

20.3. CARACTERÍSTICAS ESPECIAIS DOS COMPUTADORES DE TAMBOR MAGNÉTICO

Seções 20.3 a 20.4.2 por William R. Arsenault.

Como o custo de armazenamento de informações em tambores magnéticos é muito menor do que o de armazenamento em outras memórias adequadas para uso em computadores de alta velocidade, é possível construir certos registradores como parte da memória do tambor magnético.

20.3.1. Memórias Buffer. Colocar duas cabeças na mesma trilha, separadas por um certo número de comprimentos de setor, proporciona uma memória de menor capacidade do que a de um canal completo, mas com um tempo de acesso proporcionalmente menor. Se normalmente existem 100 setores ao redor do tambor, então duas cabeças espaçadas por 10 comprimentos de setor podem ser usadas para fornecer um loop com capacidade de 10 palavras e um tempo de acesso dez vezes menor do que o tempo de acesso a uma trilha contendo apenas uma cabeça.

A Figura 20.1 ilustra uma seção de um tambor girando em torno de duas cabeças. A informação é lida por uma cabeça, amplificada e armazenada por um tempo de bit em um flip-flop. Em seguida, é gravada por uma cabeça posicionada 10 espaços de setor atrás ao longo da circunferência (na verdade, 10 espaços de setor menos um espaço de bit).

Como antes, se a palavra for armazenada em série-serial, o comprimento do setor será o mesmo que o comprimento da palavra. Se o armazenamento for em série-paralelo, então serão necessários tantos loops quantos forem os bits em paralelo para armazenar as 10 palavras.

O tempo de acesso ao loop é reduzido, pois requer apenas uma fração de uma rotação do tambor para que um determinado bit de uma palavra apareça na saída sucessivamente. Se um acesso mais rápido for desejado, as cabeças de leitura/gravação podem ser espaçadas mais próximas umas das outras. Alguns computadores que utilizam esse método de armazenamento possuem vários loops com diferentes espaçamentos entre as cabeças.

Como a informação gravada só interessa enquanto existe entre as duas cabeças, vários outros circuitos independentes podem ser espaçados ao redor da circunferência na mesma trilha. A cabeça de gravação associada ao circuito apaga toda a informação previamente gravada na trilha e insere a nova informação. Portanto, a informação gravada por cabeças associadas a outros circuitos não interfere umas com as outras.

O loop pode ser endereçado de maneira semelhante a qualquer cabeçalho de leitura de registro. O cabeçalho é selecionado e obtém-se uma coincidência com o endereço do setor.

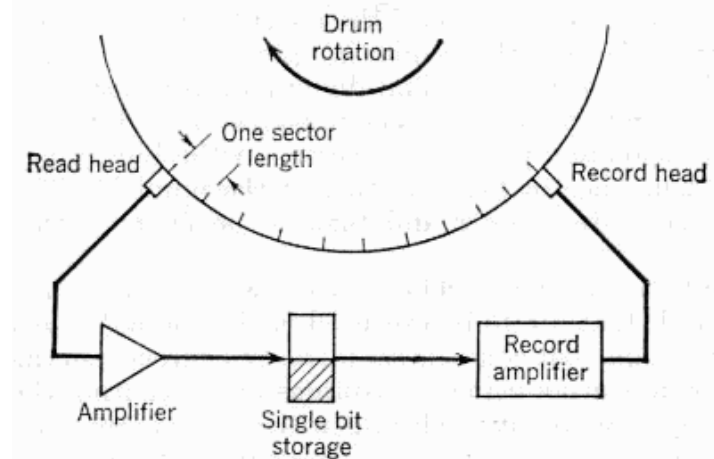


Figura 20.1. Registro de recirculação.

20.3.2. Registros Circulantes. A informação contida em um registro não é utilizada até que apareça no final do registro, ou seja, quando é deslocada para fora. Em uma máquina serial-binária, a adição pode ser realizada somando os bits menos significativos dos dois operandos, deslocando e somando os dois bits significativos seguintes. O processo continua até que as duas palavras sejam somadas.

Essa operação pode ser realizada na frequência do clock da máquina e em sincronia com os tempos de palavra da máquina. Os mesmos resultados podem ser obtidos se os registradores assumirem a forma de laços circulantes no tambor. Em vez de os espaçamentos entre as cabeças de leitura/gravação serem múltiplos comprimentos de palavra, eles agora devem ser menores que um comprimento de palavra.

Para esses circuitos, as duas cabeças devem estar muito próximas uma da outra. Para uma máquina com comprimento de palavra de 40 bits e densidade de bits de 100 por polegada, as cabeças devem estar espaçadas a menos de 0,40 polegadas.

Isso impõe uma limitação física ao tamanho da cabeça; no entanto, existem várias disponíveis comercialmente que atendem a essas especificações.

Colocar os registradores de armazenamento no tambor complica o projeto lógico de um computador, mas proporciona uma grande economia em equipamentos. Para uma máquina serial-binária, até 80% dos equipamentos associados aos registradores de deslocamento podem ser eliminados em comparação com registradores equivalentes de válvulas ou transistores.

20.3.3. Implementação do Loop e Temporização da Máquina. O funcionamento correto dos registradores circulantes aproveita a sincronização completa existente em um processador de tambor magnético. A Figura 20.2 ilustra uma seção de um tambor e mostra esquematicamente alguns elementos lógicos associados a duas trilhas. A primeira, o acumulador, é um registrador de loop circulante, onde dois bits da palavra contida circulam através de um armazenamento flip-flop estático. O fluxo normal de informações vai de A_{101} para o amplificador de gravação e retorna para o tambor. A segunda é uma trilha de informações com uma única cabeça associada a ela. A cabeça específica é selecionada por endereçamento, conforme descrito nas seções anteriores.

Os bits das duas palavras em questão são mostrados em posição no início de um intervalo de tempo de palavra. Suponha que o comando executado solicite a soma da palavra no acumulador com a palavra N da faixa selecionada. O amplificador de gravação será configurado para selecionar e gravar a saída do somador binário. Essa saída é o resultado da soma dos bits contidos em A_{101} e A_{200} , os bits menos significativos das respectivas palavras.

O bit b_0 na cabeça de gravação é então o primeiro bit da nova palavra gerada pelo comando add. À medida que o tambor gira sob a cabeça, bits sucessivos são adicionados e os resultados são gravados no acumulador. Ao final do tempo da palavra, o amplificador de gravação seleciona novamente a saída de A_{101} para que a palavra do acumulador recircule.

