

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA**  
**CURSO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO**  
**DISCIPLINA DE PROJETO FINAL**

**REGISTRADOR DIGITAL DE GRANDEZAS COM**  
**CONEXÃO À INTERNET**  
**RELATÓRIO TÉCNICO FINAL**

Eduardo Kiyoshi Uemura

João Henrique Kleinschmidt

Professor: Afonso Ferreira Miguel

4º bimestre

Novembro / 2001

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>RESUMO.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>DETALHAMENTO DO PROJETO.....</b>	<b>5</b>
<b>3.1</b>	<b>Alimentação.....</b>	<b>6</b>
<b>3.2</b>	<b>Circuito analógico.....</b>	<b>7</b>
<b>3.3</b>	<b>Circuito digital.....</b>	<b>7</b>
<b>3.4</b>	<b>Fluxogramas.....</b>	<b>10</b>
<b>3.5</b>	<b>Software de configuração.....</b>	<b>18</b>
<b>3.6</b>	<b>Servidor Internet.....</b>	<b>20</b>
<b>4</b>	<b>TESTES E RESULTADOS.....</b>	<b>21</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>23</b>
<b>6</b>	<b>GLOSSÁRIO.....</b>	<b>24</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>25</b>

## 1 Resumo

Um registrador digital de grandezas é um dispositivo que armazena eventos e valores de uma grandeza medida, como temperatura, tensão, corrente, para posterior impressão, plotagem de gráficos e outras análises. Atualmente, dois tipos de registradores são encontrados: analógicos e digitais. Os registradores analógicos não têm uma atualização e leitura dos dados muito prática, pois muitas vezes a leitura de dados é feita de forma manual. Os registradores digitais atuais possuem uma atualização de dados mais eficiente que os analógicos, alguns utilizando linhas telefônicas comuns para envio dos dados, porém sem acesso à internet.

Foi desenvolvido um registrador digital microcontrolado de grandezas. Este registrador armazena o valor da grandeza medida em uma memória em determinados intervalos de tempo. A grandeza escolhida é a tensão da rede elétrica. Quando a memória estiver cheia ou em horários pré-estabelecidos, é feita a descarga dos dados. A proposta inicial era enviar os dados para um servidor Internet, através de um telefone celular, responsável em estabelecer a conexão com provedor Internet. O que foi implementado é um registrador digital que envia os dados pela porta serial de um microcomputador PC, para um software que armazena estes dados.

## 2 Introdução

Um registrador digital de grandezas, seja ele de temperatura, tensão ou outra grandeza qualquer, normalmente deve ser retirado do lugar que se está fazendo o registro para que a coleta dos dados seja feita. Isto não é muito prático, pois gasta-se muito tempo neste processo, além de não oferecer uma grande segurança para os dados.

No caso de um registrador de tensão, que é o que foi desenvolvido no projeto, o objetivo é monitorar variações de tensão da rede elétrica. Variações bruscas na tensão da rede podem danificar aparelhos eletrônicos, como rádios, televisores, computadores, etc. Também podem sinalizar algum problema na rede de distribuição elétrica. As companhias de energia elétrica rotineiramente utilizam esses registradores.

O grande problema da maioria destes dispositivos atuais é a leitura dos dados, que não é feita de forma automática. A solução proposta é enviar os dados diretamente para um servidor internet, responsável em armazenar os dados (figura 1).

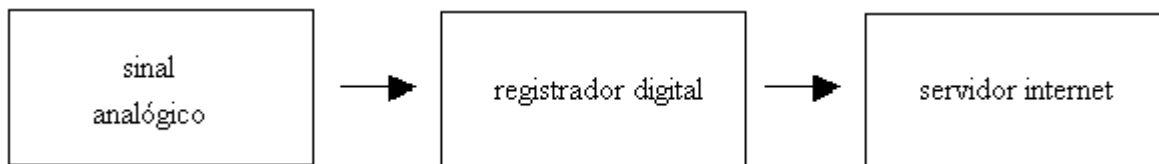


Figura 1. Diagrama simplificado do registrador digital

Com esta solução, o problema muitas vezes encontrado na demora da atualização de dados é resolvido. A leitura dos registros pode ser feita a qualquer instante, sem a incômoda tarefa de desinstalar o registrador, conectá-lo a um microcomputador e depois instalá-lo novamente. Também não necessita de nenhum tipo de cabeamento extra ou outro meio de transporte dos dados, pois será utilizado um dispositivo *wireless* (telefone celular) para envio de informações.

Este registrador é composto de um microcontrolador que gravará os dados em uma memória e de tempos em tempos enviará esses dados através de um telefone celular para uma base de dados na internet. Com isto a atualização dos dados é feita de forma automática e rápida, reservando mais tempo para o principal, que é a análise dos dados.

Os principais componentes serão o microcontrolador, um chip com o *stack* TCP/IP, uma memória EEPROM e o telefone celular.

Neste relatório técnico serão dados maiores detalhes do projeto. Na seção 3, será descrito com mais detalhes o projeto da solução proposta, descrevendo todos os módulos do projeto, desde a aquisição do sinal analógico, a conversão para um sinal digital, as tarefas principais do microcontrolador, a memória e o envio dos dados para o base de dados na internet. Nesta parte será detalhada como será montado o circuito principal do projeto, bem como fluxogramas dos algoritmos que serão responsáveis por realizar todas as funcionalidades do microcontrolador dentro desta aplicação.

A seção 4 apresenta os testes feitos com o registrador e os resultados obtidos. São apresentadas as funcionalidades que funcionaram corretamente e o que não foi implementado. Por fim, a seção 5 faz uma conclusão sobre os principais pontos da implementação do registrador digital de grandezas que foi desenvolvido. A parte 6 traz um glossário de alguns termos importantes e a parte 7 as referências bibliográficas básicas do projeto.

