

SISTEMA DE CONTROLE PARA UM MODEM PSK DE 1200 B.P.S.

M.S. Piedade,¹⁾ N.A. Carvalho,²⁾ R.P. Martins,¹⁾ J.M. Martins,¹⁾ O.L. Bernardá,¹⁾ M.M. Silva,¹⁾ M.S. Costa,²⁾

¹⁾ CEAUTL e DEEC do Instituto Superior Técnico, ²⁾ Standard Eléctrica, S.A.R.L.

ABSTRACT

We describe the control system of a full-duplex 1200 b.p.s. Modem satisfying CCITT recommendations. All the required control functions are implemented by a microcontroller 8031, which establishes the test loops, makes the protocols, and performs all the bit processing corresponding to a USART.

SUMÁRIO

Describe-se o sistema de controle de um Modem de 1200 b.p.s. "full-duplex" de acordo com as recomendações do CCITT. Todas as funções de controle são efectuadas por meio de um microcontrolador 8031 que estabelece as configurações de teste do Modem, realiza os protocolos de ligação e faz todo o processamento de "bit" equivalente a uma USART.

1. INTRODUÇÃO

Nesta comunicação descreve-se o sistema de controle de um Modem para transmissão "full-duplex", a dois fios, à velocidade de 1200 b.p.s., de acordo com a recomendação V.22 do CCITT [1]. Noutra comunicação a este Simposio [2] apresenta-se a arquitectura geral do Modem e descrevem-se os circuitos que efectuam o processamento de sinal analógico.

O Modem foi desenvolvido no CEAUTL (Centro de Electrónica Aplicada da Universidade Técnica de Lisboa) no âmbito de contratos de investigação e desenvolvimento entre o CEAUTL e a JNICT e entre o DEEC/IST (Departamento de Engenharia Electrotécnica e Computadores do I.S.T.) e a empresa Standard Eléctrica, S.A.R.L..

O circuito de controle baseia-se na utilização de um microcontrolador 8031 [3], que é muito adequado para esta aplicação, em virtude da sua rapidez de execução, de dispor de elevado número de registos internos e de portos para comunicação com o exterior e de apresentar a possibilidade de processamento a nível de bit. Os circuitos integrados incorporados no circuito de controle são de tecnologia HCMOS, de modo a obter-se baixo consumo e rapidez.

Dado que a modulação utilizada é de tipo diferencial (DQPSK - "Differential Quaternary Phase Shift Keying"), a transmissão de dados entre Modems tem que ser síncrona. No entanto a transmissão de dados entre o Modem e o terminal a ele ligado (DTE - "Data Terminal Equipment") pode ser síncrona ou assíncrona (em modo assíncrono a velocidade de transmissão pode exceder a velocidade síncrona até 2,3%). Se a transmissão for assíncrona, é necessário que o Modem efectue uma conversão assíncrono-síncrono, antes da modulação, e uma conversão síncrono-assíncrono, após a desmodulação. Estas operações podem ser efectuadas

por um circuito apropriado, que tem a designação de USART ("Universal Synchronous-Assynchronous Receiver-Transmitter"). As USARTs existentes, no entanto, não apresentam flexibilidade suficiente (possibilidade de modificação dos modos de funcionamento) e, por isso, no Modem, foi necessário realizar por programação as operações correspondentes. Isto foi muito facilitado pela possibilidade de processamento a nível de bit que o microcontrolador apresenta.

O programa de controle emprega um distribuidor de tarefas (programação "multitasking") nesta simulação de uma USART. Realiza, além disso, os protocolos de ligação, é responsável pelo estabelecimento das configurações de teste do Modem e efectua ainda algumas das operações necessárias à recuperação do relógio de sincronismo de dados [2].

No texto que se segue, apresenta-se primeiro o diagrama de blocos do circuito de controle ("hardware") e, sem seguida, descreve-se o programa de controle ("software").

2. DIAGRAMA DE BLOCOS

O "hardware" do sistema de controle tem o diagrama de blocos representado na Fig. 1. O circuito de controle baseia-se na utilização de um microcontrolador 8031, com o programa em memória EPROM externa, ligado a um expansor de portos 8155. Existem diversos circuitos de interface com o exterior do Modem: interface lógica com o DTE, sinalização no painel por meio de LEDs, comandos por teclado no painel e opções estabelecidas por interruptores internos. Fazem ainda parte do sistema circuitos selectores para estabelecimento das configurações de teste e escolha do relógio de emissão, bem como circuitos de sincronização e vigilância. Os diferentes circuitos são descritos a seguir.

