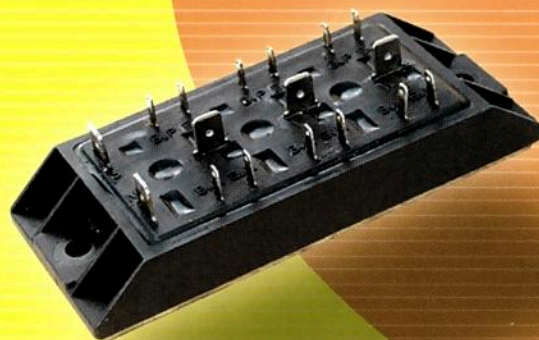




www.sabereletronica.com.br

# SABER ELETRÔNICA

TECNOLOGIA - INFORMÁTICA - AUTOMAÇÃO



## IGBT

(Sua importância na Automação Industrial)

## 8051 x PIC

Comparativo Técnico (parte II)

(Teste Prático: projeto de controle para motores de passo)



## Especificando relés

ISSN 0101-6717



9770101671003 00361

Tudo sobre projeto e aplicação desses componentes



# LITERATURA TÉCNICA

## Redes de Alta Velocidade Cabeamento Estruturado

**Autores:** Vicente Soares Neto, Adelson de Paula Silva e Mário Boscato C. Júnior - 304 pág.

As redes de alta velocidade somente poderão ter sucesso, suportadas pela tecnologia de Cabeamento Estruturado. Este livro, pela sua própria concepção, não tem por objetivo um caráter conclusivo, mas sim possibilitar aos profissionais da área, estudantes e professores uma linha de aprendizado básico e sistemático sobre o assunto. Na sua essência, o livro abrange de forma atual a teoria básica para o Cabeamento Estruturado, os pontos relativos ao planejamento e projeto, bem como os cuidados que devem ser tomados quanto à instalação, operação e manutenção desses sistemas.



R\$ 55,00

R\$ 58,00

## Telecomunicações Evolução e Revolução

**Autor:** Antonio Martins Ferrari - 328 pág.

O principal objetivo do autor com este livro é ampliar os conhecimentos dos leitores sobre Telecomunicações, tornando acessíveis os principais conceitos e idéias. Parte de um breve resumo da evolução histórica das telecomunicações e se desenvolve agregando progressivamente ingredientes com maiores detalhes. Abrange: Telegrafia, Telex, Telefonia, Rede Telefônica, Tráfego, Central Comutadora, Sistemas Eletromecânicos e Híbridos, Ambiente de Rede, Evolução do SPC, Multiplexação, Tarifação, Projeto de Rotas Ópticas, Telefonia Móvel, Telefones sem fio, ISDN e Internet, Comunicações Empresariais, Terminais Telefônicos, CATV entre outros.



R\$ 46,00

## MONTAGEM, MANUTENÇÃO E CONFIGURAÇÃO DE COMPUTADORES PESSOAIS

**Autor:** Edson D'Avila - 240 pág.

Este livro contém informações detalhadas sobre montagem de computadores pessoais. Destina-se aos leitores em geral que se interessam pela Informática. É um ingresso para o fascinante mundo do Hardware dos Computadores Pessoais. Seja um integrador. Monte seu computador de forma personalizada e sob medida. As informações estão baseadas nos melhores produtos de informática. Ilustrações com detalhes irão ajudar no trabalho de montagem, configuração e manutenção. Escrito numa linguagem simples e objetiva, permite que o leitor trabalhe com computadores pessoais em pouco tempo. Anos de experiência profissional são apresentados de forma clara e objetiva.



## TELEFONIA E CABEAMENTO DE DADOS

**Autor:** Valter Lima - 216 pág.

Existe diferença entre os cabos de uma rede ponto a ponto e de uma rede cliente servidor? Como ligar uma extensão de um ramal ou linha telefônica? Como contar os pares de um cabo telefônico e identificar uma linha entre as várias instaladas em um edifício residencial ou comercial? Quais são os acessórios e ferramentas do instalador de redes telefônicas e de computadores, e como utilizá-los? Estes são apenas alguns dos temas tratados neste livro, que abrange desde os princípios básicos de telefonia fixa até a instalação e programação de uma central telefônica de PABX, além de técnicas de manutenção e dos principais tópicos e dicas para instalação de uma rede de dados e conexão com a Internet.

### Telefonia e Cabeamento de Dados



R\$ 40,00

R\$ 29,00

## PROCESSADORES Intel

**Autores:** Renato Rodrigues Paixão e Renato Honda - 176 pág.

O objetivo principal deste livro é apresentar a evolução dos Microprocessadores da Família Intel, partindo do processador 4004 até o Pentium III, e as tecnologias introduzidas com eles, tais como: MEMÓRIA CACHE, MMX, EXECUÇÃO DINÂMICA, DIB, AGP, entre outras. São apresentadas também as características técnicas de Chipsets, Memórias DRAM e comparações de desempenho entre os processadores, levando-se em conta os três vetores (INTEGER, FP e MULTIMEDIA), tornando o livro uma excelente fonte de informação e também auxiliando na escolha adequada de processadores, memórias e chipsets para a aquisição de PCs, ou especificação de Hardware para consultores ou departamentos técnicos.



PEDIDOS

## SABER.MARKETING.DIRETO

Disque e Compre (11) 6195-5330, no site [www.sabermarketing.com.br](http://www.sabermarketing.com.br) ou verifique as instruções na solicitação de compra da última página.

Preços válidos até 05/03/2003



REMETEMOS PELO CORREIO  
PARA TODO O BRASIL



**Editora Saber Ltda.**  
**Diretores**  
 Hélio Fittipaldi  
 Thereza M. Ciampi Fittipaldi

**Revista Saber Eletrônica**  
 Editor e Diretor Responsável  
 Hélio Fittipaldi

**Diretor Técnico**  
 Newton C. Braga

**Redação**  
 Sérgio Vieira

**Automação Industrial**  
 Alexandre Capelli

**Publicidade**  
 Eduardo Anion - Gerente  
 Ricardo Nunes Souza  
 Carla de Castro Assis  
 Melissa Rigo Peixoto

**Conselho Editorial**  
 Alexandre Capelli  
 João Antonio Zuffo  
 Newton C. Braga

**Impressão**  
 Globo Cochrane

**Distribuição**  
 Brasil: DINAP  
 Portugal: MIDESA

**SABER ELETRÔNICA**  
 (ISSN - 0101 - 6717), publicação  
 mensal da Editora Saber Ltda.  
 Redação, administração, assinatura,  
 números atrasados, publicidade e  
 correspondência:  
 R. Jacinto José de Araújo, 315  
 03087-020 - São Paulo - SP - Brasil  
 Tel. (11) 6195-5333

#### ASSINATURAS

[www.sabereletronica.com.br](http://www.sabereletronica.com.br)  
 fone/fax: (11) 6195-5335  
 atendimento das 8:30 às 17:30 h

Matriculada de acordo com a Lei  
 de Imprensa sob nº 4764, livro A,  
 no 5º Registro de Títulos e  
 Documentos - SP.  
 Empresa proprietária dos direitos de  
 reprodução:  
**EDITORA SABER LTDA.**

Associada da:

**ANER**

Associação Nacional dos  
 Editores de Revistas.

**ANATEC**  
 PUBLICAÇÕES ESPECIALIZADAS

Associação Nacional das Editoras  
 de Publicações Técnicas, Dirigidas  
 e Especializadas.  
[www.anatec.org.br](http://www.anatec.org.br)

[www.sabereletronica.com.br](http://www.sabereletronica.com.br)  
 Tiragem: 25.450 exemplares

## EDITORIAL

### Novo governo novas esperanças

Ainda embalado pela onda de otimismo e esperança, o Brasil entra em 2003 deparando-se com o recuo do dólar e perspectivas de aumento na produção industrial. Estimativas do Fundo Monetário Internacional (FMI) projetam crescimento de 6,1% para o comércio mundial em 2003, muito além dos 2,1% registrados em 2002.

Segundo a CNI, se essa projeção for confirmada, as exportações brasileiras deverão obter melhor desempenho. Para a eletrônica esta é uma excelente notícia, uma vez que é difícil imaginarmos um só setor, seja ele industrial, comercial ou residencial, onde esta área não esteja presente. Mas, lembramos que é essencial que o novo governo dê a devida atenção aos estudos técnicos que iniciaram-se no governo FHC e defina, o quanto antes possível, sua política para o setor, uma vez que essa área amarga um terrível déficit na balança comercial.

O jornalista Sérgio Vieira (foto) passa a integrar nosso time e dará sua contribuição com a experiência adquirida em reportagens sobre automação industrial.

Nesta edição iniciamos mais uma série de artigos que irão agregar muito valor aos nossos leitores. O engenheiro Gilberto Abrão Jana Filho passa a escrever sobre os cuidados na aplicação de alguns dispositivos (de relés a fontes chaveadas). O leitor também acompanha: a importância do IGBT na automação industrial; e o protetor universal de transientes (uma incrível solução para preservar equipamentos domésticos e industriais).



## ÍNDICE

### AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

IGBT.....	6
Conheça a estrutura, e a importância deste componente na automação industrial.	
SOLUÇÕES EM CLPs - parte 1.....	32

### HARDWARE

COMPARATIVO DE MICROCONTROLADORES - parte 2.....	14
Controle de motor de passo: 8051 x PIC.	

### COMPONENTES

MICRF005 - RECEPTOR DE UHF 800 Mhz - 1GHz.....	20
MICROCONTROLADOR MSP430.....	22

### ENERGIA

ESPECIFICANDO RELÉS CORRETAMENTE..38	
Proteção de contatos, aplicações, cuidados, dimensionamento, e principais arquiteturas de relés e chaves estáticas.	
CONTROLE TÉRMICO TRIAC-FIO QUENTE.....	72

### PROGRAMAÇÃO

PROCESSOR EXPERT.....	26
Um gerador automático de código.	
LINGUAGEM C - parte 5.....	74

### TÉCNOLOGIA

REDES PRIVADAS VIRTUAIS.....	52
MEMÓRIA RAM E REGISTRADORES NOS MICROCONTROLADORES.....	57
PROTETOR UNIVERSAL DE TRANSIENTE.....	62
PROCESSAMENTO DIGITAL DE SINAIS.....	66
Wavelets x Fourier.	

### REPORTAGEM

Texas Instruments: foco na comunicação em tempo real.....	4
---	---

### SEÇÕES

SEÇÃO DO LEITOR.....	2
USA NOTÍCIAS.....	46
NOTÍCIAS ELETRÔNICA.....	48
NOTÍCIAS TELECOMUNICAÇÕES.....	50

e-mail: [a.leitor.sabereletronica@editorasaber.com.br](mailto:a.leitor.sabereletronica@editorasaber.com.br)

Os artigos assinados são de exclusiva responsabilidade de seus autores. É vedada a reprodução total ou parcial dos textos e ilustrações desta Revista, bem como a industrialização e/ou comercialização dos aparelhos ou idéias oriundas dos textos mencionados, sob pena de sanções legais. As consultas técnicas referentes aos artigos da Revista deverão ser feitas exclusivamente por cartas, ou e-mail (A/C do Departamento Técnico). São tomados todos os cuidados razoáveis na preparação do conteúdo desta Revista, mas não assumimos a responsabilidade legal por eventuais erros, principalmente nas montagens, pois tratam-se de projetos experimentais. Tampouco assumimos a responsabilidade por danos resultantes de imperícia do montador. Caso haja enganos em texto ou desenho, será publicada errata na primeira oportunidade. Preços e dados publicados em anúncios são por nós aceitos de boa fé, como corretos na data do fechamento da edição. Não assumimos a responsabilidade por alterações nos preços e na disponibilidade dos produtos ocorridas após o fechamento.



# Seção do Leitor

Comentários, críticas e sugestões para  
a.leitor.sabereletronica@editorasaber.com.br  
ou através de cartas:  
Revista Saber Eletrônica  
Rua Jacinto José de Araújo, 315  
03087 - 020 - São Paulo - SP

A respeito do artigo sobre ENERGIA ELÉTRICA publicado na edição 359 da Revista Saber Eletrônica, observei que foi citado que os capacitores podem ser instalados junto a motores com partida direta, chave estrela-triângulo e chave compensadora sem, contudo ser mencionada a possibilidade de instalar capacitores junto a motores com inversor de frequência (variadores de velocidade). Minha pergunta: isto se deve ao fato do próprio inversor possuir recursos para compensar o fator de potência, dispensando assim a utilização dos capacitores, ou porque os inversores não admitem a instalação de capacitores em seus terminais?

Edvaldo Paniago

Deve-se ao fato dos inversores não admitirem capacitores em seus terminais de saída para o motor. Isso ocorre porque a forma-de-onda da saída do inversor é modulante (PWM) contendo, portanto, uma modulada cuja frequência pode variar de 2,5 kHz a 16 kHz.

O capacitor, nestas condições, apresenta baixa impedância, "curto-circuitando" a saída do equipamento.

Acredito que a melhor opção seria o corretor de fator de potência (banco de capacitores) na entrada do inversor, e não na saída. Na verdade, o corretor ficaria ligado na própria rede de alimentação. Existem vários equipamentos que interligam os bancos de capacitores automaticamente de acordo com a necessidade.

Na edição de Dezembro de 2001 (Interfaces Industriais) foi publicado um artigo sobre interfaces eletromecânicas onde consta o seguinte:

"Além dos problemas mecânicos citados acima, a f.c.e.m gerada pela bobina do relé pode causar danos aos circuitos do comando e, ao contrário do que muitos projetistas pensam, o diodo retificador ligado em anti-paralelo com a bobina não é a melhor proteção.

Diodo sim, mas retificador não!

Conforme vemos na figura 9, o diodo zener é mais eficaz que o diodo retificador nessa tarefa."

Como ficaria a polaridade do zener e o valor deste para ser colocado em uma bobina com tensão para acionamento de 24Vdc?

Renato Parede Sartori

Ele será ligado exatamente como o diodo retificador, ou seja, catodo no positivo da bobina e anodo no negativo (anti-paralelo). Assim, ele funcionará também como um "regulador de tensão", nos instantes da f.c.e.m.

Na Revista nº 359 (dezembro 2002), o artigo "Energia Elétrica" do Sr. Alexandre Capelli é muito bom e útil a profissionais de diversas áreas.

Mas, além do conhecimento teórico, é necessário entender a nomenclatura e a codificação dos fabricantes. Exemplo: há no artigo uma foto de um VDR Siemens em que se pode ler S20K 150, e abaixo de uma linha o nº 9947. Mas o que significam estes dados do componente?

Eu preciso usar VDRs e os comprei, mas o vendedor não soube me fornecer explicações. Em um tipo há: S+M S20 K230 9936. Em outro: S+M S20 K130 9925. Outro: S+M S10 K130 9503. Em muitos outros, que são cilindros de 4 mm de diâmetro e 25 mm de comprimento, de corpo ocre-claro e pontas cinzas em uns, amarelas em outros, laranja-claro em outros, e assim por diante.

Não poderiam publicar uma matéria ensinando aos leitores a entender a codificação?

Cada fabricante utiliza códigos específicos. Os mais comuns, entretanto, são os da Siemens com nomenclaturas (S10K, S20K e S30K). Estes são referentes aos tamanhos e potência do varistor. Abaixo dela segue outra indicação (24V, 110V, 220V, 250V, etc.) a qual se refere a tensão de operação.



# Multímetros Minipa

## Testados e aprovados!



Brasília - DF

**CONTATO**  
ELETRÔNICA

Tel (61) 563 3593 Fax (61) 563 3568

Belo Horizonte - MG

**MINAS**  
FERRAMENTAS

Tel (31) 3279 6000 Fax (31) 3218 8001  
vminasfer@minasferramentas.com.br  
www.minasferramentas.com.br

Natal - RN

**CARPA**  
CARDOSO E PAULA LTDA.

Tel (84) 223 0528 Fax (84) 223 5702  
cpaula@matrix.com.br  
www.carpainstrumentacoes.com.br

Rio de Janeiro - RJ

**DIMOPEL**  
COMERCIAL LTDA

Tel (21) 2589 7185 Fax (21) 2589 8520  
dimopel@dimopel.com.br  
www.dimopel.com.br

Rio de Janeiro - RJ

**A C DADOS**  
Eletrônica Ltda

Tel/Fax (21) 2232 1097

Rio de Janeiro - RJ

**TRIDUAR**

Tel/Fax (21) 2221 4825  
triduar@netfly.com.br  
www.triduar.com.br

São Paulo - SP

**FRATO**

Tel (11) 3874 2530 Fax (11) 3872 9099  
vendas@frato.com  
www.frato.com

São Paulo - SP

**OPEL**  
LUMINÁVICA LTDA

Tel/Fax (11) 3331 1666  
opel@opel.com.br www.opel.com.br

Conheça a linha completa:  
[www.minipa.com.br](http://www.minipa.com.br)

 **Minipa**

**MINIPA ONLINE**

Dúvidas? Consulte:  
[www.minipa.com.br](http://www.minipa.com.br)  
Acesse Fórum  
Sua resposta em 24 horas



# Texas Instruments: foco na comunicação em tempo real

Atualmente, é difícil encontrar no mundo alguém que não esteja vivendo os efeitos da comunicação em tempo real. Informações em milésimos de segundo é o que o mercado busca a cada dia. Grande parte dessa transformação está sendo provocada pela mudança do padrão analógico para o digital. Seja na indústria, comércio ou residência, a comunicação digital já estendeu seus tentáculos nas mais variadas formas, ainda que, muitas vezes, passe despercebida pela maioria das pessoas.

Para alimentar essa nova era é necessário o trabalho de empresas que atuam no desenvolvimento de equipamentos, produtos e soluções. Mas, antes disso, há também aquelas empresas que atuam, praticamente, na raiz das eras tecnológicas. É o caso da Texas Instruments, que desenvolve tecnologias de processamento em tempo real e fornece suas soluções para os mais variados fabricantes de equipamentos (de telefones celulares a estações de radiobase, passando por computadores, *modems*, redes *wireless*, dispositivos de Internet e televisões digitais).

A área de semicondutores é responsável por mais de 85% das receitas. Os principais produtos dessa linha são: o DSPs (processadores digitais de sinais), a tecnologia OMAP (*Open Media Platform*) e os *chips* analógicos de alta performance.

No Brasil, uma das principais apostas da empresa é no mer-

cado de banda larga, onde a partir de um *gateway* (ou ponto de conexão) é possível acessar a Internet através de vários dispositivos. Até 2005, a Texas Instruments estima que 3,5 milhões de brasileiros estejam usufruindo deste tipo de conexão.

No mercado de banda larga, a Texas possui produtos em todos os pontos de acesso e entrega – a partir da infra-estrutura da rede (*carrier gateways* e DSLAM's) aos dispositivos de acesso (DSL e modems a cabo), e terminais (telefones celulares, câmaras digitais, *players* portáteis de áudio de Internet, impressoras

de alta resolução, áudio em carros e soluções para *home theaters*).

Para atender a outro nível de processamento de informações em tempo real, a Texas criou uma outra plataforma, com baixo consumo de energia, para atender aos desenvolvedores de hardware e software: a plataforma OMAP. Ideal para aparelhos 2.5G e 3G, PDAs, Web Pads, telemáticos, *gaming*, instrumentação médica, terminais de pontos de venda, entre outros, a plataforma OMAP é composta por processadores escaláveis, software reutilizável e suporte que começa nos estágios iniciais de desenvolvimento.

Segundo a empresa, a ampla adoção da plataforma OMAP pela indústria *wireless* demonstra sua adaptação em diversos segmentos de mercado. Fabricantes de equipamentos *wireless* como a Nokia, Hewlett Packard, Nec e Palm, bem como fabricantes de *design wireless* como a Sendo, HTC e

a Compal, escolheram a plataforma OMAP para os produtos que atendem a cada segmento de mercado, desde aparelhos *low end*, focados em voz até os dispositivos avançados para multimídia e PDAs.





Com o objetivo de expandir a filosofia OMAP, a Texas Instruments oferece, em seus centros de tecnologia, suporte e treinamento sobre o processador. Cada centro de tecnologia possui um grupo de *experts* para o apoio e processo de *design, layout* e desenvolvimento do software.

**História começou na década de 60** - A Texas Instruments desembarcou no Brasil em 1963, com a instalação de uma fábrica em São Paulo para a produção de transistores metálicos. O objetivo principal era atender à empresa Visteon (atual divisão de rádios da Ford). No início da década de 70, a fábrica foi transferida para Campinas onde passou a produzir semicondutores e calculadoras.

Já na década de 80, a Lei de Informática, que restringiu o mercado para empresas estrangeiras, obrigou a empresa a manter apenas a divisão de sensores e controles na fábrica brasileira. Atualmente, a fábrica em Campinas produz protetores de motor, relés, termostatos, sensores de temperatura e pressão.

A Texas Instruments produziu o primeiro transistor comercial de silício (em 1954), o primeiro circuito integrado e a primeira calculadora eletrônica manual. O silício aumentou a performance e diminuiu a temperatura das operações, possibilitando a miniaturização dos eletrônicos. Hoje, seus chips processam bilhões de instruções por segundo, fator que é fundamental para o funcionamento da celulares, dispositivos de Internet e redes.

Para construir seu *know how* no mercado, a Texas investiu mais de US\$ 1,5 bilhões em aquisições de empresas. Entre elas: Amati Communications Corporation (para DSL), Butterfly VLSI (para Bluetooth), Telogy Networks (para Voip), Libit Sigan Processing (para cabo) e Alantr Communications (para redes sem fio 802.11).

Na parte analógica de alta performance, foram adquiridas as empresas: Burr Brown, Power Trends e Unitrode que possibilitaram oferecer melhor conversão de dados para



Antonio Motta - Diretor Comercial - América do Sul

as soluções dos sistemas de banda larga. Para aumentar a divulgação das soluções da empresa no Brasil foi montado um time de engenheiros de aplicações que procuram aproximar futuros clientes.

**Novos produtos** – Duas novas famílias de conversores foram lançadas pela empresa: a TPS6220x e a TPS6104x, projetadas para oferecer economia de espaço e energia em aplicações que utilizam baterias. Os novos conversores operam a partir de uma única célula de bateria de Li-Ion e prometem boa performance em PDAs, Pocket PCs, telefones celulares, *smart phones*, câmeras digitais, *media players* e outras aplicações portáteis.

Na área médica foi lançado o primeiro conversor analógico-digital (ADC) monolítico com 18 bits para desenvolvimento de equipamentos de última geração. O novo componente, batizado de ADS 8381, possibilita a excelência de diagnósticos baseados em imagem como radiografia e ultrassom. Desta forma, é possível distinguir as camadas de tecido em órgãos humanos para a detecção localizada e procedimentos de intervenção.

Também na área médica, em conjunto com o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações, a empresa desenvolveu o TDD (*Telephone Device for Deaf*). Trata-se de um aparelho telefônico que permite a comunicação por meio de mensagens escritas. O TDD, que objetiva a comunicação à distância entre deficientes auditivos, é composto por teclado, *display* para leitura de mensagens enviadas e recebidas e monofone com entrada de voz.

Recentemente, também foram lançados dois processadores digitais de sinal (DSPs) programáveis da família TMS320C54x, que incorporam sete vezes mais memória ROM no *chip*. Com código compatível a todos os 19 dispositivos da plataforma DSP TMS320C5000, os novos DSPs permitem que os usuários reduzam o custo total do sistema e tamanho de placa, assim como o consumo de potência. "Esses novos DSPs programáveis são resultado da necessidade imediata de nossos clientes em obter maior desempenho do sistema e agregar mais funcionalidade com baixo custo", comenta Antônio Motta, diretor comercial da Texas Instruments do Brasil. ■





# IGBT



Conheça a estrutura, e a importância deste componente na automação industrial.

Alexandre Capelli

## INTRODUÇÃO

Desde a invenção do primeiro tiristor de quatro camadas PNP, pelos laboratórios Bell em 1957, houve um grande avanço nos dispositivos semicondutores de potência. Na verdade, estes substituíram as rudimentares válvulas "ignitron, phanatron e thyatron", que já eram capazes de suportar grandes correntes e elevadas tensões reversas de chaveamento. Na maioria dos casos, esses semicondutores devem também operar em elevadas frequências como, por exemplo, na etapa de saída de inversores.

Para suprir essa necessidade foi, então, criado o IGBT (*Insulated Gate Bipolar Transistor*).

Confira agora seu funcionamento, e entenda qual sua importância na automação industrial.

## ESTRUTURA E FUNCIONAMENTO DO IGBT

O IGBT reúne duas importantes características: alta velocidade de comutação mesmo em grandes potências (semelhante aos transistores bipolares); e alta impedância de entrada (como os MOSFETs).

Os transistores bipolares de frequência possuem características que permitem sua utilização no chaveamento de elevadas correntes com muitas vantagens, sendo a principal as baixas perdas no estado de condução.

Sua desvantagem, entretanto, é a alta corrente de base, visto que eles operam como "amplificadores de corrente". Já os transistores de efeito de campo MOS de potência,

por serem excitados por tensão, têm a vantagem de uma alta impedância de entrada, exigindo correntes "ínfimas" para seu funcionamento. Estes dispositivos, porém, têm como desvantagem a baixa velocidade de comutação, devida às capacitâncias parasitas de "gate".

