Este texto é baseado nas seguintes publicações:

Gustavson,David B. - "*Computer Buses - A Tutorial*" - IEEE Micro - Agosto 1984.

Thurber, K.J. *et al.* - "*A Systematic Approach to the Design of Digital Busing Structure*" - AFIPS Conf. Proc. Vol. 41, Part II - 1972.

Capítulo 4

Interligação entre Módulos de Computador

4.1 - Introdução

Neste capítulo iremos considerar duas forma básicas de interligar as unidades de um sistema de computador: Ligação *Dedicada* e B*arramento*.

A ligação Dedicada estabelece uma ligação única entre duas unidades. A principal desvantagem deste tipo de ligação é a dificuldade de se adicionar uma nova unidade ao sistema. Para cada nova unidade é necessário estabelecer um novo circuito de interface e novos fios para a ligação. A principal vantagem é que a velocidade de transferência de informação entre as duas unidades pode ser maior, comparado com uma ligação por barramento. Isto é possível porque na ligação dedicada as características específicas de cada uma das unidades são consideradas no projeto de interface.

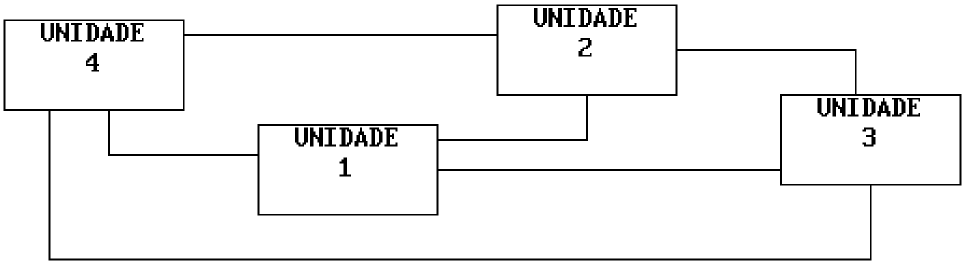


Figura 1 - Exemplo de um sistema com Ligações Dedicadas

A Ligação Dedicada é utilizada principalmente para a conexão de computadores com periféricos de Entrada ou Saída. A ligação Dedicada pode ser feita de forma *Serial* ou *Paralela*. A ligação serial é baseada na existência de um único fio que transporta a informação binária *bit*-a-*bit* em seqüência (em série). Na ligação paralela a informação binária é transportada por diversos fios, um para cada *bit* (em paralelo).

Exemplos práticos de Ligação Dedicada:

Ligação serial padrão RS232 entre um computador e um terminal. Para cada terminal adicional é necessário incluir uma nova interface serial e a fiação serial.

Ligação paralela padrão Centronics entre um microcomputador e uma impressora. Para adicionar uma nova impressora é preciso instalar outra interface e novos cabos.

A ligação por barramento utiliza um único conjunto de fios para interligar diversas unidades de um sistema de computadores. Desta forma o número de ligações (fios) é independente do número de unidades a ser interligada. A adição de uma nova unidade ao sistema é feita de forma bastante simples, basta *plugar* a nova unidade ao barramento já existente. A ligação por barramento requer, entretanto, que as unidades a serem adicionadas obedeçam rigorosamente às características de interfaceamento com o barramento. Ou seja, o projetista de uma unidade a ser adicionada considera cada sinal do barramento de acordo com a mesmas características utilizadas pelas equipes que projetam as demais unidades (por exemplo: definição de função, níveis de voltagem e capacidade de carga). Muitas vezes as unidades a serem interligadas são desenvolvidas por equipes distintas em empresas diferentes, o que impõe um rigor muito grande na caracterização de um barramento. Esta caracterização dos sinais de um novo barramento é feita normalmente através de comissões de representantes de indústrias em entidades como, por exemplo, o ANSI, o EIA(Electronic Industries Association), o IEC (International Electrotechnical Commission) e o IEEE . Estas comissões definem então um padrão de interligação (um barramento) que passa a ser obedecido pelos fabricantes. Como exemplo de barramentos que surgiram através de comissões de fabricantes temos o padrão de barramento VME (IEC Com. 47b ->std. 821) e o padrão FUTURE BUS (projeto IEEE 896)

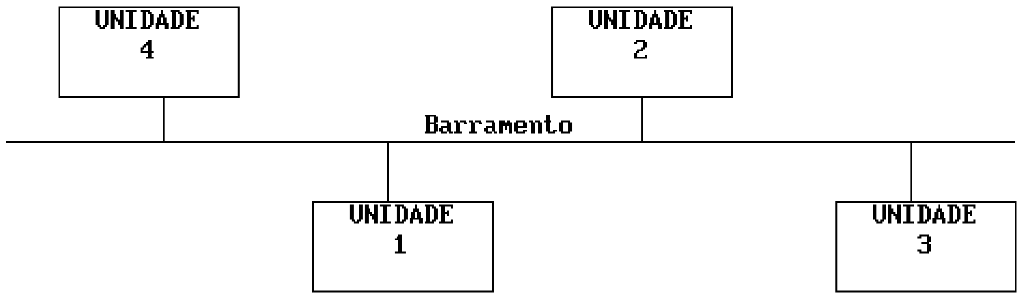


Figura 2 - Exemplo de um sistema com ligações por barramento

A maior parte dos barramentos do mercado surgiram como barramento próprios de equipamentos específicos, mas pela alta escala de aplicação eles se transformaram em padrões *de facto*. Como exemplo disto temos o barramento S100, que depois de ser muito utilizado na indústria de microprocessadores de 8 bits passou por comissões do IEEE e se transformou no barramento padrão IEEE-696. Outro exemplo é o barramento MULTIBUS lançado pela INTEL Co. que se transformou na norma IEEE 796. O exemplo mais conhecido é o barramento do IBM PC, o IOCHANNEL, que foi adotado por diversos fabricantes de placas e de sistemas. Recentemente ele foi padronizado por um conjunto de fabricantes como o padrão ISA (*Industry Standard Architecture*).

