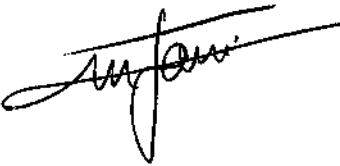

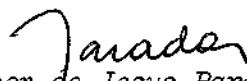


1. Publicação nº <i>INPE-3316-NTE/227</i>	2. Versão	3. Data <i>Outubro 1984</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DTL/DRC</i>	Programa <i>ETSS/AUTOM</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>INSTRUMENTAÇÃO AUTOMATIZADA HP-IB</i> <i>INTERFACE IEEE-488 IEC 625-1</i> <i>GPIB IEEE-488</i>			
7. C.D.U.: <i>681.322:621.38</i>			
8. Título <i>INPE-3316-NTE/227</i> <i>INTRODUÇÃO AO BARRAMENTO IEEE-488 (GPIB)</i>		10. Páginas: <i>46</i>	11. Última página: <i>37</i>
9. Autoria <i>Maurício Macedo de Faria</i>  Assinatura responsável		12. Revisada por  <i>Etiene M. Schneider</i>	13. Autorizada por  <i>Nelson de Jesus Parada</i> Diretor Geral
14. Resumo/Notas <i>Este documento apresenta uma descrição geral do Barramento IEEE-488, também chamado GPIB, HP-IB ou ainda IEC BUS. Após uma breve introdução histórica e uma descrição de seu atual estado de desenvolvimento, o trabalho apresenta os objetivos e as especificações técnicas do barramento. Finalmente, uma detalhada descrição funcional do Barramento IEEE-488 é apresentada.</i>			
15. Observações			

ABSTRACT

This document presents a general description of the IEEE-488 Bus, also called GPIB, HP-IB or IEC Bus. After a brief historical introduction and a description of its present status, the paper presents the goals and technical specifications of the bus. Finally, a detailed functional description of the IEEE-488 Bus is presented.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	vii
1. <u>INTRODUÇÃO</u>	1
1.1 - Desenvolvimento atual	2
1.2 - Objetivos da Norma IEEE-488	2
1.3 - Elementos principais de um sistema de interfaceamento	4
1.4 - Especificações técnicas da Norma IEEE-488	8
2. <u>DESCRIÇÃO FUNCIONAL DO BARRAMENTO IEEE-488</u>	9
2.1 - Funções de interface	12
2.2 - Definição dos sinais do GPIB	15
2.2.1 - Barra de Dados ("Data Bus")	15
2.2.2 - Barra de Controle ("Management Bus")	15
2.2.3 - Barra de Transferência ("Transfer Bus")	17
2.3 - Procedimentos do GPIB	18
2.3.1 - Transferência de Mensagens ("Handshake")	18
2.3.2 - Consulta Serial ("Serial Poll")	22
2.3.3 - Consulta Paralela ("Parallel Poll")	22
2.4 - Codificações de mensagens do GPIB	23
2.4.1 - Endereçamento no GPIB	24
2.4.2 - Comandos no GPIB	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
BIBLIOGRAFIA	35

•
•

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1 - Elementos abrangidos pelas normas	4
2 - Tipos de conexões	5
3 - Conectores adotados	6
4 - Estrutura do GPIB	11
5 - Transferência de dados no GPIB	20
6 - Transferência de endereços ou comandos no GPIB	21

•
• •

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
1 - Endereços primários	26
2 - Comandos universais ("multiline")	28
3 - Comandos universais ("uniline")	30
4 - Comandos endereçados ("multiline")	30
5 - Comandos secundários ("multiline")	32

1. INTRODUÇÃO

A experiência no projeto de sistemas de instrumentação dedicados a uma grande variedade de aplicações levou a HP definir, no início dos anos 70, um mecanismo padrão de intercomunicação que permitisse a fácil conexão de sistemas de instrumentação de vários níveis de complexidade.

Anteriormente cada projetista definia sua própria interface ao nível elétrico, mecânico, conectores, etc. Sempre era necessária nova documentação para especificar os procedimentos de interconexão entre os instrumentos.

Com o crescimento do número de instrumentos que possuíam interfaces digitais, tornou-se necessário e conveniente existir a capacidade de controle desses instrumentos através de um computador (chamado "controlador"). Surgiu então a necessidade de um padrão que permitisse a interligação entre instrumentos de diversos fabricantes, de modo que os usuários pudessem implementar sistemas de instrumentação de acordo com suas necessidades, sem restrições quanto à interface entre eles.

Tomando a proposta da HP como ponto de partida, foi formada uma comissão de diversos fabricantes de instrumentos, coordenada pelo "Institute of Electrical and Electronic Engineers" (IEEE), com o objetivo de criar um padrão que atendesse aos principais objetivos comuns da indústria de instrumentos e sistemas. Foi publicado então o documento "IEEE STD 488 - Standard Digital Interface for Programmable Instrumentation", que se tornou conhecido como Barramento IEEE-488 ou ainda HP-IB, GPIB ou IEC BUS.

1.1 - DESENVOLVIMENTO ATUAL

Após a primeira publicação do IEEE STD 488 em 1975, o IEEE publicou uma revisão em 1978 para dar maior clareza a algumas de finições e adicionar algumas recomendações ao projetista e usuário de instrumentos e sistemas que utilizassem o Barramento IEEE-488.

Em 1976 foi publicada a Norma MC 1.1 do "American National Standards Institute" (ANSI), que é idêntica à Norma IEEE-488 em todos os sentidos.

Finalmente em 1980 foi publicada a versão IEC 625-1 da "International Electro-technical Commission" (IEC), que é semelhante às normas acima citadas, exceto pelo conector utilizado.

Portanto, atualmente existem três normas que definem a interface "Byte Serial, Bit Parallel" para sistemas de instrumentação automatizados:

- 1) IEEE-488, 1978;
- 2) ANSI MC 1.1;
- 3) IEC 625-1.

A Norma IEEE-488 é a mais difundida atualmente, sendo utilizada por mais de 200 fabricantes em 15 diferentes países.

1.2 - OBJETIVOS DA NORMA IEEE-488

Logicamente as necessidades dos diversos fabricantes de equipamento são muito variadas, o que impossibilita uma solução ideal para o problema de interface entre equipamentos.

A Norma IEEE-488, embora não seja perfeita, é um bom compromisso entre as várias necessidades e objetivos dos fabricantes de equipamentos. É adequada à maioria dos sistemas de instrumentação em uso atualmente e também aos requisitos dos Barramentos de E/S dos microcomputadores.

Os principais objetivos da Norma IEEE-488 foram:

- 1) definir um sistema de fácil utilização;
- 2) especificar toda a terminologia e definições relacionadas ao sistema;
- 3) definir um sistema de uso geral para aplicações em pequenas distâncias;
- 4) definir todos os requisitos mecânicos, elétricos e funcionais do sistema;
- 5) permitir que instrumentos e periféricos com diferentes capacidades, do simples ao complexo, possam ser simultaneamente interligados ao sistema;
- 6) permitir que equipamentos de fabricantes diferentes possam ser interligados num mesmo sistema;
- 7) definir um sistema com o mínimo de restrições ao desempenho dos equipamentos conectados;
- 8) permitir a comunicação assíncrona com uma larga faixa de velocidades para as transferências de dados;
- 9) definir um sistema de baixo custo, que permita a interligação tanto de equipamentos de baixo custo, como de equipamentos de mais alto custo;

- 10) permitir a comunicação direta entre dois equipamentos, sem necessidade de existir um controlador no sistema.