### 3 Detalhamento do projeto

O diagrama abaixo mostra a visão geral do registrador digital de grandezas:

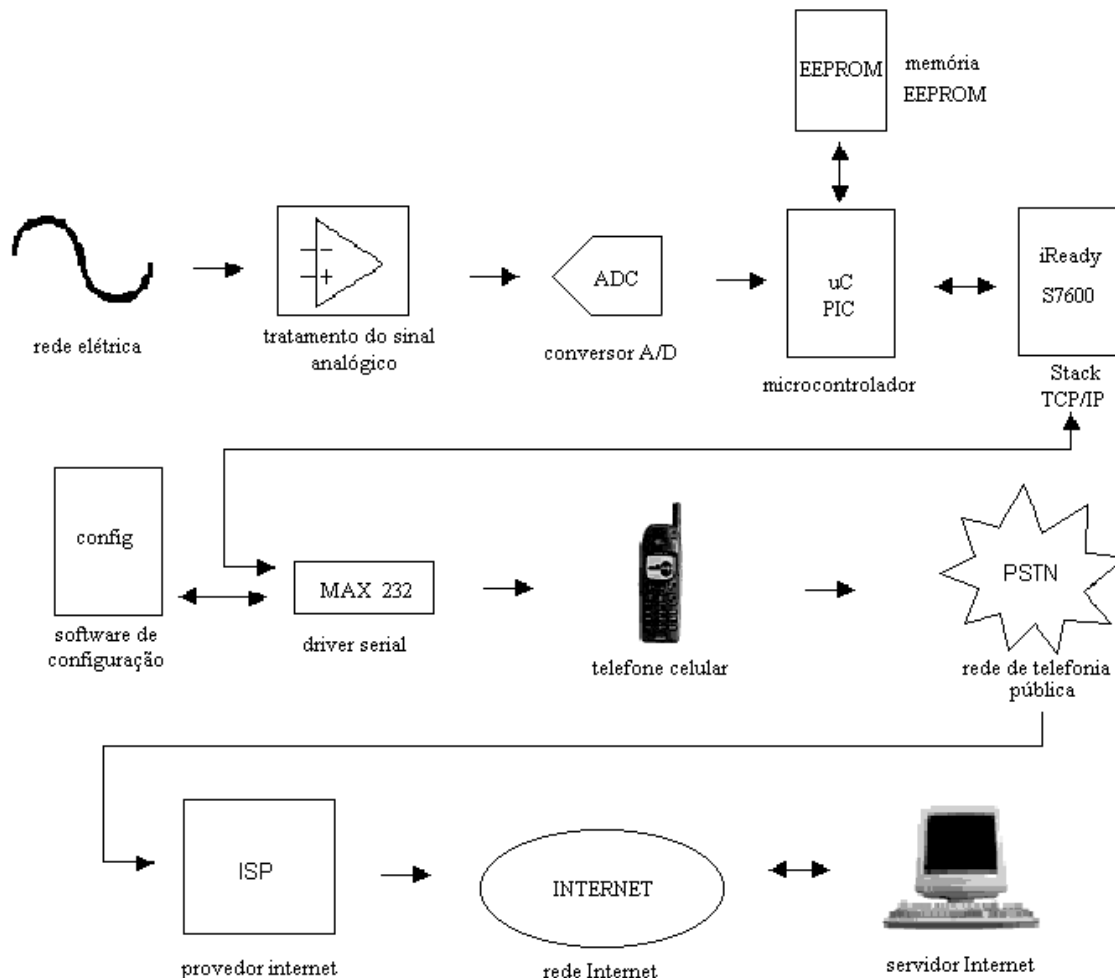


Figura 2. Visão geral do registrador digital

A grandeza física a ser medida é a tensão da rede de distribuição elétrica. Sendo esta uma tensão alta (110/220V), este sinal deve ser tratado de maneira a diminuir a tensão e isolar o restante do circuito da alta tensão. Um amplificador operacional de isolamento é o responsável por esta tarefa. O sinal de tensão é enviado ao conversor A/D, para converter o dado analógico em digital.

Foi utilizado o microcontrolador PIC 16F877, que possui conversor A/D interno. O microcontrolador grava os dados numa memória EEPROM externa. Em tempos pré-determinados ou quando a capacidade da memória estiver esgotada, os dados são descarregados para um servidor internet. O chip S-7600A possui o protocolo TCP/IP,

que é usado pelo microcontrolador para fazer a conexão. Os dados são enviados por uma saída serial, utilizando o chip MAX 232, que converte os níveis de tensão TTL para RS-232. Um cabo RS-232 é conectado ao telefone celular (TDMA ou CDMA). O número de um provedor internet é enviado ao celular, conectando na rede de telefonia pública. Uma vez estabelecida a conexão internet os dados são enviados.

Há também um software de configuração do dispositivo. Por este software, são gravadas no dispositivo as informações de conexão, como endereço IP do servidor, telefone do provedor, nome de usuário e senha, além da data, horário e intervalo de tempo para aquisição da tensão da rede. Serão dados agora mais detalhes de cada bloco funcional.

A figura 3 mostra o diagrama em blocos do hardware do registrador digital:

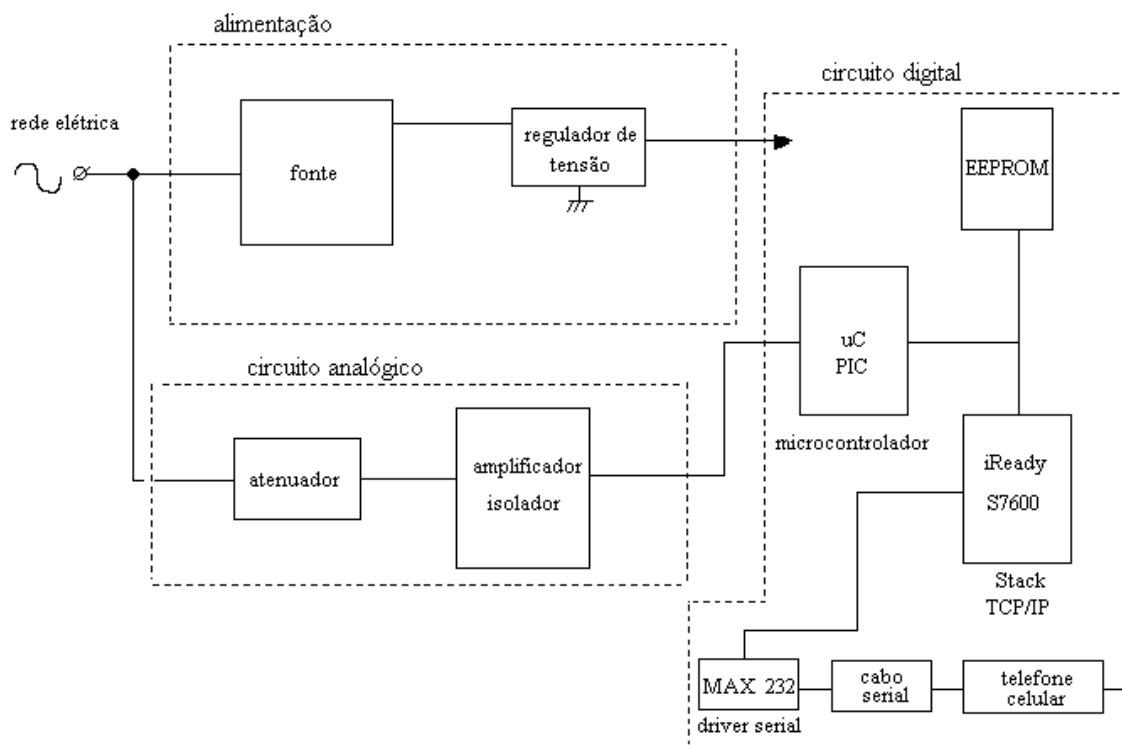


Figura 3. Diagrama do hardware do registrador digital

### 3.1 Alimentação

O circuito de alimentação é responsável em fornecer a alimentação para o restante do circuito. A tensão da rede entra numa fonte, que diminui a tensão e envia para a entrada  $V_{in}$  de um regulador de tensão, que estabiliza a tensão em 3V, a tensão de alimentação do circuito digital.

