

图解实用电子技术入门丛书

图解

电子电路图

识读方法与技巧

门宏 ○ 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

014006977

TN710-64
17

图解实用电子技术入门丛书

图解电子电路图 识读方法与技巧

门 宏 主编



机械工业出版社



北航

C1694121

TN710-64

17

本书是《图解实用电子技术入门丛书》中的一本,详细讲解了电路图的基础知识、电路图符号、电路图画法规则、元器件的特点与作用、看懂电路图的方法与技巧等实用知识和技能,并重点讲解了放大与振荡电路、电源电路和数字电路,以更通俗、更易懂、更给力的形象展现在读者朋友面前。

本书适合广大电子技术初学者、家电维修人员和相关行业从业人员阅读学习,并可作为职业技术学校 and 务工人员上岗培训的基础教材。

图书在版编目(CIP)数据

图解电子电路图识读方法与技巧/门宏主编. —北京:机械工业出版社, 2013.9

(图解实用电子技术入门丛书)

ISBN 978-7-111-43932-5

I. ①图… II. ①门… III. ①电子电路—电路图—识别—图解
IV. ①TN710-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第209784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:徐明煜 责任编辑:徐明煜 顾谦

版式设计:霍永明 责任校对:张媛

封面设计:赵颖喆 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2013年9月第1版第1次印刷

148mm×210mm·9.125印张·294千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-43932-5

定价:29.90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

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面防伪标均为盗版

前 言

电子技术是现代社会的基石之一，大到现代化建设、社会经济发展、国防科技，小到日常生活、饮食起居、娱乐淘宝，电子技术无处不在，电子技术的魔力近乎无所不能。学习和掌握实用的电子技术，也越来越成为众多年轻人的追求，电子技术的粉丝群体越来越庞大。

为了帮助广大初学者更好、更快地学会电子技术，我们编写了这套《图解实用电子技术入门丛书》。本丛书以“实用”为宗旨、以“图解”为特色、以“入门”为出发点，在内容安排上淡理论而重实用，以介绍实用技术与操作技能为主，使读者能够更快地学会实用性的知识技能。在写作形式上力求直观易懂，配以大量插图，用图解的形式帮助读者更好地理解 and 掌握电子技术。本丛书将以更通俗、更易懂、更给力的形象展现在读者朋友面前。

《图解电子电路图识读方法与技巧》是本丛书中的一本，内容涵盖了识读电子电路图所必备的基础知识、符号画法、方法步骤和技能技巧。

全书共分8章，第1章讲解电路图的基础知识，第2章讲解电路图符号，第3章讲解电路图画法规则，第4章讲解元器件的特点与作用，第5章讲解看懂电路图的方法与技巧，第6章讲解放大与振荡电路，第7章讲解电源电路，第8章讲解数字电路。各章都从实用的角度，以图解的方式详细讲解基本知识和方法步骤，并通过具体实例，重点讲解看图的技能与技巧。

本书由门宏主编，参加本书编写的还有门雁菊、施鹏、张元景、吴敏、张元萍、李扣全、吴卫星等。本书适合广大电子技术初学者、家电维修人员和相关行业从业人员阅读学习，并可作为职业技术学校 and 务工人员上岗培训的基础教材。书中如有不当之处，欢迎广大读者朋友批评指正。

编著者

目 录

前言

第 1 章 认识电路图	1
1.1 电路图的种类——从不同侧面反映电路	1
1.1.1 电路原理图	1
1.1.2 框图	1
1.1.3 电路板图	2
1.1.4 实物图	2
1.2 电路图的构成——符号与字符的集合	3
1.2.1 图形符号	3
1.2.2 文字符号	3
1.2.3 注释性字符	4
1.2.4 元器件型号的标注方法	4
1.2.5 电阻值的标注方法	5
1.2.6 电容量的标注方法	6
1.2.7 电感量的标注方法	6
1.3 看懂电路图的基础知识	7
1.3.1 电压	7
1.3.2 电流	8
1.3.3 电阻	9
1.3.4 欧姆定律	9
1.3.5 功率	9
1.3.6 串联	9
1.3.7 并联	10
第 2 章 电路图符号列表	12
2.1 元器件符号	12
2.1.1 无源元件符号	12
2.1.2 半导体管和电子管符号	15
2.1.3 换能器件符号	23