A ligação por barramento é a mais utilizada em computadores, as seções seguintes são dedicadas ao estudo das características mais gerais de estruturas de barramento. O nosso estudo de barramentos é concluído, então, pela descrição introdutória dos barramentos ISA e VME.

Conceito de Mestre e Escravo de Barramento.

MESTRE é a unidade que controla a transferência num barramento

ESCRAVO é a unidade que participa de uma transferência sob o controle de uma unidade mestre.

Como exemplo podemos citar um microprocessador ligado a uma memória. Durante uma operação de leitura, as informações são retiradas da memória a partir de sinais de controle do microprocessador. A memória é uma unidade ESCRAVO e o microprocessador uma unidade MESTRE.

Os barramentos podem ser caracterizados por diversos fatores tais como:

- Tipos de Barramentos;
- Técnicas de Comunicação em Barramento;
- Métodos para a Mudança do Controlador do Barramento;
- Convenções para Transferência de Informação;
- Características Elétricas.

4.2 - Tipos de Barramentos

Existem diversas formas de se classificar o tipo de barramento, as mais comuns são:

Em função da número de fios que transportam a informação. São classificados em barramentos Seriais e Paralelos.

Em função do tipo de informação transferida existem, por exemplo, os barramentos de Dados, de Endereço, de Controle e Multiplexados.

Em função da localização física, podem ser citados os barramentos internos às placas, os barramentos globais e os barramentos de Entrada e Saída.

4.2.1 - Barramentos Seriais e Paralelos.

Os barramentos podem ser classificados de acordo com a quantidade de fios necessários ao transporte das informações em barramentos Seriais e barramentos Paralelos. No barramento serial a informação é transportada por um fio (ou par de fios). A este fio estão ligadas diversas unidades. A informação transferida deve estar formatada de acordo com um protocolo que identifique as unidades transmissora e receptora. Este tipo de ligação por barramento serial é usada na ligação entre computadores, entre estações de trabalho e entre computadores e terminais remotos. Diversos são os conceitos ligados à comunicação por barramento serial. Estes conceitos e mais os diversos protocolos de comunicação são vistos em maiores detalhes nos cursos de comunicação e de rede de computadores.

No contexto deste nosso curso nos interessa mais os barramentos Paralelos. Normalmente num barramento Paralelo existem fios específicos para cada tipo de informação.

4.2.2 - Barramentos de Dados, Endereçamento e Controle

Um barramento pode ser classificado de acordo com o tipo de informação que pode ser transportado por ele. De acordo com esta classificação os barramentos podem ser:

Barramento de dados. Possui, em geral, uma linha (fio) para cada bit de dados. Num microcomputador a largura do barramento de dados (*bus width*) é o fator de especificação de barramento mais lembrado. Se diz por exemplo: "O microcomputador PC tem um barramento de 8bits". Ou então: "O microprocessador 8086 tem um barramento de 16 bits e o microprocessador 80386 tem um barramento de 32 bits".

Barramento de Endereçamento. Possui uma linha (fio) para cada bit de endereçamento. A largura do barramento de endereçamento é importante para determinar a capacidade máxima de posições de memória acessíveis. A quantidade de posições de memória endereçáveis q é igual a 2^n , onde n é o número de bits do barramento de endereçamento. Por exemplo, barramento de endereçamento com:

n bits	$q = 2^n$	
16 bits	65 536	64 kilo posições
20 bits	1 048 576	1 mega posições
24 bits	16 777 216	16 mega posições
32 bits	4 294 967 296	4 giga posições

Barramento de Controle. Agrupa todos os sinais necessários ao controle da transferência de informação entre as unidades do sistema.

Barramento Multiplexado. Os sinais deste tipo de barramento possuem significados diferentes em função do tempo. Num determinado instante estes sinais podem transportar informações de endereço, noutro informações de dados. A presença de um tipo de informação ou de outro é indicado por sinal de controle.

4.2.3 - Barramentos Interno, Global e de E/S

O tipo de barramento pode ser definido em função da sua localização física. De acordo com esta classificação têm-se:

Barramento interno. É o conjunto de sinais que interligam unidades de computador dentro de uma mesma placa. É normalmente próprio de cada fabricante de computador e considera os aspectos mais específicos do processador utilizado. Exemplo: trilhas de interligação do microprocessador 8088 aos chips de memórias na placa principal do IBM-PC.

Barramento Global. Este tipo de barramento é utilizado principalmente para ligação entre unidades do computador localizadas em placas diferentes. Normalmente é uma extensão do barramento interno. Exemplo de padrões de barramento global adotados internacionalmente:

- S100 ou IEEE 696
- MULTIBUS ou IEEE 796
- VME, IEEE 1014 ou IEC 821

Barramento de Comunicação ou de E/S. Os barramento de Comunicação ou de E/S são usados, principalmente, na ligação de computadores a seus periféricos. Podem ser aplicados ainda à interligação entre computadores. Exemplos de barramentos padrões de E/S são:

- \- GPIB (IEEE 488)- *General Purpose Intruments Bus* - Usado para a ligação com instrumentos de medição e de acionamento em laboratório.
- \- SCSI - *Small Computer System Interface*, comumente usado para a ligação com periféricos do tipo disco.

4.3- Técnicas de Comunicação em barramento

Segundo a técnica de comunicação adotada, é possível classificar os barramentos em:

- Barramento Síncrono
- Barramento Assíncrono

O barramento síncrono tem todas as suas operações sincronizadas por um relógio central, enquanto que no barramento assíncrono cada operação possui o seu próprio sinal de indicação de operação.

