

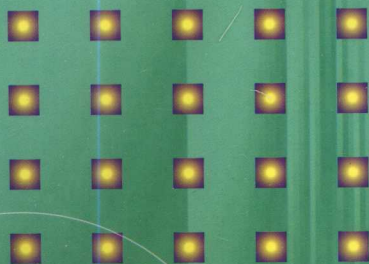
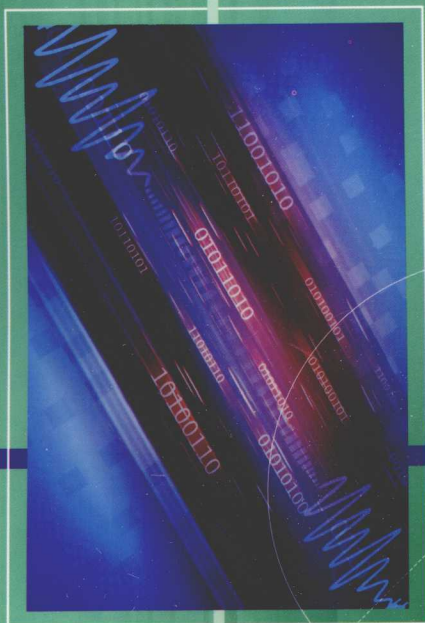


高等学校教材

Textbook for Higher Education

数字电子技术实验

李毅 谢松云 王安丽 曾渊 编



SHUZI DIANZI JISHU SHIYAN

西北工业大学出版社

高等学校教材

数字电子技术实验

李 毅 谢松云 王安丽 曾 渊 编

西北工业大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

数字电子技术实验/李毅等编. —西安:西北工业大学出版社,2009.8

ISBN 978-7-5612-2589-9

I. 数… II. 李… III. 数字电路—电子技术—实验—高等学校——教材 IV. TN79-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 159474 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:陕西丰源印务有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:12.125

字 数:292 千字

版 次:2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

定 价:15.00 元

前 言

实验是电子类专业基础课程中不可缺少的重要环节。实验教学旨在帮助学生更好地学习基本理论知识,掌握分析问题的基本技能,为培养解决问题的能力发挥重要的作用。《数字电子技术实验》就是为了更好地让学生掌握基础理论知识,并能够灵活运用所学知识而编写的实验教材。

本书是根据“数字电子技术基础”教学大纲要求,结合了作者多年来从事实验教学工作的经验,吸取了最新实验教学内容编写而成的。

全书共分4章。第1章详细介绍了数字电路实验的基本常识。第2章为数字电路基础实验,共编排了18个实验。每个实验在测试、验证的基础上增加了大量的设计性实验题目。第3章为综合实验,共选编了12个实验。其中,前5个实验给出了详细的设计思路及电路图,后7个为设计性综合实验,需要学习者通过自己的设计来完成最终的电路。第4章介绍了目前流行的EDA开发工具quartus II的使用方法和VHDL硬件的描述语言,详尽地给出了两个用quartus II开发电路的实例。

本书由西北工业大学电子信息学院李毅、谢松云、王安丽、曾渊编写。在编写过程中得到了陈庆辉等同学大力协助,在此向他们表示由衷的感谢

由于编者水平有限,本书缺点和错误在所难免,恳请广大读者提出批评和改进意见。

编 者
2009年7月

目 录

第 1 章 数字逻辑电路实验常识	1
1.1 数字逻辑电路实验的一般要求	1
1.2 常用数字集成芯片的识别与主要性能参数	2
1.3 常用实验测量仪器	7
第 2 章 基础实验	19
实验一 TTL 集成逻辑门参数测试	19
实验二 CMOS 集成逻辑门参数测试	23
实验三 集电极开路门与三态门功能测试及其应用	26
实验四 TTL 集成门电路逻辑变换	29
实验五 组合电路设计	32
实验六 半加器、全加器及其应用	37
实验七 数据选择器及其应用	41
实验八 译码器、编码器及其应用	46
实验九 数值比较器及其应用	50
实验十 触发器及其应用	51
实验十一 移位寄存器及其应用	56
实验十二 计数器及其应用	59
实验十三 时序电路设计	66
实验十四 集成脉冲电路及其应用 1	70
实验十五 集成脉冲电路及其应用 2	76
实验十六 555 定时器及其应用	81
实验十七 D/A, A/D 转换器及其应用	87
实验十八 随机存取存储器 RAM 及其应用	92
第 3 章 综合实验	99
实验一 波形发生器	99
实验二 电子秒表	101
实验三 移存型彩灯控制器	103
实验四 数字抢答器	106