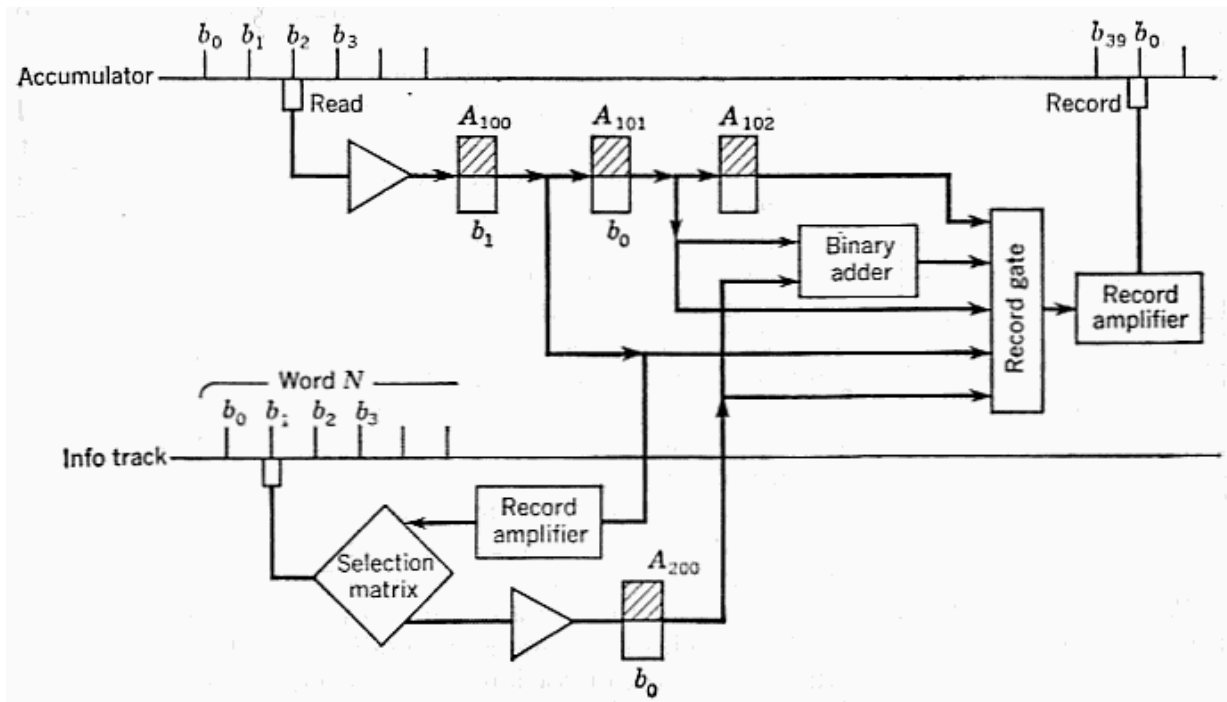


Figura 20.2. Unidade aritmética.

Caso seja necessário inserir uma nova palavra no acumulador a partir da memória, o amplificador de gravação selecionará diretamente a saída de A_{200} para o tempo de palavra correto.

Novamente, no início de um tempo de palavra, o bit b_0 da palavra na trilha de informações aparece em A_{200} . Isso implica que essa informação, tal como apareceu no tambor, já deve ter passado pela pele, sido amplificada, estroboscópica e gravada em A_{200} . Se fosse desejado gravar novas informações na posição de palavra N , então b_0 já deveria ter sido gravado. Conclui-se, portanto, que há um atraso de um bit entre a leitura e a gravação com a mesma pele.

Para enviar informações do acumulador para a memória, é necessário iniciar a operação de gravação um bit antes. Essa é a função de A_{100} . Quando b_0 aparece em A_{100} , a cabeça de leitura/gravação está na posição correta para gravá-lo. Esse tipo de compensação não é necessário ao transferir informações entre vários loops que podem existir em uma máquina.

O somador binário mostrado na Figura 20.2 é apenas parte dos circuitos lógicos que podem existir. Operações como comparar, extrair, etc., podem ocorrer em um tempo de palavra.

20.8.4. Operações de deslocamento. A posição relativa dos bits deve ser definida em um determinado momento ao usar essas técnicas dinâmicas. Para fins de discussão, isso será definido como o início de um tempo de palavra. Assim, b_0 está em $A101$ no início de um tempo de palavra.

Para deslocar informações dentro de uma palavra, é necessário encurtar ou alongar o loop. Se o objetivo for deslocar para a esquerda, o loop é alongado em 1 bit, totalizando 41 bits. Isso é feito inserindo A_{102} no fluxo de informações. O bit b_0 possui 41 posições para ocupar, mas apenas 40 tempos de bit para isso. Portanto, no início do próximo tempo de palavra, b_0 estará em $A100$, ou seja, um bit à esquerda. A cada tempo de palavra em que a informação passa por A_{102} , os bits correspondentes se deslocarão uma posição a mais para a esquerda.

De maneira semelhante, a informação pode ser deslocada para a direita encurtando o loop. Isso é feito passando A_{101} . Agora o loop tem apenas 39 posições de bits e b_0 já terá sido gravado de volta no tambor após o tempo de uma palavra. O bit b_0 ocupará o espaço formalmente [anteriormente?] ocupado por b_{39} .

Toda a operação do computador pode ser projetada em torno dessa técnica. A exceção ocorre quando é necessário inserir ou enviar dados para um dispositivo assíncrono, como um perfurador de fita. Nesse caso, é preciso fornecer algum espaço de armazenamento temporário.

20.4. ALGUNS COMPUTADORES DE BATERIA DE USO GERAL E SUAS CARACTERÍSTICAS

20.4.1. O IBM 650. Memória. Esta máquina utiliza um tambor revestido de níquel-cobalto, com 4 polegadas de diâmetro e 14 polegadas de comprimento. O tambor gira a 12.500 rpm. A densidade de gravação é de 50 bits por polegada, resultando em uma taxa de pulsos da máquina de 128.000 pps.

Dígito					
0	0	1	1	0	0
1	1	1	0	0	0
2	1	0	1	0	0
3	1	0	0	1	0
4	0	1	0	1	0
5	0	0	1	1	0
6	1	0	0	0	1
7	0	1	0	0	1
8	0	0	1	0	1
9	0	0	0	1	1

Figura 20.3. Código de tambor de cinco bits.

A informação é armazenada em formato série-paralelo, com 5 bits em paralelo, representando um dígito decimal. Uma palavra tem 10 dígitos decimais, mais um dígito para o sinal. Um bit de espaço adicional separa as palavras sucessivas. Uma palavra, portanto, ocupa 5 trilhas (chamadas de banda) por 12 bits na direção circunferencial. Cada banda contém 50 palavras, e 40 bandas resultam em uma capacidade de 2.000 palavras.