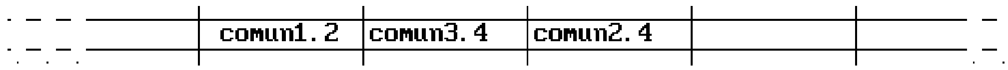
O barramento com comunicação síncrona requer menos fios, é mais simples de entender, implementar e testar. Entretanto eles são menos flexíveis que os barramentos assíncronos. Isto se deve ao fato que eles estão condicionados a uma taxa máxima de relógio, ou seja, estão amarrados a uma determinada tecnologia. Assim sendo, os barramentos síncrono não podem tirar vantagem dos ganhos em desempenho das novas tecnologias surgidas após a sua definição. A cada mudança de tecnologia, para se aumentar o desempenho do sistema, é necessário trocar todos os dispositivos da tecnologia anterior. Isto não acontece com os barramentos assíncronos, pois cada operação pode definir a sua própria temporização. De forma que, podem conviver num mesmo barramento assíncrono dispositivos de tecnologias diferentes. Esta flexibilidade tem, como custo, uma maior complexidade do barramento.

A medida que os avanços tecnológicos aproximam dos limites físicos de velocidade dos dispositivos, a vantagem da flexibilidade dos barramentos assíncrono perde um pouco a sua importância. Pois numa mesma tecnologia, o desempenho dos barramentos síncronos é um pouco maior que o desempenho dos barramentos assíncronos.

4.3.1- Barramento síncrono

Um barramento síncrono é caracterizado pela existência de um sistema central de relógio (*clock*) que define intervalos de tempo (*time slots*) de mesmo tamanho para cada operação no barramento. Em geral estas operações são do tipo: comunicação de dados entre um elemento mestre e outro escravo.

Existem duas técnicas básicas para a alocação do intervalo de tempo para as operações, a saber: Intervalo Dedicado e Intervalo não dedicado.



comun1.2 - Intervalo dedicado a comunicação entre os dispositivos 1 e 2
comun3.4 - Intervalo dedicado a comunicação entre os dispositivos 3 e 4

Na técnica de Comunicação Síncrona por Intervalo Dedicado o tempo é alocado permanentemente a uma operação, mesmo que esta não seja realizada. De acordo com esta técnica os intervalos de tempo são definidos de forma a encobrir a operação mais lenta. Isto compromete o desempenho do sistema, pois as operações mais rápidas não poderão trabalhar a plena velocidade. Outra restrição ao desempenho global do sistema ocorre se as operações que têm intervalos dedicados não forem realizadas.

Na técnica Comunicação Síncrona com Intervalo Não Dedicado os intervalos de tempo são alocados a uma operação somente se ela for realizada. Isto implica na necessidade de se estabelecer um mecanismo de alocação de intervalos em hardware para identificar se as operações vão ocorrer.

4.3.2 - Barramento Assíncrono

Na técnica de comunicação assíncrona, o instante da transferência não é conhecido *a priori*. Ele é indicado por sinais de controle próprios. O significado de cada um destes sinais e o relacionamento entre eles definem o PROTOCOLO de comunicação. O número dos sinais num barramento para este controle define o tipo de comunicação assíncrona. Podendo ser Comunicação Assíncrona Controlada por Um Fio (OWC - *One Way Controlled*) ou Comunicação Assíncrona Controlada por Dois Fios (*Req/Ack*).

Barramento Assíncrono Controlado por Um Fio (One Way controlled)

A forma mais simples de comunicação assíncrona utiliza um único fio para controlar a comunicação entre dois dispositivos. Existem duas maneira de se controlar a comunicação com um único fio. Na primeira o circuito fornecedor de dados gera um sinal de controle para indicar a existência de um dado válido para ser escrito num registrador receptor. Na segunda maneira, o circuito receptor de dados gera um sinal requisitando ao fornecedor o envio de dados. Estas duas formas de sinais de controle de comunicação assíncrona são mostradas pelas figuras abaixo.

Barramento Controlado pelo Fornecedor de Dados.

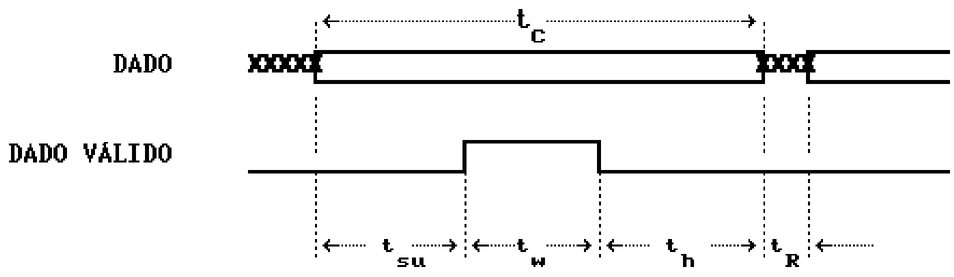


Figura 3 - Comunicação assíncrona OWC controlada pela fonte dos dados.

Na figura 3, a presença do dado é indicado pelo fornecedor através do sinal DADO VÁLIDO. Enquanto este sinal estiver em nível ATIVO, o receptor pode ter certeza que o dado está presente nas linhas de dado. Para que esta forma de comunicação funcione é necessário que haja uma rigorosa definição da temporização da comunicação. Na figura acima é importante que o receptor seja sensível à largura do pulso de DADO_VÁLIDO t_w (*pulse width*). Se o sinal DADO_VÁLIDO for usado para gatilhar os dados no receptor é importante que os dados estejam presentes um intervalo de tempo t_{su} *(set up time*) antes da indicação de DADO_VÁLIDO. permaneça estável no barramento, no mínimo, durante um intervalo de tempo t_h (*hold time*). Na figura acima o intervalo de tempo t_R corresponde ao tempo necessário ao fornecedor dos dados para recarregar os seus registradores de saída de dados. O nome do sinal de controle neste tipo de comunicação pode variar de um barramento para outro, em inglês um nome muito utilizado para este tipo de sinal é STROBE.

