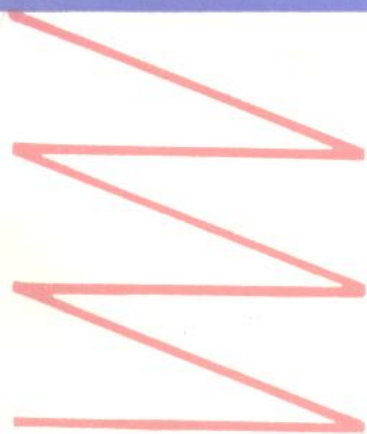
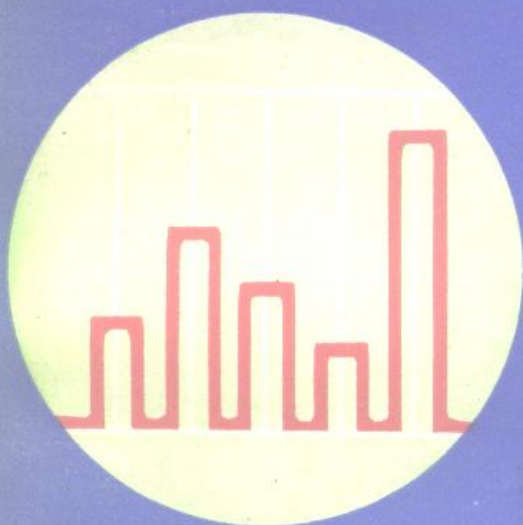


半导体器件 参数快速综合测试仪



罗 静 成 著

半导体器件参数快速 综合测试仪

罗静成 著

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书主要介绍半导体器件参数快速综合测试仪的工作原理,设计、制作的经验和应用举例。其中对用分立元件或集成电路制作的控制部分、用示波管或电视显像管制作的显示部分分别作了详细介绍,并提供了各单元电路及元件资料。

写作力求通俗易懂、切合实用,可供生产半导体器件的工厂、使用半导体器件较多的部门参考,也可供其他有关工人、技术人员阅读参考。

半导体器件参数快速综合测试仪

罗静成 著

*

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

天津新华印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

开本: 787×1092 1/32 1980年4月第一版

印张: 11 28/32 页数: 190 1980年4月天津第一次印刷

字数: 270 千字 插页: 5 印数: 1—12,500 册

统一书号: 15045·总2354-有5144

定 价: 1.05元

前 言

随着半导体器件的大量生产和广泛应用，半导体器件的测试工作量越来越大。一般情况下，晶体管必测的参数有 5 ~ 10 个，而中、小规模集成电路，必测的参数更多，有时需要测数十个参数。因此，如何提高半导体器件的测试效率就越来越显得重要了。

作者根据实践提出了一种能够显著提高半导体器件的测试效率的“半导体器件参数快速综合测试法”，并根据这种方法设计制造了“半导体器件参数快速综合测试仪”。

本仪器具有电路简单、体积小、功能较全、测试效率高、成本低、使用方便等优点，适合半导体器件生产厂和半导体器件使用量较大的中、小型企业使用。

本仪器采用巡回测试原理，用荧光屏显示测试结果，可以在几十毫秒时间内测完被测器件的全部参数，并通过在荧光屏上一次扫描把全部参数显示出来，最多可同时显示 30—40 个参数的数值。而且显示的结果形象、直观、准确，可以大大提高测试工效。

这种仪器不仅可以测试各种半导体器件的直流和交流参数，还可以测试集成电路的逻辑功能和进行晶体管等器件的挑选配对。因此，它既可作为元件厂的快速定性分类仪器，也可以作为使用单位精确测试挑选元件的设备。还可以对器件的单

项参数进行静态观测。根据这种快速综合测试显示原理，可以开辟出一类多参数同时显示的半导体器件测试仪的新产品系列。

本仪器可以用分立元件或集成电路来制作。但所用的元件数量仅有目前常用的比较判别式半自动分选机的几分之一，而仪器的通用性却更强，使用方法更简单，功能也较为完善。如果仪器采用插件式结构，只要更换插件即可达到一机多用的目的。

本仪器可以用示波管或电视显象管制作，也可以与通用电子示波器配合使用。

本书共分八章。第一章简要地概述目前常用的各种半导体器件测试仪的设计思想和特点，以及与“半导体器件参数快速综合测试仪”的同异点，供读者设计制作本仪器时参考。第二章概括地介绍本仪器的工作原理、方框图以及其应用。使读者对本仪器有一个清晰而完整的概念，达到提高阅读以后各章效率的目的。第三、第四章则详细介绍本仪器所采用的各种单元电路及其设计方法。第五章介绍简易示波器的单元电路及其设计方法。第六、第七、第八章主要介绍仪器的设计实例、安装调试工艺及仪器的使用方法等。

