

SISTEMA MICROCONTROLADO DE MONITORAMENTO DE TEMPERATURA E PRESSÃO ATMOSFÉRICA

Geovane José da Silva¹, Fernando Luis Guarnieri¹

¹UNIVAP, FEAU, Avenida Shishima Hifumi, 2911 - Bairro Urbanova - CEP 12244-000
geovanejsilva@uol.com.br, guarnieri@univap.br

Resumo – O artigo descreve um sistema que monitora a temperatura e pressão da atmosfera usando um sistema microcontrolado. O sensor de temperatura pode operar com valores de - 40°C à +125 °C e o sensor de pressão com valores de 15 hPa até 1150 hPa. O uso dos dados processados por este sistema pode ser utilizado em aeronaves de pequeno porte, uma vez que estes dois parâmetros são os mais importantes para determinar o desempenho da aeronave principalmente durante a decolagem e razão de subida. Este sistema também pode ser utilizado para monitoramento contínuo da evolução diária de temperatura e pressão atmosférica e com isso fazer previsões de mudanças significativas das condições atmosféricas.

Palavras-chave: sensores, eletrônica, meteorologia, temperatura e pressão.
Área do Conhecimento: III - Engenharias

Introdução

Uma vez que o desempenho de uma aeronave é função das características físicas da massa de ar através da qual a aeronave voa, é essencial conhecer as variações nestas características. Entretanto, condições padrão da massa de ar são estabelecidas para que dados de desempenho tenham significado quando usados com o propósito de comparação. No caso da pressão, os dados padrões permitem elaborar um instrumento para medição de altitude pressão.

A propriedade mais importante do ar, do ponto de vista aerodinâmico, é a densidade, que é definida como quociente da massa dividida pelo volume que ela ocupa. A densidade é diretamente proporcional à pressão e inversamente proporcional à temperatura absoluta (SAINTIVE, 1998).

Na troposfera (também conhecida como baixa atmosfera, que tem espessura média de 16500 metros no equador), à medida que subimos, a densidade vai decrescendo, apesar da redução da temperatura, uma vez que o efeito da pressão se torna dominante.

A atmosfera padrão é usada para calibração de altímetros e comparação do desempenho de diferentes aeronaves, sendo indispensável o conhecimento da pressão, da temperatura e, especialmente, da densidade do ar em diferentes altitudes. Como na atmosfera real estas grandezas sempre se modificam, emprega-se um modelo teórico como aproximação do que é esperado. Este modelo é conhecido como atmosfera padrão internacional (*International Standard Atmosphere – ISA*).

Na ISA, ao contrário da atmosfera real, a pressão, a temperatura e a densidade do ar variam de forma absolutamente regular, ou seja,

mantém um gradiente padrão. Para cada altitude, temos uma pressão correspondente, uma temperatura e uma densidade, independente da estação do ano, horário ou situação geográfica, como podem ser visto na Tabela 1. A temperatura cai cerca de 2°C a cada 1000 pés (300 m) até a tropopausa, e a pressão cai aproximadamente 1 hPa a cada 30 pés (9 m).

Tabela 1 – Atmosfera padrão

Altitude pés	Temp. °C	Densidade Kg/m ³	Pressão	
			in Hg	hPa
0	15	1,225	29,92	1.013,2
1.000	13,02	1,190	28,86	997,1
2.000	11,04	1,155	27,82	942,1
3.000	9,06	1,121	26,82	908,0
4.000	7,08	1,085	25,84	875,1
5.000	5,09	1,056	24,90	843,0
10.000	-4,81	0,905	20,58	696,8
15.000	-14,72	0,770	16,89	571,7
20.000	-24,62	0,653	13,75	465,6
25.000	-34,53	0,549	11,10	376,0
30.000	-44,43	0,458	8,89	300,9

FONTES: SAINTIVE, N. S., p. 27.

A técnica de altitude pressão é a base para os altímetros atuais. O instrumento somente fornece a leitura correta quando a pressão em uma determinada altitude é a mesma para um dia padrão. Na maioria dos casos, a altitude pressão não coincide com a altitude geopotencial ou altitude geométrica.

O altímetro apresenta a variação de pressão segundo a Figura 1. Se a pressão não varia conforme a atmosfera padrão (dia não padrão), a indicação do altímetro será errônea.

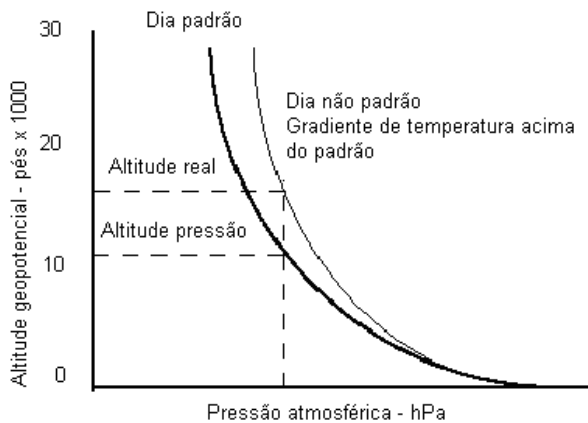


Figura 1 Variação da pressão com a altitude
FONTE: Adaptado de DIAS, D. P., 1999.