O IGBT é um componente híbrido que reúne a facilidade de acionamento dos MOSFETs e sua elevada impedância de entrada, com pequenas perdas em condução dos transistores bipolares de potência. Assim, a velocidade dos IGBTs é semelhante a estes, no entanto, nos últimos anos tem crescido gradativamente, permitindo sua operação em frequências de dezenas de kHz, e centenas de ampères.

Com essas duas facilidades, este componente torna-se cada vez mais indicado para comutação de carga em alta velocidade e corrente.

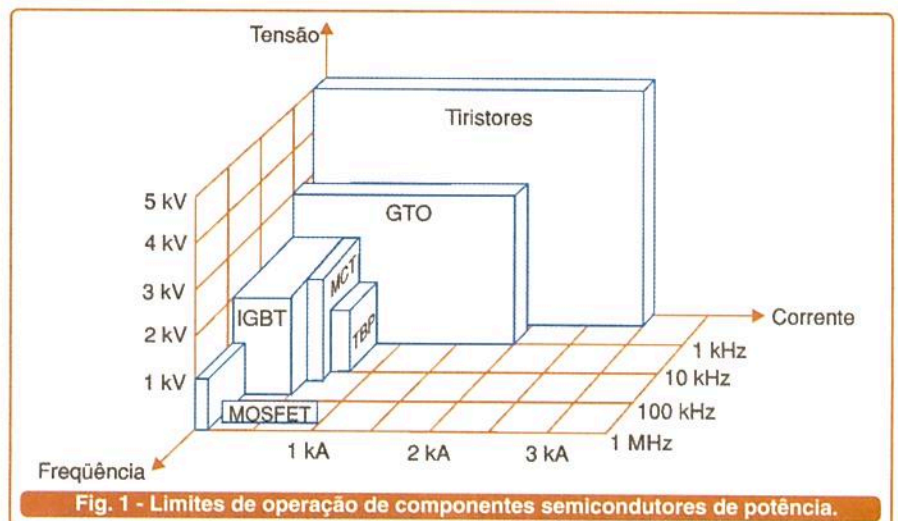
Na **figura 1** apresentamos um gráfico contendo uma comparação entre os principais dispositivos semicondutores de potência quanto às

suas características de tensão, corrente e frequência de operação. Podemos ver que os tiristores são os dispositivos que conseguem superar os maiores valores de corrente e tensão, mas não podem operar em frequências de chaveamento elevadas. Por outro lado, os IGBTs possuem uma capacidade de suportar maiores tensões e podem operar em mais altas frequências que os transistores bipolares de potência, e ainda maiores tensões e correntes que os MOSFETs de potência. Como observamos, a região segura do IGBT é maior que as regiões reservadas ao MOSFET e ao transistor bipolar.

A **figura 2** ilustra a estrutura típica de um IGBT de canal tipo N (o canal P tem seu funcionamento análogo).

## DIFERENÇAS

A principal diferença entre a estrutura do IGBT e a do MOSFET é a inclusão de um substrato P+ (o símbolo "+" é uma convenção para





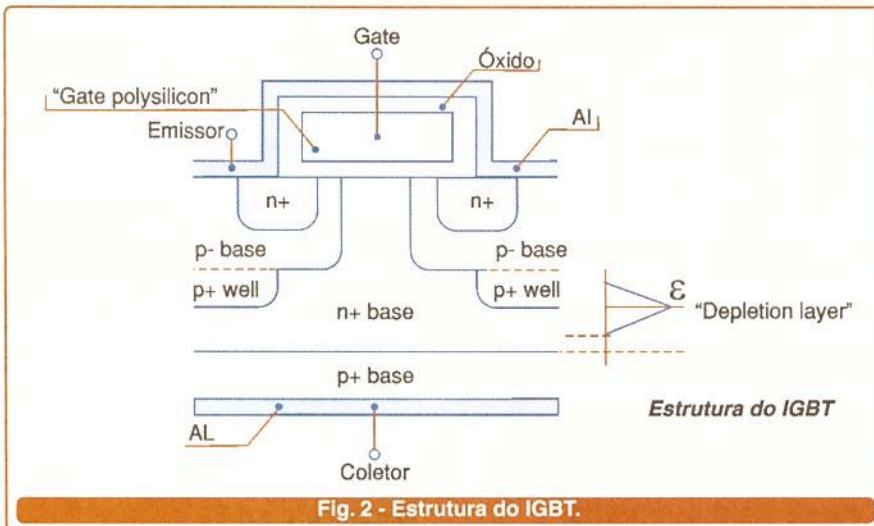


Fig. 2 - Estrutura do IGBT.

indicar que esta região é fortemente dopada, enquanto o símbolo “-” indica que a região é fracamente dopada) onde é conectado o terminal de coletor. Esta mudança tem como efeito a inclusão das características bipolares do componente. A camada P+ tem como objetivo a formação de portadores positivos (lacunas) na região de “arrastamento” (*Drift region*) como é feito em um transistor bipolar do tipo pnp.

Na estrutura do IGBT é importante notar que o terminal de porta está conectado às duas regiões (isoladas do material semiconductor através de uma camada isolante de óxido de silício – SiO<sub>2</sub>) ao invés de ser apenas uma única região como costumamos ver em MOSFETs. O IGBT, portanto, apresenta a formação de dois canais ao invés de apenas um.

Na **figura 3** podemos contemplar o circuito equivalente do IGBT, “construído” com o MOSFET e um transistor bipolar. Quando uma tensão positiva

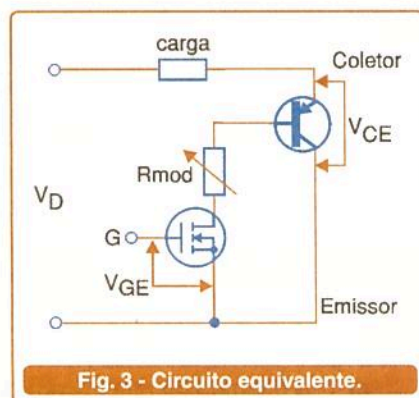


Fig. 3 - Circuito equivalente.

é aplicada ao *gate* do MOSFET, sua resistência entre dreno e fonte (representada por R<sub>mod</sub>) cai drasticamente.

Desta forma a base do transistor bipolar PNP é aterrada, levando-o a saturação (V<sub>CE</sub>≅0V), e, conseqüentemente, energizando a carga.

É bom lembrar que o transistor IGBT é utilizado, quase sempre, como chave, ou seja, trabalha no corte ou na saturação.

### LIMITES DE OPERAÇÃO E PARÂMETROS DO IGBT

Os limites de operação (“ratings”) são os valores máximos que cada parâmetro pode assumir tais como: tensão, temperatura, potência dissipada, etc., recomendados, é claro, pelo fabricante. Para garantir uma vida longa para o componente, e, conseqüentemente, ao equipamento de que ele faz parte, é imperativo que estes valores sejam respeitados.

Cada tipo apresenta seu próprio limite, sendo alguns deles interligados em módulos, conforme podemos observar na **figura 4**. Outros, entretanto, podem ser comercializados individualmente, em encapsulamento TO – 220.

A seguir, faremos uma breve análise dos principais parâmetros deste componente:

#### a) Corrente contínua de coletor:

Esta corrente é definida como a corrente máxima direta que pode fluir através do dispositivo a uma dada

temperatura (geralmente entre 70° e 85°C) de encapsulamento, em conjunto com a máxima temperatura de junção (intrínseca ao transistor) durante a máxima potência dissipada.

Este valor é função de:

T<sub>Jmax</sub> = temperatura máxima de junção

R<sub>th(j-c)</sub> = Resistência térmica entre junção e encapsulamento

V<sub>ce(sat)</sub> = Vce na saturação

V<sub>ge</sub> = tensão aplicada ao gate em relação ao emissor

A fórmula que relaciona essas grandezas é:

$$(I_c \text{ a } T_c) = \frac{T_{J_{\max}} - T_c}{*V_{ce(sat)} \times R_{th(j-c)}}$$

\*V<sub>ce(sat)</sub> = considerando I<sub>c</sub> a uma T<sub>Jmax</sub> máxima.

Conforme podemos observar pela **figura 5**, e considerando uma fonte constante, quando aumentamos a tensão gate, a tensão de saturação (V<sub>ce</sub>) diminui, e a corrente de coletor (I<sub>c</sub>) aumenta. Já a **figura 6** mostra como o I<sub>c</sub> diminui com o aumento da temperatura do encapsulamento (T<sub>c</sub>).

#### b) Capacidade de bloqueio entre coletor e emissor:

A capacidade de bloqueio entre coletor e emissor, conhecida como V<sub>ces</sub> (*continuous collector to emitter voltage*), é a máxima tensão que a junção entre coletor e emissor pode suportar, estando o *gate* em curto-circuito com o emissor (sob a máxima temperatura permitida).

#### c) Tensão gate / emissor:

A tensão V<sub>ges</sub> (*gate to emitter voltage*) é a tensão que pode ser aplicada entre a junção *gate* e o emissor sem que ocorra a degradação do componente.

O fator que influencia diretamente esse parâmetro é a espessura da camada de óxido de isolamento do *gate*, determinada na fabricação do IGBT.

#### d) Potência total:

É a máxima potência (P<sub>tot</sub>) que pode ser dissipada pelo componente a uma temperatura T<sub>c</sub>. A potência total



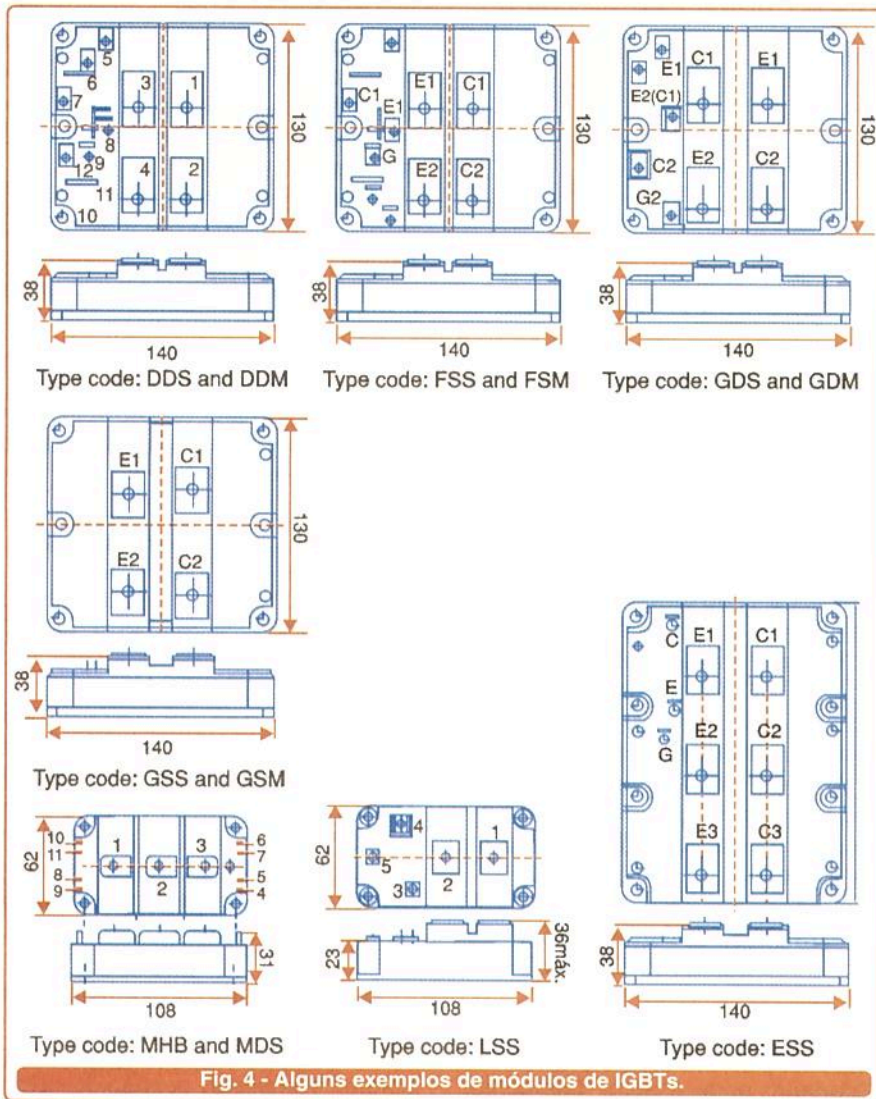


Fig. 4 - Alguns exemplos de módulos de IGBTs.

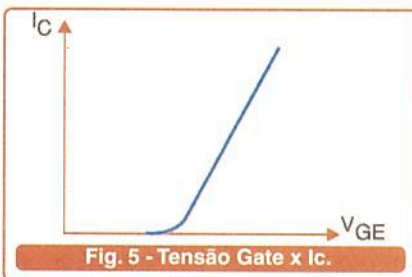


Fig. 5 - Tensão Gate x Ic.

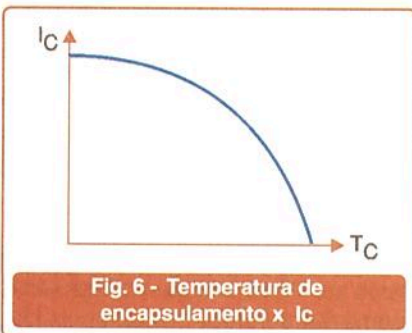


Fig. 6 - Temperatura de encapsulamento x Ic

dissipada = perdas no estado "on" + perdas no chaveamento + perdas no estado "off".

$$P_{tot} = \frac{(T_{J_{max}} - T_C)}{R_{th}(J - C)}$$

Este parâmetro está relacionado com a "permeabilidade" da dissipação da temperatura entre invólucro e o ambiente, bem como a resistência térmica entre a junção e ele.

Outros fatores de influência são: temperatura da junção, corrente de coletor, e tensão entre *gate* e emissor.

**e) Temperatura da junção:**

É a faixa (mínima e máxima) de temperatura em que a junção do componente pode operar.

**CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS ESTÁTICAS**

Estas características descrevem o comportamento do componente em duas situações: "on-state" (condução) e "off-state" (corte).

**a) Off-State:**

-  $I_{ces}$ : é a corrente de bloqueio entre coletor e emissor (ou "collector cut-off"). No *data-sheet* é especificado na tensão de corte entre coletor e emissor ( $V_{ces}$ ) com *gate* e emissor em curto-circuito a uma temperatura ( $T_J$ ) de 25 °C. Este parâmetro é uma junção de  $V_{ces}$  e  $T_J$ .

$I_{ges}$  aumenta com o aumento de  $V_{ces}$  e  $T_J$ .

-  $I_{ges}$ : é a corrente residual entre *gate* e emissor em uma tensão específica  $V_{ge}$ , com coletor e emissor em curto-circuito ( $V_{ce} = 0$ ) e  $T_J = 25^\circ C$ .

**b) Estado de condução (on-state):**

-  $V_{ge(th)}$ : é a tensão mínima entre *gate* e emissor requerida para levar o IGBT ao estado de condução, com uma  $I_c$  e  $V_{ce}$  determinada.

-  $V_{ge(sat)}$ : é a tensão de saturação entre *gate* e coletor e emissor a qual, uma vez atingida, qualquer valor acima não alterará a condição de "on-state".

Todos os parâmetros acima são influenciados diretamente pela temperatura. A **figura 7** ilustra, por exemplo, a diferença da corrente de coletor para uma temperatura de 25°C e de 125°C (temperatura do encapsulamento).

**CARACTERÍSTICAS DINÂMICAS**

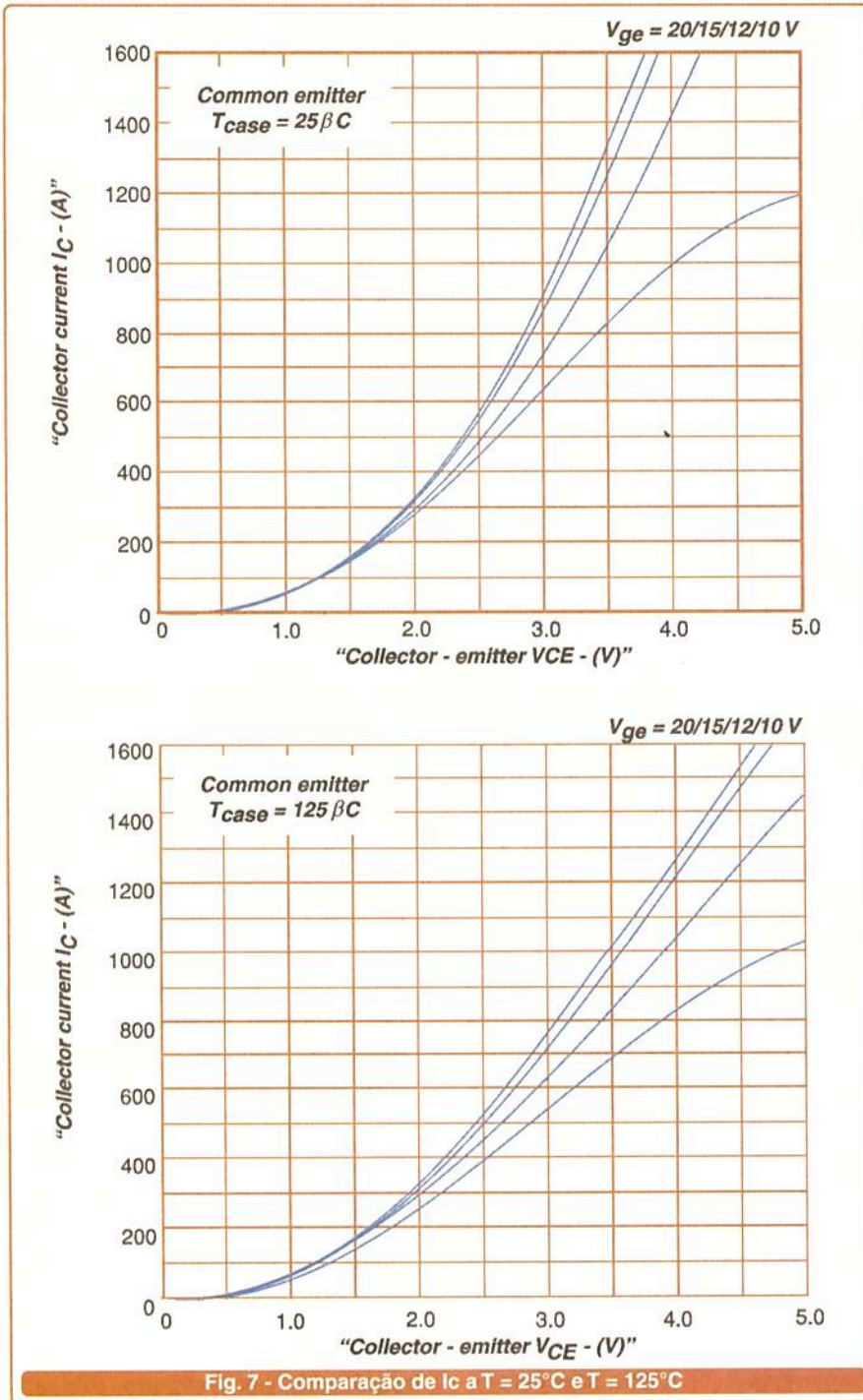
As características dinâmicas descrevem a performance do componente em dois estados de transição: de *off* para *on*, e de *on* para *off*. Há grande perda durante este chaveamento, portanto é importante contemplar esses parâmetros a fim de determinar o montante das perdas.

**a) Tensão "turn-on":**

A **figura 8** apresenta o comportamento de  $V_{ce}$  e  $I_c$  neste período.

-  $td_{(on)}$ : é o tempo de atraso para o





estado "on" (*delay time*), e é definido como tempo decorrido entre  $V_{ge} = 0$  até  $I_c = 10\%$  do valor final ( $t_1$  a  $t_2$ ).

-  $t_1$ : é o tempo de subida (*rise time*) para aumentar  $I_c$  de 10% a 90% do valor final ( $t_2$  a  $t_3$ ). Este parâmetro é função das características de cada IGBT.

-  $t_{on}$ : é a soma de  $t_{d(on)} + t_r$

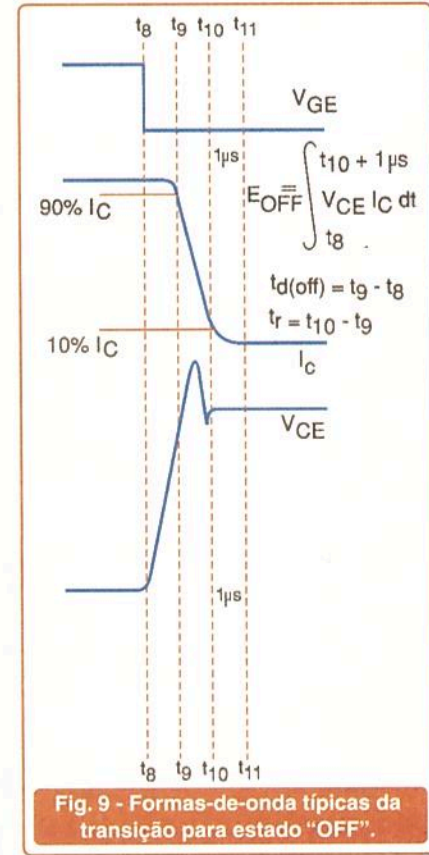
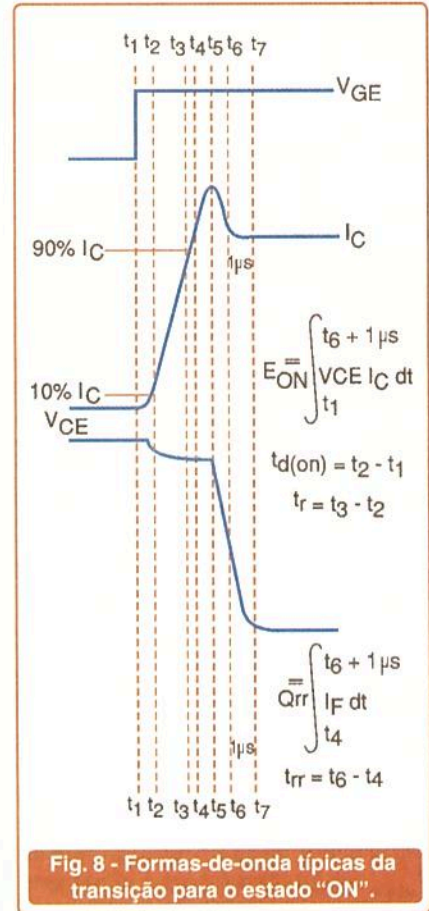
-  $E_{on}$ : é a energia perdida em "turn-on" também exibida na **figura 8**.

**b) Transição "turn-off":**

As formas-de-onda no período de transição "turn-off" podem ser vistas na **figura 9**.

-  $t_{d(off)}$ : é o tempo de atraso no desligamento (*turn-off delay time*), e é definido como o tempo decorrido de  $V_{ge} = 90\%$  do valor inicial até  $I_c = 90\%$  também do valor inicial ( $t_8$  a  $t_9$ ).

-  $t_r$ : é o tempo da queda de  $I_c = 90\%$  até 10% do valor inicial ( $t_9$  a  $t_{10}$ ).



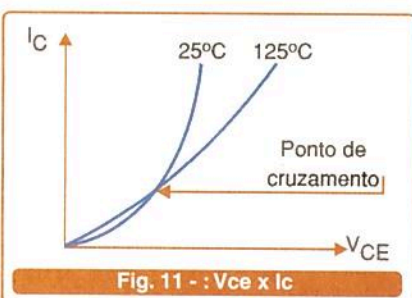
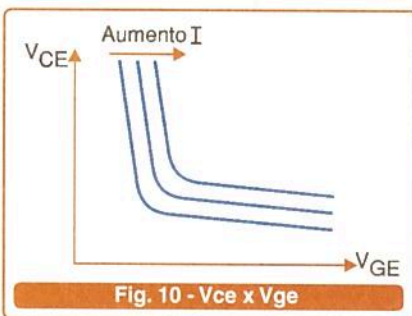


-  $t_{off}$ : é a soma entre  $t_{d(off)}$  e  $t_r$ .  
 -  $E_{off}$ : é a energia dissipada na transição (figura 9).

Um conceito final, e que resume todo o processo, é o fenômeno de formação do canal n- (fracamente dopado) no tempo de estado *on*, bem como sua extinção em *off*.

**RELAÇÃO ENTRE  $V_{CE}$ ,  $V_{GE}$ ,  $P_{TOT}$ ,  $I_C$  E  $T_J$**

Estes parâmetros estão ligados intimamente, e a alteração de um pode afetar os demais. O principal deles é a tensão de controle  $V_{ge}$  (gate/emissor). Como já foi visto, seu aumento leva o IGBT ao estado de condução, diminuindo radicalmente  $V_{ce}$ . O máximo valor de  $V_{ge}$ , usualmente é 20V, porém, o recomendado é 15V. A figura 10 ilustra os efeitos do  $V_{ge}$  sobre  $V_{ce}$ , e como eles afetam a corrente de coletor e temperatura do dispositivo. Como podemos notar pela figura 11,  $V_{ce(sat)}$  aumenta com a elevação da corrente de coletor, o que eleva a dissipação de potência.  $V_{ce(sat)}$  irá aumentar com o acréscimo de temperatura em caso de altas correntes de coletor. Isto é o que chamamos de operação na região de coeficiente positivo de temperatura. Quando, porém, a corrente de coletor é pequena, e  $V_{ce(sat)}$  diminui com o aumento de temperatura, dizemos que o regime é de operação na região



de coeficiente negativo de temperatura. Esta região é muito útil, visto que diminui as perdas e aumenta a vida útil do componente.

