

逻辑分析仪原理与应用

顾乃绂 孙续 编著



逻辑分析仪 原理与应用

顾乃绂 孙续 编著

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书全面系统地介绍了逻辑分析仪的原理及应用。全书共分十一章,第一章至第七章以介绍原理为主,包括数据域检测与逻辑分析仪,逻辑分析仪的基本功能与原理,逻辑状态分析仪,逻辑定时分析仪,智能逻辑分析仪,逻辑分份仪的发展趋势,逻辑分析仪的选用。第八章至第十一章主要介绍应用,包括逻辑状态分析仪和逻辑定时分析仪的应用,逻辑分析仪在微计算机化设备研制中的应用,用逻辑分析仪对软件和硬件进行剖析。

本书的特点是突出实用,特别适合计算机和电子测量专业人员、逻辑分析仪的使用者阅读,也可供从事微机系统和微机化数字系统的开发、研制和使用的科技人员参考。

逻辑分析仪原理与应用

顾乃绂 孙续 编著

责任编辑 马月梅

*

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

北京振华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

开本: 850×1168 1/32 1989年 5 月 第 一 版

印张: 12 28/32 页数: 206 1989年 5 月北京第 1 次印刷

字数: 336 千字 印数: 1—5,900 册

ISBN 7-115-03848-1/TP·026

定价: 5.80 元

序 言

在数字系统，特别是在数字计算机系统的研制、调试和故障诊断过程中，由模拟系统的时域和频域分析发展起来的传统的测试方法与测试仪器往往难以奏效。六十年代后期，数据域分析的概念逐步形成。从七十年代以来，有关数据域测试的理论、方法和相应的测试仪器不断涌现，针对数据域的分析测试问题，电子测量开拓了一个新的领域——数据域测试。数字系统在运行中的状态，是由该系统中各有关部分高、低不同电平的组合及其变化来表示的，它们形成了数据流。对数字系统及其运行中的数据流进行测试是数据域测试的主要内容。关于数据域测试，除了在计算机方面的应用为少数人们掌握外，作为一个日益重要的测量问题，对于从事测量的广大技术人员还是比较陌生的，急待补充有关这方面的知识。

逻辑分析仪作为数据域测试仪器中最有用、最有代表性的一种仪器，近十几年来，品种日新月异，性能与功能日益完善，发展迅速，至今方兴未艾。目前，已成为调试与研制复杂数字系统，尤其是微计算机系统的强有力工具。同样，对这一新型的仪器品种，无论在工作原理方面，是在应用技术方面，广大从事电子测量的技术人员也还不太熟悉，迫切需要这方面的知识。本书的编写出版正好适应了这一需要。迄今为止，国内除了1985年翻译出版过一本《逻辑分析仪》小册子[1]外，还未见由我国作者撰写过全面介绍逻辑分析仪的专著。本书两位作者，总结了他们在这一测试领域中所从事的科研和教学工作的成果和经验，并参考了散见在国内外有关文献和资料上的内容，把十分丰富的材料形成系统，联贯在一本书中加以阐述，这是在国内见到的第一本全面介绍有关逻辑分析仪的原

理和应用的专著。

本书是在作者撰写的内部印刷书籍《数据域测试技术》、《逻辑分析仪原理与应用》的基础上，经过删繁撮要、存菁补遗、收入最新资料之后写成的。《数据域测试技术》曾作为1985年北方交通大学为全国高校讲师以上教师举办的电子测量研讨班的参考资料，继后编写的《逻辑分析仪原理与应用》作为逻辑分析仪培训班的教材。这两本书当时都颇受读者欢迎，并建议公开出版，这对本书的出版也是一种促进。

本书内容丰富、理论联系实际，书中论述了当代逻辑分析仪的最新技术，并提供大量应用实例，例如，利用逻辑分析仪剖析计算机软件 and 硬件等，很多应用举例都是通过作者的测试实践总结出来的，所有这些使本书写得颇有特色。本书的出版对那些致力于微计算机化仪器（设备）和数字系统开发和研制的工程师、大学生、研究生、教师和其它科技人员一定会有启示和帮助。

