

ESTUDO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL BASEADO EM CÓDIGO DTMF

Leandro jair Milan¹
Tiago Rodrigues Novaes²

Resumo: O celular hoje é utilizado basicamente para a comunicação interpessoal, porém esse pequeno instrumento do cotidiano pode ser utilizado não apenas para esse fim. O projeto a seguir vai explorar uma parcela dos muitos outros benefícios que o aparelho celular pode proporcionar. Explorando a transmissão entre celulares, constata-se que é possível através de um decodificador transformar a frequência do tom DTMF (padrão para o sistema digital de telefonia, perceptível em forma de som ao se teclar números em qualquer aparelho telefônico digital) – em sinais digitais BCD que podem ser interpretados dentro de uma lógica de programação e com isso acionar dispositivos eletro-eletrônicos a longas distâncias para diversas aplicações, qualquer aparelho pode ser utilizado para controle de dispositivos eletro-eletrônicos desde que se utilize o módulo CDC i.e. controle a distância via celular.

Palavras-chave: Comunicação, celular e digital, Código DTMF.

Abstract: Nowadays, mobile phones are used basically for personal communication. However, this small and everyday equipment may not be applied only for this objective. The following project will explore a part of many other benefits that a mobile can offer. Exploring the transmission through mobiles, it is possible, through a decoder, to convert the DTMF tone (standard telephony digital system

- noticeable in audio form when the keys are pressed in any digital phone device) – in BCD digital signals. These signals may be interpreted in a logic program and electronic devices can be activated over long distances for different applications. Any mobile can be used to control electronic devices, as long as it uses CDC module i.e. Cell phone Distance Control.

INTRODUÇÃO

Automação residencial também é conhecida como domótica e é efetivamente a aplicação das técnicas e ferramentas de automação predial em um cenário doméstico. Neste domínio de aplicação, o custo, ainda muito elevado, é o principal fator que limita a difusão destes sistemas. Além disso, a falta de padronização e uniformização de protocolos de comunicação para os sistemas de automação residencial é, frequentemente, um problema para à concepção e instalação dessas instalações, especialmente quando o sistema tem de ser instalado num edifício preexistente cujo cabeamento elétrico não é pré-arranjado para suportar esse nível de automação (MAINARDI, 2005).

O termo Domótica é usado para designar residências que empregam serviços automatizados. Tecnicamente falando, uma rede domótica pode ser representada por um conjunto de serviços interligados que realizam diversas funções de gerenciamento e atuação, podendo estar conectados entre si por meio de uma rede de comunicação interna e/ou externa (MARIOTONI, 2002).

A busca por melhores condições de vida faz do homem um eterno pesquisador, e assim, a cada dia algo inovador é apresentado, proporcionando comodidade e conforto à humanidade (BELUCO – 2010).

Com o avanço da tecnologia, o telefone celular se tornou objeto de uso pessoal indispensável e acompanha as pessoas onde quer que estejam, seja em casa, no trabalho, no mercado ou viagens. A cada novo modelo lançado, este aparelho adquire novas utilidades, ajudando nas tarefas diárias ou distraindo nos momentos de espera. Utilizar o celular como um controle remoto de aparelhos (exemplo, para ligar a televisão ou acionar uma lâmpada) foi a idéia inicial do projeto, que pode ser expandido ou modificado de acordo com as necessidades.

O módulo CDC (Controle a Distância via Celular) é um sistema criado para o acionamento de qualquer tipo de carga elétrica. Nesse sistema, utiliza-se um celular para transmissão de comando e outro para recepção e obtenção de um sinal codificado em DTMF (Dual Tone Multi-Frequency) – padrão mundial desenvolvido para discagem a longas distâncias, permitindo ligações com e sem fio até mesmo via satélite. No circuito receptor, o CI MT8870 decodifica a frequência recebida através do canal de áudio do aparelho receptor convertendo-o em um código binário BCD. Esse código binário é enviado a um microcontrolador (no caso o microcontrolador 16F877A) para processamento e tomada de decisão.