**CAPACITÂNCIAS DO IGBT**

São três as capacitâncias parasitas apresentadas em um IGBT (figura 12):

a)  $C_{res}$ : a capacitância reversa de transferência (*reverse transfer capacitance*) está disposta entre o coletor e *gate*, e pode ser analisada de modo análogo a capacitância "Miller" (efeito Miller) nos transistores bipolares.

b)  $C_{ies}$ : A capacitância de entrada (*input capacitance*) é a soma da capacitância entre *gate* e coletor; e a *gate* com emissor.

c)  $C_{oes}$ : A capacitância de saída (*output capacitance*) é a soma das capacitâncias entre *gate*/coletor e coletor/emissor, considerando o gate em curto-circuito com o emissor.

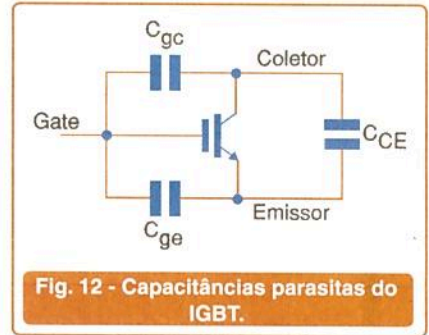


Fig. 12 - Capacitâncias parasitas do IGBT.

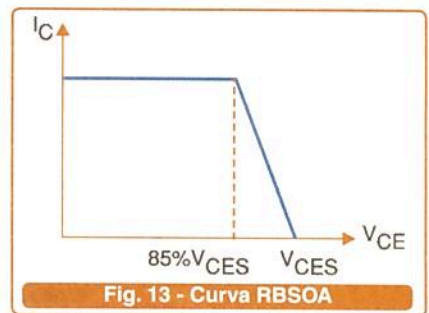


Fig. 13 - Curva RBSOA

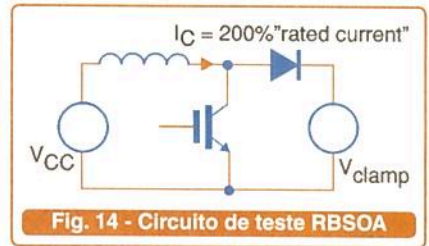


Fig. 14 - Circuito de teste RBSOA

**RBSOA**

A área segura de operação (*reverse biased safe operating area*) é a curva que limita a máxima corrente e a tensão de operação que o componente pode "chavear" a uma temperatura máxima que respeita as características do dispositivo. Se o IGBT estiver dentro desta curva, teoricamente, ele não sofrerá danos.

Normalmente, nos testes para determinar esta curva, os fabricantes aplicam uma corrente 200% a mais da nominal, com 85% de  $V_{ces}$  a uma temperatura  $T_J = 125^\circ C$ . Além disso, o IGBT trabalha com uma carga indutiva (pior caso). A figura 13 exibe uma curva RBSOA típica, e a figura 14 um exemplo de circuito de teste.

A figura 15 ilustra uma forma-onda tensão x tempo do teste.

**DISSIPADORES DE CALOR**

A função do dissipador de calor em um IGBT (ou em um módulo de IGBTs) é manter a temperatura da

junção (ou junções no caso de um módulo) dentro de um valor seguro (abaixo do máximo).

A temperatura da operação do IGBT está relacionada com a expectativa de vida do componente. A figura 16 mostra como o aumento da temperatura diminui a vida do componente de modo exponencial.

Por esta razão a escolha de um dissipador deve ser cuidadosa, pois ela define a confiabilidade do sistema. Alguns equipamentos, inversores de frequência, por exemplo, utilizam *cooler's* para melhorar a condução de calor entre o componente e o meio ambiente, vide figura 17.

Os fatores a serem considerados para a escolha de um dissipador de calor (com ou sem *cooler*) são:

- Qual a máxima temperatura de junção?
- Qual a capacidade de sobrecorrente?
- Qual o custo do sistema de dissipação?



- Qual o espaço físico ocupado pelo dissipador e ventilador?
- Qual ou quais tipos são viáveis de serem instalados?

A **figura 18** ilustra um dissipador típico de um IGBT em encapsulamento TO-220; já a **figura 19** exibe um dissipador para um módulo de seis IGBTs.

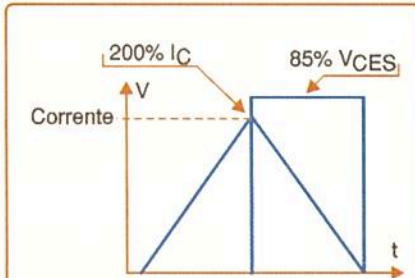
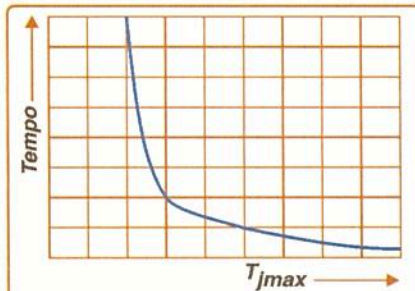


Fig. 15 - Forma-de-onda do teste.



Temperatura da junção ( $T_j$ )

Fig. 16 - Expectativa de vida x temperatura.

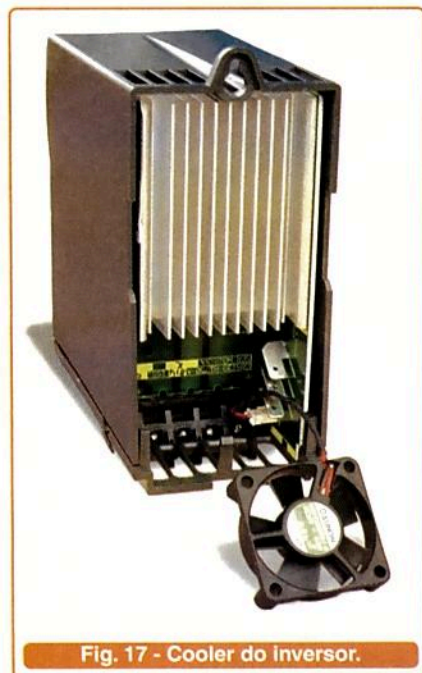


Fig. 17 - Cooler do inversor.

## IGBTs E INVERSORES DE FREQUÊNCIA

A importância dos equipamentos inversores de frequência (utilizados como acionamentos de motores AC) na automação industrial tornou-se extremamente significativa na última década.

Atualmente, inversores vetoriais e *sensor less* já são dispositivos comuns que equipam grande parte das máquinas e sistemas de produção contínuos e da manufatura.

Até o final da década de 80, entretanto, estes aparelhos eram muito caros e utilizados em situações muito específicas. Naquela época, os acionamentos em corrente contínua (conversores CC) dominavam o mercado, mesmo com as desvantagens técnicas quanto ao alto preço da manutenção preventiva e corretiva.

Um dos fatores que contribuíam para o alto preço dos inversores era sua etapa de potência, feita com transistor FET de potência (os "famo-

sos" V FET's). Estes componentes, além de caros, não podiam chavear grandes cargas (motores pesados).

O advento do IGBT, por outro lado, foi fundamental para a popularização dos inversores de frequência, fazendo com que, em uma década, quase toda a motorização industrial se convertesse em corrente alternada.

A **figura 20** ilustra uma etapa típica de potência de um inversor, feita com IGBTs.

A tendência mais moderna é integrar estes componentes em módulos (*power block*), de modo a otimizar o projeto e espaço.

O princípio de operação é simples, visto que um circuito eletrônico de controle comuta três IGBTs por vez (cada um em associação em série diferente com um na parte de cima e outro na parte de baixo), a ordem de chaveamento pode ser vista na **figura 21**, onde temos as tensões em cada uma das "chaves" com o tempo e a tensão total entre a fase T e o neutro da associação em Y.

Este tipo de inversor é chamado de "seis passos", onde podemos observar que a forma-de-onda da tensão da fase T com respeito ao neutro é formada por seis segmentos idealmente retos. As formas-de-onda nas demais fases são iguais a T, defasadas em fase  $120^\circ$  uma da outra.

Uma característica interessante, dos módulos de IGBTs é a presença dos diodos em antiparalelo com cada componente. Estes dispositivos são conhecidos como diodos "free wheeling", e protegem cada elemento

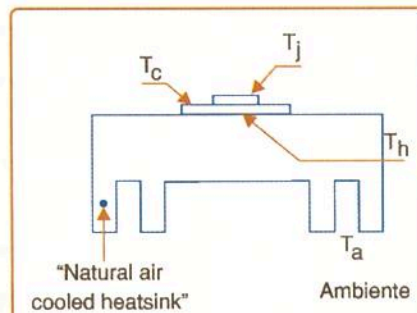


Fig. 18 - Dissipador de calor para IGBT encapsulamento TO-220.

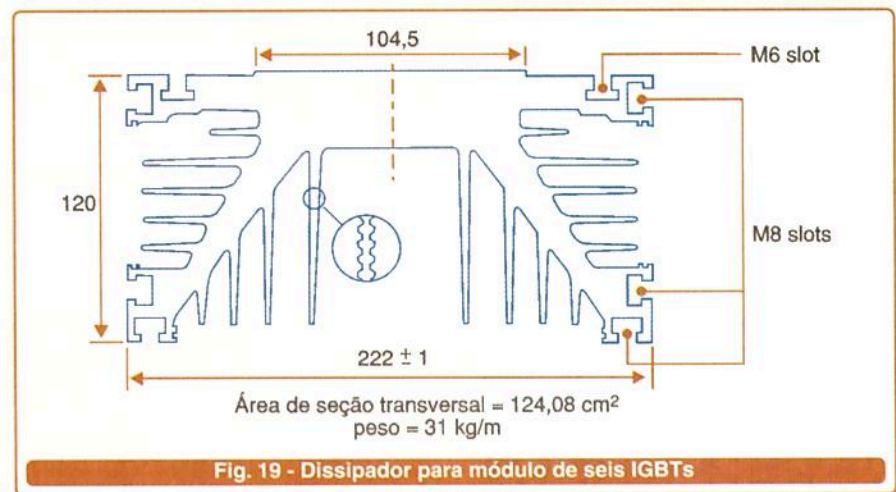
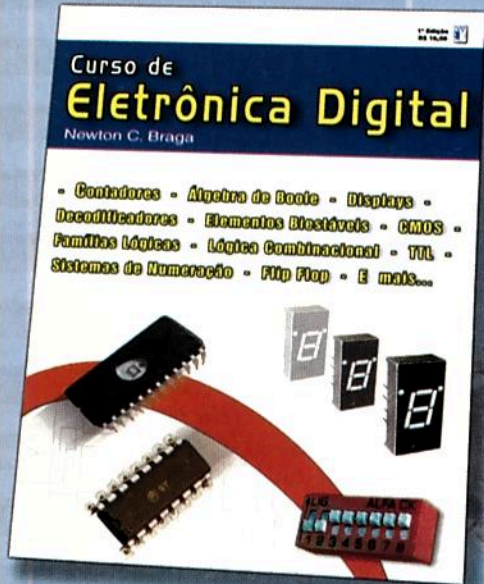


Fig. 19 - Dissipador para módulo de seis IGBTs



# Curso de Eletrônica Digital



A principal transformação por que passa a eletrônica moderna se concentra na quase completa substituição de uma grande parte das funções analógicas por digitais. A eletrônica digital está em toda a parte e nenhum profissional, de qualquer campo de atividade que envolva eletrônica, pode deixar de conhecer seus fundamentos. A eletrônica digital está presente em campos como a Mecatrônica, Automação, Telecom, Eletrônica Médica, Instrumentação, Pesquisa, Tecnologia de Informação, Eletrônica Automotiva e muito mais.

**JÁ NAS BANCAS**

[www.editorasaber.com.br](http://www.editorasaber.com.br)

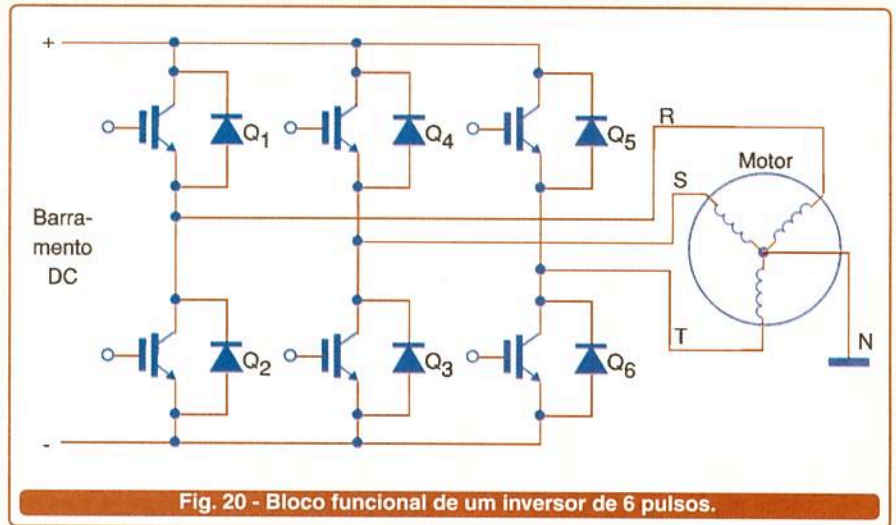


Fig. 20 - Bloco funcional de um inversor de 6 pulsos.

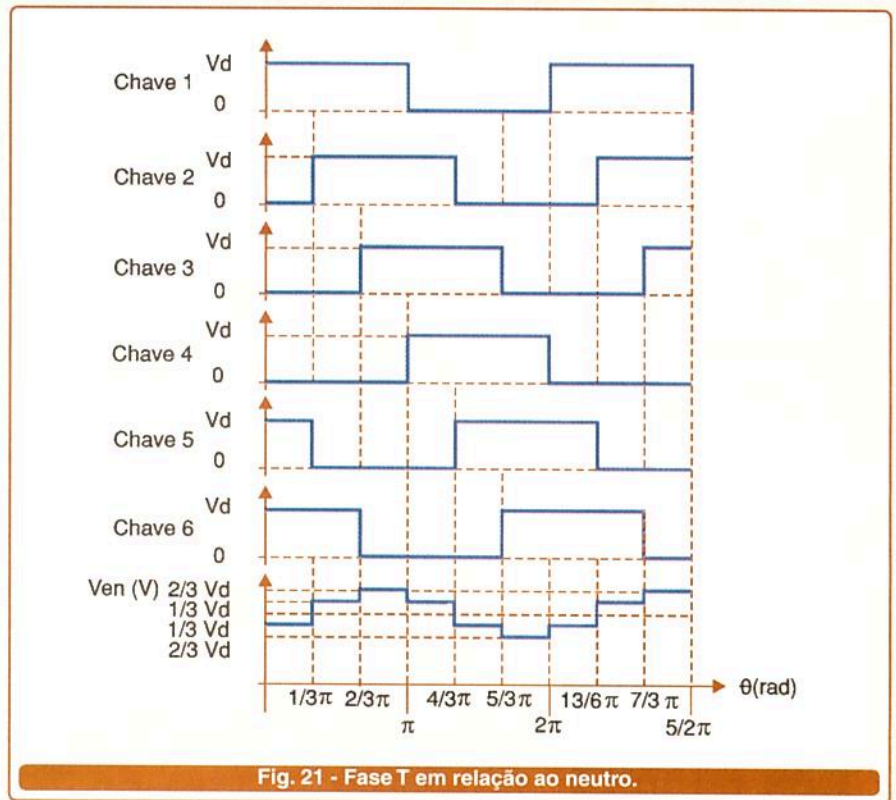


Fig. 21 - Fase T em relação ao neutro.

do módulo da força contra-eletromotriz gerada por cargas indutivas (motores).

Geralmente, estes diodos podem suportar 2/3 da corrente nominal de cada transistor, o que confere proteção suficiente para a maioria das aplicações.

## CONCLUSÃO

Assim como os IGBTs podem ser utilizados como etapa de potência de saída para inversores de frequência, eles podem ser usados como toda e qualquer chave estática, cujo regime de operação seja severo (alta temperatura, corrente, tensão, e frequência).

Esta característica faz desse transistor um importante elemento para sistemas de alta confiabilidade em automação industrial.

Referências na web:  
[www.dynexsemi.com](http://www.dynexsemi.com)

• NA 4503 • NA 4504 • NA 4505



# FEIMAFE 2003

FEIRA INTERNACIONAL DE  
MÁQUINAS-FERRAMENTA  
E SISTEMAS INTEGRADOS  
DE MANUFATURA

**12-17**  
**M A I O**  
ANHEMBI • SÃO PAULO • SP

EVENTO SIMULTÂNEO:

## QUALIDADE

FEIRA INTERNACIONAL DO CONTROLE DA QUALIDADE

Organização  
e Promoção:



**FEIRAS DE NEGÓCIOS  
ALCANTARA MACHADO**

Tel.: (11) 4195-1229 / 3829-9111

Fax: (11) 3667-3626 / 3826-1678

www.feimafe.com.br - info@feimafe.com.br

Apoio Institucional:



**ABIMAQ**  
Associação Brasileira da Indústria  
de Máquinas e Equipamentos

CSMF - Câmara Setorial de Máquinas-Ferramenta e Sistemas Integrados de Manufatura

CSHPA - Câmara Setorial de Equipamentos Hidráulicos, Pneumáticos e de Automação Industrial

SINDIQUALIDADE - Sindicato Nacional da Indústria de Máquinas, Equipamentos e Instrumentos para  
Controle de Qualidade, Ensaio e Medição



Sindicato da Indústria  
de Artefatos de Ferro,  
Metais e Ferramentas  
em Geral no  
Estado de São Paulo

Afiliada à:



Apoio:



**FEIMAFE  
2003**

FEIRA INTERNACIONAL DE  
MÁQUINAS-FERRAMENTA  
E SISTEMAS INTEGRADOS  
DE MANUFATURA

**12-17 Maio 2003 • Anhembi • São Paulo • SP**

**Visitar** - Para sua comodidade, solicite sua credencial permanente para visitar o evento através do site [www.feimafe.com.br](http://www.feimafe.com.br), ou envie este cupom totalmente preenchido por fax (11) 3826-1678, até a data limite de **11 de abril de 2003**, ou apresente-o na portaria da feira com seu cartão comercial. É proibida a entrada de menores de 16 anos, mesmo se acompanhados.

Empresa: \_\_\_\_\_  
Nome: \_\_\_\_\_ Cargo: \_\_\_\_\_  
Ramo de Atividade: \_\_\_\_\_  
Endereço: \_\_\_\_\_  
Cep: \_\_\_\_\_ Cidade: \_\_\_\_\_ Estado: \_\_\_\_\_  
Tel.: \_\_\_\_\_ Fax: \_\_\_\_\_  
e-mail: \_\_\_\_\_ web site: \_\_\_\_\_



# COMPARATIVO DE MICROCONTROLADORES - PARTE 2

## Controle de motor de passo: 8051 x PIC.

Alessandro F. Cunha

### INTRODUÇÃO

Dando seqüência a nossa série de matérias sobre comparação técnica entre os microcontroladores, analisaremos um projeto relativamente simples sob a ótica de duas famílias de microcontroladores: o 8051 e o PIC.

Um projeto com motores de passo se justifica devido às diversas aplicações na microeletrônica atual que se utilizam deles, com o objetivo de converter um sinal elétrico em movimento mecânico. Vide exemplos como os *floppy disks* de 3½, os *Hard Disks* (HDs), sistemas de iluminação para danceterias, impressoras, etc.

O intuito do artigo, entretanto, não é oferecer um projeto de motor de passo. Embora haja uma pequena introdução sobre o assunto a fim de esclarecer melhor o processo, nosso objetivo final é comparar quais as finalidades e dificuldades de realizá-lo através de duas famílias distintas de microcontroladores.

Este projeto, inédito no Brasil, continuará abordando várias outras famílias. Nossa intenção é oferecer alternativas aos desenvolvedores e aplicadores destas tecnologias.

### O MOTOR DE PASSO

Um motor de passo típico e unipolar é mostrado na **Figura 01**. Neste exemplo tem-se duas bobinas com derivação central, montadas sobre um estator (parte fixa do motor) e

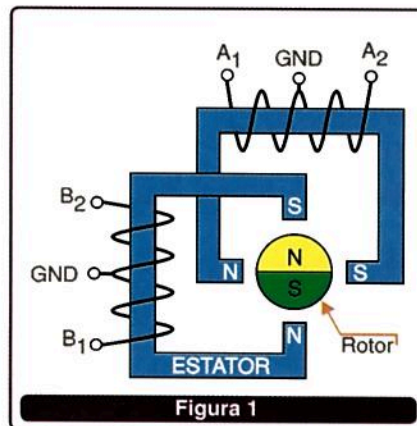


Figura 1

posicionadas com uma defasagem de 90° entre si.

O rotor (parte móvel do motor) é feito por um material permanentemente magnetizado (ímã). Ao se alimentar uma ou mais bobinas do estator, é gerado um campo magnético que induz o rotor a se alinhar com o campo, provocando o movimento de rotação. Isto acontece até que o rotor atinja um ponto de equilíbrio, ficando parado.

O controle do movimento do motor se dá na maneira como a tensão é aplicada a estas bobinas. Costuma-se

utilizar, para este tipo de motor, os seguintes tipos de acionamento (conhecidos como *stepping modes*):

- **WAVE DRIVE:** Apenas uma das bobinas do motor está acionada de cada vez. Este acionamento é feito de modo seqüencial, aplicando tensão na ordem mostrada na **Tabela 01**. Nesta seqüência, temos um movimento do rotor em sentido horário com passos de 90°. Para fazê-lo girar em sentido anti-horário, basta inverter a ordem da seqüência.

- **FULL STEP DRIVE:** Neste modo teremos sempre duas bobinas energizadas ao mesmo tempo, mas o passo do motor é o mesmo do modo "Wave Drive". A diferença é que neste modo o consumo de corrente é maior, uma vez que duas bobinas estão sempre energizadas. Porém, o torque fornecido ao eixo do motor também é maior. Assim, a escolha por um ou outro modo de utilização dá-se de acordo com a necessidade de cada aplicação. Para fazê-lo girar em sentido horário ou anti-horário, basta seguirmos a orientação da **Tabela 02**.

Modo "Wave Drive"				
Ordem/Bobina	A1 e GNDA	B1 e GNDB	A2 e GNDA	B2 e GNDB
1	+ Vcc	0 V	0 V	0 V
2	0 V	+ Vcc	0 V	0 V
3	0 V	0 V	+ Vcc	0 V
4	0 V	0 V	0 V	+ Vcc
Sentido Horário →				
Sentido Anti-horário ←				

Tabela 1



Modo "Full Step Drive"				
Ordem/Bobina	A1 e GNDA	B1 e GNDB	A2 e GNDA	B2 e GNDB
1	+ Vcc	+ Vcc	0 V	0 V
2	0 V	+ Vcc	+ Vcc	0 V
3	0 V	0 V	+ Vcc	+ Vcc
4	+ Vcc	0 V	0 V	+ Vcc

Sentido Horário →  
Sentido Anti-horário ←

**Tabela 2**

- **HALF STEP MODE:** Nada mais é do que uma combinação dos dois modos anteriores, o que traz uma vantagem: permite o movimento do rotor em intervalos de meio passo. A seqüência necessária para isto é mostrada na **Tabela 03**.

Este motor tem uma defasagem de 90° entre seus passos, quando em "Full Step Mode", ou de 45° quando em "Half Step Mode". Os motores comercialmente disponíveis são de passos muito menores, geralmente entre 3° e 0,45°, como pode ser visto nos próprios catálogos dos fabricantes (por exemplo da Sanyo – Denki, disponível em [www.sanyo-denki.com](http://www.sanyo-denki.com)).

Contudo, o seu princípio de funcionamento é sempre o mesmo, com

a diferença de terem um grande número de bobinas enroladas no estator, e com o espaçamento entre elas igual ao passo do motor. No seu fechamento, os inícios e fins de cada bobina são agrupados de modo a saírem apenas 5 ou 6 fios do motor, o que permite a representação da Figura 01. Ele será de 5 fios se tiver os terras (GND) agrupados, ou de 6 fios se tiver os terras independentes.

