

**RAFAEL GUILHERME ROCHA E SILVA**

**SISTEMA MICROCONTROLADO PARA MONITORAMENTO DO NÍVEL  
D'ÁGUA EM NASCENTES E RIACHOS**

Monografia apresentada ao Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do curso de Ciência da Computação para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2007

**RAFAEL GUILHERME ROCHA E SILVA**

**SISTEMA MICROCONTROLADO PARA MONITORAMENTO DO NÍVEL  
D'ÁGUA EM NASCENTES E RIACHOS**

Monografia apresentada ao Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do curso de Ciência da Computação para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

Área de Concentração:

Automação, Sistemas Embarcados, Tecnologia de Microeletrônica.

Orientador:

Prof. Antônio Marciano da Silva

Co-Orientador:

Prof. Luciano Mendes dos Santos

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL

2007

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Silva, Rafael Guilherme Rocha e

Sistema Embarcado Aplicado ao Controle do Fluxo de Água em Nascentes /  
Rafael Guilherme Rocha e Silva. Lavras – Minas Gerais, 2007. 40p. : il.

Monografia de Graduação - Universidade Federal de Lavras. Departamento de  
Ciência da Computação.

1. Automação. 2. Sistemas Embarcados. 3. Tecnologia de Microeletrônica.  
I.SILVA, R.G.R. II. Universidade Federal de Lavras. III. Título.

**RAFAEL GUILHERME ROCHA E SILVA**

**SISTEMA MICROCONTROLADO PARA MONITORAMENTO DO NÍVEL  
D'ÁGUA EM NASCENTES E RIACHOS**

Monografia apresentada ao Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do curso de Ciência da Computação para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

Aprovada em 13/7/2007

---

Prof. Gilberto Coelho

---

Prof. Luiz Henrique Andrade Correia

---

Prof. Luciano Mendes dos Santos  
(Co-orientador)

---

Prof. Antônio Marciano da Silva  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2007

*Dedico aos meus Pais Tadeu e Assunção, as minhas irmãs Anna Flávia e Rosanna, e a  
Joelma.*

## **Agradecimentos**

*Deus, durante esta caminhada de conhecimento e maturidade, agradeço-lhe por ter me presenteado com pais maravilhosos que sempre estiveram ao meu lado. Obrigado pelas irmãs Anna Flávia, espelho de dedicação e vitória, e Rosanna, amor de minha vida.*

*E à Joelma, pelo amor, carinho e respeito. Sou grato, também, à vovó e madrinha Manuela, um exemplo de alegria, força e coragem. Ao meu avô, Zezeu, deixo aqui um saudoso abraço.*

# **SISTEMA MICROCONTROLADO PARA MONITORAMENTO DO NÍVEL D'ÁGUA EM NASCENTES E RIACHOS**

## **RESUMO**

Com o propósito de monitorar o fluxo de água em nascentes, foi desenvolvido um Sistema Embarcado. Este Sistema é capaz de medir a altura da lâmina de água, através de um sensor de pressão e armazenar as informações por meio de um microcontrolador. Estas informações poderão ser utilizadas por um especialista para calcular a vazão de uma nascente.

**Palavras-Chave:** Microeletrônica, Sistema Indireto de medição de vazão.

# **MICROCONTROLLED SYSTEM FOR MONITORING THE LEVEL OF WATER IN FOUNTAINHEADS AND STREAMS**

## **ABSTRACT**

With the intention to monitor the water flow in fountainheads, there has been developed an Embedded System capable to collect data proceeding from one fountainhead through a sensor, and to store these information through a microcontroller. These information can be used by a specialist to analyze and to study the characteristics of the fountainhead.

**Key-words:** Microeletronic, Monitor Fountainheads.

# SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	iii
LISTA DE TABELAS.....	iv
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Contextualização e Motivações.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Organização do Trabalho.....	2
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 A IMPORTÂNCIA DAS NASCENTES.....	3
2.2.SISTEMAS EMBARCADOS.....	4
2.3.MICROCONTROLADOR FAMÍLIA 8051.....	4
2.3.1. OS REGISTRADORES DE FUNÇÕES ESPECIAIS.....	6
2.4. PROTOCOLO I <sup>2</sup> C.....	7
2.4.1. TRANSFERÊNCIA DE BIT.....	7
2.4.2. CONDIÇÕES DE INÍCIO E FIM DA TRANSMISSÃO.....	7
2.4.3. RECONHECIMENTO DOS DADOS.....	8
2.5. RELÓGIO DE TEMPO REAL.....	9
2.6. CONVERSOR ANALÓGICO/DIGITAL.....	10
2.7. CARACTERÍSTICAS DO SENSOR DE PRESSÃO.....	11
2.8. VISOR LCD.....	12
2.9. COMUNICAÇÃO SERIAL.....	14
2.9.1. A PORTA SERIAL DO PC E O PROTOCOLO RS232.....	15
3 METODOLOGIA.....	17
3.1. TIPO DE PESQUISA.....	17
3.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
4.1. HARDWARE UTILIZADO.....	18
4.2. INTERFACE COM O USUÁRIO.....	20
4.3. RELÓGIO DE TEMPO REAL.....	21
4.3.1. ENDEREÇAMENTO RTC.....	21
4.3.2. REGISTRO DE CONTROLE/STATUS.....	21
4.3.3. ACESSO AOS REGISTRADORES.....	22
4.3.4. CONFIGURAÇÃO DO RELÓGIO.....	23
4.4. CÁLCULO DE TEMPO ENTRE AS MEDIÇÕES.....	24
4.5. FONTE TRANQUILIZADORA.....	24
4.6. CONVERSOR ANALÓGICO/DIGITAL.....	24
4.7. ENVIO DE DADOS.....	25
4.8. ECONOMIA DE ENERGIA.....	25
4.9. FLUXOGRAMA DO SISTEMA.....	26
7 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS.....	27
8 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO.....	28



# Lista de Figuras

	<b>Página</b>
Figura 2.1 – Microcontrolador 8051: Tipos de Encapsulamento.....	5
Figura 2.2 – Transferência de Bit.....	7
Figura 2.3 – Condições de Início e Término da comunicação.....	7
Figura 2.4 – Reconhecimento dos Dados.....	8
Figura 2.5 – Funções dos pinos - PCF 8583.....	9
Figura 2.6 – Funções dos pinos - PCF 8591.....	10
Figura 2.7 – Transdutor de Pressão MPX5010.....	11
Figura 2.8 – Visor LCD.....	13
Figura 2.9 – Encapsulamento do MAX 232.....	16
Figura 4.1 – Placa de Gravação.....	18
Figura 4.2 – Microcontrolador At89s8252.....	18
Figura 4.3 – RAM Externa.....	18
Figura 4.4 – Portas de Expansão.....	19
Figura 4.5 – Canal Serial.....	19
Figura 4.6 - Relógio de Tempo Real .....	19
Figura 4.7 – Conversor A/D.....	19
Figura 4.8 – Chave Seletora.....	19
Figura 4.9 – Endereçamento RTC.....	21
Figura 4.10 – Control/Status.....	21
Figura 4.11 – Registradores do RTC.....	22
Figura 4.12 – Formato das Horas.....	23
Figura 4.13 – Formato dos anos e dias.....	23
Figura 4.14 – Endereçamento Conversor A/D.....	24
Figura 4.15 – Fluxograma do Sistema.....	25

# Lista de Tabelas

	<b>Página</b>
Tabela 2.1 – Funções dos Pinos do PCF.....	9
Tabela 2.2 – Referência dos Pinos do A/D.....	10
Tabela 2.3 – Funções dos Pinos do LCD.....	13

# 1. INTRODUÇÃO

Apresenta-se neste primeiro capítulo, uma breve introdução do trabalho, juntamente com as motivações para a realização do mesmo, os objetivos e as justificativas.