O microcontrolador 16F877A faz a interpretação da palavra binária através da lógica de programação, que, de acordo com a tecla ou seqüência de teclas digitadas no celular transmissor, corresponderá ao acionamento ou desligamento de uma determinada carga elétrica. O 16F877A é responsável também pela interface homem -

máquina através de um display de cristal líquido (LCD). Cada uma das saídas controladas é ligada a um circuito de acionamento denominado *driver*. O *driver* (ou reforçador de corrente) é responsável pelo chaveamento das cargas. Dessa forma, diversos tipos de cargas poderão ser controlados pelo módulo CDC.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Serão apresentados os conceitos necessários para o entendimento do projeto, assim como algumas características indispensáveis para o circuito.

1.1 DTMF

Dual Tone Multi Frequency (DTMF) é o método de discagem utilizado por aparelhos telefônicos modernos, onde cada número do teclado corresponde a uma combinação de duas frequências (REIS, 1999).

O Teclado DTMF forma uma matriz, onde cada linha e coluna possuem uma frequência de referência, conforme exibido na Tabela 1.

		ALTA FREQUÊNCIA (Hz)			
		1209	1336	1477	1633
BAIXA FREQUÊNCIA (Hz)	697	1	2	3	A
	770	4	5	6	B
	852	7	8	9	C
	941	*	0	#	D

Tabela 1: Teclado DTMF padrão

Desta forma, o pressionar de cada tecla emite um tom de duas frequências, permitindo assim que a central telefônica decodifique e identifique o número pressionado. A discagem eletrônica DTMF é realizada pela implementação de contadores digitais que

recebem os tons gerados pelo teclado e, sincronizados a um oscilador, realizam uma operação de divisão, determinando a frequência resultante na saída (Reis, 1999).

1.2 TELEFONIA MÓVEL CELULAR

A telefonia celular funciona transformando a voz em sinais elétricos, os quais são transmitidos através de ondas de rádio. Tal rede de comunicação possui alto nível de mobilidade devido ao grande número de células, que correspondem às regiões em que as áreas de cobertura são divididas (PAES et al, 2005), conforme mostra a Figura 1.

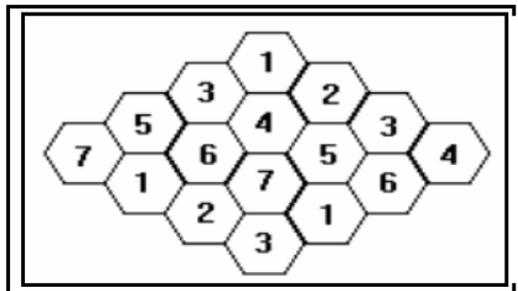


Figura 1: Estruturas das células hexagonais

Cada célula possui uma Estação Rádio Base (ERB), composta por uma ou mais antenas, responsáveis por captar as mensagens dos aparelhos e transferir para a Central de Comutação e Controle (CCC), que localizará o aparelho receptor, seja ele fixo ou móvel, mantendo a qualidade de transmissão e recepção conforme os padrões do sistema (Alencar, 1998).

Um dos mais importantes recursos do sistema celular é o handoff; recurso responsável por manter a continuidade de uma conversação, enquanto a unidade móvel se desloca da área de cobertura de uma célula para outra (TRASEL; VERONEZ, 2005).

1.3 ESTAÇÃO MÓVEL

A estação móvel (EM), também conhecida como terminal móvel, é composta basicamente por uma unidade de controle, um microprocessador, responsável por executar as funções da telefonia celular, e um aparelho transmissor e receptor de rádio. Durante o estabelecimento de uma chamada, um canal de voz é selecionado para transmitir o sinal de áudio da conversação.

Os aparelhos celulares são classificados em relação a quantidade de canais de operação, como Dual Band, Tri Band, ou até mesmo Quadri Band, (PAES et al, 2005).

A troca do canal de voz, inicialmente selecionado, pode ocorrer em situações com alto nível de ruído ou até mesmo quando for necessário aliviar o tráfego de uma célula. (MEDOE, 2000).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foi necessário especificar os materiais necessários para garantir o funcionamento do sistema, além de mostrar os métodos utilizados para alcançar os resultados propostos.

2.1 DECODIFICADOR DE SINAL DTMF

A partir do momento em que um sinal DTMF é transmitido, o órgão receptor necessita decodificá-lo para identificar qual foi o tom recebido (FILHO, 2002).

Para realização desta função fora selecionado o circuito integrado MT8870 que realiza a filtragem dos sinais, fazendo uso de técnicas de comutação de capacitores para os grupos de alta e baixa frequência e decodificação digital, que utiliza técnicas de contagem para detectar e

decodificar todos os 16 pares de tons de frequência, em um código de 4 bits.