O valor de Vcc irá variar de acordo com o manual de cada motor de passo, fornecido nos *sites* dos fabricantes. Nos manuais também é informada a corrente consumida por cada bobina quando ela tem alimentação nominal. Estes parâmetros são muito importantes para a montagem da parte do *driver*, circuitos que fazem

Modo "Half Step Drive"				
Ordem/Bobina	A1 e GNDA	B1 e GNDB	A2 e GNDA	B2 e GNDB
1	+ Vcc	+ Vcc	0 V	0 V
2	0 V	+ Vcc	0 V	0 V
3	0 V	+ Vcc	+ Vcc	0 V
4	0 V	0 V	+ Vcc	0 V
5	0 V	0 V	+ Vcc	+ Vcc
6	0 V	0 V	0 V	+ Vcc
7	+ Vcc	0 V	0 V	+ Vcc
8	+ Vcc	0 V	0 V	0 V

Sentido Horário →  
Sentido Anti-horário ←

**Tabela 3**

Device	Characteristics		
	Input Compatibility	V <sub>CE</sub> (Max)/I <sub>C</sub> (Max)	Operating Temperature Range
ULN2803A ULN2804A	TTL, 5.0 V CMOS 6 to 15 V CMOS, PMOS	50 V/500 mA	TA = 0 to + 70°C

**Tabela 4**

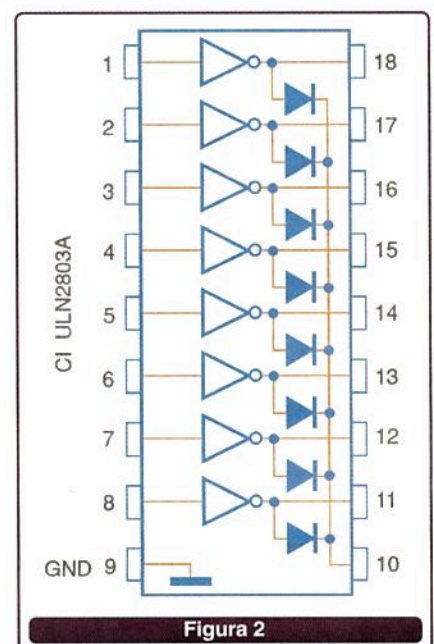
a conversão do sinal de saída dos  $\mu$ Cs para a alimentação das bobinas dos motores.

Uma boa sugestão de *driver* é a utilização do CI **ULN2803A**, da **Motorola**, apresentado na **Figura 02**. Nele existem 8 estágios de saída que convertem um nível lógico TTL (5 V) em até 50 V / 500 mA, mais do que suficiente para alimentar a grande maioria dos motores de passo disponíveis comercialmente (ver **Tabela 04**).

Assim, basta conectar as portas de saída dos  $\mu$ Cs (que já fornecem níveis lógicos com características TTL) às entradas do ULN2803A e ligar o motor de passo às saídas no *driver*, alimentando-o com a tensão nominal do motor de passo, como vemos na **figura 03**.

### UTILIZANDO OS MICROCONTROLADORES

Como vimos anteriormente, o problema de acionamento dos motores tornou-se relativamente simples. Basta fazermos com que as portas de saída do  $\mu$ C alternem os níveis lógico 1 (+Vcc) e 0 (0V) de acordo com as tabelas mostradas. Por estar utilizando um  $\mu$ C, vamos incrementar um pouco mais a nossa idéia: o programa a ser gravado deverá permitir





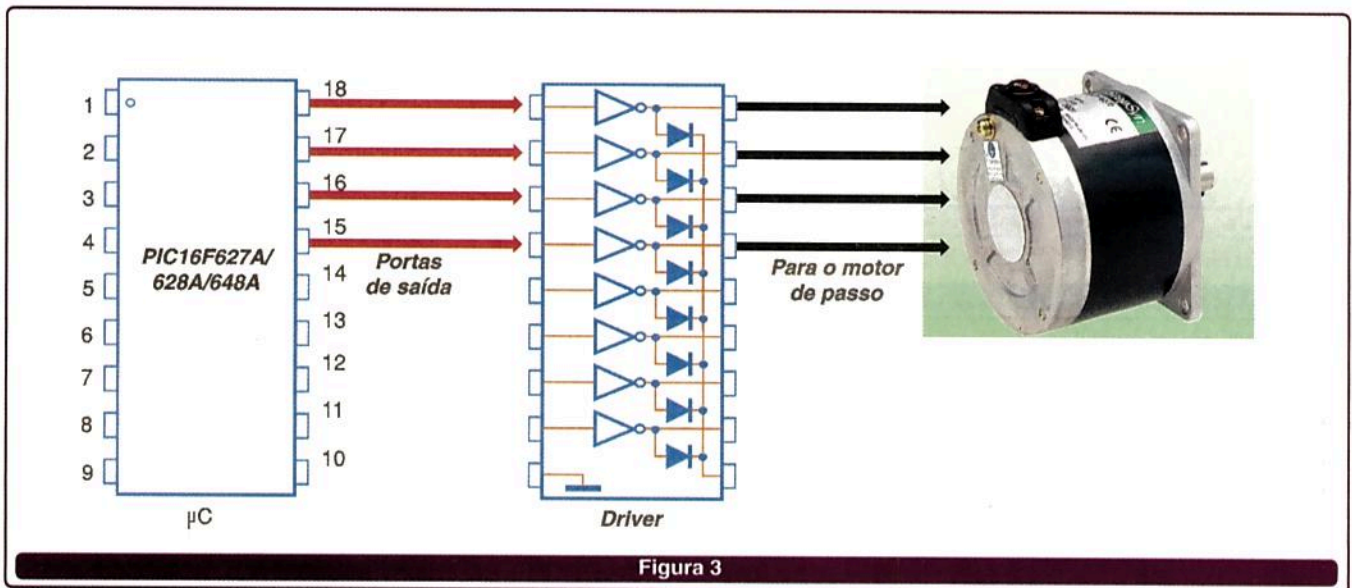


Figura 3

a utilização dos motores em qualquer um dos modos possíveis, o que será feito através de chaves seletoras acopladas ao próprio  $\mu C$ . O sentido e a velocidade de rotação também serão ajustados por duas chaves, sendo que a velocidade terá até 10 estágios pré-definidos e os sentidos serão o horário e o anti-horário. Teremos ainda uma chave que ligará e desligará o motor. A idéia é ilustrada na **figura 04**.

Para qualquer que seja a família de  $\mu C$  empregada, o primeiro e mais importante passo para resolver este problema é que o projetista tenha em mente qual será o algoritmo a ser utilizado. Com o algoritmo definido, basta fazer uma adequação do mesmo para o *set* de instruções do  $\mu C$ , criando o programa a ser empregado. Se alguma rotina prevista em seu algoritmo não tem instrução imediata equivalente para determi-

nado  $\mu C$ , o programador deve fazer uma saída via software, utilizando o *set* de instruções do  $\mu C$ . Caso isso não seja possível, pode-se pensar em modificar o algoritmo para que ele se adeque ao *set* de instruções do  $\mu C$ , desde que isso não altere a solução final do problema.

Cabe aqui uma grande e oportuna observação: cada programador tem um estilo de programação diferenciado. Ao apresentar um problema a um programador, sua solução será no seu estilo. Definir se um programa é melhor que outro só deve ser feito levando em consideração o tempo que ele levará para executar a tarefa pré-determinada, a quantidade de memória que irá ocupar no  $\mu C$ , etc. Ou seja, comparações devem ser feitas pensando-se no aspecto técnico. O estilo de cada um deve ser respeitado. Logicamente, o leitor com experiência suficiente em  $\mu C$ s pode encontrar

outros modos de desenvolver um programa que resolva o problema, que não o modo aqui apresentado. Podemos dizer que qualquer solução é boa, desde que resolva o problema de maneira rápida, eficiente e sem grandes custos adicionais.

Com este parêntese, apresentamos o algoritmo proposto para solucionar o problema, em formato de fluxograma. Primeiramente, precisamos fazer uma varredura das chaves de entrada para verificar se o usuário acionou alguma delas. Isto deve ser feito de maneira cíclica, pois o  $\mu C$  não sabe o momento em que o usuário vai acionar qualquer um das teclas. Poderíamos utilizar uma estrutura envolvendo as interrupções do  $\mu C$ , porém, a fim de simplificar o nosso projeto, optamos por não utilizar as interrupções. Este tipo de artifício será utilizado e explicado em artigos futuros. Resta-nos, então, a utilização

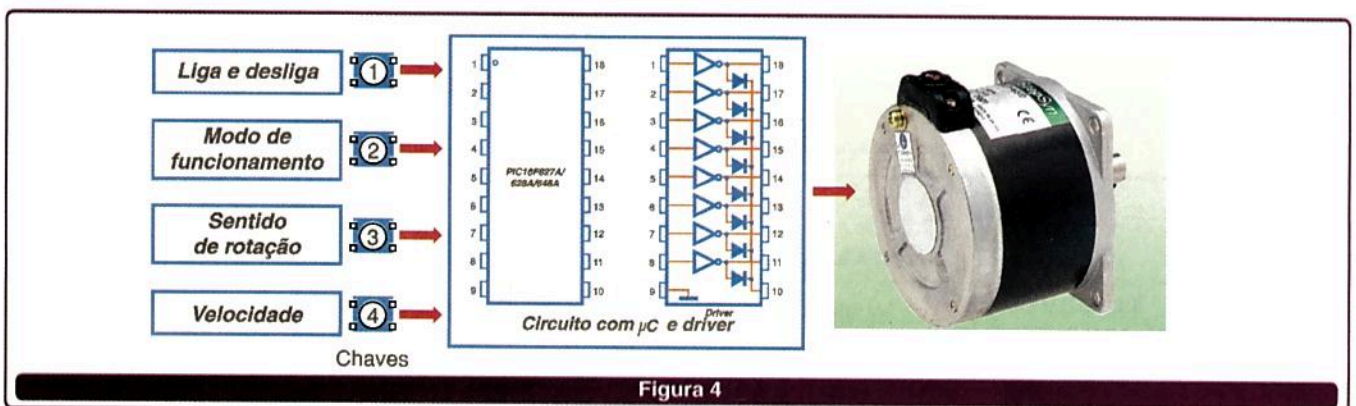


Figura 4



de loops que farão esta varredura. O fluxograma principal de varredura é exibido na **Figura 05**.

Como vemos no fluxo principal, utilizaremos registradores de uso geral para contar quantas vezes cada uma das chaves foi acionada. Com isto, sabemos qual é o modo, sentido e velocidade de rotação desejados pelo usuário. Com isto definido, basta selecionar a sub-rotina que execute a rotação desejada. Como temos três modos de operação, teremos três sub-rotinas. O fluxograma delas tem basicamente a mesma estrutura, como observamos na **Figura 06**. As diferenças são o número de passos para cada ciclo do motor (que no modo 2 é de 8 passos) e a tabela que

conterá os dados a serem transferidos para a porta que está conectada ao *driver* do motor de passo, que é diferente para cada um dos modos.

O último fluxograma é o da contagem de tempo, que controla a velocidade de rotação do motor, e que é apresentado na **Figura 07**.

Com os algoritmos definidos, basta aplicá-los a cada uma das famílias disponíveis de  $\mu\text{C}$ , como veremos a seguir.

### SOLUÇÃO COM A FAMÍLIA 8051

Para resolvermos o problema proposto com a família 8051 iremos empregar o  $\mu\text{C}$  AT89LS8252,

fabricado pela Atmel, cujas informações estão disponíveis no *site* [www.atmel.com](http://www.atmel.com). Os quatro botões de ajuste estarão conectados aos quatro primeiros pinos da porta P1 (P1.0, P1.1, P1.2 e P1.3). As saídas a serem utilizadas serão os quatro primeiros pinos da porta P2 (P2.0, P2.1, P2.2 e P2.3).

A escolha das portas foi feita de forma arbitrária, uma vez que neste  $\mu\text{C}$  temos 4 portas de 8 bits disponíveis, e cada uma delas pode ser usada como entrada e/ou saída, como vemos na **figura 08**. Poderíamos ter utilizado qualquer uma das portas disponíveis, desde que fossem verificadas as outras funções dos pinos.

Nota-se que alguns pinos do  $\mu\text{C}$  têm mais de uma função (são portas de entrada e/ou saída e também fornecem os endereços de acesso a memórias externas, ou controlam as interrupções, etc.)

Deve-se tomar cuidado ao definir qual porta será usada, pois se corre o risco de inutilizar uma das funções do  $\mu\text{C}$  porque o pino que faz esta função está sendo utilizado como entrada ou saída.

Dado que nosso projeto não utiliza nenhuma das outras funções, não teremos problemas quanto à definição das entradas e saídas.

Definidas as portas a serem usadas e utilizando-se o algoritmo proposto, basta escrever o programa (a disposição na seção *download* no *site* [www.sabereletronica.com.br](http://www.sabereletronica.com.br)).

### SOLUÇÃO COM A FAMÍLIA PIC

Para resolvermos o problema proposto com a família PIC, sugerimos a utilização do  $\mu\text{C}$  PIC16F627, fabricado pela *Microchip*, cujas informações estão disponíveis no *site* [www.microchip.com](http://www.microchip.com). Este  $\mu\text{C}$  é praticamente equivalente ao conhecido PIC16F84, mas com a vantagem de ter muito mais recursos disponíveis. Os quatro botões de ajuste estarão conectados aos quatro primeiros pinos da porta A (RA0, RA1, RA2 e RA3). As saídas a serem utilizadas serão os quatro primeiros pinos da porta B (RB0, RB1, RB2 e RB3).

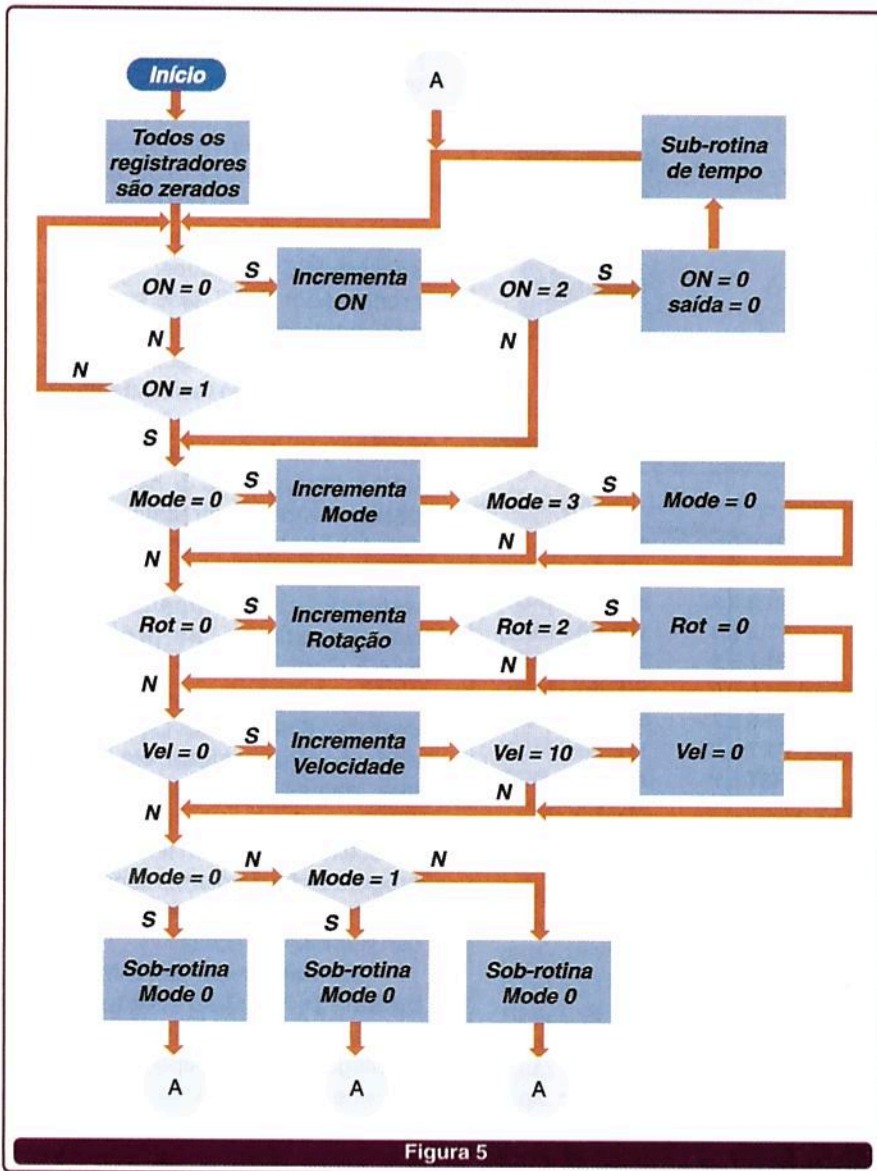


Figura 5



Como podemos ver na **Figura 9**, este  $\mu\text{C}$  possui 15 pinos de entrada e/ou saída. Poderíamos ter escolhido qualquer um deles. A escolha por estes em específico se deve à facilidade conseguida para a montagem da tabela que transportará os dados para a porta de saída, e também para que o software fique o mais parecido possível

do que foi elaborado para a família 8051 a fim de facilitar comparações.

Da mesma maneira que acontece com a família 8051, cada um dos pinos do PIC tem múltiplas funções. Isto é ainda mais evidente quando falamos do 16F627, um  $\mu\text{C}$  com muitos recursos e poucos terminais. Ao fazer qualquer projeto, devem

ser levados em consideração quais recursos serão utilizados, para que seja otimizada a distribuição das funções de entrada e saída entre os pinos disponíveis. Como o nosso projeto é bem simples, esta não será uma grande preocupação, e poderemos utilizar as portas previamente definidas sem problemas.

Assim, com as portas definidas e com o algoritmo proposto, devemos escrever um programa (a disposição na seção *download* no site [www.sabereletronica.com.br](http://www.sabereletronica.com.br)).

COMPARATIVO

Vamos, então, comparar as soluções encontradas para as duas famílias de  $\mu\text{C}$  propostas considerando os aspectos mais importantes em um projeto:

- **Tempo Gasto:** para computar o tempo gasto em ambas as programações, devemos levar em conta o *set* de instruções fornecidas com cada um dos  $\mu\text{Cs}$ . O 8051 tem um *set* com 255 instruções, típico de um processador CISC. Isso significa que praticamente tudo que foi solicitado no algoritmo vai encontrar uma instrução equivalente, o que facilita bastante na criação do programa. Isto reflete-se, também, no tempo gasto. Neste projeto foram gastas 5 horas com o desenvolvimento de software, implementação, teste e correções. Já o PIC tem um *set* de instruções bem reduzido, são 35 apenas, como é característico a um processador RISC. Com isto, nem tudo que está sendo solicitado no algoritmo tem uma instrução direta no *set*. O programador deverá achar saídas via software que, muitas vezes, devem ser bem criativas para implementar as soluções. Isto significa um tempo maior de programação, implementação, testes e correções. Para este projeto foram consumidas 12 horas.

- **Montagem do protótipo:** para ambas as famílias testadas, não houveram grandes dificuldades para a montagem dos protótipos. A Microchip fornece gratuitamente em seu *site* ([www.microchip.com](http://www.microchip.com)), uma ferramenta que permite escrever, testar,

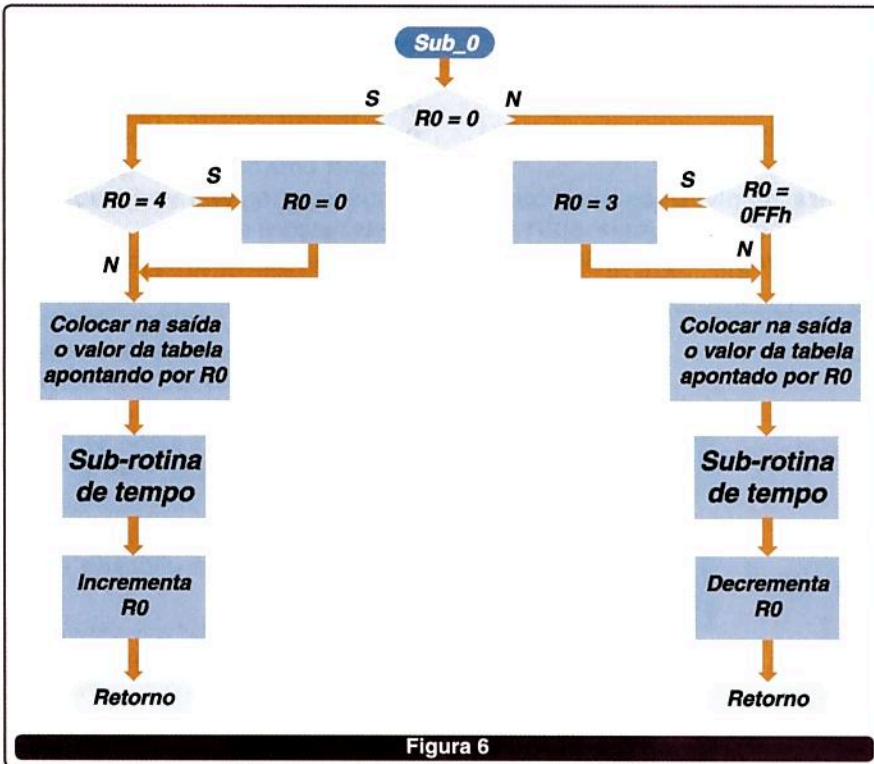


Figura 6

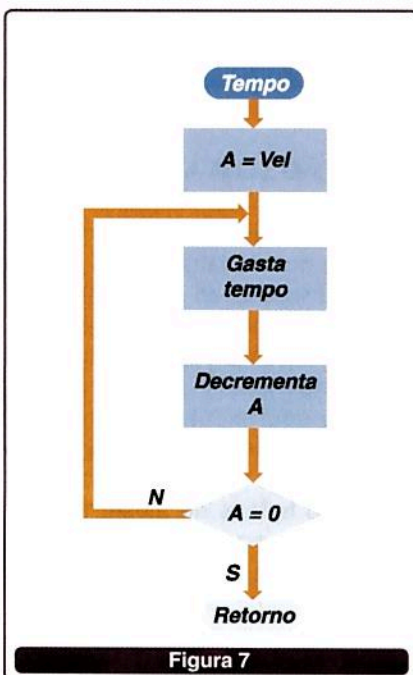
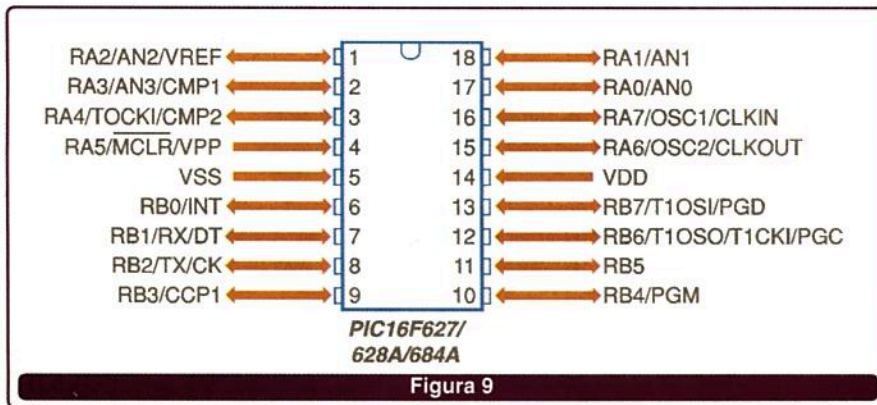


Figura 7

(T2) P1.0	1	40	Vcc
(T2 EX) P1.1	2	39	P0.0 (AD0)
P1.2	3	38	P0.1 (AD1)
P1.3	4	37	P0.2 (AD2)
(SS) P1.4	5	36	P0.3 (AD3)
(MOSI) P1.5	6	35	P0.4 (AD4)
(MISO) P1.6	7	34	P0.5 (AD5)
(SCK) P1.7	8	33	P0.6 (AD6)
RST	9	32	P0.7 (AD7)
(RXD) P3.0	10	31	EA/VPP
(TXD) P3.1	11	30	ALE/PROG
(INT0) P3.2	12	29	PSEN
(INT1) P3.3	13	28	P2.7 (A15)
(T0) P3.4	14	27	P2.6 (A14)
(T1) P3.5	15	26	P2.5 (A13)
(WR) P3.6	16	25	P2.4 (A12)
(RD) P3.7	17	24	P2.3 (A11)
XTAL2	18	23	P2.2 (A10)
XTAL1	19	22	P2.1 (A9)
GND	20	21	P2.0 (A8)

Figura 8





simular e carregar o programa, permitindo usar o assembler, como no nosso caso, ou então a linguagem C. Esta ferramenta é o MPLAB e é de fácil uso. Já o 8051 tem diversos softwares disponíveis na Internet, que fazem exatamente a mesma coisa do MPLAB: escrevem, testam, simulam e carregam o programa para o *chip*. Dentre os diversos disponíveis gratuitamente na rede, podemos citar o "Simulador del  $\mu$ C-8051", software espanhol desenvolvido na Universidade de Jaen ([www.ujaen.es](http://www.ujaen.es)), fruto da tese de Doutorado de Manuel M. Martos e Manuel M. Valdivia. O software é bem simples de usar na parte de testes. Como ambas as famílias permitem a gravação do programa com o *chip* já instalado na placa (gravação *on-board*), fica muito fácil o processo de testes e correções, sem custos elevados.

**- Tempo de Resposta:** No PIC, cada instrução demora apenas um ciclo de máquina para ser processada (ou dois ciclos, no caso de uma instrução de desvio), enquanto no 8051 cada instrução demora vários ciclos de máquina para ser executada (tipicamente entre 12 e 24 ciclos, podendo chegar até 48 ciclos, como no caso das instruções MUL AB e DIV AB). Mas não podemos esquecer que, apesar da diferença na velocidade de execução, o PIC tem um programa mais longo para executar com um *clock* máximo de 4 MHz, enquanto o 8051 tem um programa mais curto e com um *clock* máximo de 12 MHz. Assim, na prática, os  $\mu$ Cs foram praticamente equivalentes. Diferenças significativas só aparecerão em programas muito longos.

