



COBENGE 2005

XXXIII - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia

"Promovendo e valorizando a engenharia em um cenário de constantes mudanças"

12 a 15 de setembro - Campina Grande - Pb

Promoção/Organização: ABENGE/UFPE

MÓDULO DE CONTROLE DTMF TCG-PI02: UM CONTROLE DE DISPOSITIVOS VIA LINHA TELEFÔNICA

Thomás Colvara Teixeira – thom@correios.net.br

CEFET/SC – Gerência Educacional de Eletrônica

Av. Mauro Ramos, 950 – Centro

CEP 88020-300 – Florianópolis - SC

Claudir Farias – claudir.farias@ig.com.br

Gustavo B. Ventura – gustavo@dominik.com.br

Wilson Berckembrock Zapelini, Dr. – zapelini@cefetsc.edu.br

***Resumo:** O módulo de controle, denominado TCG-PI02, que é o interesse principal deste artigo, deve ser instalado em um ambiente provido de uma linha telefônica (convencional ou celular) e deve estar conectado a dispositivos que desejamos controlar remotamente. Assim, de qualquer lugar do mundo, é possível discar o número do TCG-PI02 e controlar do teclado telefônico todos os dispositivos conectados a ele. Porém, é necessário utilizar um telefone convencional, público ou celular, operando no modo DTMF e digitar uma senha de acesso de 4 dígitos. O módulo conta com cinco saídas, sendo quatro delas digitais a relé, e uma saída analógica a TRIAC com resolução de quatro bits. Desta forma, pode-se controlar dispositivos tanto no modo on/off, quanto controlar a tensão de acionamento de uma carga de 0 a 220V.*

***Palavras-chave:** Módulo de controle, Rede telefônica, DTMF.*

1. INTRODUÇÃO

O presente artigo tem por finalidade apresentar as características construtivas, técnicas e funcionais do módulo de controle **TCG-PI02**. O projeto dividiu-se em três partes distintas, que quando acoplados integram o módulo de controle.

O primeiro módulo, denominado **Interface de Rede**, tem a função de controlar a conexão com a linha telefônica, de forma a atender e encerrar chamadas feitas para o módulo, bem como converter os sinais analógicos da linha telefônica (tons multi-freqüenciais) em dados a serem lidos pela CPU.

O segundo módulo, denominado **CPU**, é composto por um CPLD Altera da família MAX7000S, denominado EPM7128SLC8415. Este módulo é responsável por todo o controle dos dados capturados pela interface de rede, decodificando-os em sinais de controle para as saídas, bem como possibilitar o controle de acesso através de senha, enviar os sinais para o atendimento e o encerramento das chamadas e programar o número de chamadas necessárias para o atendimento da chamada pelo **TCG-PI02**, uma vez que este pode estar ligado a uma extensão de linha telefônica, possibilitando o funcionamento em paralelo a um aparelho telefônico.

O terceiro módulo, denominado **Módulo de Acionamento**, contém os circuitos de potência e de controle para o acionamento das cargas digitais (a relé) e para a saída analógica (tiristorizada) em até 220VCA.

2. DESENVOLVIMENTO E CARACTERÍSTICAS DO PROTÓTIPO

O desenvolvimento do protótipo foi estruturado em etapas idênticas à constituição dos módulos, o qual será detalhado a seguir.

2.1 Interface de Rede

Esta interface tem a função de converter os sinais analógicos da linha telefônica em sinais digitais padrão TTL, de modo que possam ser processados pela CPU. Também cabe a esta interface o controle da linha, de modo a deixá-la livre ou ocupada, quando o módulo estiver em operação.

O elemento principal desta interface é o circuito integrado MT8870, da Zarlink Semiconductor. Este circuito integrado é um DTMF Receiver, que é capaz de converter 16 pares de tons DTMF em códigos de 4 bits.

