Ano 48 • Nº 468 • Mar-Abr 2013
Europa € 3,90
Brasil R$14,90

www.sabereletronica.com.br

SABER ELETRÔNICA

http://twitter.com/editora_saber

Industrial

O uso do Raspberry Pi pelos profissionais de eletrônica



Este computador está causando muita expectativa, recebendo até o apoio de gigantes como Google e Sony

Profissionais de eletrônica embutida (*embedded*) já estão usando este confiável desenvolvimento de baixo custo

Semicondutores Industriais

Conhecê-los em detalhes é necessário devido às exigências de performance no ambiente fabril

Fibras ópticas de plástico

Alternativa importante para curtas distâncias

Instrumentos de RF

Entendendo as especificações - Parte 1

Microcontrolador PIC16F84

Projeto de Alarme Residencial

ISSN 0101-6717

Mais de **3 milhões** de componentes eletrônicos oferecidos.
MOUSER ELECTRONICS
br.mouser.com

br.mouser.com
Distribuimos semicondutores e componentes eletrônicos para Engenheiros de Aplicação e Desenvolvimento e Projetistas

Distribuidor autorizado

Acesso instantâneo.

Mais de 3 milhões de componentes eletrônicos oferecidos por mais de 450 fornecedores líderes reconhecidos da indústria.



Mouser é sua fonte autorizada para os mais novos semicondutores e componentes eletrônicos para os seus projetos mais inovadores.



br.mouser.com skype Assistência em Português

Os mais novos produtos para os projetos mais inovadores®

MOUSER ELECTRONICS
a tti company

Editora Saber Ltda.
Diretor
Hélio Fittipaldi

ELETRÔNICA
www.sabereletronica.com.br
twitter.com/editora_saber

Editor e Diretor Responsável
Hélio Fittipaldi
Conselho Editorial
João Antonio Zuffo
Redação
Rafaela Turiani
Revisão Técnica
Eutíquio Lopez
Designers
Carlos C. Tartaglioni,
Diego M. Gomes
Publicidade
Caroline Ferreira
Colaboradores
Alexandre Capelli,
Alfonso Pérez,
Daniel Netto,
Guilherme Kenju Yamamoto,
Gustavo Guirao Licinio Peixinho,
Renan Airosa M. de Azevedo

PARA ANUNCIAR: (11) 2095-5339
publicidade@editorasaber.com.br

Capa
Arquivo Editora Saber
Impressão
EGB Gráfica e Editora
Distribuição
Brasil: DINAP
Portugal: Logista Portugal tel.: 121-9267 800

ASSINATURAS
www.sabereletronica.com.br
fone: (11) 2095-5335 / fax: (11) 2098-3366
atendimento das 8:30 às 17:30h
Edições anteriores (mediante disponibilidade de estoque), solicite pelo site ou pelo tel. 2095-5330, ao preço da última edição em banca.

Saber Eletrônica é uma publicação bimestral da Editora Saber Ltda, ISSN 0101-6717. Redação, administração, publicidade e correspondência: Rua Jacinto José de Araújo, 315, Tatuapé, CEP 03087-020, São Paulo, SP, tel./fax (11) 2095-5333.

Associada da:

anatec
www.anatec.org.br
Associação Nacional das Editoras de Publicações Técnicas, Dirigidas e Especializadas

Editorial


Hélio Fittipaldi

Um circuito desenvolvido na Inglaterra por uma ONG está chamando a atenção de muitos profissionais de eletrônica do mundo inteiro, e por que isso?

Eletrônica e TI estão presentes ao mesmo tempo em quase tudo ultimamente, como extensão e dependência uma da outra. Completam-se, principalmente, na nova onda de desenvolvimentos que é a internet das coisas. Tanto o pessoal de TI quanto o de eletrônica precisam conhecer mais os dois campos para poderem trabalhar em conjunto neste futuro promissor.

Na área de desenvolvimento precisamos, muitas vezes, de soluções rápidas e, devido aos custos, o ideal são versões minimalistas de circuitos que executem as funções com segurança.

É neste momento que uma ideia pode ser executada utilizando-se um circuito que já está montado e em nossas mãos, bastando para isso uma pequena programação e alguma eletrônica em volta (como sensores, atuadores, etc.).

Procuramos incentivar a criatividade e a inovação, sempre com o intuito de apoiar os profissionais de eletrônica a evoluírem e a manterem sua empregabilidade. Por isso é que nesta edição em que completamos 49 anos (11/03/1.964), estamos tratando deste circuito: o Raspberry Pi.

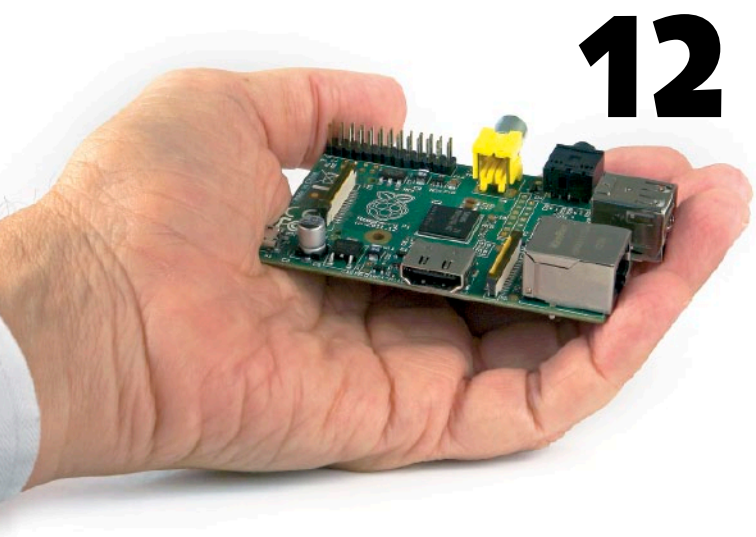
Caro leitor: no próximo dia 1º de abril esperamos você em nosso estande na FIEE 2013, no Anhembi, em São Paulo. Na ocasião estaremos distribuindo 25.000 exemplares da edição especial de abril. Passe lá para pegar a sua revista e conversar comigo.

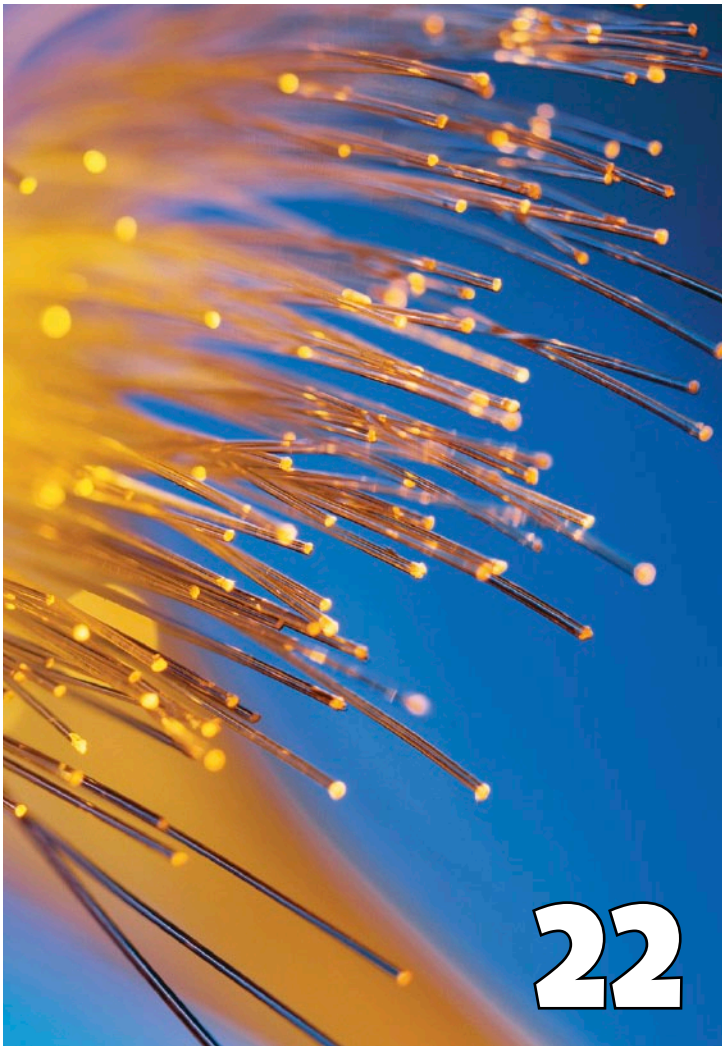
Submissões de Artigos
Artigos de nossos leitores, parceiros e especialistas do setor serão bem-vindos em nossa revista. Vamos analisar cada apresentação e determinar a sua aptidão para a publicação na Revista Saber Eletrônica. Iremos trabalhar com afinco em cada etapa do processo de submissão para assegurar um fluxo de trabalho flexível e a melhor apresentação dos artigos aceitos em versão impressa e online.

Atendimento ao Leitor: atendimento@sabereletronica.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 ideias 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.

índice





Tecnologias

12 O uso do Raspberry Pi pelos profissionais de eletrônica

18 Raspbian: O sistema operacional do Raspberry

Componentes

22 Fibras Ópticas de Plastico: Alternativa importante para curtas distâncias

26 Semicondutores Industriais

Instrumentação

38 Entendendo as Especificações do RF - Parte 1

Circuitos Práticos

42 Alarme Residencial com Microcontrolador PIC16F84

Projetos

46 Aprenda como Projetar um Sistema de Controle: Modelando um sistema - Parte 1

03 **Editorial**

06 **Acontece**

06 FIEE 2013 expõe Tecnologias Alternativas na Captação e Geração de Energia

08 Produtos de monitoramento embarcado da NI minimizam o tempo de inatividade, previnem falhas estruturais e analisam fadiga

08 Accel Telecom lança o primeiro smartphone independente para carro conectado

10 Rockwell Automation apresenta novas soluções para controle de movimento integrado em Ethernet/IP

10 Yokogawa lança versão aprimorada de recursos do STARDOMTM - Sistema de Controle baseado em Rede (NCS)

11 Altus lança Software HMI/SCADA

Índice de anunciantes

Renesas 05
Phoenix 07
Sick 09
Keystone 11
LeCroy 21
Globtek 23
Cika 25
Tato 35
Patola 35
Renesas 37
Novasaber 45
Mouser ..... 2ª Capa
FIEE ..... 3ª Capa
National ..... 4ª Capa

RENESAS RX RENESAS RL78

the Power of TWO

RENESAS & Micrium

Escolha uma MCU RX ou RL78 da Renesas. Receba o RTOS da Micrium, Middleware, Suporte e muito mais, DE GRAÇA!



The Power of Two

De 10-Set-2012
a 31-Mar-2013

VALOR:
$111,000*

GRÁTIS Micrium RTOS

- µC/OS-II™ — The Real-Time Kernel
- µC/OS-III™ — The Real-Time Kernel

GRÁTIS Micrium Middleware

- µC/CAN™ — CAN-Bus Module System
- µC/USB™ — Universal Serial Bus
- µC/Modbus™ — Embedded Modbus Stack
- µC/FS™ — Embedded File System
- µC/TCP-IP™ — Protocol Stack
- µC/Probe™ — Run-Time Monitoring

GRÁTIS Kits e Placas Renesas





GRÁTIS Micrium Suporte

The Power of Two
Micrium – Produtos na Promoção

Kernel	µC/OS-II	µC/OS-III
TCP/IP	µC/TCP-IP	
TCP/IP Extensões	µC/DHCPc µC/FTPcs µC/TFTPcs µC/HTTPs	µC/POP3c µC/SMTPc µC/TELNETs
USB-Device	µC/USB Device	
	PHDC HID MSC	CDC ACM
USB-Host	µC/USB Host	
	HID MSC CDC	ACM Printer classes
Sistema de Arquivos	µC/FS – FAT12/16/32	
CAN	µC/CAN	
CANOpen	µC/CANopen	
Modbus	µC/Modbus	
Visualização de Dados	Sim (µC/Probe) – grátis para 1 computador	
Valor Total dos Produtos Gratuitos	$111,000 USD*	

** Baseado no uso de todos os items disponíveis na promoção.*

The Power of Two – Renesas & Micrium

Renesas e Micrium juntam forças para trazer uma excitante oferta para usuários comerciais das MCUs RX e RL78 da Renesas.

Clientes do RX e do RL78 podem ter de graça:

- O Kernel multitarefa determinístico em tempo-real da Micrium – µC/OS-II ou µC/OS-III (licença única por produção)
- Middleware (TCP/IP, USB, Sistema de Arquivos e outros)
- Um ano de suporte e manutenção da Micrium

O novo projeto do cliente deve usar uma MCU Renesas RX ou RL78, em uma aplicação comercial.

Para informações mais recentes sobre a promoção The Power of Two:

am.renesas.com/micrium

Nosso Representante de Vendas

VLA SOLUTIONS

vla@vla.com.br

Nossos Distribuidores

AVNET Memec — Avnet: **011-5079-2150**

Arrow: **011-3613-9600**

FUTURE ELECTRONICS — Future Electronics: **019-3737-4100**

© 2013 Renesas Electronics America Inc. (REA). All rights reserved. All trademarks are the property of their respective owners

RENESAS

FIEE 2013 expõe Tecnologias Alternativas na Captação e Geração de Energia

Eventos simultâneos desta edição terão como temas a nanotecnologia e os transportes alternativos



A 27ª edição da FIEE (Feira Internacional da Indústria Elétrica, Eletrônica, Energia e Automação) vai abrigar eventos simultâneos para aprofundar o conhecimento dos profissionais dos setores econômicos representados na feira.

O objetivo é abrir possibilidades de maior participação no desenvolvimento de novas tecnologias de produtos e fabricação, alternativas de geração de energia, de transporte entre outros temas importantes para o desenvolvimento da indústria nacional.

A FIEE 2013 terá eventos simultâneos como o Espaço Senai de Nanotecnologia e o Espaço de Tecnologia Embarcada, além do Abinee TEC, principal fórum de debates do setor no País. A FIEE 2013 será realizada entre os dias 1° e 5 de abril de 2013, em São Paulo, no Anhembi, e é o maior evento da indústria eletroeletrônica da América Latina, sendo realizada e promovida pela Reed Exhibitions Alcantara Machado com o apoio oficial da Abinee.

Debates e Talk Shows na ABINEE TEC

Durante os cinco dias de realização da FIEE, a Abinee promoverá o Abinee TEC 2013, reunindo em seu fórum, palestras e *workshops* abordando temas estratégicos para o maior desenvolvimento e competitividade da indústria elétrica e eletrônica brasileira, com a participação de representantes das empresas do setor e especialistas, de Ministros de Estado, além de membros dos Governos Estaduais e Municipais, Empresários e Especialistas.

O Abinee TEC reflete importantes temas para uma maior competitividade da indústria elétrica e eletrônica no Brasil e no exterior, tais como sustentabilidade, comércio exterior, pesquisa, desenvolvimento e inovação.

Está previsto um debate sobre os "Resultados da Lei de Informática" com o objetivo de traçar cenários sobre a indústria elétrica e eletrônica do futuro. Já nos dias 4 e 5 de abril serão apresentados "Talk Shows" sobre segurança em edificações e sobre logística reversa e remanufatura.

