

# Usando a Porta Paralela do Micro PC

(Using the parallel port of the Personal Computer)

Dione Fagundes, Josimar Sartori, T. Catunda e L.A. O. Nunes

*Departamento de Física e Informática, Instituto de Física de São Carlos*

*Caixa Postal 369, 13560-970, São Carlos, SP, Brasil*

Trabalho recebido em 22 de fevereiro de 1995

## Abstract

In this work we describe the communication through the parallel port of IBM PC type microcomputers and present three applications: square wave generator, frequency meter and thermometer. In the square wave generator the high and low level time intervals can be determined by the user. The frequency meter can measure TTL signals in the frequency range 10 Hz - 40 KHz. The thermometer measure the temperature through a known relation between the frequency of an oscillator which frequency is measured by our frequency meter.

## Resumo

Neste trabalho detalhamos o funcionamento da porta de comunicação paralela dos microcomputadores da linha IBM PC e descrevemos três aplicações: gerador de onda quadrada, freqüencímetro e termômetro. Os tempos em nível alto e baixo do gerador de onda quadrada são determinados pelo usuário; o freqüencímetro mede sinais de nível TTL entre 10 Hz e 40 KHz; o termômetro faz medidas indiretas de temperatura através de uma relação conhecida com a freqüência de um circuito oscilador cujo sinal de saída é medido pelo freqüencímetro.

## Introdução

Atualmente, o microcomputador, é um instrumento bastante acessível, sendo indispensável que o usuário conheça todos os seus recursos<sup>1</sup>. Além de fazer cálculos e armazenar informações, o microcomputador pode também ser utilizado para fazer aquisição de dados, controle de processos em tempo real ou enviar sinais a um periférico<sup>2</sup>. Para isto não precisamos necessariamente alterar sua estrutura pois o mesmo já possui algumas interfaces específicas, a interface serial e a paralela. A interface serial transmite a informação "Bit" a "Bit", e a interface paralela, que tradicionalmente é utilizada para controlar a impressora, permite a transferência de vários "Bits" de uma só vez, possibilitando uma maior velocidade na comunicação de dados, neste artigo damos ênfase à utilização da interface paralela.

Muitos trabalhos têm sido feitos no sentido de explorar a utilização da mesma no controle de processos e aquisição de dados. Wisman and Forinash<sup>3</sup> des-

creveram uma maneira de medir resistência e sua dependência com a temperatura através da porta paralela. Wisman, Rilley and Forinash<sup>4</sup> publicaram também uma nota descrevendo o procedimento para medidas de freqüências de sinais analógicos ou digitais. Mais recentemente Henriquez, Gil and Alvarez<sup>5</sup> escreveram sobre a utilização de um conversor analógico digital de 12 bits conectado diretamente à porta paralela. Neste artigo descrevemos a interface paralela e damos exemplos de como usá-la para construir um Gerador de Onda quadrada, um Freqüencímetro e um Termômetro. Nos trabalhos anteriores<sup>3,4</sup> foi utilizado como base de tempo o relógio interno do micro (16 bit-time-day-counter). Neste trabalho, usamos uma base de tempo externa a qual pode ser ajustada dependendo da faixa de freqüência que se deseja medir.

## A Paralela

A interface paralela do microcomputador funciona

do seguinte modo: dados digitais de nível TTL (0 ou 5 Volts) presentes nos pinos do conector DB25 localizado na parte posterior do microcomputador podem ser colocados na via de dados do mesmo (leitura) e vice-versa, ou seja, dados podem ser enviados do micro para outro aparelho (escrita). Através de um comando podemos acessar dois registradores de leitura e escrita e um registrador somente de leitura via o conjunto de endereços LPT1 (278h, 279h e 27Ah) ou LPT2 (378h, 379h e 37Ah.) e "lêr" ou "escrever" um dado digital. Este dado digital poderá ter no máximo 8 Bits. Na tabela 1 mostramos a correspondência entre os pinos do conector DB25 e a palavra digital para um determinado endereço. Especificamos também o tipo de função que cada porta é capaz de realizar.