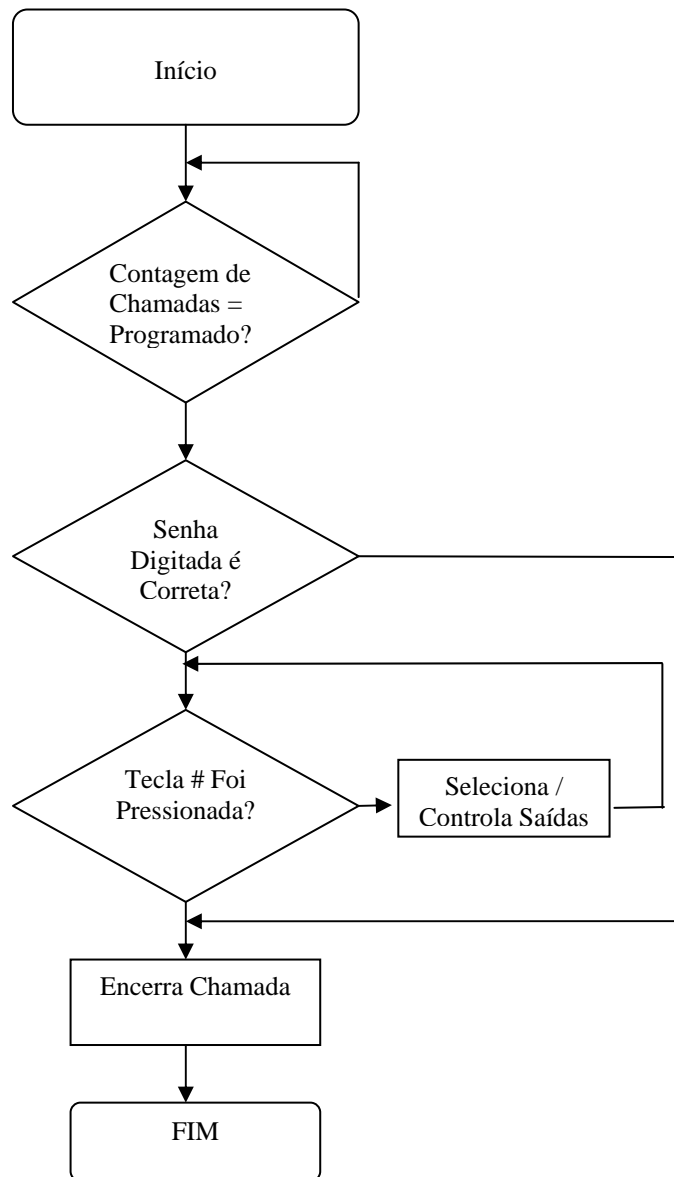
Este circuito integrado não opera somente acoplado à linha telefônica, mas a qualquer sinal de áudio DTMF. Desta forma, com algumas pequenas adaptações, o módulo TCG-PI02 poderá operar também em locais onde não exista instalada uma linha telefônica convencional, mas somente um telefone celular. Com isso, a saída de áudio de um telefone celular programado para atendimento automático poderá servir para transmitir os dados necessários para o acionamento das cargas.

A interface de rede funciona da seguinte forma: um circuito detector de *ring* irá gerar uma onda quadrada que, por sua vez, fornecerá um pulso à CPU a cada intervalo de chamada da linha telefônica. A CPU irá contar a quantidade de chamadas da linha telefônica e, em função da configuração de *jumpers* por parte do usuário, irá atender a ligação após um determinado número de chamadas (configurável de uma a dez chamadas). Esta configuração permite que um aparelho telefônico convencional possa operar na mesma linha telefônica utilizada pelo TCG-PI02, sendo que este deverá ser atendido antes do número de toques programados no módulo.

Quando o número de chamadas programado foi atingido, a CPU envia um sinal à interface que irá acionar um relé, fazendo com que a impedância da linha caia através da comutação de uma resistência de 390R em paralelo com a mesma. O usuário, então, percebe que foi atendido pelo TCG-PI02 e digita a senha de quatro dígitos que é transmitida à CPU através do circuito integrado MT8870. Caso a senha digitada seja inválida, a CPU enviará um sinal à interface de rede informando a situação e encerrando a ligação via desconexão da resistência de 390R.