## 1.1. Contextualização e Motivações

A água é um recurso natural mantenedor da vida saudável e do bem estar do homem. A exploração inadequada, desordenada dos recursos naturais e o uso indiscriminado de agrotóxicos, de fertilizantes, de corretivos e o desmatamento irracional, especialmente em áreas de recargas das nascentes, tem alterado significativamente a quantidade e qualidade do escoamento gerado pelas bacias hidrográficas. Este contexto sinaliza para a necessidade do monitoramento da capacidade de produção de água e sedimentos das bacias hidrográficas e sobre tudo em áreas de recarga.

Segundo Oliveira Junior (2005), a cobertura florestal, através da interceptação, influencia a redistribuição da água da chuva, em que as copas das árvores formam um sistema de amortecimento, direcionamento e retenção das gotas que chegam ao solo, afetando a dinâmica do escoamento superficial e o processo de infiltração. Desse modo, o abastecimento das águas é favorecido e a variação de vazão ao longo do ano, reduzida, além do retardamento dos picos de cheia. Alguns pesquisadores afirmam que a floresta nativa, entre os ecossistemas vegetais, atua no ciclo hidrológico de maneira mais significativa, pois proporciona melhores condições de infiltração da água da chuva.

O monitoramento das vazões das nascentes é de grande relevância, visto que, nos últimos anos a atividade antrópica tem provocado o rompimento do equilíbrio natural dos ecossistemas, provocando a diminuição da infiltração de água no solo, conseqüentemente diminuindo o processo de recarga dos aquíferos subterrâneos.

Com o advento da automação e a integração em larga escala de dispositivos eletrônicos, o controle e a instrumentação das etapas de um processo, passaram a ser realizados por sistemas embarcados, proporcionando melhores resultados na coleta de dados e informações. Sendo que a automação visa, principalmente, o aumento da produtividade, da qualidade e de segurança em um processo.

O processo de automação pode contribuir na área agrícola reduzindo custos na coleta de informações, possibilitando o monitoramento em tempo real de variáveis,

aumentando a coleta de informações, proporcionando uma maior quantidade de dados para estudo, aumento de produtividade, proteção do meio ambiente, ganho de tempo no processo final, pois não será necessário a presença constante do homem para coletar as informações.

## **1.2. Objetivos**

Neste trabalho levanta-se os aspectos necessários para subsidiar o conhecimento do regime de escoamento, através de um sistema embarcado, capaz de monitorar o fluxo de água em nascentes. O sistema proposto fará medições do nível de água por meio de um transdutor de pressão instalado em um poço tranquilizador, permitindo a coleta e o armazenamento contínuo de dados gerando assim um banco de dados para posterior estudo.

## **1.3. Organização do Trabalho**

O presente trabalho foi desenvolvido, para monitorar o fluxo de água em nascentes e está organizado em cinco capítulos:

- O Capítulo 2 são discutidos conceitos básicos dos dispositivos que foram utilizados para concepção do Sistema Embarcado, necessários ao entendimento deste trabalho;
- A metodologia utilizada para a concepção deste trabalho é mostrada no Capítulo 3;
- No Capítulo 4 são apresentados os resultados e discussões acerca do estudo realizado.
- Por fim, o Capítulo 5 aborda as conclusões e trabalhos futuros.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. A Importância das Nascentes**

Nascente é um ponto onde jorra água através da superfície do solo, é também conhecida por olho d'água, mina d'água, cabeceira e fonte.

Para entender de onde vem essa água, primeiro é preciso saber que a água que existe no planeta não aumenta nem diminui. Ela se movimenta em um ciclo, modificando seu estado. Este caminho percorrido pela água é chamado de ciclo hidrológico.

A água evaporada do solo, dos mares, lagos e rios e a água transpirada pelas plantas por ação do calor e do vento, se transforma em nuvens. Essas nuvens dão origem à precipitação, popularmente conhecida como chuva.

Uma parte dessa chuva infiltra no solo, outra escorre sobre a superfície do solo retornando para os lagos, rios e mares. A água da chuva que infiltra no solo abastece o lençol freático que se acumula em função de estar sobre uma camada impermeável.

As nascentes de encosta ocorrem devido à inclinação da camada impermeável ser menor que a da encosta, permitindo que em um determinado ponto ocorra o seu encontro, responsável pelo afloramento do lençol. Estas nascentes são conhecidas como pontuais, devido à ocorrência de um fluxo de água definido, em um único local do terreno (DAVID, 2002).

Em se tratando do monitoramento de vazões, principalmente no tocante a rios, ribeirões e demais cursos de água, o intervalo entre leituras não deve ser superior ao tempo de concentração da área de captação de água a montante do ponto de monitoramento. Entende-se por tempo de concentração, o tempo que uma gota proveniente de alguma forma de precipitação, leva para percorrer a maior distância entre o ponto de monitoramento e o divisor de águas da área de captação. Portanto, um sistema automático deve ser versátil o suficiente para permitir uma vasta gama de intervalos de tempo para coleta de informações. Tendo em vista esta perspectiva, os sistemas embarcados se tornam opções atrativas, pois são baratos e eficientes.

## 2.2. Sistemas Embarcados

Um sistema embarcado é uma aplicação que contém no mínimo um computador programável, tipicamente na forma de um microcontrolador, um microprocessador ou um processador de sinal digital.

Os sistemas embarcados vêm sendo amplamente utilizados e podem ser encontrados em várias aplicações como em veículos (computadores de bordo, sensores inteligentes de chuva, sensores para acender faróis, piloto automático), telefones móveis, aeronaves, dispositivos de segurança, aplicações domésticas (máquinas de lavar, aparelhos de televisão, vídeos) entre outros (PONT, 2002). Nesse trabalho utilizou-se o Microcontrolador 8051.

## 2.3. Microcontrolador Família 8051

A família 8051 é composta por uma grande quantidade de microcontroladores, vindos de diversas fábricas. Entretanto, todos eles mantêm compatibilidade com o núcleo básico e executam o mesmo conjunto de instruções, ou seja, são baseados em uma mesma arquitetura, apesar das diferentes características de cada um (ZELENOVSKY, 2005).

O 8051 é um dos mais populares microcontroladores, fato que possibilitou ter uma vasta família no mercado, sendo hoje produzido por mais de 30 fabricantes, com mais de 600 variações de chips.

Essas diferentes versões podem apresentar conversores Analógicos/Digitais (A/D), variação com relação à quantidade de memória (RAM/ROM internas), modulação PWM (*Pulse Width Modulation* – Modulação por Largura de Pulso) e memória Flash (que possibilita a programação mediante um sinal elétrico), comunicação SPI (*Serial Peripheral Interface*) que realiza a comunicação entre vários periféricos, I<sup>2</sup>C (*Inter-Integrated Circuit*) protocolo de comunicação criado pela Philips, Ethernet, CAN, memórias EEPROM que podem ser utilizadas pelo programa em tempo real, e clock de 2 a 100MHZ.

Hoje em dia, também encontra-se microcontroladores derivados da família 8051 que trabalham com 16 bits, com alta performance, sendo aplicados em processamento digital de sinais e controle de sistemas em tempo real.

Alguns dos microcontroladores de 16 bits possuem grande quantidade de memória, maior número de canais e conversores Analógico/Digitais, grande número de portas, alta

velocidade aritmética e lógica de operação, e um poderoso conjunto de instruções com capacidade de processamento de sinais.

Basicamente, o microcontrolador 80c51 (Tecnologia CMOS), fabricado pela Intel, é considerado o hardware básico da família de microcontroladores 8051. Porém, com o avanço tecnológico na elaboração de componentes semicondutores e a grande procura por esses componentes, existe hoje um número expressivo de fabricantes no mercado sendo a variedade de modelos apenas conseqüência da quantidade de fabricantes. Dentre eles temos: *Mitshubishi, Siemens, Philips, Intel, Toshiba, Atmel, National, Texas, Sharp* e outros, com mais de 600 variações da família básica.