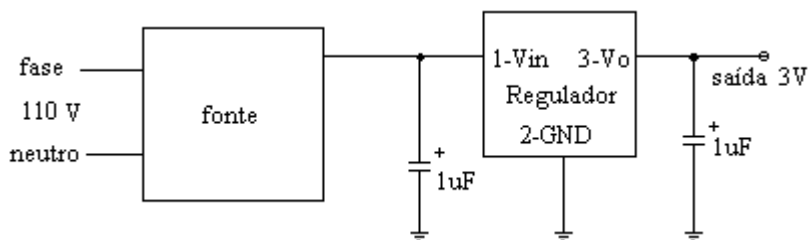


Figura 4. Circuito de alimentação

### 3.2 Circuito analógico

O circuito analógico faz o tratamento do sinal de entrada para que possa ser enviado de maneira adequada ao circuito digital. Primeiro tem-se um divisor de tensão para diminuir a tensão da rede elétrica. O sinal passa então por um amplificador de isolamento (de ganho igual a 1), o AD202. Este isolamento protege o restante do circuito da alta tensão da rede elétrica.

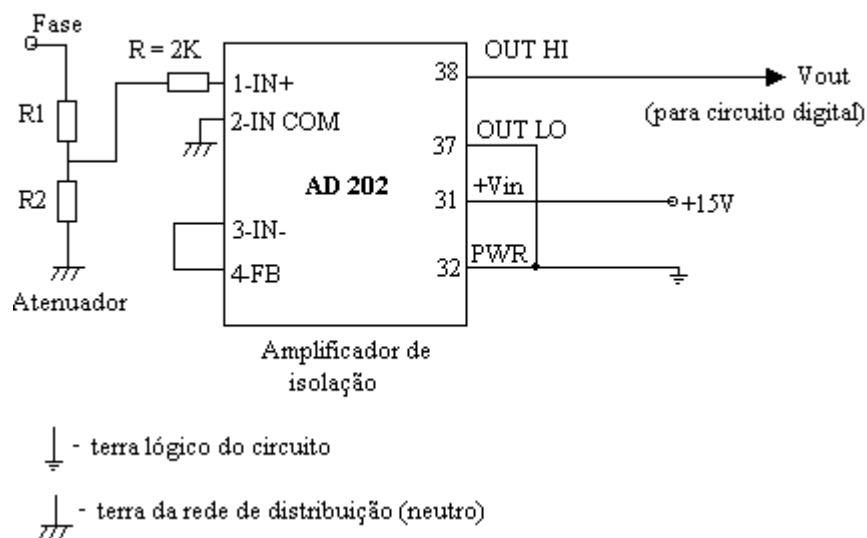


Figura 5. Circuito analógico

### 3.3 Circuito digital

A figura 6 mostra o esquema elétrico do circuito digital:

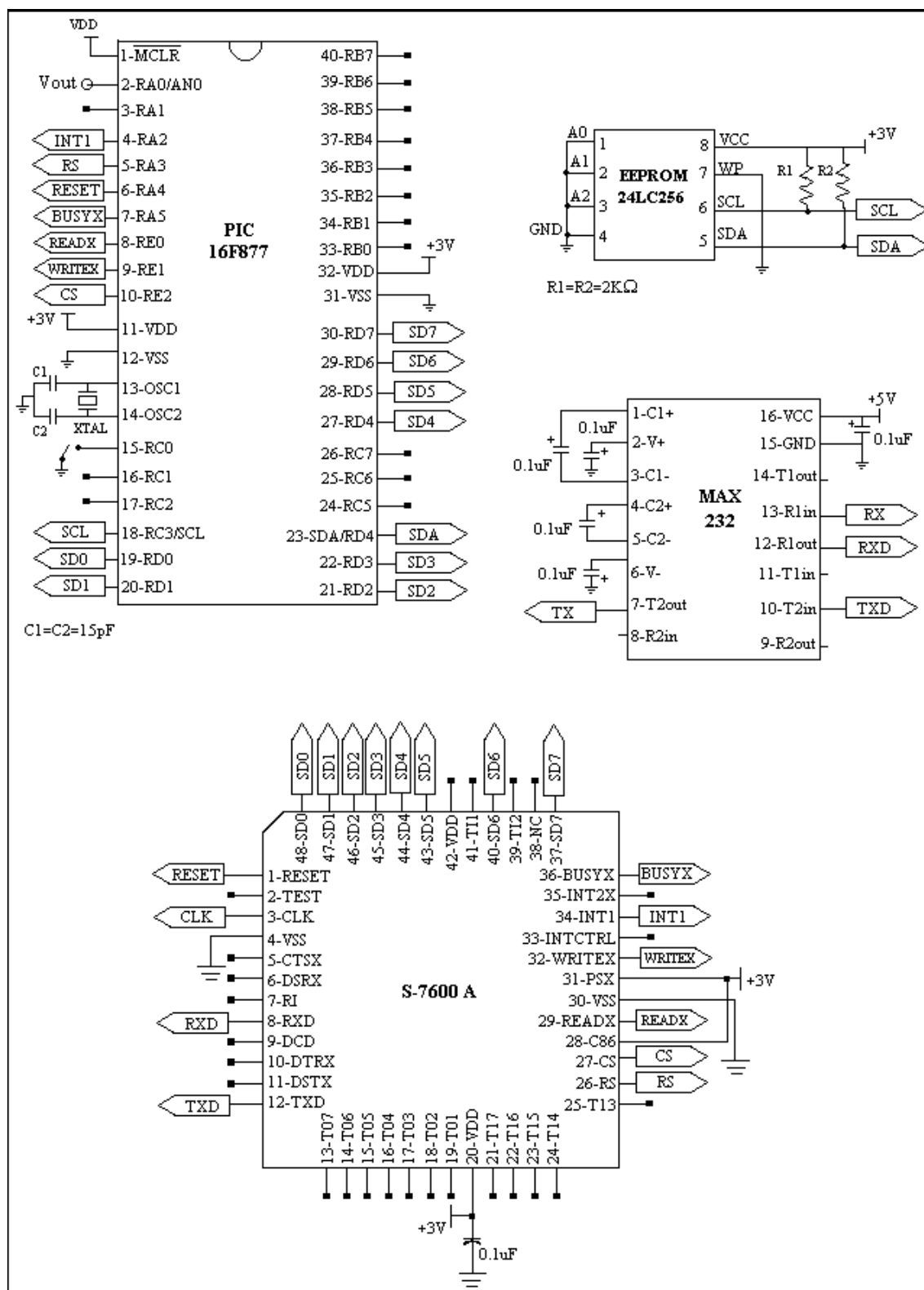


Figura 6. Esquema elétrico do circuito digital

O microcontrolador PIC 16F877 é o responsável por gerar todos os sinais de controle para os chips externos, além de converter o dado analógico para digital, através do pino 2 (AN0). O pino 15 (RC0) é conectado a uma chave. Se a chave estiver selecionada, significa que o registrador digital será configurado. A configuração consiste em enviar para o registrador o horário e data atuais, informações de conexão (telefone do provedor, nome de usuário, senha e endereço IP do servidor) e o intervalo de tempo que se deseja fazer as medições. Esta configuração é feita por software (mais detalhes na seção 3.5), com um cabo serial conectando o registrador digital ao PC. Deve haver um cristal oscilador, entre os pinos OSC1 e OSC2, além de capacitores para melhorar a estabilidade. A alimentação e terra também devem ser feitas através dos pinos correspondentes.

Os pinos SCL e SDA fazem a ligação com a memória serial EEPROM I<sup>2</sup>C, modelo 24LC256, de 256 k bits. SCL é o pino de clock e SDA o pino de dados serial. O pino WP da EEPROM é o pino de proteção contra escrita. Conectado a GND, a proteção não é habilitada. Os pinos A0, A1 e A2 também são conectados ao terra (servem para seleção de chip, quando existem outros dispositivos I<sup>2</sup>C).

As últimas ligações do microcontrolador são com o S-7600A. Os pinos SD0 até SD7 são por onde são trocadas as informações entre os dois dispositivos (barramento de dados). As demais ligações são informações de controle: BUSYX (indica se o chip está ocupado), RESET, READX (habilita leitura), WRITEX (habilita escrita), CS (seleção de chip), RS (seleção de registrador) e INT1 (saída de interrupção).

Além da alimentação e terra, os pinos PSX e C86 também devem ser configurados. Colocando os dois pinos em nível alto (Vcc), seleciona-se o modo de interface paralela. É um barramento de 8 bits (SD0 a SD7).

O S-7600A é também quem envia e recebe dados pela porta serial. Os pinos RXD e TXD recebem e transmitem dados, respectivamente. São ligados ao MAX 232. Os pinos 7 e 13 do MAX 232 devem ser ligados aos pinos de transmissão e recepção de um cabo serial RS-232. A recepção de dados só acontece quando da configuração do dispositivo via software.

### 3.4 Fluxogramas

Para desenvolvimento do software a ser gravado no microcontrolador que controla as funções do registrador digital, será utilizado o compilador *CCS PIC C*, da *Custom Computer Services*, integrado ao ambiente de desenvolvimento, simulação e gravação *MPLAB*, da *Microchip*. A linguagem de desenvolvimento escolhida foi a linguagem C. Para melhor entendimento do funcionamento das funções do registrador, são apresentados os fluxogramas do dispositivo a partir da figura 7.

Antes de prosseguir com a descrição do *firmware*, é válido deixar bem claro alguns dos termos utilizados. *Tempo de aquisição* é o tempo necessário para que seja adquirida uma amostra do sinal analógico no canal correspondente. *Conversão* é o processo pelo qual converte-se uma amostra (previamente adquirida) de um sinal analógico em seu correspondente digital. O *registro* de tensão é o processo que engloba a aquisição, conversão e a escrita do dado na memória EEPROM.

O primeiro passo é configurar o PIC 16F877. Declarar variáveis, definir entradas e saídas e habilitar interrupções. Se a chave externa estiver ligada, a parte de configuração do dispositivo deve ser feita (figura 9). É importante que a configuração sempre seja feita antes de iniciar o uso do dispositivo, pois de outra forma este não terá as informações de horário e de conexão. Como deve-se saber o horário em que foi feita uma medição de tensão, o registrador deve ter um relógio interno, e a única maneira de ajustar este relógio com a hora certa é através do software de configuração. Com o relógio ajustado, basta gerar uma interrupção a cada 1 segundo. Esta rotina de interrupção é responsável pela atualização da hora do relógio, com precisão de 1 segundo. A figura 8 mostra o fluxograma da interrupção.

Se a chave não estiver ligada as funções principais do registrador são ativadas. Será feita uma conversão analógico-digital. Deve-se selecionar o canal de entrada, clock e ligar o conversor A/D. Uma variável interna deve armazenar o horário neste instante. Tendo esta hora, que é o horário do primeiro registro de tensão, fica fácil determinar os horários dos outros registros, pois são feitos em intervalos de tempo regulares. Acabando o tempo de aquisição do dado, dá-se o *start* (início de conversão). Ao fim da conversão, os dados são gravados na memória EEPROM e é verificado se os dados devem ser descarregados para o servidor. Se não devem ser enviados, espera-se o tempo pré-configurado e é iniciado uma novo registro.

Se os dados devem ser enviados, configura-se o S-7600A e habilita o PPP (*Point-to-Point Protocol*). O número do telefone do provedor é enviado ao celular para discagem (os comandos utilizados para o celular são os comando *AT*, usados também em modems). Se a linha estiver ocupada ou não houver sinal de linha, é feita a discagem novamente. O nome de usuário e senha também são enviados. Sendo válidos, a conexão está feita.

Uma vez estabelecida a conexão é contatado o servidor internet. Utilizando o endereço IP do servidor e uma porta, é aberto um *socket*. Os dados da EEPROM são então lidos e enviados ao servidor, que armazenará os dados. O *socket* é fechado, encerrando a conexão. Inicia-se então novamente o processo de registro.