Nanoalfabetização

Para divulgar as mais recentes técnicas de miniaturização em fabricação de componentes e produtos, a FIEE aliou-se ao Sesi e Senai para apresentar o "Espaço Senai de Nanotecnologia". Com ele, os visitantes e interessados terão a oportunidade de introduzir-se nas tecnologias modernas de nanociência e nanotecnologia, em um trabalho de esclarecimento, informação tecnológica e nanoalfabetização.

A iniciativa vai apresentar estudos, *design* e aplicação de estruturas, dispositivos e sistemas em escala nanométrica. O objetivo é disseminar o estudo de objetos cujo tamanho seja entre 1 a 100 nanômetros e que incidem de forma altamente positiva na inovação necessária ao setor eletrônico.

Espaço de Tecnologia Embarcada

Por fim, o Espaço de Tecnologia Embarcada vai expor lançamentos de meios de transporte elétricos com alto grau de novos recursos embarcados. Essa ilha de novas tecnologias automotivas servirá para demonstrar as últimas novidades em elétrica e eletrônica na área de transporte alternativo.

Serviço:

27ª FIEE - Feira Internacional da Indústria Elétrica, Eletrônica, Energia e Automação

Data: De 1° a 5 de abril de 2013

Horário: das 13h às 21h / sexta-feira das 13h às 20h

Local: Anhembi– São Paulo –SP



20 anos de Inovação no Brasil

A Phoenix Contact Brasil sempre trabalhou em parceria com seus colaboradores, clientes e parceiros, investindo na expansão sustentável e buscando a evolução e inovação. E é evoluindo que nossa empresa completa em 2013, 20 anos no Brasil. Tempo importante de olhar para trás e ter a certeza de que pioneirismo e confiança estão juntos desde o primeiro capítulo de nossa história no país. Tempo também de olhar para frente, e encontrar novas fórmulas para inovar, evoluir e crescer, sempre.

Nossos clientes são a única razão pela qual trabalhamos há 20 anos em busca de progresso e soluções inovadoras e inspiradoras. PHOENIX CONTACT, este é o nosso mundo!

www.facebook.com/brasilphoenixcontact

Rua Francisco Corazza, 20/100 -
Pq. Residencial da Lapa - São Paulo
(11) 3871-6444
www.phoenixcontact.com.br
marketingbr@phoenixcontact.com.br

PHOENIX CONTACT
INSPIRING INNOVATIONS

© PHOENIX CONTACT 2013

Produtos de monitoramento embarcado da NI minimizam o tempo de inatividade, previnem falhas estruturais e analisam fadiga

A National Instruments anuncia dois novos produtos para ajudar os engenheiros a monitorarem máquinas, equipamentos pesados e infraestrutura em envelhecimento. Os engenheiros podem integrar o nó de tensão para rede wireless de sensores (*Wireless Sensor Network - WSN*) e módulos da série C com o NI CompactRIO para manutenção preditiva, possibilitando a prevenção de falhas, análise de fadiga, além de menores custos de operação e tempo de inatividade reduzido.

O nó de tensão/completamento de ponte NI WSN-3214 possui aquisição de forma de onda temporizada por hardware e é ideal para monitoramento sem fio da saúde estrutural de pontes, edifícios e equipamentos.

Com faixa de tensão estendida, taxas de amostragem mais rápidas e maior excitação piezoelétrica com eletrônica embarcada, o módulo da série C NI 9232 é uma placa de aquisição de dados otimizada para acelerômetros, tacômetros e sondas de proximidade em aplicações de monitoramento de condição.

"Com as redes wireless de sensores da NI e o novo nó WSN de tensão, nós podemos monitorar facilmente estruturas críticas sem cabos excessivos," disse Sharon L. Wood, professora e chefe de departamento de engenharia ambiental, civil e arquitetônica na Universidade do Texas, em Austin. "Nós usamos os nós WSN que são programáveis com o LabVIEW para análise *onboard* de dados de tensão, de modo a obter um entendimento profundo de resposta estrutural."

Recursos do produto

Nó de tensão WSN-3214:

- Quatro canais de entrada analógica que suportam configuração de quarto, meia e ponte completa;
- Dois canais de E/S digital para detecção de eventos e controle programático;
- Habilidade de realizar processamento de dados onboard, salvar dados localmente, ou predizer condições de falha com o módulo NI LabVIEW WSN.

Módulo da série C NI 9232:

- Faixa de entrada de ± 30 V, corrente de excitação para IEPE de 4 mA e largura de banda de 41 kHz;
- Terminais de parafusos e detecção de sensor em curto/aberto para uso em aplicações contínuas de monitoramento industrial.

Accel Telecom lança o primeiro smartphone independente para carro conectado

A Accel Telecom, uma empresa israelense de telecomunicações líder, lançou oficialmente o VOYAGER, o smartphone definitivo para carro conectado. VOYAGER é o primeiro aparelho smartphone independente que pode ser facilmente instalado em qualquer carro e funciona por meio do uso de um número de telefone existente, via SIM-gêmeo.



O VOYAGER é um aparelho de smartphone exclusivo para carro conectado que fornece uma experiência superior e segura de carro conectado a motoristas. Ele combina tecnologia de smartphone com base em Android com um módulo Qualcomm HSUPA para fornecer um aparelho voltado ao motorista que garante chamadas mais seguras, navegação fácil via tecla exclusiva para inicialização do Waze e aplicativos variados, voltados para o carro.

Ele foi concebido para reforçar a direção mais segura por meio da discagem sem uso das mãos, teclas físicas grandes e exclusivas, qualidade de som clara como o cristal e sem eco, e uma conexão hotspot 3G WiFi própria do carro, entre outros recursos essenciais. O VOYAGER também conecta-se aos diagnósticos de bordo do carro (OBD, sigla em inglês) para permitir diagnósticos do veículo, aplicativos de gestão da frota e mais.

Em algum momento no futuro, todo carro necessitará estar conectado com o mundo exterior por meio de uma rede celular. O modo mais fácil e seguro de proporcionar isto é por meio da inserção de um cartão SIM e um módulo de comunicação no interior do veículo.

Relatório mAutomotive da GSMA, 2012

Shmulik Keret, vice-presidente da Waze disse: "O VOYAGER proporcionará aos motoristas uma excelente experiência de navegação Waze e nós estamos entusiasmados com a associação com a Accel Telecom neste aparelho inovador de carro conectado".

Marc Seelenfreund, diretor-executivo (CEO) da Accel, afirmou: "Nossos aparelhos de Carfone, fáceis de usar, econômicos e seguros tornam-se um sucesso de mercado substancial. Esperamos uma forte demanda para a nova geração de aparelhos smartphone VOYAGER para carros conectados tanto no mercado norte-americano quanto europeu, em consonância com recentes relatórios do setor e nossa própria pesquisa com seus influenciadores". Mais informações em **www.voyager.co.il**.



Sensor de distância e posicionamento Dx100

O Dx100 é mais uma solução inteligente da SICK para determinação de posição e distância para as mais diversas aplicações do mercado, principalmente para os sistemas de armazenamento, manipulação e logística.

O sensor Dx100 é robusto, possui fácil parametrização, baixo tempo de resposta e mecanismos de alinhamento 3D.

Permite um posicionamento dinâmico, máxima precisão e baixos custos operacionais, além de oferecer interfaces padrões exigidos pelo mercado (RS422, SSI e Profibus) e grau de proteção IP67.



SICK
Sensor Intelligence.

11 3215.4948 | www.sick.com.br

Rockwell Automation apresenta novas soluções para controle de movimento integrado em Ethernet/IP

Servoacionamento Kinetix 5500, servomotor Kinetix VP de baixa inércia e tecnologia de cabo único melhoram a eficiência da aplicação e usam menos energia.

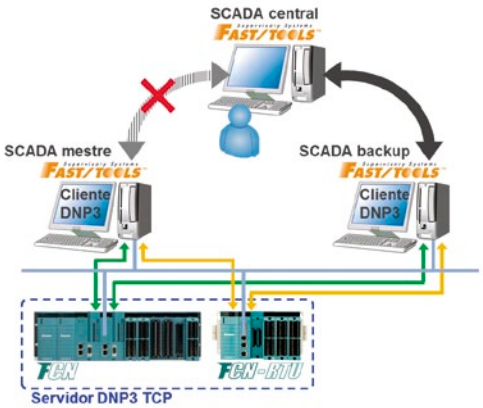
A Rockwell Automation lança o servoacionamento Allen-Bradley Kinetix 5500, o servomotor Kinetix VP de baixa inércia (VPL) e a tecnologia de cabo único como uma solução de movimento integrado em Ethernet/IP que é mais compacta, mais fácil de utilizar e simplifica o cabeamento do sistema.

O servoacionamento Kinetix 5500 junta-se aos acionamentos Kinetix 350 e Kinetix 6500 para oferecer aos usuários mais opções para atender suas necessidades de controle de movimento. O controle de movimento integrado em Ethernet/IP elimina a necessidade de uma rede de controle de movimento dedicada, reduzindo o cabeamento em até 60% e eliminando a necessidade de criar *gateways* para obter informações de redes independentes. Adicionalmente, a nova tecnologia do enrolamento dos motores Kinetix VPL e encoders DSL, conectados com a tecnologia de cabo inteligente, permite que a transmissão de energia e a comunicação de realimentação para o acionamento Kinetix 5500 ocorram em um único cabo. Isto simplifica ainda mais o projeto da aplicação e limita os possíveis pontos de falha, para melhor confiabilidade e manutenção simplificada.

O Kinetix 5500 é o primeiro acionamento Kinetix projetado com um sistema de conexão de barramento CA/CC comum externo. Isto reduz os requisitos de hardware e permite um crescimento escalável sem problemas, usando uma única plataforma para sistemas de eixo simples ou com múltiplos eixos. Também tem a capacidade de controlar servomotores e de indução, proporcionando a melhor densidade de potência da categoria, reduzindo o tamanho do acionamento e o espaço no painel em até 50%, o que simplifica a manutenção da máquina, minimizando a necessidade de fusíveis ou do uso de contatores. Adicionalmente, o sistema pode ser otimizado para balancear o uso de energia elétrica e reduzir as necessidades de potência devido à sua exclusiva capacidade de compartilhar energia com múltiplos acionamentos.

Yokogawa lança versão aprimorada de recursos do STARDOMTM - Sistema de Controle baseado em Rede (NCS)

Melhoria na funcionalidade do protocolo SCADA DNP3 será para aplicações de beneficiamento e distribuição de óleo e gás



Mesmo que o SCADA-mestre saia de operação, o controle e monitoração continuam com o SCADA.

A Yokogawa Electric Corporation anunciou a liberação da nova versão do sistema de controle baseado em rede STARDOM™ com recursos avançados. Com esta versão, a integridade de dados transferidos entre o sistema de aquisição e supervisão de controle de dados (SCADA) e os controladores lógicos programáveis (CLPs) terá garantia para aplicações de beneficiamento e distribuição de óleo e gás comumente chamadas de aplicações upstream.

O controlador autônomo do tipo FCN e o controlador de baixo consumo FCN-RTU são os principais componentes do sistema de controle baseado em rede do STARDOM, o qual é amplamente utilizado em aplicações envolvendo monitoração e controle de campos de gás e óleo, unidades de tratamento de água e outros tipos de instalações que ficam geralmente a centenas de quilômetros de distância. Em tais aplicações, os controladores instalados em cada unidade enviam seus dados através de linhas de comunicação de banda estreita para o sistema SCADA em uma sala de controle central. Para garantir que nenhum dado será perdido, tais sistemas geralmente empregam o protocolo DNP3 que é um protocolo de comunicação aberto e distribuído. O sistema STARDOM foi aprimorado para melhor suportar a utilização das funções do protocolo DNP3.

Com esta melhoria, os controladores FCN e FCN-RTU agora suportam conexão dual para clientes DNP3, permitindo que os mesmos dados sejam enviados para o sistema mestre e o de *backup* do SCADA (os clientes DNP3) ao mesmo tempo. Quando o mesmo dado essencial é guardado tanto no servidor SCADA-mestre como no servidor SCADA de *backup* em localizações separadas, o sistema pode chavear para o servidor SCADA de backup na situação de um desastre (ou outra eventualidade) que provoque a paralisação do servidor-mestre SCADA. Este sistema de recuperação garante o controle e monitoramento sem interrupções de campos de gás e óleo, unidades de tratamento de água e outros tipos de infraestrutura.

Altus lança software HMI/SCADA

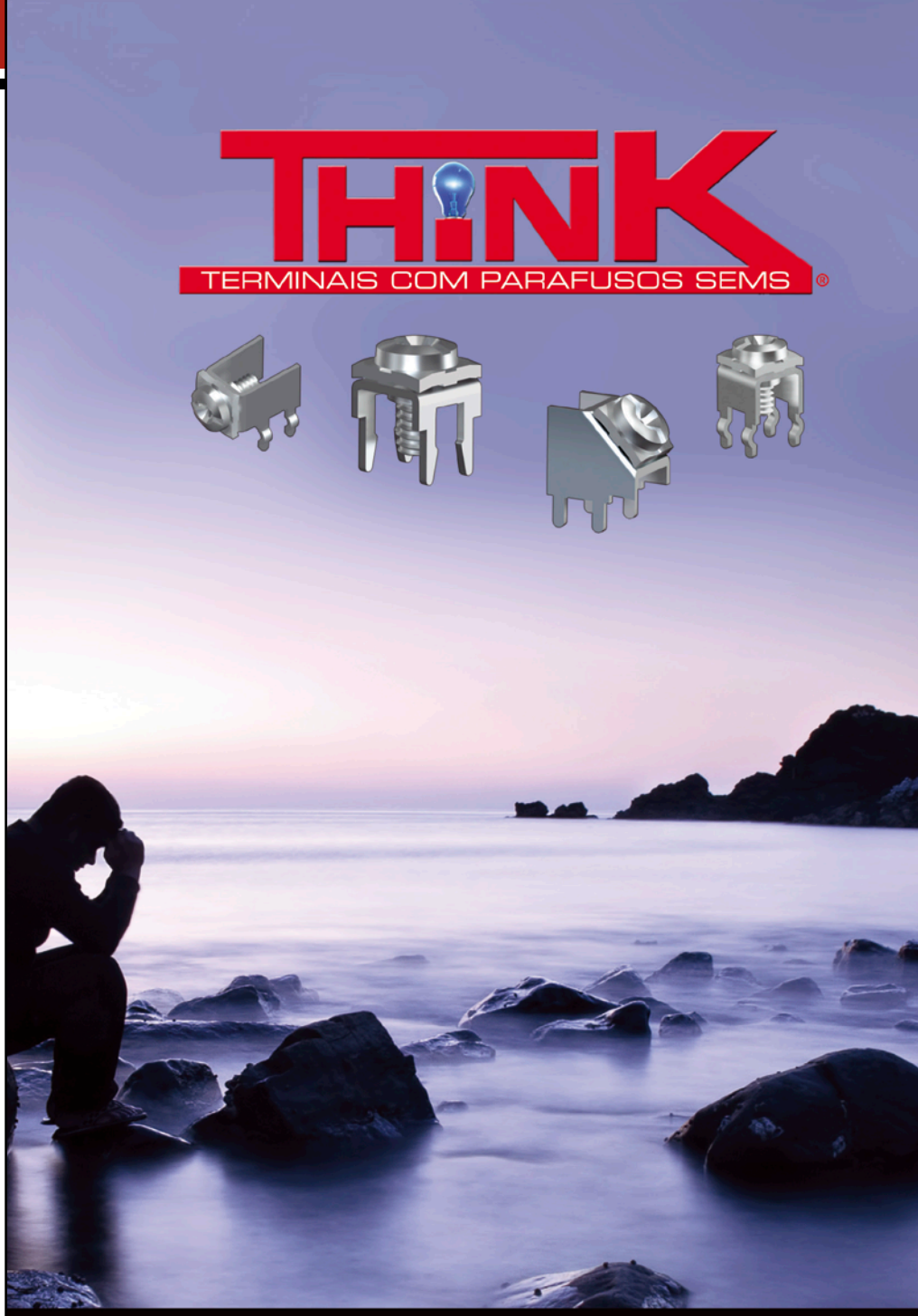
Seguindo sua trajetória de manter-se como uma empresa que busca inovar e lançar mercadorias diferenciadas no mercado, a Altus investe este ano em um de seus mais novos produtos: o Software HMI/SCADA – BluePlant.