A diversidade de produtos no mercado e a versatilidade dada ao projetista conhecedor dessa tecnologia, faz com que essa ferramenta seja de grande importância, e conhecê-la torna-se fundamental (NICOLASI, 2005).

A figura 2.1 mostra o encapsulamento do microcontrolador 8051. É de vital importância o estudo dos registradores do 8051, bem como suas funções, para melhor entendimento do projeto.

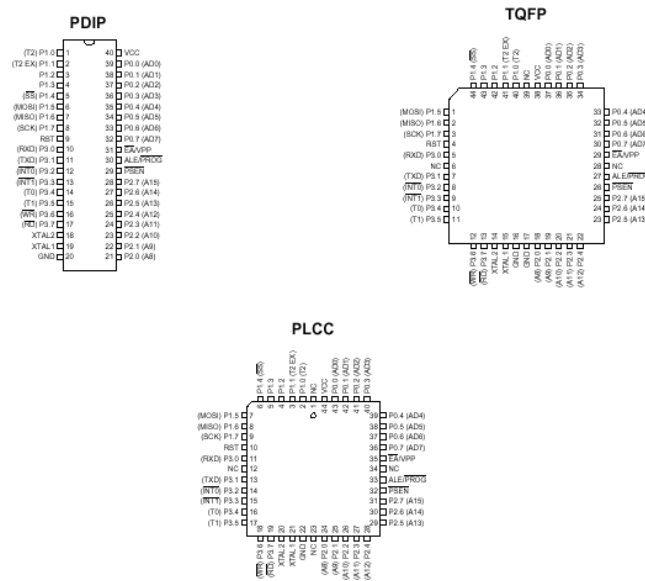


Figura 2.1 – Microcontrolador 8051 –Tipos de encapsulamento

Fonte: Denys, 2005

## 2.3.1. Os Registradores de Funções Especiais

Registradores são áreas de trabalho especiais dentro do microprocessador que são mais rápidas que operandos de memória.

Os registradores de funções especiais incluem posições de acesso às portas de E/S, registradores de interrupção, registradores da porta serial, temporizadores e registradores aritméticos. Os registradores do microcontrolador 8051 são descritos resumidamente a seguir:

P0, P1, P2 e P3 correspondem às posições de RAM contendo os dados das portas de E/S, os bits individuais são endereçados como P0.0, P0.1, etc;

TH1, TL1, TH0 e TL0 contêm os valores das contagens dos temporizadores/contadores 1 e 0, respectivamente;

TCON e TMOD são os registradores de controle e modo de operação dos temporizadores/contadores;

PCON permite adaptar o chip a uma situação na qual não há processamento, mas onde se quer manter os conteúdos das memórias internas (falha de alimentação, por exemplo);

SCON e SBUF permitem, respectivamente, programar a porta de comunicação serial e armazenar o dado recebido ou a ser transmitido;

IE e IP são registradores associados à gestão de interrupção (habilitação e prioridade) (ZELENOVSKY, 2005).

O protocolo I<sup>2</sup>C foi utilizado para fazer a comunicação entre os periféricos.



## 2.4. Protocolo I<sup>2</sup>C

O I<sup>2</sup>C é um protocolo de comunicação, usado para comunicação bidirecional em duas linhas, ou vias de comunicação entre diferentes módulos. As duas linhas são, uma linha serial de dados (SDA) e uma linha serial de relógio (SCL). As duas linhas devem ser conectadas a uma fonte positiva, via um resistor pull-up. A transferência de dados pode ser iniciada somente quando o canal não está ocupado (Manual PHILIPS,1998)..

Com o canal livre podemos realizar a transferência de bits entre transmissor e receptor.

### 2.4.1. Transferência de Bit

Um bit é transferido durante cada pulso do relógio. O dado na linha SDA deve permanecer estável durante o período ELEVADO do pulso do relógio, enquanto as mudanças na linha dos dados, por sua vez, serão interpretadas como um sinal de controle (Manual PHILIPS,1998).

O protocolo de início e término da transmissão de bits é utilizado para fazermos o controle do fluxo dos dados nas linhas de transmissão.

A figura 2.2 mostra o funcionamento do protocolo para transferência de bits.

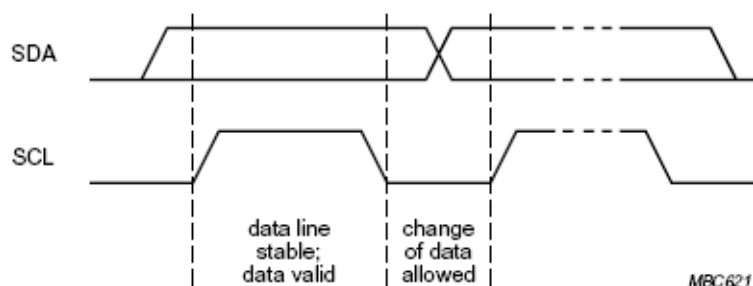


Figura 2.2 – Transferência de Bit

Fonte: Datasheet Philips

## 2.4.2. Condições de Início e Fim da Transmissão

Tanto o dado como as linhas do relógio permanecem ATIVAS quando o canal não está ocupado. Uma transição ELEVADA - para - BAIXA da linha do dado (SDA) enquanto o relógio está ELEVADO é definida como condição inicial (ou *start*). Uma transição BAIXA para ELEVADA da linha do dado, enquanto o relógio está ELEVADO é definida como condição final (ou *stop*) (Manual PHILIPS,1998). A figura 2.3 mostra as condições de Início e Término da comunicação.

Para finalizarmos o protocolo I<sup>2</sup>C apresentaremos o reconhecimento dos dados enviados ou recebidos.

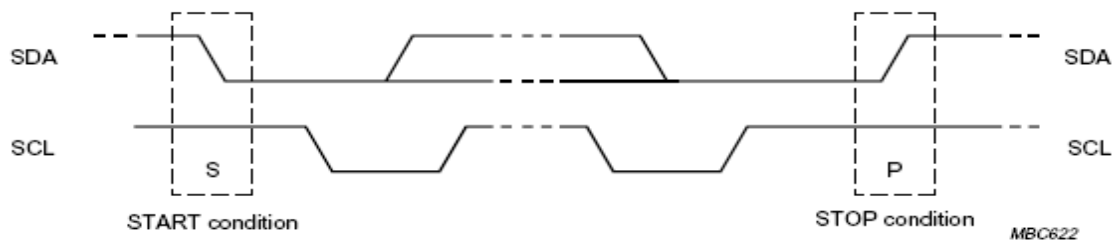


Figura 2.3 – Condições de Início e Término da comunicação.

Fonte: Datasheet Philips

### 2.4.3. Reconhecimento dos Dados

O número de bytes de dados transferidos entre as condições iniciais e finais do transmissor ao receptor é ilimitado. Cada byte é seguido por um bit de reconhecimento. O bit de reconhecimento é um sinal de nível ELEVADO colocado no canal por um transmissor durante o tempo que o transmissor gera um reconhecimento extra relacionado ao relógio de pulso. Um receptor escravo ou *slave* que é endereçado deve gerar um reconhecimento após a recepção de cada byte, que foi cronometrado para fora do transmissor escravo ou *slave*.

O dispositivo que recebe o reconhecimento deve colocar em nível BAIXA a linha SDA durante o reconhecimento do pulso do relógio para que a linha SDA fique estabilizada em BAIXA durante o período do reconhecimento do pulso do relógio relacionado. As linhas do relógio permanecem ELEVADAS quando o canal não está ocupado (Manual PHILIPS, 1998).

A figura 2.4, mostra a configuração das linhas para o tratamento do reconhecimento dos dados.