As principais desvantagens desta técnica de comunicação são:

ela é muito sensível a ruídos. O sinal de controle pode sofrer interferência em forma de pulso que pode ser interpretado pelo outro dispositivo como uma indicação de comunicação.

nada assegura ao fornecedor que o dado que ele enviou foi recebido pelo receptor. É como um *tiro no escuro.*

As principais vantagens desta técnica de comunicação são:

a simplicidade de implementação, que requer poucos componentes;

e as altas taxas de comunicação que ela permite; de acordo com a figura acima, um ciclo completo de transferência é dado por

$t_c = t_{su} + t_w + t_h + t_R$

O valor de cada um destes tempos dependerá da tecnologia adotada.

Para minimizar o problema de interferência no sinal de DADO_VALIDO, t_w pode ser aumentado, entretanto isto compromete a taxa de transferência.

Exemplos de aplicação desta técnica:

A conexão entre registradores internos às Unidades Processadoras é normalmente realizada por uma ligação barramento controlado por um único fio.

Numa módulo de memória, durante o ciclo de escrita, o barramento de dados comum a todos os chips e o sinal de habilitação de escrita tem o comportamento de um barramento controlador por um único fio, considere como exemplo o ciclo de escrita definido para o chip de memória 2114.

Barramento Controlado pelo Receptor de Dados.

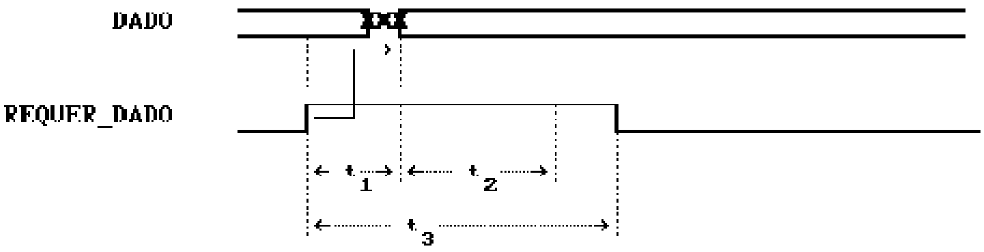


Figura 4 - Comunicação assíncrona OWC controlada pelo receptor dos dados.

Na figura 4, quando um circuito receptor de dados precisar de novas informações, ele gera o sinal REQUER_DADO. O circuito fornecedor de dados recebendo este sinal coloca os dados no barramento. Para que este tipo de comunicação funcione é necessário que os circuitos receptor e fornecedor tenham um completo conhecimento da temporização do outro. Assim, por exemplo, somente após um intervalo de tempo igual a t_1 a partir da requisição o fornecedor de dados coloca os dados no barramento. Neste intervalo estão considerados o tempo de propagação pela linha REQUER_DADOS (entre o dispositivo receptor e o fornecedor de dados) e o tempo necessário ao fornecedor de dados preparar a transmissão. O receptor, então, define o instante no qual ele captura os dados do barramento. Este instante (na figura o intervalo de tempo t_2) deve considerar o tempo necessário para que os dados possam propagar entre o fornecedor e o receptor e o t_{su} do seu dispositivo de recepção . O dado fica no barramento até que uma nova requisição de dados seja fornecida pelo receptor, iniciando assim uma nova comunicação.

Nesta técnica as principais desvantagens são, como na técnica anterior, a suscetibilidade a ruídos e a incerteza da existência de dados no barramento. Nada garante que, após ter sido sinalizado uma requisição de dados, t_1 segundos os dados estarão no barramento e o que estará sendo capturado depois de t_2 segundos é um dado válido. Para a suscetibilidade a ruídos a solução é restringir a largura do pulso do sinal REQUER_DADOS a um valor mínimo, comprometendo assim a taxa de transferência. Se a conexão entre os dispositivos for fisicamente assegurada, esta técnica pode ser utilizada sem incertezas da existência dos dados.

Outra desvantagem é com respeito a taxa de transferência que é normalmente menor que a técnica de controle pela fonte dos dados, o intervalo mínimo de transferência é, pelo menos, t mais longo que aquela técnica.

Exemplo de aplicação desta técnica:

No ciclo de leitura numa unidade de memória, o barramento de dados tem o comportamento de um barramento controlado por um fio (sinal de habilitação de leitura). Vide, por exemplo, o ciclo de leitura de uma EPROM 27256.

4.3.3 - Barramento Assíncrono Controlado por Dois Fios (Req/Ack)

Para a ligação entre unidades mais distantes, quando não é possível garantir a existência da conexão, ou ainda, quando não existir nenhum interconhecimento da temporização dos elementos envolvidos na comunicação, além do sinal gerado pelo fornecedor indicando a presença dos dados, deve ser usado um sinal a mais, vindo do receptor, que indique a recepção. Esta técnica é chamada de comunicação controlada por dois fios. Como em muitos equipamentos estes dois fios têm os nomes em inglês: - *Request* para o sinal gerado pelo fornecedor e - *Acknowledge* para o sinal gerado pelo receptor; esta técnica de comunicação é também conhecida como comunicação REQ/ACK.

