

Roberto de Matos

Plataforma de Telecontrole Sem Fio

São José – SC

2006

Roberto de Matos

Plataforma de Telecontrole Sem Fio

Proposta de trabalho apresentada ao Responsável pela Coordenação de Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia de Computação da Universidade do Vale do Itajaí - São José, para o desenvolvimento durante as disciplinas de Trabalho de Conclusão de Curso do 9o período e do 10o período.

Orientador:

Prof. M.Sc Rafael Luiz Cancian

UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ

São José – SC

2006

*Dedico esse trabalho às duas mulheres da minha vida,
minha mãe Catarina e minha noiva Karin,
que de maneiras diferentes me ensinam
o que é o amor e o companheirismo.*

Agradecimentos

Gostaria de aproveitar para agradecer as pessoas que de alguma forma apoiaram esse trabalho:

- Professor Rafael Luiz Cancian, pela liberdade e apoio nos momentos certos em sua orientação;
- Professor Antônio Augusto Fröhlich, pelas oportunidades dadas para a concretização deste trabalho;
- A todos os amigos do Laboratório de Integração de Software e Hardware (LISHA) da UFSC, pelo apoio e atenção;
- Ao meu amigo Danillo, companheiro de desenvolvimento no LISHA, que contribuiu intensamente para a realização deste trabalho;

Resumo

Os avanços da tecnologia possibilitaram sistemas computacionais cada vez menores, baratos e mais presentes em nossas vidas, modificando a maneira pela qual fazemos as atividades cotidianas. Um exemplo disso é a evolução do telefone celular, que foi extremamente popularizado com seus serviços que hoje fornecem transferência de voz, fotos e vídeos em alta velocidade. Esse canal de dados móvel com uma ampla infra-estrutura pode ser usado de várias formas, dentre elas os sistemas de medição e atuação a distância, que têm gerado uma larga demanda. Isso porque existem sistemas que necessitam ser monitorados freqüentemente, e em alguns casos também com requisitos de tempo real. Quando um desses sistemas possui uma distribuição geográfica de grande escala ou pontos de medição de difícil acesso, torna-se inviável que toda coleta de dados seja dependente de agentes humanos. Assim, o principal objetivo desse trabalho foi a concepção de uma plataforma de telemetria genérica que utilize tecnologia de telefonia celular (SMS, GPRS, GSM, CDMA ou outra) e possibilite o rápido desenvolvimento de soluções que exijam captura, processamento e transmissão de dados, além da atuação nos ambientes remotos. Também são apresentados dois estudos de caso que demonstram duas das arquiteturas possíveis suportadas pela plataforma projetada e comprovam o seu funcionamento.

Lista de Abreviaturas

1xEV-DO	-	Evolution-Data Optimized
ADC	-	Analog to Digital Converter
AMPS	-	Advanced Mobile Phone System
APN	-	Access Point Name
ASCII	-	American Standard Code for Information Interchange
CDMA	-	Code Division Multiple Access
CI	-	Circuito Integrado
CSD	-	Circuit Switched Data
D-AMPS	-	Digital Advanced Mobile Phone System
EDGE	-	Enhanced Data rate for Global Evolution
ESD	-	Electrostatic discharge
FDMA	-	Frequency Division Multiple Access
GPIO	-	General Purpose Input/Output
GPL	-	GNU General Public License
GPRS	-	General Packet Radio Service
GSM	-	Global System for Mobile Communications
I2C	-	Inter Integrated Circuit
ISP	-	In-System Programming
IP	-	Internet Protocol
JTAG	-	Joint Test Action Group
LDR	-	Light Dependent Resistor
NMT	-	Nordic Mobile Telephone
PCI	-	Placa de Circuito Impresso
SIM Card	-	Subscriber Identity Module Card
SMD	-	Surface Mount Devices
SMS	-	Short Message Service
SPI	-	Serial Peripheral Interface
TACS	-	Total Access Communications System
TCP	-	Transmission Control Protocol
TDMA	-	Time Division Multiple Access

TWI - Two-Wire serial Interface
USART - Universal Synchronous and Asynchronous
Serial Receiver and Transmitter

Sumário

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

1	Introdução	p. 13
1.1	Contextualização	p. 13
1.2	Problema	p. 14
1.3	Justificativa	p. 14
1.4	Objetivos	p. 15
1.4.1	Objetivo Geral	p. 15
1.4.2	Objetivos Específicos	p. 15
1.5	Resultados Esperados	p. 16
2	Fundamentação Teórica	p. 17
2.1	Telemetria	p. 17
2.2	Comunicação Celular	p. 19
2.2.1	Gerações da Telefonia Celular	p. 19
2.2.2	Tecnologias	p. 20
2.2.2.1	Técnicas de Transmissão de Dados	p. 20
2.2.2.2	TDMA	p. 21
2.2.2.3	CDMA	p. 22
2.2.2.4	GSM	p. 24
2.2.3	Considerações	p. 25

2.3	Hardware	p. 28
2.3.1	Microcontrolador	p. 28
2.3.2	Sensores	p. 34
2.3.2.1	Tensão	p. 34
2.3.2.2	Corrente	p. 35
2.3.2.3	Temperatura	p. 36
2.3.2.4	Luminosidade	p. 37
2.4	Atuadores	p. 38
2.5	Módulo GSM/GPRS	p. 40
3	Desenvolvimento	p. 42
3.1	Arquitetura	p. 42
3.1.1	Sistema de Telecontrole completo	p. 42
3.1.2	<i>Modem GSM/GPRS</i> para conexão na internet	p. 43
3.1.3	Transmissor <i>GSM/GPRS</i> transparente	p. 44
3.2	Análise e Projeto	p. 47
3.2.1	Projeto de Software	p. 47
3.2.2	Projeto de Hardware	p. 48
3.2.2.1	Elaboração do Projeto Lógico	p. 48
3.2.2.2	Elaboração do Esquemático	p. 49
3.2.2.3	Projeto e Fabricação da PCI	p. 50
3.2.2.4	Montagem e Testes Elétricos	p. 50
3.3	Aspectos de Implementação	p. 51
3.3.1	Fonte de Alimentação	p. 51
3.3.2	Proteção ESD	p. 52
3.3.3	Expansões da Plataforma de Telecontrole	p. 53

4 Resultados	p. 56
4.1 Estudo de Caso 1: Terminal Serial GPRS	p. 56
4.1.1 Testes e Validação	p. 57
4.1.1.1 Testes de Configuração	p. 58
4.1.1.2 Testes de robustez da conexão	p. 59
4.1.1.3 Testes de persistência da conexão TCP/IP sobre a rede GPRS	p. 60
4.1.1.4 Configuração Remota de Equipamento Serial	p. 61
4.2 Estudo de Caso 2: Modem <i>GSM/GPRS</i>	p. 62
4.2.1 Testes e Validação	p. 63
Conclusões	p. 66
Referências	p. 68
Anexo A - Características do Microcontrolador ATmega128	p. 70
Anexo B - Tipos de Sensores	p. 71
Anexo C - Características do Módulo <i>G24</i> da Motorola	p. 72
Anexo D - Instalação do <i>TSG Server</i>	p. 73

Lista de Figuras

1	Um canal D-AMPS com três usuários.	p. 22
2	Exemplos de SIM card.	p. 24
3	Crescimento (%) e Quantidade (%) de Celulares por Tecnologia em 2005.	p. 26
4	Crescimento (%) e Quantidade (%) de Celulares por Tecnologia em Abril de 2006.	p. 27
5	Valores de transmissão de dados para planos pós-pago em regime local.	p. 28
6	Arquitetura básica de um microcontrolador.	p. 29
7	Integração de memórias conseguidas pela família AVR. Fonte: ATMEL (2006b)	p. 30
8	Escalabilidade dentro da família AVR. Fonte: ATMEL (2006b)	p. 31
9	Arquitetura interna do ATmega128. Fonte: ATMEL (2006a)	p. 32
10	Encapsulamento do ATmega128. Fonte: ATMEL (2006a)	p. 34
11	Estágio de adaptação da tensão.	p. 35
12	Sensor de Efeito Hall de Corrente. Fonte: BB Automação (2006)	p. 36
13	Exemplos de Fotoresistor, Fotodiodo e Fototransistor	p. 38
14	Módulo G24 da Motorola.	p. 41
15	Arquitetura do sistema de telecontrole completo.	p. 43
16	Visão simplificada da PTSF como sistema de telecontrole completo.	p. 43
17	Arquitetura do sistema utilizando o <i>modem GSM/GPRS</i>	p. 44
18	Visão simplificada da PTSF funcionando como <i>modem GSM/GPRS</i>	p. 44
19	Arquitetura do sistema com modem de linha discada.	p. 44

20	Nova arquitetura do sistema utilizando o transmissor <i>GSM/GPRS</i> transparente.	p. 45
21	Arquitetura do sistema utilizando comunicação serial.	p. 45
22	Transmissor <i>GSM/GPRS</i> transparente emulando a ligação dos equipamentos pela serial.	p. 46
23	Plataforma de telecontrole Sem Fio como o transmissor <i>GSM/GPRS</i> transparente.	p. 46
24	Visão simplificada do Servidor <i>Socket</i> com Conversor.	p. 47
25	Microchaves de seleção dos modos de funcionamento da PTSF.	p. 47
26	Projeto lógico da plataforma de telecontrole.	p. 49
27	PCI da plataforma de telecontrole sem fio.	p. 50
28	Oscilação de tensão durante a transmissão. Fonte: Motorola (2006, p. 10)	p. 52
29	Terminal de configuração e envio de dados do TSG.	p. 59
30	TSG <i>Server</i> na primeira máquina.	p. 59
31	TSG <i>Server</i> na segunda máquina.	p. 59
32	Comunicação entre dois computadores utilizando o TSG e o TSG <i>Server</i>	p. 60
33	Esquema montado para configuração do roteador Cisco.	p. 61
34	Relatório dos testes das portas seriais feitos pelo <i>GPRS Manager</i>	p. 63
35	Ambiente do <i>GPRS Manager</i>	p. 65
36	Windows reconhecendo a conexão <i>GPRS</i>	p. 65
37	Detalhes da conexão <i>GPRS</i>	p. 65

Lista de Tabelas

1	Comparação entre redes de comutação de circuitos e de pacotes. Fonte: Tanenbaum (2003, p. 161)	p. 21
2	Resumo das características de alguns atuadores. Fonte: Bishop (2002).	p. 39
3	Comandos AT para a configuração da PTSF	p. 48
4	Capacitores de Filtro. Fonte: Motorola (2006, p. 11)	p. 52
5	Pinos referentes ao conector “Expansão”.	p. 54
6	Pinos referentes ao conector “Áudio”.	p. 54
7	Pinos referentes ao conector “USB/Serial”.	p. 55
8	Terminal de configuração do roteador cisco via o TSG.	p. 62
9	Testes básicos da conexão GPRS.	p. 64

1 *Introdução*

1.1 Contextualização

Os avanços da tecnologia possibilitaram sistemas computacionais cada vez menores, baratos e mais presentes em nossas vidas, modificando a maneira pela qual fazemos as atividades cotidianas. Esse fato tem aberto um novo campo de estudo para pesquisas de sistemas com poder de processamento, memória e outros recursos computacionais, projetados para uma aplicação específica, denominados sistemas embarcados (do inglês *Embedded Systems*).

Em relação aos sistemas embarcados na área de comunicação, existem várias aplicações vigentes que possibilitam a troca de mensagens entre receptor e emissor rapidamente e com alta qualidade. Exemplo disso é a telecomunicação móvel, que fornece serviços de transferência de voz, fotos e vídeos em alta velocidade. A rede dos sistemas de comunicações móveis celulares oferece uma ampla infra-estrutura de cobertura de rádio-transmissão (BORGES; LEITE, 2001) que pode ser usado para vários fins: rastreamento de pessoas, transferência de arquivos, acesso a internet e monitoração, entre outros.

Dentre as várias formas de uso do canal de dados, as aplicações que têm gerado uma larga demanda são os sistemas de medição à distância, conhecidos como sistemas de telemetria. Rastreamento de caminhões, monitoração de sinais corporais, análise de sistemas à distância em tempo real e medições recorrentes em lugares de difícil acesso para o ser humano, são exemplos da grande variedade de aplicações práticas possíveis para telemetria. Já quando o sistema permite, além de medição, também a atuação remota sobre o ambiente, pode-se denominá-los como telecontrole. O controle e automação tradicionais, a manutenção telepresencial, o chaveamento de linhas de trem para evitar colisões, são exemplos de aplicações de telecontrole.

1.2 Problema

Existem sistemas que necessitam ser monitorados freqüentemente, em alguns casos também com requisitos de tempo real. Quando um desses sistemas possui uma distribuição geográfica de grande escala ou pontos de medição de difícil acesso, torna-se inviável que toda coleta de dados seja dependente de agentes humanos. Em Hoepfner e Dorf (2000, p. 1741) esse problema é discutido ao apresentar o exemplo de linhas de alta tensão, que demonstra o quão inacessível pode ser uma medição. Labán (2003) menciona as redes de análise sísmica como exemplo de medições remotas em tempo real e geograficamente distantes. Podem-se citar como outros exemplos de difícil coleta a monitoração de ferrovias, rodovias e sistemas de medição para previsões meteorológicas.

Outro problema seriam os casos que além da monitoração é necessário atuar sobre o ambiente para que variáveis sejam estabilizadas e o ambiente controlado. O ajuste à distância do consumo de combustível na Fórmula 1 levando em considerações variáveis recebidas dos sensores do próprio carro e variáveis externas como o número de voltas que faltam e se o piloto já fez uma parada no *box* é um exemplo completo de um sistema de telecontrole com variáveis internas e externas ao sistema, no caso o carro.

Dessa forma, um sistema computacional embarcado que possibilite a leitura de grandezas físicas e sua transmissão sem fio até uma central onde os dados serão tratados, possibilita a resolução do primeiro problema mencionado acima. Esse sistema deve possuir entradas compatíveis para diversos sensores (possivelmente analógicas), criando uma solução mais abrangente, capaz de ser aplicada a diversos casos reais. A resolução do segundo problema exige um sistema computacional que, além da medição, seja também capaz de modificar (atuar sobre) o ambiente.

1.3 Justificativa

Áreas estratégicas numa empresa, como logística e apoio à tomada de decisões podem se beneficiar muito de dados coletados remotamente. Como exemplo, uma empresa de transporte de cargas, sabendo onde estão seus caminhões, pode gerenciar suas rotas dinamicamente, fazendo com que esses sigam por rodovias menos congestionadas. Outro exemplo seria uma central elétrica que coletando dados de tensão, corrente e temperatura, pode prever a necessidade de manutenção ou troca de dispositivos, ao longo da rede, antes que eles falhem (HOEPPNER; DORF, 2000).

Dessa forma, podemos citar como principais motivações a melhoria da qualidade de serviços e previsibilidade do sistema monitorado. Com os dados coletados a distância e entregues na central, pode haver um processamento mais inteligente do que seria possível apenas com o sistema embarcado, permitindo uma gestão pró-ativa e a criação de uma base de informações para embasar a tomada de decisões. Além disso, essa análise de dados pode criar soluções rápidas que agregariam confiança e precisão ao sistema monitorado. O projeto de uma plataforma de telemetria sem fio proporciona a criação de uma pré-estrutura que pode se adequar aos mais diversos cenários, aumentando o ritmo do desenvolvimento e garantindo um ponto de partida sólido.

Por outro lado, o processamento realizado no próprio sistema embarcado e a capacidade de atuar sobre o ambiente, fornece maior autonomia ao sistema e aumentam sua aplicabilidade. Nesse caso, a capacidade de comunicação remota permite ainda que novas configurações sejam enviadas ao sistema embarcado.

1.4 Objetivos

O objetivo geral e os específicos do trabalho de conclusão de curso estão descritos a seguir.

1.4.1 Objetivo Geral

O principal objetivo deste trabalho é a concepção de uma plataforma de telecontrole genérica que utilize tecnologia de redes sem fio (SMS, GPRS, GSM, CDMA ou outra). Esse sistema deve possibilitar o rápido desenvolvimento de soluções que exijam atuação nos ambientes remotos, captura, processamento e transmissão dos dados.

1.4.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Definir a interface de comunicação sem fio para o sistema de telecontrole, baseado nas tecnologias vigentes no Brasil.
- Definir as interfaces que serão disponibilizadas na plataforma.
- Projetar, testar e validar a plataforma de hardware para telecontrole.

- Realizar um estudo de caso com uma aplicação específica.

1.5 Resultados Esperados

O uso da tecnologia de telefonia celular, bastante difundida no país, permitirá a utilização do sistema em praticamente todas as localidades do território nacional, sem o custo da instalação de uma infra-estrutura completa de comunicação.

Além disso, a possibilidade da criação de sistemas inteligentes que analisem os dados coletados remotamente pode trazer benefícios nas áreas de planejamento, logística, prevenção à falhas e manutenção. Para isso, ao final do trabalho, espera-se ter uma plataforma de telecontrole sem fio que possibilite projetos nos mais diversificados cenários se adaptando a cada situação específica com pouco esforço.

2 *Fundamentação Teórica*

2.1 Telemetria

Telemetria é a designação dada para medição ou coleta remota de grandezas físicas, ambientais ou biológicas. Ela é tipicamente aplicada no recolhimento de dados em lugares de difícil acesso ou quando a coleta implica algum risco para o ser humano. Na telemetria, os instrumentos especializados executam as medidas dos dados e transmitem o sinal resultante, em alguns casos, após processar ou converter as grandezas capturadas. (HOEPPNER; DORF, 2000)

Embora a telemetria seja definida geralmente como medição a distância, gradualmente foram incorporados conceitos de controle a distância (Telecontrole). O canal de transmissão dos dados medidos, que antes servia apenas para a leitura de um valor, pode ser usado para enviar comandos para ativar, parar, ou de outra maneira, regular um processo. Para isso, as estações remotas têm que possuir saídas para mecanismos de controle, como um relé ou motor. (HOEPPNER; DORF, 2000)

Um sistema de telemetria básico é composto por três elementos: (i) Estação remota, processam algum tipo de grandeza e enviam; (ii) Canal de comunicação, por onde os dados coletados são enviados, podendo ser por linhas fixas ou sem fio; (iii) Servidor, ponto central que recebe os dados transmitidos.

As estações remotas têm a capacidade de monitorar dados, analógicos e/ou digitais, e enviá-los por um meio de comunicação até um servidor. Normalmente são equipamentos que possuem um microcontrolador com funções de controle e monitoramento de um processo. A telemetria é uma boa solução nos casos em que o custo do deslocamento para a leitura e supervisão desses equipamentos é caro ou inviável. Outra possibilidade de tornar sistemas de controle em estações remotas é quando o custo da falha do equipamento é muito grande. A solução de telemetria seria voltada para o monitoramento da máquina que preveniriam falhas e reduziria substancialmente os custos operacionais. (VISSOTTO,

2006)

Nos primeiros sistemas de telemetria, o canal de comunicação entre as estações remotas e o servidor era feito por fios. Com a evolução da tecnologia foram aplicadas técnicas de comunicação sem fio que apresentam mais vantagens segundo Borges e Leite (2001), pois:

- Não existem linhas físicas de transmissão para serem cortadas ou danificadas;
- Permitem a instalação em áreas remotas, onde não é possível ou praticável o uso de fios;
- O equipamento da aquisição de dados pode ser transportado facilmente.