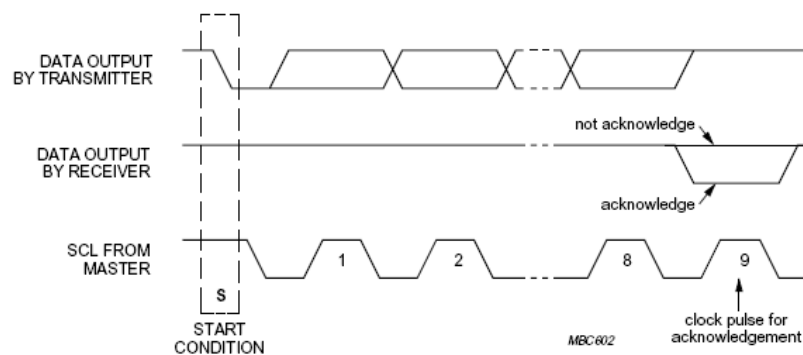


Figura 2.4 – Reconhecimento dos Dados

Fonte: Datasheet Philips

O protocolo apresentado será utilizado tanto no Relógio de Tempo Real, como no Conversor Analógico/Digital.

## 2.5. Relógio de Tempo Real

O PCF8583 é um circuito relógio/calendário com RAM estática CMOS de 2048 bits, organizado em 256 palavras de 8 bits. Os Endereços e os dados são transmitidos serialmente via protocolo I<sup>2</sup>C bidirecional de duas linhas. O registro de endereço interno é incrementado automaticamente após cada byte de dados de escrita ou leitura. O endereço pin A0 é usado para programar o endereço de hardware, permitindo a conexão de dois dispositivos ao canal sem hardware adicional.

O circuito interno do oscilador de 32.768 kHz e os primeiros 8 bytes da RAM são usados para o relógio/calendário e para as funções do contador. Os próximos 8 bytes podem ser programados como registradores de alarme ou usados como espaço livre na RAM. Os 240 bytes restantes são locais livres da RAM (Manual Philips,1998). A figura 2.5, mostra o encapsulamento do PCF 8583 e a tabela 2.1, mostra o significado de cada pino.

Tabela 2.1 – Funções dos pinos - PCF 8583

SYMBOL	PIN	DESCRIPTION
OSCI	1	oscillator input, 50 Hz or event-pulse input
OSCO	2	oscillator output
A0	3	address input
V <sub>SS</sub>	4	negative supply
SDA	5	serial data line
SCL	6	serial clock line
INT	7	open drain interrupt output (active LOW)
V <sub>DD</sub>	8	positive supply

Fonte: Datasheet Philips

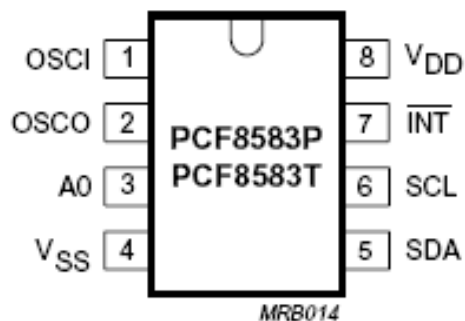


Figura 2.5 – Funções dos pinos - PCF 8583

Fonte: Datasheet Philips

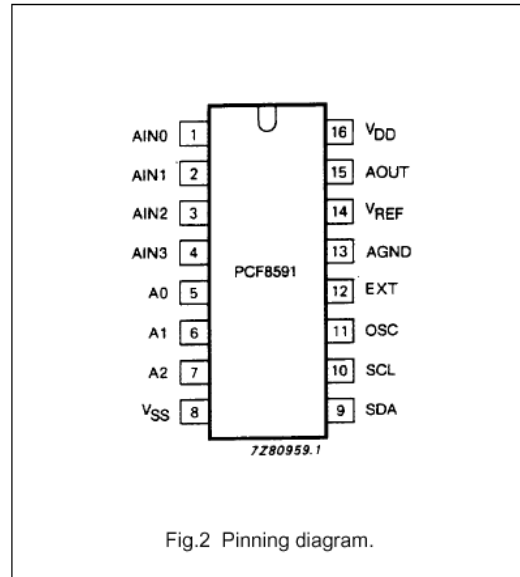
O Conversor Analógico/Digital também faz o uso do protocolo I<sup>2</sup>C.

## 2.6. Conversor Analógico/Digital

Segundo Philips (1998), Basicamente, tanto o A/D quanto o D/A estão no mesmo Circuito Integrado da Philips denominado PCF8591, apresenta-se na figura 2.6, seus pinos e na tabela 2.2 a referência dos pinos:

Tabela 2.2 – Funções dos pinos - PCF 8591

SYMBOL	PIN	DESCRIPTION
AIN0	1	analog inputs (A/D converter)
AIN1	2	
AIN2	3	
AIN3	4	
A0	5	hardware address
A1	6	
A2	7	
V <sub>SS</sub>	8	negative supply voltage
SDA	9	I <sup>2</sup> C-bus data input/output
SCL	10	I <sup>2</sup> C-bus clock input
OSC	11	oscillator input/output
EXT	12	external/internal switch for oscillator input
AGND	13	analog ground
V <sub>REF</sub>	14	voltage reference input
AOUT	15	analog output (D/A converter)
V <sub>DD</sub>	16	positive supply voltage



Fonte: Datasheetl Motorola, 1997

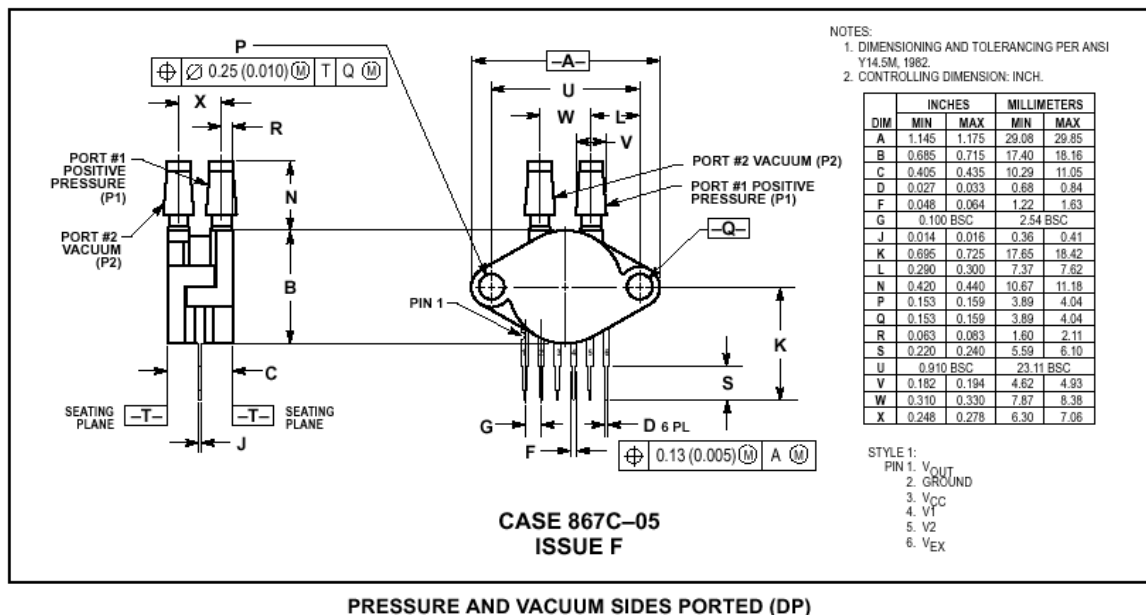
Figura 2.6 – Funções dos pinos - PCF 8591  
Fonte: Datasheet Motorola 1997

O PCF8591 possui quatro canais de conversores A/D (pinos 1, 2, 3 e 4) e um conversor D/A (pino 15). Para sua configuração, faz-se necessária a escolha de uma tensão de referência para o componente (pino 14), a origem do clock (interno ou externo – pino 11) e o seu endereço (pinos 5, 6 e 7).

O conversor A/D foi utilizado para converter o valor de tensão de um sensor de pressão.