Voltado para supervisão, controle e aquisição de dados, o BluePlant alia *design* e alto desempenho, além de configurar-se como uma solução capaz de ser utilizada em diversas aplicações. Suas características atendem aos requisitos da indústria de controle de processos como Óleo & Gás, Energia Elétrica, Saneamento, Transportes, Siderurgia, entre outros.

Com arquitetura modular, seleção de *drivers* de comunicação incorporados ao produto, plataforma 64 bits (com suporte a sistemas operacionais 32 bits), suporte a redundância nativa e tecnologia OPC, o BluePlant possui o que há de mais avançado em supervisório e aquisição de dados. Para reduzir custos de engenharia e manutenção, uma biblioteca de símbolos e servidor web incorporado dispensam componentes externos como ActiveX.

Seus gráficos utilizam o editor gráfico vetorizado *Windows Presentation Foundation* (*WPF*). Eles também integram mapas geoespaciais e modelos 3D, que podem ser apresentados diretamente ou vinculados a dados dinâmicos baseados em eventos e valores em tempo real.

Entre suas funcionalidades, destacam-se o registro e a emissão de relatórios, servidor de histórico avançado, módulo de notificação de eventos, servidor de alarmes, gerenciamento de lógica de negócios, além de suporte para clientes locais e remotos em computadores, web, tablets e smartphones, que facilitam o processo de supervisão. Tais características fazem do BluePlant um produto robusto e com novas tecnologias que podem ajudar muito os seus usuários.



Pense Keystone Terminais com Parafuso SEMS

• Proporciona conexão rápida e segura de ponteiras de fios • Ideal para conexões de fio nu • Evita a torção do fio quando apertando a ponteira no terminal • Parafuso SEMS com arruela de aperto cativa • A arruela sobe junto com a cabeça do parafuso quando aberto • Disponível com parafuso SEMS instalado, cativo ou solto • Disponível para montagens tipo PC e snap-in • Solicite o Catálogo M60

KEYSTONE ELECTRONICS CORP.

O que importa é o que está do lado de dentro.

Tel: (718) 956 8900 • (800) 221-5510
e-mail: kec@keyelco.com • Web: www.keyelco.com

Há uma pedra fundamental em toda grande invenção... Siga, Pense & aprenda em:

Daniel Netto



O uso do Raspberry Pi pelos profissionais de eletrônica

Em uma época, na qual, os lançamentos de processadores octacore de 4 GHz e smartphones quadcore se tornaram eventos corriqueiros, quem poderia imaginar que o anúncio de um computador de 25 dólares, causaria tanta expectativa, recebendo até mesmo o apoio de gigantes como Google e Sony?

Neste artigo, conheça melhor o hardware do Raspberry Pi, a história por trás do seu desenvolvimento, e descubra porque este pequeno computador está causando tanto alvoroço.

A redação da revista PC & Cia estava preparando uma série de artigos envolvendo o Raspberry PI, um assunto que também era muito interessante para os leitores de Saber Eletrônica, pois, devido a sua simplicidade e baixo custo, muitos projetos comercialmente viáveis podem ser implementados usando-se este desenvolvimento.

Não sabemos se publicar aqui é a melhor solução, mas resolvemos colocar o mesmo artigo introdutório, com pequenas alterações como este texto, para explicar porque a Editora Saber apresenta em duas revistas diferentes os mesmos dois artigos: a introdução ao Raspberry Pi e a instalação do sistema operacional oficial Raspbian (baseado no Debian Linux) que é bem completo, com interface gráfica, navegador de internet etc.

Eletrônica e TI, estão presentes ao mesmo tempo em quase tudo ultimamente, como extensão e dependência uma da outra. Completam-se principalmente, na nova onda de desenvolvimentos que é a internet das coisas. Tanto o pessoal de TI, quanto o de eletrônica, precisam conhecer mais os dois campos para poder trabalhar em conjunto neste futuro promissor.

Na área de desenvolvimento, muitas vezes precisamos de soluções rápidas e devido

Box 1: Origem do nome

Segundo *Eben Upton, um dos primeiros nomes em que ele pensou para o projeto foi "ABC Micro". No entanto, ele foi recebendo ideias de outros colaboradores durante o desenvolvimento do Raspberry Pi até que, felizmente, o nome foi mudado.*

Por incrível que pareça, não é difícil encontrar computadores que foram batizados com nome de fruta. O "Raspberry" é justamente uma alusão a essa tradição. Já a segunda parte do nome, "Pi", é uma referência ao Python, que é a linguagem de programação recomendada.

a custos, o ideal são versões minimalistas de circuitos que executem a função com segurança.

É neste momento que uma ideia pode ser executada utilizando-se um circuito que já está montado e em nossas mãos, bastando para isto uma pequena programação e alguma eletrônica em volta (como sensores,atuadores etc).

Procuramos incentivar a criatividade e a inovação, sempre com o intuito de apoiar os profissionais da área eletrônica a evoluírem e a manterem sua empregabilidade.

Além dos artigos que apresentamos aqui, o leitor encontrará na revista PC & Cia edição nº 102 ainda um terceiro artigo, com o título "Cinema Embedded: XBMC no Raspberry Pi", que mostra uma implementação prática de um Home Theater com apenas 3 watts de consumo, suporte a vídeos FullHD, acesso a conteúdo *online*, custo muito baixo e software open source. O leitor aprende na prática, passo a passo, a criar sua primeira solução em plataforma embutida (*embedded*).

Raspberry Pi

A notícia que revelou o desenvolvimento do Raspberry Pi para o mundo veio à tona em maio de 2011 e, desde o início, a ideia de um computador do tamanho de um cartão de crédito, baseado em processador ARM e custando apenas 25 dólares foi extremamente bem recebida. Os próprios idealizadores do projeto ficaram surpresos ao verem, meses antes do início da produção, um crescente interesse por parte de programadores, profissionais da área de automação e entusiastas em geral.

Mas, afinal, o que é o Raspberry Pi? Por que, e para quem, ele foi criado? O que ele faz e o que ele não faz? Para responder essas e outras perguntas, primeiro vamos conhecer um pouco melhor a história por trás do início do seu desenvolvimento.

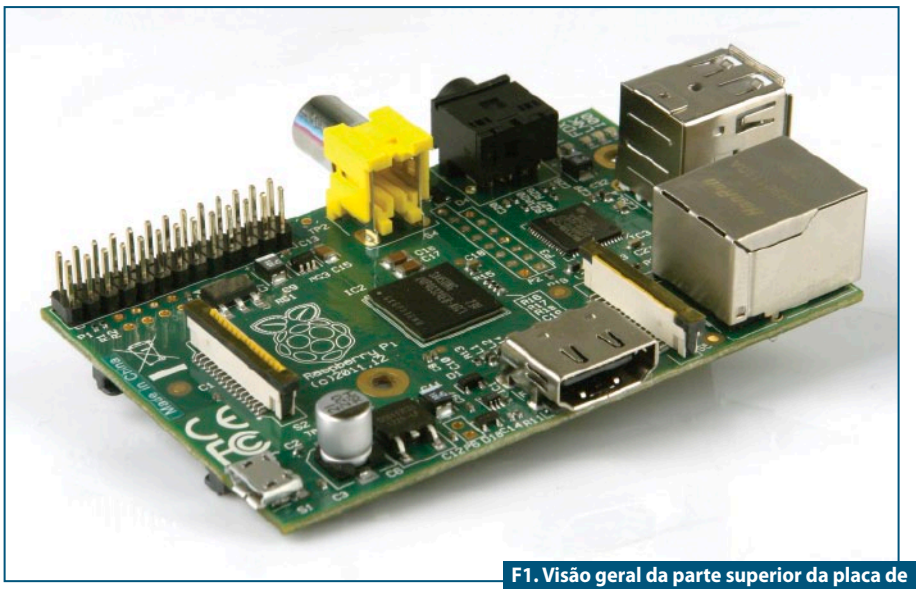
Motivações

Tudo começou em 2005, quando um professor da Universidade de Cambridge, chamado **Eben Upton**, notou que o conhecimento sobre computadores dos novos alunos em Ciência da Computação tinha mudado bastante em relação ao das turmas da década de 1990.

Enquanto os alunos de décadas anteriores já chegavam à Universidade sabendo diversas linguagens de programação (inclusive de baixo nível) e apresentando uma grande intimidade com *hardware*, os alunos dos anos 2000 em geral só estavam acostumados a programar para a Web.

Upton, então, imaginou que, se existisse um computador flexível o bastante para ser usado como ferramenta de aprendizado, mas com baixa potência e custo de produção baixo o suficiente para que pudesse ser dado gratuitamente aos candidatos a uma vaga no curso, talvez ele pudesse elevar um pouco o nível inicial dos ingressantes, admitindo apenas os que tivessem desenvolvido projetos interessantes durante o período anterior às entrevistas (as universidades de lá utilizam um processo seletivo diferente do nosso).

Depois de algum tempo desenvolvendo o projeto, Upton e seus colegas perceberam que o potencial da ideia era bem maior, e por isso acabaram criando uma instituição de caridade, a Raspberry Pi Foundation.



F1. Visão geral da parte superior da placa de circuito impresso do Raspberry Pi.



F2. No detalhe, podemos ver que as esferas do chip de memória estão realmente soldadas sobre o SoC.

O tempo foi passando e o projeto ganhou vários simpatizantes e contribuidores. Durante esse período, ele também mudou bastante de cara e de nome (**box 1**). Nesse meio tempo, o Raspberry Pi deixou de ser uma simples ferramenta destinada apenas aos alunos de uma universidade britânica, e se tornou uma verdadeira plataforma educacional de baixo custo, que poderia ser utilizada para ensinar crianças do mundo inteiro.

No fim, conforme a data de lançamento se aproximava e a exposição na mídia aumentava, ficou claro que o projeto tinha ido muito além do esperado: o pequeno computador não serviria mais apenas para ensinar crianças, mas também como uma plataforma alternativa para profissionais experientes desenvolverem seus projetos.

O resultado foi uma demanda muito mais alta do que os desenvolvedores poderiam esperar, e adquirir um exemplar dos

primeiros lotes no Brasil foi praticamente impossível. Felizmente, a Tato Eletrônica nos emprestou uma unidade importada para que pudéssemos manter o leitor da Revista PC&Cia bem informado.

Conheça o Raspberry Pi

"Um computador do tamanho de um cartão de crédito, que roda Linux, com processador ARM, que pode ser conectado a uma televisão e é capaz de executar boa parte das tarefas realizadas em um PC de mesa comum, inclusive reproduzir vídeos de alta definição". Talvez esta seja a maneira mais simples e direta de descrever o que é o Raspberry Pi. Mas, apesar do clichê, neste caso uma imagem realmente vale mais do que 44 palavras. Veja na **figura 1** a visão geral da parte superior da placa de circuito impresso do Raspberry Pi que recebemos para este artigo.

Processador e memória

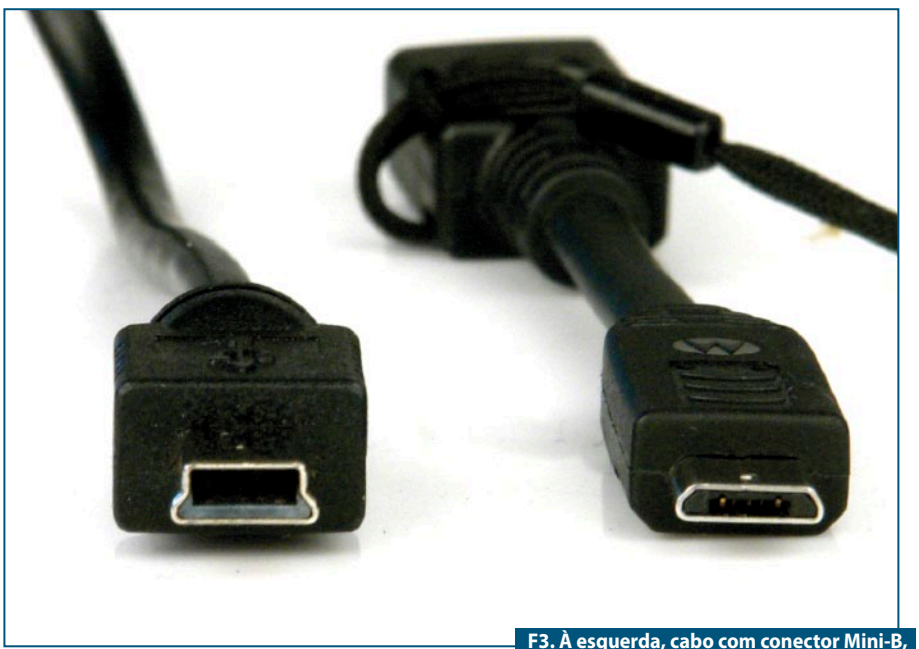
O escolhido para ser o cérebro do Raspberry Pi foi um SoC (System on a Chip) da Broadcom chamado BCM2835, cujas especificações técnicas completas não serão liberadas para a comunidade. A fabricante somente disponibiliza este tipo de informação para seus parceiros, e mesmo assim eles precisam assinar um NDA (Non-Disclosure Agreement, ou Acordo de Não Divulgação). Uma prática bastante comum na indústria.

Mesmo sem o datasheet completo, alguns dados precisam ser informados. Por isso, sabemos que o BCM2835 contém um processador singlecore ARM1176JZFS e uma GPU dualcore Videocore IV.

Integrante da família ARM11 e baseado na arquitetura ARMv6, o processador ARM1176JZFS opera na frequência-padrão de 700 MHz (o overclock é possível) e conta com uma unidade de ponto flutuante.

Devemos lembrar que a ausência de um processador x86 implica na incompatibilidade com todas as versões do Windows lançadas para computadores de mesa, assim como com softwares compilados para x86. Também não existe previsão para que o Windows RT (a versão para tablets ARM do sistema operacional da Microsoft) se faça compatível. Em contrapartida, diversas distribuições GNU/Linux suportam este tipo de arquitetura e podem ser instaladas no Raspberry Pi, como o Gentoo, Fedora e Debian, que contam com centenas de softwares compatíveis em seus repositórios.