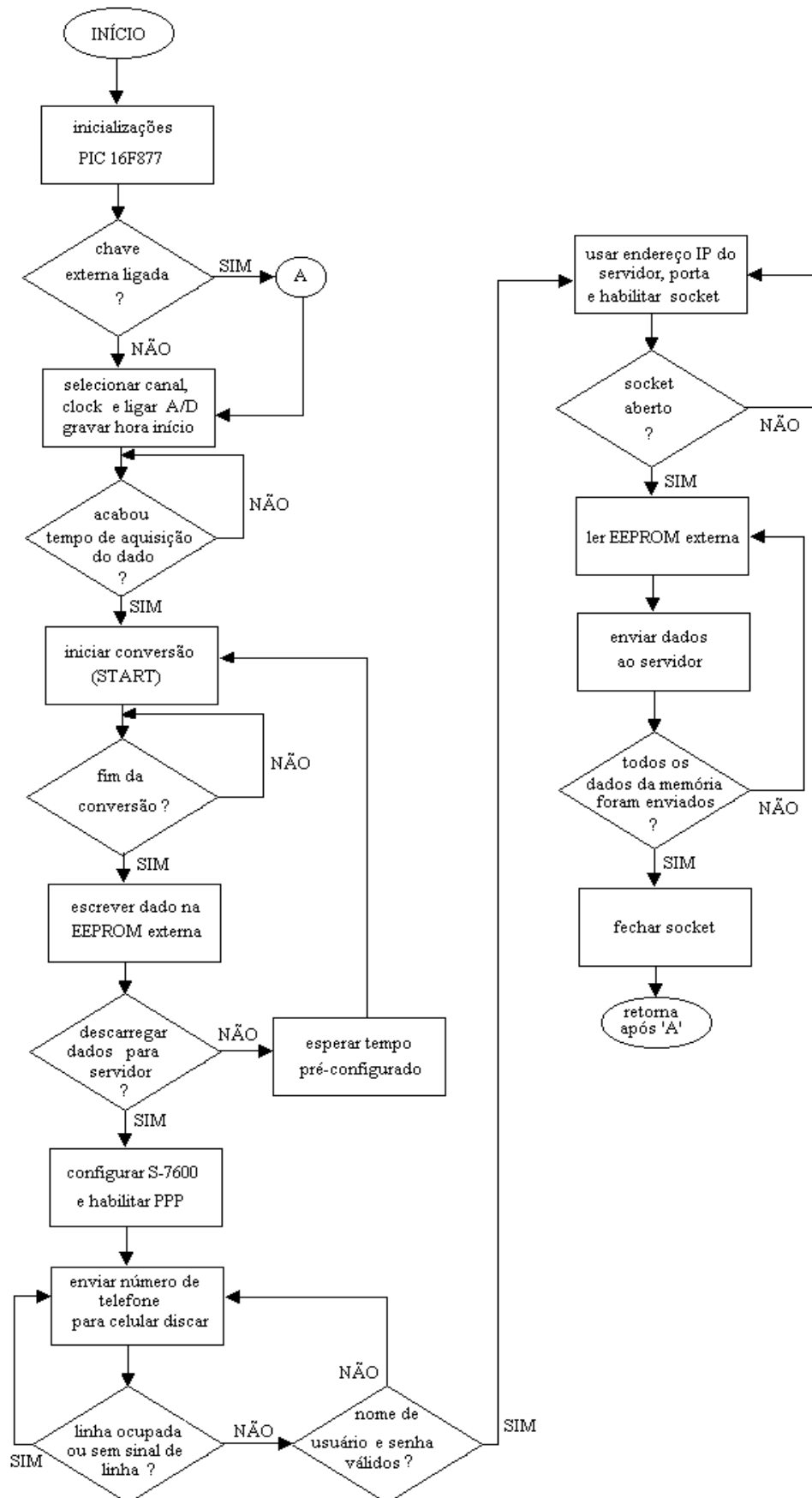


Figura 7. Fluxograma principal do registrador digital

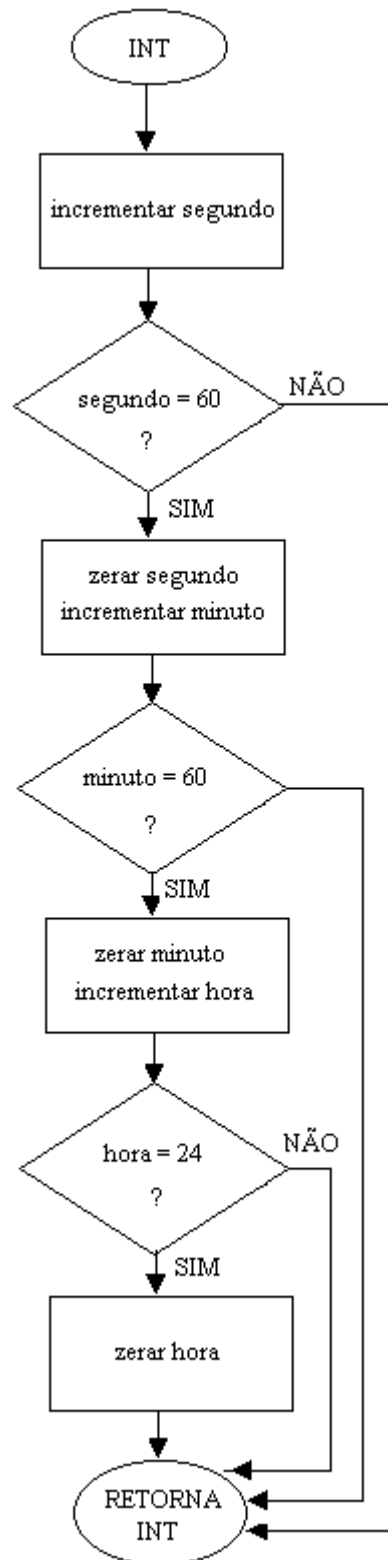


Figura 8. Fluxograma de interrupção do registrador digital

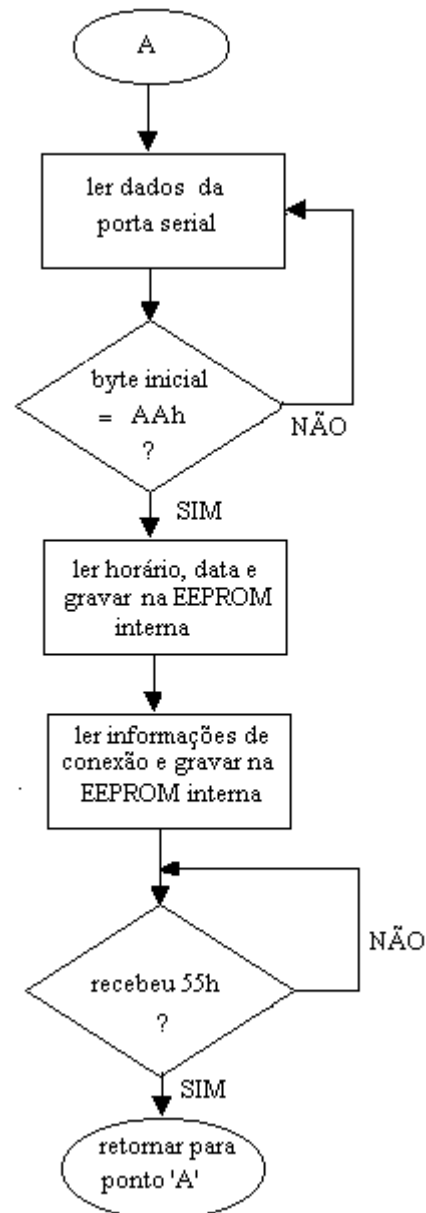


Figura 9. Fluxograma de recepção das configurações do registrador digital

A figura 9 acima mostra como é feita a recepção das configurações do registrador digital. A porta serial é lida, se o primeiro byte for AAh (funciona como um start), os dados são válidos e podem ser lidos. São lidos data, horário, intervalo de tempo para medidas e informações de conexão. São gravados na memória EEPROM interna do microcontrolador. Recebendo 55h, indica fim dos dados (stop).

A figura 10 mostra o diagrama de tempos de escrita na EEPROM I<sup>2</sup>C. As informações são trocadas pela linha serial SDA. É gerado um *start bit* e enviado o byte de controle. Recebendo ACK (sinal de confirmação de recebimento do byte de controle), é enviado o endereço o qual se deseja fazer a escrita. Recebendo ACK, os

dados são enviados. Recebendo a confirmação, é enviado o *stop bit*. A leitura de dados também envia o byte de controle e o endereço o qual se deseja fazer a leitura, porém é necessário um novo *start bit* após o envio de endereço, para recebimento dos dados.