## 2.7. Características do Sensor de Pressão

O transdutor da série MPX 5010 é o estado da arte em sensores de pressão de silicone projetado para uma vasta escala de aplicações, mas particularmente para ser empregado com microcontroladores e microprocessadores com entradas analógico/digital. Sua patente combina um transdutor simples com avançadas técnicas de micro-engenharia, utilizando um fino filme metalizado e um processamento bipolar, para oferecer um alto nível de precisão (Manual MOTOROLA, 2002). Na figura 2.7, apresentamos o Transdutor de pressão.



PRESSURE AND VACUUM SIDES PORTED (DP)

Figura 2.7 – Transdutor de Pressão MPX5010

Fonte: Datasheet Motorola, 1998.

Para que o usuário possa ver a leitura dos dados foi utilizado um visor LCD.

## 2.8. Visor LCD

Um dispositivo muito útil para os microcontroladores é o mostrador, usualmente designado com o termo display.

Os mostradores LCD são versáteis, de fácil leitura, apresentam custo razoável e oferecem um baixo consumo. No passado, o uso de tais mostradores não era tão grande devido à complexidade dos sinais de controle que deveriam ser gerados. Mais recentemente, com o advento da família de controladores LCD da Hitachi (HD44780), houve uma grande difusão desses dispositivos, gerando um padrão largamente aceito. Hoje temos mostradores LCD alfanuméricos onde o usuário pode trabalhar com números e letras, e os mostradores LCD gráficos, que disponibilizam uma matriz de pontos que podem ser acessos ou apagados. Com o crescimento do mercado de celulares, os mostradores LCD gráficos estão ficando baratos e, em breve, poderemos cogitar a possibilidade de adicionarmos mostradores coloridos (ZELENOVSKY, 2005).

Um display é um “periférico inteligente”, que tem outro microprocessador dentro dele e que “fala” com o mundo externo em 8 bits (tem alguns de 4 bits). Ele tem um pino intitulado “RS” para dizer se o que estamos apresentando para o display é um “dado” ou uma “instrução de programação”. Temos sempre que iniciar o display “programando-o”, isto é, fazendo com que ele “entenda” o que vai receber em seguida à sua ligação e como vai apresentar no seu visor (que ocorre em seguida à programação realizada) os dados de escrita.

Todos os LCDs têm um pino para sinalizar que a informação que apresentamos na sua entrada está disponível e estável e que ele pode “ler” a informação. O pino é chamado de “E”, ou Enable. Todos os LCDs têm outro pino, de ajuste, de contraste de visão, realizável por um potenciômetro.

Com o pino intitulado “R/W” é possível ler os registradores internos ao display.

Os outros pinos restantes são exatamente a via de 8 bits (alguns são de 4 bits) que ele tem para se comunicar com o meio externo, recebendo por meio deles “dados” ou “instruções” (NICOLSI, 2005).

Além da visualização no Visor Lcd, os dados também serão descarregados no computador via comunicação serial.



Figura 2.8 – Visor LCD

Fonte: Microgenios

Tabela 2.3 – Funções dos Pinos do LCD

Pino	Nome	Função
1	GND	Alimentação (terra)
2	VCC	Alimentação ( + 5V)
3	V0	Tensão de ajuste do contraste
4	RS	1 = Dado 0 =Instrução
5	R/W	1 = Leitura 0 = Escrita
6	CS	Chip Select ; sinal Enable
7	D0	Barramento de Dados
8	D1	
9	D2	
10	D3	
11	D4	
12	D5	
13	D6	
14	D7	

Fonte: Denys, 2005



## 2.9. Comunicação Serial

A necessidade de comunicação é uma constante nos sistemas de controle. Normalmente, precisamos comunicar-nos com os sistemas projetados para obter valores das diversas variáveis de controle e também para enviar parâmetros de configuração. Um meio de comunicação ainda muito empregado é a comunicação serial. Ela é interessante pela simplicidade do protocolo e do cabo de conexão. Na forma mais simples bastam três fios: um para transmissão, outro para recepção e o último ligado ao terra para fornecer a referência de tensão. Devemos comparar esse cabo com o cabo usado numa comunicação paralela, por exemplo, que faz uso de pelo menos dez condutores. Especialmente quando se trabalha com grandes distâncias, o cabo serial oferece uma boa economia. O preço pago por essa simplicidade é a velocidade, pois, a grosso modo, a comunicação serial é mais lenta que a paralela. Isso é indutivo: é mais rápido enviar 8 bits de uma só vez, por 8 caminhos independentes, que enviar 8 bits seqüencialmente através de um único caminho. Entretanto, com a evolução da tecnologia, estão surgindo canais seriais extremamente rápidos, que conseguem conciliar a simplicidade do cabo com a velocidade. O melhor exemplo é o canal USB, mas que faz uso de um protocolo sofisticado.

Um conceito fundamental em comunicação serial é a distinção entre comunicação síncrona e comunicação assíncrona. Na comunicação síncrona, como o nome indica, existe um sinal que marca o instante em que cada bit é disponibilizado no canal serial. Esse sinal recebe o nome de relógio (clock). O cabo necessário é bem simples e faz uso de três fios: um para o canal de dados, outro para o relógio e o terceiro (terra) para a referência das tensões. Normalmente, os canais são bidirecionais, sendo o transmissor responsável por gerar os dados seriais e o relógio.

Já na comunicação serial assíncrona, não existe o relógio para validar os bits de dados. Na sua forma mais simples, são necessários apenas três condutores: um para transmissão, outro para recepção e um terceiro para ser a referência de terra. Como não existe relógio, é necessário que, antes de iniciar a comunicação, se saiba quantos bits serão transmitidos por segundo, pois isto define a janela de tempo na qual o transmissor envia e recebe cada bit. Também conhecido como *baud rate*.

A família 8051 oferece uma porta serial que pode trabalhar de forma síncrona ou assíncrona em full-duplex. A recepção é feita pelo pino P3.0 (RXD) e a transmissão pelo pino3.1(TXD). Toda vez que o circuito serial recebe um byte, ele o apresenta no

registrador SBUF e, por sua vez, todo byte escrito no SBUF é imediatamente transmitido. Existem na realidade dois registradores SBUF, um que funciona apenas para leitura e armazena o byte recebido e outro registrador SBUF, que só funciona para escrita e recepção do byte a ser transmitido.

A construção de uma porta serial é muito simples, envolvendo um relógio e um registrador de deslocamento. A cada pulso do relógio, o registrador de deslocamento recebe um bit ou transmite um bit. A presença do registrador SBUF permite que o registrador de deslocamento inicie a recepção do próximo byte mesmo que o anterior ainda não tenha sido lido (ZELENOVSKY, 2005).

## 2.9.1. A Porta Serial do PC e o Protocolo RS232

Devido ao seu grande uso, é interessante fazermos um estudo da porta serial disponível nos computadores da linha PC, que emprega o protocolo RS 232. Esse protocolo é assíncrono, *full-duplex* e especifica dois níveis de tensão para representar os bits 0 e 1. O bit 0 é representado por um nível de tensão de +12V e o bit 1 é representado usando um nível de tensão de -12V. É interessante fazer uma comparação com os níveis TTL, que usam +5V e 0V para codificar respectivamente os bits 1 e 0. Para permitir flexibilidade e tolerar perdas no cabo, a interpretação dos níveis de tensão no cabo não é rígida e existe uma grande tolerância.

Assim, fica claro que, para trabalhar com TTL e RS 232, é necessário converter níveis de tensão. Esse trabalho de conversão é feito por um circuito denominado *driver* RS 232. O trabalho inverso é feito pelo denominado *receiver* RS 232.

A evolução da eletrônica e da capacidade de integração permitiu o surgimento de circuitos denominados conversores CC-CC, que são capazes de gerar +12V e -12V usando exclusivamente a fonte de +5V. O mais comum é o MAX 232, da Maxim, que num único Circuito Integrado alimentado por +5V e já traz os *drivers* e *receivers*.