1.3 - ELEMENTOS PRINCIPAIS DE UM SISTEMA DE INTERFACEAMENTO

Todo sistema de interfaceamento pode ser totalmente caracterizado por quatro elementos principais:

- 1) Elementos Mecânicos - independentes da aplicação.
- 2) Elementos Elétricos - independentes da aplicação.
- 3) Elementos Funcionais - independentes da aplicação.
- 4) Elementos Operacionais - dependentes da aplicação.

As Normas IEEE-488, ANSI MC 1.1 e IEC 625-1 abrangem os três primeiros elementos, mas não os Elementos Operacionais, como pode ser visto na Figura 1.

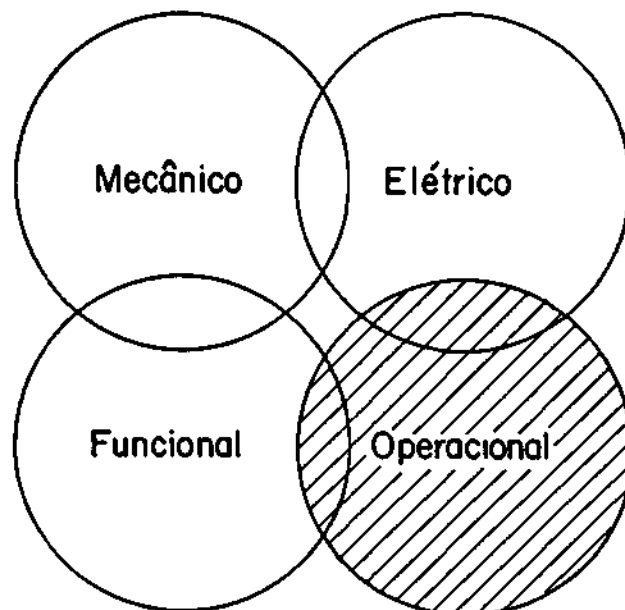


Fig. 1 - Elementos abrangidos pelas normas.

Os Elementos Operacionais são os únicos realmente dependentes da aplicação envolvida. Eles definem o modo como o equipamento reagirá aos sinais do barramento, e estabelecem quais são as diversas funções definidas pela Interface e de que maneira serão utilizadas.

1) Elementos Mecânicos

São constituídos de cabos e conectores.

A Norma IEEE-488 padroniza os cabos e conectores de interfaceamento para que todos os dispositivos compatíveis com a norma possam ser facilmente conectados.

Os conectores são de formato trapezoidal do tipo "RIBBON", com 24 pinos, dos quais 16 são definidos como sinais do barramento e 8 são definidos como linhas de terra. Os cabos são terminados com um conjunto de conectores macho/fêmea, os quais permitem conexões em qualquer dispositivo que faça parte do sistema.

As conexões podem ser do tipo "Linear" ou "Estrela" como pode ser visto na Figura 2.

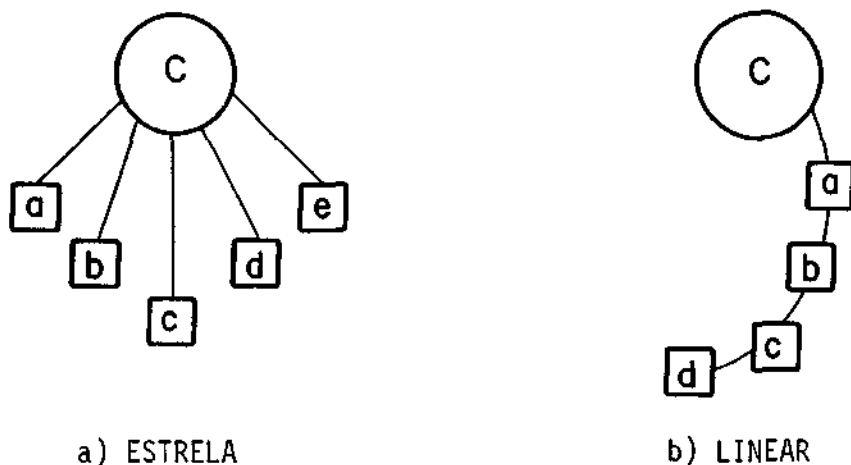


Fig. 2 - Tipos de conexões.

A Norma IEC 625-1 difere das demais somente nos elementos mecânicos. Essa norma especifica um conector do tipo D de 25 pinos. Infelizmente este tipo de conector já é amplamente utilizado para o atendimento da Recomendação RS 232-C, da "Electronic Industries Association" (EIA). Como os níveis adotados pela EIA estão entre +25V e -24V @ 500 mA e os adotados pelo IEC são de +5V e -5V, deve-se tomar muito cuidado ao realizar a interconexão entre equipamentos que possuam interfaces compatíveis com as Normas IEC 625-1 e RS-232-C. Na Figura 3 são mostrados os conectores das Normas IEEE-488 e IEC 625-1.

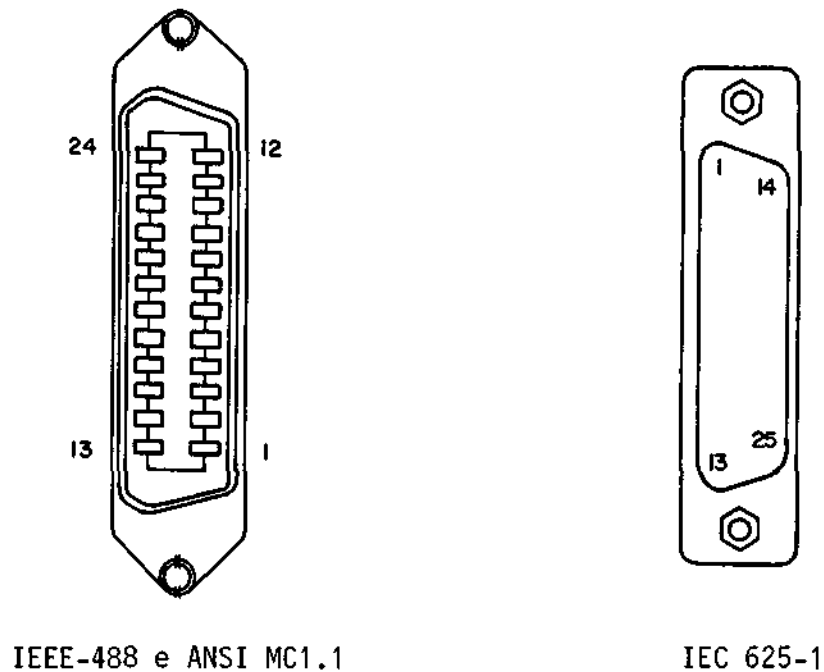


Fig. 3 - Conectores adotados.