O servidor que recebe os dados difere vastamente dos outros componentes do sistema de telemetria. A capacidade de processamento e o conhecimento de todos os pontos medidos do sistema criam a possibilidade de inúmeras aplicações que podem ser desenvolvidas. Dentre elas, previsão de falhas no sistema, extração de conhecimento com a aplicação de algoritmos nos dados armazenados e emissão *on-line* dos valores medidos (ex.: consumo de energia).

A seguir Borges e Leite (2001, p. 1) apresentam a relação da comunicação celular com telemetria e citam algumas áreas de aplicação:

Assim, com os avanços atuais das tecnologias de comunicação sem fio (“paging”, telefonia celular), a telemetria sem fio tem se tornado uma tecnologia com reconhecido potencial de influenciar profundamente os meios pelos quais as empresas coletam dados, analisam-os e tomam decisões. Sistemas que empregam a telefonia celular, podem, em princípio, atuar em diversas áreas, envolvendo a leitura remota de sinais elétricos em subestações, a leitura de pressão e vazão em tubulações de gás e oleodutos, o monitoramento remoto dos níveis de mananciais de água e de condições climáticas (estações meteorológicas), entre outras. Na área biomédica, podemos citar o monitoramento cardíaco contínuo após um ataque cardíaco; testes ergométricos em esteiras; avaliação de marcha (medidas de ângulos) nos tratamentos fisioterápicos dos membros inferiores; serviços médicos de emergência (transmissão do ECG e outros sinais vitais); transmissão de dados vitais em unidades de tratamento intensivo pós-operatório, entre outras aplicações.

2.2 Comunicação Celular

Esta seção apresenta as tecnologias de telefonia celular disponíveis no Brasil e analisa qual dessas tecnologias se aproxima do ideal para equipar o módulo de telemetria.

2.2.1 Gerações da Telefonia Celular

Apesar de existir subdivisões diferentes para as gerações de telefonia celular, de acordo com Taurion (2002) e Tanenbaum (2003) as gerações são divididas em:

- 1G: Sistemas analógicos, como o AMPS (*Advanced Mobile Phone System*).
- 2G: Voz Digital e transmissões de dados em baixa velocidade como SMS (*Short Message Service*) e CSD (*Circuit Switched Data*). Sistemas digitais como o GSM (*Global System for Mobile Communications*), CDMA (*Code Division Multiple Access*) ou TDMA (*Time Division Multiple Access*).
- 2,5G: Geração de transição para a 3G.
- 3G: Transmissão e recepção de grandes volumes de dados. Mudança de paradigma de comunicação centrado na imagem e não na voz.

A tecnologia de primeira geração (1G) é totalmente analógica, introduzida nos anos 80 e continuada até ser substituída pela segunda geração. Os aparelhos eram grandes, com pouca autonomia e caros. No Brasil ainda existem cerca de 118.859 celulares analógicos em funcionamento (TELECO, 2006). Um dos padrões utilizados é o NMT (*Nordic Mobile Telephone*), usado nos países Nórdicos, Europa Oriental e Rússia. Um outro padrão é AMPS, usado nos Estados Unidos e Brasil, TACS (*Total Access Communications System*) no Reino Unido, C-450 na Alemanha Ocidental, Portugal e Sul da África, Radiocom 2000 na França, e RTMI na Itália.

A segunda geração chegou ao Brasil por volta de 1991 e ainda domina o mercado de celulares. Com redes digitais e serviços de maior valor agregado, como envio de mensagens, correio de voz e identificador de chamadas, são basicamente três tecnologias que compõem a segunda geração: TDMA, CDMA e GSM. A transmissão de dados é feita por comutação de circuitos (CSD), que é lenta e cara.

A segunda e meia geração é um grupo de tecnologias que foram desenvolvidas para sanar alguns problemas encontrados na 2G. Podemos defini-la como um passo intermediário

na evolução para 3G. Basicamente, as melhorias foram em relação à capacidade de transmissão de dados, devido ao emprego de tecnologias de comutação de pacotes como GPRS (*General Packet Radio Service*), CDMA 1x e EDGE (*Enhanced Data rate for Global Evolution*).

A terceira geração foca principalmente nas altas taxas de transferência de dados, possibilitando transmissões de voz de alta qualidade, serviços de mensagens (uma mescla de e-mail, fax, SMS, bate-papo, etc), multimídia (música, vídeo, TV, etc) e acesso à internet. Além disso, existem especulações de serviços como videoconferência, telepresença, jogos on-line e comércio eletrônico. Existia a intenção da criação de apenas um padrão para onde todas as tecnologias convergissem. Isso possibilitaria que o usuário usasse seu celular em qualquer lugar no mundo. Entretanto, por questões políticas foram desenvolvidos dois padrões o WCDMA (Ericsson) quer será a evolução do GSM e o CDMA2000 (*Qualcomm*), que é a evolução do CDMA. Devido ao alto custo de implantação e de tecnologias concorrentes (ex.:802.11g) alguns especialistas consideram que a 3G está condenada. (TANENBAUM, 2003)

2.2.2 Tecnologias

2.2.2.1 Técnicas de Transmissão de Dados

Nas tecnologias de transmissão de dados por comutação de circuitos, existem basicamente três fases: conexão com o destino, envio de dados e desconexão. Assim, para a transferência de dados, é necessário o estabelecimento de uma ligação “física” (ponto-a-ponto) entre os terminais que pretendem se comunicar. Essa tecnologia é normalmente considerada como ultrapassada e pode ser comparada com a famosa internet discada, pois ocupa a linha, é tarifada por tempo, a largura de banda é potencialmente desperdiçada, a velocidade de transmissão é muito baixa, a desconexão é fatal e gera a necessidade do usuário pagar novamente pela conexão e pela retransmissão dos pacotes iniciais já enviados. (UCEL, 2006) (TANENBAUM, 2003)

Para redes de telefonia móvel, a comunicação por comutação de pacotes é uma evolução na transferência de dados. Isso porque os sistemas de comutação de circuitos são tratados como uma ligações de voz, ou seja, é necessário ligar para um servidor e esperá-lo atender e reconhecer sua chamada de dados. Enquanto isso, o *slot* de tempo ou a frequência usada fica totalmente ocupada e o usuário paga, pois a tarifação é feita por tempo.

Na comutação de pacotes a informação é fragmentada e enviada pela rede. Cada fragmento (pacote) pode tomar um caminho diferente, sendo agrupados e ordenados no destino. Dessa forma, o usuário ocupa o meio de transmissão somente enquanto está enviando ou recebendo os pacotes. Isso possibilita que vários usuários possam compartilhar o meio de comunicação, permitindo um melhor aproveitamento da rede e um custo menor, já que a tarifação é feita sobre cada pacote transmitido. Além disso, a comutação de pacotes não necessita de uma fase anterior ao envio dos pacotes, ou seja, o sistema não precisa conectar para começar a transferir dados.

Apesar da comutação de circuitos e de pacotes diferirem em muitos aspectos, podemos citar como principal diferença que “a comutação de circuitos exige que um circuito seja configurado de ponta-a-ponta antes de se iniciar a comunicação. A comutação de pacotes não exige qualquer configuração antecipada. O primeiro pacote pode ser enviado assim que está disponível” (TANENBAUM, 2003, p. 159). Na tabela 1 é feita uma comparação mais detalhada dos dois tipos de transmissão de dados.

Tabela 1: Comparação entre redes de comutação de circuitos e de pacotes. Fonte: Tanenbaum (2003, p. 161)

Item	Comutação de Circuitos	Comutação de Pacotes
Configuração de chamadas	Obrigatória	Não necessária
Caminho Físico dedicado	Sim	Não
Cada pacote segue a mesma rota	Sim	Não
Os pacotes chegam em ordem	Sim	Não
A falha de conexão é fatal	Sim	Não
Largura de banda disponível	Fixa	Dinâmica
Momento de possível congestionamento	Durante a configuração	Em todos os pacotes
Largura de banda potencialmente desperdiçada	Sim	Não
Tarifação	Por minuto	Por Pacote

2.2.2.2 TDMA

A sigla TDMA significa Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo. Essa tecnologia multiplexa vários sinais digitais dividindo um canal de alta frequência em até seis canais de tempo distintos (*slots*). Cada usuário ocupa um espaço de tempo enviando informações de voz ou controle, impedindo problemas de interferência. (TAURION, 2002)

Normalmente, TDMA é associado à tecnologia 2G de celulares, enquanto na verdade o padrão utilizado na telefonia móvel é o D-AMPS (*Digital Advanced Mobile Phone System*), que usa o TDMA como técnica para dividir a largura de banda da portadora. O TDMA é utilizado também em vários outros padrões de telefonia celular, como por exemplo, o GSM, que o utiliza para comunicação com as centrais. O TDMA também é bastante usado na comunicação de sistemas de satélite, redes locais, sistema de segurança e sistemas de rádio.

O sistema D-AMPS é totalmente digital. O sinal de voz é capturado, digitalizado e compactado utilizando técnicas mais avançadas que as tecnologias 1G. Ou seja, o que no sistema analógico era feito na central, agora é feito no próprio aparelho. Isso implica em várias vantagens, com a voz digital e utilizando algoritmos de compactação eficazes consegue-se reduzir a quantidade de bits transmitidos e dividir os canais de frequência entre vários usuários, aumentando a capacidade do sistema. O D-AMPS possui um quadro TDMA de 40ms que comporta de três a seis usuários, dependendo do grau de compactação da voz. Na figura 1 podemos observar um quadro TDMA do padrão D-AMPS com três usuários.

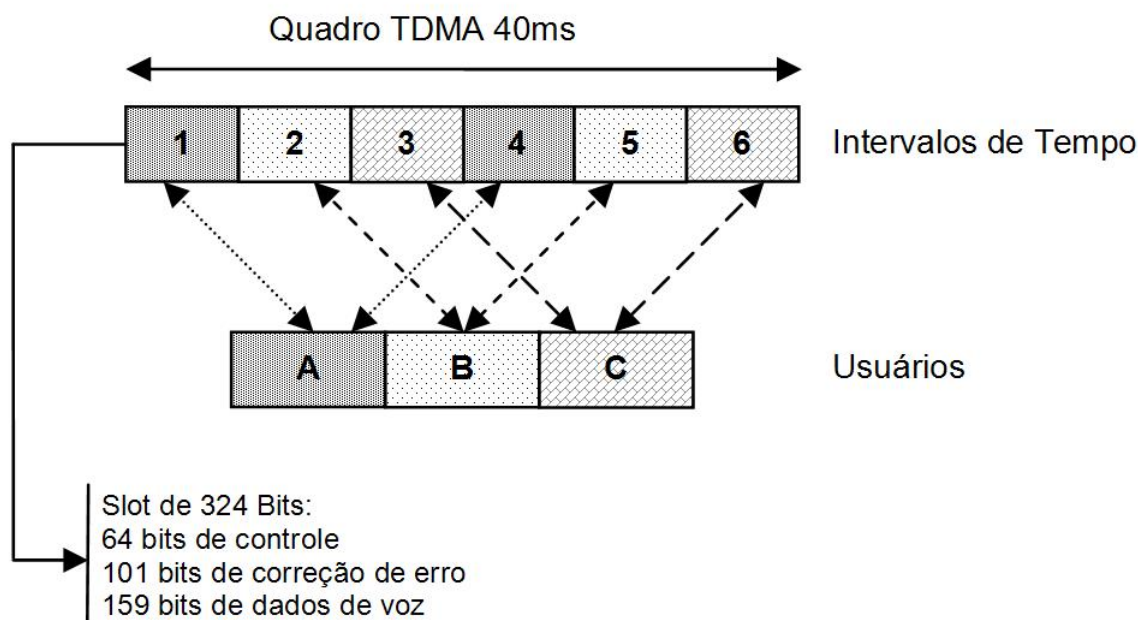


Figura 1: Um canal D-AMPS com três usuários.

2.2.2.3 CDMA

O padrão CDMA é um sistema desenvolvido pela empresa norte americana *Qualcomm*. A princípio foi um sistema desacreditado, porém devido à persistência dos desenvolvedores

hoje é visto como a melhor solução técnica existente e serve como base para a telefonia de terceira geração. Em março de 2006 o número de assinantes era cerca de 318 milhões no mundo e 64,2 milhões na América Latina (CDG, 2006).

O CDMA é muito diferente do AMPS, do D-AMPS e do GSM. Em vez de dividir a faixa de frequências durante todo o tempo, várias transmissões simultâneas são separadas com o uso da teoria da codificação. O CDMA também relaxa a suposição de que quadros que colidem são totalmente adulterados. Em vez disso, ele pressupõe que vários sinais se somam de modo linear. Analogamente podemos considerar muitos pares de pessoas conversando em um mesmo lugar. Na multiplexação por divisão do tempo (D-AMPS e GSM) todas as pessoas estariam juntas conversando por turnos, um par de pessoas de cada vez. Na multiplexação por divisão da frequência (FDMA), as pessoas formariam grupos separados e conversariam ao mesmo tempo independentes dos outros grupos. No CDMA as pessoas conversariam juntas, cada par em seu idioma e rejeitariam todos os outros idiomas, considerando-os como ruídos. Desse modo, a chave do CDMA é a capacidade de extrair o sinal desejado e rejeitar todos os outros como ruído aleatório. (TANENBAUM, 2003)

Infelizmente, a comunidade CDMA depende da existência de canais analógicos nos sistemas TDMA para completar o *roaming*¹ em muitas áreas. À medida que se torna cada vez mais difícil suportar sistemas analógicos devido ao pequeno número de espectros de frequência, as operadoras CDMA terão que projetar soluções alternativas que incluam a possibilidade de terminais CDMA-GSM. (DOWNES, 2001)

Existem duas tecnologias vigentes para a transferência de dados por comutação de pacotes: CDMA 1X e 1xEV-DO. A tecnologia CDMA 1x também é conhecida como CDMA/IS-95-C, CDMA 1xRTT ou CDMA2000 1x. A designação “*1xRTT*” ou “*1x*” vem de “*1 times Radio Transmission Technology*”. Essa tecnologia é de 2,5G e mantém compatibilidade com o sistema anterior. A taxa de transmissão de dados típica é de 40 a 70 *kbit/s* e existe a implementação de controle *QoS*.

A tecnologia 1xEV-DO (*Evolution-Data Optimized*) é de terceira geração (3G) e ainda está limitada a poucas cidades no Brasil. Funciona sobre uma portadora de 1,25 *MHZ* e, é dedicada apenas para dados e possui taxa média efetiva de 700*kbps*. (UCEL, 2006)

¹Em telefonia celular, é a função que permite ao sistema conhecer de forma automática onde se encontram seus terminais. Fornecer acesso direto à rede para clientes de operadoras móveis estrangeiras que estão em território nacional.

2.2.2.4 GSM

O GSM foi um padrão desenvolvido na Europa para substituir os diferentes padrões analógicos utilizados pelos países europeus. Operando nas faixas de 850, 900, 1800 e 1900 MHz é o padrão de telefonia móvel que mais cresce no Brasil e no mundo. São 400 operadoras em 160 países, abrangendo dois terços dos usuários de telefones móveis do mundo. Foi introduzido no Brasil em 2002 e hoje está presente em todos os estados brasileiros. (TAURION, 2002)

Essa tecnologia introduz várias facilidades, e uma delas é o SIM Card (*Subscriber Identity Module Card*), o chamado “*chip*” no Brasil, o qual identifica o usuário para a rede de celular. Um SIM Card válido pode ser colocado em qualquer aparelho compatível com a tecnologia GSM, que imediatamente habilitará o uso do mesmo. Além da identificação do usuário, o SIM Card pode armazenar dados, como o plano contratado da operadora, agenda telefônica, mensagens de texto, imagens e aplicativos. Antigamente a memória disponível era de *32kbytes*, mas atualmente algumas operadoras oferecem chips de até *128kbytes*. Um *SIM Card* mede aproximadamente 2,5cm por 1,5cm e seu formato pode ser visto na Figura 2.



Figura 2: Exemplos de SIM card.

Juntamente com o GSM podem-se adotar vários tipos de tecnologias para a transmissão de dados. A primeira tecnologia para a transmissão de dados em redes celulares, inclusive no GSM, foi o CSD. Trata-se de uma tecnologia digital que possibilita a troca de dados e usa um único *slot* de tempo para disponibilizar uma velocidade de *9,6kbps* em média. Em uma conexão CSD, dizemos que um circuito telefônico foi aberto entre dois pontos, e ele é mantido não importando se os dados estão sendo transmitidos ou não. A tarifa é baseada no tempo de uso e não é possível receber nenhuma ligação enquanto estiver conectado. (UCEL, 2006)

Uma melhoria do CSD é o HSCSD, que ainda usa o método de comutação de circuito. O HSCSD traz inovações em relação às maneiras de correção de erros usados na transferência de dados e a possibilidade do uso de diversos *slots* de tempo, possibilitando chegar a uma capacidade de 38,4 Kbps. Porém, o uso de múltiplos *slots* de tempo pode sobrecarregar a rede GSM, tornando-o um método bastante caro. Esse é um dos motivos principais pela preferência da utilização do GPRS, tratado a seguir.

Outra tecnologia utilizada com GSM e que funciona por comutação de pacotes é o GPRS. A tendência de evolução das redes GSM/CSD para redes GSM/GPRS é clara, já que essa migração é relativamente simples (TAURION, 2002) e traz muitos benefícios para os usuários. As redes GPRS são extremamente voltadas para a comunicação móvel, com taxas de transferência teóricas de até 171,2 kbps, utilizando todos os *timeslots* ao mesmo tempo, na prática a velocidade fica entre 20 e 56 kbps.

Para aplicações que necessitam de uma taxa maior de transferência de dados, uma opção é a tecnologia (também de comutação de pacotes) chamada EDGE que representa a evolução do GSM/GPRS rumo à terceira geração. Algumas operadoras já estão disponibilizando o serviço no Brasil. Essa tecnologia foi projetada para facilitar a migração das bases existentes sem a necessidade da criação de uma nova rede, tendo custos baixos para sua implantação. Permite aplicações com alta taxa de transmissão de dados, sua velocidade teórica de transmissão é de 473,6 kbps. (HALONEN; ROMERO; MELERO, 2003)

2.2.3 Considerações

Apesar da tecnologia TDMA ter uma das maiores capacidades instaladas no Brasil, as empresas provedoras de serviço pararam de investir, fazendo com que a tecnologia parasse de evoluir no país. Além disso, a tecnologia TDMA possui sérias limitações técnicas, especialmente em relação à transferência de dados, principal foco desse trabalho. Dessa forma, não sendo a melhor escolha para a comunicação entre os módulos de telemetria e a central.