蒋焕文

1988年2月于北方交通大学

前 言

随着微型计算机的发展和普及，以微型计算机为中心的 digital 系统得到了普遍应用。逻辑分析仪作为 digital 系统的有效检测仪器，近年来也得到了迅速发展。本书就是为了适应读者要求尽速掌握逻辑分析仪这种先进设备而编写的。

书中全面、系统地介绍了逻辑分析仪的原理及其应用。全书共有十一章。第一章至第七章以介绍原理为主，第八章至第十一章主要介绍应用。其中第一章着重介绍逻辑分析仪的基本概念，第二章系统地阐述了逻辑分析仪的基本功能与原理，说明了名词、术语的含义。为掌握这种仪器提供了必要的基础知识。第三章至第五章全面地讨论了各种逻辑分析仪（逻辑状态分析仪、逻辑定时分析仪和智能逻辑分析仪）的工作原理。第六章论述了逻辑分析仪的发展趋势及其最新技术成就，以期对我国逻辑分析仪的发展有所借鉴。第七章说明了如何从实际需要出发恰当地选购逻辑分析仪（本章附有部分国内外逻辑分析仪性能表资料）。第八章和第九章系统地介绍了逻辑状态分析仪和逻辑定时分析仪的使用方法与应用实例，并给出便于初学者掌握仪器的实验操作练习资料，以利读者较快地掌握仪器应用。第十章是为研制微机系统的科技人员编写的，介绍了在微机系统的各个研制阶段怎样运用逻辑分析仪进行调试。第十一章讨论了如何应用逻辑分析仪解剖分析软件和硬件。提供了一些常用的分析方法。本书也为数字设备的引进消化、开发、创新提供了一定的手段。

本书的特点是突出实用性。编写过程中力争突出物理概念，并做到简明实用。无论是原理阐述还是大量的应用实例，都是为了使读者能够灵活地使用和充分地发挥仪器的丰富功能。

为了尽快推广逻辑分析仪的应用，改变与数字系统发展不适应的测试手段，中国电子学会教育工作部决定将本书作为在职科技人员继续教育培训教材，并准备配有录象带发行。目的是使从事数字电路与系统的科技人员在短期内能够掌握这门新技术。我们希望本书能在提高我国数字测试技术水平方面做点菲薄的贡献。

本书第一章至第七章由顾乃绂编写，第八章至第十一章由孙续编写。全书由北方交通大学蒋焕文教授审定。

在本书的编写过程中，得到了张珍霖、侯登峰、罗来珩、王化深等同志的帮助，在此表示感谢。由于我们水平有限，难免有误，敬请读者批评和指正。

作者

1988年2月于北京

目 录

第一章 数据域检测与逻辑分析仪	(1)
1.1 引言	(1)
1.2 数据域与数据域仪器	(2)
1.3 数字系统信号特征及其对检测的要求	(4)
1.4 逻辑分析仪的特点	(6)
1.4.1 逻辑分析仪与示波器的比较	(7)
1.4.2 逻辑分析仪的特点	(11)
1.5 逻辑分析仪的分类	(15)
第二章 逻辑分析仪的基本功能与原理	(18)
2.1 数据的采集方式	(18)
2.1.1 采样方式	(18)
2.1.2 锁定方式	(21)
2.2 触发与跟踪方式	(22)
2.2.1 触发、触发字与跟踪方式	(22)
2.2.2 基本触发	(23)
2.2.3 延迟触发	(24)
2.2.4 序列触发	(27)
2.2.5 “非”触发	(32)
2.2.6 出错触发	(34)
2.2.7 “或”触发	(34)
2.2.8 触发限定	(36)
2.2.9 交互触发	(37)
2.2.10 毛刺触发	(40)
2.2.11 触发窗口	(40)

2.2.12 关于触发的小结	(41)
2.3 数据的存储	(41)
2.3.1 基本存储方式	(42)
2.3.2 选择性存储	(43)
2.3.3 瞬变存储	(48)
2.3.4 三种存储方法的比较	(52)
2.4 数据的显示	(52)
2.4.1 状态表显示	(52)
2.4.2 定时图显示	(56)
2.4.3 图形显示	(58)
2.4.4 映射图显示	(61)
2.4.5 电平显示	(64)
2.4.6 双门限方式	(65)
2.4.7 输入信号状态显示	(67)
2.5 其它功能	(67)
2.5.1 比较和检索	(67)
2.5.2 计数测量	(69)
2.5.3 列消隐	(69)
第三章 逻辑状态分析仪	(71)
3.1 数据获取	(71)
3.1.1 探头	(71)
3.1.2 延迟网络	(74)
3.1.3 暂存器 (采样电路)	(77)
3.1.4 限定与触发识别电路	(78)
3.1.5 触发产生电路	(79)
3.1.6 数字延迟电路	(81)
3.1.7 存储控制	(82)
3.1.8 存储器	(83)
3.1.9 时序信号产生器	(84)