A finalidade desse circuito é validar a frequência DTMF (Dual Tone Multi-Frequency), recebida do aparelho celular, e decodificá-la em código binário através do Circuito Integrado MT8870. Esse componente é responsável pela recepção de um determinado sinal e após decodificá-lo, disponibiliza-o em lógica binária BCD (detalhado na Tabela 2). O circuito microcontrolador tem a função de reconhecer-lo, armazená-lo e acionar as saídas desejadas conforme programado.

Tecl a	Código binário				Valo r Deci mal	Baixa Frequênci a (Hz)	Alta Frequênci a (Hz)
	D 3	D 2	D 1	D 0			
1	0	0	0	1	1	697	1209
2	0	0	1	0	2	697	1336
3	0	0	1	1	3	697	1477
4	0	1	0	0	4	770	1209
5	0	1	0	1	5	770	1336
6	0	1	1	0	6	770	1477
7	0	1	1	1	7	852	1209
8	1	0	0	0	8	852	1336
9	1	0	0	1	9	852	1477
0	1	0	1	0	10	941	1336
*	1	0	1	1	11	941	1209
#	1	1	0	0	12	941	1477
A	1	1	0	1	13	697	1633
B	1	1	1	0	14	770	1633
C	1	1	1	1	15	852	1633
D	0	0	0	0	0	941	1633

Tabela 2: Teclado DTMF padrão
Fonte – (MITEL MT 8870)

Para entender melhor o funcionamento de Decoder, é apresentado na Figura 2, o diagrama completo do componente, conforme seu respectivo fabricante (MITEL, 1995).

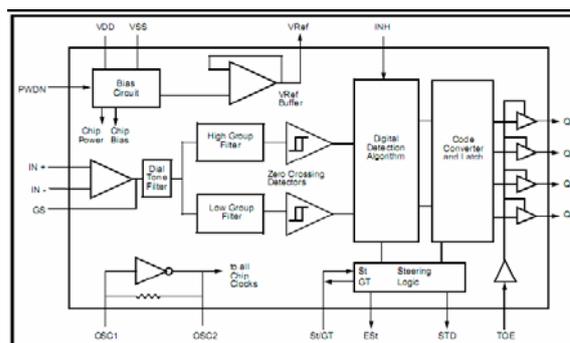


Figura 2: Diagrama do Decoder
Fonte – (MITEL MT 8870)

2.2 CELULAR

Algumas configurações mínimas foram estabelecidas para seleção do aparelho telefônico celular utilizado no circuito. Estas permitem ao sistema uso indiscriminado em todo o território nacional; entre estas: a compatibilidade com tecnologia GSM (detentora da maior cobertura de sinal no país) e sistema quadriband“, que possibilita o aparelho operar em até quatro bandas de frequência (BELUCO – 2010).

Considerando que a tecnologia 3G migra automaticamente (conforme configuração do aparelho celular) para GSM quando apresenta perda de sinal, esta pode ser utilizada sem causar problemas ao funcionamento. O aparelho em questão também deve possuir o modo de “atendimento automático”, fator indispensável ao pleno funcionamento do sistema.

2.3 MICROCONTROLADOR

Um microcontrolador possui internamente todos os componentes necessários para se realizar o controle de um processo, incluindo memória de programa, memória de dados, portas de entrada e/ou saída serial, contadores, timers e também a ULA (Unidade Lógica Aritmética), responsável por realizar as operações lógicas do programa (SOUZA, 2007).

Para tornar a programação mais flexível, ou seja, permitir a adição de controle de mais saídas futuramente e também atender a necessidade inicial, que prevê o acionamento de 8 saídas recebendo dados de 13 (treze) entradas de controle, o PIC16F877A, do fabricante MICROCHIP®, foi o escolhido, pois atende todas as necessidades do projeto e ainda pode ser encontrado facilmente no mercado.

Possuindo 40 (quarenta) pinos, onde se encontram 5 (portas) de entrada e/ou saída, sendo elas: PORTA, PORTB, PORTC, PORTD e PORTE, 3 (três) timers, 2 (dois) comparadores e capacidade para 35 (trinta e cinco) instruções com filosofia RISC (computador com set de instruções reduzido). O PIC16F877A possui outra vantagem que é a arquitetura Harvard, onde internamente existem 2 (dois) barramentos, um para dados e outro para instruções, característica que torna o microcontrolador mais rápido, pois enquanto uma instrução é executada outra pode ser buscada da memória (MICROCHIP, 2003).