A Agência Nacional de Telecomunicações ANATEL (2006) apresenta o crescimento de celulares por tecnologia no ano de 2005 em comparação com o ano de 2004, e esses números estão condensados na figura 3. Liderando o crescimento esta a tecnologia GSM com 99,0%, seguida pela CDMA com 23,1%. Pode-se perceber um recuo de 25,3% da tecnologia TDMA e 59,4% dos serviços analógicos.

A figura 4 apresenta a manutenção do *ranking* de crescimento por tecnologia também

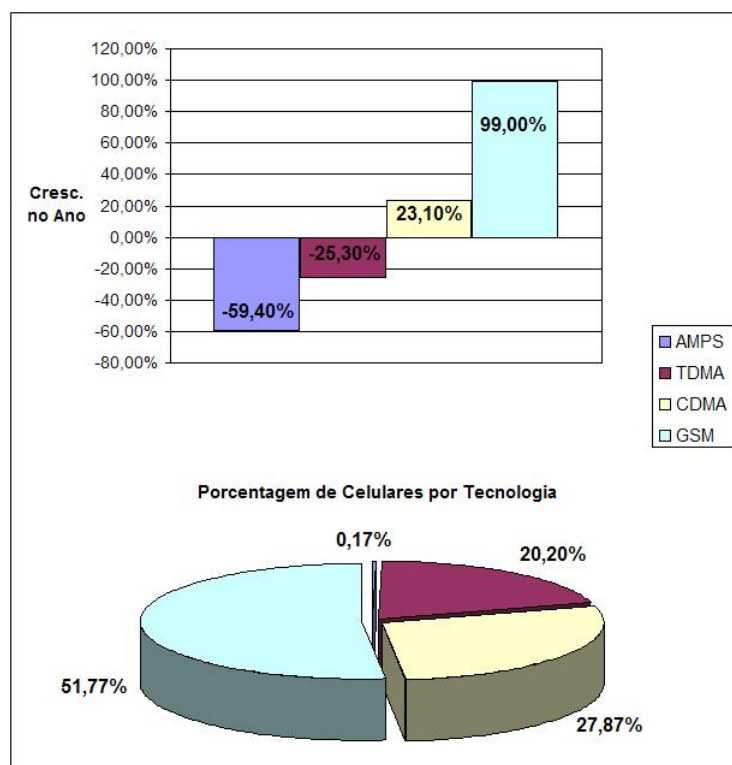


Figura 3: Crescimento (%) e Quantidade (%) de Celulares por Tecnologia em 2005.

em 2006, comprovando a tendência do aumento da tecnologia GSM com relação à CDMA.

Além disso, esses números fundamentam a declaração dada por Eva Benguigui, analista para a América Latina da EMC World Cellular Database² a revista *On-Line World-TELECOM* na entrevista intitulada “O reinado do GSM pode estar próximo”:

A realidade é uma só. Existe o GSM e o CDMA. São duas tecnologias concorrentes que chegarão por caminhos diferentes ao WCDMA, ou UMTS, a terceira geração de celulares. O GSM fará esse caminho via GPRS ou EDGE e o CDMA pelo 1x RTT, 1xEV-DO ou 1xEV-DV. Em outubro de 2003, havia 912,8 milhões de clientes GSM no mundo e de acordo com as previsões da EMC vamos chegar a 1 bilhão no primeiro trimestre deste ano. O CDMA contava, no mesmo período, com 169,5 milhões de clientes. O que isso significa? Que o CDMA seguirá sendo uma tecnologia alternativa ao GSM até que todos ingressem no UMTS.

...

O GSM vai dominar a região das Américas, ou seja, do México à Argentina e o Caribe. Os aparelhos têm preços competitivos, são atraentes, com serviços diferenciados e roaming mais abrangente que as outras tecnologias em uso. No ano passado, várias operadoras da região migraram da tecnologia CDMA para a GSM. (PAULA, 2004).

Uma vantagem da tecnologia GSM em relação ao CDMA é o SIM Card. Essa tecnologia cria uma enorme flexibilidade, pois não é o equipamento que é habilitado com uma

²Empresa britânica de pesquisa e consultoria especializada no mercado de telefonia móvel.

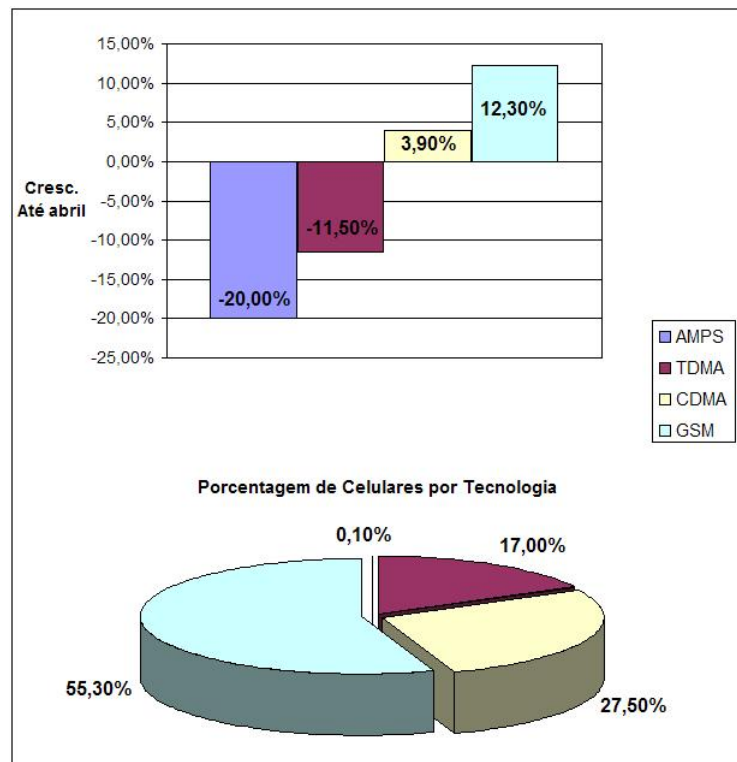


Figura 4: Crescimento (%) e Quantidade (%) de Celulares por Tecnologia em Abril de 2006.

linha telefônica, é o SIM Card que recebe os dados. Assim, se houver necessidade de troca de operadora com planos mais vantajosos, apenas é necessário trocar o SIM CARD. No caso do CDMA, a operadora deveria intervir em cada equipamento para habilitação da linha ou modificação do plano.

A presença mundial e o volume de assinantes e redes GSM é o grande trunfo deste sistema, e isso é traduzido em facilidades de *roaming* e custos mais baixos para a rede e terminais (TUDE, 2003). Outro fator associado ao custo é em relação à transmissão de dados. Na figura 5 são apresentados valores de transmissão de dados para planos pós-pago em regime local (UCEL, 2006). Podemos perceber que as comunicações feitas utilizando a tecnologia CDMA 1x, em alguns casos, são quase sete vezes mais caras por *kilobyte* do que a tecnologia GSM/GPRS. Além disso, a quantidade de dados transmitidos no sistema proposto não é grande, sendo facilmente suprida pela capacidade de comunicação do GPRS (General Packet Radio Service), que pode ser adotada pelo padrão GSM.

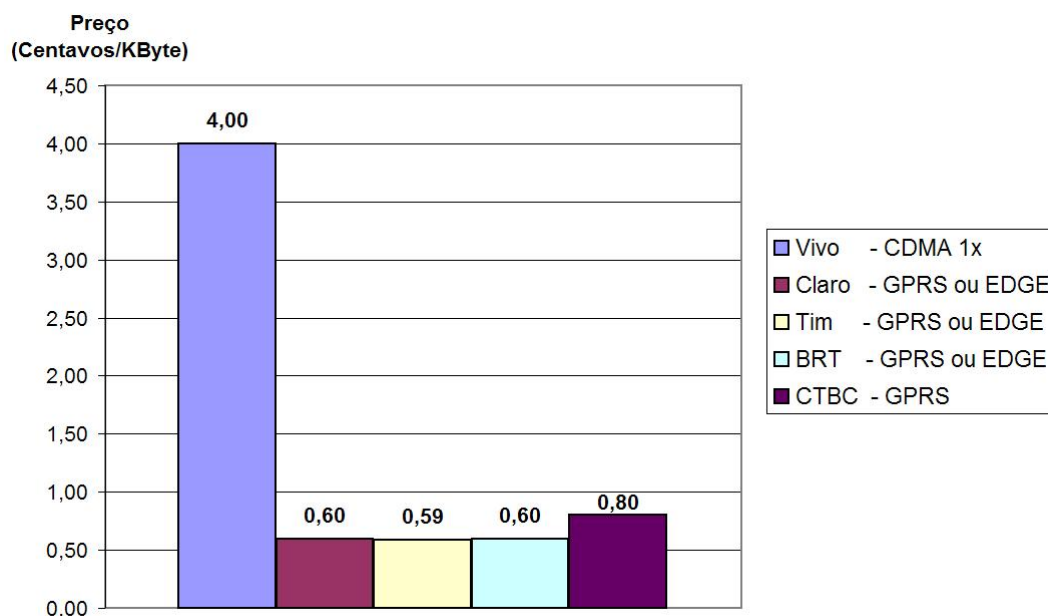


Figura 5: Valores de transmissão de dados para planos pós-pago em regime local.

2.3 Hardware

O hardware definido para a plataforma de telecontrole sem fio pode ser dividido em três grandes partes: o sistema de processamento, de aquisição de dados e controle, e o de comunicação. Nessa seção serão apresentadas a alternativa escolhida para o sistema de processamento, informações sobre os tipos de sensores para captura de dados, alguns atuadores para controle, e o módulo de comunicação da tecnologia escolhida na seção 2.2.

2.3.1 Microcontrolador

Apesar de uma parcela considerável de sistemas ser voltado para o alto poder de processamento, existem sistemas em que processadores mais simples podem e devem ser empregados. Esses processadores normalmente têm poder de processamento limitado e alto grau de integração.

Eles são denominados microcontroladores e estão cada vez mais presentes em nossas vidas. Seu surgimento foi possível graças à revolução da microeletrônica, que fez o preço dos circuitos integrados cair consideravelmente. Processadores que antigamente eram caros são comprados a baixo custo e empregados em uma série de sistemas dedicados. Isto está possibilitando o surgimento da chamada “Era da Computação Invisível”. Este nome vem do fato de que a maioria dos nossos equipamentos modernos fazem uso de microprocessadores. Aí estão incluídos televisores, vídeo-cassetes, aparelhos de CD e DVD, fornos de microondas, telefones

celulares, carros, etc. (MENDONÇA; ZELENOVSKY, 2005, p. 4)

Um processador ou um microprocessador é somente um dos componentes (*CPU - Central Processing Unit*) de um sistema computacional. Para que ele funcione, são necessários ainda memórias de programa e de dados, portas de comunicação, temporizadores e outros periféricos específicos para cada aplicação. Além disso, é necessário que se utilize um barramento padronizado para interligação de todos os componentes do sistema. Enquanto isso, um microcontrolador possui toda essa estrutura embutida em um único circuito integrado, simplificando e barateando o projeto. Na figura 6 é apresentada uma arquitetura simplificada de um microcontrolador. (SCHUNK; LUPPI, 2001)

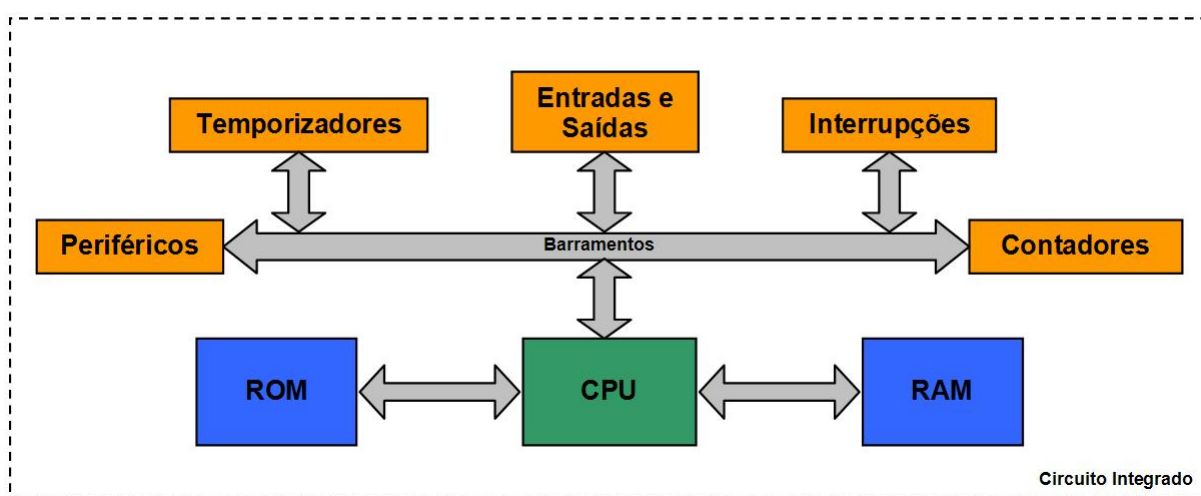


Figura 6: Arquitetura básica de um microcontrolador.

Existem várias arquiteturas propostas para microcontroladores. Cada uma se propõe a atuar em um nicho de mercado, agregando funções específicas, como conversores analógico-digital (A/D) e digital-analógicos (D/A), PWM e sistemas de comunicação específicos, entre outras. Os microcontroladores podem ser de 8, 16 ou 32bits, com custos e poder de processamento diferentes.

Geralmente os fabricantes comercializam seus microcontroladores e componentes em geral em famílias, sendo que cada família pode possuir dezenas de microcontroladores. Cada microcontrolador de uma família difere dos demais em relação ao número de pinos de I/O, frequência, quantidade de memória e presença de periféricos específicos, de forma que é razoavelmente fácil encontrar um componente que se adapte às necessidades de uma aplicação.

A família de microcontroladores AVR 8-Bit da ATMEL³ foi escolhida para o desenvolvimento por possuir microcontroladores que suprem as necessidades de processamento e

³Atmel Corporation, fundada em 1984, é líder mundial no projeto, produção e marketing de semicon-

interface do projeto, pelo conhecimento da arquitetura e ferramentas de desenvolvimento e pelo fácil acesso a plataformas desenvolvimento.

A família AVR é uma linha de microcontroladores RISC (*Reduced Instruction Set Core*) que possuem alta performance de processamento comparada com outros microcontroladores de 8 bits (o que é devido à sua arquitetura *harvard*, que separa os barramentos das memórias de programa e dados, e permite que o processador acesse simultaneamente as duas memórias e execute a maioria das instruções em um ciclo de *clock*). Além disso, possui internamente 32 registros de uso geral, que permitem uma maior velocidade de acesso que as memórias externas à CPU.

Uma faixa de operação entre 1.8V e 5.5, rápido retorno das várias opções de operação do modo *sleep*, controle da frequência de operação por software e ciclo único de execução para maioria das instruções, caracterizam uma família com baixo consumo de energia. O conjunto de componentes AVR é caracterizado como uma família para alta densidade de código, com uma arquitetura projetada para linguagem C, endereçamento compatível com C, mapas de endereço linear e suporte para operações aritméticas de 16 e 32bits.

Com alta tecnologia de memória, todos os modelos de AVR possuem memória de programa Flash auto-programável, EEPROM para armazenamento de parâmetros e alta integração de FLASH, EEPROM e SRAM em uma única pastilha que pode ser visualizada na figura 7.

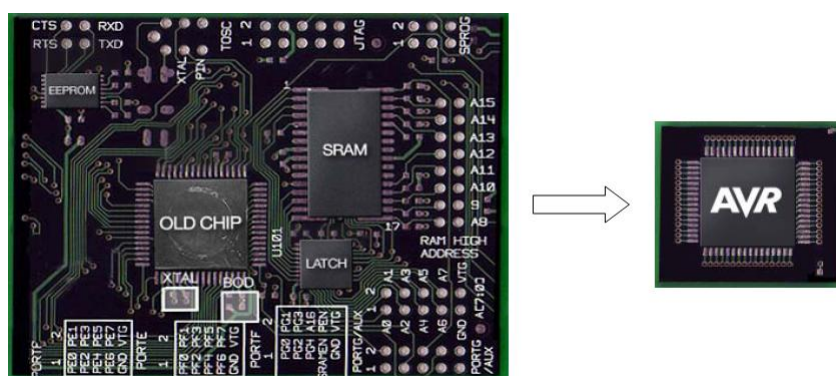


Figura 7: Integração de memórias conseguidas pela família AVR. Fonte: ATMEL (2006b)

A escalabilidade é outra vantagem da família AVR (figura 8), com uma vasta variedade de circuitos integrados (CIs) diferentes, criando várias possibilidades de escolha. Existem dispositivos de 1 até 256 kbytes de memória, com encapsulamento de 8 até 256 pines. Existem dispositivos avançados, incluindo lógica avançada, memória permanente e circuitos integrados de RF. É uma das novas companhias da elite capaz de integrar a memória permanente densa, lógica e funções analógicas em um único *chip*.

pinos, código e relação pino-função totalmente compatível dentro da família e apenas um conjunto de ferramentas de desenvolvimento. Ou seja, se houver necessidade de migrar para um componente com maior capacidade de processamento ou espaço para programa, é possível encontrá-lo dentro da própria família, sem a necessidade de modificação da aplicação. Além disso, alguns componentes têm pinos compatíveis entre eles e com outras famílias (ex. 8051), garantindo estabilidade no projeto de hardware.

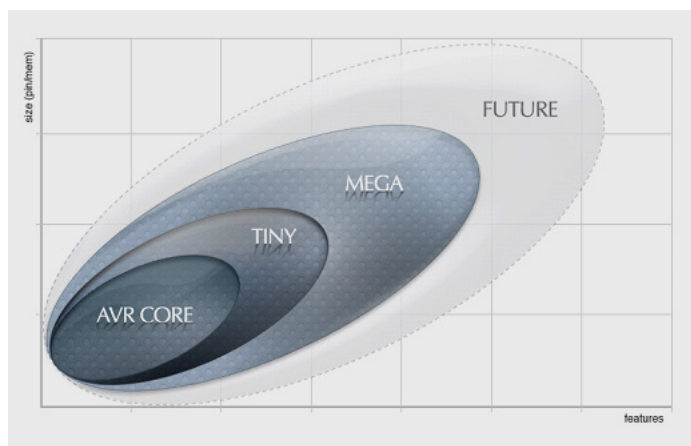


Figura 8: Escalabilidade dentro da família AVR. Fonte: ATMEL (2006b)

O componente escolhido para o desenvolvimento do projeto foi o ATmega128 da família AVR. No centro da figura 9, onde é apresentada a arquitetura interna do ATmega128, pode-se ver alguns blocos destacados. Esses blocos formam o processador, e todos os outros são periféricos que seriam colocados na placa, reafirmando assim, a importância da integração de um microcontrolador e a diferença de um microprocessador.

Para informações mais detalhadas consultar o anexo A onde foram colocadas partes da folha de dados do microcontrolador com suas características e descrição de seus periféricos. A seguir será apresentado um resumo dos recursos e tecnologias do microcontrolador relevantes ao projeto.

O microcontrolador ATmega128 possui 4K Bytes de memória *SRAM*, 4K Bytes de *EEPROM*, 128K Bytes de memória *Flash* programável via *ISP (In-System Programming)*.