3.1.10	数据获取工作过程	(85)
3.2	逻辑状态分析仪的数据显示	(87)
3.2.1	状态表显示原理	(87)
3.2.2	映射图显示原理	(97)
3.2.3	联机工作方式的数据显示	(99)
第四章	逻辑定时分析仪	(101)
4.1	引言	(101)
4.2	最高工作频率与时间分辨力	(102)
4.2.1	最高工作频率	(102)
4.2.2	影响时间分辨力的因素	(103)
4.2.3	解决分辨力与观察窗口之间矛盾的两种实用方法	(107)
4.3	异步触发与触发滤波	(108)
4.3.1	异步触发	(108)
4.3.2	触发滤波	(108)
4.4	毛刺检测与毛刺触发	(110)
4.4.1	毛刺	(110)
4.4.2	锁定工作方式	(112)
4.4.3	毛刺方式	(114)
4.4.4	毛刺存储	(115)
4.4.5	毛刺触发及其与毛刺检测的关系	(118)
4.5	时间延迟	(119)
第五章	智能逻辑分析仪	(121)
5.1	清单	(121)
5.1.1	格式清单	(121)
5.1.2	跟踪清单	(122)
5.1.3	比较清单和区域跟踪清单	(124)
5.2	工作原理	(126)
5.2.1	触发字设置与触发识别电路	(126)

5.2.2	门限电平产生电路	(128)
5.2.3	状态控制器	(128)
5.2.4	序列触发	(130)
5.2.5	区域跟踪	(134)
5.2.6	时间标志电路	(136)
5.2.7	数据显示	(138)
5.2.8	微处理器控制	(141)
5.2.9	软件	(146)
第六章	逻辑分析仪的发展趋势	(149)
6.1	速度、通道和存储容量	(150)
6.2	逻辑分析系统	(151)
6.2.1	逻辑分析系统的组成	(151)
6.2.2	逻辑分析系统的特点与应用	(153)
6.3	系统性能分析	(154)
6.3.1	软件性能分析	(155)
6.3.2	硬件性能分析	(155)
6.3.3	常见的两种直方图	(156)
6.3.4	性能分析基本工作原理	(158)
6.4	特征分析	(159)
6.4.1	特征分析基本原理	(160)
6.4.2	特征分析的两种形式	(160)
6.5	遥控分析与自动测试	(163)
6.5.1	遥控分析	(163)
6.5.2	自动测试	(164)
6.6	与微计算机相结合	(165)
6.6.1	逻辑分析仪与微机相结合的优点	(165)
6.6.2	逻辑分析仪与微机相结合两种方法	(166)
6.7	单片逻辑分析仪	(168)
6.7.1	单片逻辑分析仪的特点	(169)

6.7.2	HP1651A 的特点与分析	(171)
6.8	便携式逻辑分析仪	(180)
6.9	独特的功能	(181)
6.9.1	主动测试方式	(181)
6.9.2	仿真	(183)
6.9.3	引入模拟通道	(184)
6.9.4	显示方式多样化	(185)
6.9.5	使用自然语言	(185)
6.9.6	选件多样化与功能扩充	(186)
第七章	逻辑分析仪的选用	(190)
7.1	选用原则	(190)
7.2	分析测试需要	(190)
7.3	选择逻辑分析仪	(193)
第八章	逻辑状态分析仪的应用	(202)
8.1	引言	(202)
8.2	逻辑状态分析仪的应用特点和常用功能	(203)
8.2.1	逻辑状态分析仪的输入信号	(203)
8.2.2	逻辑状态分析仪的触发选择	(211)
8.2.3	逻辑状态分析仪的存储和显示	(218)
8.3	逻辑状态分析仪的基本应用	
	——跟踪程序实例	(226)
8.3.1	被跟踪的对象	(226)
8.3.2	基本跟踪方法	(227)
8.3.3	时钟限定和选择跟踪在实例中的应用	(233)
8.4	逻辑状态分析仪应用实例	(237)
8.4.1	用逻辑状态分析仪监测偶发故障	(237)
8.4.2	检测微计算机送至出口的数据	(241)
8.4.3	用序列触发跟踪程序中的特定路径	(246)
8.4.4	观测 Z80 响应中断的过程	(249)