2.4 A PROGRAMAÇÃO

Com o uso de um microcontrolador é possível programar a execução de tarefas de acordo com as necessidades pessoais, desta maneira, a programação foi concebida de forma a suprir as necessidades iniciais de controle, que são limitadas ao acionamento de 8 cargas.

Uma vez completa a ligação, (atendimento automático), deve ser inserida uma senha de 4 (quatro) dígitos, que confirma a operação. Uma vez inserida a senha corretamente, o sistema está liberado para execução onde poderão ser habilitadas e desabilitadas as saídas conforme tabela 3.

Tabela de Funções								
Saída	1	2	3	4	5	6	7	8
ON	11	22	33	44	55	66	77	88
OFF	01	02	03	04	05	06	07	08
Full ON	*1							
Full OFF	*0							

Tabela 3: Funções das teclas

Por exemplo: Ao acessar o sistema será solicitado a senha. Após digitar a senha a pessoa vai ouvir uma mensagem solicitando qual função deseja executar. Então, se for digitado 11, a saída 1 será ligada e posteriormente será enviada uma mensagem de voz dizendo que a saída 1 foi habilitada. Se logo em seguida for digitado 01 a saída 1 será desabilitada e posteriormente será enviada uma mensagem dizendo que a saída 1 foi desabilitada. Como mostrado na tabela 3, há um código que será o *1 que habilita todas as saídas e *0 desabilita todas as saídas simultaneamente.

As saídas poderão controlar cargas como: Luzes, ar condicionado, bomba de piscina, abertura de portão, ou qualquer função que deseje que seja executada de qualquer lugar do mundo, basta ter acesso a um telefone.

Como forma de segurança, o acionamento das saídas por tentativas encontra-se protegido por um tempo entre dígitos de 3s. Tal alternativa só é possível devido ao recurso conhecido como Watchdog, que provoca um reset na programação em caso de erros na lógica de programação, neste caso um atraso.

2.5 CIRCUITO GRAVADOR DE VOZ

Para gravar e reproduzir as mensagens foi utilizado o circuito integrada da família ISD 17XX é uma série de circuito integrado de alta qualidade em gravação e voz e reprodução, ideal para uma ariedade de sistemas eletrônicos. A duração da nsagem é selecionável pelo usuário

em intervalos de 20 à 480 segundos, dependendo do dispositivo específico. A frequência de amostragem de cada dispositivo também pode ser ajustada de 4 kHz a 12 kHz com uma resistência externa, dando ao usuário maior flexibilidade na duração e qualidade de gravação em relação a cada aplicação.

Os dispositivos ISD1740A/50A/60|A incluem um OnChip oscilador com controle de resistor externo, pré-amplificador de microfone com controle automático de ganho (AGC), uma entrada auxiliar analógica, filtro anti-aliasing, Multi-Level de armazenamento array (MLS), filtro de suavização, controle de volume, modulação por largura de pulso (PWM) Classe D altofalante e saída de corrente. Esses dispositivos também suportam uma opção V Alert recurso (Voice Alert) que podem ser usados como um indicador de nova mensagem. Com V Alert, o IC dispara um LED externo para indicar que uma nova mensagem está presente.

Os dados de áudio são armazenados diretamente na memória de estado sólido sem compressão digital, fornecendo qualidade superior na reprodução de voz. Sinais de voz podem ser alimentados no chip através de dois caminhos independentes: uma entrada de microfone diferencial e entrada de um single-ended analógico.

Depois de gravado as mensagens sabe-se a posição de cada mensagem como pode ser visto na Tabela 4. Ao acionar a função reset vai para a posição 18, com isso é possível saber em qual mensagem está e se acionado a função toca reproduz a mensagem da posição 18.