Endereço Associado	278h e 378h (leitura/escrita)							
Dado Digital	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Pinos do Conector	9	8	7	6	5	4	3	2
Endereço associado	279h e 379h (leitura)							
Dado Digital	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Pinos do Conector	11	10	12	13	15	NC	NC	NC
Endereço Associado	27Ah e 37Ah (leitura e escrita)							
Dado Digital	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Pinos do Conector	NC	NC	NC	NC	17	16	14	1

TABELA 1: RELAÇÃO ENTRE OS PINOS DO CONECTOR DB25 E A PALAVRA DE OITO BITS DE CADA PORTA PARALELA.

Todos os pinos da porta 278h (378h) são de leitura e escrita de modo direto, apenas o pino 11 da porta 279h (379h) lê de modo invertido (isto é, for enviado o valor um será recebido o valor zero). Na porta 27Ah (37Ah) somente o pino 16 é de modo direto. Os bits D0 - D2 da porta 279h(379h) e os bits D4 - D7 da porta 27Ah (37Ah) não são utilizados. Os pinos 18 - 25, que não estão especificados na tabela são usados como terra. Portanto podemos estabelecer um canal de comunicação entre a via de dados do microcomputador e o conector (DB25) da interface paralela.

Como primeiro exemplo vamos apresentar um programa que gera uma função de onda quadrada em que os tempos em nível alto e baixo são especificados pelo usuário

#### Gerador de onda quadrada

Isto pode ser feito através de um programa que escreve os números um e zero no pino 2 do conector DB25 alternadamente. O circuito de teste pode ser feito como

mostra a figura 1, este consiste de um resistor de 470Ω e um LED ligados entre os pinos 2 e 25, de um conector DB25 macho. Quando o nível lógico 1 for escrito no pino 2 uma tensão de +5V aparece entre este e o terra fazendo com que acenda o LED. Quando o nível lógico 0 for escrito a tensão vai para zero e o LED apaga,

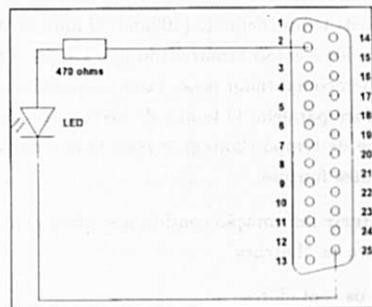


FIGURA 1: CIRCUITO DE TESTE PARA O GERADOR

Vamos agora fazer a listagem do software que realiza a tarefa mencionada. Todos os programas deste artigo foram escritos em QBasic<sup>6</sup>, porém o leitor pode usar qualquer outra linguagem que lhe seja familiar.

```

PROGRAMA EM QBasic
INPUT "TEMPO EM NIVEL ALTO",T1
INPUT "TEMPO EM NIVEL BAIXO",TL
L1:
T1 = TIMER 'atribui a T1 a hora do relógio interno do microcomputador
OUT &H278,1 'o nível lógico 1 é enviado à porta &H278
L2:
TF = TIMER
IF TF - T1 < T1 THEN GOTO L1 'compara o tempo decorrido com T1
T1 = TIMER
OUT &H278,0 'nível lógico 0 é enviado à porta &H278
L3:
TF = TIMER
IF TF - T1 < TL THEN GOTO L2 'compara o tempo decorrido com TL
GOTO L1 'volta para L1

```

Nas duas primeiras linhas o usuário especifica o tempo em nível alto e o tempo em nível baixo da onda quadrada, a instrução IF dentro dos loops L1 e L2 faz o teste do tempo em nível alto e em nível baixo respectivamente. O programa foi escrito para o conjunto de portas LPT1, porém o usuário deve verificar qual conjunto está endereçado no seu micro.

Como segunda aplicação desenvolvemos hardware e software capazes de transformar o microcomputador em um freqüencímetro que mede sinais de nível TTL.