实验五	交通信号灯控制电路.....	110
实验六	动态扫描显示电路设计.....	115
实验七	数字电子秤的设计.....	116
实验八	汽车尾灯控制电路设计.....	118
实验九	数码管显示控制电路设计.....	120
实验十	数字频率计设计.....	121
实验十一	铁路交通控制器设计.....	122
实验十二	点阵显示电路设计.....	124
第 4 章	数字系统与 EDA 设计	127
4.1	概述	127
4.2	EDA 的工程设计流程	128
4.3	Quartus II 集成开发平台简介	131
4.4	VHDL 硬件描述语言	145
附录	183
参考文献	187

第 1 章 数字逻辑电路实验常识

数字逻辑电路实验不仅能巩固和加深理解所学的数字电子技术知识,更重要的是能够充分发挥学生的主观能动作用,提高学生分析问题和解决问题的能力。

1.1 数字逻辑电路实验的一般要求

1. 实验准备

(1)认真阅读实验指导书,明确实验目的的要求,理解实验原理,熟悉实验电路及集成芯片,拟出实验方法和步骤,设计实验表格。

(2)初步分析实验结果(包括各项参数和波形),写出预习报告。

2. 进实验室须知

(1)参加实验者要自觉遵守实验室守则。

(2)严禁带电接线、拆线或改接线路。

(3)准备好实验所需的仪器设备和装置并安放适当。按实验方案,选择合适的集成芯片,连接实验电路和测试电路。

(4)要认真记录实验条件和所得各项数据,波形。发生小故障时,应独立思考,耐心排除,并记下排除故障过程和方法。实验过程中不顺利,并不是坏事,常常可以从分析故障中增强独立工作的能力。相反,实验顺利不一定收获大,能独立解决实验中所遇到的问题,把实验做成功,收获才是最大的。

(5)发生焦味、冒烟故障,应立即切断电源,并报告指导老师等待处理。

(6)实验结束时,实验电路经指导老师查看验收后方可拆除线路,清理现场。

(7)室内仪器设备不准随意搬动调换,非本次实验所用的仪器设备,未经指导老师允许不得动用。没有弄懂仪器设备的使用方法前,不得贸然使用。若损坏仪器设备,必须立即报告老师,责任事故要酌情赔偿。

(8)实验要严肃认真,要保持安静,整洁的实验环境。

3. 实验报告要求

(1)实验报告的内容包括:

1)实验目的。

2)列出使用的主要仪器设备的名称,集成芯片的型号。

3)认真整理和处理测试的数据,绘制实验原理电路图和测试的波形。

4)对测试结果进行理论分析,作出简明扼要的结论。

5)记录实验故障情况,说明排除故障的过程和方法。

6)写出本次实验的心得体会。

(2)实验报告的要求:文理通顺,书写简洁,符号标准,图表规范,讨论深入,结论简明。

1.2 常用数字集成芯片的识别与主要性能参数

1. 集成电路的型号命名法

集成电路现行国际规定命名法如表 1.2.1 所示。

表 1.2.1 器件型号的命名

第零部分		第一部分		第二部分	第三部分		第四部分	
字母表示 器件符合 国家标准		字母表示 器件类型		阿拉伯数字 和字母表示 器件系列品种	字母表示 器件工作 温度范围		字母表示 器件封装	
符号	意义	符号	意义		符号	意义	符号	意义
C	中国 制造	T	TTL 电路	TTL 分为： 54/74××× 54/74H××× 54/74L××× 54/74S××× 54/74LS××× 54/74AS××× 54/74ALS××× 54/74F×××	C	0~70℃	F	多层陶瓷扁平
		H	HTL 电路		G	-25~70℃	B	塑料扁平
		E	ECL 电路		L	-25~85℃	H	黑瓷扁平
		C	CMOS		E	-40~85℃	D	多层陶瓷 双列直插
		M	存储器		R	-55~85℃	J	黑瓷双列直插
		u	微型机电器		M	-55~125℃	P	塑料双列直插
		F	线性放大器				S	塑料单列直插
		W	稳压器				T	塑料封装
		D	音响、电视电路				K	金属圆壳
		B	非线性电路				C	金属菱形
		J	接口电路				E	陶瓷芯片载体
		AD	A/D 转换器				G	塑料芯片载体
		DA	D/A 转换器					
		SC	通信专用电路					
		SS	敏感电路					
		SW	钟表电路					
SJ	机电仪电路							
SF	复印机电路							