本书介绍的测试方法均采用四机部的部颁标准。

本书是在上海电表厂领导和同志们们的热情关怀和大力帮助下写成的，在此表示衷心感谢。

作者 1979年1月

目 录

第一章 常用的半导体器件参数测试仪简介	1
第一节 引言	1
第二节 指针式测试仪	3
第三节 半自动分选机	6
第四节 自动分选机	3
第五节 用电子计算机控制的测试仪	9
第六节 特性曲线图示仪	11
第七节 其他测试仪	12
第八节 小结	12
第二章 半导体器件参数快速综合测试仪	15
第一节 仪器的工作原理和基本方框图	15
一、仪器的工作原理	15
二、仪器的基本方框图	20
第二节 简易电子示波器的方框图	32
一、用示波管的简易示波器	32
二、用电视显象管的简易光栅扫描示波器	35
第三节 仪器的应用简介	41
一、测试取样电路的设计要求	41
二、仪器的应用范围	43
三、应用举例	45
第四节 仪器的设计、组合方法	61

第三章 控制单元电路	65
第一节 主控振荡器	65
一、专用测试仪用的主控振荡器	66
二、通用型测试仪用的主控振荡器	70
三、脉冲反相器	73
第二节 计数器	74
一、用分立元件的计数器	74
二、用集成电路组成的计数器	78
三、被测参数个数倍乘电路	86
第三节 译码器	89
一、由二极管“与门”组成的译码器	89
二、由集成电路“与非”门组成的译码器	94
三、集成化计数—译码控制器	99
第四节 延时电路	104
一、用分立元件制作的延时电路	104
二、厚膜单稳电路	106
三、半导体集成单稳电路	107
第五节 继电器和电子开关	113
一、干簧继电器	114
二、电子开关	117
第六节 开关驱动电路	127
一、继电器驱动器	127
二、电子开关驱动器	128
第七节 手动测试控制器	134
一、慢速手测控制器	134
二、快速手测控制器	135
第八节 同步信号发生器	139
一、外接示波器用的同步信号发生器	141
二、仪器自备示波器的同步信号发生器	145

第九节 信号源	146
第十节 电源	149
一、串联型晶体管稳压电源	150
二、简易的恒流源	152
三、电压可变的稳压管	155
四、用运算放大器的稳压源和恒流源	158
五、数控电源和数字化电源	165
第十一节 辅助电路	172
一、表头监测电路	172
二、校正信号电路	172
三、测试矩阵电路	174
四、数字显示电路	178
五、计数器的代码预置电路	183
第十二节 设计控制器的电路的注意事项	185
第四章 测试与取样电路	186
第一节 测试漏电流的电路	186
第二节 测试击穿电压的电路	190
第三节 测试直流工作电压和电流的电路	194
第四节 直流放大参数的测试	197
第五节 交流小信号参数测试电路	200
第六节 集成电路逻辑功能的测试	204
第七节 其他参数的测试	208
第八节 测试电路的组合	211
第九节 测试电路与示波器的连接	218
第五章 简易示波器的设计	215
第一节 扫描发生器	215
一、X轴扫描电路	215
二、Y轴电流扫描电路	223

第二节 Y轴信号放大器	223
第三节 调辉电路	227
一、电压比较器	227
二、线性锯齿波电压发生器	229
三、窄脉冲发生器	231
四、回扫消影电路	233
第四节 电源	234
一、+150V~+300V的直流高压电源	234
二、±1500V直流电压	236
三、示波管的直流供电系统	238
四、电视显象管的直流供电系统	238
第五节 简易电子示波器设计方案选择	239
一、简易式光栅扫描示波器	240
二、用示波管的简易电子示波器	240
第六节 光栅扫描示波器	240
一、基本技术指标	240
二、光栅扫描示波器的方框图	241
三、简易光栅扫描示波器电路图	241
四、工艺设计	242
五、几点说明	246
第七节 用示波管的简易示波器	246
一、技术指标	247
二、简易示波器的方框图	247
三、简易示波器的电路图	247
四、工艺设计原则	248
五、几点说明	248
第六章 设计实例及其应用	249
第一节 晶体管直流参数快速综合测试仪	249
一、设计目的	250