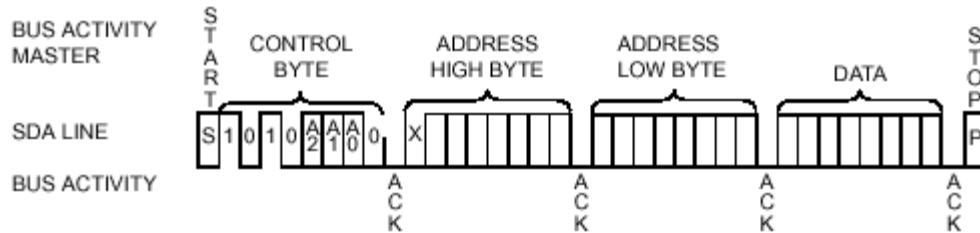


Figura 10. Diagrama de tempos de escrita na EEPROM I<sup>2</sup>C

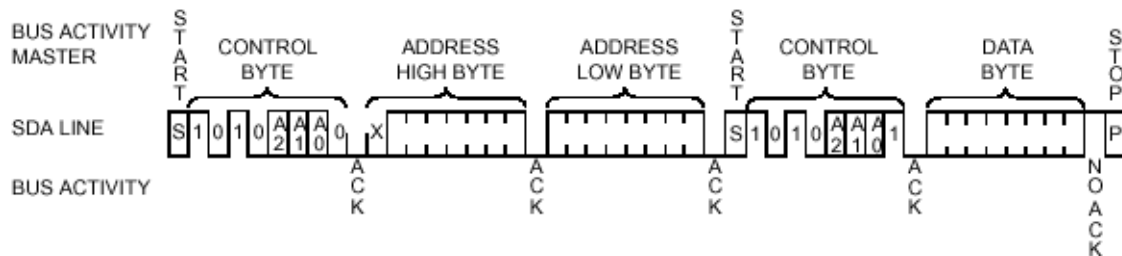


Figura 11. Diagrama de tempos de leitura na EEPROM I<sup>2</sup>C

A figura 12 a seguir mostra o fluxograma de escrita na memória EEPROM. O modo I<sup>2</sup>C do microcontrolador PIC deve ser ativado, e enviado o *start bit*, para início da transmissão.

O byte de controle (seleção de chip e habilitação de leitura ou escrita) é então enviado. Recebendo o sinal de *acknowledge* da memória, é enviado o endereço no qual o dado será gravado. Novamente a memória deve enviar o sinal de *ACK*, e então o dado a ser gravado é enviado. Recebendo a confirmação de *ACK*, é enviado o *stop bit* indicando fim da transmissão. Não está considerado no fluxograma um modo de *time-out* para o caso de não receber o *ACK* da memória, porém este será previsto para evitar um *loop* infinito (espera de *ACK*).

A leitura de dados na memória segue o mesmo princípio. A figura 13 mostra o fluxograma da leitura na EEPROM I<sup>2</sup>C.

O procedimento é o mesmo até enviar o endereço de memória. Então o *start bit* e o byte de controle (agora indicando leitura de dados) devem ser enviados novamente. Recebendo os dados, o microcontrolador envia o *stop bit* para indicar fim da transmissão.

