CONSTRUÇÃO DE UM VISCOSÍMETRO DIGITAL

Ivan Gonçalves de Souza, Faruk Nome, Marcos Caroli Rezende, Luis Augusto A. Nuernberg e Alexanders T. das Neves Belarmino
Departamento de Química - Universidade Federal de S. Catarina - 88040-970 - Florianópolis - SC

Recebido em 22/10/93; cópia revisada em 2/2/94

A digital Höppler viscometer which permits routine semiautomatic measurements of relative viscosities of liquids is described. The apparatus was tested with a variety of liquids, covering values of relative viscosities in the range of 1 to 800. A good linear correlation (r>0.999) was obtained with values reported in the literature, with a standard deviation of 0.1%.

Keywords: digital viscometer; Höppler.

INTRODUÇÃO

A determinação da viscosidade de um líquido pode ser realizada por métodos baseados na lei de Newton, ou por equações matemáticas dela derivadas. Exemplos de viscosímetros empregados comumente são o de MacMichael, de Ostwald, de escoamento em tubos capilares e o de Höppler.[1]

O viscosímetro digital aqui descrito se baseia no método de Höppler. A introdução de um sistema de aquisição de dados e de um processador acoplados à câmara de medição agiliza, através de um procedimento semi-automático, a rotina de medição de viscosidades relativas.

DESCRIÇÃO DO APARELHO

O viscosímetro digital, de dimensões aproximadas de 30 x 25 x 15 cm e pesando 2700 g, é constituído por três unidades: uma câmara de medição baseada no método de Höppler, uma unidade de sensores e circuitos eletrônicos associados e uma unidade microprocessadora que adquire dados, controla o processo físico-químico e realiza os cálculos de viscosidade.

A câmara de medição (Figura 1) é constituída por um tubo de vidro (F) de diâmetro aproximado de 10 mm e volume total de 55 ml, termostatizada através de uma camisa externa de água com paredes de vidro (G). Tal como no viscosímetro convencional de Höppler, câmara e tubo têm uma inclinação de 80° em relação à base horizontal. Um cilindro padronizado de teflon (B), com 9 mm de diâmetro e 12 mm de altura, de densidade conhecida, cai em movimento uniforme dentro do tubo (F) cheio com o líquido cuja viscosidade se quer medir.[1*] O tempo decorrido para a passagem do cilindro entre dois sensores (A) é medido e a viscosidade relativa é automaticamente calculada. O procedimento pode ser repetido de forma a se obter uma média de valores, pela simples inversão da câmara.

A dedução da equação empregada é realizada comumente em livros textos partindo-se da equação de Stokes para a queda de uma esfera em um meio líquido, em um movimento não-turbilhonar.

A resistência, devida à viscosidade, que atua sobre uma esfera de raio r que se desloca com velocidade constante v

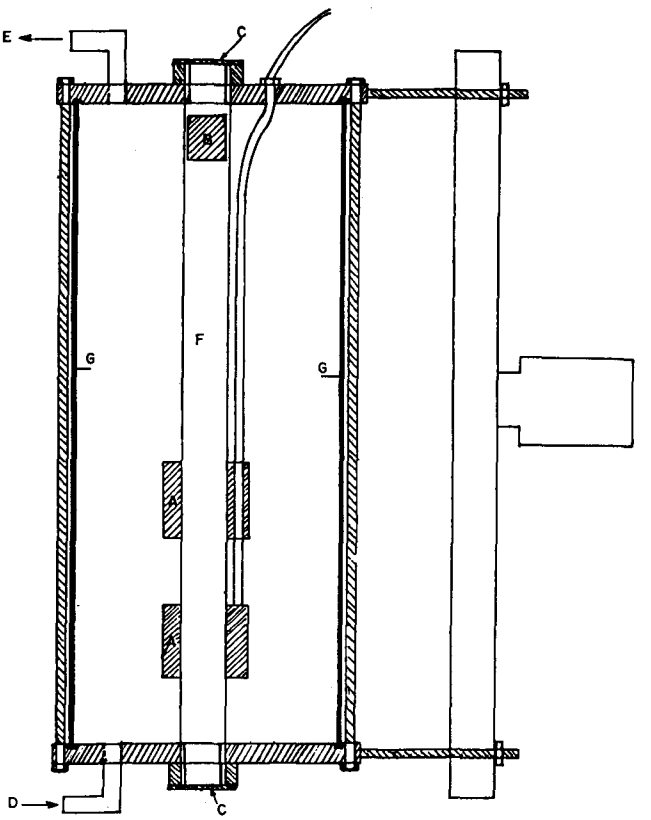

Figura 1. Corte frontal da câmara de medição do viscosímetro. A, sensores; B, cilindro; C, tampa rosqueada; D e E, entrada e saída de água; F, tubo de vidro interno; G, camisa externa.