A GPU Videocore IV é compatível com as APIs OpenGL ES 1.1/2.0, OpenVG, é capaz de reproduzir o conteúdo de discos BluRay e acelerar a de/codificação de vídeos no formato 1080p30 H.264 high-profile. A decodificação via hardware dos formatos MPEG-2 e VC-1 também é possível, no entanto, como os codecs não vêm ativados por padrão, é preciso comprar chaves de desbloqueio no site: **www.raspberrypi.com**. Se você precisar destes codecs, não se preocupe pois, com aproximadamente R$12,00, você consegue comprar ambos.



F3. À esquerda, cabo com conector Mini-B, e à direita com conector Micro-B.

De acordo com a página de perguntas frequentes (www.raspberrypi.org/faqs), a GPU é capaz de oferecer 24 GFLOPs de computação de propósito geral, o que seria equivalente ao desempenho gráfico oferecido pelo primeiro XBOX.

Caso o leitor esteja se perguntando...não, nós não erramos ao indicar o posicionamento da memória RAM e do BCM2835. Acontece que o chip com os 512 MB de memória LPDDR (400 MHz por padrão) que equipa o Raspberry Pi, utiliza um encapsulamento do tipo PoP (Package on Package), o que permite que ele seja soldado sobre outro chip.

*Isso mesmo caro leitor, o chip de memória foi soldado sobre o SoC da Broadcom, que por sua vez está soldado diretamente na placa de circuito impresso (***figura 2***).*

Interfaces

Como podemos ver, a PCB *(Printed Circuit Board)* abriga uma grande variedade de conectores. No quesito vídeo, o Raspberry Pi é muito flexível, pois oferece três opções diferentes de conectores: HDMI, vídeo composto e um para *flat-cables* de 15 vias, que dá acesso a interface DSI.

Com o primeiro, o leitor já deve estar bem familiarizado, pois o HDMI é encontrado na esmagadora maioria das televisões vendidas nos últimos anos e também em alguns monitores para computador. Além disso, é possível utilizar um adaptador HDMI para DVI.

Já o vídeo composto (conector tipo RCA), talvez não tão familiar assim, dependendo da idade do leitor, foi incluído no projeto por motivos de compatibilidade, uma vez que permite a conexão do Raspberry Pi aos televisores mais antigos.

A menos que o leitor tenha experiência no desenvolvimento de soluções embarcadas, é bem provável que a sigla DSI, do inglês *Display Serial Interface*, seja uma total desconhecida. Esta interface é utilizada em *tablets* e *smartphones* para conexão com a tela LCD.

Há um conector P2 de 3,5 mm que serve como saída de áudio (só saída mesmo, microfone somente utilizando uma controladora de som USB). Ela é útil quando utilizamos a interface de vídeo composto ou um adaptador HDMI para DVI, pois em ambos os casos o áudio não é transmitido pelo mesmo cabo que a imagem. Como o nosso leitor bem sabe, o HDMI é capaz de trasportar tanto *streams* de vídeo quanto de áudio, por isso

quando utilizando essa forma de conexão, a saída de áudio analógico provavelmente não será usada. É claro que nem todos os projetos baseados no Raspberry Pi precisarão de um *display* obrigatoriamente.

A essa altura do campeonato, com certeza o leitor já notou a presença de duas portas USB 2.0 e também do conector da rede *Fast Ethernet*. Sim, você não leu errado, a vazão de rede máxima teórica que o Raspberry Pi oferece é de 100 Mbps (ou 12,5 MB/s).

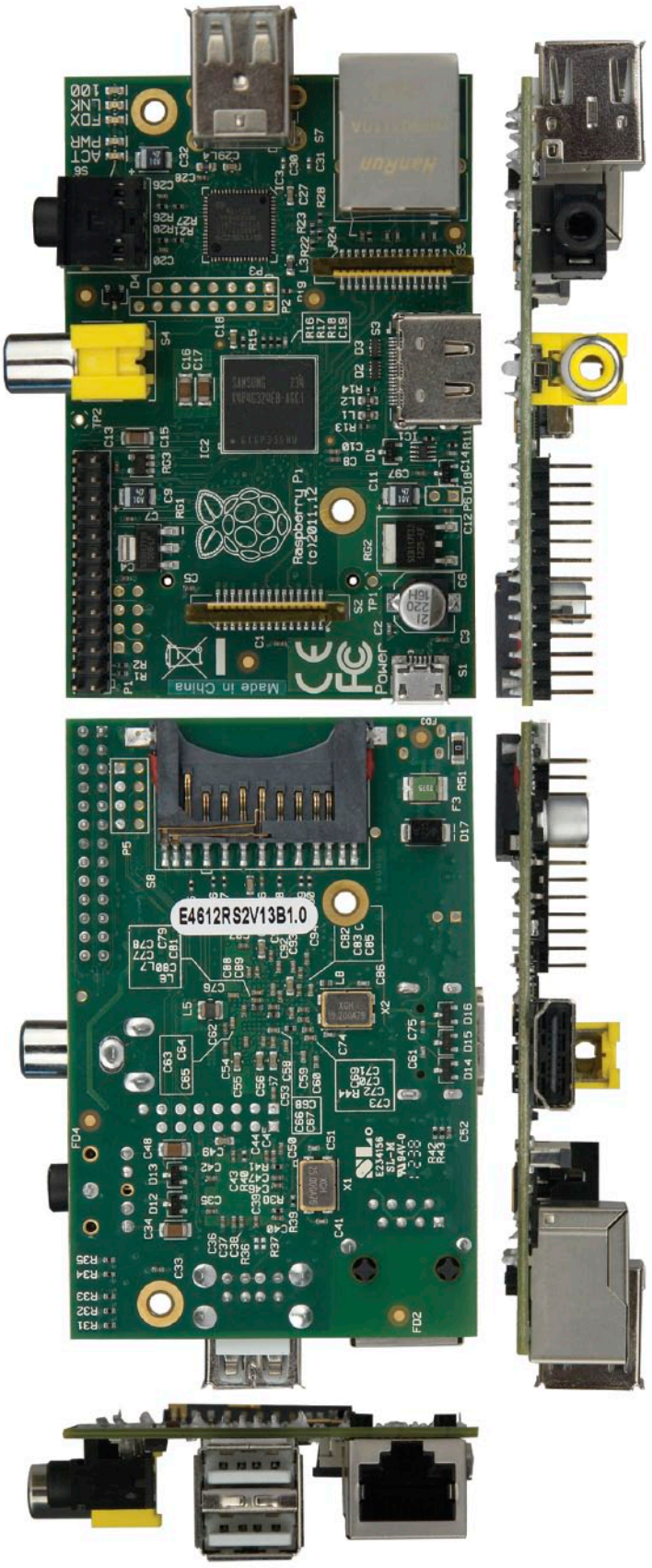
Caso você esteja desapontado e se perguntando porque "eles" não colocaram uma rede *Gigabit Ethernet*, devemos lembrá-lo de que estamos falando de um computador de baixíssimo custo, e altamente integrado. Não existem barramentos externos ao Broadcom BCM2835, que é o encarregado de todas as interfaces, inclusive da USB 2.0, que é onde a controladora de rede SMSC LAN9512-JZX está conectada. E, como o nosso leitor sabe, o USB 2.0 oferece uma vazão máxima teórica de 60 MB/s (na prática não chega a 35 MB/s), o que não é suficiente para um rede *Gigabit*.

Além disso, todo o processamento dos dados que trafegam no barramento USB é feito pela CPU (isso também vale para o seu computador x86), portanto, quanto maior for a vazão, maior será a carga despejada sobre o único núcleo ARM do Raspberry Pi, que não é, nem de longe, o processador mais rápido que existe.

Existe ainda um outro conector para *flat-cables* de 15 vias localizado entre o HDMI e o conector de rede. Ele dá acesso a interface CSI-2 (*Camera Serial Interface*), que como o nome sugere, serve para conexão de câmeras de vídeo, como as utilizadas em *smartphones* e *tablets*.

E claro, não poderíamos finalizar esta seção sem abordar antes o GPIO (*General Purpose Input/Output*), que são "pinos" de conexão programáveis, cujo comportamento pode ser definido e controlado via *software*. Por isso dizemos que são pinos de propósito geral (*general purpose*), pois fica a cargo do programador decidir se determinado pino será uma entrada ou saída de dados, e qual será sua função.

Localizado próximo ao conector RCA, o agrupamento GPIO do Raspberry Pi tem 26 pinos, sendo que 17 deles podem funcionar no modo GPIO, os demais são de energia, aterramento, ou estão reservados para uso futuro.



F4. Confira algumas vistas do Raspberry Pi em escala 1:1. Esse é o tamanho real do sistema.

A presença do GPIO permite utilizar o Raspberry Pi no desenvolvimento de soluções de automação (pois é possível ler estados e realizar acionamentos), como uma ferramenta de introdução a robótica e, considerando que as linhas GPIO estão diretamente conectadas ao BCM2835, o usuário pode até mesmo criar uma placa de expansão para o Raspberry Pi.

Para mais detalhes sobre o funcionamento do GPIO no Raspberry Pi, e também outros tópicos (introdução a linha de comando do Linux e noções básicas de programação em Python) recomendamos a leitura de um excelente manual produzido por voluntários, entre eles o próprio Eben Upton: **http://downloads.raspberrypi.org/Raspberry_Pi_Education_Manual.pdf**.

Armazenamento

Oficialmente, o armazenamento do sistema operacional deve ser feito em cartões do tipo *Secure Digital* (SD), os mesmo utilizados em câmeras digitais. Entretanto, já existem maneiras de forçar o carregamento do SO de *pendrives* ou HDs externos "plugados" na USB, utilizando o cartão SD apenas como uma maneira de inicializar o Raspberry Pi.

De acordo com Eben Upton, os cartões microSD foram preteridos em favor do padrão SD, pois na mão de crianças eles poderiam ser perdidos ou quebrados mais facilmente. Lembre-se que, desde o início, o Raspberry Pi foi pensado como uma ferramenta educativa.

Energia

A alimentação do Raspberry Pi é feita por meio de um conector do tipo USB Micro-B. Ele foi escolhido por ter se tornado a conexão-padrão para recarregadores de celulares e *smartphones* na União Europeia (o projeto do Raspberry Pi é britânico), e portanto seria muito fácil uma pessoa já ter um cabo desses em casa.

Mesmo no Brasil, muitos celulares já trazem este tipo de conexão, e também não é difícil adquirir um, caso você ainda não tenha. Difícil, sim, é explicar o nome do conector ao lojista, pois aparentemente cada um se decidiu por um nome diferente. Há quem chame de "padrão Nokia", outros de "Carregador de Motorola V8", outros ainda apelam para um altamente descritivo "conector chatinho". Veja, na **figura 3**, a diferença entre um cabo USB com conector Micro-B e Mini-B.

Mas, nem pense em plugar o Raspberry na USB 2.0 do PC, ou usar aqueles carregadores genéricos de qualidade duvidosa. Para ligar o Raspberry Pi você vai precisar de uma fonte de 5V que seja capaz de fornecer uma corrente elétrica de pelo menos 700 mA, sendo que o ideal mesmo fica em torno dos 1000 mA a 1200 mA. Se você tiver um *tablet*, ou um *smartphone* mais poderoso, é bem provável que a fonte dele seja capaz de alimentar o Raspberry Pi.

O uso de fontes de alimentação de baixa qualidade (ou com potência insuficiente) é uma das principais causas de travamentos e *reboots* aleatórios, registradas nos fóruns do Raspberry Pi.

Dimensões

Como já dissemos, o Raspberry Pi tem praticamente as mesmas dimensões de um cartão de banco. A placa de circuito impresso tem 85,60 mm x 56 mm (L x P). Junte isso ao fato dele pesar apenas 45 gramas, e você percebe que ele cabe em qualquer canto da mesa e também pode ser transportado de um lado para o outro no bolso da camisa.

Para que o leitor possa ter uma real noção do quão compacto o Raspberry Pi é, veja a **figura 4**.

Modelos

Na verdade, o Raspberry Pi é oferecido em duas versões diferentes, uma mais simples (Modelo A) e outra um pouco mais completa chamada de Modelo B.

A amostra que testamos neste artigo é do Modelo B, que é vendido por US$ 35,00.

A versão de 25 dólares é o Modelo A, que vem com apenas 256 MB de memória RAM, uma porta USB 2.0 e não tem suporte a rede. Tirando essas diferenças, o *hardware* é o mesmo do Modelo B.

Como o Modelo A só começou a ser comercializado a partir de 4 de fevereiro de 2013, e somente para o União Europeia, pode ser que ele demore um pouco para chegar no Brasil.

Onde comprar

Por enquanto, existem apenas dois distribuidores oficiais do Raspberry Pi no mundo, a **Premier Farnell/Element 14** e a **RS Components**, e não há nenhum tipo de cadastro de revendas, para



F5. Raspberry Pi é vendido sem qualquer acessório. O comprador recebe apenas uma caixa plástica com o equipamento dentro.

garantir preços menores por unidade na compra de grandes quantidades.

Essa exclusividade gerou muitos problemas durante o lançamento, pois os sites de ambos os distribuidores chegaram a ficar indisponíveis devido à grande quantidade de acessos. Além disso, como no lançamento não havia estoque no Brasil, os brasileiros que quisessem ter o seu Raspberry Pi precisavam enfrentar um lento e caro processo de importação (os distribuidores enviam para o Brasil). Alguns equipamentos chegaram ao Brasil semanas depois da compra, e com um absurdo preço final de, no mínimo, R$ 300,00.

Agora que o furor inicial do lançamento já passou, a situação está bem mais tranquila, de modo que o Raspberry Pi Modelo B (o Modelo A não estava disponível até o fechamento da edição) já pode ser facilmente comprado no Brasil por R$ 170,50 mais o frete, já com todos os impostos e taxas inclusos, por meio do site **www.farnell.com.br**.

Em uma simulação que fizemos, o frete mais barato para o endereço da redação da editora ficou em R$ 9,77 via E-SEDEX. No quesito forma de pagamento, estavam sendo aceitos o *PagSeguro* e boleto bancário.

O que comprar?

Ao adquirir um Raspberry Pi, o leitor receberá apenas uma pequena caixa com alguns impressos e o equipamento dentro (**figura 5**). Visando reduzir o preço de aquisição ao máximo, ele não acompanha nenhum tipo de periférico, nem mesmo os mais essenciais, como a fonte de energia e o cartão SD. Assim, para evitar que o Raspberry Pi do leitor "funcione" apenas como um ineficiente peso de papel, preparamos uma lista com o mínimo necessário para que seja possível ligar e começar a utilizar o equipamento:

- Raspberry Pi;
- Fonte USB Micro-B (5V / 700mA ~ 1200mA);
- Cartão SD (pelo menos 2 GB);
- Monitor / TV (HDMI ou vídeo composto via RCA);
- Teclado e Mouse USB.

Se você não tiver uma fonte compatível sobrando, saiba que a própria Farnell vende um modelo capaz de oferecer 5 V e 1000 mA, o único entrave, porém, é que até a conclusão do texto não haviam peças em estoque. Além disso, ela também vende um cartão SD de 4 GB que vem de fábrica pré-carregado com uma versão da distribuição GNU/Linux Debian 6 especialmente feita para o Raspberry Pi.