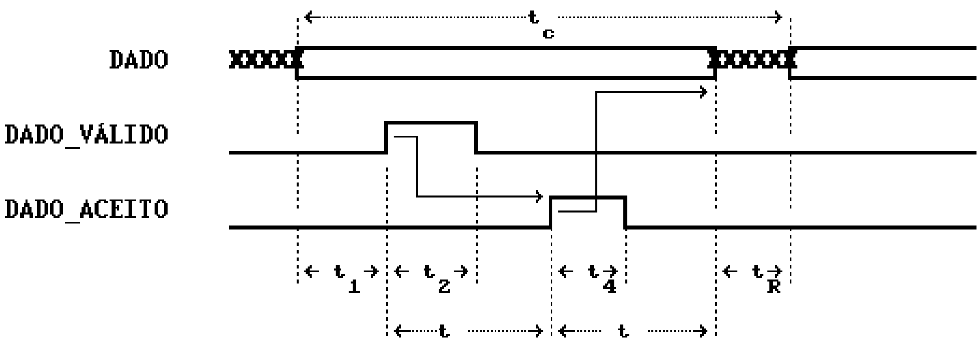


Figura 5 - Comunicação assíncrona Req/Ack sem intertravamento

Através destes dois fios é estabelecido um protocolo de comunicação (em inglês é também usado o termo *Hand Shaking*). O fornecedor indica o envio do dado e o receptor indica a sua recepção. O protocolo mais utilizado em barramento estabelece um intertravamento (em inglês: *interlocking*), ou seja, uma interdependência entre os dois sinais de controle da comunicação. Para entender melhor a importância deste intertravamento considere a figura 5 onde é ilustrado uma comunicação REQ/ACK sem intertravamento.

O fornecedor põe o dado no barramento e ativa o sinal DADO_VÁLIDO; o receptor armazena o dado e responde com o sinal DADO_ACEITO. Isto leva ao fornecedor a retirar o dado e, se for o caso, enviar um novo dado.

A introdução, por esta técnica, de mais um sinal de controle não só minimiza a incerteza da comunicação, como também permite a operação entre dispositivos de velocidades diferentes. O custo disso é a diminuição da taxa de transferência e a necessidade de um circuito de controle mais complexo, pois devem ser considerados um número maior de atrasos. Outro problema é que com esta técnica passam a existir dois sinais susceptíveis a ruídos.

Para que esta técnica funcione corretamente é necessário que as temporizações sejam muito bem conhecidas, pois valores impróprios de tempo de propagação e de largura dos sinais de controle podem permitir que um outro sinal DADO_VÁLIDO pulse enquanto o sinal DADO_ACEITO ainda estiver ativo em resposta a uma comunicação anterior. Isto pode levar o barramento a ficar **Estrangulado**. Este efeito é melhor explicado com auxílio da figura 6.

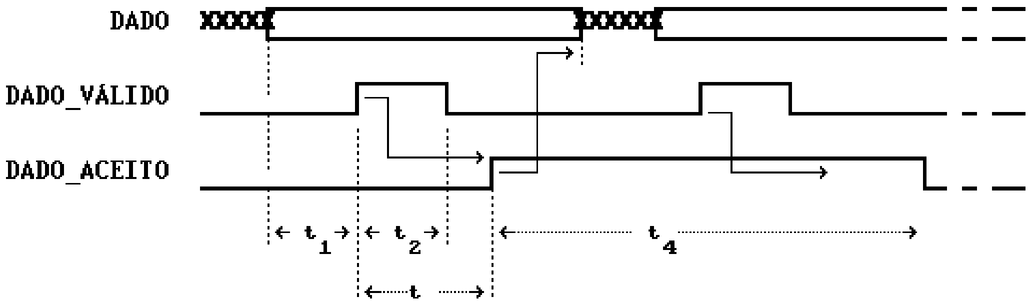


Figura 6 - Comunicação assíncrona Req/Ack sem intertravamento com estrangulamento devido a erro de temporização

Na figura 6, um fornecedor rápido enviou os dados, pulsou o sinal DADO_VÁLIDO e esperou t_3 segundos até que o receptor lento respondesse com o sinal DADO_ACEITO. Ao receber este sinal, o fornecedor encerra o ciclo de transferência atual e inicia, imediatamente, outro ciclo. Entretanto o vagaroso dispositivo receptor ainda não retirou o sinal de DADO_ACEITO. Como o circuito receptor ainda está tratando da transferência anterior, ele não percebe o novo pulso do sinal DADO_VÁLIDO e não inicia a geração de um novo pulso de DADO_ACEITO. Assim o barramento fica **Estrangulado**, ou seja, o transmissor esperando o sinal DADO_ACEITO (sem retirar os dados do barramento) e o receptor esperando um novo pulso de DADO_VÁLIDO para iniciar a aceitação.

A eliminação do estrangulamento pode ser conseguida se o sinal DADO_VÁLIDO for mantido alto até a resposta pelo DADO_ACEITO, a retirada do sinal DADO_VÁLIDO provocar a retirada do sinal DADO_ACEITO e um novo DADO_VÁLIDO não puder ser gerado antes da borda de descida do DADO_ACEITO anterior. Os dois sinais de controle estarão, assim, intertravados, ou seja um depende fortemente do estado do outro.

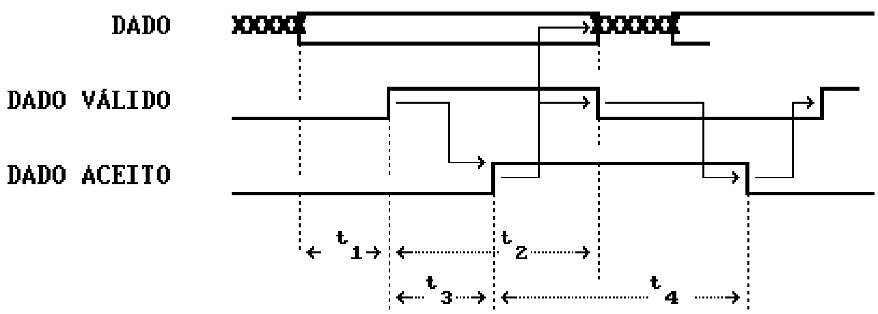


Figura 7 - Comunicação assíncrona Req/Ack com Intertravamento

4.4- Mecanismo para a Mudança do Controlador do Barramento

Quando diversos dispositivos mestres compartilham um mesmo barramento, deve existir um mecanismo segundo o qual, um dos dispositivos possa solicitar e obter o controle do barramento. O maior problema na implementação deste mecanismo é a **Arbitragem** de solicitações simultâneas.