Conforme podemos observar no diagrama de blocos do freqüencímetro (veja figura 2), o sistema é composto

por um contador de 12 Bits, que está conectado ao microcomputador através de um "Latch" também de 12 Bits. Utilizamos uma base de tempo com 100mseg em nível baixo e 2mseg em nível alto que está conectada ao Contador, ao "Latch" e ao Microcomputador, através de portas inversoras. O sinal cuja frequência desejamos medir é injetado no Contador e lido durante um intervalo de tempo definido (100ms). O número de pulsos contados é então armazenado no "Latch" a fim de que o Microcomputador possa fazer a aquisição através da interface paralela. O tempo de nível baixo, definido pela base de tempo (2mseg), é responsável por realizar as seguintes funções:

- transferir informação contida nos pinos dos contadores para os "Latches",
- zerar os contadores
- avisar o microcomputador para que faça a aquisição do dado digital de 12 bits presente na saída dos "Latches".

#### FREQÜENCÍMETRO.

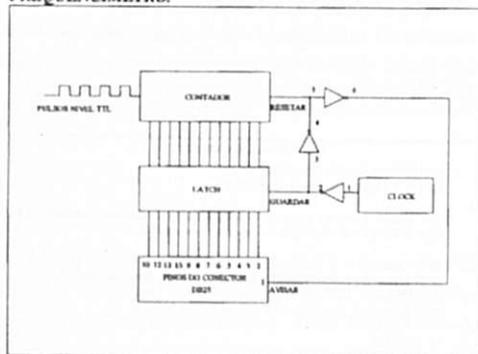


FIGURA 2: DIAGRAMA EM BLOCOS DO FREQÜENCÍMETRO

Para garantir o perfeito sincronismo de cada função mencionada anteriormente, são colocadas portas inversoras com a finalidade de produzirem um atraso relativo em cada pulso proveniente da base de tempo.

Na figura 3 está representado o diagrama elétrico do freqüencímetro.

De acordo com o esquema elétrico (veja figura 3), o sinal é injetado nos Contadores de quatro Bits (74161) CI3, CI4, CI5 conectados em cascata, portanto teremos doze bits na saída, ou seja, um valor decimal máximo

de contagem igual a 4095 ( $2^{12}-1$ ). Uma vez que a contagem é feita em 100mseg, o valor máximo de frequência que podemos medir é de 40950 Hz e o valor mínimo é de 10 Hz. Se quisermos medir frequências mais altas ou mais baixas devemos reduzir ou incrementar o tempo de contagem (tempo em nível baixo da base de tempo). Isto pode ser feito alterando os valores dos componentes R1, R2, R3 e C2. As saídas dos contadores estão ligadas aos dois "Latches" de 8 Bits (74273) CI6 e CI7 que têm por função armazenar o valor digital para que em seguida o micro faça a aquisição do mesmo.

Para obter a frequência do sinal em unidades de Hz, podemos fazer uma aquisição de 100mseg e multiplicar o valor da contagem por 10. Entretanto, o procedimento que adotamos foi fazer 10 aquisições de 100mseg e somar suas contagens (para obter o seu valor médio).

Saídas do Latch	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Pinos do Conector	10	12	13	15	9	8	7	6	5	4	3	2

Aviso para Aquisição	D0
Pino do Conector	1

TABELA 2: CORRESPONDÊNCIA ENTRE AS SAÍDAS DOS "LATCHES" E OS PINOS DO CONECTOR DB25

A conexão do freqüencímetro com a interface paralela do microcomputador é realizada através de um cabo com DB25. A correspondência entre as saídas dos "Latches" e os Pinos do Conector da saída paralela são mostrados na tabela 2.

Podemos verificar que através dos pinos 2 a 9, relacionamos os Bits D0-D7 ao endereço 278h (ou 378h) (oito Bits menos significativos) e através dos pinos 15, 13, 12, 10, relacionamos os Bits D8-D11 ao endereço 279h (ou 379h) (quatro Bits mais significativos). O pino 1 relaciona o Bit D0 (sinal de sincronismo gerado pela base de tempo) ao endereço 27Ah (ou 37Ah).