O tambor armazena informações em um código de 5 bits, conforme mostrado na Figura 20.3. Esse código pode ser facilmente verificado quanto a erros, uma vez que cada dígito decimal sempre contém dois e somente dois bits 1 binários. Os dígitos são convertidos entre esse código e um código binário quando a palavra é transferida entre o tambor e o circuito lógico.

Estrutura da palavra. A palavra de máquina tem 10 dígitos decimais, além do sinal de mais. As informações, quando na seção lógica, são transportadas na palavra na forma de um código biquinário de 7 bits.

Quando uma palavra na máquina assume a forma de um comando, as posições dos dígitos têm o significado mostrado na Fig. 20.4. Este é o chamado código de endereço único modificado.

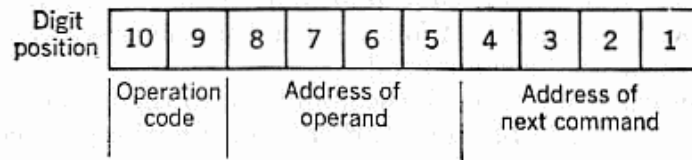


Figura 20.4. Palavra de comando.

Os dois dígitos mais significativos definem a operação a ser realizada. Existem 44 operações possíveis na máquina. O endereço do operando, parte da palavra de comando, define o endereço no tambor onde os dados devem ser encontrados ou enviados. Quando uma operação não implica um endereço de operando, essa parte da palavra pode assumir um dos seguintes significados:

1. Número de posições para bc deslocadas para a direita ou para a esquerda
2. Endereço de um bloco de palavras na memória para a saída
3. Endereço de um bloco de palavras onde os dados serão inseridos.
4. Endereço de um comando alternativo, dependente de determinados testes.
5. Endereço de uma palavra onde uma operação de busca deve começar.

Os quatro dígitos menos significativos especificam o endereço do próximo comando, a menos que um desvio seja indicado (item 4 acima).

Lógica. A seção lógica do computador consiste em dois registradores, o distribuidor e o acumulador. Além disso, há o registrador de programa, que armazena os comandos.

Esses registradores são baseados em armazenamento capacitivo e circulam continuamente em sincronia com o tambor, de forma semelhante aos registradores circulantes discutidos na Seção 20.3.

O distribuidor atua como um elo de armazenamento intermediário entre o acumulador e a memória. Qualquer número transferido entre o acumulador e a memória passa pelo distribuidor.

O acumulador tem capacidade para 20 dígitos. Ele é dividido em duas metades de 10 dígitos; no entanto, o "vai um" se propaga entre as metades inferior e superior. Um operando de 10 dígitos pode ser adicionado ao acumulador de 20 dígitos para formar uma soma de 20 dígitos. Um operando de 10 dígitos pode ser multiplicado para formar um produto de 20 dígitos ou dividido para formar um quociente de 10 dígitos e um resto de 10 dígitos.

O distribuidor e ambas as metades do acumulador são endereçáveis, assim como as posições de memória no tambor. Isso permite que qualquer metade do acumulador seja somada ou subtraída da outra metade; qualquer metade seja somada a si mesma; a metade superior seja multiplicada por si mesma, ou seja, elevada ao quadrado; etc.

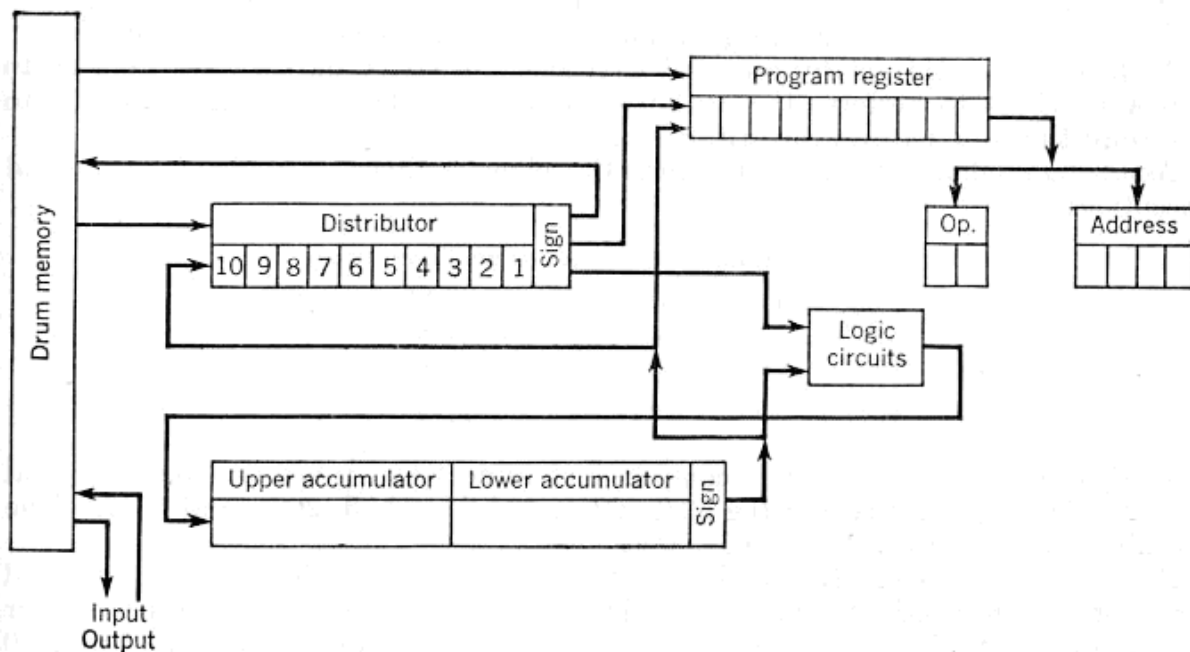


Figura 20.5. Diagrama de blocos do fluxo de informações.

Dentre as muitas operações comuns a um computador de uso geral, a máquina é capaz de realizar uma função de consulta em tabela. O argumento é armazenado no distribuidor e o local onde a busca deve começar é fornecido no endereço do operando. A máquina então compara palavras sucessivas no tambor com a palavra no distribuidor. Quando a palavra na memória se torna igual ou maior que a palavra no distribuidor, a operação termina e o endereço da palavra comparada é

fornecido no acumulador. Existem 50 palavras ao redor do tambor. Se nenhuma comparação for feita até o setor 48, a máquina muda para a próxima banda e pesquisa nessa banda, começando no primeiro setor. Os setores 49 e 50 são ignorados na busca, e esse tempo é usado para a troca de bandas.