Posição	Mensagem
1	Saída um ativada
2	Saída um desativada
3	Saída dois ativada
4	Saída dois desativada
5	Saída três ativada
6	Saída três desativada
7	Saída quatro ativada
8	Saída quatro desativada
9	Saída cinco ativada
10	Saída cinco desativada
11	Saída seis ativada
12	Saída seis desativada
13	Saída sete ativada
14	Saída sete desativada
15	Saída oito ativada
16	Saída oito desativada
17	Todas as saídas ativadas
18	Todas as saídas desativadas

Tabela 4: Posição das mensagens

As funções toca, pula e reset do circuito reproduzidor das mensagens são executadas pelo microcontrolador, ou seja sempre que solicitada a ativação ou desativação de uma saída o microcontrolador busca a posição da mensagem relacionada aquela saída através da função pula e após a execução da mensagem volta sempre para a primeira posição através da função reset. Assim o microcontrolador sabe sempre posicionar a mensagem correta.

Para reproduzir a mensagem da posição 5 por exemplo, deve ser acionado a função pula por seis vezes, ou seja, o primeiro acionamento é para validação da função e os outros cinco acioanamentos é para localizar a posição da mensagem. Após localizado a posição da mensagem é acionado a função toca que reproduz a mensagem, e é acionado também um temporizador que contará 4,1 segundos, pois como falado anteriormente cada mensagem não

ultrapassa o tempo de 4 segundos. Terminado o tempo de 4,1 segundos é acionado a função resete e então volta para a posição inicial que neste caso é a posição 18. Com isso sabe-se a posição inicial novamente podendo posicionar outra mensagem seguindo os passos citados anteriormente.

3 ANÁLISES E RESULTADOS

Para garantir pleno funcionamento do circuito, todas as partes que o constituem foram testadas separadamente e agrupadas uma a uma até a obtenção do resultado final.

A aplicação das parciais do circuito foram montadas em protoboard conforme segue:

O circuito de entrada, responsável pela captação dos sinais DTMF's, foi testado primeiramente fazendo uso de led's acoplados as suas saídas. Sabendo que a resposta do decodificador é obtida em correspondentes binários, a verificação da eficácia do pressionar de cada dígito do teclado do telefone celular pode ser conferida através do acionamento dos leds conforme a figura 3.



Figura 3: Teste de comprovação da tabela 4

Toda a simulação realizada via protoboard obteve sucesso, uma vez que todos os comandos foram respondidos diretamente sem problemas. Durante os testes verificouse

pequena interferência na resposta do decoder em função de ruídos presentes na entrada do circuito, que pode ser removido aplicando capacitores de 1000X na entrada e saída do regulador de tensão.

Finalizados os testes em protoboard deu-se início a fabricação da placa com o circuito impresso, assim todo o funcionamento do circuito pode ser revisado, necessitando apenas a inserção do microcontrolador. A programação do microcontrolador foi realizada em etapas, fato que permitiu alcançar o objetivo final com sucesso.

Primeiramente, cada etapa da rotina de programação passava por simulação via software MPLAB e, em seguida, aplicada diretamente ao circuito para verificação de eficácia.

A primeira rotina foi concebida de forma a controlar diretamente as cargas, então, quando acionada qualquer tecla do aparelho celular, acionava diretamente a saída a ela associada, desta forma pôde ser avaliada toda a comunicação do circuito, desde a entrada até a saída.

Finalizando a programação, a rotina considerada mais importante pôde ser inserida, garantindo assim maior confiabilidade ao sistema, trata-se do “cão de guarda” ou “watchDog”. Tal função, quando ativa, provoca um reset no sistema, assim, sempre que ocorrer demora superior a 3s durante a inserção da senha (tempo entre dígitos) o sistema entrará automaticamente em suspensão.

Para proporcionar ao usuário garantia de acionamento das cargas desejadas, foi inserida na programação rotina que confirma todos os acionamentos através da mensagem de voz como falado anteriormente, e o desligamento também através da mensagem de voz.

Com a conclusão da programação, puderam-se realizar os testes finais diretamente na placa de

controle, assim foram realizados acionamentos diretamente pelo aparelho celular acoplado a placa, e também por aparelhos telefônicos diversos, não obtendo nenhuma condição inconveniente ao sistema, uma vez que todas as tentativas de inserção incorreto foi bloqueada pelo sistema ou seja não houve acionamento involuntário.

Importante salientar, que ambos os aparelhos telefônicos (emissor e receptor), devem estar configurados para emissão de sinais DTMF's. Como os sinais DTMF's possuem frequências distintas, porém coincidentes, com muitas das existentes em músicas, o aparelho telefônico celular receptor deverá ser configurado para não emitir nenhum toque de chamada, evitando assim entradas indevidas no circuito.