2.1.4 控制、保护与指示器件符号	28
2.1.5 集成电路符号	34
2.2 绘图符号	44
2.2.1 轮廓符号	44
2.2.2 限定符号	44
2.2.3 导线和接地符号	46
第3章 电路图的画法规则	49
3.1 图形符号的位置与状态	49
3.1.1 图形符号的方位	49
3.1.2 集中画法与分散画法	49
3.1.3 操作性器件的状态	50
3.2 连接线的画法	51
3.2.1 导线的连接与交叉	51
3.2.2 连接线的简化画法	51
3.2.3 连接线的中断画法	52
3.2.4 非电连接的表示方法	52
3.3 集成电路的画法	52
3.3.1 集成运放和电压比较器的画法	53
3.3.2 集成稳压器和时基电路的画法	53
3.3.3 电压放大器和功率放大器的画法	53
3.3.4 数字集成电路的画法	53
3.4 电源线与地线的画法	55
3.4.1 电源线与地线的安排	55
3.4.2 电源线与地线的分散画法	55
3.4.3 集成电路的电源线	56
3.5 电路图的走向	56
3.5.1 一般电路的走向	56
3.5.2 反馈电路的走向	57
3.5.3 复杂电路的走向	57
第4章 元器件的特点与作用	58
4.1 无源元件	58
4.1.1 电阻器	58
4.1.2 电位器	61
4.1.3 电容器	64

4.1.4	电感器	68
4.1.5	变压器	70
4.1.6	晶体	74
4.2	半导体管	75
4.2.1	二极管	76
4.2.2	晶体管	80
4.2.3	场效应晶体管	83
4.2.4	单结晶体管	86
4.2.5	晶闸管	89
4.3	光电器件	93
4.3.1	光敏二极管	93
4.3.2	光敏晶体管	95
4.3.3	光耦合器	96
4.3.4	发光二极管	98
4.3.5	LED 数码管	101
4.4	集成电路	102
4.4.1	集成稳压器	102
4.4.2	集成运算放大器	106
4.4.3	时基集成电路	110
4.5	数字集成电路	114
4.5.1	门电路	114
4.5.2	RS 触发器	119
4.5.3	D 触发器	121
4.5.4	单稳态触发器	122
4.5.5	施密特触发器	124
第 5 章	看懂电路图的方法与技巧	126
5.1	基本看图方法与步骤	126
5.1.1	了解电路整体功能	126
5.1.2	判断电路图走向	127
5.1.3	分解电路图	128
5.1.4	分析主通道电路	129
5.1.5	分析辅助电路	130
5.1.6	分析直流供电电路	130
5.1.7	具体分析各单元电路	131

5.2 单元电路的看图方法	131
5.2.1 了解单元电路的作用与功能	131
5.2.2 分析输入与输出的关系	132
5.2.3 掌握单元电路的结构特点	134
5.2.4 等效电路分析法	136
5.3 集成电路的看图方法	137
5.3.1 了解集成电路的基本功能	137
5.3.2 识别集成电路的引脚	139
5.3.3 从输入、输出关系上分析	145
5.3.4 从集成电路的接口关系上分析	149
5.4 数字电路的看图方法	150
5.4.1 掌握数字电路的引脚特征	150
5.4.2 数字电路图的一般分析方法	157
5.4.3 组合逻辑电路的分析方法	159
5.4.4 时序逻辑电路的分析方法	161
第6章 放大与振荡电路详解	165
6.1 电压放大单元电路分析	165
6.1.1 单管电压放大器	165
6.1.2 双管电压放大器	167
6.1.3 具有负反馈的电压放大器	169
6.1.4 集成运放电压放大器	172
6.1.5 CMOS 电压放大器	173
6.1.6 电压跟随器	174
6.2 功率放大单元电路分析	176
6.2.1 单管功率放大器	176
6.2.2 双管推挽功率放大器	177
6.2.3 OTL 功率放大器	180
6.2.4 OCL 功率放大器	184
6.2.5 集成功率放大器	185
6.2.6 BTL 功率放大器	186
6.3 选频放大单元电路分析	189
6.3.1 谐振电路	189
6.3.2 中频放大器	190
6.3.3 高频放大器	191

