

GR2750 等, 据称这种系统可以探测到 99% 的故障。

6. 结论

在线测试技术是富有活力的一门测试技术。

随着 PCB 的越来越复杂, 作为保证产品质量, 数量的主要方法, 它的重要性越来越大。另一方面日益复杂的 PCB 也给在线测试带来新课题。面临这种挑战, 为了解这些问题也刺激了在线测试技术的新发展。

从仪器设计者的角度看 VXIbus

史 棣 文

1. 前言

VXIbus 的技术指标, 从技术角度来看已充分定义了模块式仪器的各项标准。如电的地址, 机械结构, 电磁兼容、功率以及各模块间的通信要求等。然而进一步看, VXIbus 的标准还不能完全复盖有关仪器设计方面的内容。因此各生产厂家必须针对 VXIbus 制定自己的内控标准, 为用户提供始终一致的功能相互操作性。同时也为仪器设计者提供通用的硬件接口和固件的设计规范。这样可使设计师们把精力集中在特定仪器的特色设计上, 不必再在系统的设计上花功夫。

以惠普公司为例来说明内控标准。惠普公司把内控标准化的成果集中用于四个领域: 通用的仪器语言; 硬件接口; 软面板设计以及工业化和机械化方面的设计。

2. 用标准指令编程的仪器 (SCPI) 通用语言

最近曾有人谈到编程语言和编程格式的多样性问题。数据的传送几乎是以能想像到的各种格式在进行着, 从 ASCII 到以器件为准的简洁的二进制都在使用。当一种新型仪器投入使用时, 工程师们不得不重写大量的仪器驱动码。如果是同一厂家生产的新一代替换仪器就更是如此费事。

还是在 1987 年, IEEE-488.2 被批准之后它便成为信息和数据格式的标准和信息交换协议的标准。通用指令已成为大量器件共享的指令标准。

这些标准使计算机以一致的方式写出的语言对仪器讲话, 而且还能使高级仪器执行测试任务。

IEEE488.2 定义的某些指令有寻址仪器内容的功能。但是这些标准有意识地不为测试或信号结构所需的指令做出定义。而这些需要的指令正是工业化领域中可编程仪器的寻址指令, 适用于惠普公司的所有 VXIbus 的模块。

原已有的惠普公司的测试和测量系统用语言, 编程仪器用的标准指令仍可普遍使用, 其中也包括 IEEE 的标准 488.2 和 754, 最终成为一种全方位的, 强有力的而且可扩展的语言。时至今日仍为用户所熟悉, 而且不依仪器型号的不同而有区别, 只依仪器功能不同有区别。正因为如此, 编程仪器指令 (SCPI) 能够用于多种型号的仪器中, 例如从供电到网络分析, 范围十分广泛。把复盖所有传统仪器领域作为横向兼容性, 而把这种语言所提供的能力作为纵向兼容性。或者说为传统仪器家族提供了不断扩大的复盖领域。

2.1. 助记符

可编程仪器的标准指令 (SCPI) 是一套裁剪规则, 用于产生出正规的助记符, 这套裁剪规则如下:

- 如果键字是四个或少于四个的字母, 键字本身即为助记符, 如 AUTO, ON, OFF 等。
- 如果键字是四个以上的字母, 就取前四个字母作为键字的助记符, 如 OUTPUT。
- 如果裁剪后助记符末位是元音, 取前三个字母作为助记符, 此元音降低为半个字高, 如 ATTenuator。

·如果用短语代替一个单词,键字采用第一个词的第一个字母,后跟最后整体字,如:Kaiser BESsel,再按四字母规则处理,其助记符应为KBES。

2.2. 分层结构

键字联合起来组成了复合的标记元素。这与IEEE488.2的规定是一致的,于是就产生出分层语言。照这样做,设置输入衰减器的指令便是:INPut: ATTenuator。选用分层结构有很多理由,首先,四字母的助记符规定,即使在一个单台仪器中使用也会很快被突破,这就产生了矛盾,必须以违反四字母规定的办法来解决助记符的写法问题。采用语言的分层结构,键字在树形网络中的位置以及与上下的关系才有意义,而且矛盾也不存在了,例如设置一个输出衰减器,其指令应为OUTPut: ATTenuator。输入和输出衰减器两个分系统使用相同的键字“ATTenuator”,由于它们处在树形网络中不同的位置上并不发生冲突。