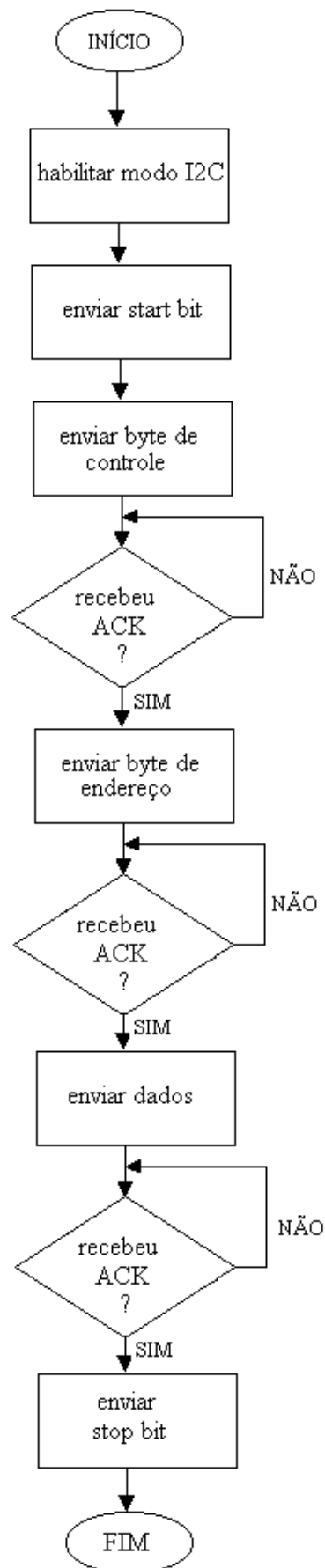


Figura 12. Fluxograma de escrita na memória EEPROM externa

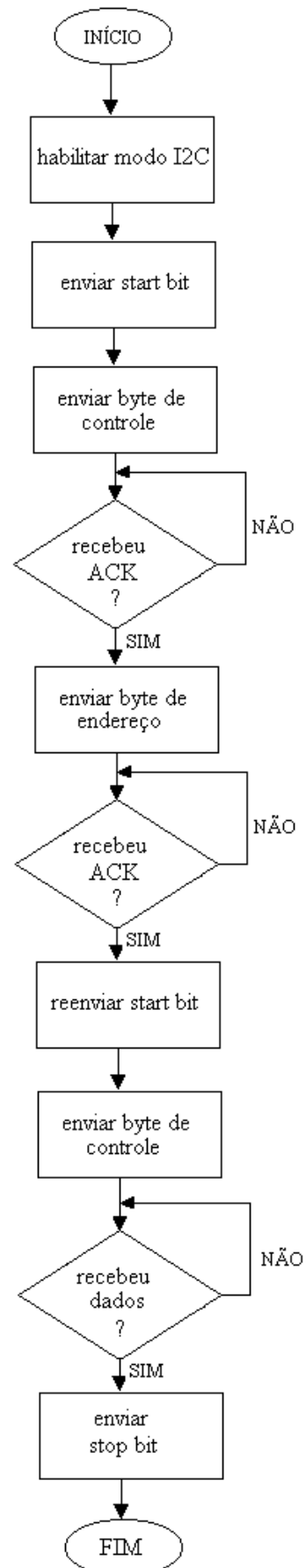


Figura 13. Fluxograma de leitura na memória EEPROM externa

### 3.5 Software de configuração



Figura 14. Tela do software de configuração

Para configurar o registrador digital foi desenvolvido um software que fará o envio dos dados para o microcontrolador PIC. Esta ferramenta foi implementada para facilitar o uso do registrador (figura 14).

O primeiro passo é selecionar uma porta de comunicação serial, normalmente a COM1 ou a COM2, A taxa de transmissão (baud rate) deve ser de 19200 bps. O restante dos parâmetros não é necessário configurar. Após selecionada a porta de comunicação e a taxa de transmissão, verificar se o cabo de comunicação está conectado ao microcomputador e ao circuito através do componente serial MAX232. Estando o cabo colocado, é só apertar o botão conectar que o sistema estará pronto para receber e enviar dados.

Para a configuração do registrador digital colocamos como entrada a hora e o minuto para acertar o relógio, um intervalo de amostragem que deve ser em segundos, que é o intervalo com o qual as amostras serão adquiridas, nome do usuário, senha,

telefone para conexão e endereço IP do servidor para que se possa fazer a conexão com o servidor. Após entrar com todos os dados é só apertar o botão transmite para transmitir os dados.

O software pode ser utilizado também para receber os valores medidos e mostrá-los através de um gráfico (figura 15). Na figura são mostrados dois valores, 1,95V e 2,44V.

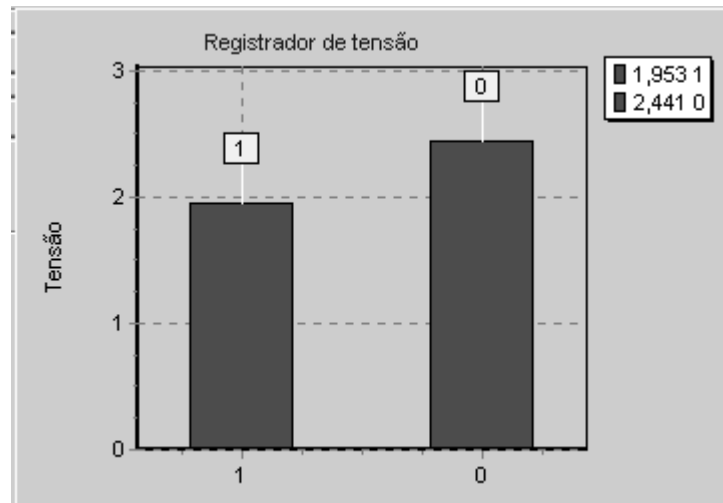


Figura 15. Exemplo de gráfico do software

### 3.6 Servidor internet

O servidor internet é o responsável em receber e armazenar os dados do registrador digital. O primeiro dado recebido é a hora de início dos registros de tensão, seguido do intervalo de tempo entre os registros. Com isto, pode-se calcular os horários dos demais registros de tensão. A seguir são recebidos todos os dados referentes aos registros de tensão. Como não foi implementado no projeto a comunicação TCP/IP, o servidor também não foi desenvolvido.

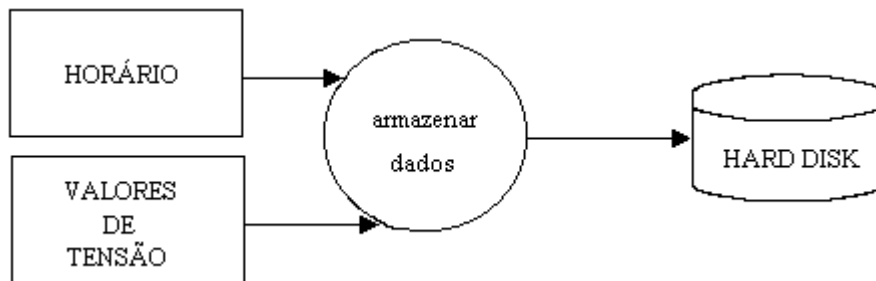


Figura 16. Diagrama de eventos do servidor internet

#### 4 Testes e resultados

As etapas que realmente foram implementadas do registrador digital foram a aquisição do sinal de tensão, passando pelo amplificador isolador e a conversão do mesmo para digital. Este dado então é gravado na memória EEPROM externa. Este procedimento é feito repetidas vezes, de acordo com o tempo configurado. Quando necessita-se dos dados, é pressionada uma chave externa e os dados são então enviados pela porta serial, para um microcomputador PC.

As funcionalidades do projeto que envolviam o protocolo TCP/IP não foram implementadas. Após ter sido estudada a melhor solução para realizar esta tarefa, foi escolhido o componente S-7600, da *Seiko Instruments*, que possui o protocolo TCP/IP implementado. Foi feito então todo o estudo para integração do mesmo com o microcontrolador PIC (hardware), bem como o *firmware* a ser desenvolvido no PIC para usar as funções TCP/IP. Todas estas funcionalidades já foram descritas neste relatório.