6.4 正弦波振荡单元电路分析	192
6.4.1 变压器耦合振荡器	193
6.4.2 三点式振荡器	193
6.4.3 晶体振荡器	196
6.4.4 RC 振荡器	197
6.5 电路实例解读——双声道功率放大器	200
6.5.1 电路图总体分析	200
6.5.2 主通道电路分析	202
6.5.3 扬声器保护电路分析	203
6.5.4 电源电路分析	205
6.6 电路实例解读——自动选台立体声调频收音机	206
6.6.1 电路图总体分析	206
6.6.2 调频接收放大与鉴频电路分析	207
6.6.3 立体声解码电路分析	208
6.6.4 音频功率放大器分析	208
6.7 电路实例解读——红外无线耳机	209
6.7.1 电路图总体分析	209
6.7.2 红外调幅发射电路分析	210
6.7.3 线性红外接收电路分析	211
6.7.4 电压负反馈放大器分析	212
6.7.5 自动电平控制电路分析	212
6.7.6 集成功率放大器分析	213
第7章 电源电路详解	214
7.1 整流滤波单元电路分析	214
7.1.1 整流电路	214
7.1.2 负压整流电路	218
7.1.3 滤波电路	220
7.1.4 倍压整流电路	223
7.2 稳压单元电路分析	225
7.2.1 简单稳压电路	225
7.2.2 串联型稳压电路	227
7.2.3 采用集成稳压器的稳压电路	230
7.3 电路实例解读——直流稳压电源	231
7.3.1 电路图总体分析	232

7.3.2 整流滤波电路分析	233
7.3.3 稳压单元电路分析	234
7.3.4 指示电路分析	237
7.4 电路实例解读——电子节能灯	237
7.4.1 电路图总体分析	237
7.4.2 市电直接整流电路分析	239
7.4.3 高压高频振荡器分析	239
7.4.4 谐振启辉电路分析	241
第8章 数字电路详解	243
8.1 单稳态触发器电路分析	243
8.1.1 晶体管单稳态触发器	243
8.1.2 门电路构成的单稳态触发器	245
8.1.3 D 触发器构成的单稳态触发器	247
8.1.4 时基电路构成的单稳态触发器	248
8.2 双稳态触发器电路分析	249
8.2.1 晶体管双稳态触发器	249
8.2.2 门电路构成的双稳态触发器	252
8.2.3 D 触发器构成的双稳态触发器	253
8.2.4 时基电路构成的双稳态触发器	254
8.3 施密特触发器电路分析	254
8.3.1 晶体管施密特触发器	255
8.3.2 门电路构成的施密特触发器	256
8.4 多谐振荡器电路分析	257
8.4.1 晶体管多谐振荡器	257
8.4.2 门电路构成的多谐振荡器	259
8.4.3 时基电路构成的多谐振荡器	261
8.4.4 单结晶体管构成的多谐振荡器	262
8.4.5 施密特触发器构成的多谐振荡器	264
8.5 电路实例解读——倒计时定时器	264
8.5.1 电路图总体分析	264
8.5.2 门电路多谐振荡器分析	267
8.5.3 60 分频器分析	267
8.5.4 减计数器分析	268
8.5.5 译码显示电路分析	268

8.5.6	电源电路分析	269
8.6	电路实例解读——无线电遥控车模	269
8.6.1	电路图总体分析	269
8.6.2	遥控发射电路分析	271
8.6.3	遥控接收控制电路分析	272
8.6.4	驱动电路分析	273
8.6.5	逻辑互锁控制电路分析	274
8.7	电路实例解读——彩灯控制器	274
8.7.1	电路图总体分析	274
8.7.2	双向移位寄存器分析	276
8.7.3	控制电路分析	277
8.7.4	交流固态继电器驱动电路分析	279

第1章 认识电路图

看懂电路图是学习和掌握电子技术的一项重要内容。要看懂电路图，首先就要认识电路图，知道什么是电路图，电路图有哪些种类，它们具有什么样的功能和作用。

1.1 电路图的种类——从不同侧面反映电路

什么是电路图？用一句话来说，电路图就是关于电路的图样。电路图由各种符号和线条按照一定的规则组合而成，反映了电路的结构与工作原理。广义的电路图概念包括电路原理图、框图、电路板图以及实物图等。通常所说的电路图是指电路原理图。