二、设计方案	230
三、仪器的总方框图	231
四、时间关系图	251
五、电原理图	251
六、仪器的结构和工艺	261
第二节 晶体管直流参数快速综合测试仪的应用	265
一、使用方法	265
二、测试条件的调整方法	267
三、仪器的校正方法	268
第三节 集成电路直流参数快速综合测试仪	273
一、设计目的	273
二、设计方案	274
三、仪器的总方框图	275
四、时间关系图	275
五、电原理图	275
六、仪器的结构和工艺	292
七、更改电路设计方案的提示	293
第四节 集成电路直流参数快速综合测试仪的应用	301
一、使用方法	301
二、测试输入插座的接线方法	306
三、仪器的校正方法	314
四、显示波形实例	319
第七章 安装与调试工艺简介	322
第一节 仪器的结构设计	322
第二节 印刷电路板的设计原则	324
第三节 总装布线工艺	325
一、电流结点与电压结点	326
二、等电位连接	327

三、测试取样电压的取出方法	329
四、防止寄生耦合干扰的措施	330
第四节 调试工艺	331
第五节 元件的挑选	333
第八章 集成电路动态波形和高频参数的测试	334
第一节 高频特性和动态波形的取样显示法	335
第二节 用巡回检测法来测试集成电路的输出波形	337
第三节 跟随器电路	342
一、复合式电压跟随器	342
二、宽频带阻容分压器	343
第四节 乐音发生器	346
一、音调发生器	347
二、辅助音发生电路	349
三、低频放大器	352
第五节 集成电路动态特性巡回测试仪	352
第六节 集成电路动态特性巡回测试仪的应用	354
一、各控制开关的作用	354
二、使用方法	356
三、测试输入插座CZ ₁ 的连接方法	357
附录:	360
一、本书使用的符号及其意义	360
二、本书使用的MOS型集成电路引线排列图	362
三、半导体集成电路中增益运算放大器FC3的特性和应用	365
四、本书各单元电路所用变压器数据表	367
五、参考书目	367

半导体器件测试仪简介

第一章 常用的半导体 器件参数测试仪简介

目前常用的半导体器件参数测试仪的种类很多，并且各具特点。使用者在选择仪器时，遇到的主要问题是，仪器结构复杂性与仪器的测试效率之间的矛盾。要做到选型合理，必须对各种半导体器件测试仪的现状、工作原理或设计思想、仪器的特点、经济效果以及发展趋势作一些调查研究。在分析比较的基础上，才能作出合理的判断。本章通过常用的半导体器件参数测试仪的简化原理方框图，对各种测试仪的设计思想和优缺点所作的一些简单评述，可供作仪器选型时的参考。同时，通过对各种仪器方框图进行比较，可以更加清楚地看出本书介绍的“半导体器件参数快速综合测试仪”具有电路结构简单、测试效率高的突出优点，以及其推广应用的经济价值。此外，亦可以从方框图的比较中看出“半导体器件参数快速综合测试仪”与目前常用的半导体器件测试仪之间的内在联系，从而得到改造现有仪器的方法。

第一节 引言

半导体器件的种类很多，主要有二极管、三极管、集成电路、可控硅……等等。每种器件都有一系列反映其性能的电参数。制造厂为了检验成品，考核和改进制造工艺；使用单位为了确保器件工作的可靠性和稳定性，都需要花费大量人力物力，对器件的参数进行测试与分析。

在测试半导体器件的参数时，测试的条件和方法不同，测试的结果也有不同。因此，为了使测试标准一致，有关单位规定了各种半导体器件的测试方法和测试条件。一般器件的成品测试分类和交收实验都必须按规定的测试方法和测试条件进行。

例如，对半导体三极管，测试标准规定共发射极直流电流放大系数 h_{FE} 的测试电路如图1-1所示，测试步骤如下：

1. 调节集电极和基极电源，使 V_{CE} 和 I_C 达到规定值。

2. 当 I_C 一定时，按 $h_{FE} = \frac{I_C}{I_B}$ 式，则可从 I_B 电流表上直接测得 h_{FE} 的值。

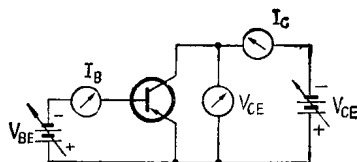


图 1-1 测试 h_{FE} 的电路

同样，也规定了测试三极管直流电流参数 I_{CBO} 、 I_{EBO} 、 I_{CEO} 、 I_{CES} 、 I_{CER} 和直流电压参数 V_{BES} 、 V_{CES} 、 BV_{CBO} 、 BV_{EBO} 、 BV_{CEO} 、 BV_{CES} 、 BV_{CER} 以及其他直流和交流参数的测试电路和测试步骤。半导体三极管的参数有几十个。如果每个晶体管的各个参数都直接按规定的基本电路和步骤来测试是极其费事的，不但要用很多测试设备，还要花费大量人力。