4 CONCLUSÃO

Com a finalização deste trabalho, o objetivo principal que consistia em desenvolver um sistema de automação residencial para controlar equipamentos elétricos a distância, foi alcançado.

A partir do estudo dos códigos DTMF foi visto que era possível utilizar este tipo de sinal para realizar as ações desejadas. O CI MT8870 identifica com precisão o sinal DTMF respectivo para cada número digitado gerando um código distinto para cada tom recebido. A utilização deste componente, MT 8870, resultou numa economia de tempo no desenvolvimento do projeto, pois não foi necessário projetar filtros para identificar os tons dos dígitos telefônicos e também não foi necessário utilizar conversores A/D para transformar esses dígitos em sinais compreensíveis BCD ao microcontrolador.

O software desenvolvido e gravado no microcontrolador PIC 16F877A recebe as

informações do decodificador de DTMF convertidos para código BCD, mostra na interface visual LCD e executa a função desejada, gerando uma resposta através das mensagens pré-gravadas na placa de áudio.

Os resultados do projeto foi satisfatório, pois atingiu os objetivos propostos, permitindo interagir os conhecimentos de *hardware*, *software* e eletrônica, eletrônica de potência adquiridos no curso de Engenharia Elétrica Eletrônica.

Na era da tecnologia, tudo que nos propiciar conforto será bem vindo, e é assim que este projeto deve ser concebido, como algo que surge para facilitar as rotinas diárias de cada um. Tal tecnologia utilizada, apesar de não muito difundida, possui muitos recursos, possibilitando ser usada em diversas outras áreas.

Uma das dificuldades encontradas no projeto são as limitações que estão presentes, pois como o sistema é dependente de uma rede telefônica e ocorrendo um problema com a mesma, o sistema será afetado. De forma geral podemos concluir que o projeto pode, e muito, simplificar diversas operações, trazendo-nos comodidade e, em certas circunstâncias.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, Marcelo Sampaio de, **Telefonia Digital** – São Paulo : Érica, 1998.

BELUCO, Antonio H. M.; KAVILHUKA, Tiago; **Desenvolvimento de sistema microcontrolado para acionamento de dispositivos eletro-eletrônicos a distância via comando multifrequencial (DTMF)**; Instituto Superior Tupy, 2010

FILHO, João Candido A. Milasch; **Monitor e gerenciador de linha telefônica controlado pelo microcomputador**; Curitiba, 2002.

MAINARDI, E., BANZI, S., BONFIÈ, M. e BEGHELLI, S., A low-cost Home Automation System based on Power-Line Communication Links, 22nd International Symposium on Automation and Robotics in Construction, ISARC 2005 - September 11-14, 2005, Ferrara, Itália.

MARIOTONI, C. A. e ANDRADE Jr., E. P., **Descrição de Sistemas de Automação Predial Baseados em Protocolos PLC Utilizados em Edifícios de Pequeno Porte e Residências**, Revista de Automação e Tecnologia de Informação. Volume 1, número 1, 2002.

MEDOE, Pedro A.. **Curso Básico de Telefonia**; Editora Saber, 1ª Edição; São Paulo 2000.

MITEL. **Integrated DTMF Receiver MT8870DE**, 1995.

MICROCHIP. **DATA SHEET PIC16F87XA**, 2003.

PAES, Acnanra; GUEDES, Cristiane; PRESTES, Inger de Cássia; CHEDID, Michelle; ANJOS, Olívia Anunciatti dos; **Telefonia Móvel** – Curitiba; 2005.

REIS, Maurício Caruzo. **Eletrônica de telefone: Residencial e Celular**. 5ed. São Paulo: Letron, 1999.

SOUZA, David José de. **Desbravando o PIC: ampliado e atualizado para PIC16F628A**. 11ed. São Paulo: Érica, 2007.

TRASEL, Anete Terezinha; VERONEZ, Denise; **Banco de Dados Móveis**; Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste; Curso em Bacharelado em Informática; Cascavél; 2005.

(1) Técnico em Eletrotécnica, Acadêmico do Curso de Engenharia Elétrica Eletrônica da Associação Educacional Dom Bosco, Faculdade de Engenharia de Resende.
ljmilan@ig.com.br

(2) Acadêmico do Curso de Engenharia Elétrica Eletrônica da Associação Educacional Dom Bosco, Faculdade de Engenharia de Resende.
tiago_novaes@yahoo.com.br