1.1.1 电路原理图

电路原理图由各种特定的抽象符号和字符组成，是一种反映电子设备中各元器件电气连接情况的图样。通过电路原理图，可以详细了解电子设备的电路结构、工作原理和接线方法，还可以进行定量的计算分析和研究。电路原理图是电子制作和维修的最重要的依据。

例如，图 1-1 所示为调频无线传声器电路原理图，它用抽象的符号反映出调频无线传声器的电路结构与工作原理。

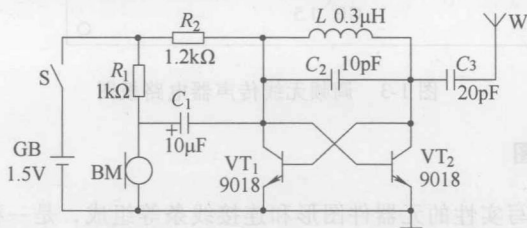


图 1-1 调频无线传声器电路原理图

1.1.2 框图

框图由方框、线条和说明文字组成，是一种概括地反映电子设备的电

路结构与功能的图样，有助于从整体上了解和研究电路原理。

例如，图 1-2 所示为调频无线传声器框图，它简明地反映出调频无线传声器的电路组成和各部分功能。

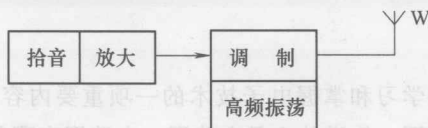


图 1-2 调频无线传声器框图

1.1.3 电路板图

电路板图由写实性的电路板电路、相应位置上的元器件符号和注释字符等组成，是一种反映电路板上元器件安装位置和布线结构的图样，为实际制作和维修提供了很大的方便。

例如，图 1-3 所示为调频无线传声器的电路板图，它是根据电路原理图设计绘制的实际安装图，标明了调频无线传声器各元器件在电路板上的安装位置。

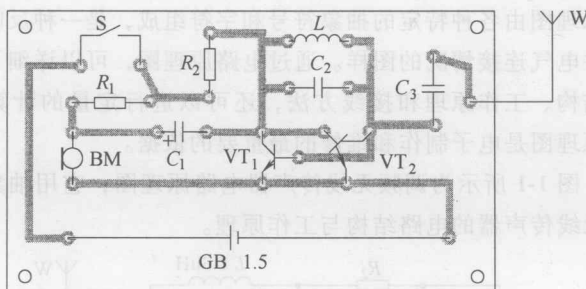


图 1-3 调频无线传声器电路板图

1.1.4 实物图

实物图由写实性的元器件图形和连接线条等组成，是一种用实物图形形象地表示电路原理图的图样，可以帮助初学者较好、较快地理解电路图。

例如，图 1-4 所示为调频无线传声器的实物图，它形象地反映出调频无线传声器各元器件的连接关系。

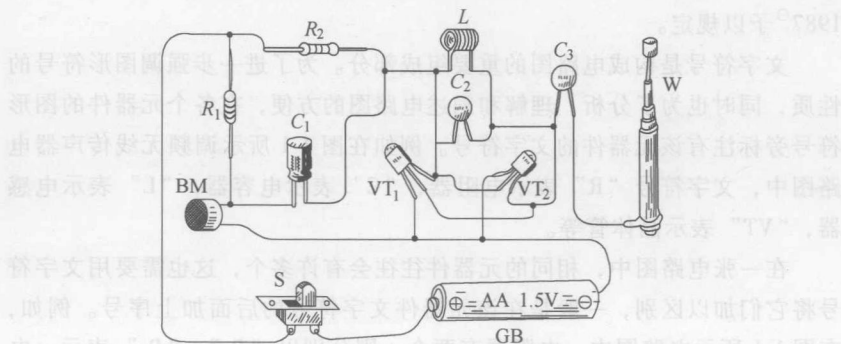


图 1-4 调频无线传声器实物图

1.2 电路图的构成——符号与字符的集合

一张完整的电路图是由若干要素构成的，这些要素主要包括图形符号、文字符号、连线以及注释性字符等，也可以说电路图就是反映电路构成的符号与字符的集合。下面通过图 1-1 所示调频无线传声器电路图的例子，作进一步说明。