ISP é a habilidade de alguns dispositivos como microcontroladores, lógica programável e outros circuitos integrados (CI) programáveis de serem programados mesmo depois de integrados em um sistema maior. Uma das principais vantagens é na manufatura de equipamentos eletrônicos que possuem esse tipo de dispositivo, não sendo necessária a pré-programação do CI antes da soldagem das placas. Outra vantagem é na atualização do *firmware* onde o sistema é re-programado com o equipamento em campo. E por fim,

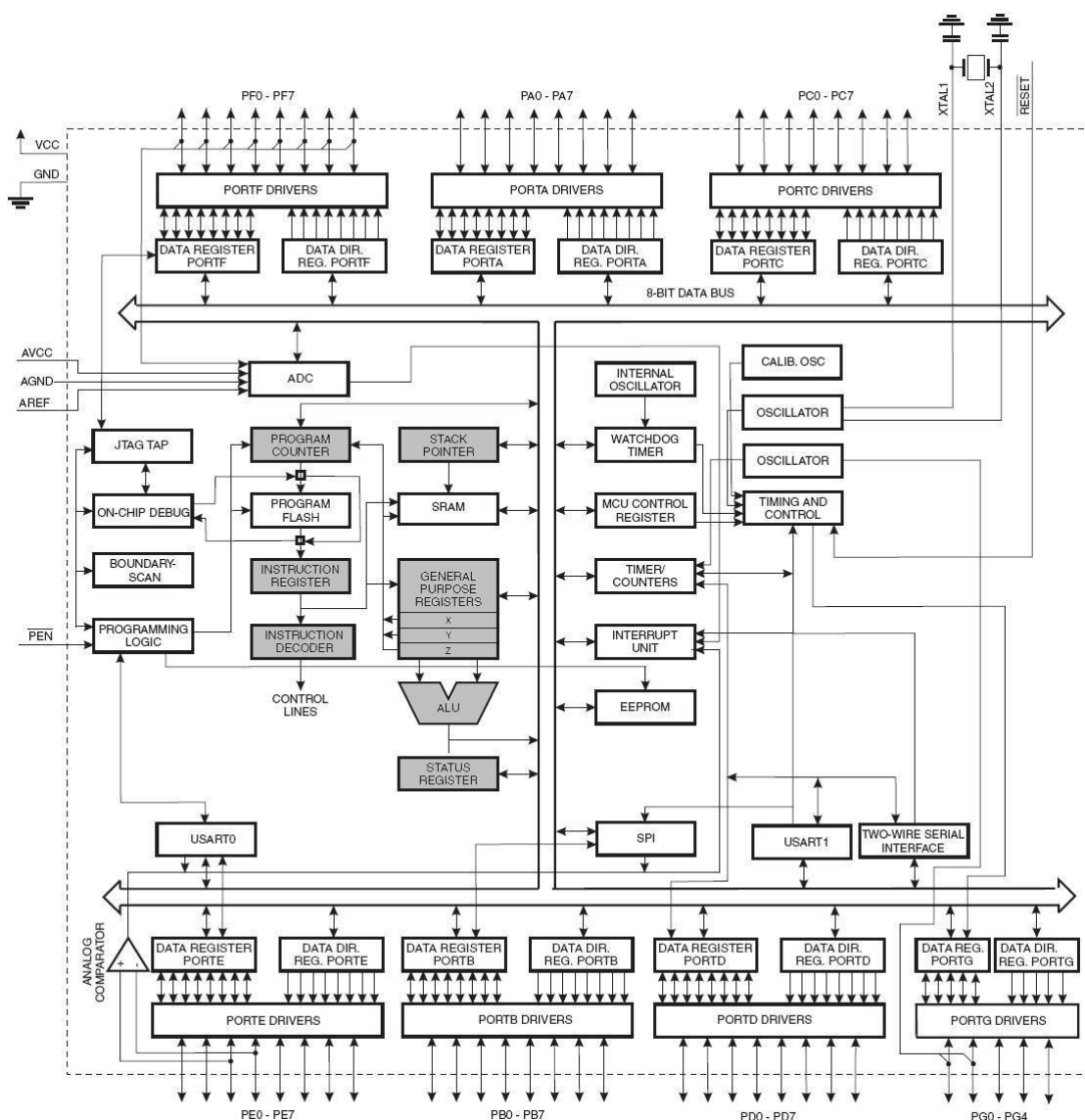


Figura 9: Arquitetura interna do ATmega128. Fonte: ATMEL (2006a)

durante o desenvolvimento não é necessário a retirada do CI para programação e teste de um novo programa.

Outra alternativa a programação do ATmega128 é o JTAG (*Joint Test Action Group*) que ainda tem a possibilidade de testes assistidos. O JTAG, formalmente conhecido como o padrão *IEEE/ANSI 1149.1*, é uma coleção de regras aplicadas a testes principalmente ao nível de circuitos integrados. Isso permite que o software diminua o custo crescente dos projetos, produção e testes de sistemas digitais. O JTAG pode ser usado para testar sub-blocos do sistema, como por exemplo o microcontrolador, ou uma parte da placa de circuito impresso com vários sub-blocos. É um mecanismo bastante eficiente para *debugging*, provendo uma “porta dos fundos” dentro do sistema. (PARKER, 2005)

No microcontrolador ATmega128 são inúmeras as interfaces de comunicação padronizada, entre elas duas seriais USART (*Universal Synchronous and Asynchronous Serial Receiver and Transmitter*), serial síncrona Mestre e Escravo no padrão SPI (*Serial Peripheral Interface*) e TWI (*Two-Wire serial Interface*). (ATMEL, 2006a)

A interface TWI é compatível com o padrão I2C (*Inter Integrated Circuit*) da Philips. O padrão I2C é um barramento serial de dois fios para transferência de dados de 8 bits, um sinal para *clock* e um sinal para dados. O sinal de dados é bi-direcional, mas os dados podem fluir somente em um sentido por vez. No barramento os dispositivos podem ser mestres ou escravos, o mestre sempre inicia a comunicação. A transferência dos sinais de controles são feitas pelo canal de dados e cada dispositivo possui um endereço único no barramento. (PHILIPS SEMICONDUCTORS, 2000)

O microcontrolador ATmega128 pode atuar no barramento como mestre ou escravo, suporta um barramento com múltiplos mestres, frequência máxima de transferência de 400kHz, supressão de ruídos nos sinais do barramento e saída automática do modo de baixo consumo com a chegada de dados. (ATMEL, 2006a)

Um dos recursos mais importantes do microcontrolador escolhido é possuir como periférico integrado um conversor analógico digital (ADC). As características principais do ADC são resolução de 10-bit, tempo de conversão de 13 a 260us e 8 canais de entrada multiplexados. O ADC ainda possui um pino de alimentação separado o *AVCC*, que pode ajudar a minimizar os ruídos nas conversões. *AREF* é a entrada para tensão de referência dos conversores analógicos/digitais. A referência nominal interna de tensão é 2,56V ou *AVCC* que podem ser selecionadas via registro de configuração. (ATMEL, 2006a)

O encapsulamento do ATmega128 é apresentado na figura 10, onde pode ser visto o nome dos seus 64 pinos.

Apesar do microcontrolador ter um bom nível de integração, ele não conseguirá alcançar o grau de especialização exigido por algumas aplicações. Por isso, ele possui portas para se comunicar com o mundo real e é através dessas portas que ligamos periféricos mais específicos exigidos pela aplicação. Por exemplo, os sensores e atuadores que podem servir para interação com o mundo real para os mais diversos fins. Na seção seguinte são apresentados alguns tipos de sensores.

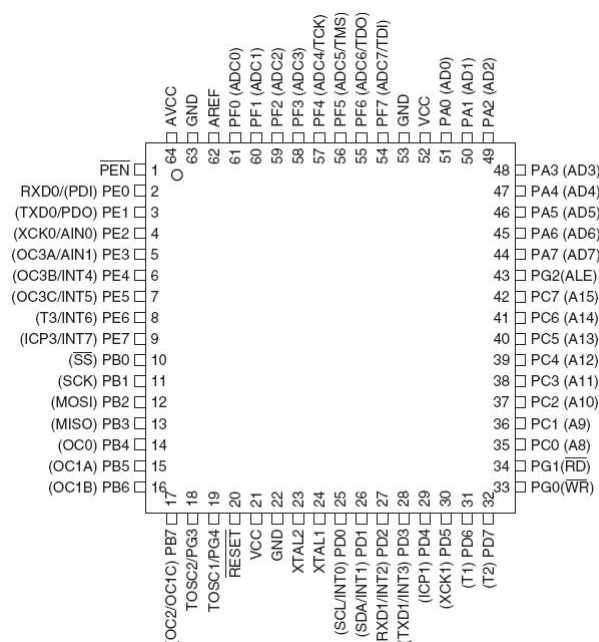


Figura 10: Encapsulamento do ATmega128. Fonte: ATMEL (2006a)

2.3.2 Sensores

Um sensor é um dispositivo que converte um fenômeno físico em um sinal elétrico. Desta maneira, os sensores representam em parte a relação entre o mundo físico e o mundo dos dispositivos elétricos, tais como computadores. (WILSON, 2005)

A seguir serão apresentados os tipos mais comuns de sensores. No Anexo B existe uma introdução dos tipos de sensores, interfaces e calibração e abaixo, os principais tipos são apresentados.

2.3.2.1 Tensão

A tensão pode ser lida diretamente pela entrada analógica. Em alguns casos é necessário um circuito amplificador ou atenuador para garantir que as variações da tensão fique dentro da faixa suportada pelo conversor analógica/digital. Na figura 11 é mostrado o estágio “*input divider*” que garante uma tensão dentro da faixa aceitável do sistema. (WILSON, 2005)

O estágio de adaptação pode ser feito usando um simples divisor de tensão ou complexos transformadores de instrumentação para sistemas de alta tensão, que normalmente possui a seguintes tarefas:

- Para transformar correntes ou tensões de um valor geralmente elevado a um valor

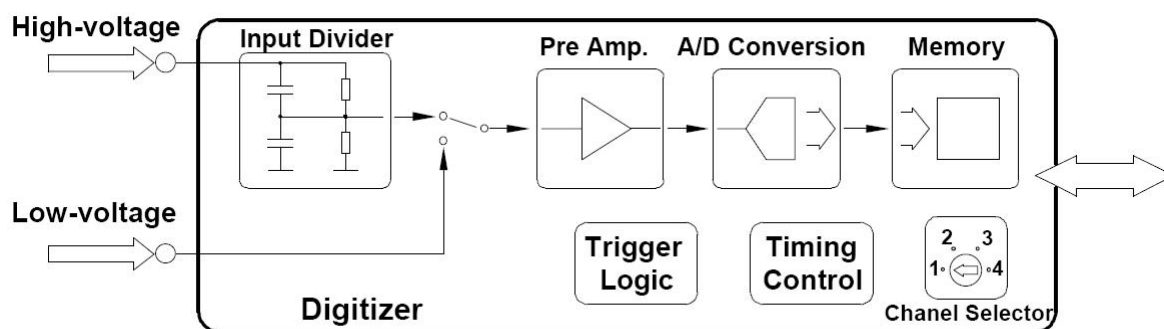


Figura 11: Estágio de adaptação da tensão.

de trabalho para relés e instrumentos

- Isolamento do circuito de medição do sistema de alta tensão
- Possibilitar a padronização das correntes e tensões a uma medida proporcional para os instrumentos de medida

2.3.2.2 Corrente

Para medir a corrente em circuitos de baixa potência podemos capturar o valor da tensão sobre uma resistência ôhmica conhecida em série com a linha de interesse e utilizando a lei de ohm ($V = R * I$) chegamos ao valor da corrente, de forma bastante precisa.

Para medição de correntes elétricas maiores deve-se usar uma forma de medição não intrusiva. Existem dispositivos onde um valor físico pode produzir uma alteração em um campo magnético ou em um campo elétrico. Considerando esse princípio, temos sensores de efeito *Hall*⁴ que podem ser usados para medir corrente que passa por um condutor sem interrompê-lo.

Na figura 12 é apresentado um sensor comercial de efeito *Hall* de corrente.

As principais características técnicas são:

- Variação de corrente de 50A - 10kA
- Forte isolamento elétrico entre entrada e saída

⁴O efeito *Hall* foi descoberto em 1879 por *E.H. Hall*, que submeteu um condutor elétrico a um campo magnético perpendicular a direção da corrente elétrica. *E.H. Hall* verificou que uma diferença de potencial elétrico aparecia nas laterais deste condutor na presença do campo magnético.

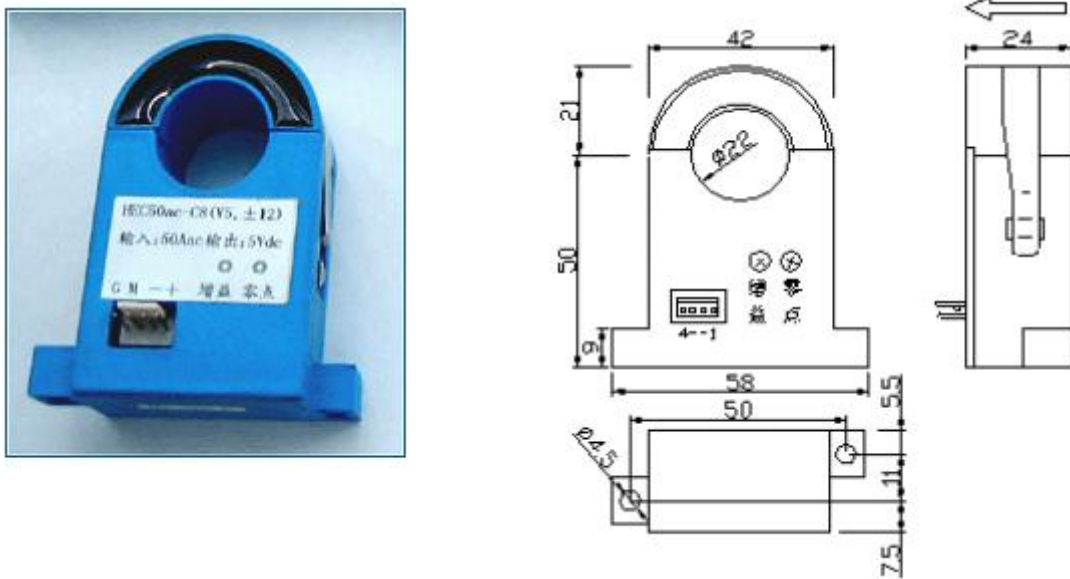


Figura 12: Sensor de Efeito Hall de Corrente. Fonte: BB Automação (2006)

- Diferentes estilos de casos com diferentes janelas
- Boas características térmicas
- Alta confiabilidade
- Excelente tolerância nas saídas

2.3.2.3 Temperatura

Existem vários tipos de sensores para medir temperatura, entre eles se destacam os detectores de temperatura resistivos (RTDs), termopares, termistores e circuitos integrados. Esses sensores convertem a temperatura em um referência de tensão, resistência ou corrente, os quais são medidos, processados e finalmente um valor de temperatura é computado.

Os RTDs são construídos usando um fio de metal envolto em vidro ou em um cilindro cerâmico. O princípio de funcionamento dos RTDs é o aumento da resistência do fio com o aumento da temperatura. Os metais empregados são cobre, níquel e a platina que é o metal mais estável e linear. Os RTDs são calibrados para que a 0°C a resistência seja 100 Ohms, a temperatura é encontrada com o valor da resistência e uma constante alpha fornecida pelo fabricante.

Os termopares são compostos por dois fios metálicos de composição distinta soldados nas respectivas extremidades se uma das junções é mantida a temperatura superior à

outra, circulará corrente elétrica entre essas junções. Trata-se de um efeito termoelétrico bem conhecido da física como Efeito de *Seebeck*. Embora praticamente se possa construir um termopar com qualquer combinação de dois metais, utilizam-se apenas algumas combinações normalizadas, isto porque possuem tensões de saída previsíveis e suportam grandes gamas de temperaturas.

Termistores são semicondutores sensíveis à temperatura. Existem basicamente dois tipos de termistores: NTC (*Negative Temperature Coefficient*): a resistência diminui com o aumento da temperatura; PTC (*Positive Temperature Coefficient*): a resistência aumenta com o aumento da temperatura. Conforme a curva característica do termistor, o seu valor de resistência pode diminuir ou aumentar em maior ou menor grau em uma determinada faixa de temperatura.

Os sensores de temperatura em circuitos integrados (CIs) tem o uso limitado para aplicações com temperaturas na faixa de -55° até 150°C , a faixa de medida de temperatura pode ser pequena comparada com termopares ou RTDs, porém os CIs têm diversas vantagens: são pequenos, têm precisão e são baratos.

(WILSON, 2005) e (BISHOP, 2002)

2.3.2.4 Luminosidade

Os sensores de luminosidade mais comuns são os fotoresistores, fotodiodos e fototransistores. Esses sensores medem a intensidade da luz com alta precisão, com baixo custo e com alta confiabilidade. (BISHOP, 2002)

O fotoresistor, também conhecido por LDR (*Light Dependent Resistor*) possui uma resistência que é inversamente proporcional a quantidade da luz que incide sobre sua superfície. Na escuridão os LDRs têm resistência máxima, normalmente na faixa de *megaohms*, quando exposto a luz sua resistência diminui. O LDR é freqüentemente utilizado nas chamadas fotocélulas que controlam o acendimento de poste de iluminação e luzes em residências. Para aplicações que exijam uma resposta rápida a variação de luz o LDR não é indicado, já que sua resposta chega a décimos de segundo.

O fotodiodo é um diodo em que a junção está exposta à luz, ou seja é uma junção PN designada para responder a uma entrada ótica. Para funcionar como sensor, o fotodiodo deve ser polarizado inversamente, sendo que a corrente reversa de um fotodiodo aumenta linearmente com a incidência de luz. Esses sensores são úteis para detectar a radiação visível e infravermelha. A resposta espectral (sensibilidade a diferentes comprimentos

de onda) é característica de cada fabricante, sendo necessário uma análise cuidadosa na escolha do componente, dependendo da aplicação. Alguns fotodiodos têm coberturas que filtram a luz visível ou a radiação infravermelha.

Os fototransistores são transistores com a junção coletor-base exposta à luz. Esse sensores são bem mais sensíveis que fotodiodos, gerando correntes da ordem de mA quando iluminados a 1 mW/cm^2 . Um fototransistor com ganho suficientemente alto pode ser usado diretamente para acionar outro circuito, sem a necessidade de amplificação. Além de serem mais sensíveis, os fototransistores ainda apresentam um tempo de resposta menor do que os fotodiodos.

(BISHOP, 2002)

Na Figura 13 são mostrados os exemplos de fotoresistor, fotodiodo e fototransistor, respectivamente.