O protocolo RS 232 é orientado a bytes e os bits de cada byte são transmitidos seqüencialmente. A ordem de envio é do bit menos significativo (bit 0) para o bit mais significativo (bit 7). Obrigatoriamente, o início da transmissão de um byte é marcado por um bit de partida ou *start* bit. Logo após a esse bit de partida, seguem-se os bits de dados e, obrigatoriamente, ao final existe um bit de parada ou *stop* bit. É opcional o envio do bit de

paridade entre o ultimo bit de dado (mais significativo) e o bit de parada (ZELENOVSKY, 2005). A figura 2.9, mostra o conversor MAX 232.

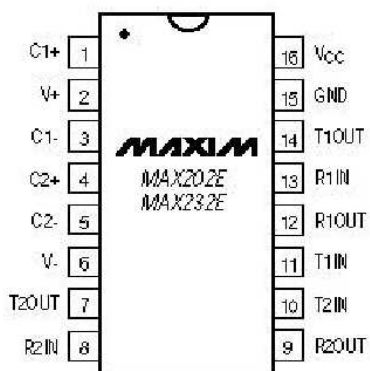


Figura 2.9 – Encapsulamento do MAX232

Fonte: Denys, 2005

## **3. METODOLOGIA**

### **3.1. Tipo de Pesquisa**

Segundo Jung (2004), uma pesquisa que utiliza conhecimentos básicos, tecnologias existentes, conhecimentos tecnológicos e que tenha como objetivo um novo produto o processo é caracterizado como tecnológica. Além destes objetivos, existe também o conhecimento gerado que é resultante do processo de aplicação da pesquisa. Esta forma de pesquisa é complexa porque exige, além do resultado prático final (protótipo), exige uma série de estudos e experimentos básicos, secundários, oriundos das dificuldades e limitações ocasionadas por inúmeras variáveis decorrentes do próprio processo de pesquisa. A partir destas definições pode-se classificar este trabalho como sendo de pesquisa Tecnológica.

### **3.2. Procedimentos Metodológicos**

Com o objetivo de conseguir dados para o estudo, reduzir o gasto com deslocamento de pessoal para medir o nível de água em nascentes, evitar o acesso contínuo a áreas de difícil acesso, foi construído um Sistema Embarcado Microcontrolado.

A pesquisa foi realizada no período de abril de 2006 à julho de 2007.

Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o Microcontrolador 8051 e linguagem de programação C.

Foram consultados livros e manuais disponibilizados na Internet e na Literatura em modo geral.

Foi desenvolvido um programa em C, capaz de gerir e controlar todos os dispositivos que fazem leitura, envio e tratamento dos Dados, utilizando uma placa de hardware, desenvolvida pela Microgênios, para fazer os testes de laboratório.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo apresenta-se a construção do hardware, bem como a descrição de implementação de cada recurso utilizado.

### 4.1. Hardware Utilizado

Para desenvolvimento do Sistema Embarcado, utilizou-se uma placa confeccionada pela empresa Microgênios. A mesma reúne uma série de componentes descritos abaixo:

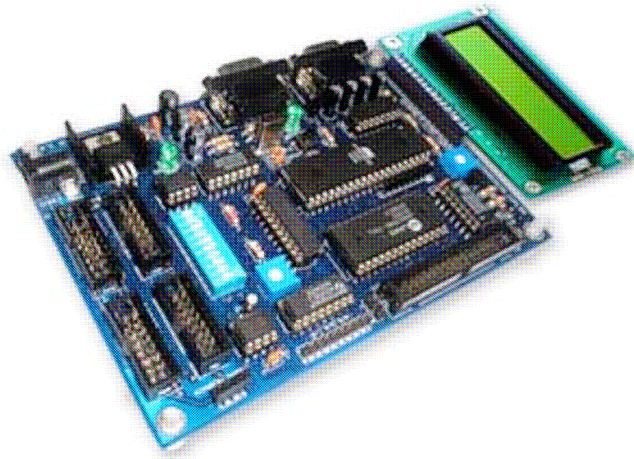


Figura 4.1 – Placa de Gravação

Fonte: Manual Microgenios

A figura 4.2 mostra o microcontrolador At89s8252 da Atmel (100% compatível com a família 8051) grava e executa programas com os microcontroladores at89s51, at89s52, at89s53, at89s8252.



Figura 4.2 – Microcontrolador At89s8252

Fonte: Manual Microgenios

A figura 4.3 mostra a memória RAM externa HM62256, de 32 Kbytes.



Figura 4.3 – RAM Externa

Fonte: Manual Microgenios

A figura 4.4 mostra as 4 Portas de expansão (P0 a P3), as quais permitem que se conecte outros periféricos ao kit sem necessidade de solda, pois utilizam conector Header de 14 pinos. Permite expansão para teclado, leds, motor de passo, sensores, etc.



Figura 4.4 – Portas de Expansão

Fonte: Manual Microgenios

A figura 4.5 mostra o Canal de comunicação serial UART (full duplex) com conversor RS232 integrado, ideal para fazer comunicação através do protocolo 232 com um Computador.

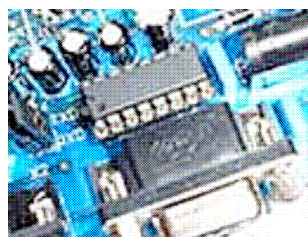


Figura 4.5 – Canal Serial

Fonte: Manual Microgenios

A Figura 4.6 mostra o Relógio de Tempo Real (RTC) PC permitindo contagens precisas de tempo. Ideal para controle de tempos longos, como hora, dia, mês e ano, possibilitando a programação de alarmes temporizados.



Figura 4.6 – Relógio de Tempo Real

Fonte: Manual Microgenios

A figura 4.7 mostra o conversor A/D e D/A PCF8591, cujas características são: 4 canais A/D e 1 D/A de 8 bits, programável via barramento I<sup>2</sup>C, com opção de teste através de trimpot. Possui conector de expansão, que permite acesso aos pinos de entrada, saída e referencia de tensão.



Figura 4.7 – Conversor A/D

Fonte: Manual Microgenios

A figura 4.8 mostra a chave seletora de funções, permitindo ativar e desativar o barramento I<sup>2</sup>C, Backlight do LCD, Canal Serial, Referencia do A/D.



Figura 4.8 – Chave seletora

Fonte: Manual Microgenios

Para fazer com que o usuário possa interagir com o Sistema, foi criada uma interface via Visor LCD.

## 4.2. Interface com o Usuário

O Sistema Embarcado utiliza-se de uma interface LCD, para comunicar-se com o usuário. É através dela que o usuário configura as horas e visualiza se os dados foram enviados corretamente.

Para isso foi desenvolvida uma rotina para configurar o LCD e enviar os dados do microcontrolador para o Display.

O Display, primeiramente deve ser configurado, com isso passamos os valores em Hexadecimal para habilitar as configurações.

Os seguintes valores correspondem às instruções:

0x00 -> Controle do display.

0x01 -> Limpeza do display com retorno do cursor.

0x06 -> Sentido de deslocamento do cursor na entrada de um novo caracter.

0x38 -> Configura o tipo de matriz e quantidade de linhas do display

O Microcontrolador utiliza um endereçamento interno para transmitir os dados para o display, ou seja, precisamos passar somente o valor que desejamos e a mensagem. A mensagem deve conter apenas strings.

Após, configurada a interface, apresenta-se o funcionamento do Relógio de Tempo Real.



## 4.3. Relógio de Tempo Real

Nesse capítulo mostraremos como foi utilizado o RTC.

### 4.3.1. Endereçamento RTC

O endereço do relógio calendário escravo é mostrado na figura 4.9 abaixo. O Bit A0 corresponde ao endereço de hardware pino A0. Conectando esse pino ao VDD ou VSS permite ao dispositivo ter um ou dois endereços diferentes. Devemos configurar o modo de atuação do RTC, através do Registro de Controle e Status.