Existe, entretanto, um recurso denominado ajuste de altímetro, de modo que nas situações onde a altura real sobre o solo seja importante (aterrissagem, sobrevôo de obstáculos, etc.), o instrumento possa fornecer uma indicação mais fiel. Este ajuste é feito ao se saber a pressão ao nível do solo do aeródromo naquele momento.

Assim, pode-se ajustar o altímetro para que esta pressão corresponda à altitude real do aeródromo. No entanto, a partir de uma determinada altitude todos os altímetros de todas as aeronaves devem estar com o mesmo ajuste (1013,2 hPa), baseados na atmosfera padrão, para que as altitudes indicadas sejam relacionadas ao nível do mar.

O objetivo geral deste trabalho é implementar um sistema microcontrolado de medição de temperatura e pressão atmosféricas com medidas exibidas num *display* LCD, com uma saída de interconexão com um computador para monitoramento contínuo. Este sistema é para ser aplicado para uso aeronáutico e meteorológico.

Metodologia

O projeto consiste de um sistema de monitoramento de temperatura e pressão atmosférica utilizando o sensor de temperatura MCP9700 (MICROCHIP, 2008) da *Microchip Technology Inc.* e um sensor de pressão MPX 4115AP (MOTOROLA, 2008). Suas respectivas saídas são processados por um PIC 16F877A (MICROCHIP, 2008) da *Microchip Technology Inc.*, que mostra as informações de temperatura e pressão em um *display* LCD. Também é mostrado em um gráfico no computador a sua evolução diária para acompanhamento das mudanças significativas.

O uso deste sistema com indicação em LCD permite o uso como um equipamento portátil para uso em aeronaves de pequeno porte, visto que as mesmas operam principalmente em aeródromos

onde não há serviço de controle de tráfego aéreo e muito menos uma estação meteorológica. A interface gráfica com o computador pode ser usada para aeródromos particulares, para análise de mudanças significativas do tempo, como por exemplo a entrada de uma frente fria.

As informações de temperatura e pressão são as mais importantes porque influenciam na altitude pressão do local, afetando distância de decolagem e razão de subida da aeronave (SONNEMAKER, 1999). Este sistema pode ser aplicado como um altímetro digital.

O sensor de pressão MPX 4115AP utilizado possui compensação de temperatura através de um filme resistor e amplificação de sinal como pode ser visto na Figura 2. Este sensor de pressão é piezoresistivo e suas propriedades de resistividade mudam quando o meio é sujeito a tensões mecânicas.

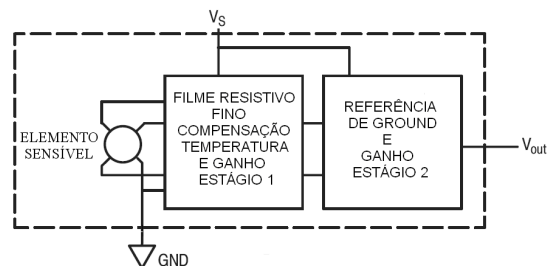


Figura 2 – Esquema do sensor de pressão integrado. FONTE: Adaptado de MOTOROLA, 2008.

Com a mudança da resistividade, a tensão de saída do sensor varia, sendo possível fazer as medidas. Este sensor de pressão opera em uma faixa linear de 15 KPa (1150 hPa) à 115 KPa (1150 hPa).

O circuito é bastante simples como pode ser observado no diagrama em blocos da Figura 3.

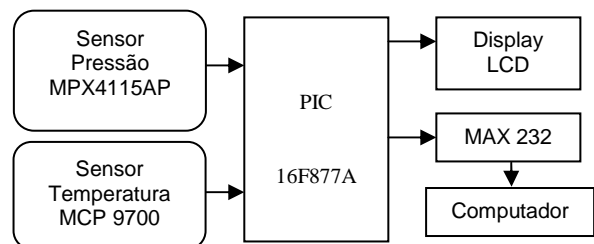


Figura 3 – Diagrama em blocos do circuito

A alimentação do circuito é de 5 V e para isso foi usado um regulador de tensão (BOYLESTAD E NASHELKY, 2004) a fim de eliminar efeitos no valor da pressão de saída do sensor de pressão, uma vez que a tensão de saída é em função da tensão de entrada. O sensor de temperatura utilizado é o MCP 9700 da *Microchip Technology*

Inc., que é um termistor construído com tecnologia SMD.