É importante dizer, ainda, que o equipamento também vem sem "gabinete". Desse modo, é melhor utilizá-lo somente em superfícies não condutivas, uma vez que o contato direto de metais com a placa de circuito impresso pode danificar o equipamento. Se isso não for possível ou você simplesmente quiser um gabinete, o leitor poderá adquirir, também na Farnell, um exemplar fabricado em acrílico transparente. E, para quem tem acesso a uma impressora 3D, o site **www.thingiverse.com** já reúne uma boa variedade de modelos de gabinetes, que podem ser baixados gratuitamente.

Para quem e para o que ele serve?

No começo do artigo, nós contamos para você porque o Eben Upton pensou em criar o Raspberry Pi. No entanto, ele mesmo já admitiu ter visto a comunidade propor usos que jamais lhe passariam pela cabeça. E você sabe o que isso quer dizer? Quer dizer que a sua imaginação é o limite deste pequeno computador.

O leitor pode perfeitamente comprar um Raspberry Pi, e utilizá-lo apenas como se fosse mais um computador pessoal. Ou, pode instalar um *software* chamado XBMC (**xbmc.org**) e transformá-lo em um competente HTPC.

Quer ir além? Então encare-o como um incentivo para aprender a programar em Python, C/C++, Java e quem sabe até em *Assembly*. Apesar de ser um equipamento novo, já existem inúmeros livros e tutoriais na Internet sobre programação no Raspberry Pi.

Prefere trabalhar com hardware / eletrônica? As possibilidade que os pinos GPIO oferecem são enormes. O Raspberry Pi pode ser utilizado como o "cérebro" de um pequeno robô, faculdades e escolas técnicas (SENAI e ETEC's por exemplo) podem se beneficiar muito com isso. Você também pode criar soluções de automação ao redor do Raspberry Pi e, quem sabe, até mesmo fazer disso um negócio.

Definitivamente, o Raspberry Pi não é somente para crianças. Experimente visitar o fórum (**www.raspberrypi.org/phpBB3**) e você verá vários projetos sérios, inclusive alguns que se propõem a colocar o Raspberry para funcionar ao lado de grandes sistremas SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) utilizados em indústrias.

Na verdade, não importa muito se o Raspberry Pi atenderá todas as necessidades, de todos os projetos propostos. Se qualquer pessoa no mundo que tiver uma necessidade, conseguir comprar um Raspberry Pi e pelo menos começar a desenvolver algum tipo de solução nele, o papel do projeto terá sido triunfalmente cumprido. Dizemos isso, pois, ele foi criado para fomentar a curiosidade e a criatividade das pessoas, e mesmo que um projeto não dê certo, a experiência de ter trabalhado um pouco com algo "diferente" já será suficiente para essa pessoa sair sabendo mais do que quando entrou.

Conclusão

Como pode um computador vendido sem fonte, sem gabinete e que não "roda Crysis" ter feito tanto alvoroço no mundo da informática? Acreditamos que o fato de o Raspberry Pi não ser "nada", mas, ao mesmo tempo, poder fazer parte de qualquer coisa, despertou o lado criativo de muita gente, que viu no pequeno computador uma oportunidade de tirar "aquele projeto" do mundo das ideias e transformá-lo em algo concreto. Além disso, é claro que seu preço baixo ajuda bastante na sua popularização.

Quando seu Raspberry Pi chegar, um primeiro passo possível que o leitor pode dar, é ler o artigo seguinte, onde mostramos como instalar um sistema operacional GNU/Linux baseado em Debian especialmente criado para o Raspberry Pi.

Se você quiser informações mais detalhadas em inglês leia o livro "Raspberry Pi User Guide", do qual *Eben Upton é um dos autores*. Além disso, recomendamos que o leitor visite e participe de fóruns, nacionais e internacionais. Em português temos o livro "Primeiros passos com o Raspberry PI" vendido na **www.sabermarketing.com.br**. Além de boas fontes de ajuda, esses "lugares" geralmente são ótimas fontes de ideias. **E**

Daniel Netto

Raspbian:
O sistema operacional do Raspberry

O Raspbian é um sistema operacional completo com interface gráfica, navegador de Internet etc., otimizado para rodar no Raspberry Pi. Neste artigo veremos como instalá-lo facilmente, passo a passo.

Depois da instalação do Raspbian (baseado no conhecido Debian Linux – **www.debian.org**), no Raspberry, o leitor terá acesso a um enorme repositório de pacotes pré-compilados, com aproximadamente 35.000 programas a sua disposição, apenas a uma linha de comando de distância, além dos diversos *softwares* que já vêm instalados por padrão.

Preparando o cartão SD

A menos que você tenha comprado um cartão SD com o sistema operacional pré-carregado, nem perca seu tempo ligando o seu Raspberry Pi na expectativa de ver a tela de POST e tentar entrar no BIOS. Sem um sistema operacional no cartão SD, o Raspberry Pi simplesmente não inicia, e portanto nada é mostrado na tela.

Lembre-se que você não está lidando com um computador tradicional, mas sim com um sistema embarcado baseado em ARM. Ele não tem BIOS, e também não tem uma etapa POST. Por isso, antes de mais nada, precisamos preparar o cartão SD gravando a imagem do Raspbian nele, procedimento que precisa ser realizado em outro computador.

Os leitores que utilizam o sistema operacional Windows precisarão baixar um utilitário chamado *win32diskimager*, além da imagem do Raspbian, é claro.

O Raspbian pode ser descarregado a partir do *site* **www.raspberrypi.org/downloads**. Ao acessar a página, procure pela versão "Raspbian wheezy". Neste artigo utilizamos a versão mais recente que estava disponível até o momento, cujo nome de arquivo é "2012-12-16-wheezy-raspbian.zip".

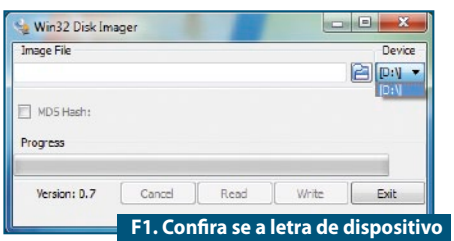
Enquanto o leitor aguarda os 483,61 MiB terminarem de ser descarregados, acesse **sourceforge.net/projects/win32diskimager** e faça o *download* do *software*. A versão mais atualizada disponível para nós era a "win32diskimager-v0.7-binary.zip". Aproveite também para *plugar* o cartão SD no computador.

Quando os *downloads* terminarem, descompacte ambos e execute com permissões de administrador o arquivo "Win32DiskImager.exe". Antes de prosseguir, certifique-se que o campo *Device* está indicando corretamente a letra de dispositivo atribuída ao cartão SD (**figura 1**).

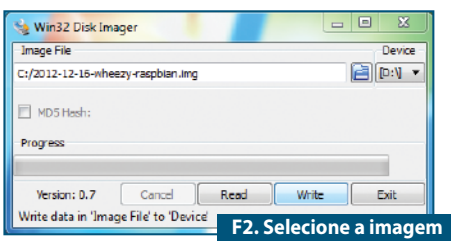
Clique no ícone parecido com uma pasta azul e navegue até o diretório em que você descompactou a imagem do Raspbian (**figura 2**). Agora basta clicar no botão *Write*, depois em *Yes* no diálogo de confirmação e aguardar o término da gravação.

Preparação no Linux

No GNU/Linux o procedimento para preparar o cartão SD é bem mais simples.



F1. Confira se a letra de dispositivo corresponde ao cartão SD.



F2. Selecione a imagem do Raspbian.

Você só vai precisar da imagem do Raspbian e do utilitário "dd", que já vem instalado por padrão em todas as grandes distribuições.

Antes de prosseguir, certifique-se de desmontar qualquer partição pré-existente no cartão. Agora, abra um terminal, navegue até o diretório em que o arquivo "2012-12-16-wheezy-raspbian.zip" foi descompactado, e execute o seguinte comando, com permissões de "super usuário":

```
# dd if=2012-12-16-wheezy-raspbian.img of = /
dev/sdX bs=2MB
```

Onde: "of=/dev/sdX" deve ser substituído pelo nome de dispositivo atribuído ao cartão SD em seu computador.

Primeiro BOOT

Quando a gravação terminar, retire o cartão SD do computador, insira no *slot* do Raspberry Pi e conecte o cabo de alimentação elétrica, o que imediatamente dará início ao *boot*.

O tempo de inicialização do Raspbian irá depender da velocidade do seu cartão, mas em geral não leva mais do que alguns segundos.

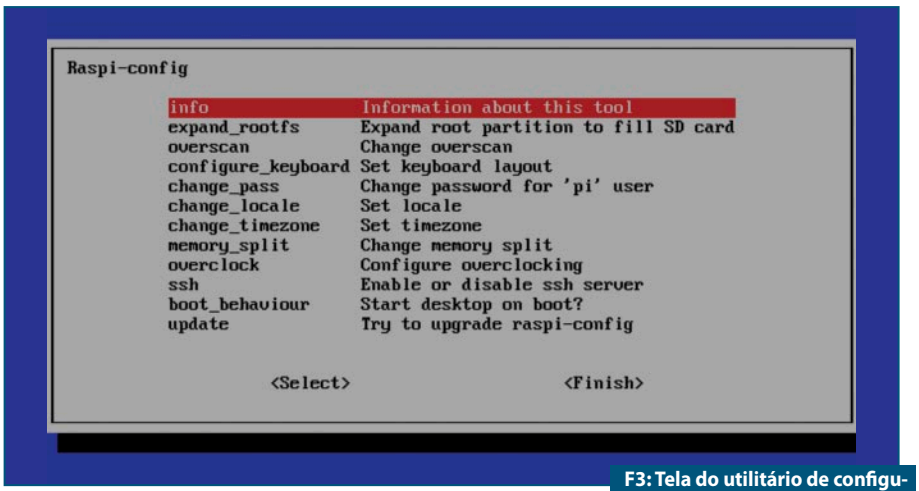
Por padrão, na primeira inicialização o Raspbian carrega automaticamente sua ferramenta de configuração, chamada *Raspi-config* (**figura 3**). Isso só acontece automaticamente no primeiro *boot*, mas é possível executá-la manualmente a qualquer momento, com o seguinte comando: $ sudo raspi-config

Nenhuma configuração é mandatória para o funcionamento do Raspbian, que neste ponto já está completamente funcional. Entretanto, três opções merecem um pouco de atenção:

A primeira dela chama-se "expand_rootfs". Por padrão, a partição do sistema operacional é criada com apenas 1,75 GB de tamanho, mas ao selecionar esta opção ela será redimensionada no próximo *boot* para ocupar toda a capacidade do cartão SD.

Outra configuração importante tem a ver com o HDMI, e ela se chama "overscan". É bem provável que ao iniciar o Raspbian pela primeira vez, exista uma moldura preta em volta da imagem que aparece no monitor. Para retirar essa moldura, selecione a opção "overscan" e depois "Disable".

E, para aqueles que não gostam trabalhar com sistemas operacionais e em inglês, é possível alterar o idioma do Raspbian para o português do Brasil por meio da opção "change_locale". Na lista que irá aparecer, procure pela opção "pt_BR.UTF-8 UTF-8", selecione-a com a barra de espaço do teclado e na tela seguinte marque "pt_BR.UTF-8".



F3: Tela do utilitário de configuração Raspi-config.

Com tudo configurado da forma que desejar, selecione *Finish* e, caso você tenha alterado algum parâmetro, reinicie para que as modificações possam ser aplicadas. Após o reinício, utilize o nome de usuário "*pi*" e a senha "*raspberry*" para autenticar no sistema. Caso nenhuma alteração tenha sido feita, o *login* será feito automaticamente.

Até esse ponto, o Raspbian conta apenas com o usuário "pi" com a senha padrão de "raspberry". Uma boa prática, é logo no primeiro *login*, alterar a senha do usuário *pi*. Para isso, realize o seguinte procedimento:

```
pi@raspberrypi ~ $ passwd
Mudando senha para pi.
Senha UNIX (atual):
Digite a nova senha UNIX:
Redigite a nova senha UNIX:
passwd: senha atualizada com sucesso
pi@raspberrypi ~ $
```

Outra boa prática é regularmente checar se há atualizações para os *softwares* instalados. Note que, para isso, é necessário ter acesso à Internet. Primeiro atualize a árvore de pacotes do Raspbian: $ sudo apt-get update

Assim que o *prompt* ficar disponível novamente, execute o comando: $ sudo apt-get upgrade

Este, sim, é o comando que irá realizar a atualização. No nosso caso estavam disponíveis 127 atualizações, totalizando 131 MB que precisavam ser baixados:

```
127 pacotes atualizados, 0 pacotes novos instalados, 0 a serem removidos e 8 não atualizados.
É preciso baixar 131 MB de arquivos.
Depois desta operação, 1.489 kB adicionais de espaço em disco serão usados.
Você quer continuar [S/n]?
```

Tecle "S" para dar início e aguarde até que o procedimento termine. Quando o *prompt* ficar disponível novamente, a atualização terá terminado. Antes de partirmos para o ambiente gráfico, é bom que o leitor conheça alguns comandos básicos para gerenciamento de pacotes no Debian. Para procurar por algum *software*, execute o seguinte comando: $ apt-cache search <nome do *software*>

Exemplo: $ apt-cache search htop

A saída deste comando deve ser algo do tipo:

```
aha - ANSI color to HTML converter
htop - interactive processes viewer
```

Instalações de *softwares* podem ser feitas por meio do comando: $ sudo apt-get install <nome do *software*>

Exemplo: $ sudo apt-get install htop

Para executar o programa "htop" (**figura 4**) que instalamos no exemplo, basta digitar o nome dele e teclar *ENTER*: $ htop

Para remover um *software* que esteja instalado, execute o seguinte comando: $ sudo apt-get remove <nome do software>

Exemplo: $ sudo apt-get remove htop

Ambiente gráfico

Para acessar o ambiente gráfico, execute o seguinte comando: $ startx

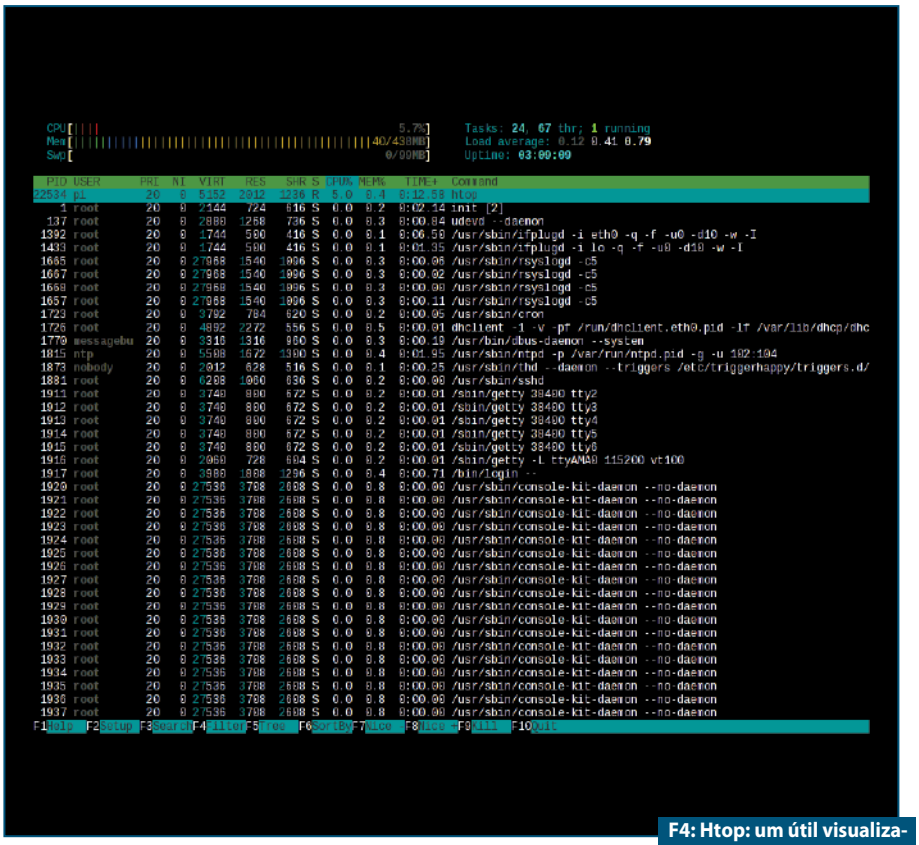
Como o leitor pode ver na **figura 5,** o Raspbian oferece um agradável ambiente gráfico baseado no LXDE. Logo na área de trabalho temos os ícones dos principais *softwares,* que vêm instalados por padrão. O IDLE e o IDLE 3 são os ambientes de desenvolvimento do Python 2 e 3, respectivamente (**figura 6**).