2) Elementos Elétricos

São as tensões e correntes dos nós do barramento definidos pela norma.

Todas as especificações estão baseadas no uso da tecnologia TTL. A relação entre os níveis lógicos e os níveis de tensão são mostrados a seguir:

<u>NÍVEL LÓGICO</u>	<u>NÍVEL DE TENSÃO</u>	<u>DENOMINAÇÃO</u>
0(falso)	$2,0 \leq v \leq 5,2V$	Alto
1(verdadeiro)	$0 \leq v \leq 0,8V$	Baixo

Os excitadores das linhas SRQ, NRFD, NDAC devem ser do tipo "open-collector"; os das linhas ATN, IFC, REN e DAV podem ser do tipo "open-collector" ou "tristate".

As especificações dos excitadores e receptores são detalhadas na Seção 3 da Norma IEEE STD-488, 1978.

3) Elementos Funcionais

Os elementos funcionais são:

- a) As Funções de Interface que definem o uso das diversas linhas do barramento, de modo que um equipamento possa receber, processar e enviar mensagens através do barramento.
- b) O Protocolo utilizado pelas Funções de Interface para o envio e recebimento das diversas mensagens definidas pela Norma.
- c) As Relações de Tempo entre os vários estados possíveis para as diversas linhas do barramento.
- d) O conjunto de todas as Funções de Interface disponíveis, a partir do qual podem ser escolhidos subconjuntos adequados a cada aplicação.

1.4 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DA NORMA IEEE-488

Embora a Norma IEEE-488 tenha sido originalmente projetada para sistemas de instrumentação, tornou-se óbvia a necessidade de controlar estes sistemas utilizando uma calculadora ou computador.

Foram então feitas várias modificações na proposta original antes de sua publicação final como uma norma internacional.

As principais especificações das Normas IEEE-488 e ANSI MC 1.1 são mostradas abaixo.

- Número de dispositivos ligados ao barramento:
 - 15 (limite elétrico);
 - 8 (máxima flexibilidade).
- Comprimento do barramento:
 - 20m (máximo). A distância típica entre quaisquer dois dispositivos no GPIB é de 2m. A soma dessas distâncias não deve ultrapassar 20m.
- Número de linhas:
 - 16 no total:
 - 8 para transferência de dados;
 - 8 para controle de comunicação e da interface.
- Modo de transferência de mensagens:
 - "Byte serial, Bit parallel", assíncrono utilizando protocolo de 3 fios ("three-wire handshake"). Podem existir no máximo 1 "talker" e 14 "listeners" simultaneamente.

- Taxa de transferência de dados:
 - 1M bytes/s (máxima);
 - 250kbytes/s (típica).

- Capacidade de endereçamento:
 - 31 endereços primários para "talkers";
 - 31 endereços primários para "listeners";
 - 961 endereços secundários para "talkers";
 - 961 endereços secundários para "listeners".

- Modos de Interrupção (em relação ao controlador):
 - consulta serial ("serial poll"): assíncrono;
 - consulta paralela ("parallel poll"): síncrono.

- Transferências Diretas:
 - A comunicação entre "talkers" e "listeners" pode ser realizada sem o controlador do barramento.

- Controle do Barramento:
 - Podem existir sistemas com mais de um controlador, porém apenas um pode estar ativo a cada instante. Somente o controlador do sistema ("System Controller") pode assumir o controle a qualquer instante.

2. DESCRIÇÃO FUNCIONAL DO BARRAMENTO IEEE-488

O Barramento IEEE-488 é constituído de 16 linhas, as quais são divididas em três grupos funcionais distintos:

- Barra de Dados (8 linhas);
- Barra de Controle (5 linhas);
- Barra de Transferência (3 linhas).

Esses grupos funcionais são descritos com maiores detalhes na Seção 2.2.

A estrutura do barramento pode ser vista na Figura 4. A título de exemplo, nesta figura são mostrados alguns equipamentos interligados ao Barramento.

Como pode ser visto nessa figura, todos os equipamentos são ligados ao GPIB de modo paralelo, isto é, todas as linhas são compartilhadas por todos os equipamentos do sistema.

Todo equipamento precisa necessariamente ser capaz de participar da transferência de dados para ser compatível com a Norma. Entretanto, um equipamento não precisa ser conectado a todas as linhas do barramento, i.e., ele pode ser conectado somente àquelas linhas que sejam necessárias à implementação das funções de interface exigidas para sua aplicação específica.

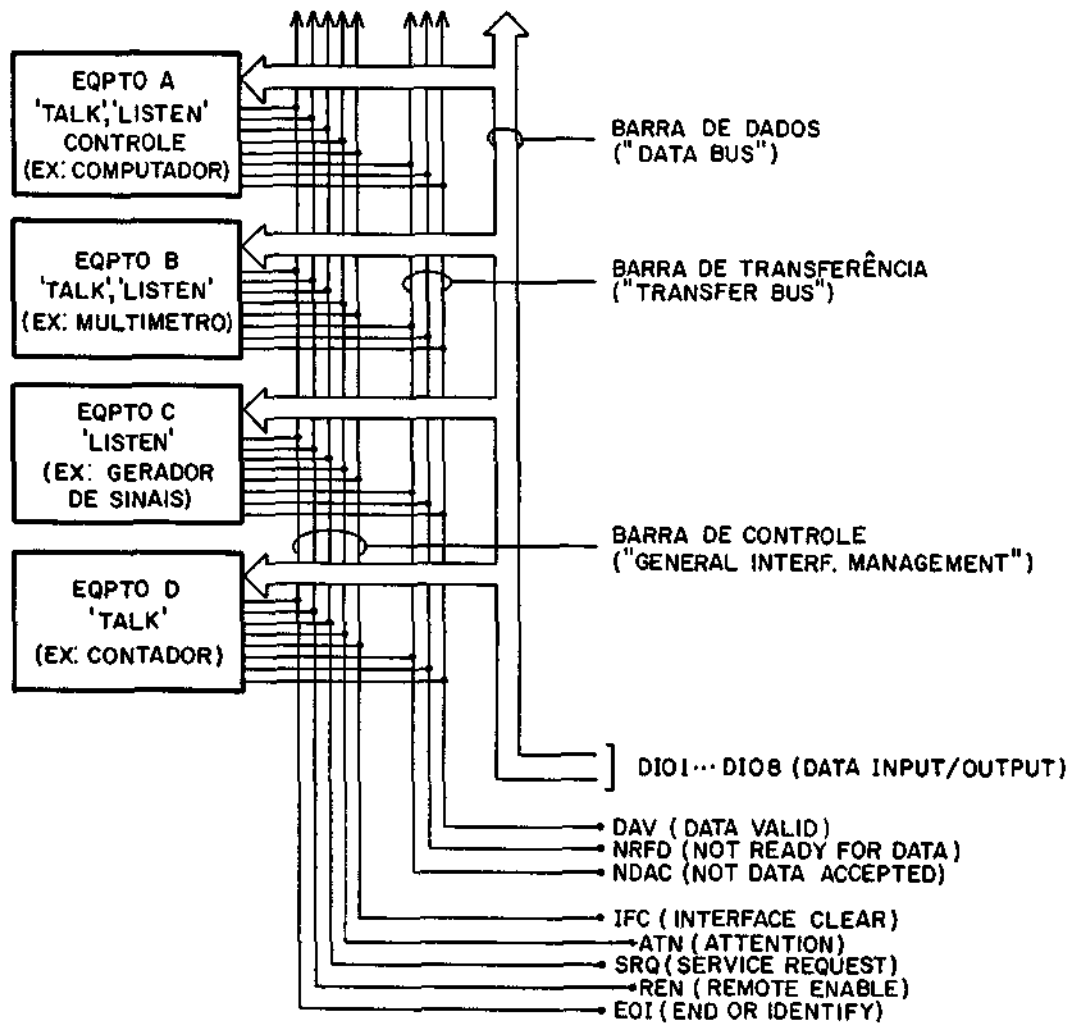


Fig. 4 - Estrutura do GPIB.