2.3. 不执行的字节

在实用过程中,仪器的某些功能使用的次数比另一些功能使用的次数多,而且大多数通用功能需要用短而容易使用的键字。SCPI为适应这种需要,在树形网络的临界处放置不执行的字节,它不作为指令的一部分被传送出去。例如与仪器的输出状态有关的一系列指令:衰减,滤波,失调和输出赋能等。其中输出赋能是最常用的功能,使用的次数多,要加一个指令:

OUTPut [: STATe], 这条指令能使仪器输出。传送“OUTPut: STATe ON”或者传送简洁的“OUTPut ON”都能使仪器输出。

不执行的字节在扩展语言方面也起着很重要的作用。例如,如果有一条指令是关于输出电路中滤波器的FILTer,它能启动低通滤波器,又希望增加一条指令去启动高通滤波器,这又产生了矛盾,为此后一条指令应对键字FILTer做进一步的限定。加一条指令就要在现有指令滤波器的下面加一个不执行的字节,说明附加的限定。现有指令就成为OUTPut: FILTer [: LPASs],然后还应当加上一条新指令:OUTPut: FILTer [HPASs]。加上不执行的字节得到了指令的扩展,这是很重要的。由于不执行的字节允许有“写”的应用,旧型仪器就能与扩展了功能的新型

仪器一样地工作。这种应用仍然可以传送OUTPut: FILTer,它的功能与语言扩展之前完全一样。

2.4. 标准参数格式

可编程标准指令仪器(SCPT)有一系列的标准参数格式,从不使用非标准格式。标准化格式包括:

数字参数:它除了接纳ASCII的输入外也接纳数字的接近值,例如INFinity在SCPI中代表9.9E37,而指令NAN或“not a number”代表9.91E37。所有的数字参数也必须接纳MAX和MIN,它们分别代表最大值和最小值。这样的功能可以设置,同时也要考虑仪器内部的其他设置。

MIN和MAX作为参数也需要指令查询格式。这种格式用于确定最大和最小的法定值,可以无误地传送出去。例如,若一个输入衰减器可以设置为0~70dB,对于查询句INPut: ATTenuator?来说MAX便是70dB。若设置的衰减值超过70dB其结果是错误的。传送的衰减值处于0~70dB之间的任何值,衰减器将接纳它的就近值。例如,若衰减器的步进值为10dB,那么衰减器接到指令INPut: ATTenuator38后,它就设置为40dB,这并非错误。

SCPI要求使用的数字参数,无论何时都要求任何一个参数均可以数字来表达。定性的条目如FILTer: CUToff LOW|HIGH是不允许的,因为一个指令是低(LOW)而另一个又是高(HIGH)。

2.5. 布尔参数

布尔参数容纳ON, OFF, 1和0作为数值。ON和1, OFF和0互为别名。查询格式中出现的1和0与IEEE488.2通用指令中出现的值互相兼容。

2.6. 断续切换参数

这种参数允许在一系列任选项中进行选择。这些任选项规定为数据式字符。举例如下:

TRIGger: SOURce INTernal|EXTernal|BUS|IMMediate

其中竖道表示可以交替任选的数据字符

2.7. 参数的配接

当一个功能可以与另外的功能配接的时候,SCPI通过AUTO键字来控制这种配接。启动AUTO后,仪器中的另外装置便会自动检知这个

功能值。AUTO 参数有：ON|OFF|ONCE。其中 ONCE 是一件事，它先使 AUTO ON，而后使 OFF 起作用。因此能使 AUTO 这个功能值自动被检出，然后“冻结”在此值上。AUTO 的字节是这个功能的分字节，产生了一个不平衡的树形。举例如下：