De posse destas informações podemos escrever o software de aquisição. Inicialmente o programa desenvolvido deve verificar qual o conjunto de endereços que está sendo utilizado para comunicação paralela, isto é, se LPT1 ou LPT2. Tal teste é realizado da seguinte forma: uma informação é transferida para um dos endereços, por exemplo o endereço &h278 do conjunto LPT1, a seguir verifica-se qual a informação armazenada no mesmo endereço, se houver uma coincidência

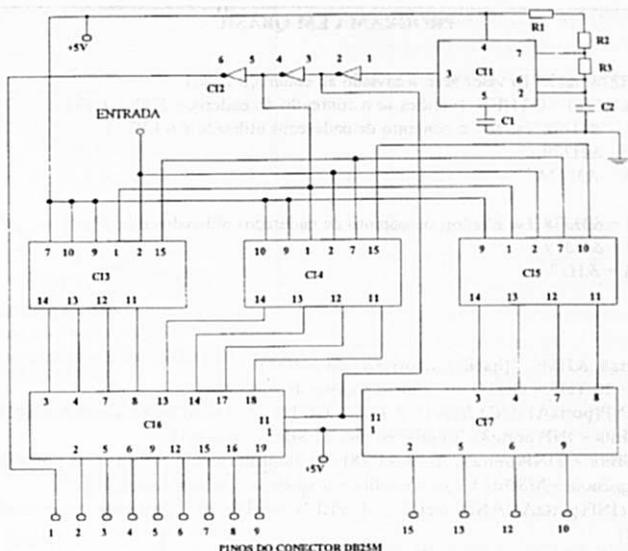


FIGURA 3 : ESQUEMA ELÉTRICO DO FREQUENCÍMETRO

O circuito integrado C11 é um oscilador LM555 com  $R1=2.7M\Omega$ ,  $R2=270K\Omega$ ,  $R3=22K\Omega$  e  $C2=0.047\mu F$ . C13, C14 e C15 são contadores de quatro bits (74161). C16 e C17 são "latches" de oito bits.

entre as informações, o conjunto de portas é o LPT1, se não houver coincidência é o LPT2.

O restante do software tem a função de realizar a aquisição das saídas dos "Latches" através das portas 8 e 9. Isto será feito sempre que ocorrer o início de um pulso em nível alto no pino 1, pulso este que representa o aviso da base de tempo (555) para que o micro faça a aquisição das saídas dos "Latches".

Isto deverá ser repetido por dez aquisições, sendo que na soma das mesmas teremos o valor em Hz da frequência do sinal injetado no circuito. A seguir mostramos o software completo responsável pela aquisição e apresentação dos dados na tela do microcomputador.

Entre as linhas 10 e 40, temos o "loop" responsável por encontrar a frequência do sinal. Neste "loop", o computador aguarda o sinal de aviso para realizar a aquisição, lê os bits menos significativos com a porta 8 e os bits mais significativos com a porta nove, compõe o número final e espera outro sinal de aquisição. A seguir o contador é incrementado, esta operação se repete por dez vezes até ser obtida a frequência em Hz do sinal.

Usaremos o frequencímetro acima descrito para

construir um termômetro. Para isto, utilizamos um oscilador cuja frequência de oscilação varia com a temperatura, pois o circuito contém um termistor. O termistor é um elemento feito com um composto semiconductor cuja resistência tem uma forte dependência com a temperatura. Desta maneira, conhecendo-se a dependência da frequência de oscilação com a temperatura pode-se calcular a temperatura através de uma medida de frequência.

### O Termômetro

Na figura 4 mostramos o circuito oscilador que vai gerar o sinal de entrada do frequencímetro, este circuito consiste de um LM 555 cuja frequência de oscilação depende da resistência de um termistor colocado entre os pinos 7 e 8, a saída deste oscilador é conectada à entrada do frequencímetro.