1.2.1 图形符号

图形符号是指用规定的抽象图形代表各种元器件、组件、电流、电压、波形、导线和连接状态等的绘图符号。图形符号由国家标准 GB/T 4728—2005 ~ 2008 予以规定，需要注意的是，有些图形符号虽已废止，但并无新符号替代，实际应用时暂时以旧符号形式出现。

图形符号是构成电路图的主体。图 1-1 所示调频无线传声器电路图中，各种图形符号代表了组成调频无线传声器的各个元器件。例如，小长方形“”表示电阻器，两道短杠“”表示电容器，连续的半圆形“”表示电感器等。各个元器件图形符号之间用连线连接起来，就可以反映出调频无线传声器的电路结构，即构成了调频无线传声器的电路图。

1.2.2 文字符号

文字符号是指用规定的字符（通常为字母）表示各种元器件、组件、设备装置、物理量和工作状态等的绘图符号。文字符号由 GB/T 7159—

1987^①予以规定。

文字符号是构成电路图的重要组成部分。为了进一步强调图形符号的性质,同时也为了分析、理解和阐述电路图的方便,在各个元器件的图形符号旁标注有该元器件的文字符号。例如在图 1-1 所示调频无线传声器电路图中,文字符号“R”表示电阻器,“C”表示电容器,“L”表示电感器,“VT”表示晶体管等。

在一张电路图中,相同的元器件往往会有许多个,这也需要用文字符号将它们加以区别,一般是在该元器件文字符号的后面加上序号。例如,在图 1-1 所示电路图中,电阻器有两个,则分别以“ R_1 ”、“ R_2 ”表示;电容器有三个,分别标注为“ C_1 ”、“ C_2 ”、“ C_3 ”;晶体管有两个,分别标注为“ VT_1 ”、“ VT_2 ”。

1.2.3 注释性字符

注释性字符是指电路图中对图形符号和文字符号作进一步说明的字符。注释性字符也是构成电路图的重要组成部分。

注释性字符用来说明元器件的数值大小或者具体型号,通常标注在图形符号和文字符号旁。例如,在图 1-1 所示调频无线传声器电路图中,通过注释性字符我们即可以知道:电阻器 R_1 的电阻值为 $1k\Omega$, R_2 的电阻值为 $1.2k\Omega$;电容器 C_1 的电容值为 $10\mu F$, C_2 的电容值为 $10pF$, C_3 的电容值为 $20pF$;晶体管 VT_1 、 VT_2 的型号均为 9018 等。

注释性字符还用于电路图中其他需要说明的场合。由此可见,注释性字符是我们分析电路工作原理,特别是定量地分析、研究电路的工作状态所不可缺少的。

1.2.4 元器件型号的标注方法

电路图中元器件的型号,一般用字符直接标注在元器件符号旁边。

① GB/T 7159—1987《电气技术中的文字符号制订通则》是 20 世纪 80 年代以 GB/T 5094—1985 为基础,结合国情制订的(没有对应的 IEC 标准),2005 年 GB/T 5094—1985 被等同采用 IEC 61346—1~4;1996~2001 年的 GB/T 5094.1~4—2002~2005 代替,GB/T 7159—1987 于 2005 年废止。在依据 GB/T 5094.1~4—2002~2005 的新的文字符号标准体系还没有明确实施方案的过渡期间,由于大量使用以 GB/T 5094—1985 为基础制定的 GB/T 7159—1987 标准,暂时沿用 GB/T 7159—1987 的相关用法。

例如图 1-1 调频无线传声器电路图中, 在晶体管 VT_1 、 VT_2 旁标注有注释性字符“9018”, 即表明 VT_1 、 VT_2 的型号均为 9018。

1.2.5 电阻值的标注方法

电路图中元器件的数值, 一般用简略的形式直接标注在元器件符号旁边。元器件的数值包括数量和计量单位两部分, 其中数量部分由阿拉伯数字和表示倍数的词头字母组成, 计量单位为字母符号。

电阻器和电位器阻值的基本计量单位是欧姆, 简称欧, 用字母“ Ω ”表示。常用单位还有千欧 ($k\Omega$) 和兆欧 ($M\Omega$), 它们之间的换算关系是 $1M\Omega = 1000k\Omega$, $1k\Omega = 1000\Omega$ 。