Scratch (**figura 7**) é uma linguagem de programação desenvolvida no MIT (*Massachusetts Institute of Technology)* que, por meio de um ambiente de desenvolvimento gráfico, pode ser utilizada para criação de histórias interativas, jogos etc. O navegador de internet padrão é o Midori, um *browser* que visa ser leve e rápido.

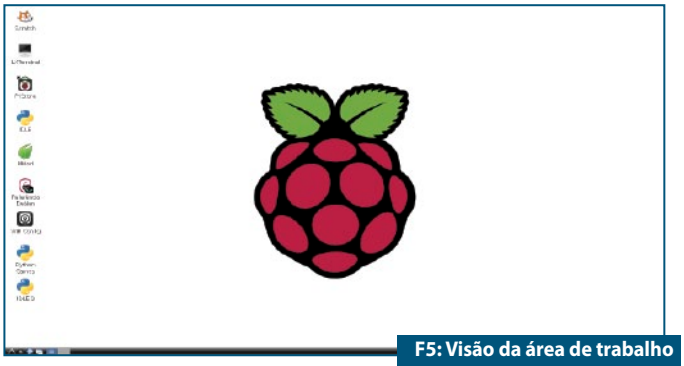
Na área de trabalho, também está o ícone que dá acesso à loja de aplicativos exclusiva para o Raspberry Pi, a *Pi Store* (**figura 8**). Apesar de ainda não ter uma grande variedade de *softwares*, a proposta é muito boa, pois, qualquer desenvolvedor pode enviar seu *software* para lá.

Conclusão

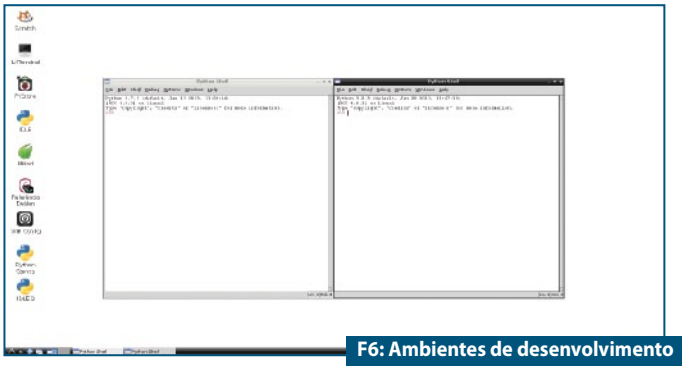
Seguindo os passos propostos neste artigo, o leitor terá as ferramentas básicas para colocar seu Raspberry Pi para funcionar. A partir deste ponto, você pode seguir qualquer direção, afinal, trata-se de um sistema Debian completo, com acesso a uma enorme árvore de pacotes e apesar do Raspbian ser a distribuição oficial, não hesite em experimentar outros sistemas operacionais, como o Arch Linux ARM e também o Raspberry Pi Fedora Remix.



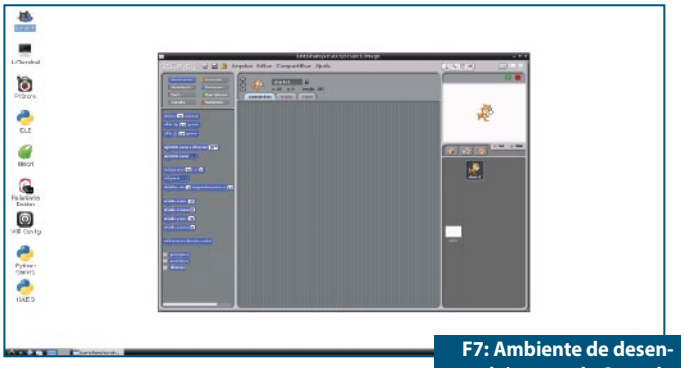
F4: Htop: um útil visualizador de processos.



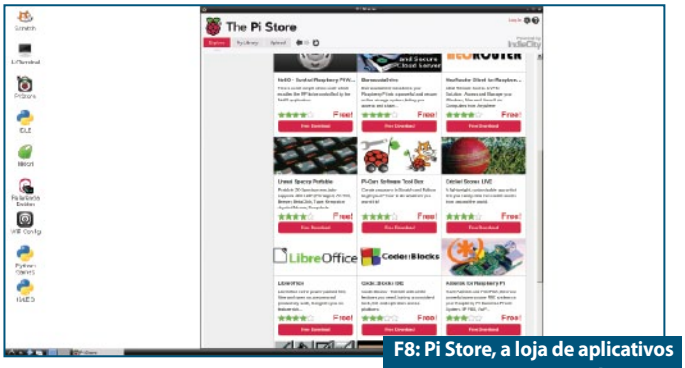
F5: Visão da área de trabalho do Raspbian.



F6: Ambientes de desenvolvimento do Python 2 e 3.



F7: Ambiente de desenvolvimento do Scratch.



F8: Pi Store, a loja de aplicativos para o Raspberry Pi.

Osciloscópios 40 MHz–100 GHz

Analisadores Lógicos • Gerador de Formas de Onda • Analisadores de Integridade de Sinal

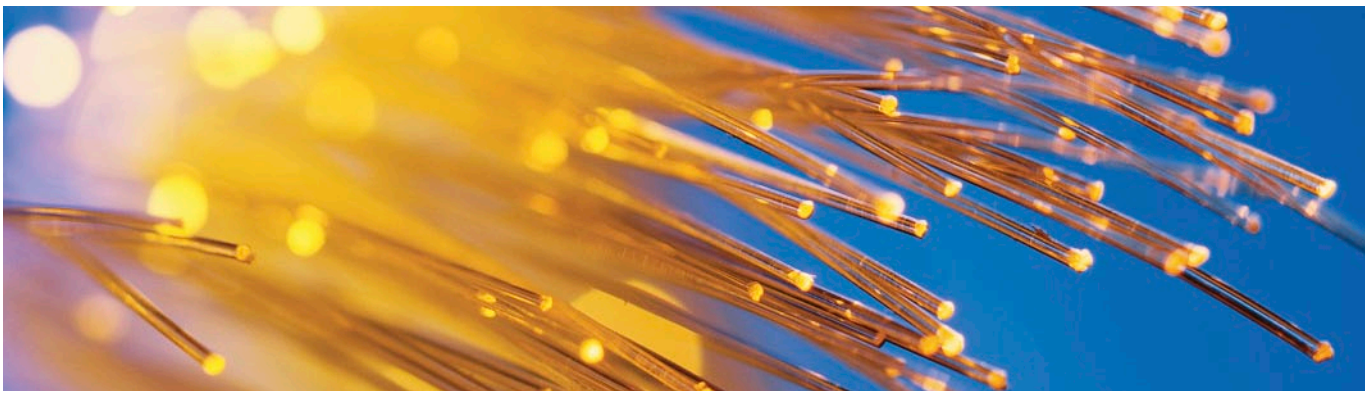


TELEDYNE LECROY
Everywhereyoulook™

MIT Meastech
www.meastech.com.br

REDEX TELECOM
www.redex.com.br

RioLink
www.rlink.com.br



Fibras Ópticas de Plástico:
Alternativa importante para curtas distâncias

O baixo custo das fibras ópticas de plástico e algumas características adicionais importantes tornam este tipo de fibra ideal para usos específicos como, por exemplo, o automotivo, onde os sinais não precisam ser enviados a distâncias muito longas e o próprio ambiente tem características adversas. As fibras de PMMA, da SIEMENS, tornam-se uma alternativa interessante para o projetista, como veremos neste artigo

As fibras ópticas de plástico não possuem as mesmas características das fibras de vidro, apresentando, além de uma atenuação de sinal maior, uma faixa passante reduzida.

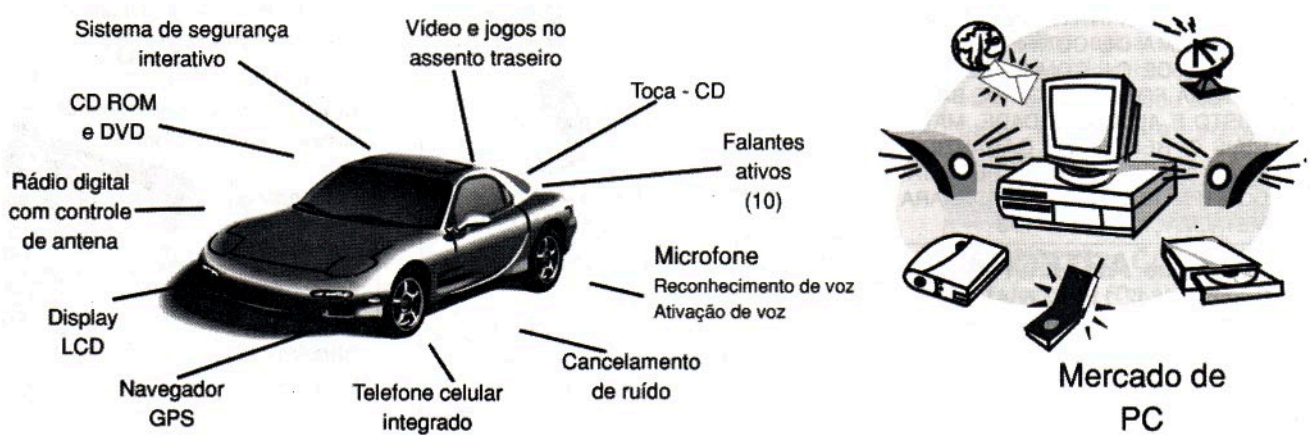
Isso significa que essas fibras não podem ser usadas com a mesma eficiência na transmissão de dados a longa distância, o que as levou a um abandono relativo nos últimos anos.

No entanto, com a utilização cada vez maior de sistemas digitais de controle nos veículos automotores e outros meios em que os sinais devem ser transmitidos a curta distância, essas fibras encontraram um novo campo de aplicação, revelando-se inclusive mais vantajosas do que as fibras ópticas de vidro.

Soma-se a isso o fato de terem sido desenvolvidas novas tecnologias capazes de produzir fibras baratas de resistências com graus de atenuação e faixa passante, o que as torna ideais para este novo campo de aplicações.

As novas fibras são feitas com núcleos de Polimetilmetacrilato ou PMMA, envolvidos por um polímero baseado em fluoreto de carbono.

A Siemens Cupoflex é a fabricante dessas fibras, com características que permitem seu uso em ambientes com temperaturas entre -20 e +85 graus Celsius.



F1. Campos de aplicações das POF (fibras ópticas de plástico).

Observe na **figura 1** vários campos de aplicações das fibras ópticas de plástico (POFs). Lembramos, ainda, que as fibras ópticas encontram uma larga gama de aplicações médicas e em controles industriais.

Vantagens das fibras ópticas

Em um ambiente sujeito a elevados níveis de interferências eletromagnéticas, como o que encontramos em carros, os fios de metal conduzindo sinais são muito mais sensíveis que as fibras ópticas.

Isso quer dizer que nos sistemas de controle do funcionamento do veículo, sinalização e mesmo segurança, o uso de fibras ópticas tem vantagens.

As fibras ópticas são insensíveis à interferências, tanto dos circuitos elétricos do próprio carro quanto dos externos. Mais do que isso, estas fibras, em caso de acidentes ou problemas físicos, não causam curto-circuitos que possam significar mais uma questão de segurança e para o próprio funcionamento do veículo.

Desta forma, o uso das fibras nos circuitos de controle que envolvem a transmissão de sinais dentro de um veículo oferecem uma gama de vantagens que não é alcançada quando se usam fios comuns de metal.

Dentre as principais vantagens das fibras ópticas de plástico ou POF (*Plastic Optical Fiber*), temos:

- Cabos mais leves;
- Elevada capacidade de transmissão de dados (até 150 Mbit/s);
- Imunidade à EMI/RFI;
- Não há o fenômeno do cruzamento de informações entre fibras (*crosstalk*);
- Isolação elétrica completa;
- Não há faiscamentos.

Além disso, o manuseio e instalação das fibras ópticas de plástico é mais simples.

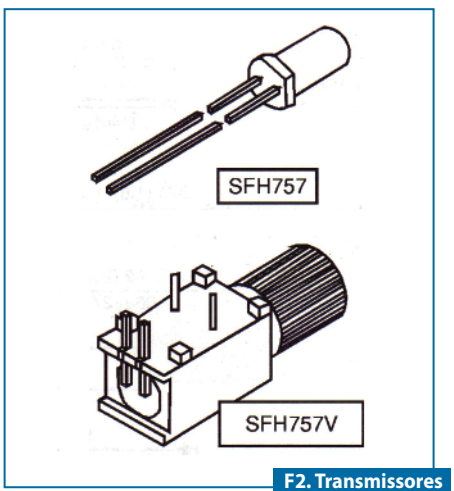
Componentes associados

Para possibilitar o uso das fibras em sistemas de comunicações de curta distância, a Siemens desenvolveu uma série de componentes eletrônicos específicos.