注 74: 国际通用 74 系列(民用); 54: 国际通用 54 系列(军用)

2. 数字集成电路的分类

目前已经成熟的集成逻辑技术主要有三种: TTL 逻辑(晶体管—晶体管逻辑)、CMOS 逻辑(互补金属氧化物—半导体逻辑)和 ECL 逻辑(发射极耦合逻辑)。

(1)TTL 逻辑: TTL 逻辑于 1964 年由美国德克萨斯仪器公司生产,其发展速度快,系列

产品多。有速度和功耗折中的标准型;有改进型,高速的标准肖特基型;有改进型、高速及低功耗的肖特基型。所有的 TTL 电路的输入、输出均是兼容的。

(2)CMOS 逻辑:CMOS 逻辑的特点是功耗低,工作电源电压范围宽,速度快(可达 7 MHz)。CMOS 逻辑有 CC4000 系列,CC4500 系列和 54/74HC(AC)00 系列。

(3)ECL 逻辑:ECL 逻辑的最大特点是工作速度高。因为在 ECL 电路中数字逻辑电路形式采用非饱和型,消除了三极管的存储时间,大大加快了工作速度。MECLI 系列是由美国摩托罗拉公司于 1962 年生产的。后来又生产了改进型的 MECLII,MECLIII 型及 MECL10000。以上几种数字逻辑电路的有关参数如表 1.2.2 所示。

表 1.2.2 几种逻辑电路的参数比较

电路种类	工作电压/V	每个门的功耗/mW	门延时/ns	扇出系数
TTL 标准	+5	10	10	10
TTL 标准肖特基	+5	20	3	10
TTL 低功耗肖特基	+5	2	10	10
ECL 标准	-5.2	25	2n	10
ECL 高速	-5.2	40	0.75	10
CMOS	+5~+15	uW 级	ns 级	50

3. 集成电路外引线的识别

使用集成电路前,必须认真查对识别集成电路的引脚,确认电源、地、输入、输出、控制端的引脚号,避免因接错而损坏器件。引脚排列的一般规律:圆形集成电路识别是面向引脚正视,从定位销顺时针方向依次为 1,2,3...如图 1.2.1(a)所示。圆形多用于集成运放等电路。

扁平型和双列直插型集成电路识别时,将文字、符号标记正放(一般集成电路上有一圆点或有一缺口,将圆点或缺口置于左方),由顶部俯视,从左下脚起,按逆时针方向数,依次为 1,2,3...如图 1.2.1(b)所示。扁平型多用于数字集成电路。双列直插型广泛用于模拟和数字集成电路。

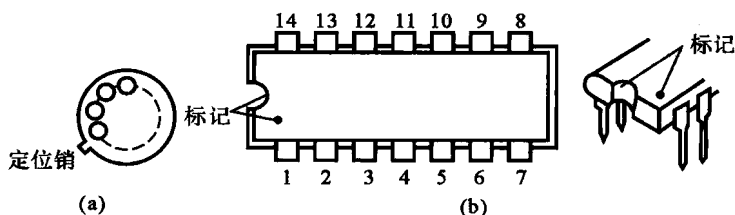


图 1.2.1 集成电路引脚识别

4. CMOS 数字集成电路标准系列——4000 系列

(1)推荐工作条件:

电源电压范围:A 型 3~15 V;B 型 3~18 V。

工作温度:陶瓷封装 -55~+125℃;塑料封装 -40~+85℃。

(2)极限参数:

电源电压 V_{DD} : $-0.5 \sim 20$ V; 输入电压 U : $-0.5 \sim V_{DD} + 0.5$ V。

输入电流 I_i : 10 mA; 允许功耗 P_d : 200 mW。

保存温度 T_d : $-65 \sim +150$ °C。

(3) 常用 4000 系列集成芯片如表 1.2.3 所示。

表 1.2.3 常用 4000 系列集成芯片的型号与功能

型 号	功 能	型 号	功 能
4008B	4 位二进制并行进位全加器	4049UB	六反相缓冲/变换器
4009UB	六反相缓冲/变换器	4060B	14 位二进制计数/分配器
40011B/UB	四 2 输入与非门	4066B	四双向模拟开关
4012B/UB	双四输入与非门	4071B	四 2 输入或门
4013B	双 D 触发器	4076B	4 位 D 寄存器
4017B	十进制计数/分配器	4081B	四 2 输入与门
4023B/UB	三 3 输入与非门	4098B	双单稳态触发器
4026B	十进制计数器/7 段译码器	40110	十进制加/减计数器/7 段译码器
4027B	双 JK 触发器	40147	10-4 线编码器
4046B	锁相环	4033B	十进制计数器/7 段译码器
40160/162	可预置 BCD 计数器	40192	可预置 BCD 加/减计数器
40161/163	可预置 4 位二进制计数器	40193	可预置 4 位二进制加/减计数器
40174	六 D 触发器	40194/195	4 位并入/串入—并出/串出移位寄存器
40175	四 D 触发器	40104B	4 位双向移位寄存器

5. CMOS 数字集成电路扩展系列——4500 系列

(1) 推荐工作条件:

电源电压范围: $3 \sim 18$ V。

工作温度: 陶瓷封装 $-55 \sim +125$ °C; 塑料封装 $-44 \sim +85$ °C。

(2) 4500 系列的极限参数:

电源电压 V_{DD} : $-0.5 \sim 18$ V; 输入电压 U : $-0.5 \sim V_{DD} + 0.5$ V。

输入电流 I_i : 10 mA; 允许功耗: 180 mW。

保存温度: $-65 \sim +150$ °C。

(3) 常用 4500 系列集成芯片如表 1.2.4 所示。

表 1.2.4 常用 4500 系列集成芯片的型号和功能

型 号	功 能	型 号	功 能
4502B	三态六反相缓冲器	4528B	双单稳态触发器
4510B	可预置 BCD 加/减计数器	4532B	8 位优先编码器
4511B/4513B	锁存/7 段译码/驱动器	4543B/4544B	BCD 锁存/7 段译码/驱动器

续表

型号	功能	型号	功能
4512B	三态8通道数据选择器	4581B	4位算术逻辑单元
4516B	可预置4位二进制加/减计数器	4585B	4位数值比较器
4518B	双BCD同步加法计数器	4590	独立4位锁存器
4526B	可预置4位二进制1/N计数器	4599B	8位可寻址锁存器

6. COMS 数字集成电路高速系列——74HC(AC)系列

(1)在54/74HC(AC)系列中,54系列是军用产品,74系列是民用产品,两者的不同点只是特性参数有差异,两者的引脚位置和功能完全相同。

(2)74HC(AC)列推荐工作条件:

电源电压范围:2~6V。

工作温度:陶瓷封装-55~+125℃,塑料封装-40~+85℃。

(3)74HC(AC)系列的极限参数:

电源电压 V_{DD} : -0.5~+7V; 输入电压 V_i : -0.5~ V_{DD} +0.5V;

输出电压 V_o : -0.5~ V_{DD} +0.5V; 输出电流 I_o : 25mA。

允许功耗 P_d : 500mW; 保存温度: -65~+150℃。

(4)用HC(AC)CMOS直接替代TTL的方法:一个由TTL组成的系统全部用高速CMOS替换是完全可以的。但若是部分由高速CMOS替换,则必须考虑它们之间的逻辑电平匹配问题。由于TTL的高电平输出电压较低(2.4~2.7V),而高速CMOS要求的高电平输入电压为3.15V,因此必须设法提高TTL的高电平输出电压才能配接。方法是在TTL输出端加接1个连接电源的电阻。若TTL本身是OC门,就不用再接上拉电阻了。

(5)空闲引脚的处理方法:TTL电路的输入端悬空相当于接高电平,而CMOS电路的输入端悬空可能是高电平,也可能相当于低电平。由于CMOS的输入阻抗高,输入端悬空带来的干扰很大,这将引起电路的功耗增大和逻辑混乱。因此,对于CMOS电路,不用的输入端必须接 V_{DD} 或接地,以免引起电路损坏。