1. 电阻器的标注方式

电路图中标注时一般可省略单位符号“ Ω ”。例如: 5.1Ω 的电阻器可标注为“ 5.1Ω ”, 也可标注为“ 5.1 ”或“ $5R1$ ”; $6.8k\Omega$ 的电阻器标注为“ $6.8k$ ”或“ $6k8$ ”; $1M\Omega$ 的电阻器标注为“ $1M$ ”, 如图 1-5 所示。

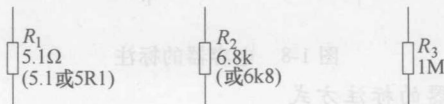


图 1-5 电阻器的标注

2. 可变电阻器的标注方式

对于可变电阻器, 电路图中所标注的是其最大阻值。如图 1-6 所示, “ $10k$ ”表示该可变电阻器的最大阻值为 $10k\Omega$ 。

3. 电位器的标注方式

对于电位器, 电路图中所标注的是其固定两端间的阻值。如图 1-7 所示, “ $4.7k$ ”表示该电位器上、下两固定引出端之间的阻值为 $4.7k\Omega$ 。

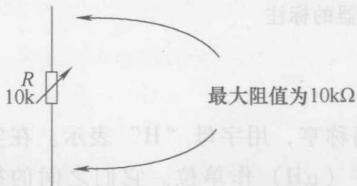


图 1-6 可变电阻器的标注

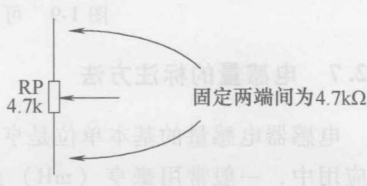


图 1-7 电位器的标注

1.2.6 电容量的标注方法

电容器容量的基本计量单位是法拉，简称法，用字母“F”表示。由于法拉作单位在实际运用中往往显得太大，所以常用微法（ μF ）、纳法（nF，也称作毫微法）和皮法（pF，也称作微微法）作为单位。它们之间的换算关系是 $1\text{F} = 10^6\mu\text{F}$ ， $1\mu\text{F} = 1000\text{nF}$ ， $1\text{nF} = 1000\text{pF}$ 。

1. 电容器的标注方式

电路图中标注时一般省略单位符号“F”，对于 pF 级的电容器标注时往往还省略“p”，对于纯小数的 μF 级电容器标注时也有省略“ μ ”的情况。例如，100pF 的电容器标注为“100p”或“100”；0.01 μF 的电容器标注为“0.01 μ ”或“0.01”；2.2 μF 的电容器标注为“2.2 μ ”或“2 μ 2”；47 μF 的电容器标注为“47 μ ”，如图 1-8 所示。

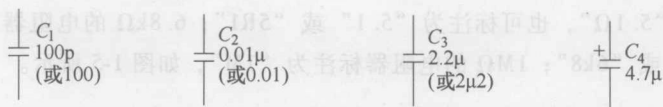


图 1-8 电容器的标注

2. 可变电容器的标注方式

对于可变电容器和微调电容器，通常标注出其最大容量，也有标注出其最小 / 最大容量的。例如，图 1-9a 所示可变电容器 C_1 的最大容量为 270pF；图 4-7b 表示可变电容器 C_2 的容量调节范围为 7 ~ 270pF。

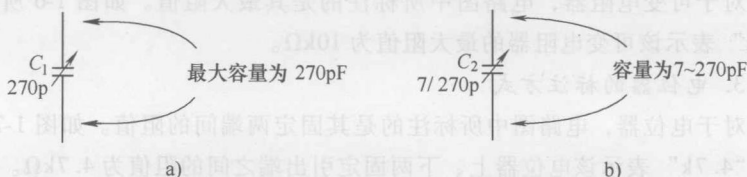


图 1-9 可变电容器的标注

1.2.7 电感量的标注方法

电感器电感量的基本单位是亨利，简称亨，用字母“H”表示。在实际应用中，一般常用毫亨（mH）或微亨（ μH ）作单位。它们之间的换算关系是 $1\text{H} = 1000\text{mH}$ ， $1\text{mH} = 1000\mu\text{H}$ 。