SENSE

: ATTenuator<value>

: AUTO<Boolean>|ONCE

2.8. 缩减参数

用于控制仪器设置的大多数指令都有一个单独的参数与之相联系。在指令中有超过一个参数时，对应的功能变成超载，会给使用造成混乱。若把两个参数断开形成分离的指令时，使用起来就更明确和更易于学习。举例如下：有一条指令，要求测试功率电平并控制输出端口。指令格式为 POWER: LEVel 5W, ON。把它断开成两条指令，一个是测试功率电平 POWER: LEVel 5W，另一个是控制输出开关的 OUTPut: STATe ON。

2.9. 信号的定向测量

在测量信号时每一种特定型号的硬件都有明确的测量技术。这意味着，已知的正在进行测量的信号是与硬件有密切联系的。实践证明，应当依据被测信号，所用仪器的硬件设置，而且还要通过一套测量指令进行测量。

在使用高级指令 MEASure 进行测量时，指令要用于配置仪器，触发数据采集。然后将数据处理为最终格式。如传送 MEASure: VOLTage: PERiod? 指令，既要测量信号的电压，还要测量信号的周期。

除了仪器应具备上述测量功能外，还需要有细调整的能力。因此 MEASure 指令有两个附加的联合指令，即 CONFigure 和 READ。前者要与仪器的设置配套，而后者要执行数据采集和过后处理。这种应用的合理性表现在仪器有能力做一些与器件有关的调整设置，然后通过 READ 完成高水平的测量过程。

READ 再进一步分解为：INITiate 和 FETCh，前者引发数据采集，后者执行后续处理。这种安排可使一系列的采集数据的操作和后续处理操作及时进行，这对非周期性数据的采集尤其重要。

指令中的参数是以要求测量的项目表示的。避免使用量程，而以数值代替。准确度以绝对值表示，不用量程的百分数表示。例如

MEAS: VOLT: DC? 5, .001

此指令表示用 5Vdc 量程和准确度为 1mV 的仪器进行测量。

3. 通用的硬件接口

惠普公司的 VXIbus 仪器是以两种不同的硬件接口为基础的，即信息基和寄存器基。它们总有空余位而且费用低廉。使用信息基接口，从根本上免除了发令者的相互操作性和自主性（在 VXIbus 中的发令者是一个控制其他器件的器件），这是因为仪器的语言就包含在模块之内。对另外一些仪器来说，寄存器基接口的设计能减小尺寸和降低成本。以上两种接口与 VXIbus 修订版 1.3 相兼容。

HPE1405 指令模块（也有 0 槽功能）含有 SCPI 语言处理器（所有 HP 的寄存器模块都使用这种语言处理器，而且容许简明版 IEEE488.2）。或者是 SCPI 去控制寄存器基和信息基模块，其寻址方式与堆架式仪器相同。对每一种 VXIbus 主机箱用一级寻址，而对每一台仪器用二级寻址。合并的模块如 HP 的 VXIbus 切换开关，可以配置成一个单独的仪器使用。嵌入式计算机能直接对使用 SCPI 信息基模块的 VXIbus 讲话，用寄存器级别的指令对寄存器基模块讲话，也可通过 GPIB 和指令模块对 SCPI 的寄存器基模块讲话。图 1 所示为 VXIbus 仪器的通信路径。

信息基和寄存器基仪器两者所用的固件是用一种类指令分析程序进行设计的，与 IEEE488.2 相兼容。对于信息基仪器中的 VXIbus 接口码来说，这种类指令分析程序和实行的例行程序全都处在仪器的模块中，在 HPE1405 指令模块或 HPE1300/1A 主机箱内部的发令者中和这些寄存器基仪器中都有它们的协调码。把这些多任务的设计已赋予 HP 的所有寄存器基仪器，使之成为自己的任务。仪器本身使用简明编程，便可当作一台独立的仪器使用。由于 CPU 参与了所有寄存器基模块的运作，从根本上降低了总体的成本。