Todos os equipamentos conectados ao GPIB podem ser clas
sificados em três tipos básicos.

- "Listener";
- "Talker";
- "Controller".

a) "Listener"

É o equipamento capaz de receber informações transmitidas através da Barra de Dados. Podem existir até 14 "Listeners" ativos ao mesmo tempo. Exemplos: impressoras, fontes programáveis, geradores de sinais, etc.

b) "Talker"

É o equipamento capaz de transmitir informações através da Barra de Dados. Pode existir somente um "Talker" ativo a cada instante. Exemplos: leitores de fita, voltímetros, contadores, etc.

c) "Controller"

É o equipamento capaz de designar quem irá transmitir e receber as informações (incluindo a si próprio) transmitidas pela Barra de Dados. Pode existir apenas um controlador ativo no barramento a cada instante. Em sistemas com vários controladores, somente um pode ser o Controlador do Sistema ("System Controller").

2.1 - FUNÇÕES DE INTERFACE

Existem dez Funções de Interface ("Interface Functions") definidas e incluídas na Norma IEEE-488, algumas com até 28 subconjuntos permitidos.

A maioria dos equipamentos não implementa todas as funções e alguns implementam somente determinados subconjuntos destas funções.

Portanto, um equipamento precisa implementar apenas as Funções de Interface importantes à sua aplicação específica.

As dez Funções de Interface são descritas a seguir, em conjunto com o número da seção na qual elas aparecem na Norma IEEE STD-488, 1978.

1) SH - "Source Handshake" (Seção 2.3)

Esta função torna o equipamento capaz de efetuar adequadamente a transferência de mensagens pela Barra de Dados ("multiline messages"), utilizando as três linhas de transferência ("Handshake Lines").

2) AH - "Acceptor Handshake" (Seção 2.4)

Esta função torna o equipamento capaz de receber adequadamente mensagens pela Barra de Dados ("multiline messages"), utilizando as três linhas de transferência ("handshake lines"). Possibilita ainda ao equipamento atrasar o início ou o fim de qualquer transferência de mensagens.

3) T - "Talker" (Seção 2.5)

Esta função permite ao equipamento enviar dados ou informação sobre seu estado ("status") quando for endereçado como um "Talker". Podem existir endereços primários e secundários. Se o equipamento responder aos endereços secundários, ele será chamado "Extended Talker" (TE).

4) L - "Listener" (Seção 2.6)

Esta função permite ao equipamento receber dados quando for endereçado como um "Listener". Como no caso anterior, se o equipamento responder aos endereços secundários, será chamado "Extended Listener" (LE).

5) SR - "Service Request" (Seção 2.7)

Esta função permite ao equipamento interromper assincronamente o Controlador do Barramento para ser atendido. Isto é feito ativando a linha SRQ.

6) RL - "Remote Local" (Seção 2.8)

Esta função permite que o equipamento seja operado de dois modos:

- local: através dos controles de painel;
- remoto: através do Barramento GPIB.

7) PP - "Parallel Poll" (Seção 2.9)

Esta função permite que o equipamento forneça um bit de status ao Controlador do Barramento. O equipamento não precisa ser endereçado e nem utilizar as linhas de transferência.

8) DC - "Device Clear" (Seção 2.10)

Esta função permite que o equipamento seja reinicializado pelo Controlador do Barramento. O equipamento é colocado em um estado predefinido pelo seu fabricante.

9) DT - "Device Trigger" (Seção 2.11)

Esta função permite que um equipamento tenha sua operação iniciada individualmente ou como parte de um grupo de equipamentos. Essa função é normalmente utilizada pelo controlador para sincronizar a operação dos vários instrumentos do sistema.

10) C - "Controller" (Seção 2.12)

Esta função permite que um equipamento possa enviar endereços, comandos universais ou comandos endereçados a outros equipamentos através do Barramento GPIB. Podem existir outros controladores no sistema, porém somente um pode ser o Controlador Ativo a cada instante ("Controller-in-charge").

2.2 - DEFINIÇÃO DOS SINAIS DO GPIB

2.2.1 - BARRA DE DADOS ("DATA BUS")

A Barra de Dados é composta de oito linhas, DIO 1 a DIO 8, que utilizam sinais do tipo ativo-baixo ("active-low"). São utilizados para a transferência de endereços, comandos ou dados. Os formatos para os endereços e comandos são definidos pela Norma IEEE-488, 1978.

Os dados podem ser caracteres no formato ASCII ou na forma binária. DIO 1 representa o bit menos significativo e DIO 8, o bit mais significativo.

2.2.2 - BARRA DE CONTROLE ("MANAGEMENT BUS")

A Barra de Controle é composta de cinco linhas que são utilizadas para controlar o fluxo de mensagens através da Barra de Dados:

a) ATN - "Attention"

Esta linha é ativada pelo Controlador para indicar que a informação na Barra de Dados deve ser interpretada como um endereço ou como um comando.

Quando esta linha é desativada, as informações são interpretadas como dados e somente os equipamentos que foram endereçados podem participar das transferências de mensagens que ocorrerem em seguida.

b) IFC - "Interface Clear"

Esta linha pode ser ativada apenas pelo Controlador do Sistema ("System Controller"). É utilizada para colocar todas as interfaces do Sistema em um estado predefinido. Todas as operações da interface são interrompidas e após essa linha ser desativada, o Controlador do Sistema torna-se o Controlador Ativo do GPIB.

c) REN - "Remote Enable"

Esta linha pode ser ativada apenas pelo Controlador do Sistema. É utilizada para permitir que os equipamentos sejam posteriormente colocados no modo remoto. Quando estiver ativada, todos os equipamentos capazes de operar remotamente serão colocados no modo remoto após terem sido endereçados como "listeners". Quando desativada todos os equipamentos retornarão ao controle local.

d) SRQ - "Service Request"

Esta linha pode ser ativada por qualquer equipamento (um ou mais) ligado ao Barramento GPIB, para indicar um pedido de serviço ao Controlador do Barramento. Pode atuar como uma interrupção da sequência normal do programa principal. O Controlador deve então determinar quais equipamentos estão ativando a linha "SRQ" executando um procedimento chamado "Serial Poll" (consulta serial dos equipamentos - ver Seção 2.3).