Execução de comandos. O fluxo de informações dentro do computador ocorre de forma série-paralela. Todas as operações lógicas são realizadas passando os dois operandos em série, dígito por dígito, através dos circuitos lógicos. A palavra no acumulador é combinada com a palavra do operando para formar o resultado desejado. O resultado é então armazenado novamente no acumulador.

Os registradores da máquina circulam de forma dinâmica, em sincronia com o tempo do tambor. Como o acumulador tem o comprimento de duas palavras, são necessários dois tempos de palavra para que a informação circule. A informação no acumulador inferior é sincronizada para entrar nos circuitos lógicos durante um tempo de palavra par e no acumulador superior durante um tempo de palavra ímpar.

O deslocamento é realizado encurtando ou alongando o número de posições de dígitos no acumulador. Para deslocar para a esquerda, o acumulador é alongado em uma posição de dígito. Cada ciclo do acumulador move os dígitos uma posição. Assim, são necessários dois tempos de palavra por posição de bit deslocada para executar esta parte da operação.

Um comando de adição típico leva 8 tempos de palavra para ser executado. Suponha que um comando de adição ao acumulador inferior (AL) esteja localizado no endereço de memória 0001. Durante esse tempo de palavra, o comando é transferido do tambor para o registrador de programa. Durante o tempo de palavra 0002, a parte operacional do comando é enviada para o registrador de operação e o endereço do operando é enviado para o registrador de endereço. Durante o tempo de palavra 0003, as cabeças de leitura/gravação apropriadas são selecionadas. A máquina então aguarda que o setor do operando passe sob as cabeças.

Se o operando estiver em uma das 40 posições de palavra do setor 04, não haverá espera e a palavra de dados será enviada ao distribuidor. Foi mencionado que a parte inferior do acumulador circula de forma a entrar nos circuitos lógicos apenas durante um tempo de palavra par. A máquina deve então esperar até o setor 06 para somar os dois números. A parte superior do acumulador passa durante o tempo do setor 07. Enquanto isso, o endereço do próximo comando é enviado ao registrador de endereços. Portanto, é possível localizar o próximo comando em uma das palavras do setor 09.

Com os dados na posição ideal, todo o comando requer 0,768 ms.

A multiplicação é realizada por meio de adições e deslocamentos repetidos e requer de 20 a 200 tempos de processamento para executar as operações aritméticas. A divisão requer de 60 a 240 tempos de processamento para executar as operações aritméticas.

Considerando dados e instruções aleatórios, os seguintes tempos são indicados para a execução do comando:

Comando	Tempo médio, em milissegundos
Adicionar, subtrair, armazenar	5.2
Mudança	2.8
Filial	2.7
Multiplicar	11.6
Dividir	14,5

Equipamento. O processador é composto por cerca de 2.000 válvulas e 3.600 diodos de cristal. Os tipos de válvulas utilizadas são 5965, 6211, 12AY7, 6AL5, 2021 e 5687. A máquina consome de 16 a 18 kVA de energia.

Equipamento auxiliar. A entrada e saída normais são feitas por meio de cartões perfurados. Pode-se adicionar um armazenamento central de alta velocidade com capacidade para 60 palavras. Esse armazenamento é endereçável pelo processador e também funciona como um buffer entre a máquina e as unidades de fita magnética. Até 60 unidades de fita magnética podem ser conectadas à máquina.

20.4.2. O Royal-McBee LGP-30. Memória. A memória do tambor tem aproximadamente 8 polegadas de diâmetro e 10 polegadas de comprimento. As palavras são armazenadas em formato serial puro, com 32 bits por setor. Os 64 setores por trilha proporcionam uma capacidade total de 2.048 bits por trilha.

O tambor gira a aproximadamente 3.500 rpm, resultando em uma taxa de bits de 120.000 por segundo.

A memória principal possui 64 trilhas, o que proporciona uma capacidade total de armazenamento de 4.096 palavras.

Além do armazenamento acima, existem três registradores circulantes. São eles: registrador de contador, registrador de instruções e acumulador. Os registradores operam conforme descrito na Seção 20.3. Aqui, é necessário que as cabeças de

leitura/gravação estejam espaçadas em 31 bits. Com uma densidade de nf 80 por polegada, os centros das cabeças ficam a aproximadamente 0,4 polegadas de distância.

Estrutura da palavra. A palavra de máquina tem 30 bits de comprimento, mais um bit para sinal. Um bit de trinta e dois segundos é usado como bit de espaço no tambor.

A informação é transmitida em formato binário puro, com o ponto decimal considerado antes do bit mais significativo. Os números variam de +1 a -1 em incrementos de 2^{-30} .

Quando a palavra de máquina é usada como comando, apenas 16 bits têm significado. Quatro são usados para definir a operação e os 12 restantes definem o endereço do operando. Isso é chamado de estrutura de comando de endereço único.

Código de Ordem. O código de ordem completo está incluído aqui, pois representa um número quase mínimo de operações necessárias para executar problemas de forma conveniente em um computador de uso geral. O código consiste nos quatro bits binários contidos na palavra de comando que definem qual operação deve ser realizada. Um endereço de operando é necessário para cada palavra de comando, exceto para os três últimos comandos da lista.

Lógica. Existem três registradores na máquina usados para realizar todas as operações lógicas. Esses três registradores são do tipo circulante, onde a maior parte da informação armazenada neles está contida no tambor.

Um dos registradores circulantes é chamado de *contador*. Ele tem o comprimento de uma palavra e armazena o endereço do próximo comando. Como descrito anteriormente, máquinas de endereço único geralmente obtêm seus comandos de endereços sucessivos. Cada vez que esse endereço é usado, ele é incrementado em um e mantido até ser usado para designar o próximo comando. Esse procedimento continua até que um comando de transferência insira um novo endereço de comando no contador.

Um segundo registrador circulante é chamado de *registrador de instruções*. Normalmente, ele armazena a palavra de comando contendo a instrução e o endereço do operando. Para isso, as informações são obtidas diretamente da memória principal do tambor.