8.4.5	用比较功能测试ROM	(251)
8.4.6	程序执行时间的测量	(253)
8.4.7	用双时钟同时测量系统中的高、低速部分	(255)
8.4.8	用计数和条件清除功能统计事件次数	(257)
第九章	逻辑定时分析仪的应用	(260)
9.1	逻辑定时分析仪的应用特点	(260)
9.1.1	逻辑定时分析仪的数据采集	(261)
9.1.2	定时图的调整和时间测量	(267)
9.1.3	逻辑定时分析仪的触发选择	(274)
9.1.4	逻辑定时分析仪的显示特点	(275)
9.2	逻辑定时分析仪的基本应用	
	——定时图的调整和观测	(278)
9.2.1	观察译码器各路输出信号的时序	(279)
9.2.2	测量一路信号的持续时间	(281)
9.2.3	观察有无毛刺存在	(282)
9.2.4	寻找毛刺产生的原因	(283)
9.3	逻辑定时分析仪应用实例	(285)
9.3.1	观测Z80-PIO的输出过程	(285)
9.3.2	中断响应及脱离暂停的观测	(288)
9.3.3	观测对复位信号的响应时间	(291)
9.3.4	异步触发持续时间的应用	(294)
9.3.5	用毛刺触发功能检测故障原因	(296)
9.4	GPIB系统的观测与分析	(299)
9.4.1	GPIB系统的简单工作过程	(300)
9.4.2	被测系统及其运行程序实例	(303)
9.4.3	用逻辑分析仪观测GPIB的工作过程	(307)
9.4.4	用逻辑分析仪改进GPIB程序实例	(309)
9.4.5	三线挂钩过程的测试	(311)
第十章	逻辑分析仪在微计算机化设备研制中的应用	(317)

10.1	微计算机化设备的研制过程·····	(317)
10.2	大规模和超大规模集成电路的测试·····	(319)
10.2.1	激励—响应法在集成电路测试中的应用·····	(320)
10.2.2	测试实例——用激励响应法测试 MPU·····	(322)
10.3	逻辑分析仪在微计算机化设备总装过程的应用·····	(328)
10.3.1	CPU 的装配测试·····	(330)
10.3.2	检验 ROM 的工作·····	(331)
10.3.3	检验 RAM 和 I/O 设备的工作·····	(333)
10.4	交互分析的应用·····	(337)
10.4.1	常用交互分析及其实验演示实例·····	(338)
10.4.2	用交互分析排除故障实例·····	(345)
10.5	性能分析的应用·····	(349)
10.5.1	性能分析用于微计算机化设备的设计过程·····	(349)
10.5.2	性能分析应用实例·····	(350)
第十一章	用逻辑分析仪对软件和硬件进行剖析·····	(356)
11.1	引言·····	(356)
11.2	用逻辑分析仪剖析存储器内容·····	(359)
11.2.1	剖析 EPROM 存储内容的原理和电路·····	(359)
11.2.2	用逻辑分析仪剖析 EPROM 实例·····	(362)
11.3	用逻辑分析仪动态分析程序执行过程·····	(365)
11.3.1	动态分析与静态分析的比较·····	(365)
11.3.2	根据硬件寻找与待分析程序有关的信号·····	(369)
11.3.3	动态剖析程序实例·····	(371)
11.4	用逻辑分析仪剖析硬件电路·····	(384)
11.4.1	硬件剖析的场合及步骤·····	(384)
11.4.2	用逻辑分析仪剖析硬件电路实例·····	(387)