O circuito da Figura 4 tem como processador o microcontrolador PIC16F877A (MICROCHIP, 2008) da *Microchip Technology Inc.* que tem como oscilador um cristal de 4MHz com dois capacitores de 27pF. Um resistor de 10KΩ coloca o pino MCLR em nível alto (5V), neste estado o PIC funciona no modo rodar programa gravado (MARTINS, 2005).

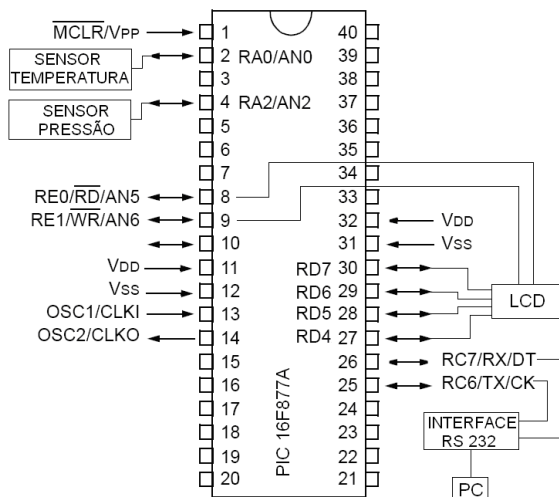


Figura 4 – Circuito mostrando a interface com o PIC 16F877A

O sensor de temperatura está conectado na entrada RA0 que está configurada como entrada analógica de 10 bits de resolução, a entrada analógica do PIC suporta sinais entre 0 a 5V. O sensor de pressão está conectado na entrada RA2 que também está configurado como entrada analógica de 10 bits de resolução. O circuito integrado MAX232 forma o conversor TTL/RS232 RS232/TTL que tem como função conectar-se a um aplicativo no microcomputador.

O programa inicialmente configura o funcionamento do PIC na seguinte seqüência:

- 1 - Configura a frequência de trabalho
- 2 - Configura o conversor analógico para trabalhar com 10 bits de resolução
- 3 - Chama o arquivo 16F877A da biblioteca.
- 4 - Chama e configura a função de comunicação RS232.
- 5 - Chama a função de controle do display LCD.

As funções são partes do programa principal que pode chamá-las quantas vezes for necessário. As funções são normalmente utilizadas quando uma parte do programa se repete com frequência, fazendo com que o programa fique menor, mais organizado e ágil. As funções desenvolvidas para a operação deste instrumento são:

Main () - Esta função é a função principal que faz a chamada para todas as funções e também é o programa principal. Dentro desta função existe um

bloco de comando que roda em *loop* infinito, conforme indicado do diagrama da Figura 5.

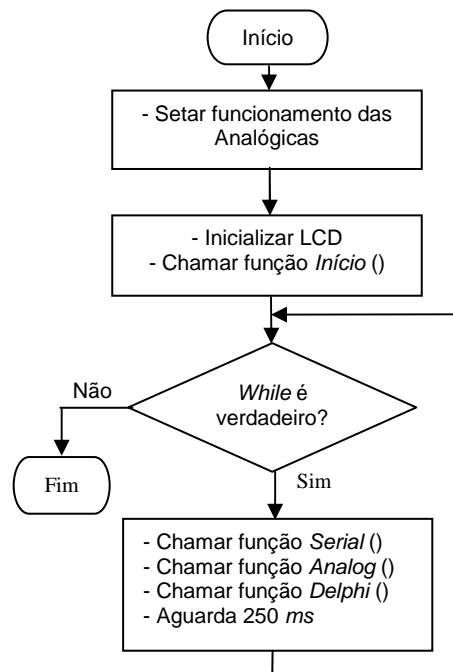


Figura 5 – Fluxograma da função *Main*

Início () - Esta função escrever no LCD o nome do projeto e inicializa algumas variáveis.

Serial () - Esta função monitora o canal serial para receber comandos vindos por ela.

Display () - Esta função tem a finalidade de tratar os dados que serão apresentados no LCD

Analog () - Esta função lê os dados dos canais analógicos e fazem os cálculos de interpolação para adequar os valores nas faixas de trabalho.

Delphi () - Esta função trata os dados que serão enviados via serial para o aplicativo do *Delphi*.

Resultados

O sensor de pressão e temperatura envia sinais para a entrada analógica do PIC que converte em sinal digital através do circuito interno AD e o software processa estes valores que são mostrados no *display* LCD a cada 250 ms, como pode ser visto na Figura 6.



Figura 6 – Tela do *display* LCD

A cada 24 horas também é salvo um arquivo tipo imagem e uma tabela em Excel para que seja analisado em um gráfico que pode ser manipulado a critério do usuário.