Tabela 20.2. Lista de Comandos do LGP-30

LISTA DE ORDEM DE INSTRUÇÕES MOSTRANDO O CÓDIGO DE CADA INSTRUÇÃO

Código	Efeito
Aritmética:	
0001	Traga, limpe o acumulador e adicione o conteúdo da localização m a ele.
1110	Adicione o conteúdo de m ao conteúdo do acumulador e mantenha o resultado no acumulador.
1111	Subtraia o conteúdo de m do conteúdo do acumulador e guarde o resultado no acumulador.
0111	Multiplique o número no acumulador pelo número na posição de memória m , terminando o resultado em 30 casas decimais.
0110	Multiplique o número no acumulador pelo número em m , retendo a metade menos significativa do produto.
0101	Divida o número no acumulador pelo número na posição de memória m , mantendo o quociente arredondado no acumulador.
1001	Extraia, ou ordem de produto lógico -- isto é, zera o conteúdo do acumulador nas posições de bit ocupadas por 0s em m
Controle de transferência:	
1010	Transferir o controle para m incondicionalmente -- ou seja, obter a próxima instrução de m .
1011	Teste, ou transferência condicional. Transfira o controle para m somente se o número no acumulador for negativo.
Registro:	
1100	Armazene o conteúdo do acumulador em m , mantendo o número no acumulador.
1101	Limpar. Armazene o conteúdo do acumulador em m e limpe o acumulador.
0010	Armazene apenas a parte do endereço da palavra no acumulador, na posição de memória m , deixando o restante da palavra intacto na memória.
0011	Endereço de retorno. Adicione 1 ao endereço armazenado no registrador contador C e registre-o na porção de endereço da instrução no endereço de memória m . O registrador contador normalmente armazena o endereço da próxima instrução a ser executada.
Variado:	

0100	Entrada. Preencha o acumulador da Flexowriter.
1000	Imprima um símbolo Flexowriter. O símbolo é indicado pela parte do número da faixa do endereço (x)
0000	Pare. Dependente das cinco configurações da chave ($T_1 \dots T_5$) no painel de controle.

O terceiro registrador é o *acumulador*. Este registrador tem o comprimento de uma palavra para a maioria das operações. No entanto, um segundo cabeçote de leitura, com um espaçamento adicional de uma palavra, mais um espaço de bits, permite que o registrador seja estendido para 65 bits durante certas partes das operações de multiplicação e divisão.

A execução de um comando é dividida em oito etapas ou fases. Para a maioria das operações, apenas quatro são utilizadas.

Na primeira fase, é feita uma busca pela palavra de comando cujo endereço está armazenado no registrador de contador. A parte do endereço que designa a trilha é enviada para o registrador de seleção de trilha, composto por seis bits de alternância, e uma busca de setor é feita nos bits restantes.

Após a coincidência de setores, a máquina é configurada para a fase 2 e a palavra de comando é lida no registrador de instruções. Esse período sempre dura o tempo de uma palavra.

Novamente durante a fase 3, é realizada uma busca, desta vez pelo endereço do operando. Ao ocorrer uma coincidência de setores, a máquina é configurada para a fase 4.

A Fase 4 dura o tempo de uma palavra e é o período em que todas as operações lógicas e aritméticas ocorrem, exceto as operações de multiplicação e divisão. Se a operação for de adição, a palavra no acumulador é adicionada sequencialmente, bit a bit, à palavra que está sendo lida da memória. Se for uma operação de envio, a palavra no acumulador é registrada no setor encontrado durante a Fase 3.

Para uma ordem de transferência, o conteúdo do registrador de instruções é enviado para o registrador contador durante a fase 4. Este, então, torna-se o endereço do próximo comando, conforme necessário.

As fases 2 e 4 têm a duração de um tempo de palavra cada, e as fases 1 e 3, os períodos de busca, têm duração mínima de um tempo de palavra. Supondo que o operando esteja localizado na posição ideal, essas operações podem ser concluídas em quatro tempos de palavra.

Multiplicação. A multiplicação é realizada por uma série de adições e deslocamentos. Durante a fase 4, o multiplicando, especificado pelo endereço do operando, é lido da memória para o registrador de instruções. O multiplicador, que já existe no acumulador, continua a circular. Durante os dois períodos seguintes, o produto é formado. Primeiro, o acumulador é expandido para 65 bits, lendo-se a partir da segunda cabeça em vez da primeira. Isso alonga o ciclo para pouco mais de 2 palavras. O efeito disso é pré-processar a informação armazenada no acumulador uma posição de bit a cada duas palavras; ou seja, os bits da palavra são deslocados uma posição na direção mais significativa a cada ciclo completo.

O acumulador armazena o multiplicador e o produto parcial. À medida que o acumulador gira, o multiplicando é adicionado ou não, dependendo do valor dos dígitos relevantes do multiplicador. Essa operação de adição ocorre a cada ciclo completo do acumulador. Além disso, o acumulador "desloca" um bit a cada ciclo. O multiplicando é, portanto, adicionado a uma parte progressivamente menos significativa do produto parcial.

O produto parcial tem inicialmente o comprimento de uma palavra e cresce progressivamente. À medida que cada dígito do multiplicador é usado, ele é descartado da recirculação. Essa necessidade de armazenamento compensatório permite que o acumulador processe ambas as informações enquanto é expandido para dois ou mais comprimentos de palavra.

Esta operação requer cerca de 64 tempos de palavra, mais os quatro tempos de palavra mínimos iniciais necessários para as fases 1 a 4, ou aproximadamente 18 ms.

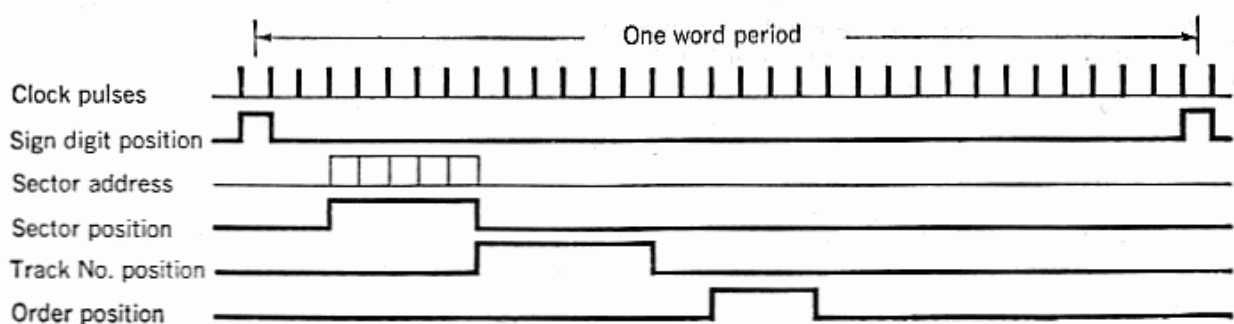


Figura 20.6. Sinais de temporização do tambor.

Sincronização da máquina. Existem várias trilhas de sincronização gravadas permanentemente no tambor. Elas são usadas para gerar diversos sinais de sincronização e controle que ocorrem dentro de um intervalo de tempo de palavra.