一般情况下，对每个半导体三极管的几十个参数都进行测试实际上是不必要的。因此，一般根据不同的用途规定了各种型号半导体三极管的参数中，哪些是必测的交收试验参数（JS类），哪些是例行试验参数（LX类），以及哪些是参考参数（C类）。即使作了这种规定，对一般半导体三极管来说，必

测的JS类参数也有5~11个。对半导体集成电路来说,必测的参数就更多了。在半导体器件生产厂和器件使用量较大的单位,每天需测的器件数量成千上万,如果对每种参数一项项进行测试,显然是与现代化生产需要不相适应的。

为了解决这个问题,元件厂,使用单位以及专门生产测试仪的工厂设计制造了各种类型的半导体器件测试仪。这些仪器尽管在形式上有很大的差别,但它们的测试电路都应符合测试标准的规定。所以,各种测试仪的实质是一样的。本章以下各节,将分别介绍目前最常用的半导体器件测试仪的设计思想和特点,供读者在考虑仪器选型时作分析比较。

由于测试不同类型的半导体器件,仅仅是测试电路不同,而仪器的控制方法和工作原理基本上是类似的。因此,以下的讨论都不涉及具体的测试电路,仅着重讨论仪器的控制方法或设计思想。各种器件典型的测试单元电路将在第四章内介绍。

第二节 指针式测试仪

指针式测试仪一般都是按测试标准规定的电路联接成的。它的最大优点就是仪器结构简单,成本低,维修简便,使用也较广泛。

但是,因为表头指针摆动惯性较大,要稳定下来以后才可读数,测试速度受到限制。另一方面,连续测试时指针不断地晃动,不仅容易使操作工人疲劳,还会造成读数差错。

为了提高这类仪器的效率,往往做成多用途测试仪。改变测试项目可用手动转换开关,也可用继电器自动地切换。

自动切换测试项目一般采用数字控制电路,即把每个测试项目编上码,用低频脉冲振荡器的输出触发计数器连续计数,

计数器输出的数字代码经译码器译出后依次控制相应项目的测试电路工作。各项测试结果依次通过指针式表头显示。这种控制方法有较大的灵活性。它的典型逻辑方框图如图1-2所示。