**- Custos:** com uma procura rápida na Rua Santa Ifigênia, em São Paulo, foi possível encontrar todos os componentes ativos para o projeto, com relativa facilidade. Portanto, a montagem de um protótipo pelo leitor pode ser feita sem maiores problemas. A média dos preços para os componentes utilizados foi de:

- AT89S8252: US\$ 12,00
- PIC16F627: US\$ 4,50
- ULN2903A: US\$ 0,50.

#### CONCLUSÃO

As diferenças entre a utilização de um ou de outro  $\mu$ C foram muito pequenas. Com um custo baixo e boa performance, conseguimos resolver o problema proposto. Vale ressaltar que o custo final do projeto com o PIC foi menor que o custo do 8051. Mas, lembramos que aqueles que estejam mais familiarizados com o 8051 podem utilizá-lo com a certeza de uma boa escolha. Nos próximos artigos daremos seqüência a esta série de comparações, analisando outras famílias de microcontroladores, porém, será estabelecido um conjunto de "regras" a fim de não prejudicar a imagem dos fabricantes analisados.

Fazemos também, na medida do possível, o comparativo considerando a mesma classe de aplicação (8 bits, 16 bits, *low-end*, etc.)

Neste artigo, por exemplo, consideramos o preço unitário. Dependendo dos modelos a serem comparados, podemos adotar o preço por 1000 unidades base FOB.

#### -Treinamento

#### Cursos de Linguagem C:

- Na Plataforma PC.
- Para família 8051 e ADUC812 .

#### -Consultoria

#### Produção / Projetos nos setores da eletrônica:

- Instrumentação.
- automação.

#### -Assessoria

#### Projetos em firmware / hardware:

- Instrumentação.
- Automação.

**Nosso objetivo é trabalhar nas soluções de seus problemas, de uma forma séria e profissional.**

Para maiores informações :

fone : 9189 - 5498 .

E\_mail : [lcuniao@aol.com](mailto:lcuniao@aol.com).

Site : [eletrouniao.com.br](http://eletrouniao.com.br)









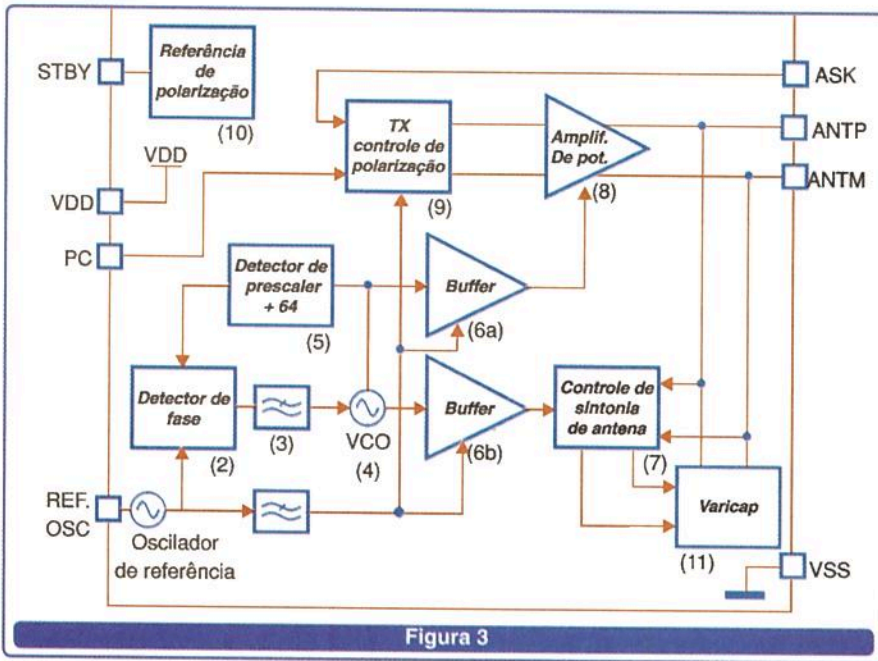


Figura 3

Conforme podemos observar, o circuito tem três seções distintas: conversor de UHF que abaixa a frequência, demodulador OOK e circuito de referência e controle.

Na figura 2, podemos observar ainda a existência de dois capacitores externos (Cth e Cagc) e um componente de temporização (CR), normalmente um cristal.

Com exceção do desacoplamento da fonte, esses são os únicos componentes externos necessários à implementação de um circuito funcional de um receptor de UHF.

Existem entradas lógicas de controle. Através delas, o usuário pode controlar a operação do circuito. Essas entradas são compatíveis com lógica CMOS e possuem resistores pull-up internos ao próprio chip.

Mais informações, incluindo uma descrição detalhada de todos os blocos funcionais desse CI, curvas características e fórmulas para projetos, podem ser obtidas no Data Sheet disponível no site da Micrel em [www.micrel.com](http://www.micrel.com).



## Soldas Soft Cohari®



### Produtos para a indústria eletrônica

- ✓ Solda em vergas (63/37)
- ✓ Solda isenta de chumbo "lead free"
- ✓ Solda em fio com fluxo no clean
- ✓ Solda em fio com fluxo resinoso
- ✓ Solda em tubetes para pequenos reparos
- ✓ Salva chips
- ✓ Fluxo para máquina de solda
- ✓ Solda em pasta para SMD



Certificada ISO9002

### Soft Metais Ltda.

DDG: 08001000.52 - Bebedouro - SP  
Home-page: [www.softmetais.com.br](http://www.softmetais.com.br)  
E-mail: [vendas@softmetais.com.br](mailto:vendas@softmetais.com.br)

## Tudo que você precisa para dominar o PIC

**McFlash**  
**R\$ 99,00\***

Os melhores e mais baratos gravadores para a linha PIC, literaturas, treinamentos, placas didáticas e o incrível sistema *Aprendendo em Casa*

Aproveite Compre já (11) 4992-8775



Enviamos para todo o Brasil via Sedex

**Mosaico**  
[www.mosaico-eng.com.br](http://www.mosaico-eng.com.br)

**Consultor Oficial Microchip**

\* Válido até 31/01/03 ou fim do estoque. Não incluso Sedex.



# MICROCONTROLADOR MSP430

Conheça os principais conceitos da arquitetura deste componente, e saiba como ele pode tornar-se uma boa solução para o desenvolvedor.

O microcontrolador MSP430 (da *Texas Instruments*) já tem uma grande gama de aplicações. Tudo isso devido a algumas de suas características que não são comumente encontradas em outras famílias de  $\mu$ Cs. Neste artigo, fazemos um breve resumo das funcionalidades do MSP430, salientando quais são estas facilidades e porque tantas aplicações podem ser realizadas empregando este versátil microcontrolador.

## PRINCIPAIS VANTAGENS DO MSP430

Além de ter um baixo custo (a partir de US\$ 0,99 - FOB US - o que lhe fornece uma excelente relação custo/benefício), ter vasta literatura disponível na Internet (portal da própria Texas Instruments: [www.ti.com/sc/msp430reg](http://www.ti.com/sc/msp430reg), onde encontram-se *datasheets*, *application notes*, *softwares* de simulação, etc.), a família MSP430 tem outras características muito interessantes. Vejamos algumas delas:

- **Ter um sistema completo em um único chip:** a grande variedade de *chips* disponíveis na família MSP430 permite que se tenha todas as funções necessárias para um projeto dentro de um único chip, reduzindo drasticamente a necessidade de outros componentes ativos para a sua utilização. Nesta família encontramos *chips* que têm, internamente:

- Controladores de Displays LCD de até 120 linhas (como no modelo MSP430C336, que já tem os *drivers* próprios para a conexão com o LCD);

- Conversor analógico/digital de até 14 bits (MSP430C323), ideal para aplicações que envolvam o processamento de sinais externos, como medidas através de sensores;

- Várias portas de entrada e saída,

o que permite uma conexão do  $\mu$ C com os mais diversos periféricos;

- Memórias com até 60k de ROM e 2k de RAM (MSP430F149), o que é mais do que suficiente para a grande maioria de todas as aplicações envolvendo de  $\mu$ Cs;

- Timers/Contadores e *Watchdog*, o que permite aplicações com tempo, contagem de eventos e o monitoramento do  $\mu$ C, evitando o travamento;

- Interfaces de comunicação UART e USART (*Universal Synchronous/Asynchronous Interface*), o que permite que vários  $\mu$ Cs troquem informações, ou mesmo que um  $\mu$ C converse com um microcomputador, por exemplo;

- Entre outras, como vemos na **Tabela 01**.

- **Consumo extremamente baixo:** a grande maioria dos *chips* da família MSP430 tem consumo da ordem de 4,2 nW por instrução processada. Tipicamente, temos um consumo da ordem de 250  $\mu$ A quando no modo ativo, ou seja, processando informações. Quando o  $\mu$ C está no modo de *stand by* – sem processar nenhuma instrução, mas mantendo os valores da memória RAM salvos, os *timers* e *watchdog* ativos – o consumo é da ordem de 0,8  $\mu$ A. Já no modo de *sleep* – quando o processador está inativo, sem processar qualquer instrução, os *timers* e o *watchdog* desligados, mas os valores da memó-

Alessandro Ferreira da Cunha

ria RAM estão salvos – o consumo chega à ordem de 0,1  $\mu$ A.

- **Alta velocidade de processamento:** o MSP430 demora cerca de 300 ns para processar cada instrução, com um *clock* configurado para 3,3 MHz.

- **Arquitetura Ortogonal:** qualquer instrução pode ser recebida por qualquer modo de endereçamento. O MSP430 tem 7 modos de endereçamento para operandos de envio e 4 modos de endereçamento para operandos de destino. Isso significa dizer que uma instrução processada pela CPU do MSP430 tem a liberdade de trafegar por qualquer barramento interno, agilizando e muito o processamento das instruções.

- **Estrutura RISC:** sua arquitetura de processamento conjuga as grandes vantagens de processadores do tipo Harvard sem as suas principais desvantagens. Como assim? Uma arquitetura Harvard com estrutura RISC geralmente precisa acessar as memórias RAM e ROM através de vias de entrada e saída (I/Os). Na família MSP430, o processamento de uma instrução pode se dar sem que a CPU tenha a necessidade de acessar uma única vez as vias de I/O. Isto porque existe uma grande quantidade de Registradores internos,



CONFIGURATION	MEMORY						MODULES										
	TYPE				SIZE		ADC	LCD Seg.	TIMERS						UART	MPY	I/O
	EPROM	OTP	ROM	FLASH	MEM Kb	RAM Bytes			WDT	8Bit T	BT1	T_A	T_B				
X111			MSP430C111		2	128											
X112		MSP430P112	MSP430C112		4	256	slope	No	Yes	No	No	3	No	SW	No	14	
X1101				MSP430F1101	1	128											
X1111			MSP430C1111		2	128	slope <sup>1</sup>	No	Yes	No	No	3	No	SW	No	14	
X1121			MSP430C1121	MSP430F1121	4	256											
X122				MSP430F122	4 <sup>3</sup>	256	slope <sup>1</sup>	No	Yes	No	No	3	No	1	No	22	
X123				MSP430F123	8 <sup>3</sup>	256											
X133				MSP430F133	8 <sup>3</sup>	256											
X135				MSP430F135	16 <sup>3</sup>	512	12-bit <sup>1</sup>	No	Yes	No	No	3	3	1	No	48	
X147				MSP430F147	32 <sup>3</sup>	1024											
X148				MSP430F148	48 <sup>3</sup>	2048	12-bit <sup>1</sup>	No	Yes	No	No	3	7	2	Yes	48	
X149				MSP430F149	60 <sup>3</sup>	2048											
X311S			MSP430C311S		2	128	slope <sup>2</sup>	64	Yes	Yes	Yes	No	No	SW	No	7+4 <sup>4</sup>	
X312			MSP430C312		4	256											
X313	PMS430E313		MSP430C313		8	256	slope <sup>2</sup>	92	Yes	Yes	Yes	No	No	SW	No	9+5 <sup>4</sup>	
X314			MSP430C314		12	512											
X315	PMS430E315	MSP430P315	MSP430C315		16	512											
X315S		MSP430P315S	MSP430C315S		16	512	slope <sup>2</sup>	64	Yes	Yes	Yes	No	No	SW	No	7+4 <sup>4</sup>	
X323			MSP430C323		8	256											
X325	PMS430E325	MSP430P325	MSP430C325		16	512	14-bit <sup>2</sup>	84	Yes	Yes	Yes	No	No	SW	No	9+5 <sup>4</sup>	
X325A		MSP430P325A			16	512											
X336			MSP430C336		24	1024											
X337	PMS430E337	MSP430P337	MSP430C337		32	1024	slope <sup>2</sup>	120	Yes	Yes	Yes	5	5	1	Yes	41+5 <sup>4</sup>	
X337A		MSP430P337A			32	1024											
X412				MSP430F412	4 <sup>3</sup>	256	slope <sup>1</sup>	96	Yes	Yes	Yes	3	3	SW	No	48	
X413				MSP430F413	8 <sup>3</sup>	256											

Tabela 1

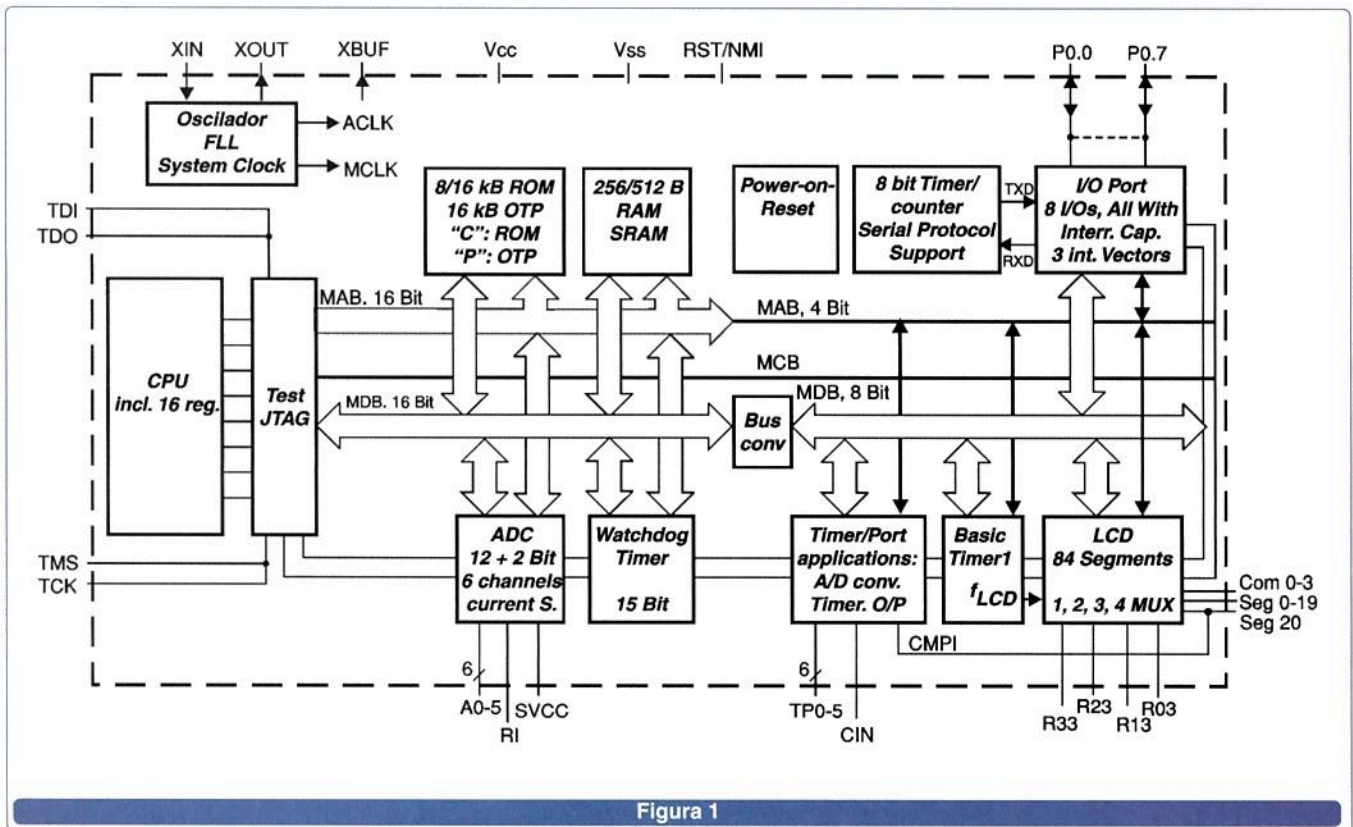


Figura 1



que tem contato com a CPU por via direta, agilizando o processo.

- **Pequena quantidade de instruções:** são apenas 27 instruções, porém, são instruções poderosas, permitindo uma grande facilidade na programação, seja esta em *assembler* ou em C;

- **Gerador de Constantes:** Um registrador que gera as constantes mais comumente utilizadas, agilizando o processo de programação;

- **Requer somente um cristal externo:** com um cristal de 32,768 kHz o MSP430 alimenta a base de tempo do DCO – *Digital Controller Oscillator*, que permite uma frequência estável e suficiente para o bom funcionamento do sistema. A frequência gerada pelo DCO varia de 1 a 8 Mhz, dependendo da configuração feita pelo próprio usuário. Isto, além de diminuir os custos da aquisição do cristal, por ser de baixa frequência, não gera

problemas para o desenho da placa de circuito impresso, o que aconteceria com cristais de alta frequência.

- **Capacidade total de operar em modo "real-time":** quando está no modo *sleep*, o MSP430 demora somente 6 ciclos de *clock* para ter a sua frequência principal estabilizada e pronta para fornecer qualquer dado que lhe seja solicitado, não precisando aguardar que o cristal oscilador comece a oscilar e se estabilize, como em outros  $\mu$ Cs.

- **Liberdade total para processar dados na pilha:** diferentemente de outros  $\mu$ Cs, o MSP430 permite que os dados armazenados pelo ponteiro da pilha (*Stack Pointer* – SP) sejam acessados livremente, e não somente o dado que estiver no topo da pilhas (*TOS* – *Top Of Stack*), tudo isso sem a necessidade de nenhuma instrução especial para a pilha, uma vez que todas as instruções podem

ser direcionadas para o endereço do ponteiro da pilha.

Na **Figura 01** vemos a o diagrama em blocos do MSP430C32x, que tem, entre outros periféricos, conversor AD de 14 bits, UART, 8 portas de entrada e saída e *driver* para LCD de 21 linhas.

## CONCLUSÃO

Em breve, este e outros microcontroladores terão suas respectivas performances comparadas na execução de um projeto prático. Esperamos com isso auxiliar o desenvolvedor a fazer a melhor escolha segundo sua necessidade.



**SILICOM**  
INTERNET PROVIDER

- Hospedagem de web-sites
- Acesso discado e dedicado à internet
- Acesso banda larga ADSL
- Registro e manutenção de domínios
- Colocation de equipamentos
- Desenvolvimento e implantação de conectividade a internet
- Além de diversos outros serviços na área de tecnologia da informação

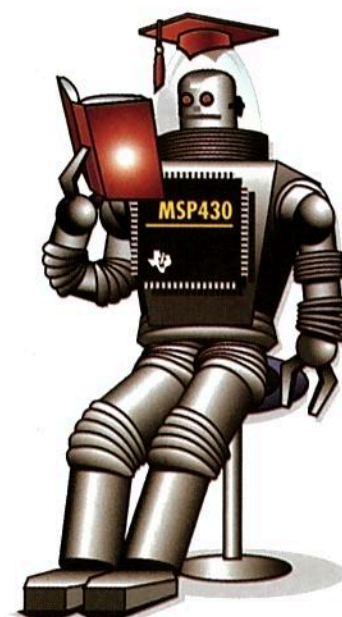




# A TEXAS INSTRUMENTS DÁ O DEVIDO VALOR À UNIVERSIDADE!

A Texas Instruments amplia agora sua abrangência e inclui também os **Microcontroladores MSP430** em seu **Programa Universitário**.

O microcontrolador MSP430 com sua moderna arquitetura ortogonal RISC de 16 bits, periféricos analógicos de alta performance e ambiente integrado de desenvolvimento de baixo custo, é o veículo adequado para o ensino desde cursos básicos até as classes avançadas de ensino de microcontroladores.



**Suporte  
Da Texas  
Instruments**



**Bons  
Projetos**

Maiores detalhes no link: [www.ti.com/sc/msp430](http://www.ti.com/sc/msp430)

Texas Instruments, Website: <http://www.ti.com/brasil>

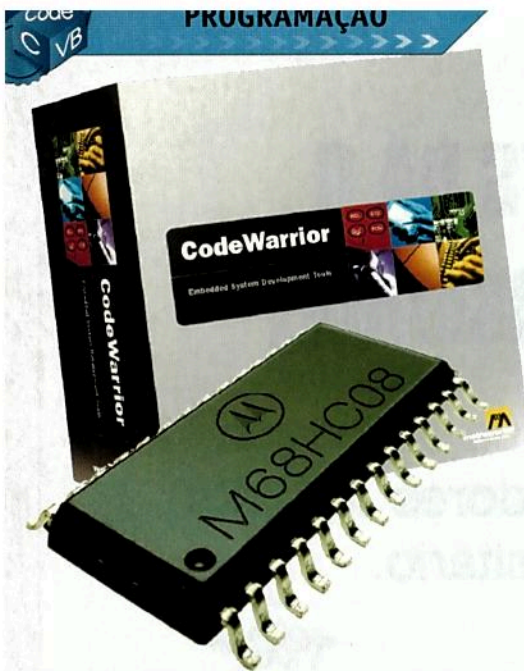
Distribuidores: **Avnet**: (0xx11 5079-2150) **Insight**: (0xx11 3722-1177) e **Panamericana/Arrow** (0xx11 3613-9300)

3rd. Parties: Genius, LME, Syspac, Ztec, UFMG, CPqD, Fitec, Dirac e D Ltda. Consultar: <http://www.ti.com/sc/3p>

REAL WORLD SIGNAL PROCESSING™

 **TEXAS  
INSTRUMENTS**





# Processor Expert™

CRIE RAPIDAMENTE SEUS PROGRAMAS PARA MICROCONTROLADORES MOTOROLA HC08 COM UM GERADOR AUTOMÁTICO DE CÓDIGO.

Nos artigos anteriores desta série sobre os microcontroladores Motorola da família HC08, conhecemos o poderoso ambiente de desenvolvimento de *software* CodeWarrior da Metrowerks, e também conhecemos os mais diversos periféricos encontrados nos microcontroladores desta família. Iremos conhecer agora uma poderosíssima ferramenta de auxílio ao desenvolvimento de *software* chamada Processor Expert™, desenvolvida pela UNIS™, e que acompanha o *CodeWarrior Development Studio V2.1* para microcontroladores Motorola da família HC08.

O projeto de *hardware* e *software* tem progredido muito em nossos dias com o advento de novas tecnologias, mas muitas vezes o inter-relacionamento e a interdependência entre ambos tem sido negligenciada. Por um lado, vemos muitas vezes uma nova arquitetura de hardware muito boa, mas cujo projeto de *software* é muito dispendioso para tal projeto. Por outro lado, o uso cada vez maior de sistemas microcontrolados em grande parte de dispositivos eletromecânicos em nosso mundo moderno, onde fatores de custo proíbem o emprego de um *hardware* caro, força os projetistas a selecionarem soluções de *software* destinadas a reduzir o custo total do projeto.

O Processor Expert™ provê ao projetista um caminho rápido e simplificado de chegar a uma solução final para o *software*, integrando o mesmo ao *hardware* desde o início do desenvolvimento do seu projeto. De uma maneira visual e automática, grande parte inicial do código do

projeto é gerado, e dezenas de sub-rotinas de configuração e controle dos diversos periféricos do microcontrolador ficam a disposição do projetista para utilizá-las em seu programa.

Como foi dito anteriormente, esta ferramenta de desenvolvimento é parte integrante do *CodeWarrior Development Studio V2.1* para microcontroladores Motorola família HC08, desenvolvido pela Metrowerks™, distribuído junto com a Edição Especial de novembro da Revista Saber Eletrônica, que você também poderá encontrar na Internet no *site* de microcontroladores da Motorola <http://www.motorola.com/mcu>.

## ENTENDENDO O PROCESSOR EXPERT™

A função principal do Processor Expert™ é gerenciar a CPU e outros recursos de *hardware*, permitindo que o projetista faça a prototipagem e desenvolvimento inicial do *software*

## PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO PROCESSOR EXPERT™

- O Processor Expert™ foi criado para o rápido desenvolvimento de aplicações microcontroladas utilizando os mais diversos microcontroladores da família HC08 Motorola.
- O projeto é criado com base em componentes chamados *Embedded Beans™*, que constituem toda a funcionalidade de elementos básicos de sistemas microcontrolados, como CPU, periféricos *on-chip*, dispositivos virtuais, e simples rotinas de *software*. Estes elementos básicos podem ser modificados e controlados através de suas propriedades, métodos e eventos (como em programação orientada a objetos ou OOP – *Object-Oriented Programming*).
- O Processor Expert™ sugere, conecta, e gera o código para você. O projetista fornece ao código da aplicação apenas o seu código de usuário, normalmente um código orientado por eventos.
- O Processor Expert™ trabalha como uma extensiva biblioteca de *beans* para os microcontroladores suportados, periféricos e dispositivos virtuais.
- O usuário pode criar seus próprios *beans* através de uma outra ferramenta chamada *Beans Wizard*.
- O projeto criado pelo Processor Expert™ é feito dentro do ambiente integrado de desenvolvimento do CodeWarrior.