(6)常用54/74HC(AC)系列芯片如表1.2.5所示。

表 1.2.5 常用54/74HC(AC)系列芯片的型号和功能

型号	功能	型号	功能
74HC00/AC00	四2输入与非门	74HC74/AC74	双D触发器
74HC04/AC04	六反相器	74HC75/77	4位D锁存器
74HC10	三3输入与非门	74HC76	双JK触发器
74HC20	双4输入与非门	74HC86	四2输入异或门
74HC21	双4输入与门	74HC90	二一五一十进制异步计数器
74HC30	8输入与非门	74HC95	4位左/右移位寄存器
74HC48	BCD-7段译码器	74HC107/109	双JK触发器
74HC353	双4-1多路转换开关	74HC154	4线-16线译码器
74HC160/162	同步十进制计数器	74HC161/163	四位BCD码同步计数器
74HC190/192	同步十进制加/减计数器	74HC191/193	同步二进制加/减计数器

7. TTL 数字集成芯片

(1)推荐工作条件:

电源电压 V_{cc} : +5V。工作环境温度:54 系列 $-55\sim 125^{\circ}\text{C}$;74 系列 $0\sim 70^{\circ}\text{C}$ 。

(2)极限参数:

电源电压:7V;输入电压 U :54 系列 5.5V,74LS 系列:7V。输入高电平电流 I_{IH} : $20\mu\text{A}$;输入低电平电流 I_{IL} : -0.4mA 。

最高工作频率:50MHz;每门传输延时:8ns。

储存温度: $-60\sim +150^{\circ}\text{C}$ 。

(3)常用 74LS 系列集成芯片如表 1.2.6 所示。

表 1.2.6 常用 74LS 系列集成芯片型参与功能

型号	功能	型号	功能
74LS160/162	同步十进制计数器	74LS139/155/156	双 2 线—4 线译码器
74LS168/190/192	同步十进制加/减计数器	74LS47/48/247/248	BCD7 段译码器
74LS161/163	同步 4 位二进制计数器	74LS151	8 选 1 线数据选择器
74LS169/191/193	同步 4 位二进制加/减计数器	74LS153/253/353	双 4 选 1 数据选择器
74LS90/290	二—五—十进制异步计数器	74LS150	16 选 1 数据选择器
74LS177/197/293	4 位二进制计数器	74LS74	双 D 触发器
74LS393	双 4 位二进制计数器	74LS112/114/113/73	双 J—K 主从触发器
74LS154	4 线—16 线译码器	74LS381/181	4 位算术逻辑单元
74LS42	4 线—10 线译码器	74LS04	六反相器
74LS138	3 线—8 线译码器	74LS03	四 2 输入与非门(OC)

(4)常用 CMOS4000,CMOS54/74HC,TTL541/74LS 技术参数比较,如表 1.2.7 所示。

表 1.2.7 常用 CMOS4000,CMOS54/74HC,TTL541/74LS 技术参数比较

系列类别 参数名称	CMOS 4000	CMOS 54/74HC	TTL 54/74LS
电源电压范围	3~18V	2~6V	$5\pm 5\%V$
低电平输出电压	0.05V	0.1V	0.25/0.35V
高电平输出电压	4.95V	4.4V	2.5/2.7V
低电平输入电压	$\leq 1.5V$	$\leq 1.0V$	$\leq 0.8V$
高电平输入电压	$\geq 3.5V$	$\geq 3.15V$	$\geq 2.0V$
低电平输出电流	0.51mA	3.4/4mA	4/8mA
高电平输出电流	0.51mA	3.4/4mA	0.4mA
低电平输入电流	$< 1\mu\text{A}$	$\leq 1\mu\text{A}$	$\approx 400\mu\text{A}$

续表

系列类别 参数名称	CMOS 4000	CMOS 54/74HC	TTL 54/74LS
高电平输入电流	$<1\mu\text{A}$	$\leq 1\mu\text{A}$	$\approx 20\mu\text{A}$
噪声容限	1.5V	1V	0.4V
每门传输延时	25ns	8ns	8ns
最高工作频率	7MHz	50MHz	50MHz
速度功率积	0.01~10pJ	0.03~10pJ	~40pJ
工作温度范围	-40~85℃	-40~85℃	0~70℃