但是，在指针式仪表中，也可以采用图1-3所示的 比较简单的控制方法。

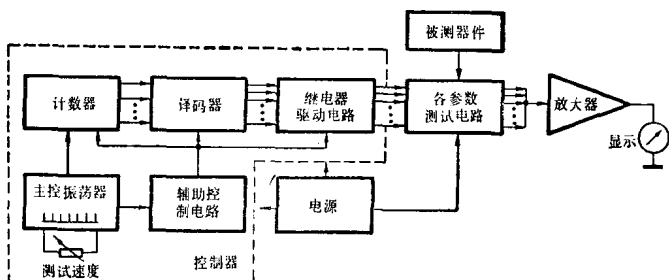


图 1-2 用表头显示的半自动测试仪方框图

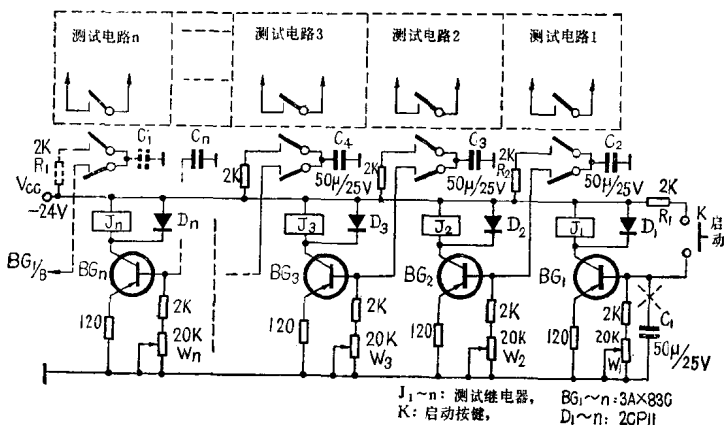


图 1-3 简易的半自动测试转换电路

图1-3所示的电路，不用专门的控制器来控制各个测试继电器的转换，而靠每个继电器中的一组常开-常闭触点来实

现自动转换。

工作原理如下：

继电器 $J_1 \sim J_n$ 为测试参数1~参数 n 的控制继电器，分别用晶体管 $BG_1 \sim BG_n$ 驱动。

测试前 $J_1 \sim J_n$ 均断开，它们的常闭触点闭合，电容器 $C_1 \sim C_n$ 上的电压为0。

测试时，按下启动开关 K ，使电源经 $2K$ 电阻 R_1 使电容 C_1 充电到 V_{CC} ，并使 BG_1 导通。于是，继电器 J_1 吸合，其常开触点闭合，进行参数1的测试。同时， J_1 的另一个常开触点使电源经 $2K$ 电阻 R_2 将 C_2 充电到 V_{CC} 。

启动开关 K 释放后， BG_1 依靠 C_1 上的电压继续维持其导通，直到 C_1 上的电压经 BG_1 基极和电位器 W_1 放电到 BG_1 不能再使 J_1 吸合为止。 J_1 断开后，它的一组常闭触点使 C_2 与 BG_2 基极接通，从而使 BG_2 导通， J_2 吸合，进行参数2的测试，同时 J_2 又使电容 C_3 充电到 V_{CC} 。……以下的转换过程同上述的工作过程一样，直至 BG_n 导通，进行参数 n 的测试。当 BG_n 因 C_n 放电结束而截止时，整个电路又回到初始状态。要再按下启动开关 K ，才能进行第二次测试。

倘若利用 J_n 的一组常开-常闭触点将 C_1 改为同 C_2 一样的接法，如图中虚线所示，则测试工作将周而复始地自动循环下去。这时启动开关 K 与 J_n 中控制 C_1 充电的常开触点并联。

由上可知， $BG_1 \sim BG_n$ 的导通时间分别由 $C_1 \sim C_n$ 的放电时间决定。调节电位器 $W_1 \sim W_n$ 可分别改变 $C_1 \sim C_n$ 的放电时间，从而达到分别调节参数1~参数 n 的测试时间的目的。

图1-3的电路结构简单。其缺点是继电器 $J_1 \sim J_n$ 需有一组常闭触点，并且电路的转换速度受继电器工作速度的限制，一般只适宜在用表头作显示器的低速测试仪中使用。若采用转换速

度高的转换式干簧继电器或电子开关，也可把它用于快速测试仪中。

第三节 半自动分选机

用指针式仪表作半导体器件的分类仪器往往不很方便。因为一般要以器件的几个必测参数中最差的为分类依据。这就需要操作人员记住测过的每个参数，等全部参数测完后再作出分类判断。加上存在上述的一些缺点，劳动强度较大，容易出差错。

为此，可以把每个参数的测试结果（一般是电压或电流信号）送到专门的比较电路去，与预先设定的分类门限电压进行比较，比较的结果用记忆电路记忆，并通过指示灯显示。操作

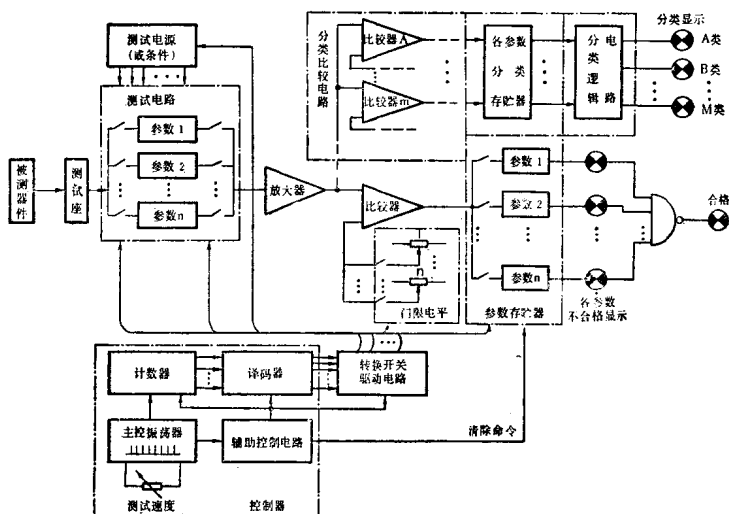


图 1-4 半自动分选机逻辑框图