A dependência com a temperatura da resistência do termistor é da forma:

$$R(T) = A + B e^{-T/\tau} \quad (1)$$

onde os valores de A, B e  $\tau$  são encontrados pela calibração do mesmo em temperaturas conhecidas. A

## PROGRAMA EM QBASIC

```

OUT &H278, &H0 '{o valor zero é enviado ao endereço 278h}
IF INP(&H278) = 0 THEN '{verifica se o conteúdo do endereço 278h é zero}
  porta8 = &H278 '{se for, o conjunto de endereços utilizado é o LPT1}
  porta9 = &H279
  portaA = &H27A
ELSE
  porta8 = &H378 '{se não for, o conjunto de endereços utilizados é o LPT2}
  porta9 = &H379
  portaA = &H37A
END IF
LL
i = 1
OUT porta8, &HFF '{habilita aquisição pela porta8}
10 : IF i > 10 THEN GOTO 40 '{início do loop de aquisição}
20 : IF (INP(portaA) AND &H1) = 0 THEN GOTO 20 '{aviso para realizar aquisição}
    LSBits = INP(porta8) '{aquisição dos 8 LSBits pela porta8}
    MSBits = ((INP(porta9) AND &H78) / 8) '{aquisição do 4 MSBits pela porta9}
    frequência = MSBits * 256 + LSBits + frequência '{realiza aquisição}
30 : IF (INP(portaA) AND &H1) = 1 THEN GOTO 30 '{aguarda novo sinal de
aquisição}
    i = i + 1 '{incrementa contador}
    GOTO 10 '{finaliza loop depois que realizar 10 aquisições}
40 : PRINT "A frequência do sinal de entrada é "; frequência
frequencia = 0
GOTO LL

```

frequência do oscilador é dada por:

$$F = 1.44 / (2R_1 + R_{th})Cap \quad (2)$$

onde o valor da resistência  $R_1$  e do capacitor  $Cap$  são escolhidos de modo a deixar o circuito operando numa faixa de frequência conveniente<sup>7</sup> (utilizamos  $R_1 = 78K\Omega$  e  $Cap=470$  pF). Utilizamos um termistor com resistência de  $5K\Omega$  à temperatura ambiente. A dependência da resistência do termistor com a temperatura é mostrada na figura (5). Esta curva foi obtida colocando-o numa solução de água e sal inicialmente à temperatura de  $-5^\circ C$ . Esta solução foi uniformemente aquecida e sua temperatura monitorada com um termômetro de mercúrio e a resistência do termistor com um ohmímetro de quatro dígitos. Com estes dados foi feito um ajuste exponencial (expressão 1) para a determinação dos parâmetros  $A$ ,  $B$  e  $\tau$ .

A calibração do termômetro é feita levantando uma curva  $TxF$  do circuito oscilador e ajustando-a à curva teórica obtida através das equações (1) e (2):

$$T = \tau \ln(B^* F / ((1,44/C) - (2R_1 + A)^* F)) \quad (3)$$

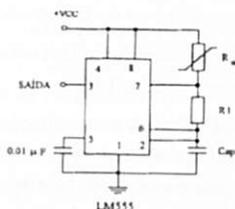


FIGURA 4: CIRCUITO OSCILADOR

O sinal de saída é uma função da temperatura, o resistor variável é um NTC de  $5K\Omega$  à temperatura ambiente.

A figura (6) mostra os dados experimentais  $TxF$  e o ajuste. Esta curva foi obtida colocando-se o termistor em uma solução de água e sal à  $-5^\circ C$ , aquecendo-a tal como descrito anteriormente. As medidas de temperatura foram feitas com um termômetro de mercúrio e as de frequência com o frequencímetro já descrito. A linha cheia representa o ajuste teórico feito com a expressão<sup>3</sup>.