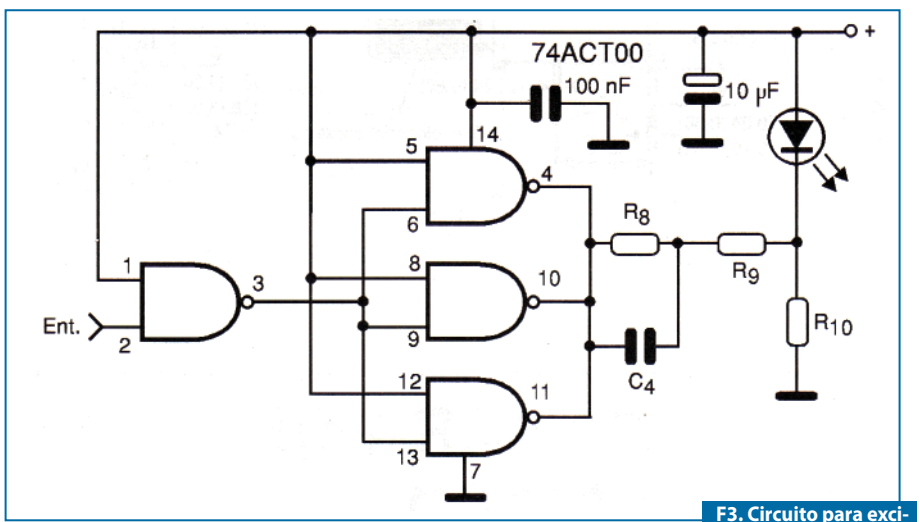
Estes componentes fazem tanto o processamento dos sinais quanto a emissão dos sinais ópticos e recepção.

Emissores

Os diodos emissores de luz (LEDs) usados no trabalho com as POFs devem ter características especiais.



F2. Transmissores para POF.



F3. Circuito para excitação do SFH757.

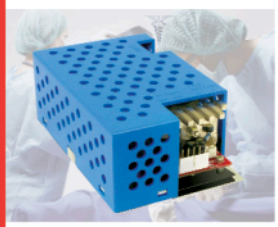
Necessita Potência?
Pense GlobTek!

Carregadores inteligentes de baterias oferecem operação trifásica

Disponível em versões fornecendo 4,2 V, 8,4 V ou 12, 6 V a 1 A para atender configurações de simples ou múltiplas baterias, a família GTM91128 de carregadores inteligentes de baterias Li-Íon da GlobTek opera com três modos de carga: condicionamento, corrente constante e voltagem constante. Os dispositivos de entrada universal possuem recurso de finalização de carga mínima com temporizador de backup totalmente carregado e LEDs indicadores do estado da carga. A família de carregadores inteligentes de baterias também vem com plugues intercam



...para mais informações visite www.globtek.com



Comutadores aprovados para área médica com estrutura aberta fornecem até 240 W

Adequada para ampla variedade de aplicações médicas, ITE e PoE, a família GTM91110P240 de fontes de alimentação ca/cc de estrutura aberta da GlobTek fornece até 240 W de potência, ocupando espaço de 3 x 5 polegadas. Os dispositivos são fornecidos configurados em fábrica com saídas de 12 a 55 V (em incrementos de 0,1 V). Disponíveis em versões Classe I ou II, as fontes de alimentação de 1,75 polegada de altura apresentam eficiência de 85% com carga plena e

...para mais informações visite www.globtek.com

Bateria recarregável fornece dados sobre estado da carga

Fornecendo capacidade inteligente de energia recarregável para avançados dispositivos portáteis e remotos, o conjunto BL3100C1865004S1PSQA de baterias Li-Íon da GlobTek incorpora funcionalidade de medição do estado para fornecer dados importantes sobre a carga. O conjunto de 14,4 V possui capacidade de 3.1 Ah e também incorpora um circuito de proteção. "Você não pode mais colocar uma bateria em um dos produtos comuns atuais sem fornecer um meio para verificar o estado da carga, pois a vida útil



...para mais informações visite www.globtek.com

GlobTek® Inc.
"your power partner"

www.globtek.com

A Siemens tem os seguintes tipos de diodos para este tipo de onda de emissão:

- SFH450 – 950 nm;
- SFH756 – 660 nm;
- SFH757 – 660 nm.

Na **figura 2** são mostrados dois exemplares. Para o SFH757 temos, na **figura 3**, um circuito prático de aplicação onde portas NAND separadoras são usadas na excitação a partir de sinais lógicos de entrada.

Este transmissor pode ser usado para o envio de dados em fibras ópticas plásticas a distâncias de até 100 metros com uma velocidade de até 50 Mbits por segundo (100 Mbits/s com circuito de pico).

Fotodetectores

A Siemens possui na sua linha de produtos para operar com POF um fotodiodo rápido PIN (SFH250), um fototransistor (SFH350) e também um fotodetector integrado com saída TTL (SFG551/1). Na **figura 4** temos um circuito prático utilizando o fotodetector integrado SFH551/1.

Conforme podemos ver pelo seu diagrama de blocos, este componente possui um Schmitt-Trigger incorporado, o que garante uma saída de sinal com transições rápidas de modo a compensar os defeitos do cabo sobre o sinal óptico, que tende a um "arredondamento" de sua forma tanto pela atenuação quanto pelo efeito das trajetórias múltiplas do sinal, veja na **figura 5**.

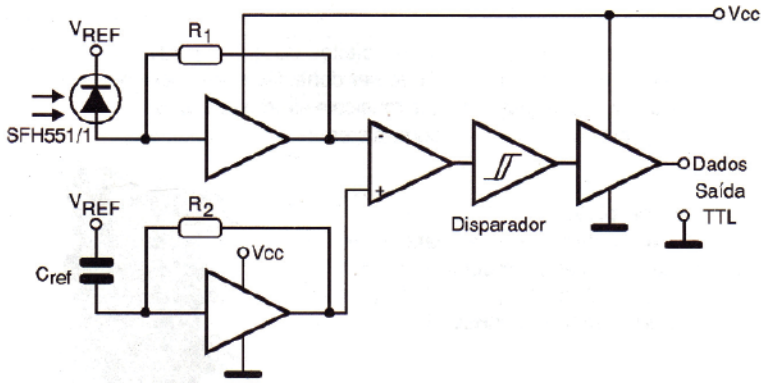
Conectores

A linha de conectores disponível serve para os emissores e para os receptores. Na **figura 6** temos os tipos que têm uma abertura de 2,2 mm para funcionar com fibras padronizadas de 1 mm. Estes conectores possuem microlentes, ou seja, lentes moldadas de modo a permitir um acoplamento eficiente.

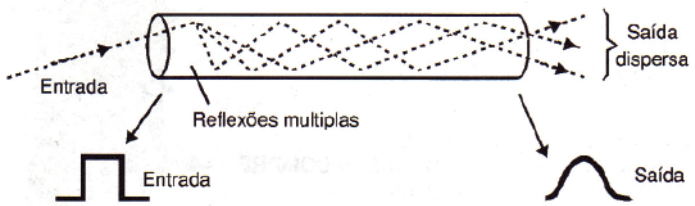
Conclusão

Na transmissão de dados a curta distância em ambientes críticos sujeitos a elevado nível de interferência, ou ainda onde o baixo custo é importante, o uso da fibra óptica de plástico (POF) é uma alternativa a ser estudada.

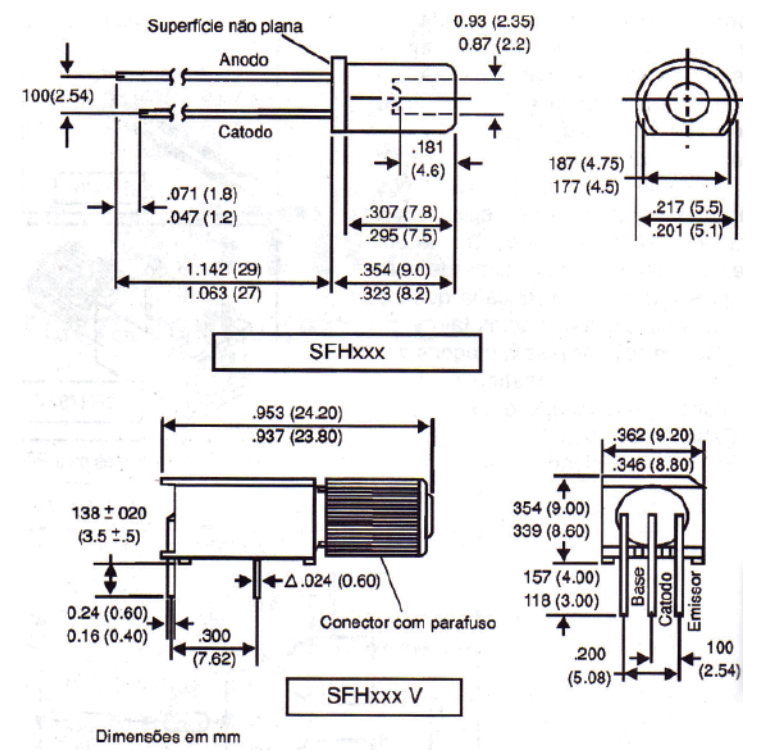
Mais informações sobre o assunto podem ser encontradas no *site* da Siemens: **www.siemens.com**.



F4. Circuito de aplicação para o SFH551/1.



F5. Arredondamento do sinal óptico na saída.



F6. Tipos de conectores para uso com as POF. (Dimensões em mm).

Holtek agora também é ARM

NOVA LINHA DE MICROCONTROLADORES HT32Fxxx

Holtek inova com o lançamento de sua nova linha de microcontroladores HT32Fxxx que une todo o poder de processamento do core ARM Cortex-M3 com sua experiência de mais de 20 anos desenvolvendo microcontroladores de 8 bits, resultando em um microcontrolador poderoso com um set de periféricos abrangente altamente competitivos em preço.

CARACTERÍSTICAS:

Com a integração do núcleo Cortex-M3 em seus dispositivos os desenvolvedores contam com as seguintes vantagens:

- **Frequência de operação de até 72MHz.**
- **1,25 DMIPS/MHz**
- **Multiplicação e divisão em um único ciclo por hardware.**
- **Interrupções vetoradas e aninhadas através do controlador NVIC**
- **Timer de 24-bits**

A arquitetura ARM presente em seus novos microcontroladores de 32 bits, proporciona o uso dos melhores ambientes de programação da atualidade como:

- **Keil MDK-ARM**
- **IAR EWARM**

HOLTEK

ANYTEK conectores

FORDATA FOR DATA DISPLAY

módulos RF WENSHING

GlobalSat Wired by Wireless

APLUS CI reprodutor de sons

FAGOR

SIMCom A company of SIM Tech

Visite o site da Holtek e conheça toda linha:
www.holtek.com

Cika Eletrônica

Seu Distribuidor de Componentes Eletrônicos

Tel.: 55 11 2696-6428 / Fax: 55 11 2696-6422

vendas@cikaeletronica.com

www.cikaeletronica.com

Semicondutores Industriais

A demanda de mercado vem exigindo um aumento significativo na velocidade dos processos fabris. Inversores vetoriais, redes Field Bus e CLPs são apenas alguns exemplos das tecnologias desenvolvidas para atender essas necessidades. Mas não importa o quão sofisticada seja a tecnologia de controle desses processos, a etapa final precisa sempre de um "drive" de potência. Caso o drive não possua uma performance compatível, toda a tecnologia de controle estará desperdiçada.

Esse "elo" entre controle e potência sofreu grandes avanços tecnológicos nessas últimas décadas. Pensando nisso, elaboramos este artigo para mostrar o princípio de funcionamento dos semicondutores mais importantes da área industrial.

Alexandre Capelli

Diodos de Potência

Dizer que um diodo convencional é um semicondutor de estrutura P–N, cuja função é permitir a passagem de corrente em um único sentido (direto), e que para isso ocorrer é necessária uma tensão mínima aproximada de 0,7 V (para diodos de Si), não é nenhuma novidade. Mas, para os diodos de potência, algumas das características de funcionamento, desprezadas nos diodos de sinal, tornam-se significativas. A **figura 1** mostra um pequeno diodo da Semikron utilizado em conversores CC. Normalmente a aparência dos diodos de potência segue esse padrão, mudando apenas o tamanho do encapsulamento, proporcionalmente à potência.

Na **figura 2** vemos, na estrutura do diodo de potência, uma terceira camada. A camada N extra intermediária é de baixa dopagem e sua função é aumentar a capacidade do componente quando aplicado em tensões elevadas.

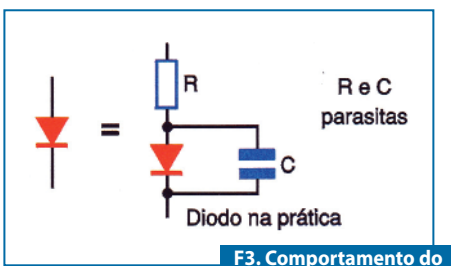
Essa camada acrescenta uma parcela resistiva ao diodo, quando em condução. Além disso, a área da seção transversal das junções é maior do que a de um diodo normal, pois a corrente circulante também é maior, e isso agrega uma parcela capacitiva ao diodo quando em bloqueio. A **figura 3** ilustra o circuito elétrico equivalente a esse modelo.

Essas características não desejáveis podem "atrapalhar" a forma de onda da comutação de um diodo de potência (**figura 4**), porém, como o dispositivo acionado por ele geralmente é "robusto", isso não deverá afetar o funcionamento.

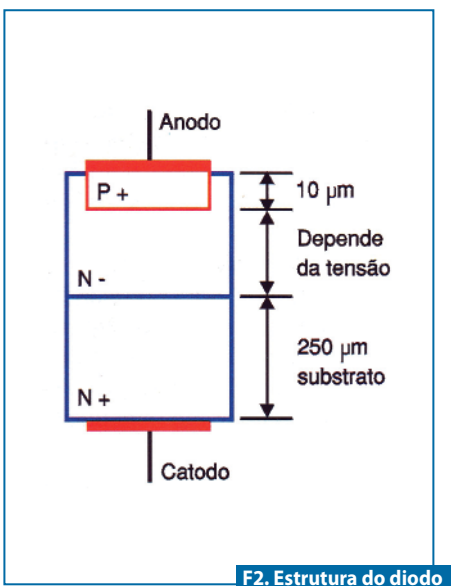
Mesmo assim, veremos mais adiante algumas técnicas de filtragem e amortecimento dos transientes provocados pela comutação dos semicondutores de potência.



F1. Diodo Semikron.



F3. Comportamento do diodo, na prática.



F2. Estrutura do diodo de potência.

A resistência e a capacitância parasitas formadas em um diodo de potência podem gerar sobretensões no circuito, principalmente quando chaveamos cargas indutivas. Os diodos denominados *soft--recovery* minimizam esses efeitos, sendo que sua resposta é da ordem de poucos µs de atraso na comutação.

Tiristores

Ao contrário do que muitos pensam, tiristor não é o nome de um componente, mas sim de uma grande família deles. Basicamente, qualquer semicondutor de quatro camadas, na sequência p – n – p – n, pode ser considerado um tiristor. Existe uma infinidade de tipos e modelos de tiristores no mercado. Neste artigo, estudaremos apenas os principais: SCR, TRIAC, GTO, e MCT.