Após ser consultado, cada equipamento desativa a linha SRQ.

e) EOI - "End or Identify"

Esta linha pode ser ativada em duas situações, como seu nome indica. Um "Talker" pode ativar a linha "EOI" junto com o último "byte" de dados para indicar o fim de uma mensagem de dados. O controlador pode ativar a linha EOI junto com a linha ATN para indicar um procedimento de "Parallel Poll" (consulta paralela - ver Seção 2.3).

2.2.3 - BARRA DE TRANSFERÊNCIA ("TRANSFER BUS")

Três linhas ("handshake lines") são usadas para controlar a transferência de mensagens sobre a Barra de Dados, entre uma fonte (um "Talker" endereçado ou um controlador) e um destino (um ou mais "Listeners" endereçados ou qualquer equipamento que recebe mensagens do barramento), de modo a garantir a integridade da transferência.

Todas as três linhas de transferência possuem nível ativo-baixo e utilizam excitadores do tipo "open-collector".

a) NRFD - "Not Ready For Data"

Esta linha é controlada pelos "Listeners" ativos ou por todos os equipamentos que estejam recebendo comandos da interface. Quando estiver no nível baixo, indicará que um ou mais "Listeners" não estão prontos para receber o próximo "byte" de comando ou dado. Somente quando todos os participantes de uma determinada transferência estiverem prontos, esta linha será desativada, indicando ao "Talker", ou ao Controlador, que pode colocar a nova mensagem na Barra de Dados.

b) DAV - "Data Valid"

Esta linha é controlada pelo "Talker" ativo ou pelo Controlador do GPIB.

É ativada logo após ter sido colocada uma mensagem válida na Barra de Dados. Quando estiver no nível baixo, indicará a todos os "Listeners" que o dado é válido e deve ser aceito.

c) NDAC - "Not Data Accepted"

Esta linha é ativada pelos "Listeners" ativos ou por todos os equipamentos que estão recebendo comandos da interface. Quando estiver no nível baixo, indicará que um ou mais "Listeners" não aceitaram ainda o "byte" de comando ou de dado presente na Barra de Dados. Somente quando todos os participantes de uma determinada transferência aceitarem o "byte", esta linha será desativada, indicando ao "Talker" que pode retirar o "byte" da Barra de Dados.

2.3 - PROCEDIMENTOS DO GPIB

São descritos aqui alguns dos principais procedimentos definidos pela Norma IEEE-488.

Estes procedimentos fazem uso das Funções de Interface e das linhas do GPIB e podem ser ou não implementados em cada aplicação específica.

2.3.1 - TRANSFERÊNCIA DE MENSAGENS ("HANDSHAKE")

Este procedimento deverá sempre existir em qualquer sistema GPIB e faz parte de toda e qualquer transferência de mensagens (dados ou comandos) pelo GPIB.

O diagrama de tempo definido para a transferência de dados é mostrado na Figura 5, onde destacam-se os pontos:

- *Estado Inicial*: O "Talker" verifica se todos os "Listeners" es
tão inativos no GPIB (NRFC = NDAC = ALTO). Se existir algum ati
vo, o "Talker" colocará a mensagem nas linhas de dados.
- $t(-1)$: Todos os "Listeners" estão prontos. O mais lento faz com
que NRFD = alto.
- $t(0)$: O "Talker" indica que o dado é válido. (DAV = baixo).
- $t(1)$: O "Listener" mais rápido faz NRFD = baixo, indicando que não
está mais pronto (para um novo "byte").
- $t(2)$: Após todos os "Listeners" aceitarem o dado, NDAC = alto.
- $t(3)$: O "Talker" faz DAV = alto, indicando que o dado não está
mais válido.
- $t(4)$: O "Listener" mais rápido coloca NDAC = baixo, preparando
-se para o próximo ciclo.
- $t(5)$: Repete-se o ciclo a partir de $t(-1)$.

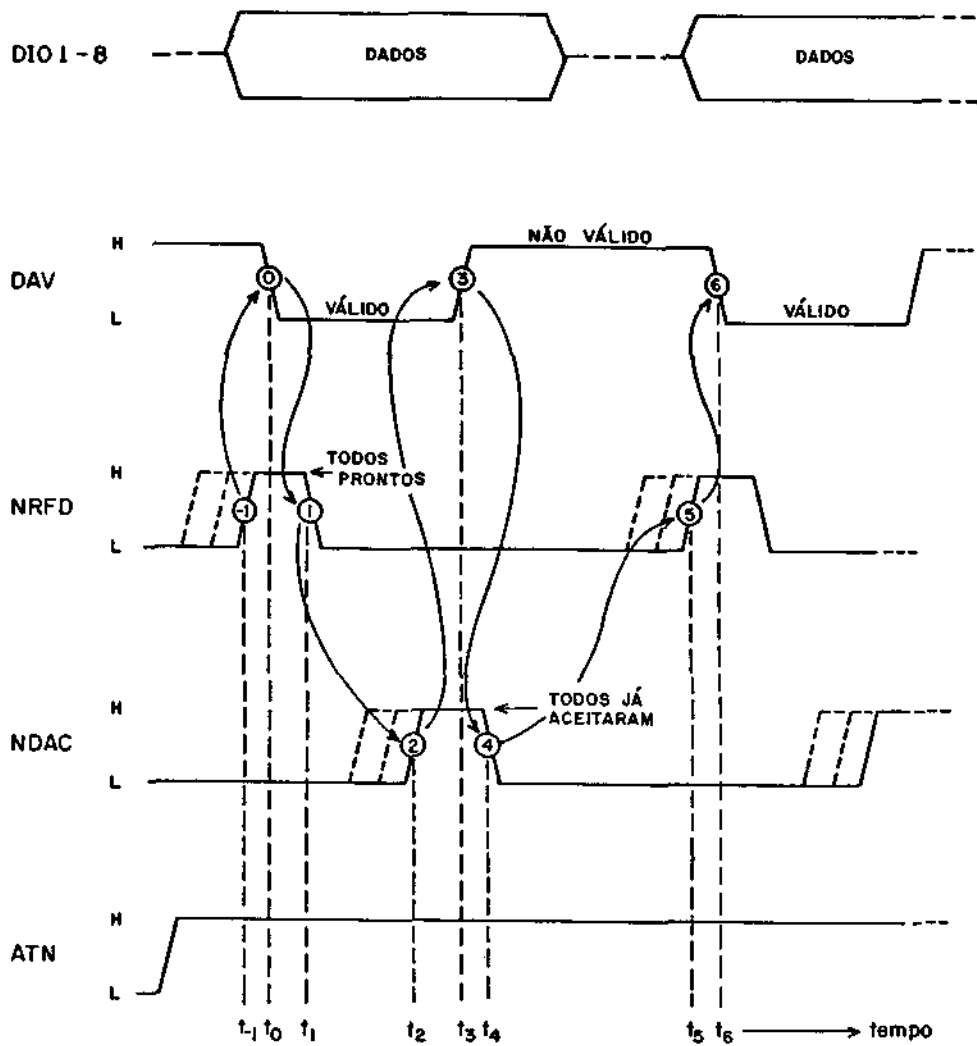


Fig. 5 - Transferência de dados no GPIB.

