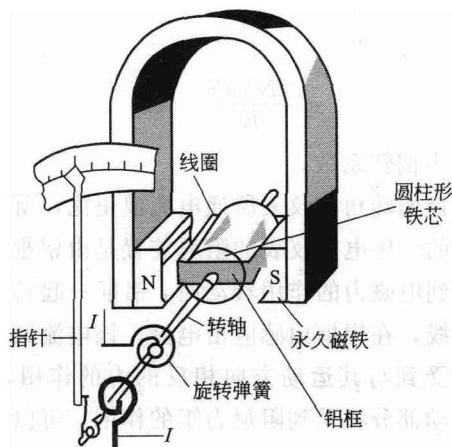


图 1-3 磁电式仪表的结构

用磁电式仪表进行测量时，可动线圈中通入被测电流，由于永久磁铁产生恒定磁场，通电线圈在恒定磁场中受到电磁力的作用，根据左手定则，可以判断线圈的两个有效边受到的力大小相等，方向相反（上下两个方向），对线圈所连接的转轴形成力矩的作用，其大小为

$$T = Fb = B(NI)lb = NBIS \quad (1-1)$$

式中， T 为电磁转矩； F 为电磁力； b 为线圈的宽度； B 为磁感应强度； N 为线圈的匝数； I 为电流强度； l 为线圈的有效长度； S 为线圈的面积。

上面的这个电磁转矩使得转轴带动指针偏转，同时旋转弹簧随转轴旋转，产生反作用力矩。显然旋转弹簧的反作用力矩与指



针的偏转角成正比，即

$$T_f = K_f \alpha \quad (1-2)$$

式中， T_f 为旋转弹簧的反作用力矩； K_f 为反转矩系数； α 为指针的偏转角。

当反作用力矩与转动力矩平衡时，指针停止偏转，即

$$T = T_f$$

这时，偏转角

$$\alpha = \frac{NBIS}{K_f} = KI \quad (1-3)$$

式中， K 为偏转系数。

上式说明，指针偏转角与仪表所通电流成正比，所以磁电式仪表的刻度是线性的。磁电式仪表的阻尼装置是由铝框兼顾的。当铝框上的线圈受到电磁力的作用转动时，铝框一起转动，将切割永久磁场的磁力线，在铝框内感应出电流，该电流又与恒定磁场作用，使得铝框受到与其运动方向相反的力的作用，产生制动力矩。仪表的可动部分将受到阻尼力矩的作用，可以消除振荡，使指针迅速停止在平衡位置。

从前面的分析可知，磁电式仪表只能通入直流电，若通入交流电，由于可动部分的转动惯量大，电流频率变化较快，因而来不及随转矩的变化而转动，偏转角只能由平均转矩来决定。因为转矩由电流产生，正弦交流电的平均值为零，平均转矩也为零，指针摇摆后最终回到零，所以磁电式仪表不能测交流电。

若在测量电路中增加一个整流环节，即将交流电整流后再加给线圈，则电流的平均值不再为零。将此平均值与交流电的有效值的比例关系考虑到刻度中去，就可以用来测量交流电的有效值。一般这类仪表都是针对正弦交流电来设计的，所以可以直接用来测量正弦交流电的有效值。对于非正弦交流电，由于刻度并不是按照其有效值进行标注的，故不能测量其有效值。



磁电式仪表的优点是刻度均匀，仪表内部耗能小，灵敏度和准确度较高。另外，由于仪表本身的磁场较强，所以抗外界磁场干扰能力较强。磁电式仪表的缺点是结构复杂，价格较高，过载能力小，且只能用来测量直流。由于磁电式仪表准确度较高，所以经常用作实验室仪表和高精度的直流标准表，通常用来测直流电流、直流电压，也用作万用表的表头。

使用磁电式仪表的注意事项有：测量时，电流表要串联在被测的支路中，电压表要并联在被测电路中；使用直流表，电流必须从“+”极性端进入，否则指针将反向偏转；一般的直流电表不能用来测量交流电，仪表误接交流电时，指针虽无指示，但可动线圈内仍有电流通过，若电流过大，将损坏仪表；磁电式仪表过载能力较低，注意不要过载。

第二节 指针式万用表的测量原理

一、指针式万用表最基本的测量原理

指针式万用表的基本测量电路原理图如图 1-4 所示。

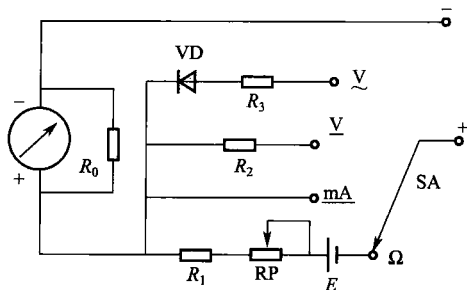


图 1-4 指针式万用表基本测量电路原理图

测量交流电压时把转换开关 SA 拨到 \tilde{V} 挡，通过二极管 VD 整流，电阻 R_3 限流由表头显示被测交流电压值。



测量直流电压时把转换开关 SA 拨到 \underline{V} 挡, 被测直流电压通过限流电阻 R_2 由表头显示出来。

测量电阻时把转换开关 SA 拨到 “ Ω ” 挡, 使用内部电池作电源, 由外接的被测电阻、 E 、 R_P 、 R_1 和表头部分组成闭合电路, 形成的电流使表头的指针偏转。设被测电阻为 R_X , 表内的总电阻为 R , 形成的电流为 I , 则

$$I = \frac{E}{R_X + R}$$

可以看出, I 与 R_X 是非线性关系, 所以表盘上电阻标度尺的刻度是不均匀的。当 R_X 增加时 I 减小, 因此电阻挡的标度尺刻度是反向分度, 即 $R_X = 0$, 电流最大指针指向满刻度处; $R_X \rightarrow \infty$, 电流为 0, 指针指在表头机械零点上。因此在测量电阻时应注意。

测量直流电流时把转换开关 SA 拨到 \underline{mA} 挡, 表头即可以显示被测直流电流值。

二、直流电流挡的测量电路和工作原理

磁电式表头的指针偏转角与通过线圈的电流成正比, 刻度盘上的读数即可指示被测电流的大小。表头的满偏电流是 $46.2\mu A$, 在测量大电流和多量程电流时必须加上不同的分流电阻分流并且并联电路的电流分配与电阻成反比。直流电流测量电路原理图如图 1-5 所示, 以 $5mA$ 挡为例。通过对 $5mA$ 挡电流测量电路的分流电阻分析计算即可熟悉直流电流测量电路的工作原理。

由电路图可以得到如下方程:

$$R_X I_X = (R_1 + R // R_g) I_1$$

$$I_R + I_g = I_1$$

$$R_g I_g = R I_R$$

$$I_1 + I_X = I$$