em um meio líquido de viscosidade é dada pela lei de Stokes:

$$f = 6\pi\eta.r.v \quad (1)$$

Em um movimento de queda uniforme, esta resistência é igual à força gravitacional que atua sobre a esfera no líquido de densidade, dada por:

$$p = (4/3)\pi.r^3.(\rho-\rho_o).g \quad (2)$$

[1*] A utilização de um cilindro ao invés de uma esfera se deveu à maior facilidade de confecção de um corpo com aquele formato com dimensões precisas e reprodutíveis. Como se depreende do texto, esta opção não afeta a correção das medições.

onde g é a aceleração da gravidade e ρ é a densidade da esfera.

Assim, obtém-se

$$v = 2.r^2.(\rho-\rho_o).g/(9.\eta) \quad (3)$$

Se medirmos com precisão o tempo t gasto por um corpo padrão para percorrer uma distância d através do líquido, podemos obter o valor de η a partir da equação (4)

$$\eta = 2r^2.(\rho-\rho_o).g.t/(9.d) \quad (4)$$

A dedução acima pode ser estendida para corpos cilíndricos, tais como os empregados em nossa câmara de medições com os mesmos resultados, uma vez que o que se mede comumente é a viscosidade relativa do líquido em relação à água e portanto

$$\eta_{rel} = \eta/\eta_{água} = [(\rho-\rho_o).t] \ / \ [(\rho-\rho_{água}).t_{água}] \quad (5)$$

A equação (5) é a base da programação do microprocessador para o cálculo da viscosidade do líquido. Calibrando-se previamente o instrumento com água, o tempo $t_{água}$, e os valores de ρ e $\rho_{água}$ são incorporados e armazenados no software. Introduzindo-se via teclado a densidade do líquido à mesma temperatura, a determinação de η_{rel} é automática e depende da precisão com que t é medido. Esta precisão é garantida através de dois sensores óticos que registram a passagem do cilindro por dois pontos fixos do tubo.

A unidade de sensores (Figura 2) gera duas transições de nível lógico 1 (+ 5 V) para nível lógico 0 (0 V) no pino de interrupções /INT 1 do microprocessador 8031, obtidas pela passagem do cilindro no líquido viscoso. Estes dois sinais habilitam o microprocessador a medir o tempo de passagem do cilindro entre os dois pontos fixos do tubo para os cálculos da viscosidade do líquido.

O sistema de sensores (A) empregado é do tipo ótico, o qual utiliza chaves optoeletrônicas, $COPT_1$ e $COPT_2$, constituídas por um emissor de infravermelho e um fototransístor. Este último opera em condições de saturação ao receber em sua base a luz infravermelha do led emissor. Cada sensor é constituído por um bloco circular de acrílico, de 25 mm de diâmetro externo, 10mm de diâmetro interno e 10 mm de altura. As chaves optoeletrônicas são fixadas no interior de cada bloco. A proteção elétrica dos terminais é garantida por cola epoxi.

A passagem do cilindro pelo sistema sensor interrompe o feixe de luz infravermelha, fazendo a corrente do fototransístor cair a zero. Consequentemente a tensão no pino 3 do $IC1_a$ passa para + 13 V. Deste modo, o pino 7 do $IC1_c$ que estava em + 13 V, passa agora para 0 V. Em R10 tem-se uma queda de tensão de 8 V. O diodo D3 assegura os 5 volts exigidos pela CPU.

A unidade microprocessadora (Figura 3) foi desenvolvida a partir do microprocessador 8031 da INTEL. Este microprocessador é uma CPU de 8 bits que possui um oscilador interno de 8, 10 e 12 MHz. No mesmo invólucro, além do microprocessador, estão incorporados uma memória de dados interna de 128 kbytes, 32 linhas de I/O, dois timers/counters de 16 bits e cinco fontes de interrupção com dois níveis lógicos[2,3].