Notar que a linha ATN está no nível alto (desativada), o que indica que a interface está no modo de Dados ("DATA MODE"). Neste caso o "Talker" está enviando dados a todos os "Listeners" ativos do GPIB.

Na Figura 6 é mostrada uma sequência de transferência de endereços ou comandos pelo GPIB.

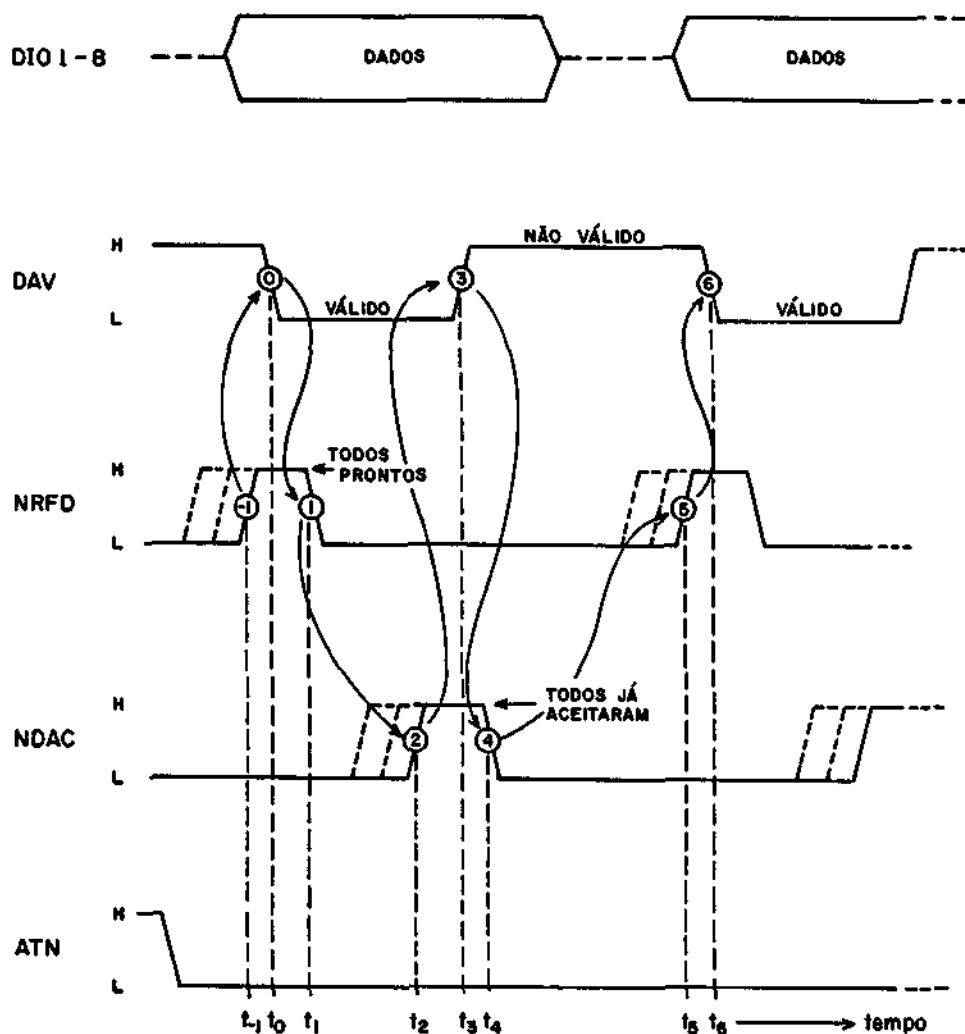


Fig. 6 - Transferência de endereços ou comandos no GPIB.

Observar agora que a linha ATN está no nível baixo, i.é, ativada, o que coloca a interface no Modo de Comando ("COMMAND MODE"). Neste caso, todos os equipamentos do Sistema aceitam os dados e os interpretam como endereços ou comandos do GPIB (ver Seção 2.4).

Todas as transferências pelo GPIB são executadas como mostrado nas Figuras 5 e 6, e os tempos de transição entre as linhas NRFD, DAV e NDAC estão definidos na Norma IEEE-488 (Seção 3.8).

2.3.2 - CONSULTA SERIAL ("SERIAL POLL")

Este procedimento sempre é executado pelo Controlador do GPIB. Permite que o Controlador descubra se um ou mais equipamentos estão pedindo serviço a ele, ou receba "bytes" de estado ("Status byte") dos equipamentos do Sistema. É um procedimento iniciado pelos próprios equipamentos, sendo então assíncrono.

Os equipamentos que implementam a função SR ("Service Request") podem enviar um "byte" de estado (devem implementar a função "T" ou "TE") ao Controlador. Este deve consultar sequencialmente cada um dos equipamentos do sistema e avaliar o "byte" de estado que eles lhe retornam. Isto é feito com o envio do comando "SPE" seguido dos endereços dos "Talkers". No final do procedimento o Controlador deve enviar os comandos "SPD" e "UNT" para finalizar a operação.

Este procedimento é mais lento, porém permite determinar o tipo de pedido ao mesmo tempo que identifica por quem foi feito.

Todos os comandos aqui citados são descritos com detalhes na Seção 2.4.

2.3.3 - CONSULTA PARALELA ("PARALLEL POLL")

É um procedimento iniciado e executado pelo Controlador do GPIB, para obter informações dos equipamentos do Sistema.

Quando o Controlador inicia este procedimento, cada equipamento que implementa a função PP ("Parallel Poll") retorna um bit de estado ("Status bit") através de uma das linhas de dados (DI01 a DI08). A designação das linhas para os equipamentos pode ser feita por meio de chaves ou através do comando PPC.

O Controlador, após endereçar os equipamentos a serem consultados, envia o comando PPE ao mesmo tempo que ativa as linhas ATN e EOI. Os equipamentos devem responder, um por linha, dentro de 200 ns e o Controlador pode ler o resultado 2 μ s depois.

Este procedimento permite que até oito equipamentos respondam simultaneamente ao Controlador, o qual pode então determinar rapidamente o estado destes equipamentos.

Os comandos aqui citados são descritos na Seção 2.4.

2.4 - CODIFICAÇÕES DE MENSAGENS DO GPIB

Quando o Controlador do GPIB ativa a linha ATN, i.é, ATN = baixo, todos os equipamentos do Sistema devem colocar suas interfaces no modo de Comando ("Command Mode") dentro de 200 ns.

Todas as mensagens recebidas quando ATN = baixo são interpretadas como endereços ou como comandos propriamente ditos. As mensagens podem ser:

- 1) Endereços para selecionar os "Talkers" ou "Listeners" que irão fornecer ou aceitar dados pelo GPIB. São mensagens enviadas pela Barra de Dados ("multiline messages") para todos os equipamentos do sistema.
- 2) Comandos Universais ("Universal Commands") para indicar a todo equipamento apto qual função de interface ele deverá realizar. Incluem cinco mensagens enviadas pela Barra de Dados ("multiline messages") e quatro mensagens enviadas por linhas específicas da Barra de Controle ("Uniline messages").