Bean Inspector TI1:TimerInt			
< Bean View Help			
Properties   Methods   Events   Comment			
<input checked="" type="checkbox"/>	Bean name	TI1	
<input checked="" type="checkbox"/>	Timer	TIM10	TIM10
<input checked="" type="checkbox"/>	Counter	TIM1	TIM1
<input type="checkbox"/>	-Interrupt service/event	Enabled	
<input checked="" type="checkbox"/>	Interrupt	INT_TIM1CH0	INT_TIM1CH0
<input checked="" type="checkbox"/>	Interrupt priority	medium priority	not supported
<input checked="" type="checkbox"/>	Prescaler	Auto selected prescaler	high: not set
<input type="checkbox"/>	Interrupt period		Unassigned timing
<input checked="" type="checkbox"/>	Same period in modes	yes	
<input checked="" type="checkbox"/>	Bean uses entire timer	no	
<input type="checkbox"/>	<b>-Initialization</b>		
<input checked="" type="checkbox"/>	Enabled in init. code	yes	
<input checked="" type="checkbox"/>	Events enabled in init.	yes	
<input type="checkbox"/>	<b>-CPU clock/speed selection</b>		
<input checked="" type="checkbox"/>	High speed mode	This bean enabled	This bean is enabled
<input checked="" type="checkbox"/>	Low speed mode	This bean disabled	This bean is disabled
<input checked="" type="checkbox"/>	Slow speed mode	This bean disabled	This bean is disabled

View Mode: Expert view

Fig. 1 - Propriedades de um bean.

de seu projeto. A geração de códigos pelos *beans* e a habilidade de fazer a manutenção tanto do código gerado quanto do código do usuário, reduzem significativamente o esforço do desenvolvimento em comparação com ferramentas de geração automática de código disponíveis no mercado.



*Bean* constitui essencialmente toda a funcionalidade de um componente da CPU. Por exemplo, na **figura 1** está uma janela demonstrando as propriedades do *bean* TimerInt, que contém todos os recursos de uma CPU que está apta a gerar temporizações e interrupções de *hardware*.

Nós encontraremos os componentes que são chamados *Embedded Beans™* na janela de seleção de *beans* do Processor Expert™ (veja **figura 2**). Estes componentes foram selecionados para abranger as funções mais comuns utilizadas por aplicações microcontroladas – desde a manipulação do *bit* de uma porta, interrupções externas, temporizadores, até

- MCU
  - MCU external devices
    - Communication
      - SWSPI
      - SWSPIMaster
    - Display
      - LCD
      - Term
  - MCU internal peripherals
    - Communication
    - Converter
      - ADC
        - ADconverter
        - ADfast
    - Interrupts
    - Memory
    - Port I/O
    - Timer
    - SW

Fig. 2 - Janela de seleção de Embedded Beans™.

comunicações seriais síncronas e assíncronas, conversores A/D, I<sup>2</sup>C, CAN, etc.

Os *Beans* possuem uma interface com usuário bem simples, que ele controla em tempo de desenvolvimento utilizando o *Bean Inspector* (veja figura 1). *Bean Inspector* permite o acesso a várias propriedades, métodos e eventos associados aos *beans*.

O usuário define através das propriedades o comportamento do *bean* em tempo de execução, cujo código é gerado automaticamente pelo Processor Expert™.

O usuário também pode escolher que métodos serão gerados (ou não) para que possam ser incluídos no projeto (veja **figura 3**). Eventos, se utilizados, podem ser executados através das interrupções de *hardware* do microcontrolador (temporizadores, eventos externos, etc.). Você pode habilitar ou desabilitar interrupções utilizando os métodos criados pelos *beans* e definir sua própria ISR – *Interrupt Service Routine*, que são as rotinas de tratamento das interrupções (veja **figura 4**).

Para criar um projeto de *software* de qualquer microcontrolador Motorola da família HC08 com o Processor Expert™ é muito rápido. Primeiramente, selecione o microcontrolador e defina suas características principais como, por exemplo, a frequência de operação do barramento. Então selecione os *beans* desejados, modifique suas propriedades, defina métodos e eventos e peça ao Processor Expert™ que gere o código do projeto. O Processor Expert™ irá gerar todo o código a partir dos *beans* adicionados ao projeto e de acordo com as suas preferências comentadas anteriormente.

Entre com o seu código para os eventos desejados, rotina principal e ISRs, adicione códigos-fontes existentes e construa o seu código completo utilizando as ferramentas clássicas – compilador e *linker* – e então passe para a etapa final de desenvolvimento, depurando o código diretamente na placa do projeto através do *debugger*. Estes são, tipicamente, os passos executados quando



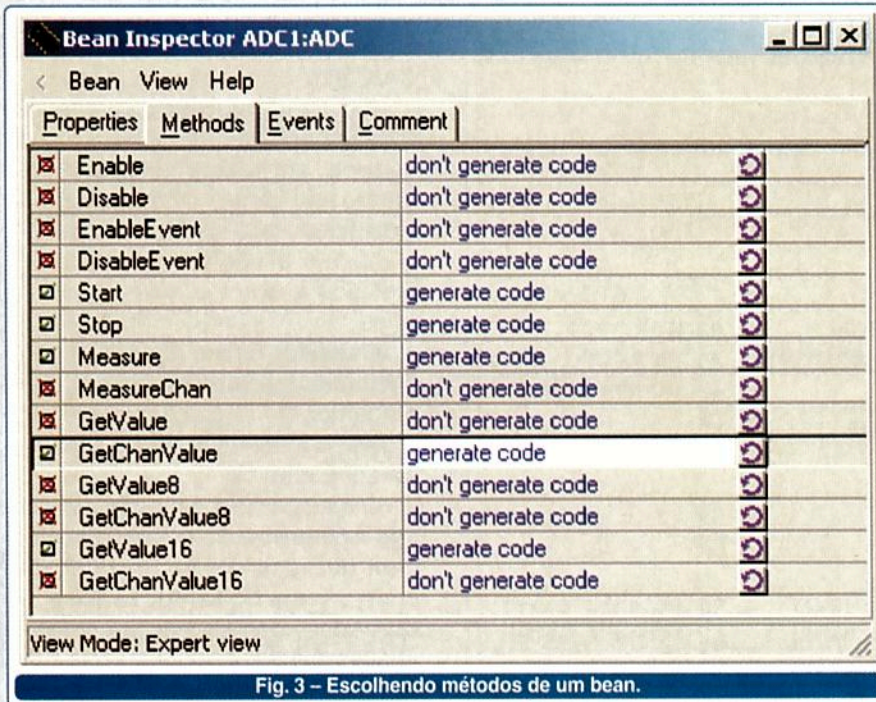


Fig. 3 – Escolhendo métodos de um bean.

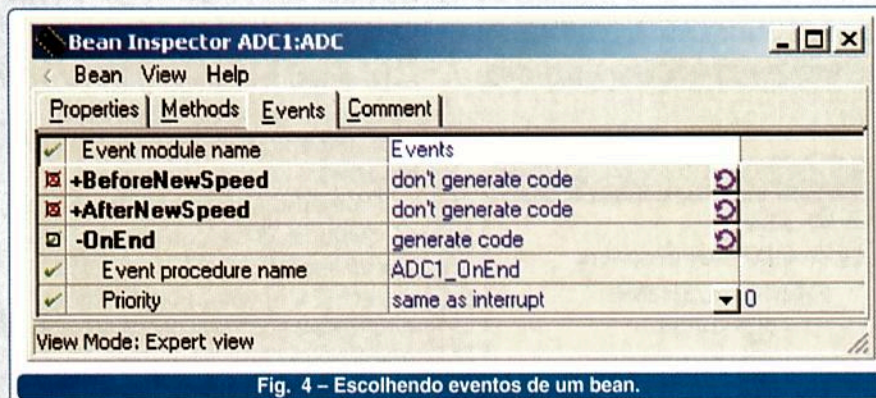


Fig. 4 – Escolhendo eventos de um bean.



Fig. 5 – Processor Expert™ integrado ao CodeWarrior™.

utilizamos o Processor Expert™ no ambiente de desenvolvimento integrado CodeWarrior para micro-controladores Motorola Flash HC08.

Alguns *beans* podem até mesmo ser criados por você a partir de códigos-fonte já existentes. Estes *beans* são chamados *Software Beans*, e podem ser puramente constituídos de software como, por exemplo, um *bean* que localize o maior valor dentro de uma tabela contida em RAM, ou também serem constituídos de outros *beans* de *hardware*, como um *bean* que faça cálculo da média de leituras executadas por um conversor A/D. A vantagem é a independência do *hardware*, portabilidade do código, e possibilidade de compartilhamento do código gerado com outros projetos. Utilize para isto a ferramenta adicional *Bean Wizard™*.

Informações adicionais sobre o Processor Expert™ e bibliotecas de *beans* podem ser encontradas na Internet no site [www.processorexpert.com/hc08/main.html](http://www.processorexpert.com/hc08/main.html).

### INTEGRAÇÃO COM O CODEWARRIOR™

Como dito anteriormente, o Processor Expert™ está totalmente integrado ao CodeWarrior™ IDE da Metrowerks™ como um *plug-in* (veja figura 5). O *menu* superior do CodeWarrior contém agora um novo item de *menu* chamado "Processor Expert". O *plug-in* Processor Expert gera o código como definido pelos *beans* e o CodeWarrior gerencia os arquivos do projeto, compila e depura o *software* do projeto.

### TUTORIAL – CRIANDO UM PROJETO SIMPLES

O Processor Expert™ possui um tutorial, que permite conhecermos sua potencialidade e também aprendermos como criar um novo projeto. Este tutorial cria um simples controlador de LEDs com dois LEDs coloridos - um verde e outro vermelho - e um botão de comando.



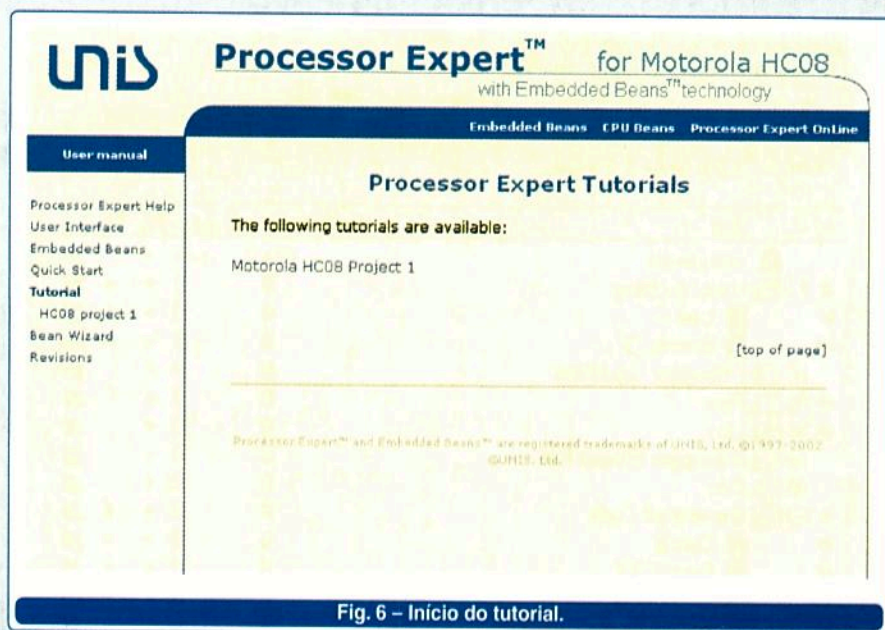


Fig. 6 – Início do tutorial.

Para executar o tutorial, clique no menu principal em **Processor Expert | Help | Tutorial**, e acompanhe as instruções passo-a-passo na página html que é aberta (veja figura 6).

## Como funciona

O botão envia comandos (interrupção externa) para a CPU através de um pino do microcontrolador e a CPU controla os LEDs vermelho e verde para apagarem e acenderem. Se o botão for pressionado, os dois LEDs irão apagar ou acender, sendo que um acende enquanto o outro apaga.

No início o LED verde estará aceso e o vermelho estará apagado (Veja figura 7).

## Requisitos mínimos para o projeto do hardware

No projeto criado pelo tutorial, os seguintes componentes são utilizados:

1. Microcontrolador MC68HC908AZ60, da família Motorola HC08
2. LED Vermelho – conectado ao pino de saída PTB0 do microcontrolador.
3. LED Verde – conectado ao pino de saída PTB1 do microcontrolador.
4. Botão - Button - conectado ao pino de entrada PTG0 do microcontrolador.

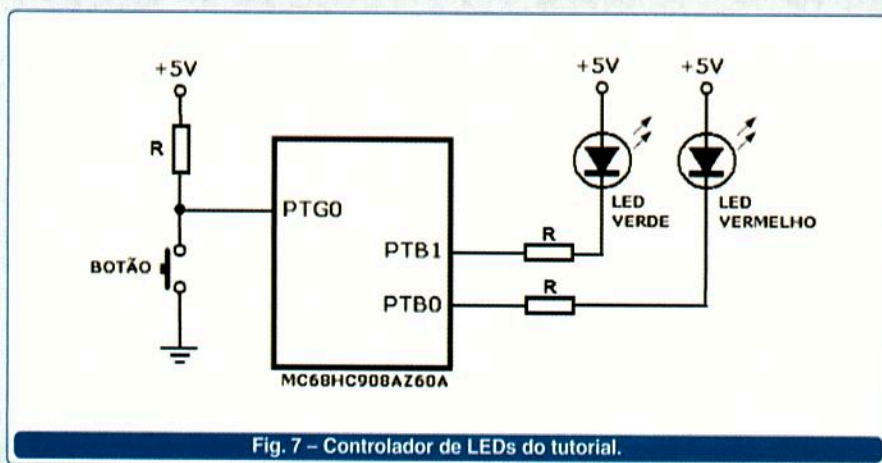


Fig. 7 – Controlador de LEDs do tutorial.

## Beans

Este simples projeto utiliza os seguintes beans:

1. MC68HC908AZ60 – bean da CPU (Microcontrolador Motorola HC08)
2. PinIO – bean de controle de 1 bit de uma porta de entrada/saída – saída para os LEDs. Os LEDs recebem 1 bit de dado que especifica se este deve acender ou apagar (valor 1 = apagado, valor 0 = aceso).
3. ExtInterrupt – bean de Interrupção externa – interrupção gerada pelo interruptor. Pressionando-se o botão, a interrupção externa é detectada, o que então acende ou apaga os LEDs.

## Passo-a-passo

O tutorial segue os seguintes passos:

1. Criando um novo projeto (*Creating a New Project*)
2. Adicionando beans ao projeto (*Adding Beans to the Project*)
3. Geração de código (*Code Design*)
4. Adicionando código do usuário (*On-Event Code*)

## Abrindo o projeto do tutorial

Você pode iniciar o aprendizado Processor Expert™ abrindo um dos exemplos disponíveis, inclusive o projeto criado no tutorial. Os exemplos estão armazenados no diretório de instalação do CodeWarrior, como este: `C:\Arquivos de Programas\Metrowerks\CodeWarrior CW08_V2.1\bin\plugins\support\ProcessorExpert\Projects`.

Para abrir o exemplo do tutorial, selecione o comando no menu principal do CodeWarrior: **File | Open ...** ou use o ícone **Open** na barra de ferramentas. Selecione o projeto "LED.mcp" no diretório de projetos (veja acima o caminho do diretório). O Processor Expert™ iniciará abrindo o projeto do tutorial.

## Geração automática do código

Após abrir o projeto, você precisará comandar o Processor Expert™ para gerar o código do projeto e obter





## Expansão de Hardware no PC

Foto VCD

## Super Guia

## Assistindo Vídeo no PC

## Upgrade de Memória RAM

e muito mais

NAS BANCAS  
 NAS BANCAS  
 NAS BANCAS  
 NAS BANCAS

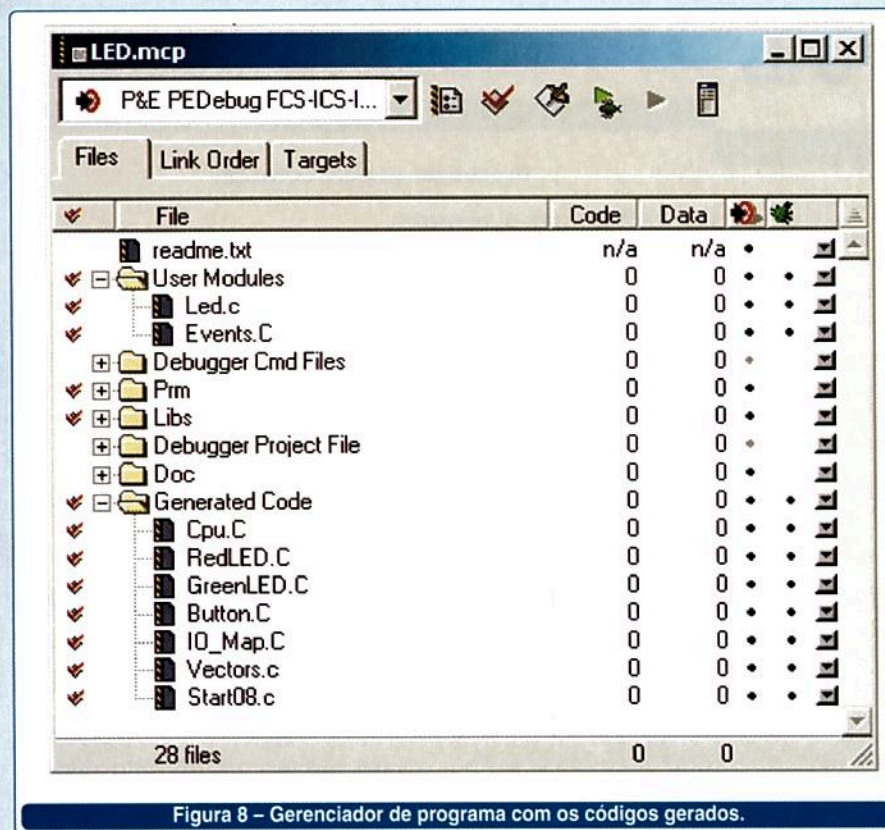


Figura 8 – Gerenciador de programa com os códigos gerados.

todos os arquivos-fonte. Selecione o comando no menu principal do CodeWarrior: Processor Expert I Code design 'LED.mcp'. Após o processo de geração do código, os módulos de software contendo os arquivos-fonte dos beans escolhidos serão inseridos na pasta **Generated Code**, na janela do gerenciador de programa do CodeWarrior. Os módulos de software contendo os arquivos-fonte dos eventos e do programa principal (*main*) serão inseridos na pasta **User Modules** do gerenciador de programa (veja figura 8). Você poderá então ver no editor os códigos-fonte gerados, com um *double-click* no botão esquerdo do mouse no módulo selecionado na janela do gerenciador de programa.

### CONCLUSÃO

Como já foi mencionado no início deste artigo, o Processor Expert™ permite que o projetista crie rapidamente seu projeto de software para microcontroladores Motorola HC08, sem deixar de lado a integração

com o projeto do hardware. Mesmo o projetista iniciante, que deseje aprender rapidamente a programar os microcontroladores HC08, poderá se utilizar desta ferramenta e criar seus projetos mesmo que tenha poucos conhecimentos da arquitetura do microcontrolador.

O projetista mais experiente irá verificar que a velocidade da criação do código é aumentada consideravelmente, tornando esta ferramenta praticamente indispensável para a criação de programa para microcontroladores Motorola em um curto espaço de tempo.

Na próxima edição encerraremos esta série, com um artigo sobre o protocolo de comunicação LIN – Local Interconnected Network, um protocolo de comunicação automotivo que está levando a rede de comunicação veicular até os menores interruptores, lâmpadas e motores elétricos encontrados em automóveis. Conheceremos também os produtos de software e hardware disponíveis pela Motorola para este protocolo.

Até breve!



Standard Products

Wireless

Networking

Automotive

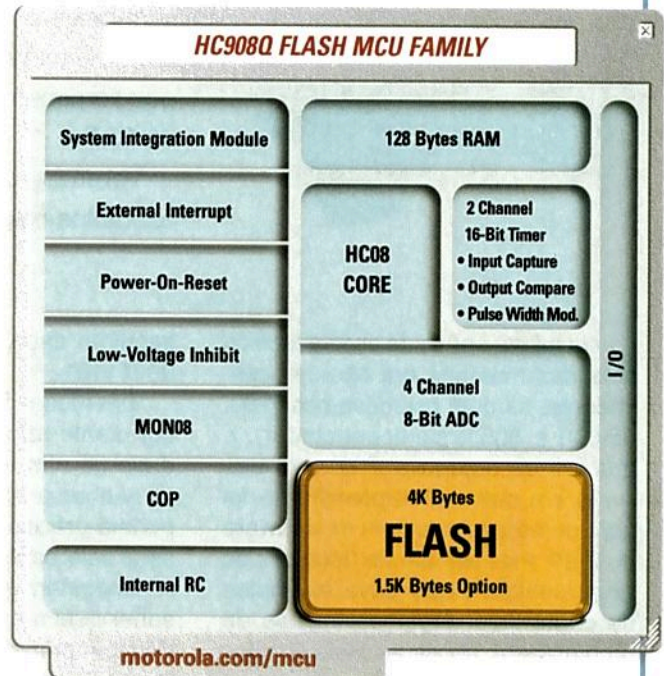
# NOVO MICROCONTROLADOR DE BAIXO CUSTO, 8 PINOS FLASH

**Eficiente. Programável. Acessível.** Nossa nova família HC908Q FLASH de microcontroladores de 8 bits inclui 6 novos integrantes, disponíveis agora em alto volume e com preços competitivos em relação aos micros de 8 bits que não possuem memória Flash. Disponíveis em encapsulamentos de 8 e 16 pinos,

com um conjunto completo de opções de periféricos, e ainda conta com uma série de novos produtos em desenvolvimento. Com a



Kit de Desenvolvimento



tecnologia Flash da Motorola, é mais fácil programar e também reprogramar os micros em campo. Assim, os produtos podem ser atualizados, aumentando a sua vida útil. O Kit de desenvolvimento da família HC908Q FLASH está disponível nos distribuidores autorizados Motorola, a um preço muito atraente. Compre o seu agora mesmo.

Distribuidores autorizados: [www.mot-sps.com/support/sales](http://www.mot-sps.com/support/sales)

## CARACTERÍSTICAS DO HC908Q FLASH

- 1.5K-4K de memória Flash 2ª geração (0,5µ)
- 128 bytes de RAM
- Até 4 canais de conversores analógicos-digitais de 8 bits
- 2 canais de timers de 16 bits com captura de entrada, comparação de saída ou PWM
- Oscilador interno ajustável (precisão +/-5%)
- Disponível em encapsulamento de 8 pinos (DIP/SOIC) ou 16 pinos (DIP/SOIC/TSSOP)



# SOLUÇÕES EM CLPs

Parte 1

Abordaremos, neste artigo, alguns conceitos básicos de programação de CLPs, enfatizando a técnica de programação em sistemas de monitoramento e controle, que serve como base sólida para que comecemos a nos aprofundar em programação de CLPs.



Juliano Matias

Veremos o tratamento de sinais digitais e analógicos, e alguns exemplos mais comuns em programação de CLPs.

Na minha época de escola técnica uma das matérias era Microprocessadores, na qual estudávamos Z-80, 68.000 e 8051(microcontrolador), e quando eu estudava Z-80, um dos livros em que mais aprendi não foi nem de hardware e nem de software do Z-80, mas sim um de "técnicas de programação", que dava exemplos de como fazer algumas lógicas de programação desde as mais simples até as mais sofisticadas.

A nossa idéia é realizar a mesma abordagem neste artigo e em outros que deverão vir, que é a resolução de pequenos trechos de programa que são normalmente utilizados em âmbito industrial.

Todos os exemplos foram programados tendo como base a norma de programação de CLPs -IEC-61151-3-na linguagem de programação FBD (*Function Blocks Diagram*), também conhecida como linguagem de blocos.

## TESTAR BIT EM UMA WORD OU BYTE

**Função:** Verificar o estado lógico de um bit em uma Word ou em um Byte.

**Teoria:** Para identificarmos se um bit está ligado ou desligado em uma seqüência de bits, utilizamos para isso lógica binária seguida de uma comparação.

Tomemos como exemplo uma variável do tipo Word que contenha o

seguinte dado: WORD#2#0110101101100011101.

Em tudo o que formos fazer daqui por diante teremos que tomar o cuidado de não alterarmos o conteúdo de nenhuma variável, pois o programa poderá precisar dela mais tarde, com seus valores inalterados.