Arbitragem significa escolher entre dois ou mais dispositivos que solicitam, simultaneamente, o controle do barramento aquele que vai assumir o controle. Os circuitos usados para isto podem ser classificados em:

- Árbitro Centralizado
- Árbitro Distribuído

4.4.1- Árbitro Centralizado

Quando o *hardware* usado para passar o controle de um dispositivo para outro estiver altamente concentrado num único local. Este local pode ser um dos dispositivos ligados ao barramento.

Árbitro Centralizado por Daisy Chaining

Esta técnica pode ser introduzida com o auxílio da figura 8. Nela é detalhada a ligação de *n* dispositivos mestres ao circuito de arbitragem de um barramento onde se destaca o circuito Arbitro do Barramento. Este circuito reúne a maior parte da lógica de arbitragem do barramento. O arbitro de barramento utiliza dois sinais de entrada:

- - BUStBUSY que indica que o barramento está sendo ocupado por um dispositivo mestre; e
- - BUStREQUEST que é usado pelos dispositivos para solicitar o controle do barramento.

O circuito Arbitro gera o sinal BUStAVAILABLE que indica a disponibilidade do barramento. Este sinal é gerado se o barramento não estiver sendo ocupado (BUStBUSY inativo) e houver uma solicitação do barramento (BUStREQUEST ativo).

Com respeito a propagação do sinal BUStAVAILABLE todos os dispositivos mestres formam uma cadeia (chamada em inglês de *Daisy Chain*) de forma que este sinal só é propagado para o dispositivo seguinte se o anterior não estiver solicitando o barramento. Se um dispositivo receber o sinal BUStAVAILABLE e não estiver solicitando o barramento ele propaga este sinal para o próximo dispositivo. Se um dispositivo recebe o sinal BUStAVAILABLE e estiver solicitando o barramento ele impede a propagação do sinal BUStAVAILABLE e ocupa o barramento forçando o sinal BUStBUSY para o seu nível ativo. O dispositivo que ganhou o controle do barramento deve então retirar o seu sinal de BUStREQUEST. O sinal BUStBUSY mantém o sinal BUStAVAILABLE ativo durante toda a ocupação do barramento. Quando o sinal BUStBUSY é retirado o sinal BUStAVAILABLE é desativado, se a linha BUStREQUEST for novamente ativada o procedimento se repete.

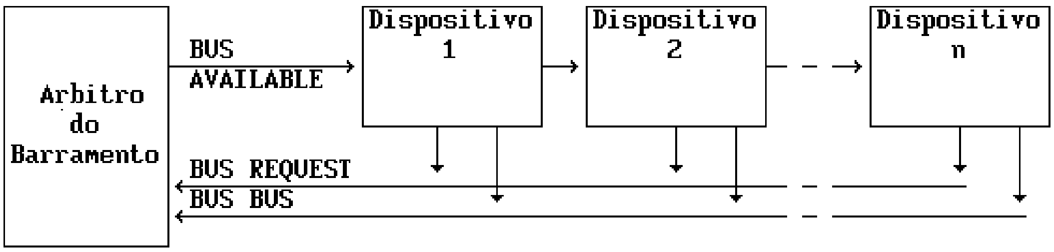


Figura 8 - Árbitro Centralizado por Daisy Chaining

A principal vantagem do esquema acima é a sua simplicidade, um número muito pequeno de sinais é necessário e é independente do número de dispositivos mestres.

A principal desvantagem é a sua susceptibilidade a falhas. Se um falha ocorrer numa lógica de propagação do sinal BUStAVAILABLE, pode levar a que este sinal não atinja os demais dispositivos da cadeia ou, num pior caso, pode levar que dois dispositivos possam ter o controle do barramento.

Outra desvantagem é resultado direto da sua estrutura de prioridade fixa por posição. Se o dispositivo mais próximo fizer solicitações muito freqüente, os dispositivos mais afastados "nunca" conseguirão controlar o barramento.

Como o sinal BUStAVAILABLE deve ser propagado através de diversos dispositivos, o tempo de arbitragem é muito lento e varia de acordo com a configuração.

Por último, um cuidado deve ser tomado ao se retirar módulos da pois isto pode significar um rompimento da cadeia.

Árbitro Centralizado por Polling

A figura 9. mostra a ligação de dois dispositivos mestre num esquema de árbitro centralizado por *Polling.* Neste esquema o dispositivo que requer o barramento força o sinal BUStREQUEST para o seu nível ativo. Recebendo este sinal o Arbitro do Barramento inicia uma contagem em binário nas linhas de *Poll Count.* Todos os dispositivos que estiverem solicitando o barramento compararam o valor nestas linhas com o seu código de *Poll.* Quando nestas linhas estiver um código que coincida com um dos dispositivos solicitantes, este força a linha de BUStBUSY indicando que ocupou o barramento.

Este esquema evita os problemas de prioridade fixa do esquema anterior e permite um total controle centralizado do estado de ocupação do barramento. A forma de contar pode ser feita de diversas maneiras, cada uma estabelece um tipo de prioridade, por exemplo: contagem crescente e decrescente. Após o atendimento de uma solicitação o contador pode ser zerado ou pode continuar a partir de onde ele estava. Se ele for zerado, a prioridade é estabelecida de acordo com o código de *Poll* dos dispositivos, sendo o de código zero o mais prioritário. Se a contagem continuar a partir do código do dispositivo atendido, é dada igual oportunidade de ocupação do barramento aos diversos dispositivos independente do seu código. Esta forma caracteriza o que se chama prioridade por *Round-Robin.*

A principal desvantagem deste esquema é a limitação de número de dispositivos que podem ser adicionados ao barramento.