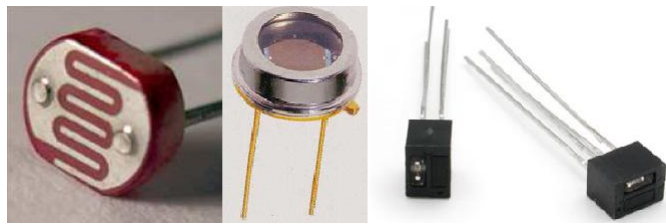


Figura 13: Exemplos de Fotoresistor, Fotodiodo e Fototransistor

2.4 Atuadores

Podemos fazer uma analogia com o corpo humano dizendo que os sensores seriam o tato de um sistema de controle, enquanto que os atuadores seriam os músculos. Os atuadores aceitam sinais de controle (normalmente na forma de sinais elétricos) e produzem mudanças físicas no sistema. (BISHOP, 2002)

Bishop (2002) apresenta uma tabela 2 com um resumo de alguns atuadores e suas características.

Tabela 2: Resumo das características de alguns atuadores. Fonte: Bishop (2002).

Atuadores		Características	
Elétricos			
Diodos, tiristores, transistor bipolar, Triacs, Diacs, MOSFET de potência, Relé de estado sólido		Tipos Eletrônico Alta frequência de resposta Baixo consumo de energia	
Eletromecânico			
Motor DC	Campo	Individualmente Excitado	A velocidade pode ser controlada pela tensão através do enrolamento da armadura ou variando a corrente de campo
		Derivador	Aplicações de velocidade constante
		Série	Alto torque de partida, alto torque de aceleração, alta velocidade com pouca carga.
		Composto	Baixo torque de partida, boa regulação de velocidade e instabilidade com pouca carga.
	Imã permanente	Motor PM Convencional	Alta Eficiência, picos alto de alimentação e resposta rápida
		Motor PM "Moving-coil"	Alta Eficiência e baixa indutância que os motores PM convencionais
Motor de Torque		Projetado para funcionar por períodos longos em uma baixa rotação.	
Comutação eletrônica (sem escovas)		Velocidade Eficiência elevada, excedendo frequentemente 75% Vida longa, confiabilidade elevada, sem necessidade de manutenção Interferência do radiofrequência e a produção de ruído baixos	
Motor AC	Motor de Indução AC		O motor o mais usado na indústria Simples, robusto, e barato
	Motor Síncrono AC		O rotor gira com velocidade síncrona Eficiência muito elevada em uma grande escala de velocidades e cargas. Necessitar um sistema adicional partida.
	Motor Universal		Pode operar em CC ou CA Relação força/peso muito elevada. Vida relativamente curta de operação.
Motor de Passo	Híbrido		Converte pulsos elétricos em movimento mecânico Fornecer posicionamento exato sem realimentação
	Relutância Variável		Baixa Manutenção
Eletromagnético			
Dispositivos tipo solenóide		Grande força com pequena duração	
Eletromagnéticos e relés		Controle Liga/Desliga	
Hidráulico e Pneumático			
Cilindro		Propício para movimento linear	
Motor Hidráulico	Tipo engrenagem		Escala larga da velocidade
	Tipo turbina		Alta potência de saída
	Tipo pistão		Grau elevado de confiabilidade
Motor de Ar	Tipo giratório		Nenhum perigo de choque elétrico
	Recíproco		Baixa Manutenção

2.5 Módulo GSM/GPRS

Um estudo sobre as possibilidades de comunicação celular e a escolha da tecnologia GSM/GPRS como método de transferência de dados podem ser consultados na seção 2.2.

Algumas características necessárias do módulo GSM/GPRS que equipará a plataforma de telemetria são:

- Acesso a rede GSM/GPRS;
- Pilha TCP/IP interna;
- Formato de comunicação de alto nível padronizada (comandos AT);
- SMS (*Short Message Service*);
- Interface serial para controle do módulo;
- Plataforma de desenvolvimento;
- Homologação junto a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL);
- Menor custo possível.

O módulo escolhido para intermediar a comunicação da plataforma de telemetria com o servidor foi o G24 da Motorola, que pode ser visto na figura 14. Ele se enquadra em todas as exigências descritas acima, e ainda possui um alto grau de escalabilidade. Ou seja, dependendo do modelo pode-se escolher funcionalidades como máquina virtual Java, conversores analógico/digital, controle de temperatura, tecnologia Quad Band ou Dual Band. Inclusive no caso de maior quantidade de dados a serem transmitidos pode-se escolher um módulo com tecnologia EDGE, que é a evolução do GPRS como dito anteriormente na seção 2.2.2.4, isso tudo mantendo a compatibilidade da interface com a plataforma.

Cada modelo tem um preço específico, mas ter a possibilidade de manter a plataforma atualizada mesmo com a necessidade de mudança da tecnologia de transmissão de dados se tornou um fator determinante na escolha desse modelo. Já que isso permite que mantenhamos a plataforma de telemetria atualizada por mais tempo. Mais detalhes das características do módulo G24 da Motorola podem ser encontrados no Anexo C.

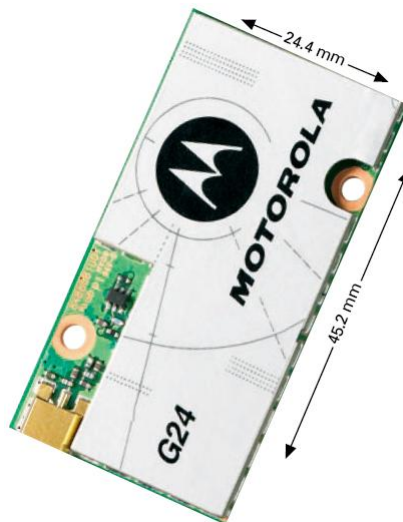


Figura 14: Módulo G24 da Motorola.

3 *Desenvolvimento*

3.1 **Arquitetura**

Esta seção demonstra algumas arquiteturas de sistemas que podem ser implementados com a plataforma de telcontrole. Na seção 4 são apresentados os estudos de caso que foram implementados para validar a plataforma.

A Plataforma de Telecontrole Sem Fio (PTSF) foi projetada para ser tão genérica quanto possível, visando permitir que futuras aplicações sejam desenvolvidas sobre essa plataforma com o mínimo de modificações. Dependendo da configuração do hardware e do software, a plataforma pode ser utilizada como um sistema completo de telecontrole ou apenas como um *modem* para conexão com a internet. Outras arquiteturas são possíveis, entretanto, este texto se restringirá a apresentar três configurações básicas, que podem ser expandidas conforme a necessidade da aplicação e a capacidade da plataforma de telecontrole.

3.1.1 **Sistema de Telecontrole completo**

A arquitetura do “sistema de telecontrole completo” é mostrado na figura 15 e utiliza toda a capacidade da plataforma. O sistema captura e atua no ambiente instalado, processa e envia os dados até a central. Para isso, é necessária a implementação de um bloco denominado “Modo Captura e Atuação”. A figura 16 apresenta uma visão simplificada da Plataforma de telecontrole Sem Fio (PTSF).

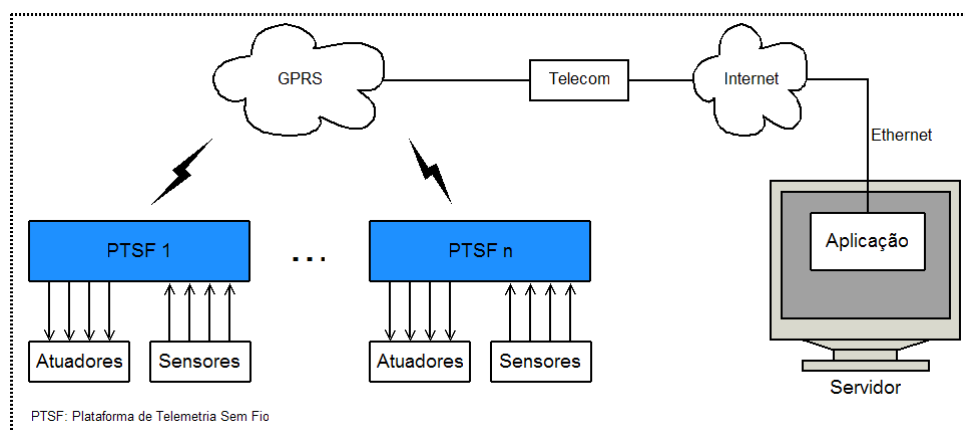


Figura 15: Arquitetura do sistema de telecontrole completo.

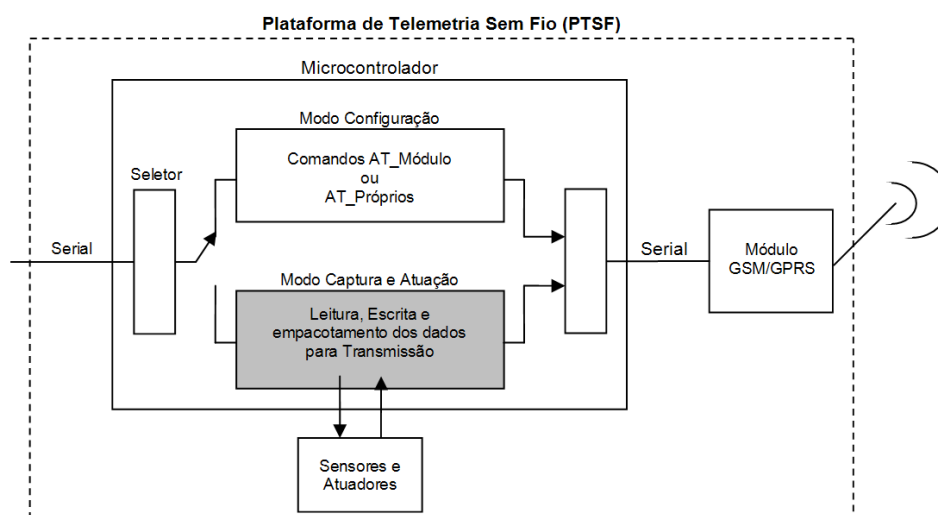


Figura 16: Visão simplificada da PTSF como sistema de telecontrole completo.

3.1.2 Modem GSM/GPRS para conexão na internet

A plataforma de telecontrole também foi projetada para funcionar sem a unidade de processamento local, ou seja, sem o microcontrolador. Nessa arquitetura o sistema funciona somente como um *modem GSM/GPRS*. Para sistemas com Windows pode-se utilizar um *software* chamado “*GPRS Manager*”, tornando possível criar uma conexão na internet via o módulo de comunicação GSM/GPRS. A figura 17 apresenta a arquitetura do sistema para esse tipo de uso e a figura 18 a visão simplificada da PTSF.

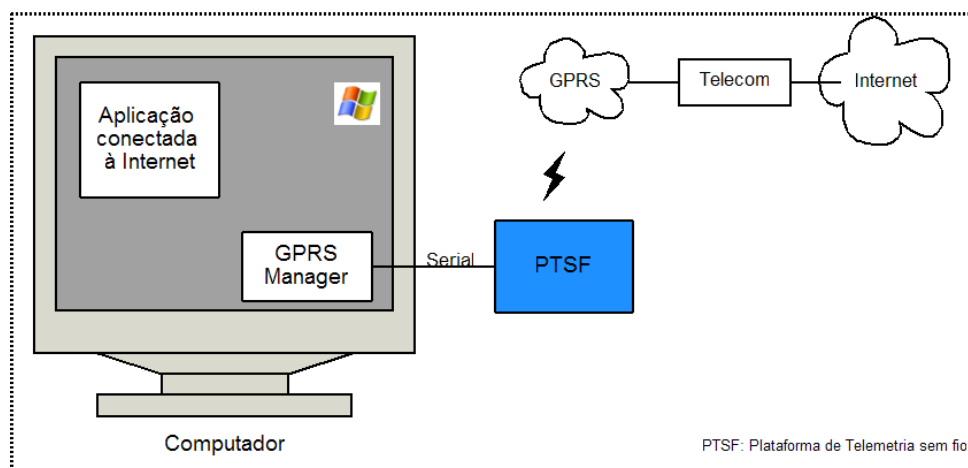


Figura 17: Arquitetura do sistema utilizando o *modem GSM/GPRS*.

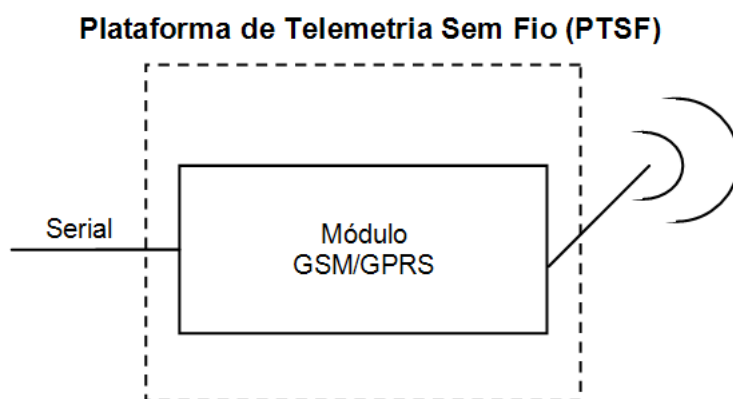


Figura 18: Visão simplificada da PTSF funcionando como *modem GSM/GPRS*.

3.1.3 Transmissor *GSM/GPRS* transparente

A arquitetura de “transmissor *GSM/GPRS* transparente” serve para equipamentos já funcionais que necessitam da comunicação *GSM/GPRS*, como melhoria e/ou ampliação dos serviços de telecontrole. A figura 19 apresenta uma situação onde equipamentos que se comunicam via *modem* de linha telefônica discada padrão *AT V24*.

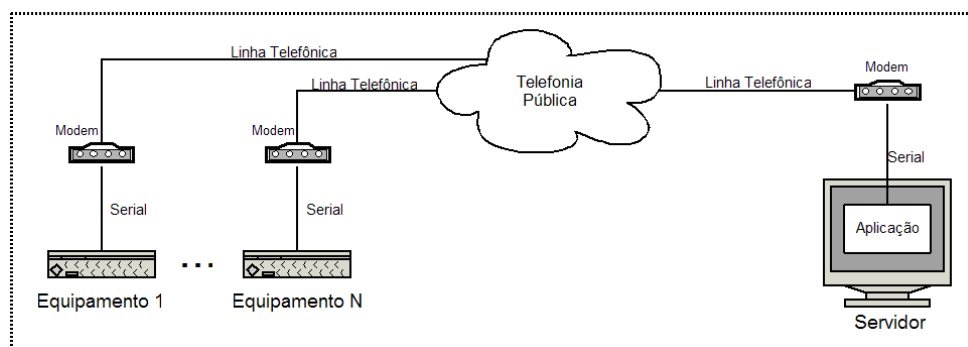


Figura 19: Arquitetura do sistema com modem de linha discada.

Nesta arquitetura, o equipamento remoto liga para o servidor e descarrega os dados capturados por um período de tempo predeterminado em cada sistema. Esse tipo de abordagem causa custos altíssimos de telefonia, já que normalmente são utilizadas ligações interurbanas para equipamentos que se encontram em cidades diferentes do servidor. Além disso, dependendo do número de equipamentos remotos, a linha do servidor pode estar ocupada, ocasionando perda de informações. Desta forma, a arquitetura proposta é mostrada na figura 20.

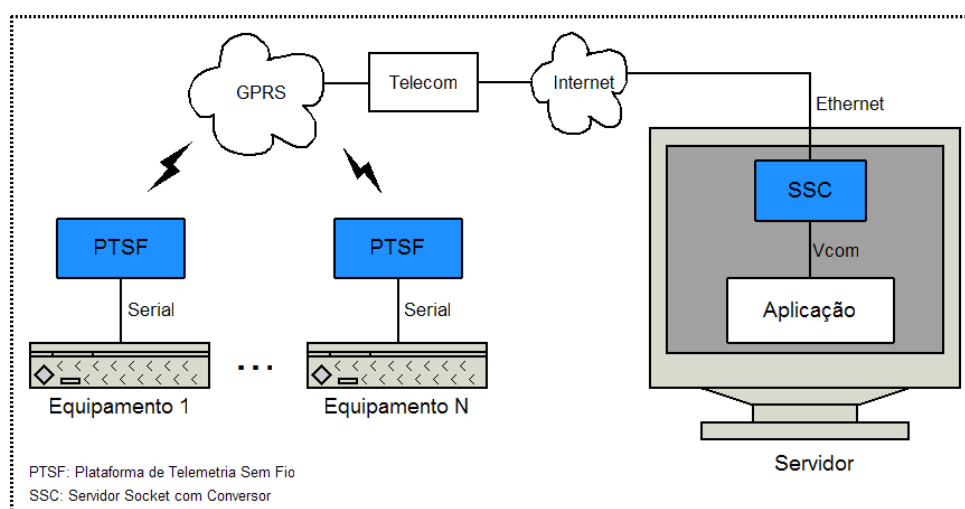


Figura 20: Nova arquitetura do sistema utilizando o transmissor *GSM/GPRS* transparente.

Outra situação aplicável da arquitetura do transmissor *GSM/GPRS* transparente é na situação demonstrada na figura 21.

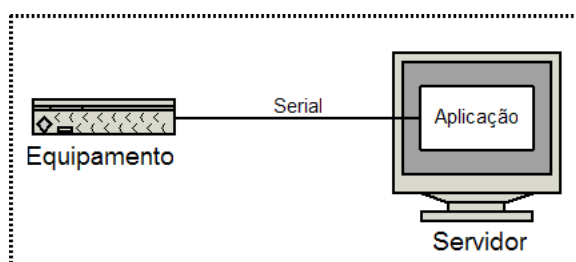


Figura 21: Arquitetura do sistema utilizando comunicação serial.

As ações podem ser aplicadas se houver a necessidade do distanciamento entre o equipamento e o servidor ou onde ficaria impossível a passagem de cabos, por exemplo. A adaptação nesse caso é bem parecida com a última situação apresentada (figura 20), exceto que apenas um equipamento remoto pode se comunicar com o servidor. A figura 22 mostra como a arquitetura do sistema nesse caso. Assim, servidor e equipamento remoto continuarão se comunicando como se estivessem conectados por uma interface serial.

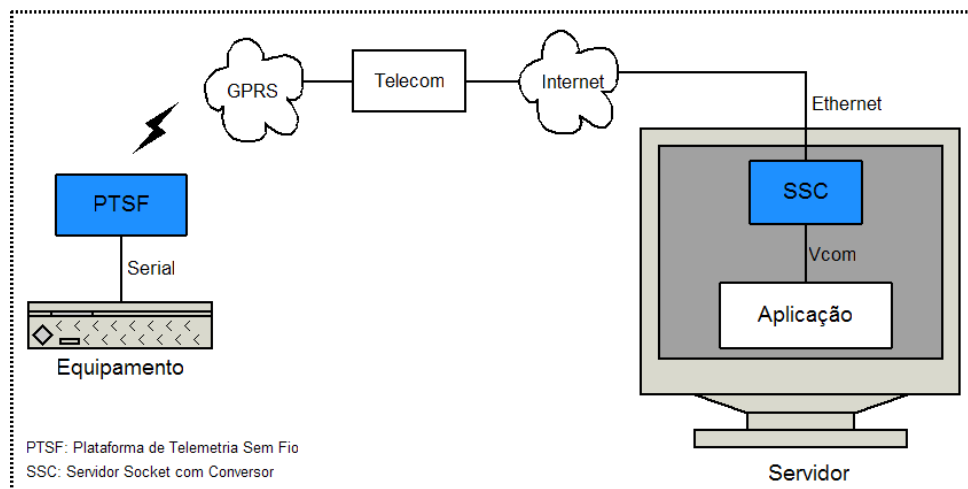


Figura 22: Transmissor *GSM/GPRS* transparente emulando a ligação dos equipamentos pela serial.