Na mesma placa de circuito impresso onde se encontra implementado o circuito de interface de rede, também são disponibilizados os seguintes circuitos auxiliares da CPU: sinalização visual de senha válida, *power-on reset*, *jumper* para configuração de inibição de senha, *jumper* para configuração do número de chamadas e *jumpers* para configuração de senha. A figura 1 a seguir apresenta o fluxograma de funcionamento.

Figura 1 – Fluxograma do Software



2.2. Unidade Central de Processamento – CPU

Este módulo é responsável por todo o processamento dos sinais coletados pela Interface de Rede e pelo acionamento das saídas em função destes sinais.

A CPU é um CPLD (*Complex Programmable Logic Device*) da Altera, da família MAX7000S, discriminado por **EPM7128SLC8415** e possui 128 macrocélulas e 84 pinos.

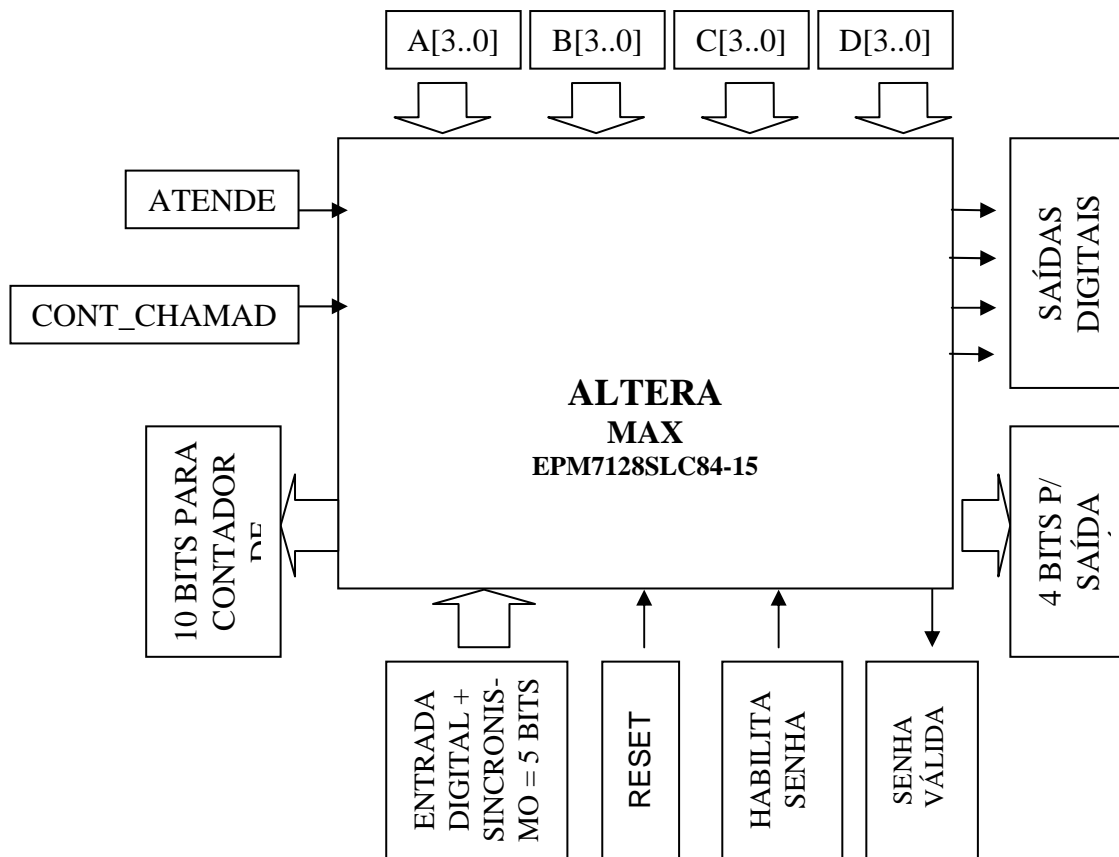
A ferramenta de desenvolvimento escolhida foi o MaxPlus II, que possui os recursos disponíveis para a execução de todas as etapas de desenvolvimento do software embarcado.