Foram realizados vários testes da integração do PIC com o S-7600, porém sem sucesso. A primeira dificuldade foi em relação ao clock para o S-7600. Isto foi resolvido usando um gerador de funções para gerar o clock. Feito isto o chip respondeu com o sinal BUSYX, indicando que estava livre para receber e enviar informações. Porém, ao tentar fazer os ciclos de escrita/leitura nos seus registradores internos, não se obteve resposta. Toda a comunicação TCP/IP seria feita através destes ciclos de escrita/leitura em registradores específicos. Sem isto funcionando, torna-se impossível qualquer tipo de comunicação.

Foi ainda trocado um componente do S-7600 que queimou, porém também não se obteve sucesso. O que foi então realmente implementado e testado foi um registrador digital de tensão com comunicação serial.

Esta comunicação serial é feita com o PIC e software de configuração, também responsável em receber os valores medidos de tensão e mostrá-los em um gráfico. Esta solução não necessita do S-7600 e a única mudança no circuito é que é usada a porta serial do próprio microcontrolador PIC. Com isto foram feitos vários testes de registros de tensão.

Foi utilizada uma fonte de tensão externa, colocada na entrada do amplificador isolador. O sinal de tensão é enviado para uma entrada analógica do PIC, convertida

para digital e armazenada na memória EEPROM. Se não houve configuração prévia, isto é feito uma vez a cada segundo. Quando se deseja receber os dados com o software, é pressionada uma chave externa, e os valores armazenados na memória do registrador são enviados. No gráfico podem ser observados se os valores estão corretos. Foram realizados vários registros e envios de dados e verificado que os valores estavam corretos. Apenas uma pequena diferença quanto ao valor real é notada. Isto deve-se ao fato da conversão analógico/digital (8 bits), que não é totalmente precisa. Mas a diferença não é significativa.

Outra funcionalidade testada e que funcionou corretamente é o envio de informações do software no PC para o registrador. Mudando o intervalo de amostragem, o registrador recebe esta informação e passa a fazer o registro de tensão naquele intervalo de tempo. Por exemplo, foi testado enviar o intervalo de 5s. O registrador, que fazia um registro a cada segundo, passou a executar esta tarefa a cada 5s.

A figura 17 mostra um gráfico que foi obtido com os testes realizados com o registrador digital:

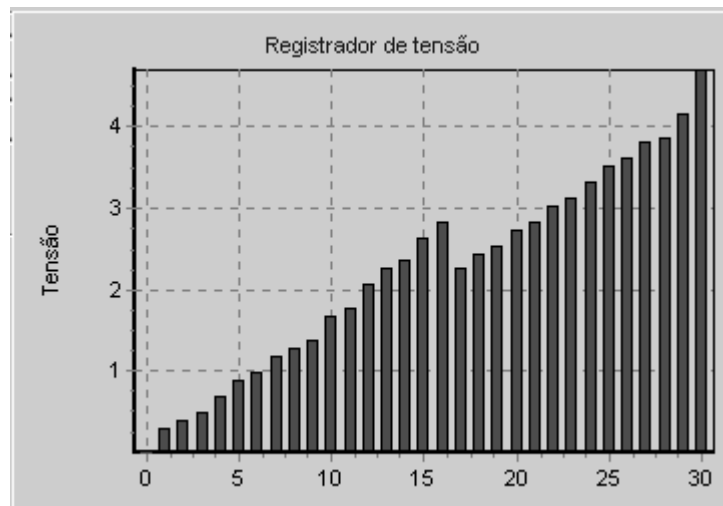


Figura 17. Gráfico tensão(V) x tempo(s)

## 5 Conclusão

Neste relatório foi descrito todo o funcionamento do registrador digital de grandezas. Foram dadas as descrições de todo o circuito e também da parte de software. O registro de tensão foi feito de forma correta, atingindo o objetivo proposto. O que não foi atingido no projeto, apresentado como proposta inicial, foi a comunicação TCP/IP. O que foi desenvolvido foi um registrador digital com comunicação serial RS-232.

As principais dificuldades encontradas no projeto foram relacionadas ao protocolo TCP/IP. Desde a escolha da melhor tecnologia para soluções embarcadas até sua implementação. É uma tecnologia bastante promissora, com várias aplicações.

Mesmo que não tenham sido implementadas toda as funcionalidades propostas, o que foi feito funcionou como esperado. Também foi feito um grande estudo do protocolo TCP/IP e sua aplicação utilizando microcontroladores PIC, que pode ser usado no futuro. Sendo assim, os objetivos do projeto final de graduação foram cumpridos.

## 6 Glossário

**Comunicação wireless** – comunicação sem fio.

**Conversão A/D** – é o processo pelo qual converte-se uma amostra (previamente adquirida) de um sinal analógico em seu correspondente digital.

**EEPROM** – *Electrically Erasable Programmable ROM* – memória não volátil que pode ser programada e apagada eletricamente quantas vezes forem necessárias.

**PPP** – *Point-to-Point Protocol*: protocolo que faz a conexão por uma linha serial entre dois computadores.

**Registro de tensão** – o processo que engloba a aquisição, conversão e a escrita do dado na memória EEPROM.

**Socket** – uma estrutura de dados que permite a comunicação entre dois softwares. Consiste de um número de endereço e porta.

**Tecnologia I<sup>2</sup>C** – também conhecida como *inter-integrated circuit*, foi criada pela *Philips* em 1992 como um novo tipo de barramento que utiliza apenas dois fios para a troca de informações.

**Tempo de aquisição** – é o tempo necessário para que seja adquirida uma amostra do sinal analógico no canal correspondente.

**TCP/IP** – *Transmission Control Protocol/Internet Protocol* : protocolo padrão da Internet.

## 7 Referências bibliográficas

ARNETT, Matthew Flint. **Desvendando o TCP/IP**. Rio de Janeiro : Editora Campus, 1997.

BENTHAM, Jeremy. **TCP/IP Lean: Web servers for embedded systems**. CMP Books, 2000.

COMER, Douglas E., STEVENS, David L. **Internetworking with TCP/IP**. Ed. Prentice-Hall, 1993.

GILBERT, Stephen D., McCARTY, Bill, **Visual C++ 6 programming blue book** Albany : Coriolis Group Books, 1999.

MAXIM. **Datasheets de componentes**. [Online. Data de acesso: 15/06/2001].  
Disponíveis em <http://www.maxim-ic.com>

MICROCHIP. **Datasheets de componentes e notas de aplicação**. [Online. Data de acesso: 05/04/2001]. Disponíveis em <http://www.microchip.com>

SEIKO. **Datasheets de componentes**. [Online. Data de acesso: 05/04/2001].  
Disponíveis em <http://www.iready.com>

SOUZA, David José de. **Desbravando o PIC**. São Paulo : Ed. Érica, 2000. 2ª edição.