Microcontrolador, memória e expansor de portos

O microcontrolador utilizado tem as seguintes características principais:

- memória RAM de dados interna com 128 bytes
- 32 linhas de entrada/saída
- 2 contadores/temporizadores de 16 bits
- 5 origens de interrupção com dois graus de prioridade
- um porto série "full duplex"
- possibilidade de processamento a nível de bit.

É utilizada a versão HCMOS do microcontrolador, que apresenta as vantagens de ter um baixo consumo, mantendo uma elevada rapidez de operação. O relógio interno é de 12MHz e o ciclo de máquina tem a duração de 12 períodos do relógio (1µs).

Isto é conseguido por meio do circuito inibidor de relógios, comandado pelo sinal de comando S/A (síncrono/assíncrono), que é constituído por duas portas OU.

Diversas informações sobre o funcionamento do Modem são apresentadas por meio de "LEDs" no painel, os quais são actuados através da interface dos "LEDs", que utiliza um circuito tampão ("buffer" 74LS244).

Os comandos relativos ao funcionamento do Modem podem ser introduzidos, quer pelo teclado no painel, quer por meio do circuito de comandos internos (formado por um "DIL-switch") sendo a escolha efectuada por um comutador de comandos (constituído por dois "multiplexers" 74LS257). Existem diferentes opções quanto ao modo de funcionamento do Modem que são escolhidas por meio de um selector de opções (constituído por dois "DIL-switches").

A informação relativa aos comandos e opções é introduzida em série num dos portos do microcontrolador através de um registo de deslocamento ("shift register", constituído por três circuitos 4021, de 8 bits cada). Deverá notar-se que algumas opções e comandos são originados no DTE. O registo de deslocamento recebe ainda o sinal RT produzido pelo indicador de chamada no sistema de processamento de sinal do Modem.

Selector de lacetes e selector de relógios

Para o estabelecimento das diferentes configurações de teste é necessário comutar diversas ligações. Esta operação é efectuada pelo circuito selector de lacetes (constituído por dois "multiplexers" 4053 comandados pelos sinais de controle AUTOTESTE e INIBDTE).

O relógio de emissão pode ser escolhido por meio do selector de relógios (constituído por "straps") de entre três possibilidades: relógio do DTE, relógio recuperado a partir do sinal recebido, ou relógio obtido a partir do oscilador a cristal do microcontrolador.

Circuitos de sincronismo e vigilância

O circuito sincronizador, constituído por duas bsculas ("flip-flops" 74HC74), recebe os dados a transmitir TDA, provenientes do microcontrolador, e efectua a sua sincronização pelo relógio de emissão TXC (existente aos terminais do circuito modulador/desmodulador) e envia-os para o modulador. De modo semelhante, os dados recebidos RXD, à saída do desmodulador, são sincronizados pelo relógio de recepção RXC, antes de entrarem no microcontrolador.

O sincronizador comandado é constituído por um circuito interruptor comandado ("multiplexer" 4053) e por duas bsculas ("flip-flops" 74HC74). Em modo síncrono, os dados de emissão e recepção trocados entre o microcontrolador e o DTE através, respectivamente, dos circuitos 103 e 104, são sincronizados pelo relógio seleccionado para a emissão (à saída do selector de relógios) e pelo relógio de recepção RXC. Em modo assíncrono, não se efectua estas operações de sincronização.

O circuito de vigilância (do tipo "watch dog") destina-se a impedir que o circuito de controle possa ficar bloqueado durante a execução do programa. Este circuito é constituído por um contador cuja entrada é o relógio de transmissão e cujo terminal de "reset" é actuado pela saída WD do microcontrolador com uma periodicidade de cerca de 10ms; a saída do contador está ligada ao terminal de "reset" do microcontrolador. Durante o funcionamento normal a saída do contador não chega a mudar de estado e o circuito de vigilância não actua. Se, porém, ocorrer uma execução incorrecta do programa que atrase a actuação do "reset" do contador, este leva a contagem até ao fim e actua sobre o "reset" do microcontrolador.

3. PROGRAMA DE CONTROLE

Organização do Programa

O "software" do sistema de controle realiza diversas funções que se descrevem a seguir.

(a) Inicialização

São estabelecidos os valores iniciais das variáveis de saída para os circuitos de processamento de sinal. Os portos do microcontrolador e do expensor de portos são configurados como entradas ou saídas. São atribuídos os valores iniciais dos registos de memória (incluindo as bandeiras de programa, "flags"), dos contadores e temporizadores ("timers") e dos ponteiros da pilha de memória ("stack pointer") e da memória de dados ("data pointer"). É estabelecido o nível de prioridade das interrupções.