A primeira linha da Figura 20.6 mostra os pulsos de clock ou de bit. Esses pulsos ocorrem a uma taxa de 120.000 por segundo. A segunda linha mostra um sinal que ocorre na posição do dígito de sinal. Sempre que se desejar definir a existência do sinal de uma palavra, digamos, no acumulador, a coincidência desse sinal com a saída do circuito do acumulador produzirá a informação necessária.

Uma terceira trilha no tambor define os vários setores ao redor do tambor. Nessa trilha, são gravados permanentemente números sequenciais dos 64 setores ao redor do tambor. Na prática, os números nessa trilha representam o *próximo setor* que passará sob a cabeça de leitura/gravação. Uma quarta trilha é usada para definir os bits onde ocorre a parte do setor do endereço.

Uma quinta faixa define onde ocorre a parte do canal do endereço, e uma sexta define onde ocorrem os bits de ordem.

Seleção de Endereço. Foi discutido anteriormente como, na fase 2, a palavra de comando foi lida da memória para o registrador de instruções. Antes disso, era necessário selecionar a trilha e o setor corretos que definiam a localização dessa palavra.

O endereço deste novo comando está armazenado no registrador de contador. Esta palavra circula em sincronia com todas as informações do tambor e, em particular, com as trilhas de temporização. Primeiro, o sinal de temporização da trilha 4 é combinado com a saída do registrador de contador. Isso seleciona os 5 bits corretos para enviar ao registrador de seleção de trilha, que, por sua vez, seleciona a cabeça correta.

Ao mesmo tempo, o sinal de temporização da trilha 4 é usado para controlar a informação da trilha 3 e do registrador contador. O conteúdo desses bits do registrador contador é comparado com a saída da trilha 3. Se a comparação for exata, o próximo setor, cujo início é definido pela trilha 2, é o desejado e, portanto, contém a nova palavra de comando. Essa palavra é então enviada para o contador de instruções.

Caso não seja encontrada uma coincidência, uma comparação é feita durante os bits corretos do próximo setor. Isso continua até que o setor correto seja encontrado.

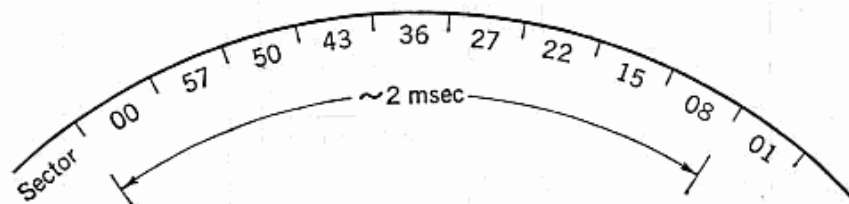


Figura 20.7. Setor entrelaçado LGP-30.

Intercalação de Setores. O endereçamento de setores ao redor do tambor é tal que existem 9 setores entre endereços sucessivos. Isso é mostrado na Figura 20.7. Supondo um comando no setor 00, a busca pelo operando começa durante o tempo do setor 57. O operando pode estar localizado em qualquer uma das palavras associadas aos setores 50, 43, 36, 27, 22 ou 15. A busca pelo próximo comando começa no setor 08, de modo que o próximo comando localizado em 01 seja lido sem atrasar uma revolução do tambor.

Este procedimento pode ser realizado para todos os comandos que requerem apenas os quatro primeiros períodos do programa. Assim, o tempo de execução, incluindo o acesso, pode ser tão baixo quanto 2 ms.

Equipamentos. O computador utiliza um total de 110 válvulas eletrônicas e 1.400 diodos. A potência necessária é de 1,5 kW a 115 volts de corrente alternada.

Equipamento auxiliar. Uma impressora flexográfica é usada como entrada/saída. Trata-se de uma combinação de impressora e leitora/perfuradora de fita de papel. Como os registros são dinâmicos, não são facilmente visualizáveis. Um osciloscópio é fornecido para visualizar o conteúdo dos três registros.