Imaginem que o programa precise saber qual o estado do 12º bit dessa Word. A primeira ação que devemos tomar é isolar o 12º bit do restante da Word, para isso faremos uma operação lógica AND da variável com a constante WORD#2#0001000000000000, com isso o resultado será WORD#2#0000000000000000 se o conteúdo do bit for zero, e WORD#2#0010000000000000 se o conteúdo do bit for 1, conforme **figura 1**. Explicando um pouco mais, vemos na figura que ao fazermos uma operação AND com uma das entradas em zero a saída será sempre zero, e ao fazermos com uma entrada sempre em 1 o resultado terá como resposta o valor da outra entrada (X). Por

isso, para "isolar" o bit em questão, fazemos a operação com os outros bits todos em zero, pois sabemos que a resposta dos outros bits será sempre zero.

A seguir faremos uma comparação do resultado da operação lógica com a constante WORD#2#0001000000000000, se o resultado for positivo a saída Booleana será TRUE, e se o resultado for negativo a saída Booleana terá como resultado FALSE.

Vemos na **figura 2** o circuito escrito em FBD (*Function Block Diagram*) da lógica em questão.

Para os CLPs que não possuem essa função em sua biblioteca de funções, poderemos criar uma função para separar todos os bits de uma Word ou de um Byte e já deixá-los disponíveis para futuras aplicações em seus projetos. A **figura 3** é um exemplo do interior de uma função para o teste de todos os bits de um *byte*, e na **figura 4** temos a função já encapsulada e pronta para ser utilizada em uma aplicação.

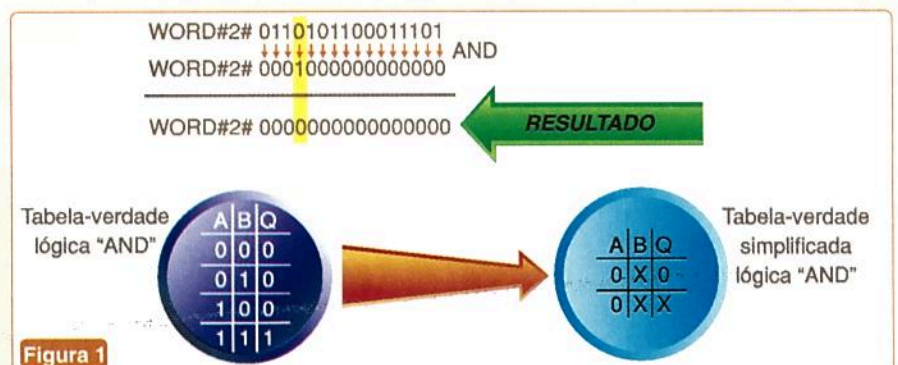






Figura 2

por exemplo, a palavra de *status* de um inversor de freqüência que tem em seus bits informações como: motor ligado/ desligado, sentido horário/ anti-horário, freio acionado/ desacionado, alarmes ON/ OFF, entre muitos outros...

**SETAR BIT EM UMA WORD**

**Função:** Forçar para o estado lógico TRUE um bit em uma Word ou em um Byte.

**Teoria:** Este conceito é bem simples, e mais uma vez precisaremos realizar uma operação lógica, mas desta vez com a função OR, conforme é visto na figura 5. Vemos que quando realizamos qualquer operação OR com uma das entradas em nível lógico "1" a saída será sempre "1", e quando realizamos a operação com uma das entradas em nível lógico "zero" a saída dependerá da outra entrada (X).

A figura 6-A exibe a maneira mais simples de implementação desta lógica, que é feita incondicionalmente; já na figura 6-B impomos uma condição para a realização da operação, que só será feita quando a variável TEMPERATURA\_ALTA for para o nível lógico "1".

A função mostrada neste último exemplo "SEL\_WORD" tem em sua saída o valor da entrada IN0 (se a entrada G estiver em nível lógico zero) ou o valor da entrada IN1 (se a entrada G estiver em nível lógico "1"), portanto quando a variável TEMPERATURA\_ALTA estiver em zero ele move para a saída a mesma variável que está na entrada, não alterando com isso o seu valor,

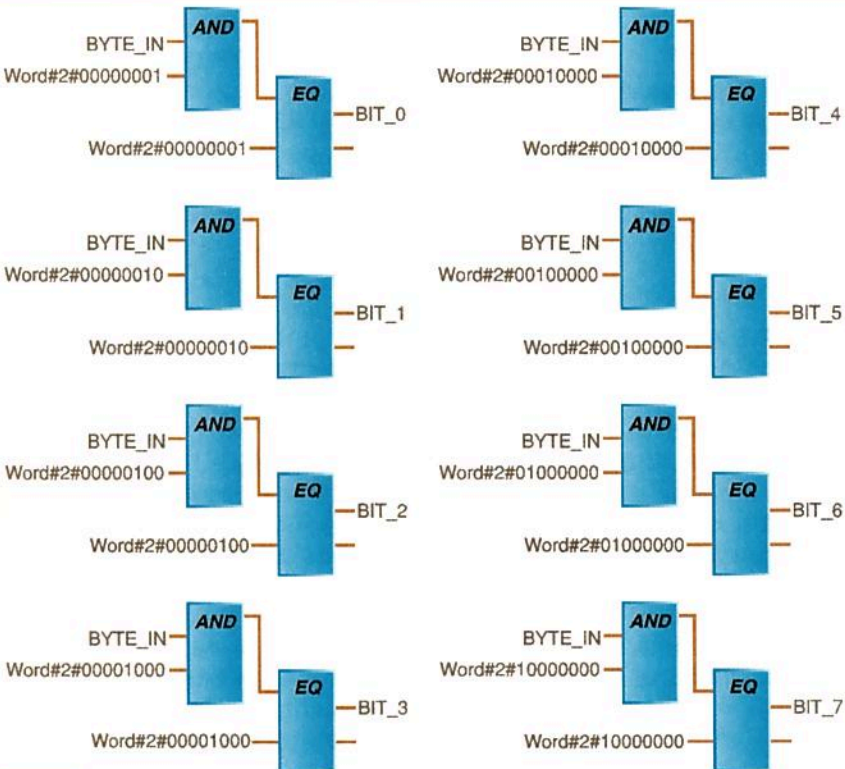


Figura 3

**Aplicação prática:** Podemos tomar como exemplo de uma aplicação bem comum a separação de bits vindos de um equipamento externo em que cada bit tem um significado,

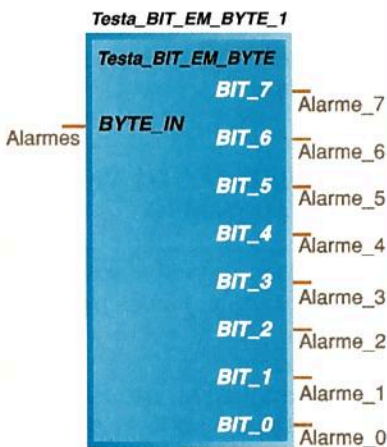


Figura 4

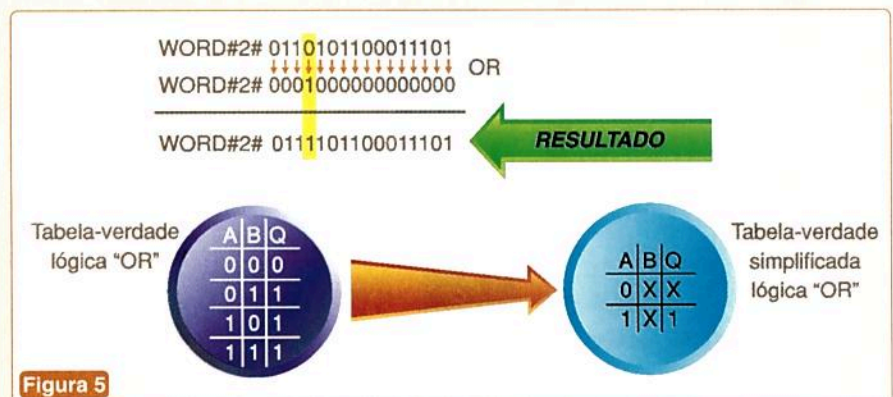


Figura 5



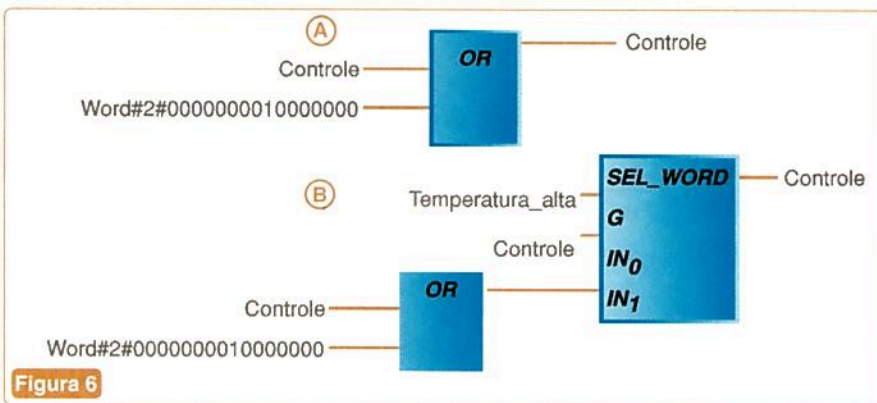


Figura 6

mas quando a entrada TEMPERATURA\_ALTA for para o nível lógico "1", a função move para a saída o resultado da operação lógica OR.

**Aplicação prática:** Imaginem que temos que enviar para um software supervisor o *status* de seus alarmes, uma das formas para isso é concentrar todos os alarmes que estão em forma de bits em uma variável do tipo Word e enviá-lo em uma simples Word ou Byte.

### RESETAR BIT EM UMA WORD

**Função:** Forçar para o estado lógico FALSE um bit em uma Word ou em um Byte.

**Teoria:** Utilizando uma operação AND com um bit em zero, forçamos seu bit correspondente também para zero, e com isso conseguimos *resetar* o bit desejado.

Na figura 7-A vemos como no exemplo anterior, a forma incondicional de se desligar um bit em uma Word. Na figura 7-B, temos a forma condicional, e conforme o

exemplo o bit da variável CONTROLE somente é desligado quando a variável TEMPERATURA\_ALTA for para o nível lógico "1".

**Aplicação prática:** o mesmo exemplo citado anteriormente.

### SETAR E RESETAR UM BIT EM UMA WORD

Vamos juntar os dois conceitos anteriores em um único programa, pois na verdade eles não andam separados, isto é, sempre que ligarmos algum bit, uma hora ou outra teremos que desligá-lo.

Para esse propósito a idéia é fazer uma Função, onde o seu conteúdo pode ser visto na figura 8. Essa função tem o intuito de ligar (ou desligar) um bit de um *byte*, cada lógica dos bits consiste em desligar determinado bit quando a entrada está desligada e ligar o bit do *byte* quando a entrada estiver ligada.

Na figura 9 temos a função já encapsulada e com um exemplo de uso bem comum, que é a identificação

de alarmes em um *byte* para ser exportado para um sistema supervisor ou até mesmo para uma IHM.

### FLIP-FLOP TIPO T

Esta aplicação é freqüente e serve como base para compreendermos melhor como funciona um ciclo de um CLP.

Para entendermos como opera, vamos ver como trabalha uma função chamada R\_TRIG e outra chamada de SR\_1.

**R\_TRIG:** esta função detecta a borda de subida de um sinal e tem como saída um pulso que tem como duração um ciclo de varredura de um CLP, conforme mostra a figura 10.

**SR\_1:** esta funciona basicamente como um Flip-Flop RS, onde temos duas entrada a entrada SET1 e a entrada RESET, e uma saída Q1. Ao darmos um pulso na entrada SET1 a saída da função é ligada, e um outro pulso na entrada RESET faz com que a saída seja desligada.

**Funcionamento do circuito:** Ao darmos um pulso no Push-Button (figura 11), a saída da função R\_TRIG gerará um pulso, e este tem a finalidade de ligar a saída (variável LÂMPADA) caso ela esteja desligada, ou desligá-la caso esta esteja previamente ligada, esta lógica é realizada pelas duas portas AND do circuito.

**Aplicação:** Uma aplicação bem simples seria a descrita no exemplo, isto é, acionarmos uma lâmpada ou qualquer outra variável com apenas uma entrada digital, neste caso um Push-Button.

### NORMALIZAÇÃO DE SINAIS DE CAMPO

Até agora tratamos somente de variáveis digitais, vamos agora discutir um pouco sobre variáveis analógicas.

A normalização de um sinal é a conversão do dado vindo de um cartão de entrada analógica de um CLP em um dado compatível com a variável do campo.

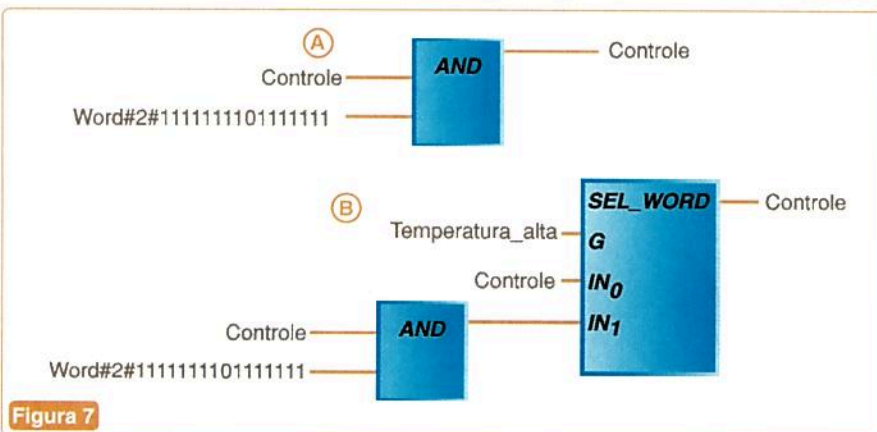


Figura 7



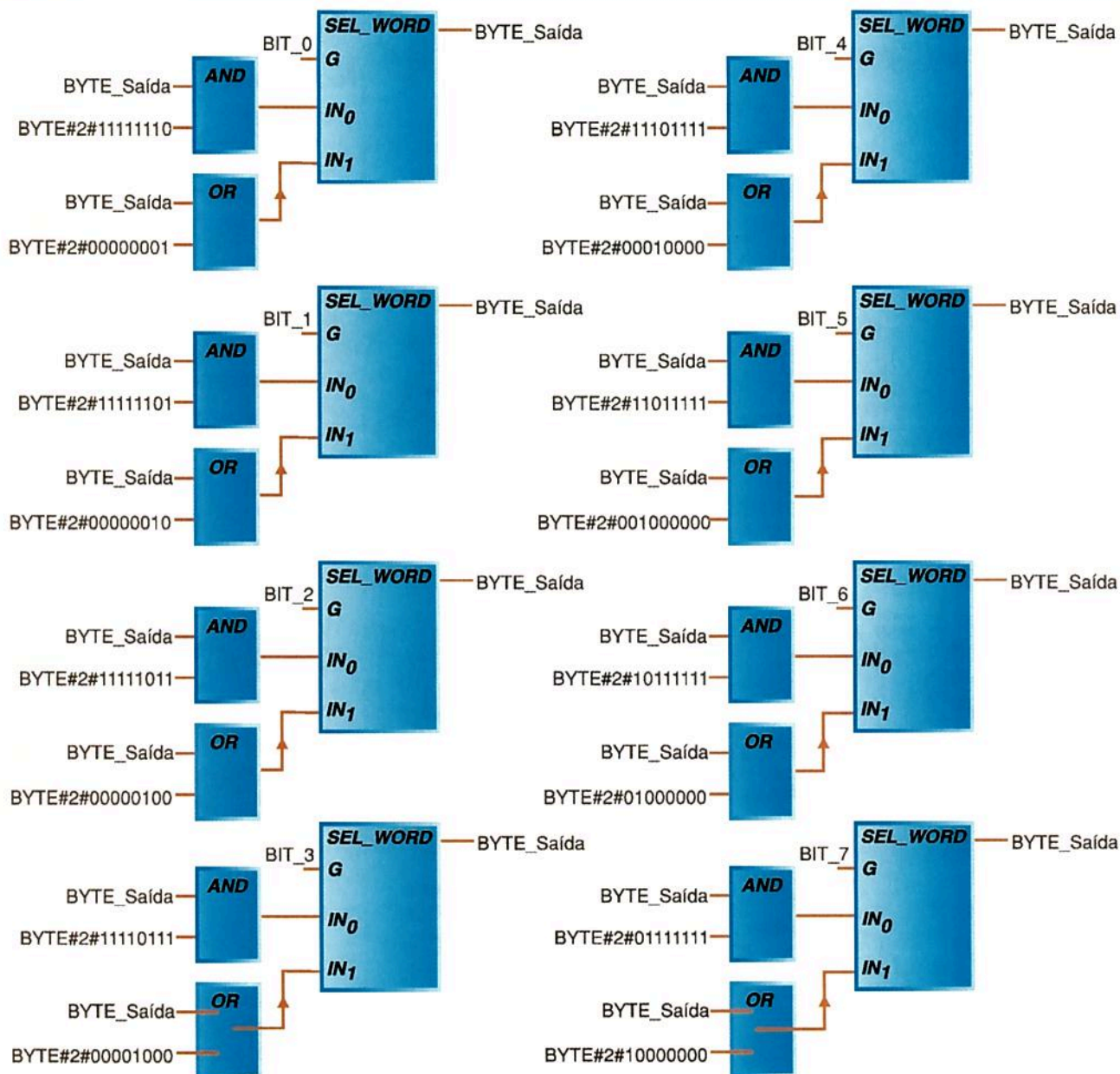


Figura 8



Figura 9

O sinal que o cartão envia para o CLP depende da resolução do cartão analógico, normalmente estes cartões possuem resolução de 12 bits ou 16 bits (com ou sem sinal), essa resolução significa que um sinal do campo é traduzida em bits, e dependendo da resolução do cartão temos um valor máximo que é dado, por exemplo, 12 bits equivale a  $2^{12}$ , isto é, 4096 posições. Conforme ilustra a figura 12.

Esta conversão é bem simples, nada mais é do que uma equação de 1º grau, figura 13-A:



$$\text{VALOR\_NORMALIZADO} = \frac{\text{VARIÁVEL\_CAMPO} \times \text{FATOR (A)}}{\text{DIVISOR (B)}} + \text{OFFSET (C)}$$

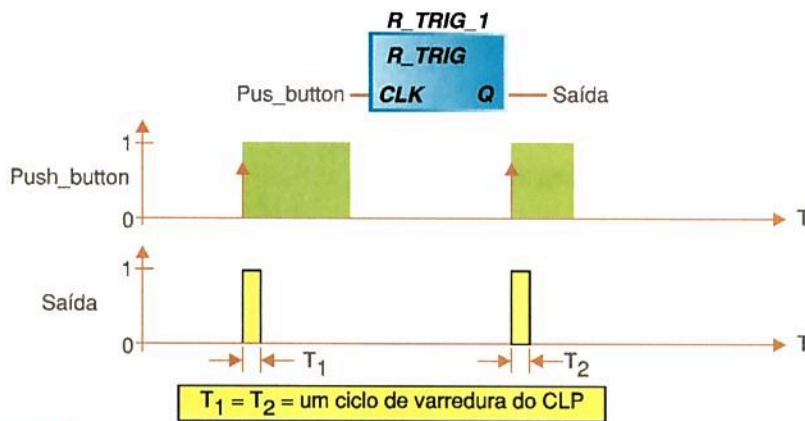


Figura 10

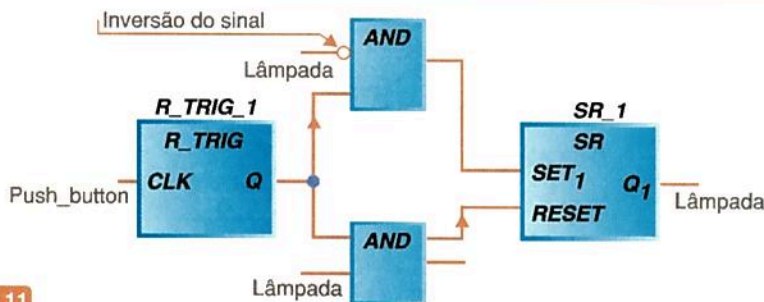


Figura 11

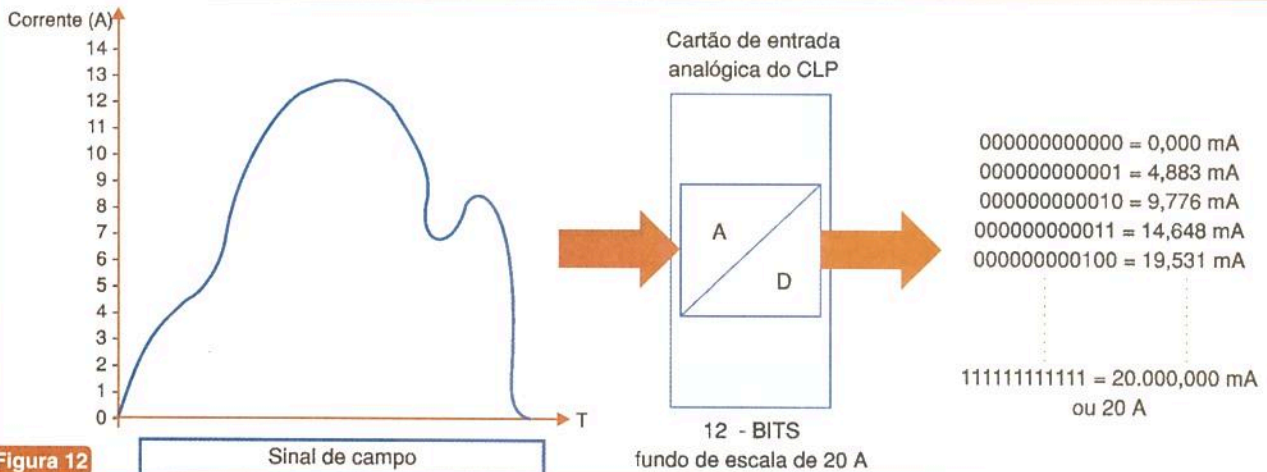


Figura 12

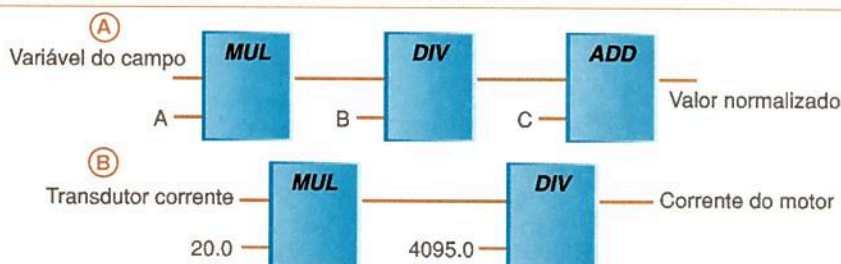


Figura 13

E conforme nosso exemplo da figura 13-B:

$$\text{CORRENTE} = \frac{\text{TRANSDUTOR} \times 20.0}{4095.0 (\text{fundo\_de\_escala})} + 0$$

Esse exemplo é utilizado sempre quando necessitamos tratar de variáveis analógicas em um programa.

### CONCLUSÃO

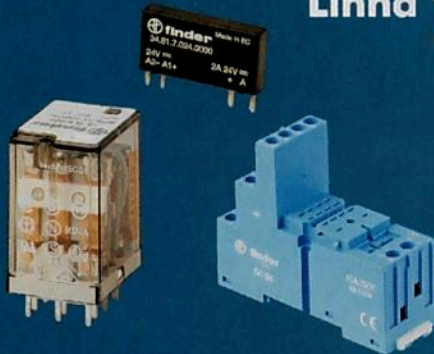
Vimos neste artigo algumas das técnicas mais utilizadas de programação de um CLP. Tratamos sinais digitais e analógicos de uma forma simples, entretanto, serve como base para que possamos progredir nas próximas edições de "Dicas e Programação com CLP".

Até mais!

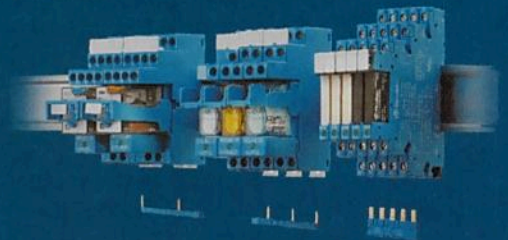


**Não temos somente os produtos.  
Temos também as soluções.**

### **Linha Vermelha - Automação Industrial**



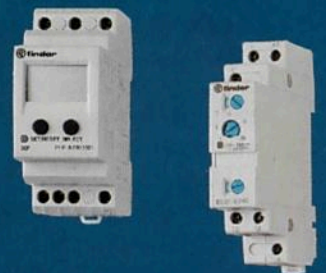
Relés para P.C.I.  
Relés Industriais  
Relés de Potência  
Interfaces para PLC  
Bases e Acessórios



### **Linha Verde - Timers**



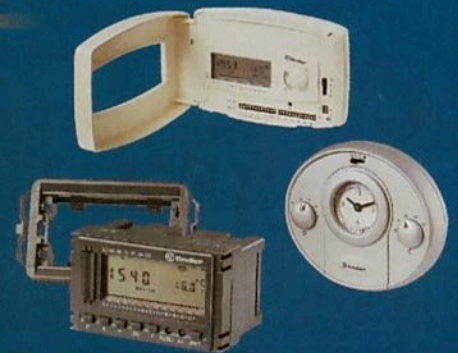
Temporizadores  
Módulos  
Supervisão de tensão,  
corrente e termistores



### **Linha Amarela - Automação Residencial**



Relés de Impulso  
Relés Fotoelétricos  
Programadores Horários  
Minuterias  
Termostatos  
Cronotermostatos



Tel. 11 4227-1550  
Fax 11 4227-4313  
Finder.BR@findernet.com  
Catálogo on-line com  
arquivos para Auto CAD  
**www.findernet.com**



**finder**<sup>®</sup>

Fabricante de relés e temporizadores desde 1954.