Faz-se, em seguida, um autoteste do Modem, em que é verificada a existência dos relógios de emissão e recepção, é testado o conteúdo da memória de programa (EPROM) que inclui uma palavra destinada a garantir soma total nula (teste do tipo "check sum") e é realizado o teste do Modem na configuração de lacete local analógico ("loop 3").

b) Leitura de comandos e supervisão

É periodicamente executada uma rotina que faz a leitura dos comandos no painel frontal e das opções estabelecidas pelos interruptores internos do Modem, sendo consideradas válidas as leituras que se mantêm durante mais de 100 ms. Além disto, a rotina permite detectar o sinal de chamada, verificar o nível de sinal recebido, controlar o tempo de realização dos protocolos de ligação entre Modems e verificar a disponibilidade do DTE para ligação à linha através do Modem.

Esta rotina inclui ainda o programa que faz a actualização do valor da frequência do relógio de sincronismo de dados (recuperado a partir do sinal modulado recebido). Este programa realiza o filtro passa-baixo e o oscilador comandado (VCO) da malha de captura de fase (PLL) responsável pela redução da flutuação de fase ("jitter") do relógio recuperado [2] (o detector de fase que completa a malha de captura de fase é uma porta OU exclusivo, incluída no circuito do sistema de processamento de sinal).

c) Controle de comunicação ou teste

São efectuados os protocolos de ligação e é estabelecida a comunicação. Quando ocorrem pedidos de testes, são estabelecidas as configurações correspondentes.

Os protocolos de ligação dependem do modo de funcionamento:

- Modo de chamada ("call"), em que o Modem transmite no canal inferior e recebe no canal superior. O protocolo deve satisfazer a norma V.22 do CCITT [1].
- Modo de resposta ("answer"), em que o modem recebe no canal inferior e transmite no superior. O protocolo satisfaz, além da norma V.22, a norma V.25 do CCITT.
- Linha alugada ("leased line"). O protocolo é consideravelmente mais simples nesta situação.

Terminado o protocolo de ligação, é estabelecida a comunicação. São activadas várias bandeiras e passam a ser executadas repetidamente diversas rotinas.

As configurações de teste, satisfazendo a norma V.54 do CCITT, são as seguintes:

- Lacete analógico local ("loop 3"), em que o sinal

de emissão, em vez de seguir para a linha, é aplicado à entrada do circuito de recepção. Pode ser pedido pelo painel do Modem ou pelo DTE.

- Lacete digital local ("loop 2"), em que os dados recebidos pelo Modem são devolvidos por este, isto é, o sinal de saída do desmodulador é aplicado à entrada do modulador. Pode ser pedido pelo painel ou pelo Modem remoto (interlocutor).
- Lacete digital remoto ("remote loop 2"), que é semelhante ao anterior, mas estabelecido no Modem remoto, a pedido do painel ou do DTE do modem local.

Foi estabelecida uma ordem de prioridade dos lacetes, em que é dada preferência aos pedidos pelo painel e, de entre estes, aos lacetes locais sobre o remoto.

(d) Processamento de bit

Os dados devem ser submetidos à acção de um cifrador ("scrambler"), antes de serem modulados, e de um de cifrador ("descrambler"), depois de desmodulados. A cifragem é imposta pelas normas [1], e destina-se a reduzir a probabilidade de ocorrência de sequências demasiado longas de bits idênticos, que podem ocasionar a perda de sincronismo.

No modo assíncrono é efectuada a conversão assíncrono-síncrono dos dados a transmitir e a conversão síncrono-assíncrono dos dados recebidos. Os dados assíncronos transferidos entre o DTE e o Modem podem ter 8, 9, 10 ou 11 bits por carácter, incluindo os bits terminais ("start" e "stop" bits). Há necessidade de efectuar operações que envolvem diferentes bits e, por isso, se usa uma memória tampão ("buffer") com 128 bits, do tipo FIFO ("First In First Out").

As várias tarefas que constituem o processamento a nível de bit são executadas de acordo com um sistema de multiprogramação ("multitasking"). Existe um programa distribuidor de tarefas que obedece a um esquema de prioridades pré-estabelecido para as diferentes tarefas que é necessário executar.

Níveis de Prioridade

O programa de controle contém algumas rotinas que são desencadeadas por interrupções do microcontrolador ("interrupts") as quais podem ser originadas por temporizadores internos do microcontrolador (TIMER 0 e TIMER 1) ou por sinais exteriores de interrupção (INT 0 ou INT 1).