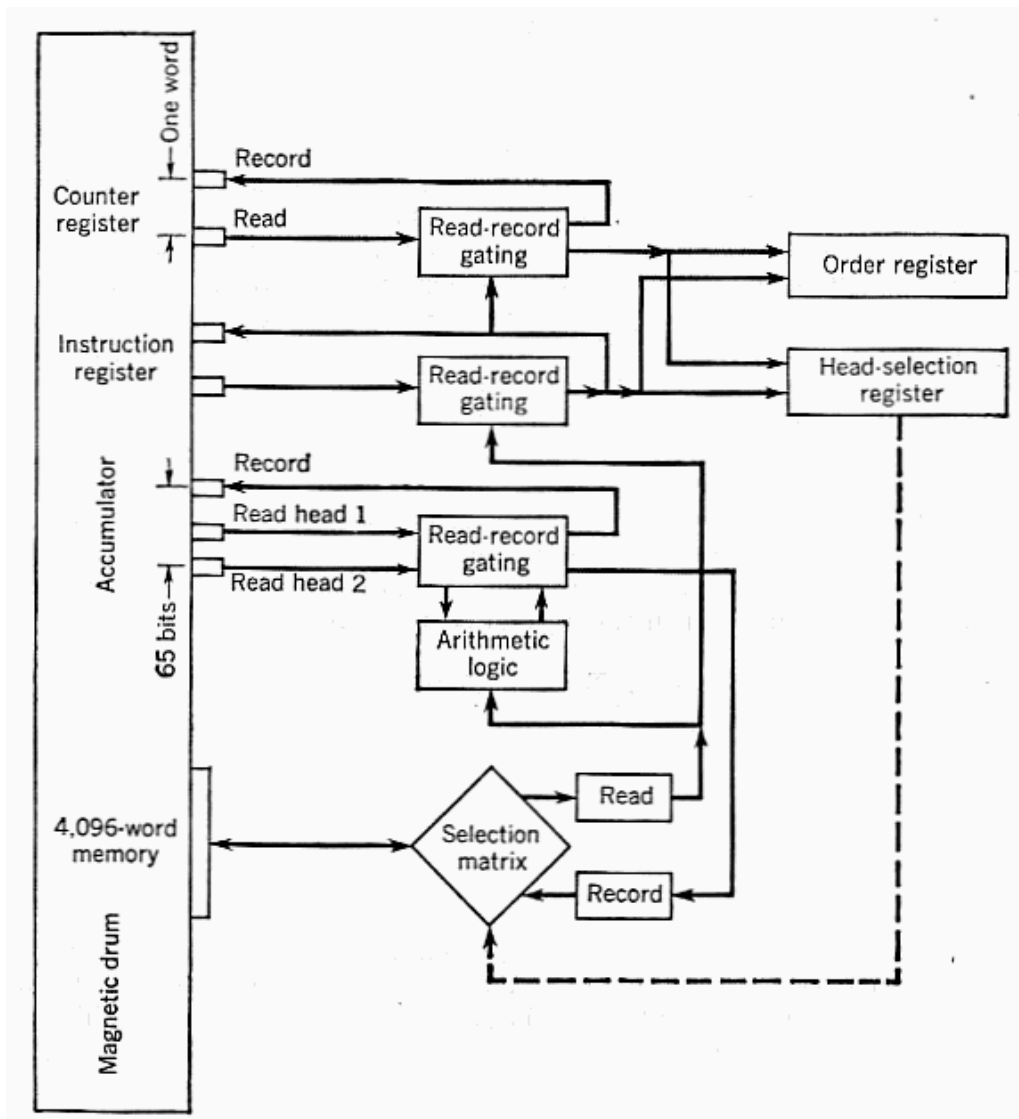


Figura 20.8. Diagrama de blocos do LGP-30.

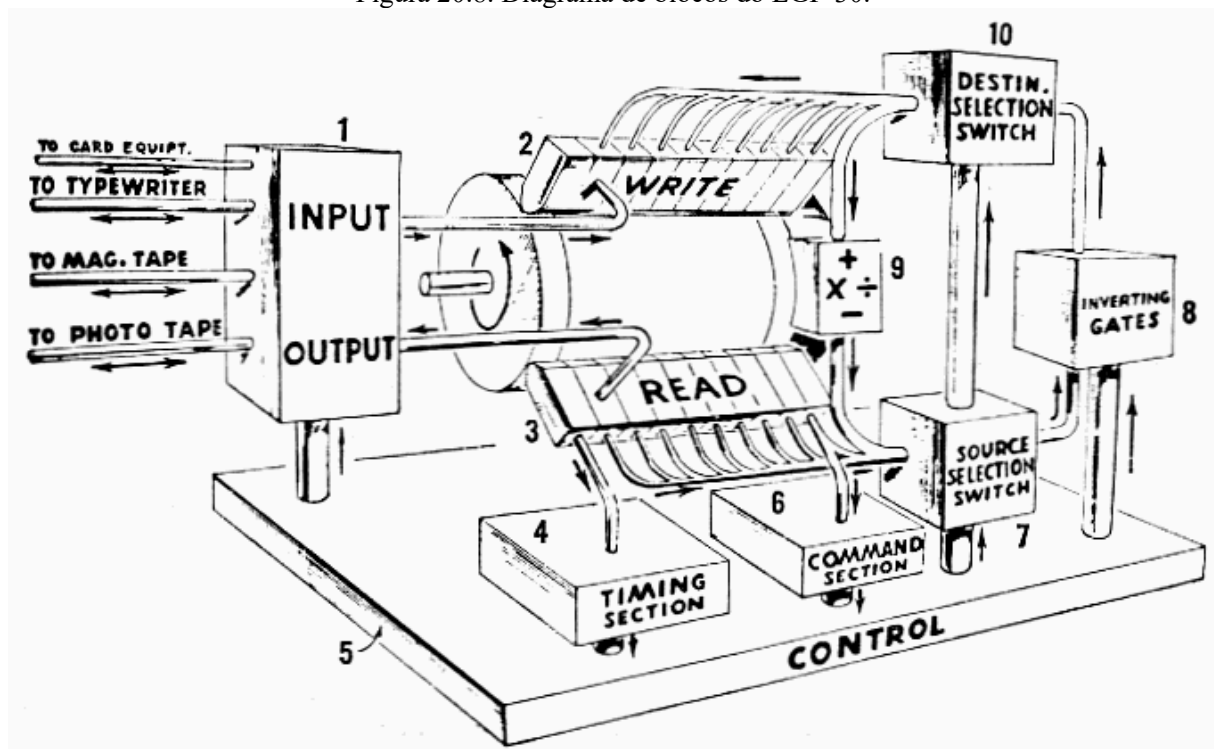


Figura 20.9. Diagrama do Bendix G-15 (*Cortesia da Bendix Corp.*)

20.4.3. O computador Bendix G-15. Memória. A memória do computador Bendix G-15 é um tambor magnético. A memória principal consiste em 20 trilhas com 108 palavras em cada uma. Há uma memória de alta velocidade de 16 palavras, composta por quatro trilhas com quatro palavras cada. Os circuitos aritméticos envolvem quatro trilhas, três com

duas palavras e um registrador de palavra única. Outro registrador de palavra única é usado nos circuitos de controle e há trilhas de temporização no tambor.

Conforme indicado nas Figuras 20.9 e 20.11, o G-15 possui uma estrutura de origem-destino (ver Figura 20.2) e o comando especifica essencialmente a origem e o destino envolvidos, bem como o momento em que a transferência deve ocorrer. Para minimizar o tempo de acesso aos comandos, cada comando também especifica o momento em que o próximo comando deve ser lido da memória.

Todas as trilhas na memória recirculam, possibilitando a transferência de informações de qualquer trilha para qualquer outra trilha. Em termos da Fig. 20.9, existem conexões diretas (não mostradas) de cada cabeça de leitura para a cabeça de gravação correspondente, 2.

Portas inversoras. Todas as transferências de informação são realizadas através das portas inversoras (8 da Fig. 20.9) e controladas por partes do comando (*CH* e *S/D* de 7 da Fig. 20.11). Durante essas transferências, o bit de sinal pode ser apagado (valor absoluto), o número pode ser complementado se negativo, ou o sinal pode ser invertido e complementado se negativo. Todas essas operações podem ser realizadas com base em precisão simples (números de 29 bits) ou precisão dupla (números de 58 bits).

Operações Aritméticas. Os circuitos aritméticos incluem três registradores de duas palavras e um registrador de uma palavra. Um dos registradores de duas palavras e o registrador de uma palavra possuem circuitos de adição associados. Assim, existem dois acumuladores independentes, um para palavras de comprimento simples e outro para palavras de comprimento duplo. Multiplicação, divisão e deslocamento são realizados nos registradores de duas palavras. Sob o controle do comando, qualquer número de dígitos no multiplicador pode ser usado ou qualquer número de dígitos em um quociente pode ser desenvolvido. A operação aritmética específica a ser realizada depende apenas dos valores de origem e destino do comando que está sendo executado.