Nas duas arquiteturas apresentadas acima, pode-se perceber que os equipamentos remotos comunicam-se com o transmissor *GSM/GPRS* de forma transparente, e no lado do servidor existe o software “Servidor *Socket* com Conversor (SSC)”.

Na figura 23 é mostrada uma visão simplificada da plataforma de telecontrole sem fio como o “transmissor *GSM/GPRS* transparente”. Para o funcionamento nas arquiteturas mencionadas acima, é necessária a implementação do bloco “Modo Conversor” que, dependendo da necessidade, pode traduzir um tipo de comunicação específica (ex.: serial, modem AT V24, etc) para o formato *TCP/IP* do módulo de comunicação.

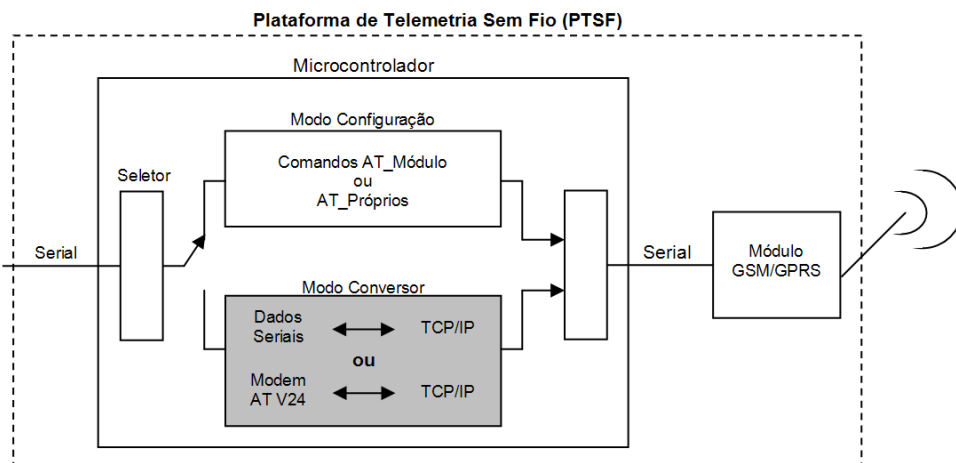


Figura 23: Plataforma de telecontrole Sem Fio como o transmissor *GSM/GPRS* transparente.

A estrutura do “Servidor *Socket* com Conversor” (SSC) é apresentada na figura 24. O conversor é responsável por fazer a conversão de dados provenientes da interface *ethernet* para uma interface serial virtual (*VCOM*), que deve funcionar como um *modem AT V24*

virtual ou um conversor *ethernet*/serial. O mais importante nessa arquitetura é a não necessidade de modificar o *firmware* do equipamento remoto e nem a *aplicação* do servidor.

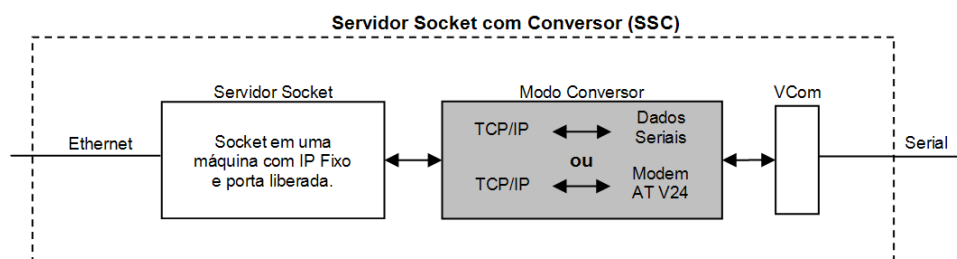


Figura 24: Visão simplificada do Servidor *Socket* com Conversor.

3.2 Análise e Projeto

3.2.1 Projeto de Software

Analisando as arquiteturas na seção 3.1, os blocos “Seletor” e “Modo de Configuração” sempre aparecem nas visualizações simplificadas da Plataforma de telecontrole Sem Fio (PTSF), figuras 16 e 23. Dessa forma conclui-se que, esse é o software mínimo que deve ser agregado à plataforma de telecontrole.

A seleção dos modos de funcionamento da plataforma é feita através de microchaves (figura 25). A implementação do “Seletor” verifica o estado dessas chaves e chama o modo configurado. Como são três chaves, são possíveis sete modos de funcionamento sem contar com o modo de configuração, que é invocado quando todas as chaves estão na posição desligada.

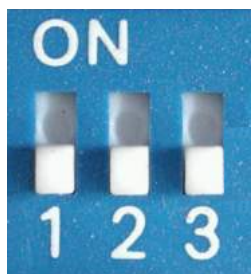


Figura 25: Microchaves de seleção dos modos de funcionamento da PTSF.

O bloco “Modo de Configuração” é a implementação de comandos que facilitam a configuração da plataforma. Essa configuração tem relação com a rede *GSM/GPRS* que deve ser feita para todas as arquiteturas que utilizam o microcontrolador para enviar

dados via GPRS. No modo “configuração” é permitido que o usuário altere os seguintes parâmetros:

- Porta TCP e endereço IP do servidor em que a PTSF se conectará;
- APN (*Access Point Name*), nome do ponto de acesso, usuário e senha para a rede GPRS. Estes dados podem ser obtidos junto a operadora de telefonia escolhida (provedora do SIM card);
- Sinalizador que indica se a PTSF opera em modo texto ou silencioso. Caso este sinalizador seja habilitado, a PTSF envia pela porta serial suas informações de configuração e status nos outros modos de funcionamento.

Os comandos AT de configuração são encontrados na tabela 3

Tabela 3: Comandos AT para a configuração da PTSF

Comando AT	Resposta Ação	Comentário
AT-LSHSRV="xxx.xxx.xxx.xxx","yyyyy"	OK <indicações> ERROR	Este comando configura o servidor e a porta onde a PTSF se conectará. "xxx.xxx.xxx.xxx" - Endereço IP do servidor. "yyyyy" - Porta TCP aberta do servidor. Ex.: AT-LSHSRV="150.162.62.54","30000"
AT-LSHAPN="op.br","op","pass"	OK <indicações> ERROR	Este comando configura a APN da rede GPRS, o usuário e a senha utilizada para acesso. "op.br" - APN da operadora de telefonia escolhida "op" - Usuário para acesso a rede GPRS "pass" - Senha para acesso do usuário Ex.: AT-LSHAPN="tim.br","tim","tim"
AT-LSHTXT="valor_flag"	OK <indicações> ERROR	Modo texto (1) ou silencioso (0). Caso este sinalizador seja habilitado, a PTSF envia pela porta serial suas informações de configuração e status nos outros modos de funcionamento. Ex.: AT-LSHTXT=1
AT-LSHTEST?	OK <indicações> ERROR	Este comando executa uma série de testes na PTSF e mostra informações na serial do equipamento.

3.2.2 Projeto de Hardware

3.2.2.1 Elaboração do Projeto Lógico

Nessa fase foram definidos os componentes do sistema, levando em consideração os requisitos da plataforma de telecontrole. Também foram realizados o mapeamento dos

sinais de controle do módulo G24, a análise fluxo de dados e das interligações entre microcontrolador e o resto do sistema, para isso cada *datasheet* dos componentes do sistema foi analisado.

Ao final desta etapa foi gerado um diagrama de blocos, que é a visão mais abstrata do hardware. O resultado dessa atividade é usado como guia para o desenvolvimento do diagrama esquemático da plataforma de telecontrole e pode ser visto na figura 26. Além disso, também é um documento de fácil análise e compreensão para membros externos ao projeto.

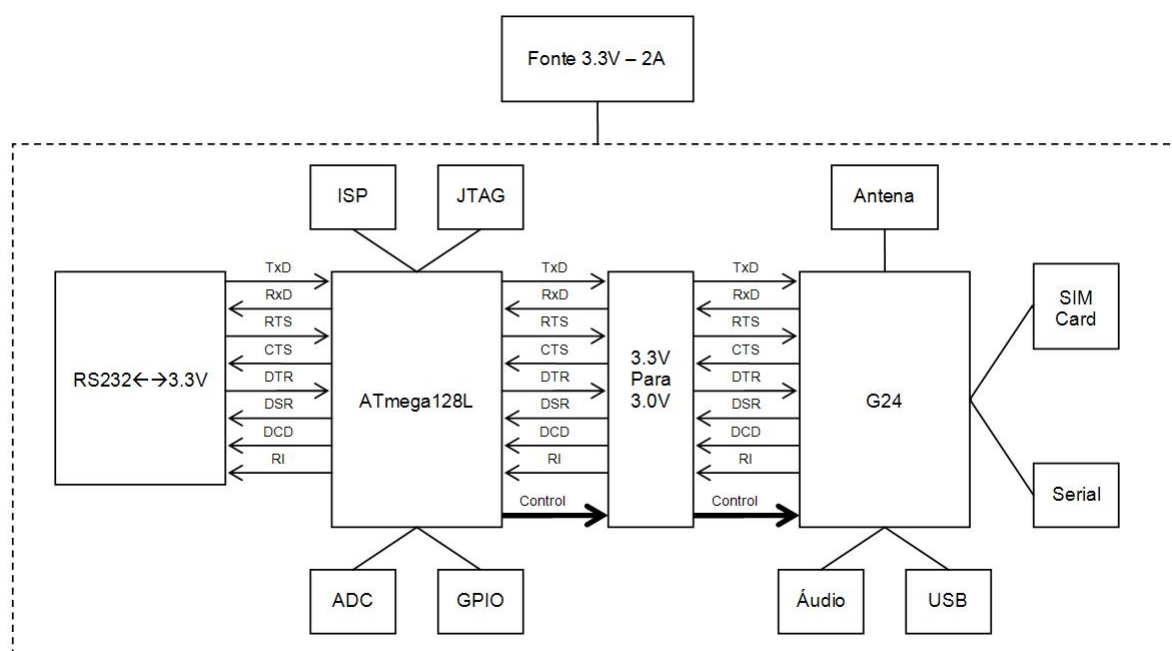


Figura 26: Projeto lógico da plataforma de telecontrole.

3.2.2.2 Elaboração do Esquemático

A partir do diagrama lógico gerado na fase anterior, concebeu-se o esquemático elétrico da plataforma de telecontrole. Essa parte do desenvolvimento contempla todos os componentes do sistema bem como suas ligações, e é o nível mais baixo do projeto. O resultado dessa atividade é utilizado para o desenvolvimento da Placa de Circuito Impressos (PCI) e também para a geração da lista de componentes do circuito, enviados para a manufatura do equipamento final. Na seção 3.3 alguns aspectos de implementação serão melhores analisados.

3.2.2.3 Projeto e Fabricação da PCI

Depois das revisões e aperfeiçoamentos realizados no esquemático, e a verificação do cumprimento de todos os requisitos estipulados no projeto lógico, é necessária a geração do “desenho” (*layout*) da placa de circuito impresso baseado no esquemático do circuito. Os arquivos gerados nessa fase são enviados a uma empresa especializada para a confecção física da placa e montagem do protótipo (manufatura). Na figura 27 é mostrada a placa de circuito impresso da plataforma de telecontrole sem fio.

O padrão utilizado por empresas que prestam esse tipo de serviço é chamado de arquivos Gerber. Esses arquivos contêm as informações necessárias para máquinas controladas por computador desenhar exatamente o que o projetista de hardware definiu.

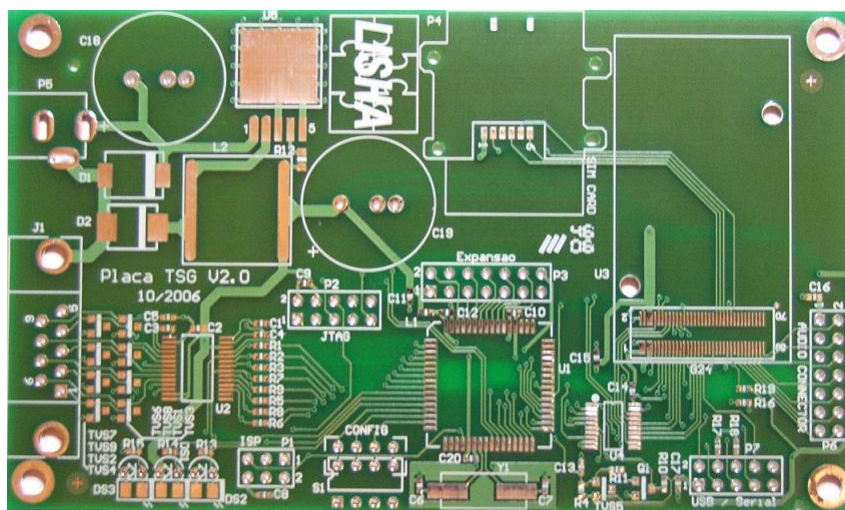


Figura 27: PCI da plataforma de telecontrole sem fio.

3.2.2.4 Montagem e Testes Elétricos

A plataforma de telecontrole pode ser montada de várias formas, dependendo das necessidades do projeto em que será utilizada. Entre outras alternativas, ela pode ser simplesmente um modem GPRS ou um sistema completo de telecontrole, conforme já apresentado na seção 3.1.

O sistema foi projetado com componentes SMD (Surface Mount Devices), e isso permite o uso de montagem automatizada em uma linha de produção preparada para esse fim. Como a quantidade de protótipos para teste foi pequena, a contratação de uma empresa não se fez necessária, e a montagem foi manual. A montagem manual possibilitou que o sistema fosse testado à medida em que ia sendo montado, minimizando as chances de queimas de componentes por erros de projeto.

Os testes aplicados nessa fase de projeto verificam os níveis de tensão em alguns pontos do circuito, bem como testes de continuidade das linhas físicas da PCI. Por fim, a gravação do programa-teste no microcontrolador da placa validou completamente o funcionamento sistema. Foram feitas ainda algumas modificações no projeto da PCI visando melhorias na parte física do sistema. As modificações foram:

- Colocação de furos na placa para fixação em gabinetes;
- Aumento dos espaços para os conectores de expansão;

Dessa forma, foi gerada uma nova versão da placa e repetidos os testes aqui descritos.

3.3 Aspectos de Implementação

Essa seção apresenta alguns detalhes de implementação que merecem ser destacados, seja por sua importância ou complexidade.

3.3.1 Fonte de Alimentação

Um dos pontos críticos de um projeto elétrico é a fonte de alimentação, que deve ser dimensionada levando em consideração a tensão de trabalho do circuito, a corrente máxima consumida e o nível de oscilação crítico. Esses fatores foram projetados seguindo as especificações do *Motorola G24 Developer's Guide* (MOTOROLA, 2006):

- Tensão de trabalho: 3.3V
- Corrente média: 550mA
- Pico de corrente: 2A

Durante a comunicação do módulo GSM/GPRS acontecem picos de corrente, acarretando em uma oscilação na tensão de alimentação. O valor máximo dessa oscilação é de 300mA. Se essa oscilação for ultrapassada, pode causar o reinício do módulo. A figura 28 representa graficamente a situação.

Para minimizar essas oscilações foram seguidas as seguintes diretrizes:

- Utilizar um capacitor de 1000uF próximo às entradas de alimentação do G24;

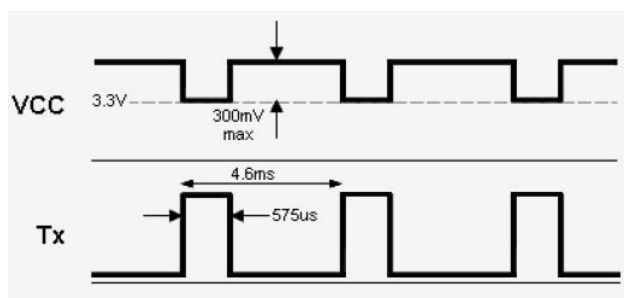


Figura 28: Oscilação de tensão durante a transmissão. Fonte: Motorola (2006, p. 10)

- Utilizar fonte, cabos e roteamento da placa com baixa impedância;
- Utilizar cabos e roteamentos os menores possíveis.

Para filtrar os ruídos que podem causar falhas na comunicação, perda de dados e emissão de ruído eletromagnético, indica-se utilizar capacitores com os valores indicados na tabela 4.

Tabela 4: Capacitores de Filtro. Fonte: Motorola (2006, p. 11)

Capacitor	Tipo do ruído
10 nF, 100 nF	Chavamento digital
8.2 pF, 10 pF	1800/1900 MHz GSM bands
33 pF, 39 pF	850/900 MHz GSM bands

3.3.2 Proteção ESD

A ESD (*Electrostatic discharge*) é uma descarga elétrica transitória de uma carga estática. O termo é usado geralmente na eletrônica e em outras indústrias para descrever descargas momentâneas não desejadas que possam causar danos a equipamentos eletrônicos. Essas descargas duram aproximadamente 100ns e o potencial eletrostático pode ser de 4KV ou maior para um corpo humano carregado, por exemplo. (AMERASE-KERA; DUVVURY, 2002)

A proteção ESD é de extrema importância para interfaces elétricas que são diretamente ligadas a componentes sensíveis do sistema e que podem ter contato com corpos carregados. A plataforma de telecontrole possui as linhas da serial que são disponibilizada para o usuário através do conector DB9 e a interface elétrica da gaveta do *SIM Card* protegidas contra ESD. A escolha dessas interfaces se deu por possuírem maior contato com o usuário final do sistema.

Os conectores de expansão apresentados na subseção 3.3.3 devem ser manuseados com cuidado e devem ser protegidos contra eletricidade estática se disponibilizados diretamente para o usuário.

3.3.3 Expansões da Plataforma de Telecontrole

Apesar da plataforma de Telecontrole ser projetada genericamente, as expansões deixadas nessa fase do projeto garantem a possibilidade da especialização do hardware para os mais diversos fins. Prova disso, é que dependendo da configuração o hardware pode ser transformado em apenas um modem de transmissão de dados GPRS ou em um sistema de Telecontrole completo. O cuidado tomado em deixar esses conectores de expansão e as chaves de configuração, criam versatilidade no hardware e possibilidade do reuso do sistema projetado em diversas aplicações.

Para criar a possibilidade de expansão, alguns conectores foram disponibilizados na plataforma de Telecontrole. Cada conector tem pinos de alimentação (VCC e GND) e são identificados pelos seguintes nomes:

- Expansão: Interrupções, I2C, Conversores Analógicos e GPIOs;
- Áudio: Disponibiliza as interfaces de áudio analógico e digital do módulo G24;
- USB/Serial: Disponibiliza a segunda serial e a interface USB do módulo G24.

A configuração dos pinos dos conectores podem ser consultados nas tabelas 5, 6 e 7.