Tecnologia europeia com quase 50 anos de tradição e uma linha de produtos que traz as soluções que sua empresa ou residência precisa. Inovar com qualidade é mais do que o nosso objetivo. **É o nosso compromisso.**



# ESPECIFICANDO RELÉS CORRETAMENTE

UM ARTIGO INÉDITO SOBRE: PROTEÇÃO DE CONTATOS, APLICAÇÕES, CUIDADOS, DIMENSIONAMENTO, E PRINCIPAIS ARQUITETURAS DE RELÉS E CHAVES ESTÁTICAS.

Gilberto Abrão Jana Filho

O relé é um dos componentes eletromecânicos mais utilizados em circuitos eletrônicos e na automação industrial, entre outras aplicações. Os relés já tiveram muito mais aplicações no passado, quando eram usados para executar lógicas de intertravamento. Com a microeletrônica e o CLP, a aplicação dos relés ficou mais restrita, mas dificilmente eles serão totalmente substituídos por componentes eletrônicos.

É muito comum que a especificação do relé seja feita sem considerar todos os aspectos de sua aplicação, ficando para ele - injustificadamente - toda a culpa pelo mau funcionamento do circuito ou equipamento. Neste artigo, mostraremos o caminho para que você especifique corretamente o relé para a sua aplicação.

## UM POUCO DO FUNCIONAMENTO E CARACTERÍSTICAS DO RELÉ

O relé é um eletroímã com um contato móvel ligado à armadura (veja **figura 1**). Seus componentes básicos são bobina, armadura, mola, núcleo magnético, contatos móveis e fixos - estes são chamados de normalmente abertos (NA) ou normalmente fechados (NF). O funcionamento do relé é bem simples: basta aplicar uma tensão na bobina que esta formará um campo magnético que fará com que o entreferro existente entre o núcleo e a armadura se feche e, conseqüentemente, o contato móvel saia

da posição NF e vá para a posição NA. Quando a bobina é desenergizada, o contato móvel retorna para a posição NF pela força da mola.

Uma das características do relé é que ele pode ser energizado com correntes muito pequenas em relação à corrente que o circuito controlado exige para funcionar. Isso significa a possibilidade de controlarmos circuitos de altas correntes (como motores, lâmpadas e máquinas industriais) diretamente a partir de dispositivos eletrônicos fracos como transistores, circuitos integrados, fotoresistores etc.

Outra característica importante dos relés é a segurança dada pelo isolamento do circuito de controle em relação ao circuito que está sendo controlado. Não existe contato elétrico entre o circuito da bobina e os circuitos dos contatos do relé, o que

significa que não há passagem de qualquer corrente do circuito que ativa o relé para o circuito que ele controla. Se, por exemplo, o circuito controlado for de alta tensão, esse isolamento poderá ser importante em termos de segurança.

## OS TIPOS DE RELÉS E SUAS APLICAÇÕES

Há diversos tipos de relés. Eis os mais comuns:

### Classificação de acordo com o tipo de bobina:

**Relés monoestáveis** - Este é o tipo mais singelo de relé e seu funcionamento é exatamente como o descrito acima: quando a bobina é energizada, o contato NA fecha, e

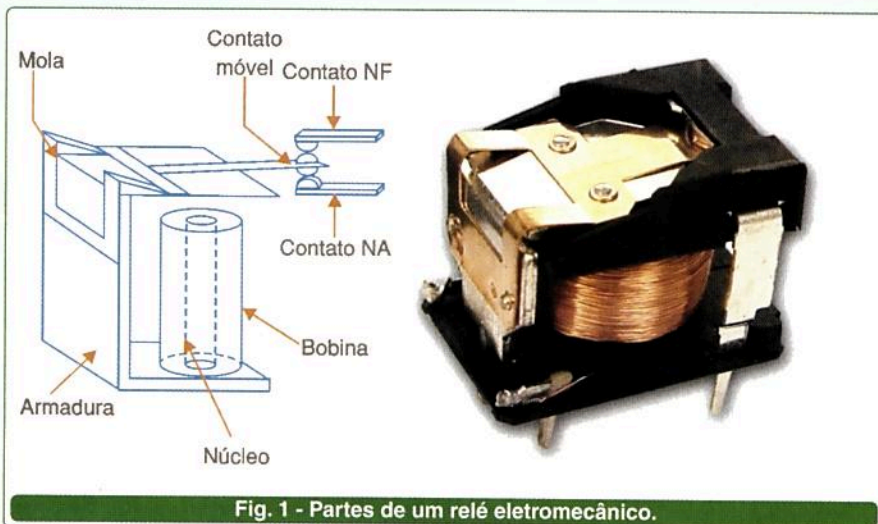


Fig. 1 - Partes de um relé eletromecânico.



quando é desenergizada o contato NA abre.

**Relés biestáveis ou de remanência** - Este tipo de relé tem um núcleo que, quando submetido ao campo magnético gerado pela bobina, fica magnetizado mesmo sem a bobina energizada e mantém o contato NA fechado. Para desmagnetizar o núcleo e abrir o contato, é necessário aplicar um campo magnético inverso. Este tipo de relé pode ser encontrado com uma ou duas bobinas. Na versão com uma bobina, aplica-se um pulso de tensão para fechar o contato NA e um pulso de tensão com polaridade invertida para abrir o contato. Na versão com duas bobinas, aplica-se um pulso de tensão em uma bobina para fechar o contato NA e um pulso de tensão na outra bobina para abri-lo. Este tipo de relé é muito útil em circuitos nos quais se necessita de uma "memória" de um determinado evento mesmo com a energia do circuito desligada. Outra vantagem é que você precisa de apenas um pulso de tensão para que o relé mude de estado, o que gera grande economia de energia.

**Relés polarizados** - Este é um tipo de tecnologia de construção de relés que, além dos componentes descritos anteriormente, incorpora também um ímã permanente montado junto com o núcleo. Esta tecnologia permite que a energia necessária para o acionamento do relé seja menor. A vantagem é quando se utilizam muitos relés numa mesma placa, pois a fonte de alimentação poderá ser reduzida. Existem relés polarizados monoestáveis e biestáveis.

**Classificação de acordo com o tipo de contato:**

**Relés de potência** - São aqueles que podem acionar cargas de alta corrente. Pode-se encontrar no mercado relés que comutam cargas de até 50 A (veja figura 2). Os relés de potência têm tido seu tamanho reduzido a cada dia, bem como o seu custo. Você poderá encontrá-los nas mais diversas aplicações.

**Relés de sinal** - Tipo de relé que possui contatos adequados ao

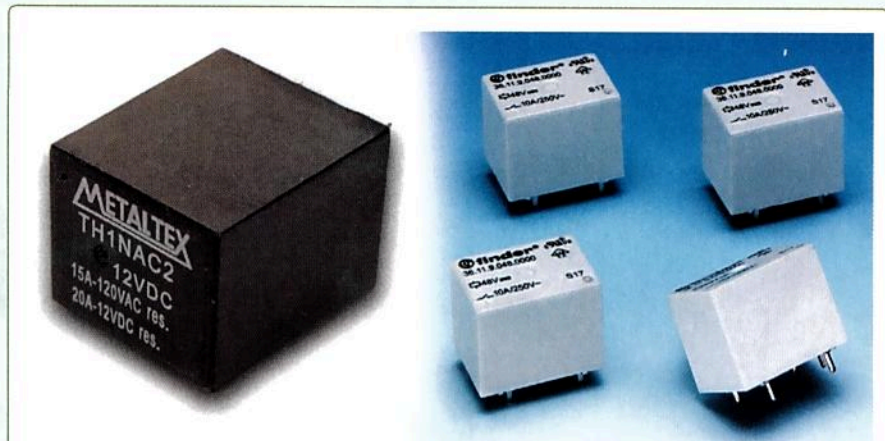


Fig. 2 - Relés miniatura de potência.

acionamento de baixíssimas tensões e/ou correntes. É possível acionar cargas a partir de 10 mV e/ou 1µA.

**Relés Reed** - Este tipo de relé tem uma construção diferente: possui somente uma bobina e, dentro dela, uma ou mais ampolas reed (veja figura 3). A ampola reed ("reed switch" em inglês) é um contato dentro de um encapsulamento de vidro preenchido com gás inerte. Quando um campo magnético é aplicado próximo à ampola, seu contato NA fecha. No relé reed, quando a bobina é energizada forma-se o campo magnético e o contato da ampola fecha.

As vantagens do relé reed são sua velocidade de comutação, que chega a ser da ordem de centenas de microssegundos, sua capacidade de comutar baixíssimas cargas e também acionar cargas de alta tensão. Os relés reed podem acionar cargas de até 15 kV ocupando espaço reduzido.

**Relés de segurança** - São relés específicos para uso em equipamentos para segurança humana - bimanuais e barreiras de segurança óptica para prensas, por exemplo.

Este tipo de relé possui contatos com ruptura positiva que não permitem que o contato fique acionado quando se dá o comando para ele abrir. Sua construção evita que isso ocorra caso o contato grude por sobrecorrente ou mesmo pela eventual quebra da lâmina do contato.

**Relés de estado sólido** - Estes relés não são eletromecânicos. Os relés de estado sólido são normalmente encontrados com saídas (que são correspondentes aos contatos) do tipo TRIAC (veja figura 4), SSR ou MOSFET (veja figura 5), e sua entrada (correspondente à bobina) possui acoplamento óptico com a saída.

A grande vantagem deste tipo de relé é que não há desgaste e sua velocidade de comutação é alta. Suas aplicações mais comuns são no acionamento de resistências no controle de temperatura ou no acionamento de cargas com elevado número de acionamentos por minuto. Nestes casos, o custo/benefício do uso deste tipo de relé é vantajoso comparado ao relé eletromecânico, de baixa vida útil.

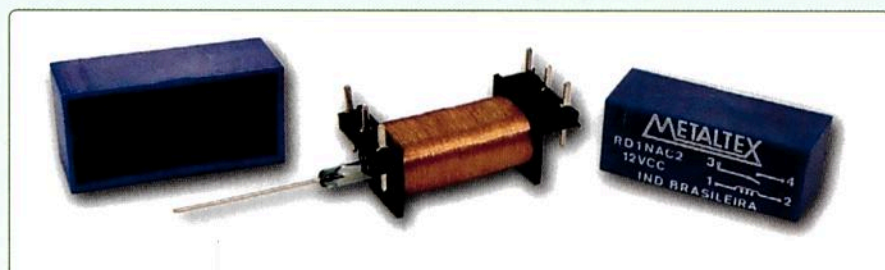


Fig. 3 - Forma construtiva do relé reed.



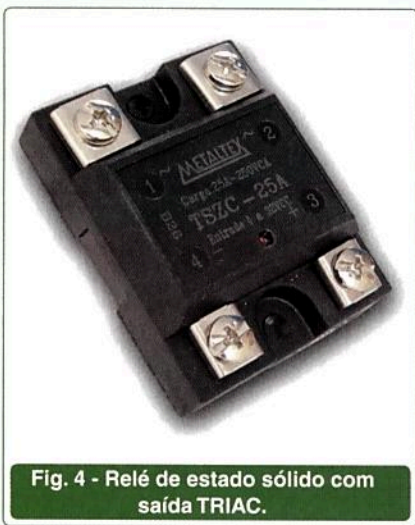


Fig. 4 - Relé de estado sólido com saída TRIAC.

**Relé para altas frequências** - Há relés específicos para comutar sinais de alta frequência. Encontram-se no mercado relés que comutam sinais de até 5 MHz com baixíssima perda de inserção e alta isolamento.

**ESPECIFICAÇÕES BÁSICAS DE UM RELÉ**

Como qualquer produto, o relé tem sua terminologia específica. Explicarei o significado das mais importantes, esclarecendo suas implicações na especificação correta do produto.

**Tensão nominal da bobina** - Esta é bem óbvia; refere-se à tensão a ser aplicada à bobina do relé, que pode ser CC ou CA. Decidir a tensão da bobina deve ser o primeiro passo na seleção do relé.

**Tensão de operação ou atraque** - É a tensão em que o contato NA fecha; geralmente um valor entre 70% e 85% da tensão nominal da bobina. Este é um ponto importante a ser observado no catálogo do produto escolhido, pois o fabricante garante que o relé, com certeza, operará quando for aplicada uma tensão igual ou superior àquele valor. Isto não quer dizer que em um determinado lote você não encontre relés que operem com tensões inferiores. O importante é garantir que seu circuito fornecerá uma tensão, no mínimo, igual para garantir que não haverá problemas quando fabricar o seu produto em escala. Procure porém projetar seu



Fig. 5 - Relé de estado sólido com saída MOSFET.

produto adequadamente, fornecendo ao relé a tensão mais próxima possível da nominal.

**Tensão de desoperação ou desatraque** - É a tensão em que o contato NA abre. Do mesmo modo que a tensão de operação, deve-se ficar atento a este ponto, pois muitos circuitos podem ter uma tensão residual e se ela for de um valor acima do valor da tensão de desoperação especificado no catálogo, o relé poderá não desacionar.

Vale lembrar, neste ponto, que o relé não liga e desliga na mesma tensão. Por exemplo, um relé de tensão nominal de bobina 12 VCC e especificações de tensão de operação de 9,6 VCC e desoperação de 1,2 VCC, poderá, por exemplo, operar com 9 VCC e desoperar com 5 VCC.

**Resistência da bobina e consumo da bobina** - Estes também são óbvios. Você deverá levá-los em consideração no cálculo do consumo do seu circuito e do tipo de componente que irá acionar o relé.

**Corrente de comutação máxima do contato** - Esta é a corrente máxima da carga que o contato poderá acionar e desacionar. Vale lembrar que muitas vezes o contato pode conduzir uma corrente maior que a de comutação; neste caso, denomina-se corrente de condução. Quando o catálogo do relé não especificar a corrente de condução, deverá adotar a corrente de comutação como máxima a circular pelo contato.

**Tensão máxima de comutação do contato** - É a tensão máxima em que o contato poderá comutar.

**Capacidade de comutação máxima do relé ou potência de comutação** - Muitos projetistas se preocupam com os dois itens acima e por vezes se esquecem deste, que é mais importante. Veja um exemplo de um relé com tensão máxima de comutação de 250 VCA e corrente máxima de comutação de 10 A, que tenha capacidade de comutação máxima de 1.250 VA resistivos: caso a tensão na carga seja os 250 VCA, a corrente máxima que você poderá chavear será 5 A (1.250 VA dividido por 250 VCA) e não os 10 A. Este tipo de engano é muito comum.

Esta especificação também poderá vir na forma 5 A - 250 VCA no catálogo do produto. Outro cuidado a ser tomado com relação aos três últimos itens é que os fabricantes consideram a carga resistiva para a definição. Mencionaremos outros tipos de carga mais adiante.

**Tempos de operação e desoperação** - O tempo de operação é aquele entre a energização da bobina e o efetivo acionamento do contato, e o tempo de desoperação é o decorrido entre a desenergização da bobina e a efetiva abertura do contato. Em muitas aplicações este é um item importante: os relés utilizados para sinalização de alarmes em subestações de energia elétrica, por exemplo, necessitam de um tempo de operação inferior a 1 ms, pois no caso de alarme o seqüenciador de eventos da subestação deve distinguir os alarmes com diferenças de 1 ms.

**Arranjo dos contatos** - Este também deve ser um dos primeiros







ISR-40-2137/83  
A.C. BELENZINHO  
DR/S O PAULO

**CARTA RESPOSTA**  
NÃO É NECESSÁRIO SELAR

O SELO SERÁ PAGO POR:  
**Saber Marketing Direto Ltda.**

03014-000 - S O PAULO - SP



--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

END: \_\_\_\_\_

REM: \_\_\_\_\_

cole

Com este cartão consulta você entra em contato com qualquer anunciante desta revista. Basta anotar no cartão os números referentes aos produtos que lhe interessam e indicar com um "X" o tipo de atendimento.

ISR-40-2063/83  
A.C. BELENZINHO  
DR/S O PAULO

**CARTÃO RESPOSTA**  
NÃO É NECESSÁRIO SELAR

O SELO SERÁ PAGO POR:  
**Editora Saber Ltda.**



03014-000 - São Paulo - SP



# LITERATURA TÉCNICA

## AUTOMAÇÃO APLICADA

Autor: Marcelo Georgini - 240 pág.

R\$ 44,00

Este livro apresenta a Norma IEC 60848 (Descrição de Sistemas Automatizados por meio de SFC) e os conceitos necessários para implementação de sistemas automatizados com PLCs (hardware e software). São abordadas as instruções básicas e avançadas da linguagem Ladder, destacando a programação por estágios. Estes conceitos são acompanhados de exemplos de aplicação para facilitar o entendimento.



## AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

Autor: Ferdinando Natale - 256 pág.

R\$ 46,00

O assunto foi desenvolvido desde as primeiras noções dos computadores e suas aplicações, até a utilização mais elevada do Controlador Lógico Programável (CLP) com variáveis analógicas e demais aplicações. Cada capítulo apresenta teoria, exercícios resolvidos com experimentos testados e exercícios propostos, seguindo uma linguagem comum a todos os fabricantes de CLPs pela norma IEC 1131-3.



## MICROCONTROLADOR 8051 - DETALHADO

Autor: Denys Emílio Campion Nicolosi - 256 pág.

R\$ 46,00

A proposta deste livro é ensinar sobre os microcontroladores da família 8051, com extenso material didático teórico para o estudante melhorar sua competência até poder projetar hardware e software com boa desenvoltura.

Ele contém: revisão geral detalhada de lógica e aritmética binária; circuitos lógicos e memórias; teoria específica e detalhada do microcontrolador; listas completas das instruções; exercícios propostos; diagramas de programação; extensa bibliografia e índice remissivo.



R\$ 58,00

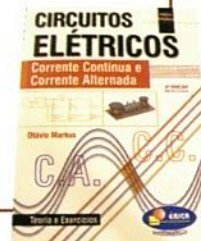
## CIRCUITOS ELÉTRICOS

Autor: Otávio Markus - 304 pág.

Este livro envolve os principais conceitos de eletricidade e métodos de análise de circuitos elétricos passivos, isto é, implementados a partir de resistores, indutores e capacitores, e operando em C.C. e C.A.

Os capítulos são estruturados de forma que os seus tópicos e exercícios propostos comentados facilitem o planejamento do processo ensino-aprendizagem.

Foi elaborado para atender a diversos cursos de engenharia e técnicos da área elétrica que adotam um plano de ensino estruturado.



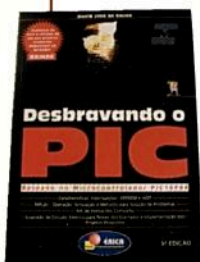
## DESBRAVANDO O PIC

Baseado no microcontrolador PIC16F84

Autor: David José de Souza - 199 pág.

R\$ 41,00

Um livro dedicado às pessoas que desejam conhecer e programar o PIC. Aborda desde os conceitos teóricos do componente, passando pela ferramenta de trabalho (MPASM). Desta forma o MPLab é estudado, com um capítulo dedicado à Simulação e Debugação. Quanto ao PIC, todos os seus recursos são tratados, incluindo as interrupções, os timers, a EEPROM e o modo SLEEP. Outro ponto forte da obra é a estruturação do texto que foi elaborada para utilização em treinamento ou por autodidatas, com exemplos completos e projetos propostos.



R\$ 47,00

## AUTOMAÇÃO E CONTROLE DISCRETO

Autores: Winderson E. Santos e Paulo R. da Silveira - 256 pág.

Uma obra destinada a técnicos e engenheiros já atuantes ou em fase de estudo de sistemas automatizados. São apresentadas técnicas para resolução de problemas de automatização envolvendo sistemas de eventos discretos como o controlador lógico programável, a modelagem de sistemas seqüenciais por meio de Grafset e técnicas de programação oriundas da experiência dos autores.



PEDIDOS

**SABER.MARKETING.DIRETO**

Disque e Compre (11) 6195-5330, no site [www.sabermarketing.com.br](http://www.sabermarketing.com.br) ou verifique as instruções na solicitação de compra da última página.

REMETEMOS PELO CORREIO  
PARA TODO O BRASIL

Preços válidos até 05/03/2003



# O SHOPPING DA INSTRUMENTAÇÃO

## PROVADOR DE CINESCÓPIO PRC-20-P



É utilizado para medir a emissão e reativar cinescópios, galvanômetro de dupla ação. Tem uma escala de 30 KV para se medir AT. Acompanha ponta de prova + 4 placas (12 soquetes).  
PRC 20 P ..... R\$ 448,00

## PROVADOR RECUPERADOR DE CINESCÓPIO - PRC40

Permite verificar a emissão de cada canhão do cinescópio em prova e reativá-lo, possui galvanômetro com precisão de 1% e mede MAT até 30 kV. Acompanha ponta de prova + 4 placas (12 soquetes). ..... R\$ 451,00



## GERADOR DE BARRAS GB-51-M



Gera padrões: quadriculas, pontos, escala de cinza, branco, vermelho, verde, croma com 8 barras, PAL M, NTSC puros c/ cristal. Saídas para RF, Vídeo, sincronismo e FI. .... R\$ 380,00

## CAPACÍMETRO DIGITAL CD44

Instrumento preciso e prático, nas escalas de 200 pF, 2 nF, 20 nF, 200 nF, 2 µF, 20 µF, 200 µF, 2000 µF, 20 mF.... R\$ 415,00



## GERADOR DE FUNÇÕES 2 MHz - GF39



Ótima estabilidade e precisão, p/ gerar formas de onda: senoidal, quadrada, triangular, faixas de 0,2 Hz a 2 MHz. Saídas VCF, TTL/MOS, aten. 20 dB.  
GF39 ..... R\$ 519,00  
GF39D - Digital ..... R\$ 682,00

## GERADOR DE RÁDIO FREQUÊNCIA - 120 MHz - GRF30

Sete escalas de frequências: A-100 a 250 kHz, B-250 a 650 kHz, C- 650 a 1700 kHz, D-1, 7 a 4 MHz, E- 4 a 10 MHz, F- 10 a 30 MHz, G- 85 a 120 MHz, modulação interna e externa. .... R\$ 519,00



## FREQUENCÍMETRO DIGITAL



Instrumento de medição com excelente estabilidade e precisão.  
FD32 - 1 Hz / 1,2 GHz ..... R\$ 635,00

## TESTE DE TRANSISTORES DIODO - TD29



Mede transistores, FETs, TRIACs, SCRs, identifica elementos e polarização dos componentes no circuito. Mede diodos (aberto ou em curto) no circuito.  
....ESGOTADO

## TESTE DE FLY BACKS E ELETROLÍTICO - VPP - TEF41

Mede FLYBACK/YOKE estático quando se tem acesso ao enrolamento. Mede FLYBACK encapsulado através de uma ponta MAT. Mede capacitores eletrolíticos no circuito e VPP ..... R\$ 399,00



## PESQUISADOR DE SOM PS 25P



É o mais útil instrumento para pesquisa de defeitos em circuitos de som. Capta o som que pode ser de um amplificador, rádio AM - 455 KHz, FM - 10,7 MHz, TV/Videocassete - 4,5 MHz  
..... R\$ 393,00

## MULTÍMETRO DIGITAL MD42

Tensão c.c. 1000 V - precisão 1%, tensão c.a. - 750 V, resistores 20 MΩ, corrente c.c./c.a. - 20 A ganho de transistores hfe, diodos. Ajuste de zero externo para medir com alta precisão valores abaixo de 20 Ω..... R\$ 360,00



## MULTÍMETRO CAPACÍMETRO DIGITAL MC 27



Tensão c.c. 1000 V - precisão 0,5 %, tensão c.a. 750 V, resistores 20 MΩ, corrente DC AC - 10 A, ganho de transistores, hfe, diodos. Mede capacitores nas escalas 2n, 20n, 200n, 2000n, 20 µF. .... R\$ 378,00

## GERADOR DE BARRAS GB-52

Gera padrões: círculo, pontos, quadriculas, círculo com quadriculas, linhas verticais, linhas horizontais, escala de cinzas, barra de cores, cores cortadas, vermelho, verde, azul, branco, fase, PALM/NTSC puros com cristal, saída de FI, saída de sincronismo, saída de RF canais 2 e 3. .... R\$ 598,00



## FONTE DE TENSÃO

Fonte variável de 0 a 30 V. Corrente máxima de saída 2 A. Proteção de curto, permite-se fazer leituras de tensão e corrente AS tensão: grosso fino AS corrente.  
FR35 - Digital ..... R\$ 378,00

SABER MARKETING DIRETO LTDA

LIGUE JÁ (11)6195-5330 - PREÇOS VÁLIDOS ATÉ 05/03/2003