- 3) Comandos endereçados ("Addressed Commands") que são semelhantes aos Comandos Universais, porém atuam apenas nos equipamentos que foram endereçados anteriormente pelo Controlador como "Listeners". São mensagens enviadas pela Barra de Dados ("multiline messages").
- 4) Comandos Secundários ("Secondary Commands"), os quais são sempre utilizados em conjunto com um Endereço, Comando Universal ou Comando Endereçado, formando assim códigos de comandos adicionais. São também mensagens enviadas pela Barra de Dados ("multiline messages").

Os comandos dos tipos 1, 2 e 3 são também chamados Comandos Primários ("Primary Commands").

A codificação das mensagens utilizadas pela Norma IEEE-488 pode ser encontrada na Tabela 38, páginas 50 e 51, de IEEE (1978).

Por conveniência, utiliza-se a representação adotada pela ISO (ou a representação equivalente em ASCII) para codificação das diversas mensagens e comandos do GPIB. A relação entre as mensagens (padrões de bits) do GPIB e o código ISO (ASCII) é obtida associando os sinais DIO 1 a DIO 7 com os bits 1 a 7, respectivamente. O código ASCII não possui equivalente para a linha ATN.

A relação entre os códigos do GPIB e os códigos ASCII pode ser vista na Figura B.1, página 80, de IEEE (1978).

2.4.1 - ENDEREÇAMENTO NO GPIB

Os equipamentos num sistema GPIB podem ser de dois tipos básicos:

- Equipamentos não-endereçados (totalmente transparentes, "Talk-only", ou "Listen-only").
- Equipamentos endereçados ("Talker", "Listener" ou "Controller").

No primeiro caso, tais equipamentos não têm participação ativa nas transações do Barramento, ou então estas transações são executadas sem a coordenação de um Controlador.

No segundo caso, todo equipamento deve possuir no mínimo um endereço. Os endereços são utilizados pelo Controlador no modo de Comando para determinar quem vai transmitir ("Talk Addresses") e quem vai receber ("Listen Addresses") as mensagens do GPIB.

O endereço de um equipamento é normalmente selecionado através de chaves (internas ou externas), "jumpers" ou ainda através de comandos teclados no painel frontal. Geralmente o fabricante adota um endereço para cada equipamento, porém este endereço pode ser alterado durante a configuração do Sistema.

Podem existir 31 endereços primários ("primary addresses") formados pelos cinco bits (1 a 5) menos significativos das chaves de endereço, as quais permitem endereços de 00 a 30 (decimal).

Cada código selecionado nas chaves pode especificar até dois endereços, embora a interface responda a apenas um de cada vez:

- 1) um endereço "Talker" ou
- 2) um endereço "Listener".

A Tabela 1 mostra os endereços primários permitidos com os correspondentes caracteres ASCII e o valor decimal. Mostra ainda os caracteres "UNTALK" e "UNLISTEN" ("- " e "?", respectivamente).

TABELA 1

ENDEREÇOS PRIMÁRIOS

VALOR DECIMAL	Nº DAS CHAVES 1 2 3 4 5	CARACTERE ASCII	
		LISTEN	TALK
0	0 0 0 0 0	SP	@
1	0 0 0 0 1	!	A
2	0 0 0 1 0	"	B
3	0 0 0 1 1	#	C
4	0 0 1 0 0	\$	D
5	0 0 1 0 1	%	E
6	0 0 1 1 0	&	F
7	0 0 1 1 1	'	G
8	0 1 0 0 0	(H
9	0 1 0 0 1)	I
10	0 1 0 1 0	*	J
11	0 1 0 1 1	+	K
12	0 1 1 0 0	,	L
13	0 1 1 0 1	-	M
14	0 1 1 1 0	.	N
15	0 1 1 1 1	/	O
16	1 0 0 0 0	0	P
17	1 0 0 0 1	1	Q
18	1 0 0 1 0	2	R
19	1 0 0 1 1	3	S
20	1 0 1 0 0	4	T
21	1 0 1 0 1	5	U
22	1 0 1 1 0	6	V
23	1 0 1 1 1	7	W
24	1 1 0 0 0	8	X
25	1 1 0 0 1	9	Y
26	1 1 0 1 0	:	Z
27	1 1 0 1 1	;	[
28	1 1 1 0 0	<	\
29	1 1 1 0 1	=]
30	1 1 1 1 0	>	^
31	1 1 1 1 1	?	_

Os bits 6 e 7 são usados para distinguir entre os endereços de "Talkers" (bit 7=1 e bit 6=0) e os endereços de "Listeners" (bit 7=0 e bit 6=1). Estes bits são configurados pelo próprio equipamento e não são acessíveis ao usuário.

Os endereços obtidos com todos os bits de endereçamento (bits 1 a 5) no nível lógico 1 são reservados aos códigos "UNTALK" (UNT) e "UNLISTEN" (UNL), que são utilizados pelo Controlador para tirar os equipamentos do modo endereçado.

Está prevista ainda na Norma IEEE-488 a possibilidade de Endereçamento Estendido ("Extended Addressing"), i.e., os equipamentos com esta capacidade podem reconhecer um caractere de endereço secundário ("Secondary Address") para cada endereço primário selecionado. Este endereço secundário é normalmente utilizado em equipamentos mais complexos para identificar uma outra função específica interna (uma determinada placa ou registro do equipamento).

2.4.2 - COMANDOS DO GPIB

Na Seção 2.13 de IEEE (1978) uma mensagem enviada ou recebida através do estado lógico de uma única linha do GPIB é chamada "Uniline Message" (por exemplo: ATN), e uma mensagem enviada ou recebida através da combinação do estado lógico de duas ou mais linhas é chamada "multiline message" (por exemplo: DCL). Uma mensagem pode ser composta de dados e/ou comandos.

Os diversos comandos do GPIB podem ser de três tipos, descritos a seguir.

1) Comandos Universais

Existem nove Comandos Universais ("Universal Commands"), dos quais cinco são do tipo "Multiline Commands" e quatro do tipo "Uniline Commands". Os cinco comandos enviados pela Barra de Dados ("Multiline") são mostrados na Tabela 2 e descritos em seguida.