Figura 20.10. Ciclo de comando do Bendix G-15 (*Cortesia da Bendix Corp.*)

Entrada e Saída. Uma das linhas de memória de 108 palavras serve como um registrador de buffer no processo de entrada e saída. As entradas e saídas são iniciadas pelos circuitos de controle após a execução do comando apropriado. A entrada termina ao receber um código de parada (STOP) do dispositivo de entrada. A saída termina após alguns caracteres, sob controle de formatação, ou após um número maior de palavras, quando o buffer se esvazia. Assim, o número máximo de palavras que podem ser processadas como um bloco na entrada ou na saída é de 108 palavras.

A entrada de dados é feita pela máquina de escrever e por um fotoleitor que lê fita perfurada. A saída é enviada para a máquina de escrever e para a fita perfurada. Equipamentos auxiliares fornecem comunicação de e para a fita magnética e os cartões perfurados.

Uma vez iniciado um processo de entrada ou saída, o computador pode continuar com o programa. O programa pode verificar o término de um processo de entrada ou saída para saber quando as informações de entrada podem ser usadas.

O Ciclo de Comando. Os circuitos de comando geralmente passam por quatro estados ilustrados na Figura 20.10. Os estados são: (1) LER COMANDO, (2) AGUARDAR TRANSFERÊNCIA, (3) TRANSFERIR e (4) AGUARDAR LER PRÓXIMO COMANDO. Os períodos de ESPERA são causados pela natureza cíclica da memória. Observe que, no caso de comandos "imediatos", o período de ESPERA PARA TRANSFERÊNCIA pode ser ignorado. Os comandos imediatos podem ser transferidos por qualquer número de palavras, até um máximo de 10^8 .

Precessão. A Figura 20.11 mostra que a informação da fonte passa pelo "barramento inicial" até os inversores e pelo "barramento intermediário" até uma caixa onde existe a possibilidade de a informação passar pelo registrador *AR* de uma palavra antes de chegar ao "barramento final". Sob o controle de um único comando, até 108 palavras podem ser transferidas dessa maneira, e o efeito é deslocar todas as palavras em uma posição. Em outras palavras, sua localização no setor foi incrementada em uma unidade, ou seu endereço foi incrementado em um.

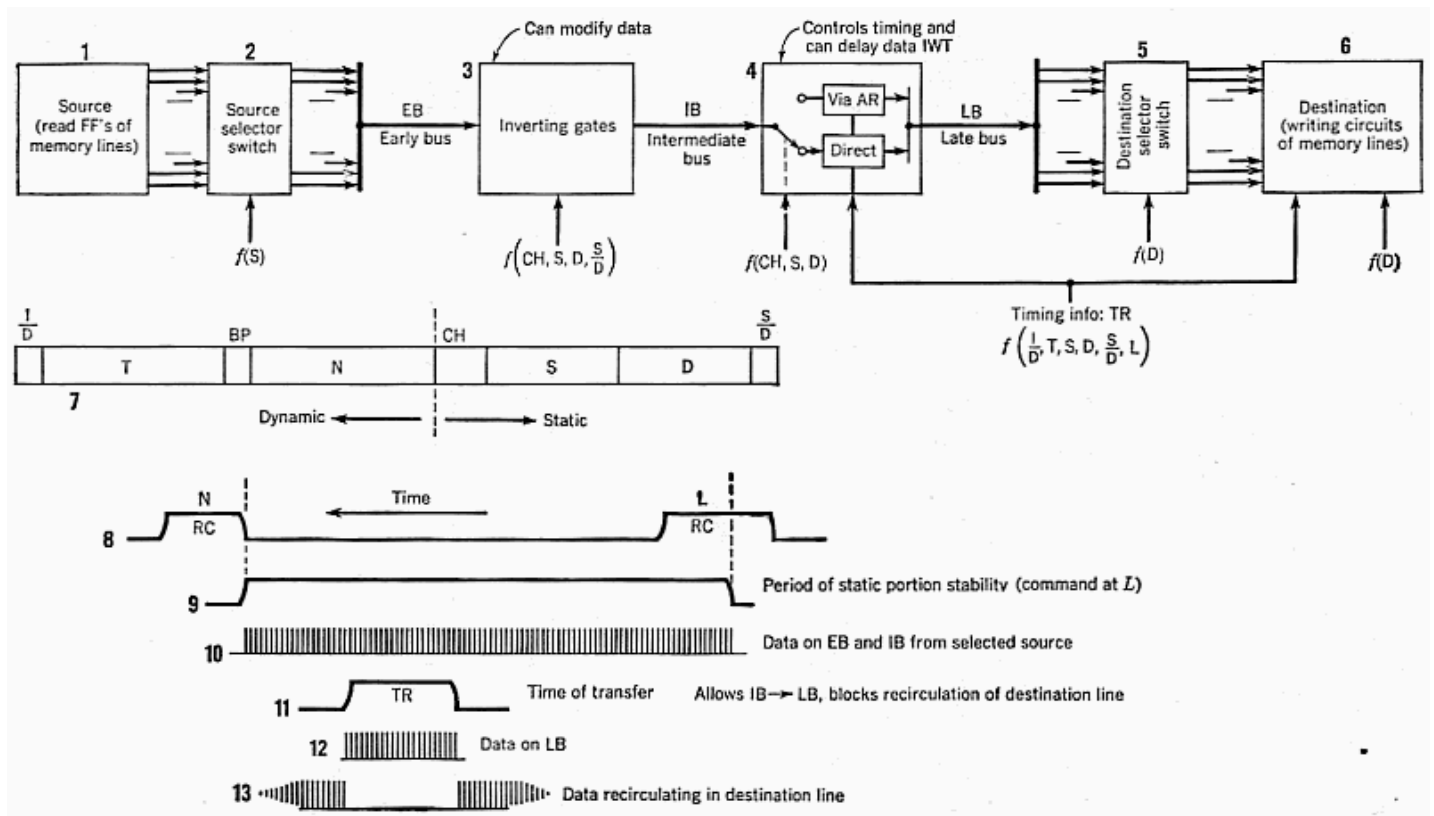


Figura 20.11. Sistema de transferência Bendix G-15.

Existem circuitos de precessão associados aos buffers de entrada e saída que proporcionam precessão de quatro bits ou de quatro palavras. Essas operações podem ser programadas para ocorrer a qualquer momento, e não apenas durante um processo de entrada ou saída.

O acessório Analisador Diferencial Digital. Um acessório para o G-15 pode ser adquirido para converter parte do computador em um analisador diferencial digital (ver Seção 19). Essa conversão utiliza parte da memória e não interfere na operação do computador de uso geral. Isso possibilita controlar as integrações em andamento no *DDA* "em tempo real", por assim dizer. Por exemplo, é possível alterar o sistema de equações que está sendo integrado sem interromper o processo de integração.