A descrição do funcionamento da CPU baseia-se exclusivamente no *software*, em função da grande flexibilidade inerente aos PLDs. Nenhum recurso adicional de *hardware* foi necessário neste módulo, além daqueles já mencionados durante a apresentação da Interface de Rede, em função dos 84 pinos presentes no encapsulamento deste PLD.

A CPU possui 44 pinos, assim distribuídos: 16 para configuração de senha, 4 para saídas digitais, 4 para saída analógica, 5 para entradas digitais, 10 para configuração do número de chamadas, 1 para o contador de chamadas, 1 para atender a chamada, 1 para reset, 1 para

saída indicadora de validação de senha e 1 para habilitação de senha. O diagrama em blocos da CPU pode ser vista na figura 2 abaixo.

Figura 2 – Diagrama em blocos representando a pinagem da CPU



Os pinos para configuração de senha permitem configurar através de *jumpers* e em binário, a senha de acesso na seqüência ABCD.

Os pinos para seleção do número de chamadas permitem configurar o número de “toques” necessários para que o sistema atenda a ligação, também através de um *jumper* de configuração.

O pino “Atende”, quando fechado com um dos pinos de seleção do número de toques, faz com que a CPU atenda a ligação após o número de toques programados.

O pino “Cont_Chamadas” recebe o sinal do módulo de Interface de rede, e serve como *clock* para o contador de chamadas interno da CPU.

Cada pino de saída digital irá comandar um relé no módulo de acionamento de potência, e os quatro pinos destinados à saída analógica acionarão o conversor digital/analógico daquele módulo, resultando em um conversor D/A com resolução de quatro bits.

A entrada digital é composta por quatro bits de dados e um bit de sincronismo, gerado pelo circuito integrado MT8870 do módulo de Interface de Rede. Este bit de sincronismo permanece em nível lógico “1” enquanto houver um par de tons DTMF presente na linha.

O pino “reset” reinicializa o sistema quando em nível “1”.

O pino “Senha Válida” vai a nível “0” quando a senha recebida foi válida e permanecem neste nível até o fim do processo.

O pino “Habilita Senha” faz com que uma senha de acesso seja exigida no momento que a ligação for atendida, quando estiver em nível lógico “0”.

Hardware da CPU

O hardware da CPU foi implementado sobre um kit didático de PLD desenvolvido pelo Professor Édson Mélo da Gerência Educacional de Eletrônica, onde possui conectores para todos os pinos de I/O disponíveis, conector para a interface de programação JTAG e regulador de tensão para a CPU, que alimenta também o módulo de Interface de Rede.

Software da CPU

O *software* da CPU foi elaborado, em sua maior parte, em modo esquemático. Somente o primeiro módulo, de contagem de chamadas, teve sua estruturação em modo de formas de onda.

O *software* foi dividido em quatro partes, denominadas: Contador de Chamadas, Verificação de Senha, Seleção de Saída e Controle de Saída.

O Contador de Chamadas é responsável por contar o número de pulsos provenientes da interface de Rede e acionar cada uma de suas saídas, seqüencialmente, até que o sistema atenda a ligação.

A Verificação de Senha é a etapa responsável por receber cada um dos dígitos da senha digitados e comparar com a configuração do usuário e, ao final do processo de validação, aceitar ou não a senha digitada. Caso a senha digitada não for aceita, esta etapa será responsável por encerrar imediatamente a ligação.

A Seleção de Saída é responsável por selecionar a saída a ser controlada, em função da tecla pressionada (de 1 a 5). Também possui função para encerrar a ligação, mantendo inalterado o estado das saídas.