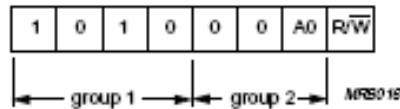


Figura 4.9 – Endereçamento RTC

Fonte: Datasheet Philips

### 4.3.2. Registro de Controle/Status

O registro de controle/status é definido como o local da memória com acesso livre para leitura e gravação via o I2C-bus. Todas as funções e opções são controladas pelos índices do registro de controle/status. A figura 4.10 mostra como configurar o registrador de Controle e status. Após configuração básica, devemos fazer o acesso aos registradores onde as horas e as datas são armazenadas.

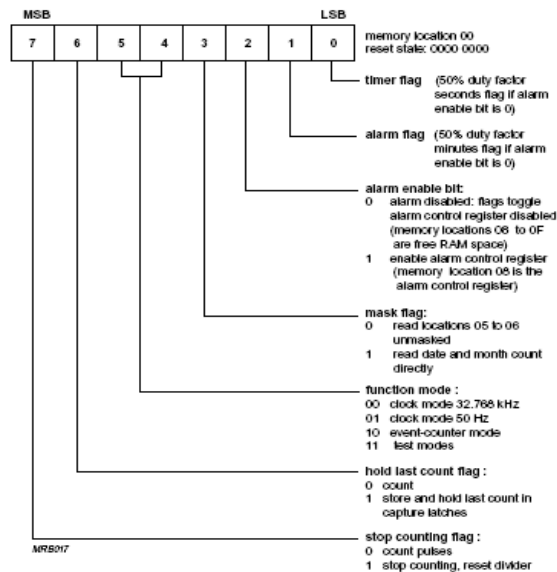


Figura 4.10 – Control/Status

Fonte: Datasheet Philips

### 4.3.3. Acesso aos Registradores

Os dados são guardados nos registradores em formato binário, podendo escritos e lidos de forma direta, acessando os registradores. Deve-se seguir o procedimento de configuração das horas para que possamos guardá-las em seu formato correto dentro dos registradores.

Para configurar as horas precisamos acessar os registradores, da figura 4.11 abaixo.

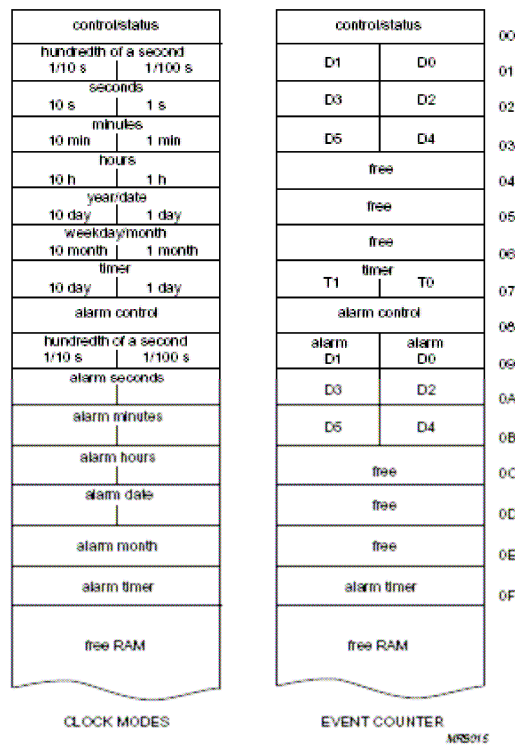


Figura 4.11 – Registradores do RTC

Fonte: Datasheet Philips

### 4.3.4. Configuração do Relógio

Para ler ou escrever a hora e o ano deve-se seguir o seguinte formato. Com isso utiliza-se de uma mascara para ler os dados, através de um E lógico selecionando a parte menos significativa da mais significativa. As figuras 4.12 e 4.13 mostram o formato em que às horas, anos e dias são guardados no registrador do Relógio de Tempo Real. Configurando as horas podemos obter o cálculo entre os intervalos de duas medições.

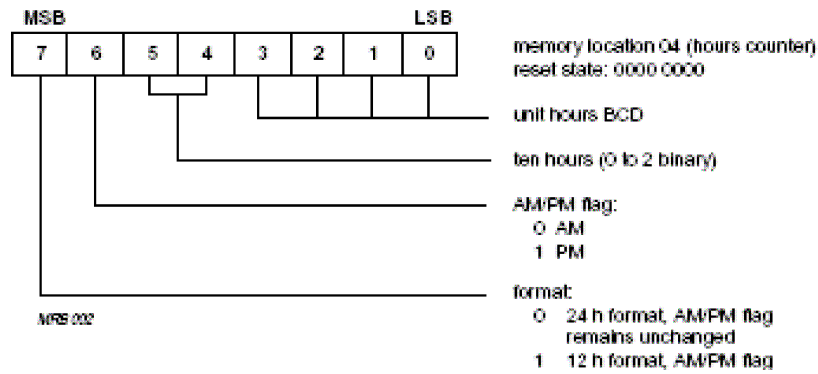


Figura 4.12 – Formato das horas

Fonte: Datasheet Philips

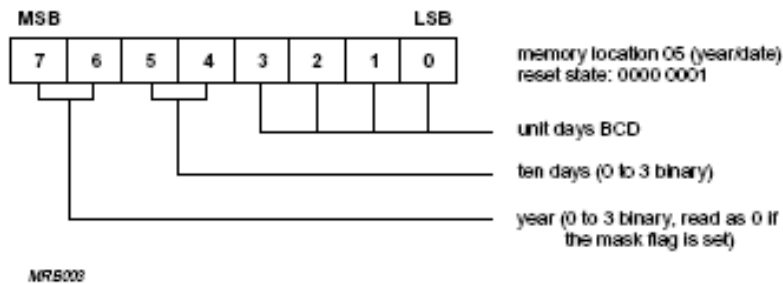


Figura 4.13 – Formato dos anos e dias

Fonte: Datasheet Philips

## 4.4. Cálculo de Tempo entre Medições

Os dados serão coletados de 15 em 15 minutos durante 15 dias. O que gerará uma base de dados com 1440 medições. Os dados armazenados serão guardados em memória interna não volátil, ou seja, os dados não perdidos se a energia acabar. Os dados serão coletados através de uma fonte tranqüilizadora.

## 4.5. Poço Tranqüilizador

O Sistema será instalado as margens de uma nascente. Utilizar-se-á uma poço tranqüilizador, deixando a água parada, para que os dados possam ser coletados de forma precisa, através de um sensor de pressão. A pressão encontrada foi convertida de 0 a 5v em centímetros, através de um Conversor A/D.

## 4.6. Conversor Analógico/Digital

Para medir o fluxo de água, o sensor escolhido foi um transmissor de pressão diferencial e amplificado. Como o sensor, possui saída analógica, deve-se utilizar um Conversor analógico/digital, transformando a coleta de dados em volts para bits.

Os dados convertidos variam de 0 a 255, e para se calcular o valor de tensão, utiliza-se o valor máximo da tensão 5 volts e dividi-se por 255, onde obteremos o valor 0,196.

Foi necessário implementar o protocolo I<sup>2</sup>C, para que os dados pudessem ser lidos. No protocolo I<sup>2</sup>C todo equipamento tem um endereçamento. No caso do conversor A/D, possui o seguinte endereçamento, conforme figura 4.14:

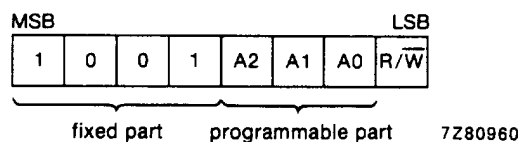


Figura 4.14 – Endereçamento Conversor A/D

Fonte: Datasheet Motorola

Passamos primeiramente o valor da parte fixa e depois o endereço, que nesse caso é 001. Cada equipamento que trabalha com o protocolo I<sup>2</sup>C, tem uma parte fixa pré-definida, essa parte define qual é o dispositivo, que queremos comunicar. O último bit é o

bit de leitura e escrita. Para escrevermos um dado passamos o valor 0. E para lermos passamos 1.

Como queremos ler os dados do conversor passaremos o valor 1.