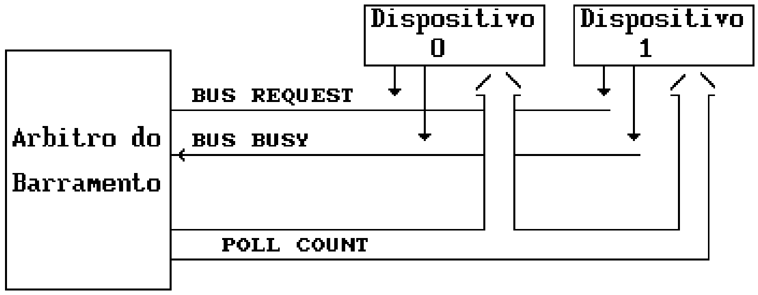


Figura 9 - Centralizado por Polling

Árbitro Centralizado por Requisições Independentes.

Este esquema utiliza um par de linhas para cada dispositivo mestre do barramento, uma linha de solicitação e outra de reconhecimento.

Quando um dispositivo precisar do barramento ele envia ao arbitro o seu sinal de BUStREQUEST, o arbitro seleciona o próximo dispositivo a ter a sua solicitação atendida e lhe envia o sinal de BUStGRANTED. O dispositivo atendido retira sua solicitação e ativa o sinal BUStASSIGNED para avisar aos demais dispositivos que o barramento está ocupado. Após completar a sua transferência o dispositivo desativa o sinal BUStASSIGNED e o arbitro remove o sinal BUStGRANTED e seleciona o próximo dispositivo que requer o barramento.

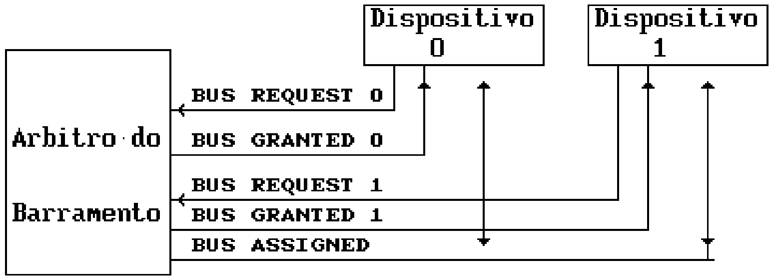


Figura 10 - Árbitro Centralizado por Requisições Independentes.

Como todas as solicitações estarão presente em paralelo no Arbitro do Barramento, a resposta a uma solicitação é mais rápida que nos dois esquemas anteriores. No arbitro está localizada toda a política de alocação do barramento, podendo ser implementado um esquema de prioridade pré-especificada, prioridade adaptativa ou mesmo um esquema de *Round-Robin*.

A maior desvantagem deste tipo de arbitragem é o número limitado de dispositivos que podem ser mestres do barramento, que é função do número de pares de linhas de BUStREQUEST e BUStGRANTED. Outra desvantagem é a maior complexidade do circuito de arbitro.

4.4.2 - Árbitro Distribuído.

Dá-se o nome de Árbitro Distribuído quando o hardware usado para passar o controle de um dispositivo para outro estiver altamente distribuído pelos dispositivos ligados ao barramento. A seguir é dado o exemplo de formas do mecanismo distribuído para a arbitragem do acesso ao barramento.

Árbitro Distribuído por Daisy Chaining;

Um método de implementar o árbitro distribuído por daisy chaining é mostrado abaixo. De acordo com esta topologia o estado do barramento é determinado por transições na linha de Bus Available que atravessa, em cadeia, todos os dispositivos do barramento. Quando uma transição ocorrer na linha de Bus Available que chega a um dispositivo que está solicitando o barramento, este impede a propagação da transição para os demais dispositivos na cadeia. Assim quando nenhum dispositivo estiver solicitando o barramento, um pulso se desloca na cadeia pelas linhas de Bus Available. Assim como no árbitro centralizado, o método de Daisy Chaining é dependente da posição do dispositivo na cadeia, e se um dispositivo na cadeia falhar, todo o barramento fica comprometido. Um problema que aparece com este método é a suscetibilidade a ruídos, por se tratar de hardware sensíveis a transições de sinal.

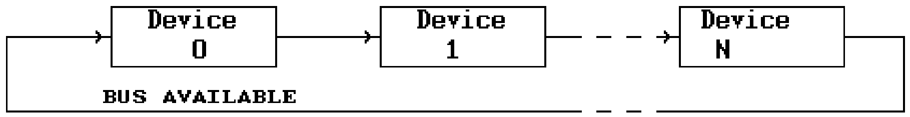


Figura 11 - Árbitro distribuído por daisy-chain

Árbitro Distribuído por Polling

Este método é descrito com base na figura 12. Um dispositivo que abandona o controle do barramento coloca nas linhas de Polling Code o código do próximo dispositivo a assumir o controle do barramento e ativa a linha de Bus Available. Primeira hipótese: Se o dispositivo eleito estiver precisando do barramento, ele ativa a linha Bus Accept. O primeiro dispositivo, então, retira o código das linhas de Polling Code e desativa a linha de Bus Available. O dispositivo eleito desativa a linha de Bus Accept e começa a utilizar o barramento. Segunda hipótese: se o dispositivo eleito não estiver precisando do barramento, o primeiro dispositivo não recebe a ativação da linha de Bus Accept e modifica o código do próximo dispositivo a assumir o barramento de acordo com alguma política de alocação (prioridade ou round- robin) e espera de novo. Este método requer que somente um dispositivo assuma o controle do barramento na iniciação do sistema. O hardware de alocação é o mesmo em todos os dispositivos e é igual àquele do árbitro centralizado por polling, encarecendo assim a opção por este método. Entretanto a confiabilidade do sistema é mantida se um dispositivo falhar.