3.1. 信息基接口

HP 信息基接口的功能在于控制仪器硬件的运作,其指令直接来自控制器,通过 VXIbus 传送给各个硬件。控制指令通常采用的格式是 IEEE488.2 ASCII 字符串,符合 VXIbus 定义的字符串协议,也可以用简单的寄存器读和写的格式。ASCII 的字符串允许用户以相等于堆架式仪器的方式为模块式仪器编程序。用简单的寄存器的读和写方式可使大块数据在仪器与计算机之间高速传送。

VXIbus 的约定之一是设计通用结构,仪器的设计师们可以集中精力开发仪器的功能,不需在数字接口上再花费精力。如此便能降低投资并

缩短了开发周期,尽快推出新产品。仅靠选用 VXIbus 作为一个通用的平台是达不到这样目标的。能承担多项任务的单台仪器也是很需要的,HP 的信息基仪器家族就是以此结构为基础建立起来的。早期生产的 HPE1410A 数字多用表,每一种信息基仪器都是围绕着这样一个通用的核心设计生产的。这个核心包括:一个高性能的 SCPT 分析程序,一个适应性很强的实时操作系统和通用的 VXI 驱动码,它们全都在一个通用的硬件环境下运作,其基础结构就是一个 6800 微处理器和两个门阵列。它们所担负的任务在各种仪器中是完全一样的,如图 2 所示:

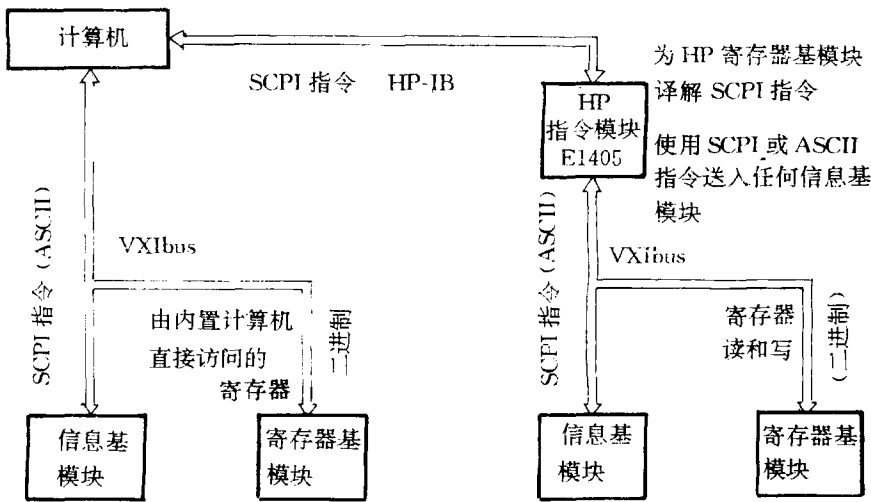


图 1. 用于 VXIbus 仪器的交替通信路径

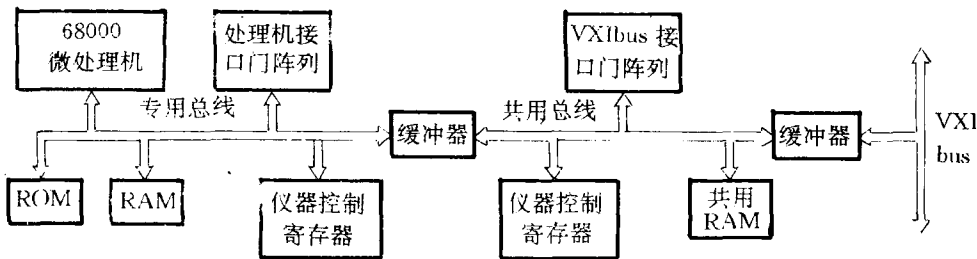


图 2. HP 信息基仪器方块图

设计师们采用这种硬件核心,不必再去开发微处理器, VXIbus 接口和能用固件。

3.2. 处理器接口

这是门阵列之一,它所提供的资源通用于大多数微处理器为基础的仪器中。它是一个有 124 脚的封装块,而它承担的工作量远大于 250SSI

(小规模)和 MSI (中规模) 集成电路。其功能有：地址解码，中断调理，各种定时功能以及独立的 I/O (输入/输出)。

这种门阵列有一套标准的存储器，如图 3 所示：

0×FFFFFF	专用 RAM
0×000000	共用 RAM
0×E00000	VXIbusA24 (16MBytes)
0×200000	VXIbusA16 (64KBytes)
0×1F0000	VXIbus IRQ 应答
0×1EE000	VXIbus 寄存器
0×1EC000	寄存器
0×1EA000	外设
0×1E8000	杂务
0×1E0000	ROM
0×000000	

图 3. 用于 HP 信息基器件的标准存储器图

它有互相分离的引出脚，便于选择 ROM，保密 RAM，共享 RAM，VXIbus，众多的本机外围器件和 32kbyte 地址块。可使 VXIbus 信号容易进入 A16 (64kbyte) 和 A24 (16Mbyte) 地址模块，并可执行 VXIbus 认可的中断循环。可对 16 个不同中断源进行信号调理，其中包括三个内部定时源。每一个中断均可编程为七个优先级中之一。当宣布有一个中断请求时，门阵列便在三条 IRQ 线上驱动出适当的周期码传送给微处理器，后者便执行一次中断循环。在此期间中断要占据门阵列的一个取向，取向的不同标志着中断源的不同。这就具备了完全的灵活性。每个中断的输入均可编程。去选择信号的极性，不论信号沿和电平如何。如图 4 所示：

这种处理器接口的门阵列还有一种定速器功能。由软件或由外来信号触发后，定速器产生一系列脉冲。脉冲数和频率两者可编程为 24bit 的值。

3.3. VXIbus 接口

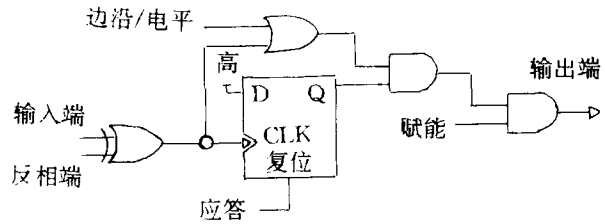


图 4. 中断信号调理电路

另一个门阵列为 VXIbus 提供接口。这个门阵列含有 VXIbus 的配置和通信寄存器。VXIbus 存取控制指令，并支持共享的 RAM。这个门阵列处在微处理器和 VXIbus 之间的共享总线上，见图 2。这条共享总线可对在板微处理器和 VXIbus 外接的设备进行访问。

这样配置的寄存器对于辨认 VXIbus 系统里的设备是关键部件。此外它还有一个标准机构，用于报告各设备的自测试状态并且为各设备分配地址。通信寄存器也有一种机构，用于 SCPI 在发令者和服务者之间进行通信。

VXIbus 接口的门阵列支持信息基，使之具有完整的 VXIbus 所规定的的能力，其中包括：各种字符串协议；共享存储器协议，动静态配置，共享的 A24 或 A32RAM，以及 VXIbus 主模块能力。

这种总线 (bus) 具有的能力支持八种不同的访问模式，在板微处理器可以直接访问门阵列寄存器或者共享 RAM。VXIbus 的任何一个主模块都能访问门阵列的寄存器或者共享 RAM。这种在板微处理器能够访问 VXIbus 的其他从属设备，而且也能访问门阵列或访问作为 VXIbus 从属者的共享 RAM。此外，这种门阵列自己能启动 VXIbus 的执行机构。

压缩了总线的吞吐量，门阵列也可以用编程的方法送出信号给器件的发令者，以表明某些事件。这种方式使得发令者能专心致力于定时询问之外的工作。同样，门阵列也能中断本机的微处理机，通知发令者发生了某些事件，其中包括送来了一个字符串指令。