Com isso geramos o número 1001001 em binário, representado por 0x95 em Hexadecimal, que corresponde ao endereço do dispositivo, mais a leitura.

Primeiramente chamamos a função para comunicar-se com o Conversor. Para que a comunicação inicie é passado um bit de START, como mencionado no Referencial Teórico. Depois, manda-se a informação para o conversor, comunicando-o que queremos fazer leitura dos dados. Após, feito esse tratamento, faz-se a leitura do conversor bit a bit e armazena-se o valor em uma variável, para posteriormente os dados serem enviados serialmente para o computador.

## **4.7. Envio dos Dados**

O envio dos dados para o Computador é acionado via botão, gerando uma interrupção, fazendo com que os dados contidos em memória, sejam transferidos para o computador.

Foi utilizado um conversor, denominado MAX 232 responsável por transformar o valor de tensão de 5 volts proveniente do microcontrolador para 12 volts ( tensão do computador). Os dados são enviados serialmente, e são captados pelo software hyperterminal do windows. O envio dos dados é realizado apenas quando acionado via botão, o que gera uma economia de energia.

## **4.8. Economia de Energia**

Visando economizar energia, para garantir que o Sistema opere sem queda de energia, mantendo os dados íntegros, e para que as todas as leituras sejam executas, o microcontrolador foi colocado em modo de espera ou *Sleep*, ou seja, só será ligado quando o alarme do Relógio de Tempo Real, ativar o mesmo.

Quando ativo, ele seta o transdutor de pressão através de um pulso na porta P1.3, acionando o relé para alimentar o transdutor.

Com isso a leitura é feita e o dado é armazenado na memória e o Controlador volta a ficar em estado de espera.

## 4.9. Fluxograma do Sistema

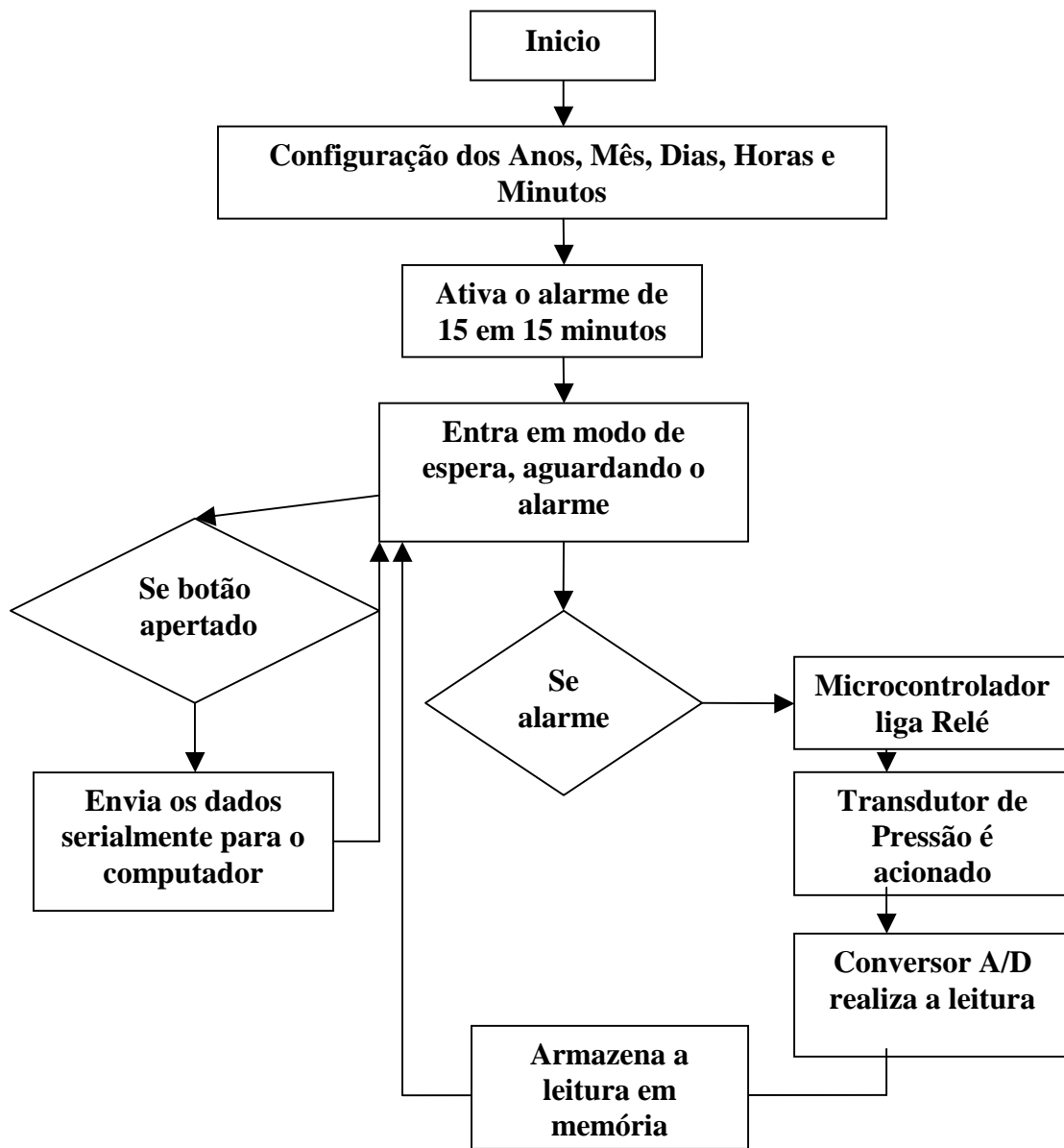


Figura 4.15 – Fluxograma do Sistema

Fonte: Autor

## 5. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Neste trabalho desenvolveu-se um sistema embarcado com o objetivo de monitorar o fluxo de água em nascentes. O sistema faz medições dos níveis de água de forma autônoma, isto torna o monitoramento mais viável, pois não há mais a necessidade da presença de um homem para fazer as medições.

O uso de um relógio propiciou que se realizassem medições nos intervalos de tempos sugeridos por um especialista, de forma que os dados gerados a partir das medições, que serão realizadas de 15 em 15 minutos pelo acionamento automático do microcontrolador, servirão para uma análise detalhada da variação do fluxo de água na nascente.

Foi-se implementando, uma integração entre microcontrolador e Computador, para que os dados sejam descarregados para análise futura.

Como este trabalho foi desenvolvido em laboratório, sugere-se como trabalhos futuros instalar o equipamento em uma nascente, para que os testes sejam efetuados em campo.

## 6. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

DAVIDE, Antonio Cláudio et al.; **Nascente o verdadeiro tesouro da propriedade rural – o que fazer para conservar as nascentes nas propriedades rurais**. Belo Horizonte: CEMIG (2004).

JUNG, C. **Metodologia Para Pesquisa & Desenvolvimento – Aplicada a Novas Tecnologias, Produtos e Processos**. Rio de Janeiro: Axcel Books, 2004. 162 p.

MPX5010 SERIES - **Motorola Semiconductor Technical Data, Integrated Silicon Pressure Sensor On-Chip Signal Conditioned, Temperature Compensated and Calibrated**. Motorola, 1997

NICOLOSI, Denys E. C.; BRONZERI, Rodrigo B. **Microcontrolador 8051 família At89s8252 Atmel com Linguagem C – São Paulo: Prático e Didático**. Editora Érica, 2005.

OLIVEIRA JUNIOR, José Carlos de; DIAS, Herly Carlos Teixeira. **Net precipitation in a forest fragment of Mata Atlantica**. Rev. Árvore. Viçosa, v. 9, n.1, 2005.

Philips Semiconductors Product specification – **8-bit A/D and D/A converter**. Philips, 1998.

PONT, Michel J; **Embedded C** Editora Person Education 2002.

ZELENOVSKY, Ricardo; MENDONÇA, Alexandre. **Microcontroladores – Programação e Projeto com a Família 8051**. Editora Lyda, 2005.