Os níveis de prioridade das interrupções e a sua frequência são os seguintes:

Interrupção	Prioridade	Frequência (Hz)
TIMER 1	4	100
INT 1	3	1200
INT 0	2	1200
TIMER 0	1	8 x 1200

O TIMER 0 pode interromper a execução de tarefas originadas pelas outras interrupções. Estas não podem interromper rotinas de interrupção que já estejam a ser executadas, mas em caso de ocorrência de interrupção simultânea, são atendidas pela ordem de prioridade indicada ("polling sequence").

Os sinais de interrupção INT 0 e INT 1 são os relógios de recepção e de emissão, respectivamente obtidos aos terminais do circuito modulador/desmodulador. As frequências das interrupções originadas pelos temporizadores TIMER 0 e TIMER 1 são obtidas por divisão da frequência do relógio do microcontrolador.

Na Tabela 1 estão assinalados os níveis de prioridade

de das várias funções a cargo do programa de controle, bem como as interrupções utilizadas e a frequência com que são executadas (a frequência varia com a sequência das operações, sendo indicado na tabela o valor máximo).

Durante a fase de arranque apenas é activada a interrupção por TIMER 1. Durante o funcionamento em comunicação ou testes são activadas todas as interrupções.

Uma das operações efectuadas com a prioridade máxima, sob acção do TIMER 0, é a amostragem do sinal de saída da PLL do detector de fase da malha de captura de fase do circuito de recuperação do sincronismo. A outra operação é a amostragem do sinal correspondente aos dados recebidos do DTE, a partir da qual é determinada a duração dos impulsos e são identificados os "start bits".

É também por acção do TIMER 0 que se dá a entrada no distribuidor de tarefas, mas o processamento de bit e geração de relógio local (nível 3) só se realizam quando não se dá a entrada ou saída de dados do microcontrolador, que são operações prioritárias (nível 2).

As funções restantes estão associadas a interrupções originadas pelo TIMER 1.

4. CONCLUSÃO

O sistema de controle do Modem, que acaba de descrever-se, caracteriza-se pela utilização de um microcontrolador moderno e pela realização por programa da maior parte das funções necessárias. Consegue-se, deste modo, uma realização significativamente mais compacta que as existentes.

A fabricação do Modem pela indústria nacional vai iniciar-se brevemente.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi parcialmente financiado pela JNICT ao abrigo do contrato de investigação nº 432.82.66.

Agradece-se a valiosa colaboração prestada na realização deste trabalho pelo Engenheiro José Correia da Mata. Igualmente se agradecem as sugestões úteis apresentadas pelo Engº José Gerald, do CEAUTL e pelo Engº Rui Louro da Standard Eléctrica.

REFERÊNCIAS

- [1] CCITT, "1200 Bits per Second Duplex Modem Standardized for Use on the General Switched Telephone Network and on Leased Circuits", *Yellow Book, Fasc. VIII.1, Rec. V.28*, pp. 76-90, Geneve, 1980.
- [2] M.S. Piedade, J.B. Gerald, M.M. Silva, R.P. Martins, "Arquitectura e Circuitos de Processamento de Sinal para um Modem PSK de 1200 b.p.s.", *2º Simpósio de Electrónica das Telecomunicações (Lisboa)*, Maio de 1986.
- [3] INTEL Co., *Microcontrollers Handbook*, 1986.

	Prioridade	Função	Freq. (Hz)	Interrupção
Arranque		Inicialização; registros, bandeiras, portos		
		Autoteste		
		Leitura de comandos e opções	20	TIMER 1
		Detect. chamada; Inicialização VCO (rec. sinc.)	100	
Comunicação ou Teste	6	Protocolos de ligação Comunicação ou Lacetes de teste		TIMER 1
	5	"Loop 3" pedido pelo painel		TIMER 1
	4	Rotina de amostragem e supervisão: - Leitura de comandos e opções - Detect. chamada; Filtro + VCO (recup. sinc.)	20 100	TIMER 1
	3	Geração do relógio local Processamento de bit (distribuidor de tarefas)	1200	TIMER 0
	2	Entrada/saída de dados no Modul./Desmod. Comando do "scrambler" ou "descrambler"	1200	INT 0 OU INT 1
	1	Amostragem dos dados vindos do DTE Amostragem do erro de fase (PLL de recup. sinc.)	8 x 1200 2 x 1200	TIMER 1

Tabela 1 - Programa de controle do Modem.