O Controle de Saída é responsável por ligar ou desligar a saída selecionada, bem como incrementar ou decrementar o dado do contador interno para o conversor D/A. Também possui função para “zerar” todas as saídas, caso o usuário não se lembre do estado atual das mesmas. As tabelas 1 e 2 abaixo mostram as diversas funções atribuídas ao teclado telefônico e as instruções para configuração da senha de acesso.

Tabela 1 – Funções do Teclado Telefônico

Tecla	Função
1	Seleciona a saída 1
2	Seleciona a saída 2
3	Seleciona a saída 3
4	Seleciona a saída 4
5	Seleciona a saída 5
9	Liga a saída (1 a 4) ou incrementa (5)
8	Desliga a saída (1 a 4) ou decrementa (5)
0	Desliga todas as saídas, “zera” a saída 5
#	Encerra a ligação

Tabela 2 – Configuração de Senha

Dígito	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	*	#
Código	FFFA	FFAF	FFAA	FAFF	FAFA	FAAF	FAAA	AFFF	AFFA	AFAF	AFAA	AAFF

F = Fechado / A = Aberto

Exemplo de configuração: Para senha de acesso “1234”, deve-se configurar:

FFFA FFAF FFAA FAFF

Módulo de Acionamento

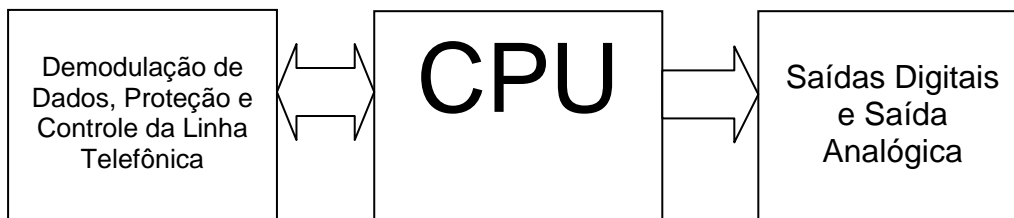
Este módulo é responsável por isolar a CPU da etapa de acionamento de potência do circuito, bem como prover o acionamento das cargas a partir da rede elétrica de 110VCA ou 220VCA.

Além de possuir quatro saídas digitais a relé, eletricamente isoladas da CPU através de opto-acopladores, possui também uma saída analógica que permite controlar a potência em uma das saídas, através da variação do ângulo de disparo de um tiristor TRIAC.

Para a saída analógica, este módulo possui um conversor digital-analógico do tipo R-2R com resolução de 4 bits, possibilitando dezesseis níveis de tensão diferentes. Também as entradas deste conversor D/A são optoacopladas, fornecendo total segurança para a CPU contra eventuais transientes que poderão ocorrer na etapa de potência.

O controle do ângulo de disparo é feito a partir do circuito integrado **TCA785** da Siemens. A saída do conversor digital-analógico é, então, ligada a entrada de controle deste dispositivo, que tem sua rampa ajustada de modo a estar compatível com os níveis de tensão fornecidos pelo conversor D/A, permitindo que o controle do ângulo de disparo possa ser feito durante todo o semiciclo da rede elétrica (0 a 180 graus).

Figura 3 – Diagrama em Blocos do Módulo de Controle **TCG-PI02**



3. RESULTADOS OBTIDOS

Todos os objetivos traçados para este primeiro protótipo foram alcançados com êxito. Foi conseguido implementar com sucesso todos os módulos do protótipo, que contou com a Interface de Rede, a CPU e o Acionamento.

Vários testes foram realizados, a partir de fontes diferentes de acionamento, como aparelhos telefônicos celulares, públicos, residenciais e ramais de central telefônica. Em todos os casos, o módulo apresentou uma excelente confiabilidade, dispensando até mesmo a necessidade de sinais de confirmação para o usuário.