Os conectores “Áudio” e “USB/Serial” são ligados diretamente ao módulo *GSM/GPRS* G24. Os níveis de tensão e características de cada pino podem ser verificados no manual de hardware do componente - (MOTOROLA, 2006).

Os conectores padronizados para configuração e *debugger* dos *firmwares* do microcontrolador são:

- JTAG: Interface para *debugger* do *firmware*;
- ISP: Interface que garante a reprogramação do microcontrolador dentro do sistema.

Anteriormente, na seção 2.3, há uma pequena discussão sobre os padrões *JTAG* e *ISP*.

Tabela 5: Pinos referentes ao conector “Expansão”.

Expansão			
Nome	Pino	Funções	Obs.
VCC	1	Alimentação para o circuito externo	3.6V e 500mA
AREF	2	Referência dos Conversores analógicos/digitais	Entrada para tensão de referência dos conversores analógicos/digitais. Outras referências (tensão de 2,56V interna ou AVCC) podem ser selecionadas via registro de configuração
PD0	3	GPIO, SCL do I2C e Interrupção externa	
PD1	4	GPIO, SDA do I2C e Interrupção externa	
PF0	5	GPIO e Conversor Analógico/Digital	
PF1	6	GPIO e Conversor Analógico/Digital	
PF2	7	GPIO e Conversor Analógico/Digital	
PF3	8	GPIO e Conversor Analógico/Digital	
PF4	9	GPIO, Conversor Analógico/Digital e TCK JTAG	Se a interface JTAG estiver sendo usada esses pinos não podem ser usados como GPIO ou Conversor Analógico/Digital
PF5	10	GPIO, Conversor Analógico/Digital e TDO JTAG	
PF6	11	GPIO, Conversor Analógico/Digital e TMS JTAG	
PF7	12	GPIO, Conversor Analógico/Digital e TDI JTAG	
GND	13	Alimentação para o circuito externo	Terra
AVCC	14	VCC Analógico	Existe um filtro para minimização de ruídos conforme especificações da Atmel na placa

Tabela 6: Pinos referentes ao conector “Áudio”.

Áudio			
Nome	Pino	Funções	Obs.
VCC	1	Alimentação para o circuito externo	3.6V e 500mA
G_PCM_DIN	3	Interface Digital de Áudio do Módulo G24	Interface ligada diretamente ao módulo
G_PCM_DOUT	5		
G_PCM_CLK	7		
G_PCM_FS	9		
GND	11	Alimentação para o circuito externo	Terra
G_AGND	13	Terra analógico do módulo G24	Utilizado para minimizar ruídos no sistema digital
G_SPKR_P	2	Auto-Falante	Saída diferencial analógica de áudio
G_SPKR_N	4	Auto-Falante Invertido	
G_ALERT_P	6	Auto-Falante de Alerta	Saída diferencial analógica de áudio de alerta
G_ALERT_N	8	Auto-Falante de Alerta Invertido	
G_MIC	10	Entrada para Microfone	Entrada diferencial
G_HDST_MIC	12	Entrada para Microfone do "headset"	
G_HDST_INT	14	Entrada para Microfone do "headset" invertido	

Tabela 7: Pinos referentes ao conector “USB/Serial”.

USB/Serial			
Nome	Pino	Funções	Obs.
VCC	1	Alimentação para o circuito externo	3.6V e 500mA
G_USB_VBUS	3	Alimentação da interface USB	Interface USB 2.0 do módulo G24. É necessário um circuito externo.
G_USB_DP	5	Barramento de Dados USB	
G_USB_DN	7	Barramento de Dados USB	
GND	9	Alimentação para o circuito externo	Terra
G_RXD2	2	UART2 RX	Segunda Serial do módulo G24
G_TXD2	4	UART2 TX	
G_RTS2	6	UART2 RTS	
G_CTS2	8	UART2 CTS	
GND	10	Alimentação para o circuito externo	Terra

4 *Resultados*

4.1 Estudo de Caso 1: Terminal Serial GPRS

Este estudo de caso foi realizado no âmbito de um projeto de pesquisa no Laboratório de Integração de Software e Hardware (LISHA) na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

O Terminal Serial GPRS (TSG) foi desenvolvido baseado na arquitetura discutida na seção 3.1.3, “Transmissor *GSM/GPRS* transparente”. Para transformar a Plataforma de Telemetria Sem Fio (PTSF) em TSG foi desenvolvido o “Bloco Conversor” visto na figura 23, que faz a tradução dos dados seriais oriundos do equipamento para a rede *GPRS* (*TCP/IP*). Já no servidor foi desenvolvido o *TSG Server* que faz o papel do “Servidor Socket com Conversor (SSC)” na figura 22.

O TSG (Terminal Serial GPRS) Server é um software que funciona em Windows e transforma uma conexão via *ethernet* TSG em uma porta serial. Isso é feito utilizando uma porta serial virtual (VCOM). Essa por sua vez, é um driver que cria no sistema operacional duas portas: uma utilizada pelo TSG Server e outra pelo usuário. O usuário tem acesso à porta Virtual como se esta fosse uma porta serial convencional e pode ser acessada utilizando qualquer programa de terminal serial (ex.: *HyperTerminal*).

A criação de portas seriais virtuais (VCOM) é feita por um driver de kernel (núcleo do sistema operacional) para Windows. Pode-se criar um número ilimitado de pares de portas virtuais com esse driver para comunicar aplicações seriais. Cada par de portas (VCOM) é criado com os nomes padrão *CNCA0* e *CNCB0*. A saída de uma dessas portas é a entrada da outra. Este é um driver desenvolvido por terceiros com licença *GPL*¹ e o endereço deste projeto é <http://com0com.sourceforge.net/>.

O TSG Server faz a conversão de pacotes IP recebidos do TSG para formato serial,

¹ *GNU General Public License* (Licença Pública Geral), *GNU GPL* ou simplesmente *GPL*, é a designação da licença para software livre idealizada por *Richard Stallman* no final da década de 1980, no âmbito do projeto *GNU da Free Software Foundation*.

e envia os dados para Porta Serial utilizada pelo usuário. Os bytes recebidos na Porta serial (COM) são transformados em dados no formato IP e enviados pela rede GPRS para o TSG.

Este software provê ao usuário do TSG uma conexão serial fim-a-fim, ou seja, um equipamento que antes se comunicava com o servidor através de uma interface serial pode, com esta solução, ser utilizado a centenas de quilômetros de distância, sendo necessário apenas que exista cobertura *GSM/GPRS* na área onde o equipamento se encontra.

No anexo D existe um manual que explica a instalação da estrutura do TSG *Server* que foi utilizado para os testes.

Para prover esta conexão confiável e persistente, a solução completa oferecida neste projeto (TSG e TSG *Server*) deve prever a queda da conexão para cada uma das duas pontas, e isto foi realizado com sucesso. Quando o TSG *Server* percebe a queda do TSG, aguarda uma nova conexão na mesma porta. O TSG, ao perceber a queda do servidor (TSG *Server*) entra em um estado de reconexão, no qual permanece até restabelecer a conexão perdida.

Ao ser ligado, o TSG realiza a inicialização do módulo de seus componentes e tenta estabelecer uma conexão (utilizando um *socket TCP/IP*), com um servidor previamente configurado. Essa configuração deve ser feita utilizando os comandos citados na seção 3.2.1.

4.1.1 Testes e Validação

Nesta seção serão apresentados os testes funcionais do TSG, que foram feitos para validar o funcionamento já explicado na seção anterior. Cada tipo de teste teve uma arquitetura específica e serão mostradas a seguir, durante a apresentação dos resultados. Para os testes aqui relatados, todas as portas seriais foram configuradas da seguinte forma:

- *baud rate*: 9600 *bits/s*
- 8 *bits* de dados
- 1 *bit* de parada
- sem paridade
- sem controle de fluxo

4.1.1.1 Testes de Configuração

Os testes de configuração têm relação direta com os comandos *ATs* descritos na seção 3.2.1 e seu funcionamento.

Para teste do comando que modifica o *IP* e a porta do servidor (*AT-LSHSRV*) foram abertos dois servidores em máquinas (*IPs*) e portas diferentes e foram executados os seguintes passos:

1. Microchaves no “Modo de Configuração”;
2. Habilita o modo texto, para que possamos ver as mensagens no terminal;
3. Configuração da *APN* referente ao *SIM CARD* utilizado;
4. Configuração do TSG para a primeira máquina;
5. Microchaves no “Modo Conversor”
6. Conexão com a primeira máquina e transferência de dados;
7. Microchaves no “Modo de Configuração”
8. Configuração do TSG para a segunda máquina;
9. Microchaves no “Modo Conversor”
10. Conexão com a segunda máquina e transferência de dados;

Entre o chaveamento dos modos (“Configuração” e “Conversor”) é necessário que o TSG seja desligado. Nas figuras 29, 30 e 31 são mostrados o terminal de configuração do TSG com os comandos aplicados e os servidores (TSG *server*) da primeira e segunda máquina, respectivamente.

O TSG ficou o tempo todo com o modo texto habilitado (*AT-LSHTXT=1*). No modo texto, o TSG envia pela serial os dados sobre sua configuração e o status da conexão. No modo silencioso, o TSG não envia nada pela serial, operando como canal de terminal. O TSG só envia dados pela serial em modo silencioso caso aconteça algum erro.

O *SIM CARD* foi trocado por um cartão de outra operadora; a *APN* foi trocada utilizando o comando *AT-LSHAPN*, e os testes foram mencionados acima foram repetidos. Dessa forma, garantiu-se que a configuração da *APN* está funcional.

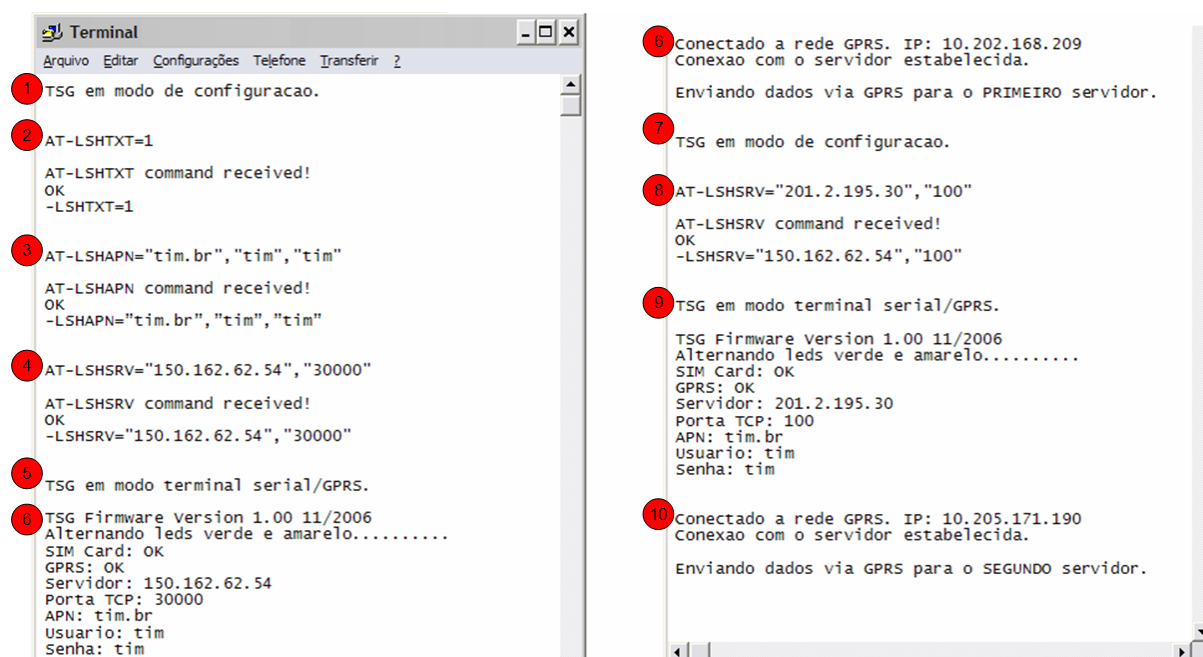


Figura 29: Terminal de configuração e envio de dados do TSG.

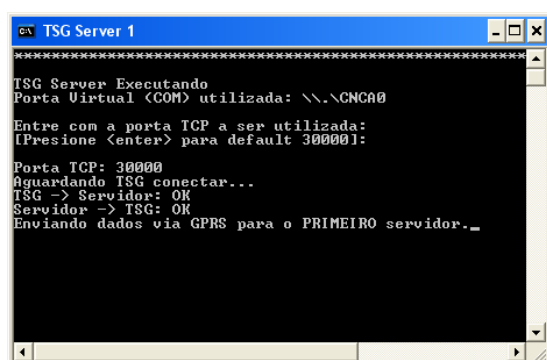


Figura 30: TSG *Server* na primeira máquina.

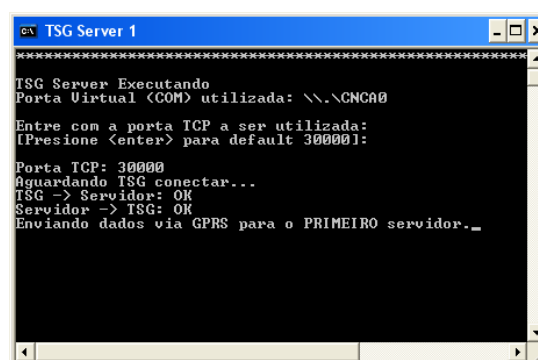


Figura 31: TSG *Server* na segunda máquina.

4.1.1.2 Testes de robustez da conexão

Os testes de robustez foram realizados para verificar se o TSG suportaria um fluxo contínuo de dados nos dois sentidos simultaneamente, e qual seria a velocidade máxima desta comunicação. Para a realização dos testes, executamos o TSG e testamos o envio de arquivos entre as portas de dois microcomputadores. De um lado um terminal conectado no TSG Server e do outro lado um terminal conectado no TSG. O esquema desse teste pode ser visto na figura 32.

No início, foram verificados perda de dados na transmissão de arquivos com mais de 256 bytes, que é exatamente o tamanho dos *buffers* implementados dentro do *firmware* do microcontrolador. Os bytes eram enviados um-a-um, a demora entre o envio de cada

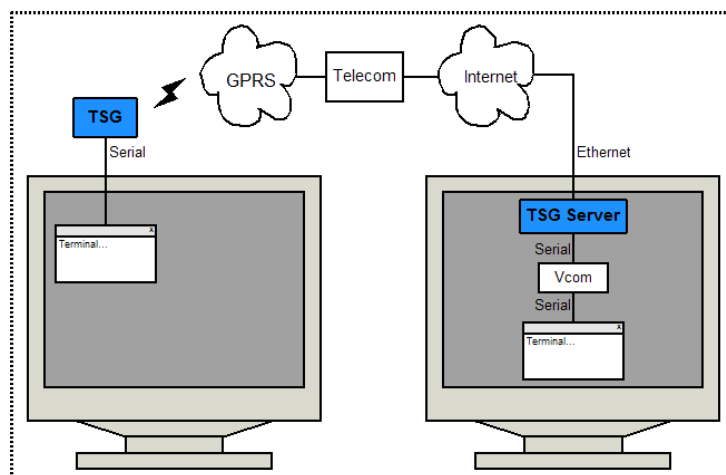


Figura 32: Comunicação entre dois computadores utilizando o TSG e o TSG *Server*.

byte causava o “estouro” dos *buffers* e os dados eram perdidos.

Como o módulo G24 possui uma pilha *TCP/IP* interna de 160 *bytes* (80 caracteres no formato ASCII), a solução foi encher a pilha para depois enviar via GPRS: se o buffer não for enchido em um determinado tempo, os dados que estão na pilha são enviados do mesmo jeito. Estes testes foram bem sucedidos e conseguimos transmitir arquivos com 2 *kbytes* e 4 *kbytes* sem haver perda de dados.

Para haver mais segurança na comunicação, algumas melhorias podem ainda ser realizadas. Uma destas melhorias a ser implementada é o controle de fluxo, em hardware e software, nas UARTs do TSG. Isso permitiria uma configuração de porta com *baud rates* maiores, pois o TSG saberia “avisar” o equipamento transmissor do estouro em seu buffer de recebimento, e evitaria a perda de dados em velocidades maiores. Essa extensão é interessante para aplicações que requeiram maior velocidade de transmissão, diferente das aplicações de telemetria, que normalmente transmitem dados a uma velocidade inferior a 9600 bit/s.

4.1.1.3 Testes de persistência da conexão TCP/IP sobre a rede GPRS

Estes testes foram realizados para verificar a capacidade do TSG se reconectar ao servidor quando houvesse uma queda de conexão. Foi utilizado o mesmo esquema do teste anterior, que pode ser visto na figura 32.

Para a certificação do funcionamento da reconexão, duas situações deveriam ser consideradas: Queda da conexão do TSG ou a queda da conexão do servidor (TSG *Server*). A simulação desses cenários foi feita desligando o TSG durante sua operação ou encerrando

a execução do TSG *Server* enquanto esse estivesse conectado ao TSG.

As duas situações simuladas retornaram bons resultados. Quando a conexão *TCP/IP* cai, o TSG recebe uma indicação “*NO CARRIER*” do modem G24. Isto volta o TSG ao estado de tentativa de conexão e mantém-se neste estado até que consiga restabelecer a conexão. Durante este período, os bytes recebidos pela serial do TSG são armazenados em um buffer com capacidade de até 256 *bytes*. Após a conexão ser novamente estabelecida, o TSG transmite os bytes do buffer para o servidor. Caso o equipamento ligado ao TSG envie mais que 256 *bytes* antes que o TSG restabeleça a conexão, os *bytes* mais antigos vão sendo perdidos.

Já quando o TSG *Server* perde a conexão com o TSG, por qualquer motivo, ele aguarda uma nova conexão. Assim que for restabelecida, os bytes que o servidor havia recebido da aplicação (terminal nesse caso) são transmitidos para o TSG imediatamente.

Esses testes foram bem sucedidos, porém, novamente, foi verificada a necessidade do controle de fluxo em ambientes onde a conexão tende a ser instável. Isso evitaria que o equipamento transmissor enviasse dados ao TSG mesmo quando este não pode recebê-los.

4.1.1.4 Configuração Remota de Equipamento Serial

Para testes da transparência completa do TSG em uma comunicação serial foi utilizado um equipamento que tivesse uma porta serial de acesso para configuração, no caso um roteador Cisco. A estrutura montada não foge da arquitetura padrão e é mostrada na figura 33.

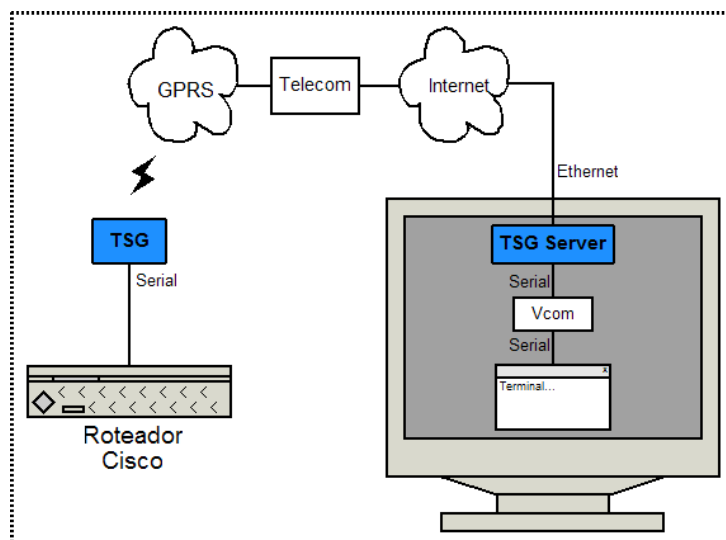


Figura 33: Esquema montado para configuração do roteador Cisco.