这种门阵列也能完成通用字符串指令的硬件解码工作。由于取消了在固件中翻译字符串指令的工作，这就加快了处理指令的速度。

3.4. 直接的寄存器访问

HP 的信息基器件在常态下是通过 VXIbus 接口由 SCPI 指令来控制的。在板微处理器译解这些信息，然后对仪器内部控制的寄存器进行一系列的读和写，见图 2 所示。某些 HP 的信息基仪器能为临界高速运作提供更有效的模式。在这类仪器中，内控寄存器可接受 VMEbus 的访问（它们接口在共享总线上，很像共享 A24 或 A32 RAM）。这样的配置使得 VXIbus 的控者直接去控制仪器的运作，避免了 SCPI 指令传送和分析的内务操作。实际上，在需要有尽可能高的传送速度时，这些仪器的工作就像寄存器基器件一样。

3.5. 完整的仪器系列

HP 公司已有了这种通用结构的信息基仪器达 15 种之多。其中有：指令模块； $6\frac{1}{2}$ 位数字多用表；多波形函数发生器；功率计；综合功能扫频发生器；多用计数器；数字示波器等。

3.6. 寄存器基接口

HP 的寄存器基接口是用简洁的寄存器式的读和写来控制的，如此便能以高速度对仪器进行通信。也可以使用 ASCII 字符串对所有 HP 寄存器基模块进行编程，这要经过 HPE1405 指令模块或 HPE1300/主机箱中的 SCPI 语言处理器。

HP 的寄存器基器件全都有一个简单的，性能一致的接口接在 VXIbus 背板上，图 5 是一个典型的寄存器基接口的方块图。这种接口适用于任何低成本的仪器，满足简单的控制应用，是一种很理想的接口。为了简化开发固件的任务，在简单型仪器

模块当中，这种接口在设计上具有“看和觉”的一致性。每一种寄存器基仪器在结构上都符合 VXIbus 寄存器的要求，也能满足仪器控制上的需要。它们之所以低成本而又高速传输数据的关键，就在于简单。许多功能，例如密封继电器的功能，是由一个单独的寄存器承担的，而这个寄存器受控于 VXIbus “写入”。

接口硬件由一些地址和数据缓冲器，一个地址解码器，一个小型门阵列和各种数据寄存器组成。这种门阵列是定时运作的核心，使 VXIbus 和器件寄存器之间交往的挂钩和控制信号按时运作。这种接口就其功能来讲，它像是 VXIbus 的服务者，它也能为器件提供 VXIbus 上的普通中断。这种接口使用在多达 30 种 HP 的 B 系列和 C 系列的模块中。低成本的多用表，计数器，数模变换器以及切换开关中也使用这种接口。在 B 和 C 系列中的实验模块中也用它。

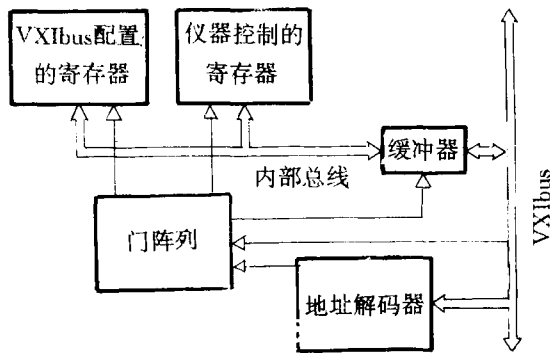


图 5. 寄存器基接口

微功率脉冲雷达 (MIR) 技术概要

贾卫力

微功率脉冲雷达 (MIR) 是劳伦斯利物茂国家实验室 (Lawrence Livermore National Laboratory) (LLNL) 的专利，是一种与通常雷达的原理根本不同的雷达。象其它超宽带雷达一样，它是一个脉冲雷达。但其发射的是大量短脉冲，这与

其它雷达是不一样的。因为它由非常少量的元件装配而成，所以并不昂贵。

这种雷达的发明来自 LLNL 的 100 兆瓦诺瓦激光器，这是世界上功率最大的激光器，这种激光器是用于原子核聚变研究的。脉冲激光产生