TABELA 2

COMANDOS UNIVERSAIS ("MULTILINE")

COMANDO	MNEMÔNICO	CÓDIGO HEXA	CÓDIGO ASCII/ISO
"DEVICE CLEAR"	DCL	14	DC 4
"LOCAL LOCKOUT"	LLO	11	DC 1
"SERIAL POLL ENABLE"	SPE	18	CAN
"SERIAL POLL DISABLE"	SPD	19	EM
"PARALLEL POLL UNCONFIGURE"	PPU	15	NAK

a) Comando "Device Clear"

Este comando faz com que todos os equipamentos que implementam a função "DC" (endereçados ou não) retornem a um estado predefinido, particular de cada equipamento. É utilizado normalmente para reinitializar os equipamentos via GPIB. Os manuais dos equipamentos definem o estado de "Reset" para cada equipamento que reconheça este comando.

b) Comando "Local Lockout"

Este comando desabilita as chaves de controle local (painel frontal) dos equipamentos capazes de reconhecê-lo (endereçados ou não). A linha REN deve estar desativada para tornar a habilitar as chaves citadas. Desativando a linha REN, todos os equipamentos retornam ao controle local (controles do painel frontal).

c) Comando "Serial Poll Enable"

Este comando coloca todos os equipamentos que implementam a função SR (ver Seção 2.1) no Modo de Consulta Serial ("Serial Poll Mode"). Estando neste modo, quando endereçados como "Talker", cada equipamento envia um "byte" de estado ("Status byte") ao Controlador. Portanto, os equipamentos que respondem ao comando SPE têm de possuir a função T ("Talker" - ver Seção 2.1) para poder retornar o "byte" de estado ao Controlador.

d) Comando "Serial Poll Disable"

Este comando retira os equipamentos que implementam a função SR do Modo de Consulta Serial ("Serial Poll Mode"), deixando-os no estado de "Talker". A partir daí, tais equipamentos passam a enviar dados (quando endereçados), em vez de informações sobre seu estado.

e) Comando "UNTALK"

Este comando desabilita o "Talker" ativo do GPIB. É um endereço classificado como comando. O envio do endereço de um "Talker" que não faça parte do Sistema tem o mesmo efeito que o comando UNT.

f) Comando "UNLISTEN"

Este comando desabilita todos os "Listeners" ativos do GPIB. Não é possível desabilitar um único "Listener" de cada vez. Após um comando UNL podem-se endereçar apenas os "Listeners" que forem desejados.

Os quatro Comandos Universais enviados através de uma única linha ("Uniline Commands") são mostrados na Tabela 3 e seus significados são descritos na Seção 2.2.2.

TABELA 3

COMANDOS UNIVERSAIS ("UNILINE")

COMANDO	LINHA ATIVADA
"INTERFACE CLEAR"	IFC
"ATTENTION"	ATN
"REMOTE ENABLE"	REN
"END OR IDENTIFY"	EOI

2) Comandos Endereçados

Os cinco Comandos Endereçados ("Addressed Commands") são todos enviados pela Barra de Dados ("Multiline Commands") e mostrados na Tabela 4. Em seguida é dada uma descrição de cada um deles.

TABELA 4

COMANDOS ENDEREÇADOS ("MULTILINE")

COMANDO	MNEMÔNICO	CÓDIGO HEXA	CÓDIGO ASCII/ISO
"GROUP EXECUTE TRIGGER"	GET	08	BS
"SELECTED DEVICE CLEAR"	SDC	04	EOT
"GO TO LOCAL"	GTL	01	SOH
"PARALLEL POLL CONFIGURE"	PPC	05	ENQ
"TAKE CONTROL"	TCT	09	HT

a) Comando "Group Execute Trigger"

Este comando permite que todos os equipamentos que implementam a função "DT" (ver Seção 2.1) e foram endereçados como "Listeners" iniciem uma operação pré-programada. Por exemplo, iniciar a aquisição de dados, iniciar uma varredura, etc.

O comando GET permite disparar ("trigger") vários equipamentos simultaneamente.

b) Comando "Selected Device Clear"

Este comando atua de maneira semelhante ao Comando Universal DCL, porém apenas os equipamentos que foram endereçados respondem ao comando SDC.

c) Comando "Go To Local"

Este comando faz com que os equipamentos endereçados como "Listeners" retornem ao controle das chaves do painel frontal (saíam do Modo Remoto). Os equipamentos retornarão ao Modo Remoto quando endereçados novamente.

d) Comando "Parallel Poll Configure"

Este comando faz com que um equipamento que implementa a função PP (ver Seção 2.1) e é endereçado como "Listener" seja configurado de acordo com o Comando Secundário PPE a ser enviado após o comando PPC.

Após ter recebido o comando PPE, o equipamento entra no Modo de Consulta Paralela ("Parallel Poll Mode").

3) Comandos Secundários

Os Comandos Secundários ("Secondary Commands") são utilizados para o Endereçamento Estendido ("Extended Addressing") de "Talkers" e "Listeners" e como Comandos Secundários para o procedimento de Consulta Paralela ("Parallel Poll").

O significado de um comando secundário é definido pelo Comando Primário que o precedeu.

Os Comandos Secundários consistem em dois caracteres minúsculos em código ASCII/ISO e são todos enviados pela Barra de Dados ("Multiline Commands"). São mostrados na Tabela 5 a seguir.

TABELA 5

COMANDOS SECUNDÁRIOS ("MULTILINE")

COMANDOS	MNEMÔNICO	CÓDIGO HEXA	CÓDIGO ASCII/ISO
"PARALLEL POLL ENABLE"	PPE	60 a 6F	~ a o
"PARALLEL POLL DISABLE"	PPD	70	p
"SECONDARY ADDRESS GROUP"	SAG	60 a 7F	~ a DEL

a) Comandos "Parallel Poll Enable"

Estes comandos configuram os equipamentos que receberam o comando PPC para que sua resposta ao procedimento de Consulta Paralela ("Parallel Poll Response") seja emitida em uma determinada linha da Barra de Dados (DIO 1 a DIO 8) e tenha um determinado nível lógico (0 ou 1).

Este comando pode ser implementado localmente caso seja desejado.

Maiores detalhes podem ser obtidos na página 1-212 de INTEL (1980) e na Seção 2.9, página 37, de IEEE (1978).

b) Comando "Parallel Poll Disable"

Este comando retira os equipamentos que receberam o comando PPC do Modo de Consulta Paralela ("Parallel Poll Mode").

c) Endereços Secundários

Estes endereços ("Secondary Addresses") aumentam a capacidade de endereçamento do GPIB. Os equipamentos que implementam as funções "TE" ("Extended Talker") e "LE" ("Extended Listener") podem receber um endereço secundário após terem recebido um endereço primário. As funções "TE" e "LE" são independentes dentro de um mesmo equipamento. Por exemplo, um mesmo equipamento pode ser um "Talker" Estendido e um "Listener" Básico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERS (IEEE). *IEEE STD 488-1978 standard digital interface programmable instrumentation*. New York, Nov. 1978.
- INTEL. Using the 8292 GPIB controller. In: ——— *Peripheral design handbook*. Santa Clara, CA, Aug. 1980, cap. 2, p. 2-187.

BIBLIOGRAFIA

FISHER, E.; JENSEN, C.W. *PET and the IEEE-488 bus (GPIB)*. Berkeley, CA, Osborne/Mc Graw-Hill, 1980.

HEWLETT-PACKARD. *Tutorial description of the Hewlett-Packard interface bus (HP-IB)*. U.S.A., Nov. 1980.

PHILIPS. *T & M news supplement. General series Nr 3. "The IEC Bus"*. s.l., s.d.

TEKTRONIX. *GPIB application support*. Beaverton, OR, Sept. 1981.