A comunicação entre o usuário e o microprocessador é realizada por meio de um teclado alfanumérico e por um display formado por seis dígitos de leds e três leds indicativos.

O acesso aos displays é feito como se eles fossem memórias externas de dados, do seguinte modo:

1. Habilita-se o decodificador 74LS138.
2. Escreve-se, via software, o endereçamento do display nos pinos P1.0, P1.1, e P1.2 da porta 1 da CPU (8031).
3. O endereço escrito na porta 1 será decodificado pelo 74LS138 que habilitará o display correspondente através da chave transistorizada.
4. Escreve-se, via software, o dígito na porta 0 e a CPU se encarregará de escrevê-lo no display correspondente (os leds indicativos também participam neste processo).

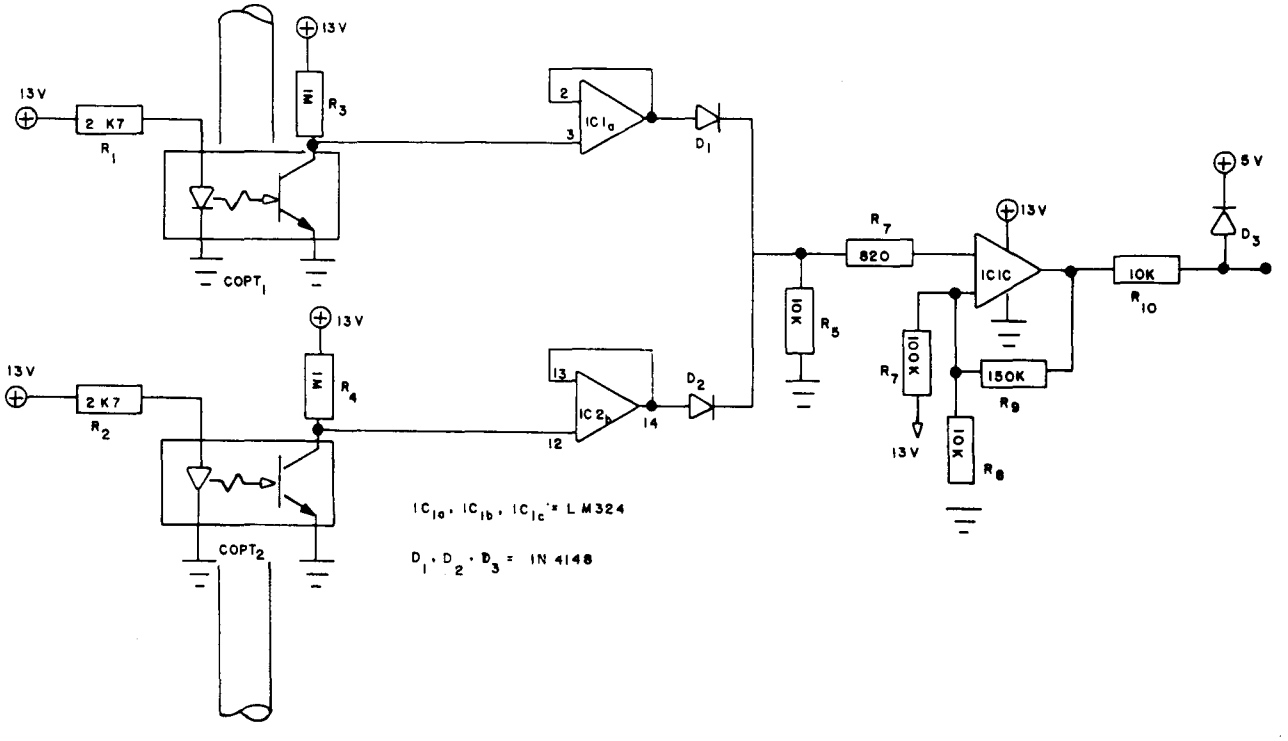

Figura 2. Diagrama eletrônico da unidade de sensores do viscosímetro digital.