O TSG foi previamente configurado como mostrado na seção 4.1.1.1, seu modo foi chaveado para o “Modo Conversor”, foi conectado ao roteador e ligado. Depois de dois “Enter” no terminal (*HyperTerminal*) conectado através da *VCOM* ao TSG *Server*, o roteador deu o primeiro sinal de funcionamento. Após isso, foram configurados alguns parâmetros para garantia de uma comunicação sem falhas.

Para testar a reconexão em uma situação real, o TSG foi desligado fazendo com que a conexão caísse no TSG *Server*. Ligando novamente o TSG, a conexão foi imediata e o funcionamento retornou ao normal, gerando o mesmo comportamento do roteador e do terminal no caso do cabo ser desconectado em uma conexão serial direta, ou seja, completamente transparente.

Os dados configurados pelo terminal podem ser vistos na tabela 8.

```
Router\#
Router\#
Router\#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)\#interface HSSI0/0
Router(config-if)\#encapsulation frame-relay
Router(config-if)\#exit
Router\#
Router(config)\#interface HSSI0/0.1 point-to-point
Router(config-subif)\#traffic-shape rate 150000
Router(config-subif)\#frame-relay interface-dlci 31
Router(config-subif)\#end
Router\#
```

Tabela 8: Terminal de configuração do roteador cisco via o TSG.

4.2 Estudo de Caso 2: Modem *GSM/GPRS*

Neste modo de operação, a plataforma de telemetria sem fio permite que o usuário tenha acesso direto ao modem G24 instalado na plataforma. Se a PTSF for utilizada somente como o modem GSM/GPRS o processador não precisa ser montado. Por outro lado, se a PTSF tiver outras funcionalidades, o “Modo Modem *GSM/GPRS*” pode ser implementada como uma configuração acessada pelas microchaves já discutidas na seção 3.2.1. Esse modo é de fácil implementação, sendo apenas um “*bypass*” de uma serial do microcontrolador para outra.

Como discutido seção 3.1.2, essa arquitetura precisa de um gerenciador que controlará o modem e criará uma conexão com a internet via *GPRS*. Esse software é provido pela Motorola e chama-se “GPRS Manager” para Windows.

4.2.1 Testes e Validação

O programa “*GPRS Manager*” foi instalado para os testes. Com a PTSF conectada na “COM5”, foi feita a criação de uma nova conexão, que executa um teste de todas as portas seriais procurando um dispositivo compatível. O relatório de testes pode ser visto na figura 34.

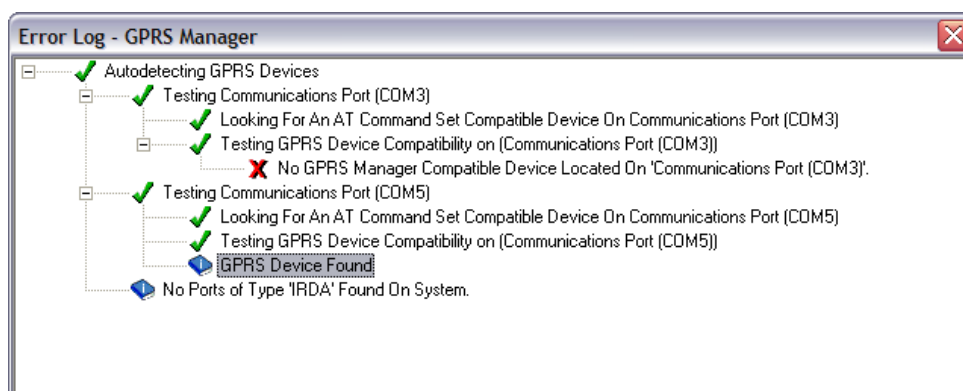


Figura 34: Relatório dos testes das portas seriais feitos pelo *GPRS Manager*.

Após o reconhecimento do dispositivo (PTSF) é instalado um *driver* automaticamente e a conexão GPRS deve ser configurada com os dados básicos já mencionados: APN, usuário e senha. Um ícone é criado no ambiente do *GPRS Manager*, com é visto na figura 35. Para conectar basta clicar duas vezes no ícone, com isso o software gerencia a configuração e a inicialização do modem, além de se conectar com a rede GPRS. Na figura 36 pode ser visto o Windows reconhecendo a conexão. Os detalhes da conexão são mostrados na figura 37.

A conexão na internet é completa, e pode-se navegar em sites, utilizar leitores de e-mails, jogos, conexão FTP, SSH entre outros serviços. Alguns softwares foram utilizados para testar os aspectos da conexão *GPRS* e os resultados são apresentados na figura 9.

Com a realização desses testes, e os resultados positivos e satisfatórios que foram obtidos em todos os casos, pode-se afirmar que a plataforma desenvolvida funciona conforme os requisitos estabelecidos a priori, e que a mesma é apta a suportar diversas aplicações nas áreas em que a plataforma se propõe.


```
C:\>ping www.google.com.br

Pinging www.l.google.com [64.233.179.104] with 32 bytes of data:

Reply from 64.233.179.104: bytes=32 time=543ms TTL=240
Reply from 64.233.179.104: bytes=32 time=581ms TTL=240
Reply from 64.233.179.104: bytes=32 time=600ms TTL=240
Reply from 64.233.179.104: bytes=32 time=562ms TTL=240

Ping statistics for 64.233.179.104:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 543ms, Maximum = 600ms, Average = 571ms

C:\>tracert www.google.com.br

Tracing route to www.l.google.com [64.233.179.104]
over a maximum of 30 hops:

  0  769 ms  642 ms  497 ms  200.179.66.225
  1  459 ms  500 ms  499 ms  embratel-A3-0-34-gacc01.rjo.embratel.net.br [200.179.69.21]
  2  *      733 ms  573 ms  ebt-G5-0-int103.rjo.embratel.net.br [200.244.162.26]
  3  964 ms  719 ms  719 ms  ebt-S0-1-0-3-int102.mianap.embratel.net.br [200.244.111.154]
  4  1129 ms 761 ms  739 ms  if-3-2.core1.MLN-Miami.teleglobe.net [66.110.68.45]
  5  *      1148 ms 899 ms  216.6.48.33
  6  *      1106 ms 678 ms  216.6.48.26
  7  837 ms  677 ms  682 ms  if-0-0.har1.A56-Atlanta.Teleglobe.net [64.86.8.6]
  8  973 ms  738 ms  760 ms  if-3-0-0.core3.AEQ-Ashburn.teleglobe.net [64.86.9.18]
  9  573 ms  614 ms  576 ms  ix-12-2.core3.AEQ-Ashburn.teleglobe.net [63.243.149.102]
 10  583 ms  563 ms  575 ms  209.85.130.16
 11  592 ms  574 ms  580 ms  72.14.238.136
 12  596 ms  571 ms  622 ms  72.14.239.17
 13  595 ms  599 ms  599 ms  72.14.238.182
 14  602 ms  593 ms  597 ms  hs-in-f104.google.com [64.233.179.104]

Trace complete.
```

Tabela 9: Testes básicos da conexão GPRS.

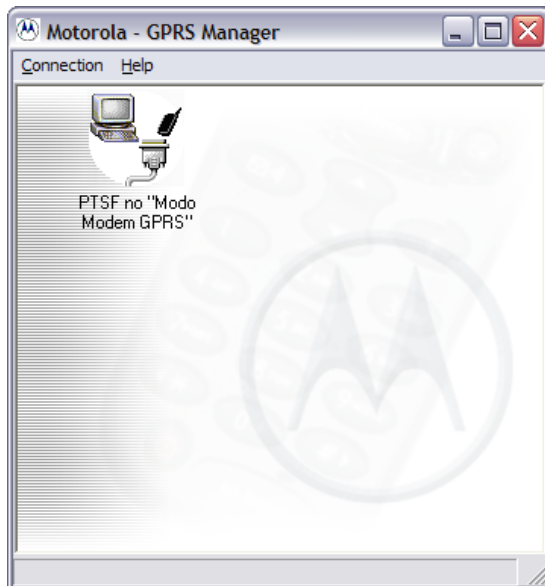


Figura 35: Ambiente do *GPRS Manager*.

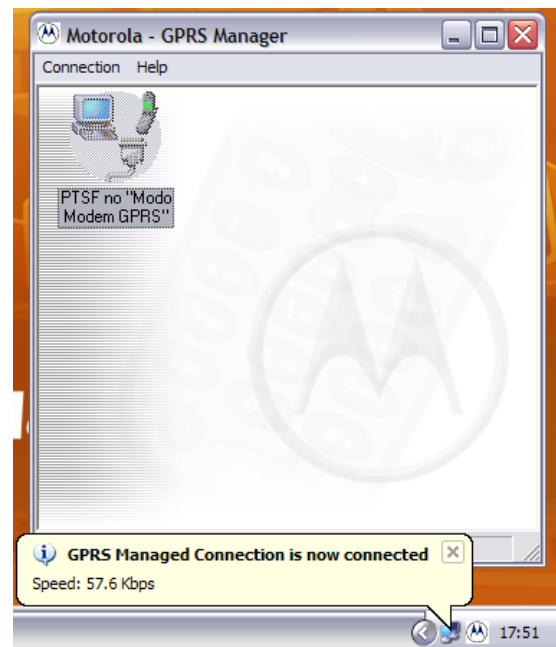


Figura 36: Windows reconhecendo a conexão *GPRS*.

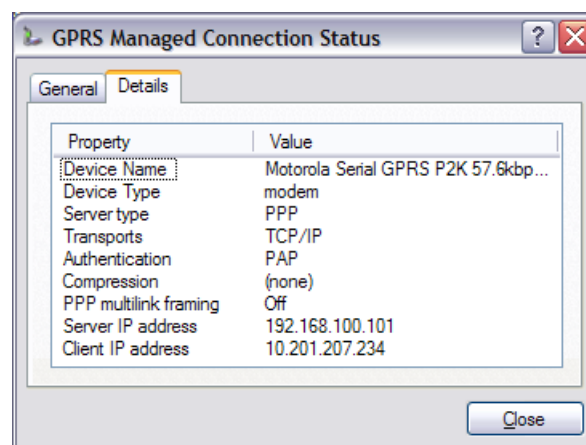


Figura 37: Detalhes da conexão *GPRS*.

Conclusões

Sistemas de supervisão são cada vez mais necessários para garantir o suporte à tomada de decisão e ações rápidas para minimizar gastos e maximizar produtividade e lucros. Assim, a necessidade de alimentadores de informação e atuadores em ambientes remotos, como são os sistemas de telecontrole, vêm crescendo e se tornando prósperos.

Prova disso foi o próprio desenvolvimento desse trabalho, que passou da proposta inicial de um sistema de telemetria fechado para uma plataforma genérica de desenvolvimento de sistemas de telecontrole, devido à identificação das várias aplicações possíveis.

O principal objetivo desse trabalho foi a concepção de uma plataforma de telecontrole genérica que utilizasse tecnologia de redes sem fio, possibilitando o rápido desenvolvimento de soluções que exijam captura, processamento e transmissão de dados, além da atuação nos ambientes remotos.

Depois de um estudo das tecnologias vigentes no Brasil, apresentado na introdução (seção 2.2) foi definida a interface de comunicação sem fio para o sistema de telecontrole. Com um levantamento das capacidades do microcontrolador e das necessidades da plataforma chegou-se as interfaces que serão disponibilizadas ao telecontrole. Com essas etapas prontas, o projeto, testes e validações da plataforma de telecontrole foram realizados. Dois estudos de caso de aplicações que utilizam a plataforma foram apresentados e discutidos. Dessa forma, foram alcançados os objetivos específicos que serviram de guia para a realização do trabalho.

O intuito da plataforma de telecontrole é agilizar os projetos que se enquadrem dentro de uma das arquiteturas propostas, sendo uma pré-estrutura que pode adequar-se aos mais diversos cenários.

Com a plataforma fazendo o uso de uma tecnologia bastante difundida no país, o GSM/GPRS, será permitido a utilização do sistema em praticamente todas as localidades do território nacional, sem o custo da instalação de uma infra-estrutura completa de comunicação. As aplicações ainda podem aproveitar a mobilidade do sistema de telefonia celular e os custos baixos dessa tecnologia que garante a comunicação com todo o mundo, através da internet, com o mesmo custo. Além disso, o módulo escolhido permite a troca

por outro módulo compatível com a tecnologia GSM/EDGE, criando uma abrangência maior na aplicação da plataforma.

O SIM CARD, tecnologia agregada às redes GSM, garante o funcionamento da plataforma sem a intervenção da operadora, além de possibilitar que o sistema projetado possa mudar de operadora facilmente no caso de mais vantagens oferecidas pela concorrência.

Já as interfaces proporcionadas pelo sistema microcontrolado permite a adaptação de uma vasta quantidade de tipos de sensores, atuadores e interfaces de comunicação. E a liberdade de acesso a esses dispositivos por programação direta do microcontrolador. Outras extensões existentes na plataforma acessão diretamente o módulo de comunicação G24, permitindo a utilização de alguns recursos como áudio e interfaces serial e USB.

Apesar de todas as vantagens, a plataforma carece de um projeto de software mais elaborado, que poderia proporcionar bibliotecas e interfaces de mais alto nível para acesso aos dispositivos. Cada programador pode acessar os recursos da plataforma de forma livre, porém é necessário que os componentes de software sejam refeitos desde o início.

Um dos grandes problemas enfrentados foi a lentidão da aquisição de componentes eletrônicos, ainda mais que o sistema foi projetado com componentes de montagem em superfície (SMD). O Brasil não possui um comércio eficiente de pequenos volumes de componentes para protótipos, causando um tempo de projeto muitas vezes inviável para pequenas empresas ou laboratórios que não possuem um canal de comunicação mais eficiente com o exterior. Nesses casos, a modelagem do circuito eletrônico deve ser cuidadosa para não utilizar componentes de difícil aquisição.

Uma continuação desse trabalho poderia prever uma ferramenta de geração de código automático para a plataforma de hardware, onde os recursos fossem expostos e o usuário selecionasse o que é de interesse para sua aplicação e então fosse criado o software do projeto. Outros estudos de caso que proporcionem novas arquiteturas, mais comandos de configuração da plataforma, criptografia para a transmissão dos dados, testes com a tecnologia GSM/EDGE são exemplos de outros trabalhos futuros.

Referências

- AMERASEKERA, A.; DUVVURY, C. *ESD in Silicon Integrated Circuits*. 2. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2002.
- ANATEL. *Dados Relevantes do Serviço Móvel Pessoal*. [S.l.], 2006.
- ATMEL. *ATmega128 Datasheet*. [S.l.], 2006. Rev. 2467N-AVR-03/06.
- ATMEL. *AVR Product Line Introduction*. <http://www.atmel.com/>, 2006.
- BB AUTOMAÇÃO. *Folha de Dados de Sensores de Efeito Hall*. [S.l.], 2006.
- BISHOP, R. H. *The Mechatronics Handbook*. 1. ed. USA: CRC, 2002. 1272 p.
- BORGES, F. F.; LEITE, J. T. F. Sistema para telemetria de sinais biomédicos usando telefonia celular. *XII Congreso Argentino de Bioingeniería*, 2001.
- CDG. *1Q 2006 CDMA Subscribers* / *1Q 2006 CDMA Subscribers*. [S.l.], 2006.
- CIMOLIN, C. A. *Desenvolvimento de uma Plataforma de Sistema Computacional Embarcado para Monitoramento de Dados Remotos*. Itajaí, 2004.
- DOWNES, R. *Importance of Roaming to the Growth of Convergent Systems in Latin America*. 3. ed. [S.l.], 2001.
- ESTEVES, E.; SWART, H. *CDMA2000 1xEV-DO: Tecnologia, Serviços e Mercado*. [S.l.], 2004.
- FRASSON, M. V. S.; WEBER, G. *Classe ABNT: confecção de trabalhos acadêmicos em \LaTeX segundo as normas ABNT*. [S.l.], 2005. Versão 1.5.
- HALONEN, T.; ROMERO, J.; MELERO, J. *GSM, GPRS, and EDGE Performance*. 2. ed. England: John Wiley & Sons, Ltd, 2003.
- HOEPPNER, C. H.; DORF, R. C. *The Electrical Engineering Handbook - Telemetry*. 2. ed. USA: CRC-Press, 2000. 1737-1748 p.
- LABÁN, D. T. Sistema de adquisición y transmisión de datos por telemetría en la red sísmica del norte del Perú. *Compendio de Trabajos de investigación, CNDG - Biblioteca*, v. 4, p. 119–130, 2003.
- MENDONÇA, A.; ZELENOVSKY, R. *Programação e Projeto com a Família 805*. 1. ed. Rio de Janeiro: MZ Editora Ltda., 2005. 448 p.
- MOTOROLA. *Motorola G24 Developer's Guide - Module Hardware Description*. [S.l.], 2006.

- PARKER, K. P. *The Boundary-Scan Handbook*. 3. ed. USA: Kluwer Academic Publishers, 2005. 408 p.
- PAULA, J. de. *O reinado do GSM pode estar próximo*. 65. ed. [S.l.], 2004.
- PHILIPS SEMICONDUCTORS. *The I2C-Bus Specification*. [S.l.], 2000.
- ROSÁRIO, L. M. *Sistema Integrado Software-Hardware para Comunicação de Dados Wireless*. São José, 2004.
- SCHUNK, L. M.; LUPPI, A. *Microcontroladores AVR: Teoria e Aplicações Práticas*. São Paulo: Érica, 2001.
- TANENBAUM, A. S. *Redes de Computadores*. 4. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2003. 156-180 p.
- TAURION, C. *Internet Móvel: Tecnologias, Aplicações e Modelos*. Rio de Janeiro: Campus, 2002. 13-30 p.
- TELECO. *Número de Terminais Celulares no Brasil*. <http://www.teleco.com.br/ncel1.asp>, 2006. Acesso em: 19/05/2006.
- TUDE, E. *Tutoriais Telefonia Celular - GSM*. [S.l.], 2003.
- UCEL. *Transmissão de Dados*. <http://www.ucel.com.br/dados.asp>, 2006. Acesso em: 19/05/2006.
- VISSOTTO, D. *Transmissão de dados via telemetria: uma opção de comunicação remota*. [S.l.], 2006.
- WILSON, J. *Sensor Technology Habdbook*. 1. ed. Oxford: Elsevier, 2005. 691 p.

*ANEXO A - Características do
Microcontrolador ATmega128*

ANEXO B – Tipos de Sensores

*ANEXO C – Características do Módulo
G24 da Motorola*

ANEXO D - Instalação do TSG Server