第一章 数据域检测与逻辑分析仪

1.1 引言

随着大规模集成电路和微型计算机的发展,现代数字系统已逐步微机化了。微机的引入,一方面使系统的能力大为提高,能够完成许多复杂的任务;另一方面也带来一些新问题,即传统的检测设备(示波器等)已不能有效地监测和分析数字系统,特别是微机系统。这是因为数字系统的数据传输是按空间分布多码位的方式进行的,这些码位组成一定格式的数据。传输的数据流是以离散时间为自变量的数据字,而不是以连续时间为自变量的波形。因而在模拟信号分析中的诸如信号幅度等重要参数,在数字信号分析中并不那么重要。后者重点在于考查信号高于或低于某一门限电平值,以及这些数字信号与系统时间(系统时钟)之间的相对关系。为了有效地解决越来越复杂的数字系统的检测和故障诊断问题,美国HEWLETT PACKARD公司和BIOMATION公司于1973年分别研制出了一种专用仪器——逻辑分析仪(Logic Analyzer)。

自从逻辑分析仪问世以来,虽然只有短短十几年的历史,但其发展速度之快却远远超出了人们的预料。世界各国的几十家公司相继研制出逻辑分析仪二百余种。

数字系统的失常,多数是属于信号数据流的错误。就其分析方法而言,数字系统的分析应当列为数据域的分析范围,而逻辑分析仪就是数据域分析仪器的典型代表。目前,它在数据域内解决问题的能力已使它的应用处于与示波器并列的位置。前者用于解决数据域检测问题,后者则用于解决时域检测问题。

1.2 数据域与数据域仪器

为了说明数据域的含意，最好的方法是把它与人们所熟悉的时域和频域进行比较。这可从数学描述、工业产品和所使用的仪器仪表三个方面来说明。

一、时域

如果信号是以连续时间为自变量的函数，则属时域范畴。图1-1是两种电压信号波形，它们是电压相对于时间的关系曲线。

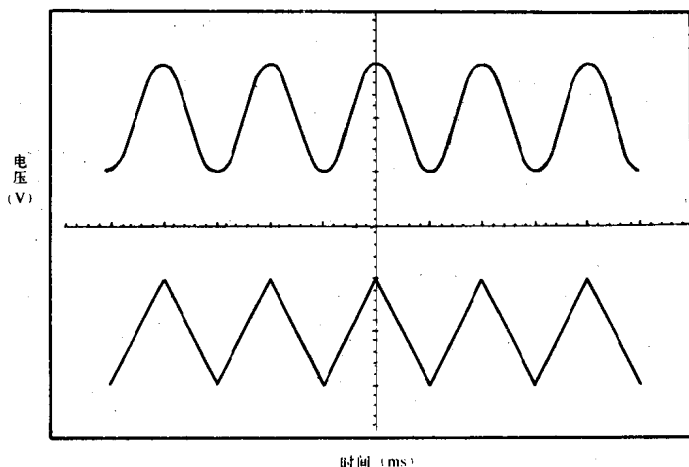


图1-1 时域图形

拉普拉斯和海维赛德奠定了时域的数学基础。基于时域的工业产品有雷达、声纳、脉冲参数测量设备等。用于检测这类工业技术的仪器仪表有脉冲发生器、函数发生器等信号源和示波器、计数器等响应仪器。

二、频域

以频率为自变量，功率或能量为因变量的函数关系属频域范畴。图1-2表示了电平与频率之间的关系，它是由频谱分析仪测得的。

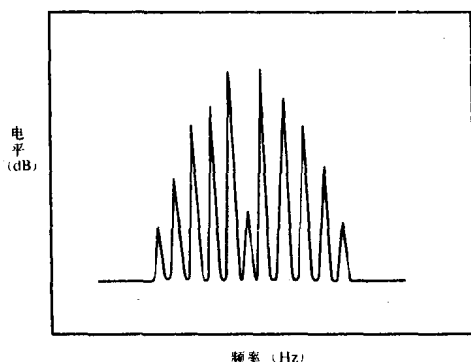


图1-2 频域图形

麦克斯韦和傅立叶奠定了有关频域的数学基础。傅立叶提供了频域与时域相联系的数学描述。以无线电、微波技术为基础的工业发展，提出了测量频率响应、增益和失真等要求，仪表工业则相应地提供了一系列仪器。常见的激励源是正弦信号发生器、扫频信号发生器等。响应仪器有选频电压表、频率特性图示仪、频谱分析仪等。

三、数据域

以离散时间或事件出现的次序为自变量，而把状态值做为因变