Durante o desenvolvimento do sistema foram feitas comparações de temperatura e pressão atmosférica coletadas a partir dos dados do aeroporto de São José dos Campos (REDEMET, 2008). Com as comparações realizadas foi necessário um fator de correção de 1,0375 para a pressão da atmosfera que já foram incorporadas no *software* do PIC.

No aplicativo *Delphi* também se dispõe de teclas para a calibração da pressão e temperatura. Isto é feito ajustando o valor do fator de correção para facilitar a calibração do sistema em um determinado período que ainda está sendo definido.

No dia 22 de Junho foram obtidos os resultados de pressão e temperatura mostrados nas Figuras 7 e 8, respectivamente. Estes dados foram coletados de meia noite ao meio dia e a temperatura apresentou pouca variação, pois o sistema estava montado em uma sala fechada.

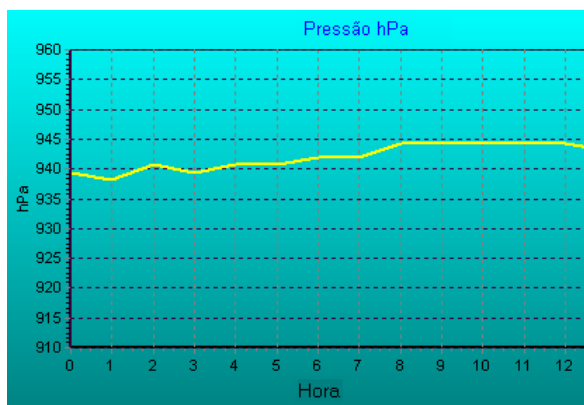


Figura 7 – Gráfico da variação da pressão atmosférica ao longo de 12 horas do dia 22 de Junho de 2008.

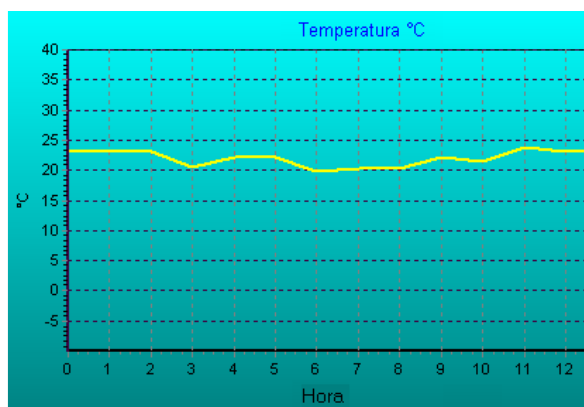


Figura 8 – Gráfico da variação da temperatura ao longo de 12 horas do dia 22 de Junho de 2008.

Conclusões

Foi construído um sistema para monitoramento de pressão e temperatura atmosférica tanto para

uso portátil quanto para uso contínuo quando conectado a um computador. O sistema tem apresentado bons resultados, conforme apresentado nos gráficos. No momento está sendo melhorada a estabilidade do sistema, uma vez que os valores de pressão e temperatura têm mostrado algumas oscilações estatísticas. Para isso, está sendo implementado um aumento na taxa de amostras e calculando a média de uma quantidade de amostras.

Este projeto pode ter aplicações tanto para uso aeronáutico, onde pode ser instalado em um aeroporto ou mesmo levado a bordo de uma aeronave, quanto o seu uso meteorológico e estudos atmosféricos, por possibilitar o monitoramento contínuo destas variáveis.

Referências

- BOYLESTAD, R. L. E NASHELKY, L. **Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos**. 8. ed. São Paulo: Ed. Pearson, 2004.
- DIAS, D. P. **Calibração Anemométrica Usando GPS Diferencial**. 1999. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Aeronáutica) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA, São José dos Campos, 1999.
- MARTINS, N. A. **Sistemas Microcontrolados**. São Paulo: Ed Novatec, 2005.
- MICROCHIP TECHNOLOGY INC. MCP 9700. Data Sheet. Disponível em: <http://www.microchip.com>. Acesso em: 27 mar. 2008.
- MICROCHIP TECHNOLOGY INC. PIC 16F87XA. Data Sheet. Disponível em: <http://www.microchip.com>. Acesso em: 27 mar. 2008.
- MOTOROLA Freescale Semiconductor Inc. MPX 4115A. Data Sheet. Disponível em: <http://www.freescale.com>. Acesso em: 27 mar. 2008.
- REDEMET Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica. Disponível em: <http://www.redemet.aer.mil.br>. Acesso em: 22 jun. 2008.
- SAINTIVE, N. S. **Teoria de Vôo e Introdução a Aerodinâmica**. 2. ed. São Paulo: Ed. ASA, 1998.
- SONNEMAKER, J. B. **Meteorologia**. 21. ed. São Paulo: Ed. ASA, 1999.