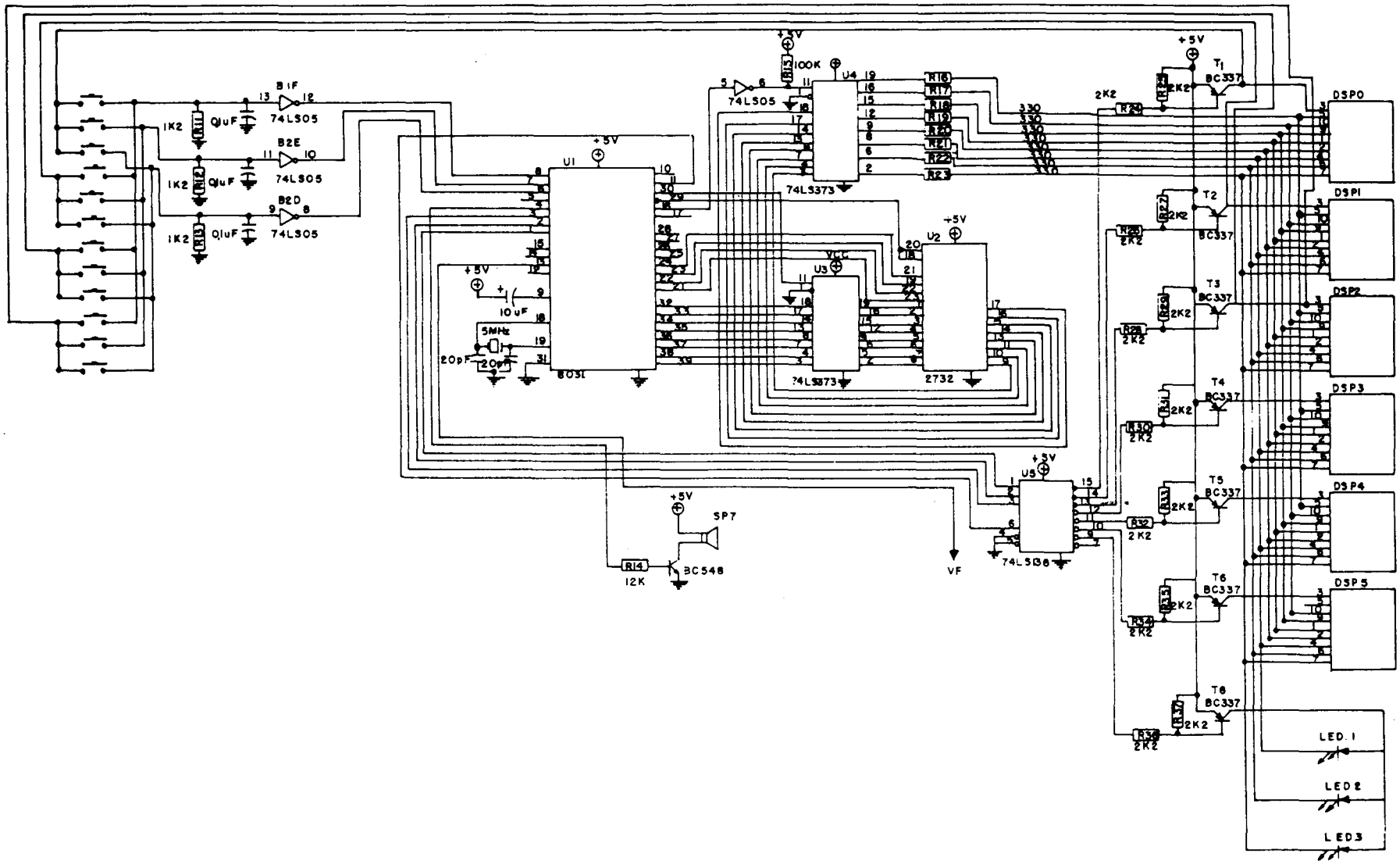

Figura 3. Diagrama eletrônico da unidade microprocessadora do viscosímetro digital.

5. Cada display será acessado num curto intervalo de tempo, dando a impressão de que todos estão ligados simultaneamente.
6. Qualquer dado necessário na programação é escrito na memória interna da CPU.