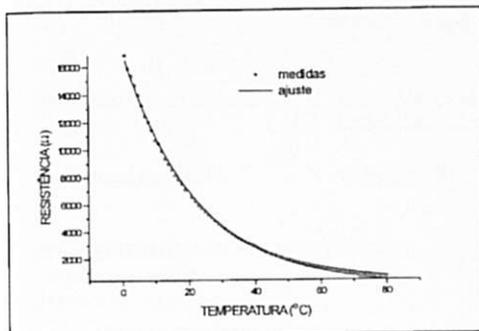


FIGURA 5: DEPENDÊNCIA DA RESISTÊNCIA DO TERMISTOR COM A TEMPERATURA

A linha cheia representa o ajuste feito com a expressão (1)

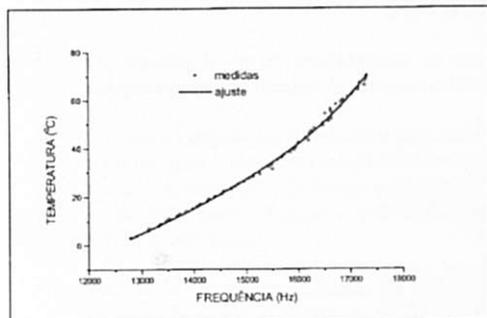


FIGURA 6: CURVA DE CALIBRAÇÃO DO TERMÔMETRO

Para realizar o cálculo da temperatura devem ser feitas algumas modificações no programa de aquisição do frequencímetro: modificar a linha 40, incluir as linhas que fazem o cálculo da temperatura e retornar a linha 10 para uma nova medida de frequência. Isto é feito a seguir:

**PROGRAMA PARA O CÁLCULO DA TEMPERATURA**

```
40 F = frequência
A = 38.30 : B = 78804.27 : C = 2.9523013041E+9 : D = 157921.91
T = A * LOG ( B * F / ( C - D * F ) )
50 PRINT USING "##.#":T
GOTO 11
```

No programa, as constantes A, B, C e D foram obtidas para o termistor da figura 5. As aplicações mostradas não constituem equipamentos de precisão, tendo objetivo principalmente didático de familiarizar o usuário com a utilização da porta paralela no controle de processos e aquisição de dados. É importante observar que nem todos os microcomputadores possuem ati-

vadas todas as funções especificadas na descrição da porta paralela, sendo necessário que o leitor faça tal verificação antes de começar quaisquer das aplicações mostradas.

## Conclusão

Neste trabalho descrevemos o funcionamento da porta paralela e mostramos alguns exemplos de aplicações. Estas aplicações são particularmente interessantes para laboratórios de ensino, devido à facilidade de implementação e baixo custo embora possam substituir equipamentos caros. Utilizando a porta paralela e uma base de tempo externa apresentamos um frequencímetro que pode medir frequências muito altas ou muito baixas, usando a base de tempo de 100mseg o frequencímetro mede uma faixa de 10Hz - 40KHz. Entretanto, a faixa de frequência pode ser alterada mudando a base de tempo. Como exemplo de aplicação do frequencímetro apresentamos um termômetro. O mesmo sistema pode ser usado como contador, com inúmeras aplicações para laboratórios de ensino, tais como contador para experimentos de física nuclear, contador de franjas para experimentos de interferência ou medidores de comprimento de onda, etc.

## Referências

1. Personal Computers, Hoo-min D. Toong and Amar Gupta, Scientific American, December, 1982.
2. Joseph Priest and John Snider, Undergraduate Computer Interface Projects, The Physics Teacher, may, 1987.
3. Ray Wisman e Kyle Forinash, Discount Interfacing with the Parallel Printer Port, Am. J. Phys, Vol 57, n° 6, june 1989.
4. Ray Wisman, Michael Riley e Kyle Forinash, Experimental Data Frequency Measurement With a PC, Am. J. Phys. Vol 60, n° 6 june 1992.
5. Agustin Henríquez, Pedro Báez Gil, e Moisés Alvarez, High Resolution ADC Through an IBM Parallel Printer Port, Am. J. Phys, Vol 62, n° 6, june 1994.
6. David I. Schneider, *Handbook of Basic* (for the IBM PC, XT, AT, PS/2, & Compatibles), Brady, 1988, New York.
7. Howard M. Berlim, Aplicações para o 555 ( Com Experiencis), Editele, 1983, São Paulo, pp 31-35.