Este protótipo é referente a uma primeira etapa de desenvolvimento de um projeto que deverá contar ainda com um sistema embarcado de secretária telefônica, onde um menu interativo deverá orientar o usuário enquanto ele navega remotamente pelo ambiente controlado.

Até o momento, este protótipo conta com as seguintes **características técnicas:**

- Controle remoto ou local por telefone, rádio ou qualquer fonte de sinal DTMF;
- Quatro saídas digitais a relé (220V x 10A);
- Uma saída analógica a TRIAC (220V x 12A);
- Controle independente de cada uma das saídas;
- O estado das saídas permanece inalterado enquanto houver alimentação;
- Número de toques para atendimento programável pelo usuário (1 a 10 toques);
- Senha de acesso de quatro dígitos programável pelo usuário;
- Fácil atualização de software;
- Baixo consumo de energia;

4. CONCLUSÕES

Existem ainda imperfeições, pontos a serem corrigidos até que este se torne um equipamento ideal. Optou-se por implementar uma comunicação “simplex”, ou seja, com um único sentido, porque acreditamos que assim os esforços poderiam ser totalmente direcionados ao controle das cargas acopladas ao módulo, que era o objetivo final da aplicação. Entretanto, a falta de sinais de retorno para o usuário, ou mesmo de um sistema de menu interativo (que era a idéia original), dificultam um pouco a acessibilidade ao sistema.

Também não foi implementado um temporizador “*watchdog*”, que pudesse delimitar um tempo máximo para a operação, pois isso exigiria a utilização de uma base de tempo e faria com que o projeto perdesse uma das características principais de sua implementação, que é a de possuir o *software* inteiramente sincronizado por apenas um bit, diferentemente de circuitos microprocessados que rodam sob um ciclo de máquina.

A principal vantagem da utilização de um PLD na elaboração deste projeto foi a grande quantidade de pinos de I/O disponíveis. Por outro lado, a programação em nível de bit tornou a elaboração do software um pouco penosa, principalmente no estágio de validação de senha. Talvez, uma melhor opção para a programação do PLD no projeto tivesse sido na linguagem VHDL.

O projeto deste módulo de controle **TCG-PI02** foi um primeiro passo dado na caminhada evolutiva dentro da academia. E, como primeiro, trouxe experiências únicas e algumas dificuldades que não se imaginava encontrar, porém, são obstáculos que desafiam e que motivam para a sua superação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTERA. **Datasheet da Família MAX7000S**. Disponível em: <http://www.altera.com/products/devices/max7k/m7k-index.html>>. Acesso em: 12 nov 2004.
- MÉLO, Édson Francisco N. **Uma introdução ao projeto de PLD com o Max+Plus II**. Florianópolis: CEFET/SC, 2002 (apostila).
- TOCCI, Ronald J. e WIDMER, Neal S. **Sistemas digitais: princípios e aplicações**. São Paulo: Prentice Hall, 2003.
- ZAPELINI, Wilson B. **Dispositivos lógicos programáveis (PLDs)**. Florianópolis: CEFETSC, 2004 (apostila).
- ZARLINK SEMICONDUCTOR. **Overview do MT8870D**. Disponível em: http://products.zarlink.com/product_profiles/MT8870D.htm>. Acesso em: 12 nov 2004.

MODULE OF CONTROLE DTMF TCG-PI02: A CONTROL OF DEVICES BY PHONE LINE

Abstract: *The control module, denominated TCG-PI02, which is the main interest of this paper, should be installed in an environment provided by telephone line (conventional or mobile) and it should be connected to devices that you want to remotely control. This way, from any place in the world, it is possible to dial TCG-PI02 number and control from the phone keyboard all the devices connected to it. However, it is necessary to use a conventional, public or mobile telephone, operating in DTMF mode and to type a 4 digits password. The module has five outputs: four digital outputs with relay and one TRIAC analogical output with four bits resolution. This way, devices can be controlled in on/off mode or it is possible to apply an output voltage from 0 to 220V to a specific load.*

Key-words: *control module, phone net, DTMF.*