O viscosímetro utiliza uma memória externa EPROM-2732 de 4 kbytes na qual é programado o software do sistema. Em qualquer busca de programa na EPROM pela CPU, o microprocessador acessa a porta 0 e a porta 2, e como existe uma multiplexação de P0, coloca-se para o byte inferior uma latch 74LS373. Como a CPU é responsável por toda a multiplexação, ligam-se então os pinos de habilitação da saída da EPROM (/OE e /CE), no pino PSEN da CPU.

O reset do sistema foi obtido aterrando-se o pino 9 do 8031. O clock de processamento da CPU foi obtido com um cristal de 5 MHz. O beep foi obtido através da chave transistorizada T9 (Figura 3), via software, colocando-se nível 1 no pino P1.3 do 8031.

O teclado alfanumérico empregado no sistema é o mesmo usado em telefones. Este, além de possuir caracteres de base decimal, possui duas teclas de função (# e *) e que foram utilizadas para o ponto decimal e a tecla ENTER respectivamente. O teclado é acionado por um processo de varredura. Os resistores de 1K2 e os capacitores de 0.1 μF evitam problemas de ruídos no teclado.

As portas NOT (74LS05) fazem a inversão do sinal, porque no reset do 8031 aparece nível 1 nos registros da porta P1.0.

O software para controle e aquisição de dados do viscosímetro foi totalmente implementado em linguagem estruturada da INTEL, que requer conhecimentos de hardware, uma vez que é necessário programar portas, registros, etc. Para simplicidade do texto, os passos do programa foram omitidos. Os interessados poderão entretanto, através de contato com os autores, obter a EPROM 2732 já gravada.

As dimensões do tubo interno foram escolhidas para reduzir ao mínimo possível a quantidade de líquido necessária para realizar uma medida de viscosidade. É importante salientar que com estas dimensões é muito difícil encher o tubo com soluções de alta viscosidade (>700 cp). Nestes casos seria recomendável ter um tubo de maior diâmetro para facilitar o processo de enchimento.

A título de exemplo de medidas feitas em nosso aparelho, a Tabela 1 relaciona valores de viscosidade cinemática de alguns líquidos, comparando-os com valores retirados da literatura[4]. Os valores de viscosidade relativa relacionados se estendem por uma faixa de 1 a 800, medidos a 20°C. A correlação entre valores tabelados e nossos valores é muito boa, correspondendo à relação geral $\eta_{rel} = 1{,}0004\ \eta_{lit} - 0{,}002$, com um coeficiente de correlação superior a 0,999. O desvio padrão para este conjunto de dados foi de 0,002, o que fornece, para as viscosidades relativas na faixa de 1 a 4, um desvio médio de cerca de 0,1%.

Tabela 1. Viscosidade relativa de diversas soluções a 20°C. Comparação entre os valores obtidos utilizando-se o viscosímetro desenvolvido no projeto e valores da literatura.

Solvente	Viscosidade relativa	
	Valor da literatura[a]	Valor observado[b]
Água	1,000	1,000
Glicerol 1% p/p	1,020	1,019
4% p/p	1,098	1,098
10% p/p	1,288	1,283
20% p/p	1,734	1,738
40% p/p	3,646	3,652
60% p/p	10,660	10,640
80% p/p	40,490	40,520
96% p/p	778,900	779,200
Etanol	1,201	1,198
Ácido acético	1,221	1,224
Metanol	0,585	0,580
2-propanol	2,428	2,427
1-propanol	2,223	2,219

(a) Ver referência 4.
(b) Média de 3 valores com desvio padrão relativo inferior a 0,5%.

As medições acima demonstram a boa qualidade do protótipo desenvolvido. Tanto quanto é do nosso conhecimento, não existem ainda viscosímetros digitais fabricados no país, o que, aliado a demanda de análises de rotina atualmente existente, poderia representar uma interessante opção para o mercado de equipamentos analíticos.

AGRADECIMENTOS

Este protótipo foi desenvolvido com recursos oriundos do subprograma SINST do PADCT, processo CNPq 701041/89.7.

REFERÊNCIAS

1. Partington, J. R.; *An Advanced Treatise on Physical Chemistry*, Longman, London, 1955, vol. II, p. 70-89.
2. MCS-51 Data Sheets, Family User's Manual, INTEL Corp., 1984.
3. Microcontroller Applications Handbook, INTEL, 1982.
4. Handbook of Chemistry and Physics, 60th edition, CRC Press, 1980, F52-57.