注：速度功率积的单位：pJ，即微微焦耳；上述参数的电源电压均为5V。

1.3 常用实验测量仪器

一、GDS 806 示波器

1. 示波器前面板

示波器前面板如图 1.3.1 所示。

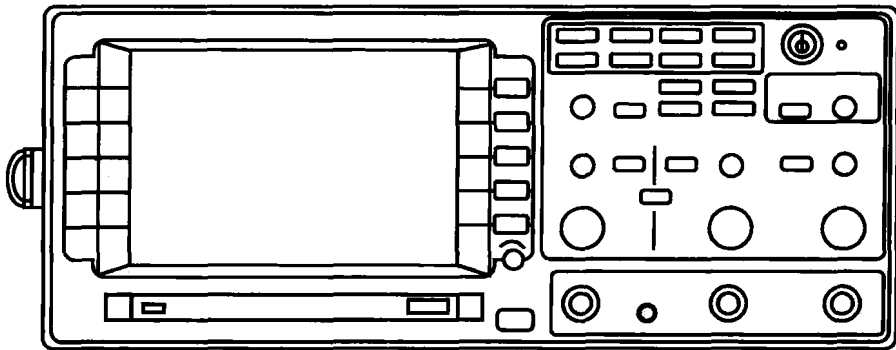


图 1.3.1 示波器前面板

2. 示波器显示区域

示波器显示区域如图 1.3.2 所示，其中：

- | | |
|----------------------|-------------------|
| (1)为波形记录指示条； | (2)为触发位置(T)指示； |
| (3)为显示波形的记录片段 | (4)为 Run/Stop 指示； |
| (5)为触发状态 | (6)为触发位准指示； |
| (7)为信道位置指示 | (8)为延迟触发指示； |
| (9)为 CH1 和 CH2 的状态显示 | (10)为取样速率读出； |
| (11)为水平状态读出 | (12)触发源和状态读出； |
| (13)为触发类型和模式读出 | (14)采集状态； |
| (15)为界面类型指示 | (16)触发计频器。 |

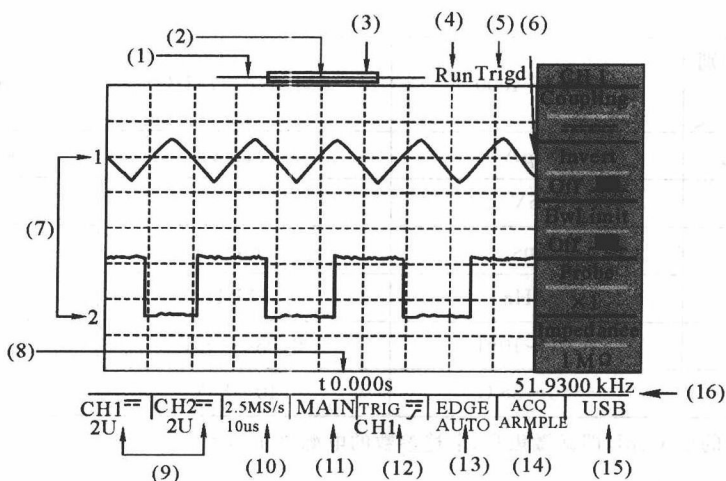


图 1.3.2 示波器显示区域

3. 垂直控制面板

垂直控制面板如图 1.3.3 所示,其中:

- (1)为 CH1,CH2 的 POSITION 旋钮,调节波形的垂直位置。
- (2)为 CH1,CH2 的菜单按钮。显示垂直波形功能和波形显示开关。
- (3)为 MATH 功能按钮,选择不同的数学处理功能。
- (4)为 VOLTS/DIV 旋钮,调节波形的垂直刻度。

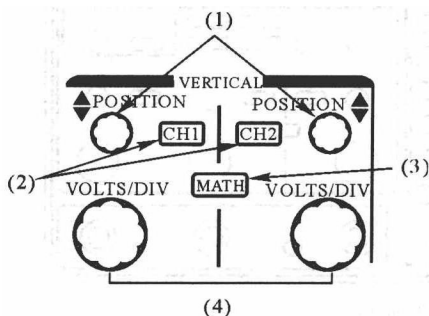


图 1.3.3 垂直控制面板

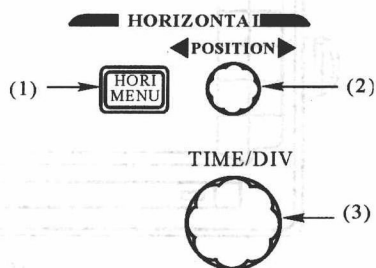


图 1.3.4 水平控制面板

4. 水平控制面板

水平控制面板如图 1.3.4 所示,其中:

- (1)为 HORI MENU 选择水平功能的菜单。
- (2)为水平的 POSITION 旋钮,调整波形的水平位置。
- (3)为 TIME/DIV 旋钮,调整波形的水平刻度。

5. 触发控制面板

触发控制面板如图 1.3.5 所示,其中:

- (1)为电源开关。
- (2)为选择触发类型,触发源和触发模式。

(3)为调节触发位准。

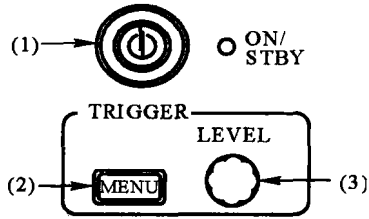


图 1.3.5 触发控制面板

6. 其他控制面板

其他控制面板如图 1.3.6 所示,其中:

- | | |
|------------------------------|------------------------|
| (1)为选择采集模式; | (2)为控制显示模式; |
| (3)为选择使用功能; | (4)为设置编程模式; |
| (5)为设置游标类型; | (6)为 VARIABLE 多功能控制旋钮; |
| (7)为 15 种自动测量通路; | |
| (8)为 AUTOSET 旋钮自动调节信号轨迹的设定值; | |
| (9)为打印输出 LCD 显示的硬拷贝; | (10)为开始和停止波形的采集; |
| (11)为存储或取出波形设置; | (12)为清除设定键; |
| (13)为在 LCD 显示屏上显示内置帮助文件; | (14)为编程模式下停止重放。 |

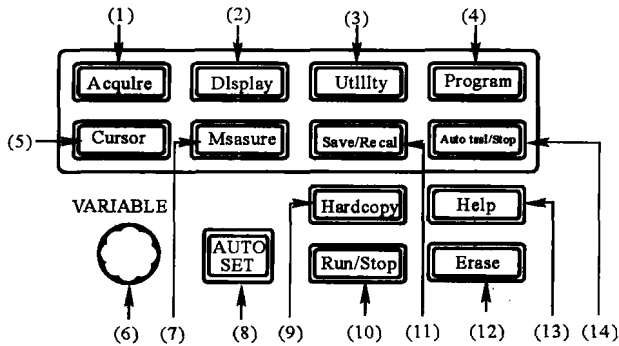


图 1.3.6 其他控制面板

7. BNC 输入

BNC 输入如图 1.3.7 所示,其中:

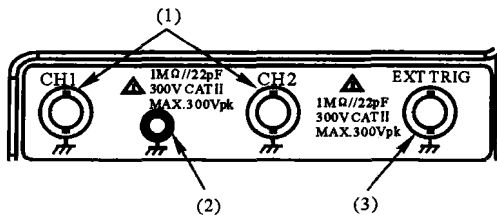


图 1.3.7 BNC 输入

- (1)为 CH1 和 CH2 接受信号的 BNC 接头;
- (2)为接地;
- (3)为外部触发 BNC 接头。

8. 垂直控制面板

垂直控制面板如图 1.3.8 所示,垂直控制将影响所选的波形。按 CH1,CH2 或 MATH 键选择和调整波形。

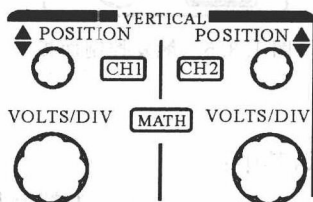


图 1.3.8 垂直控制面板

(1)为 VOLTS/DIV:调节所选波形的垂直刻度(以 1—2—5 序列变换档位)。

(2)POSITION:调整 CH1,CH2 波形的垂直位置。当旋转此旋钮时,1或2(LCD 的左面)将同时改变位置。此外,当调节旋钮1或到达格线边缘时,指示形状会变成“↑,↗”或“↓,↘”。在 LCD 会显示垂直刻度值,如图 1.3.9 所示。