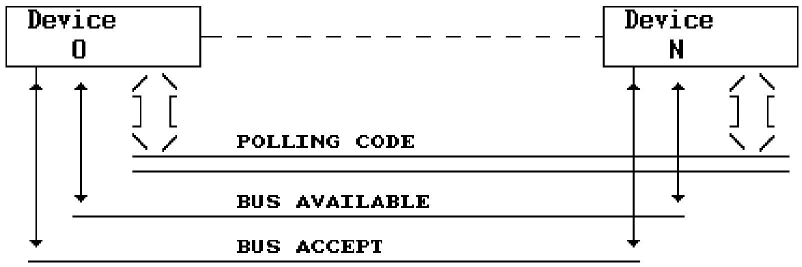


Figura 12 - Árbitro Distribuído por Polling

Árbitro Distribuído por Requisições Independentes.

Este método requer que cada dispositivo ligado ao barramento possua uma linha de Bus Request própria. O conjunto de todas as linhas de Bus Request é acessível por todos os dispositivos. Quando um dispositivo abandona o barramento, ele desativa a linha de Bus Assigned, todos os dispositivos que precisam do barramento analisam o estado das linhas de Bus Request. Aquele que se reconhecer como o de mais alta prioridade, assume o controle do barramento, acionando a linha de Bus Assigned. A lógica de prioridade em cada dispositivo é mais simples que no mesmo método centralizado, entretanto o número de ligações e conectores é maior. A diferença de fase no sinal de relógio entre os diversos dispositivos (clock skew) limita este método a sistemas pequenos. Este método é muito suscetível a ruídos.

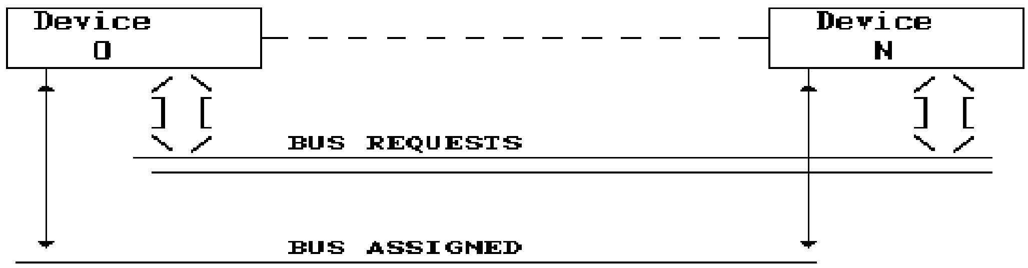


Figura 13 - Árbitro Distribuído por Requisições Independentes

4.5 - Convenção para a Transferência de dados.

A quantidade de dados transferidos por ciclos de acesso ao barramento pode ser definida em termos de palavras. Neste contexto palavra tem o significado de unidade básica de comunicação entre os dispositivos, sem caracterizar a quantidade de bits. Os dispositivos a serem ligados a um barramento podem necessitar de transferências de palavras isoladas ou de blocos de palavras. Por exemplo, uma unidade de memória de acesso aleatório (RAM) pode participar de transferências de palavras isoladas, ou seja, a cada ciclo de acesso, uma única palavra é lida ou escrita nesta memória. Já uma unidade de disco é acessada em blocos de palavras (setores).

Um barramento adota a filosofia de transferência que mais se adapta a necessidade dos dispositivos ligados a ele. De uma forma geral, os barramentos podem adotar as seguintes filosofias básicas de transferência de dados:

- O barramento só faz transferências de palavra isoladas;
- O barramento só faz transferências de blocos de palavras de comprimento fixo;
- O barramento só faz transferências de blocos de palavras de comprimento variável;
- O barramento faz transferências de blocos de palavras de comprimento fixo ou palavra isolada;
- O barramento faz transferências de blocos de palavras de comprimento variável ou palavra isolada;

Além das características de acesso dos dispositivos ao barramento (acessos a palavras ou a blocos), a filosofia de transferência de dados está ainda vinculada com o mecanismo de controle de alocação e as técnicas de comunicação no barramento, estudadas anteriormente.

A filosofia adotada pelo barramento pode afetar drasticamente o desempenho da programação do sistema.

Se o barramento só faz transferências de palavra isoladas, a ligação de dispositivos com acessos por blocos (e.g. unidades de discos), fica prejudicada. Além disso, o mecanismo de árbitro de alocação (arbitragem) introduz um grande custo em tempo para um grande volume de transferências, pois para cada palavra será necessário: requerer o barramento, conseguir o barramento,...etc.

De uma forma geral, quando a transferência é feita por bloco, o custo em tempo da alocação do barramento é diluído, pois somente uma arbitragem é feita por bloco. Entretanto numa transferência por bloco, outras informações precisam ser transferidas anexadas aos dados. São, por exemplo, informações de tamanho do bloco, de identificação do bloco, de validação da informação, etc.

O primeiro tipo de barramento para transferências em bloco é aquele que permite somente transferências de blocos de palavras de comprimento fixo. O principal problema desta filosofia de transferência é que ela perde toda a sua vantagem se for necessário transferir blocos de comprimento menor que o fixado. Neste caso dados nulos são incluídos para completar o tamanho do bloco.

Um segundo tipo de barramento para transferência por bloco permite transferências de blocos de palavras de comprimento variável; Este tipo de barramento permite que o tamanho do bloco se adapte as necessidades dos dispositivos de comunicação de blocos. Entretanto, deve ser observado o compromisso entre o tamanho do bloco e as informações anexadas ao bloco.

Um tipo de barramento que faz transferências de blocos de palavras de comprimento fixo ou palavra isolada é indicado para sistemas que possuem dispositivos orientados a palavras e outros para blocos. Durante as transferências de palavras, nenhum dado adicional é incluído, e as transferências de bloco são feitas com a adição de dados.

Para sistemas que misturam dispositivos orientados a palavras e orientados a blocos a solução mais flexível é um tipo de barramento que faça transferências de blocos de comprimento variável e palavra isolada;