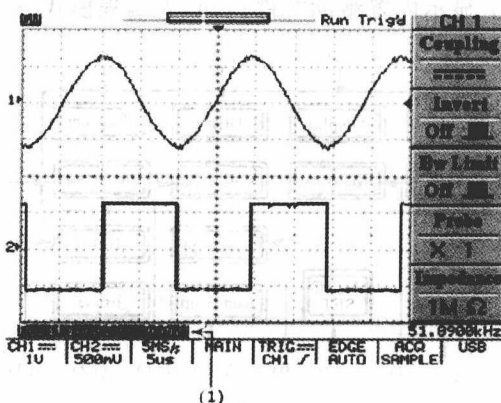


图 1.3.9 POSITION 旋钮操作

(3)CH1,CH2:CH1 或 CH2 被选择时,垂直菜单包括以下项目。这两个按钮也是 CH1 或 CH2 波形显示的开关。如果 CH1 或 CH2 被关闭,LED 指示灯会熄灭。

Coupling \sim \equiv \perp :按 F1 选 AC(\sim),DC(\equiv)耦合,或接地(\perp)。

* Invert On/Off:按 F2 选择波形是否反向显示,On 反向显示,Off 正向显示。

* Bw Limit On/Off:F3 频宽限制设定键,On 设定频宽为 20 MHz,Off 设定频宽为全频宽。

* Probe 1/10/100:按 F4 选择探棒衰减 $\times 1$, $\times 10$, $\times 100$ 。

* Impedance $1M\Omega$:输入阻抗显示。

MATH:数学处理设定键,MATH 功能被选择时,可用 F1 选择 CH1+CH2,CH1-CH2 或 FFT(快速傅里叶变换)。用 FFT 功能可以将一个时域信号转换成频率构成,如图 1.3.10 所示。

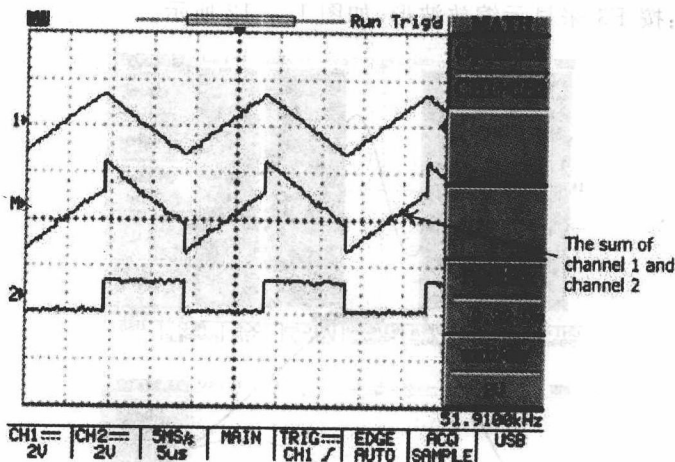


图 1.3.10 MATH 功能操作

CH1+CH2:信道 1 和信道 2 的波形相加。

CH1-CH2:信道 1 和信道 2 的波形相减。

数学处理 CH1+CH2/CH1-CH2 的波形的位置可以用 VARIABLE 旋钮来调整。数学处理位置指示 \blacktriangleleft (LCD 左面)同时改变位置。

FFT:进行 FFT 运算。

9. 水平控制面板

水平控制面板如图 1.3.11 所示。

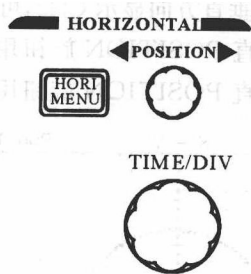


图 1.3.11 水平控制面板

(1)TIME/DIV: TIME/DIV 旋钮调节所选波形的水平刻度。

(2)POSITION:水平移动定位钮,调整 CH1,CH2 波形的水平位置。当旋转此旋钮时,触发位置指示“ \blacktriangledown ”(LCD 的右面)将同时改变位置。此外,当调节旋钮,到达格线边缘时,指示形状会变成“ \blacktriangleleft ”或“ \blacktriangleright ”。

H - MENU:控制所选波形的时基,水平位置和水平值。

Main:显示主时基。

Window:选择正常显示和缩放。按 F2 键显示窗口缩放的时基,这时除放大区域外波形