SCR (Retificador Controlado de Silício)

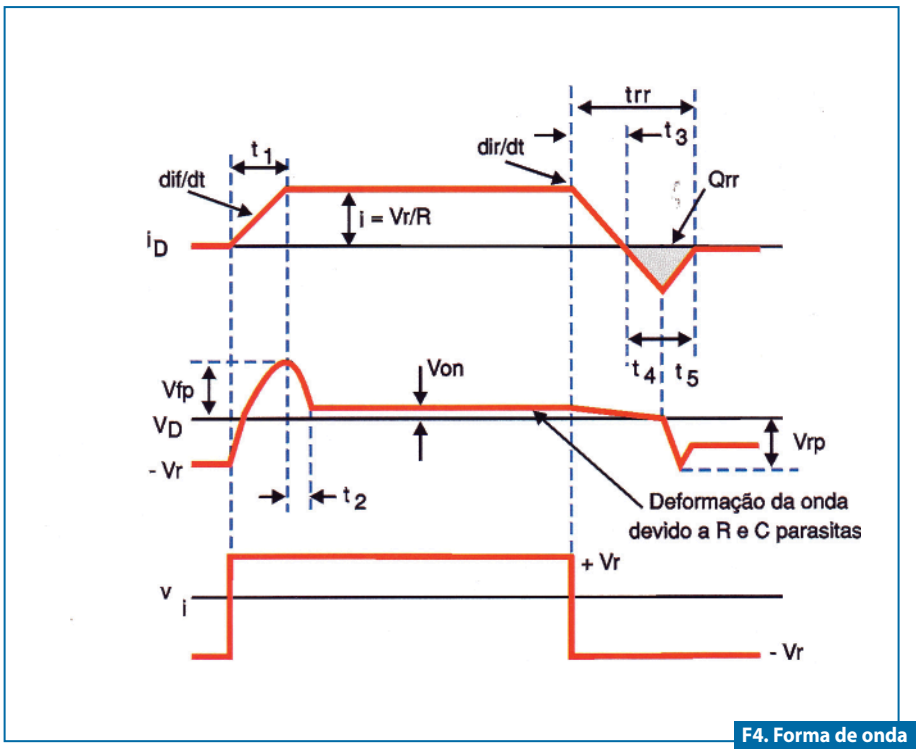
O SCR é um dos "membros" da família dos tiristores. Podemos definir esse componente como sendo um diodo retificador, cuja condução pode ser controlada através de um terceiro terminal denominado "*gate*".

A estrutura básica do SCR é mostrada na **figura 5**. Notem que temos quatro camadas na sequência p – n – p – n. Para entender melhor o princípio de funcionamento de um SCR, a **figura 6** fornece a analogia de funcionamento com a associação de dois transistores.

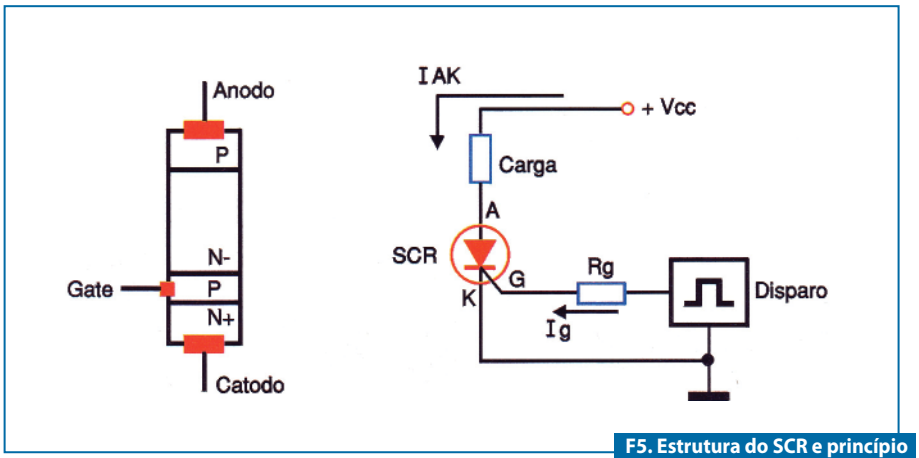
Inicialmente, ambas as bases dos dois transistores (T_1 e T_2) estão abertas, isto é, sem polarização. Desse modo, ambos estão em corte, portanto não há corrente circulando entre A (anodo) e K (catodo). A partir do momento que "injetamos" um pequena corrente de *gate* (I_G) na base de T_2, um processo de realimentação se inicia. A corrente I_G, que está entrando pela base do transistor NPN T_2 faz com que esse transistor entre em condução. Uma vez conduzindo, sua corrente de coletor (I_{C2}) é a mesma corrente que sai da base de T_1. Por ser um transistor PNP, quando a corrente sai da base passa a conduzir.

Agora a corrente de coletor de T_1 é somada à corrente I_G, que já não é mais necessária para assegurar o processo. Mesmo com a retirada de I_G, ambos os transistores permanecerão em condução indefinidamente. Apenas quando cortamos a alimentação desse circuito, é que ambos voltarão ao estado inicial do corte. Cabe lembrar que esse é um modelo teórico. Na prática seria inviável utilizarmos esse circuito de modo útil, pois a corrente entre A e K seria a mesma de Ib, que, por ser uma corrente de base, não pode atingir valores altos.

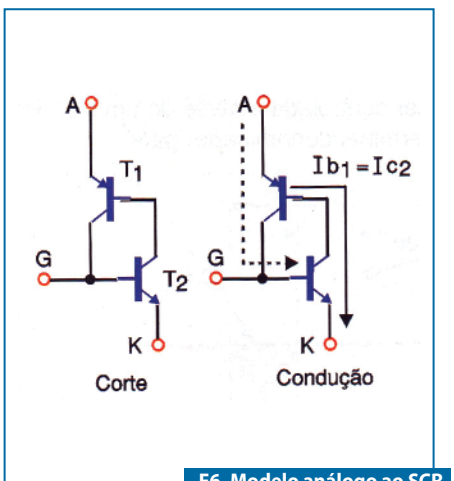
Os invólucros dos SCRs utilizados na indústria raramente são do tipo TO – 220. A **figura 7** mostra um clássico encapsulamento industrial do tipo rosca. A própria rosca, além de servir de fixação nos dissipadores de calor, é o terminal de anodo. O catodo



F4. Forma de onda (comutação).



F5. Estrutura do SCR e princípio elementar de disparo.



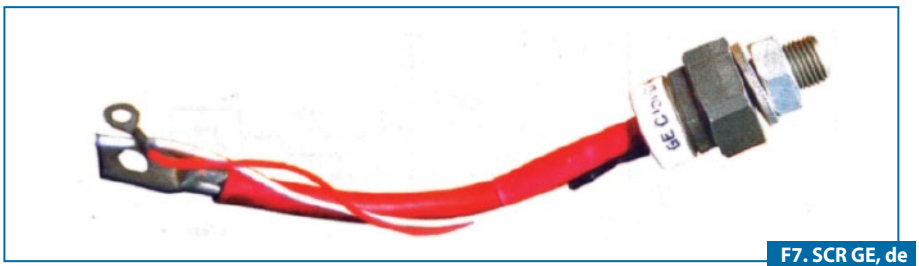
F6. Modelo análogo ao SCR com 2 transistores.

é o fio mais grosso, normalmente feito em "malha" para facilitar seu manuseio. Podemos notar mais dois fios finos, sendo um deles o *gate* e o outro o fio adicional de catodo. A intenção desse fio extra de catodo é a possibilidade de enviar os "sinais" presentes no catodo para circuitos de controle. Como esses circuitos são de alta impedância, não há necessidade desse fio ter uma grande seção transversal ("grosso"). Caso os fios de *gate* e extra de catodo não estejam identificados, basta confirmarmos com o multímetro qual está ligado junto ao cabo do catodo. Logicamente, esse é o extra e o outro o *gate*.

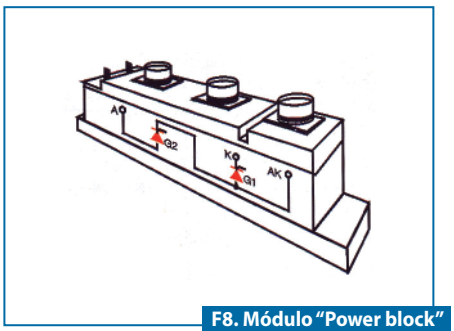
Outra possibilidade de invólucro é o módulo de potência (*Power Blocks*). A **figura 8** ilustra um "*power block*" que comporta em seu interior dois SCRs ligados de acordo com o circuito exposto no componente. Essa técnica facilita a manutenção dos equipamentos industriais e, como veremos mais adiante, podemos encontrar uma infinidade de modelos de tiristores na forma de *power blocks*.

Um outro tipo de invólucro, porém bastante antigo, é do tipo disco de porcelana, exibido na **figura 9**.

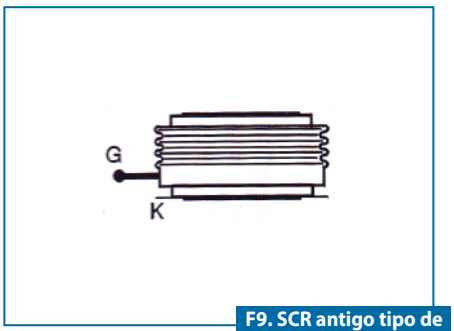
A **figura 10** traz a curva característica do SCR, na qual se pode notar que é bastante semelhante à do diodo retificador normal. No sentido reverso, por exemplo, é exatamente igual. Temos uma pequena corrente de fuga, e o ponto de ruptura (máxima tensão reversa). Já no sentido direto, a única diferença está na presença de I_G (corrente necessária ao disparo), e VBO.



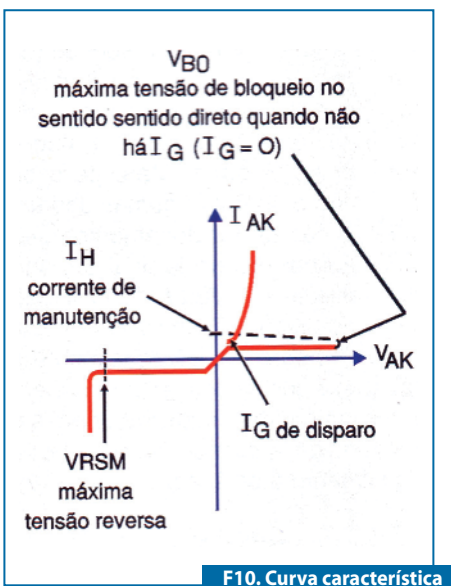
F7. SCR GE, de potência.



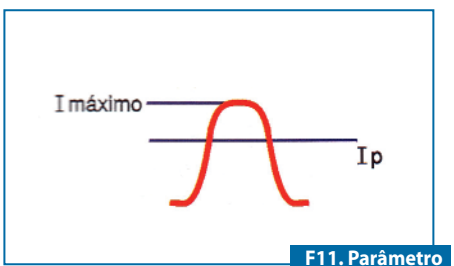
F8. Módulo "Power block" contendo dois SCRs.



F9. SCR antigo tipo de disco de porcelana.



F10. Curva característica de um SCR.



F11. Parâmetro I^2t.



F12. Gate periférico circular. Havia um aquecimento demasiado antes da corrente espalhar-se por todo semicondutor.

Parâmetros básicos do SCR

De um modo geral, todos os parâmetros referentes aos SCR podem ser aplicados aos demais tipos de tiristores. Para quem trabalha na área de desenvolvimento, esses parâmetros devem ser considerados no projeto.

Tensão de disparo (V_{BO})

É a tensão máxima que podemos ter entre A e K para que o dispositivo não conduza quando não há disparo. Caso a tensão V_{BO} exceda o limite, o SCR conduzirá mesmo sem pulso no *gate*.

Tensão máxima reversa (V_{BR})

É a tensão que pode ser aplicada entre A e K, sem causar dano no componente.

Corrente máxima de condução (I_{AK})

É a máxima corrente que o SCR pode conduzir. Neste caso, temos que dividir esse parâmetro em outros três: corrente máxima direta em RMS, corrente média direta e corrente de pico.

Temperatura máxima de operação (T_{max})

É a temperatura limite de operação normal do SCR. Caso ela seja ultrapassada, poderão ocorrer disparos indevidos (não comandados), ou ainda ter início o processo de "avalanche" com a queima do componente.

I^2t

Essa característica descreve a capacidade máxima de corrente em um determinado intervalo de tempo, onde o componente atinge a máxima potência dissipável. O I^2t é o resultado da integral do quadrado da corrente de anodo nesse intervalo de tempo ($\int i^2dt$).

Essa também é uma característica fundamental para o técnico ou engenheiro de desenvolvimento, pois é através dela

que podemos dimensionar os dispositivos de proteção (fusíveis, disjuntores, etc.) do projeto.

Vamos explorar mais esse conceito através de um exemplo prático. Antes, porém, é bom saber que quando desenvolvemos projetos com SCRs (ou tiristores e chaves estáticas, de um modo geral), devemos levar em consideração que uma proteção somente pode ser considerada eficaz, caso ela atue em um tempo menor que meio ciclo de senoide (t < 8 ms). Na prática, o bom projetista ainda acrescenta um fator de segurança, limitando esse tempo a 6 ms (tipicamente). A **figura 11** mostra o exemplo do surto. O valor da corrente eficaz é:

$$I=\frac{Ip}{\sqrt{2}} \quad \text{ou} \quad \frac{Ip\sqrt{2}}{2}$$

Suponha que o surto máximo previsto seja 6 kA, isto é, Ip = 6000 A.

O valor de I^2t adotando 6 ms como tempo máximo admissível, será:

$$I=\frac{6000}{\sqrt{2}}=4255{,}3\ A$$

Portanto:

$$I^2t=(4225{,}3)^2\cdot 6\cdot 10^{-3}=108645\ A^2.s.$$

Isso significa que esse valor deve ser superior ao I^2t do fusível a ser utilizado como proteção nesse circuito.

Taxa máxima de crescimento da tensão direta V_{AK} (dv/dt)

Quando o SCR atua no chaveamento de cargas indutivas, picos de tensão podem surgir nos terminais de anodo e catodo. Ainda neste artigo veremos como eliminar tais picos, porém a amplitude da tensão de pico, juntamente com a velocidade em que essa tensão surge (dv/dt), podem danificar o componente, caso esteja acima da especificação.

Taxa máxima de crescimento de (di/dt)

Analogamente, o SCR é sensível à variações de corrente assim como à tensões. Esse é outro conceito que vale a pena ser explorado mais detalhadamente. Quando o SCR inicia o processo de condução, a corrente surge ao redor do *gate* e, então, espalha-se radialmente até preencher toda a área do catodo. Nos SCRs (e tiristores em geral) antigos, por facilidade construtiva, o *gate* era colocado na periferia da estrutura cristalina (**figura 12**).

Dependendo da velocidade de crescimento da corrente IAK (di/dt), ocorria uma dissipação de potência muito grande próximo ao *gate*, antes da corrente ocupar toda a área disponível do anodo (seção condutora do SCR). Esse fenômeno danificava o componente. Atualmente, os SCRs são construídos com uma estrutura denominada "interdigital" (**figura 13**), isto é, o *gate* é colocado no centro do cristal e ocupa uma área maior. Com essa técnica, os tiristores modernos possuem uma taxa (di/dt) muito maior que os antigos.

Corrente de manutenção (I_H)

Uma vez disparado, o SCR necessita de uma corrente mínima para manter seu estado de condução, após a retirada do pulso de disparo. Essa corrente é chamada "corrente de manutenção".

Corrente mínima de disparo (I_{GK})

É a corrente mínima necessária, entre *gate* e catodo, para levar o SCR ao estado de condução.

Tensão máxima entre gate e catodo (V_{GK})

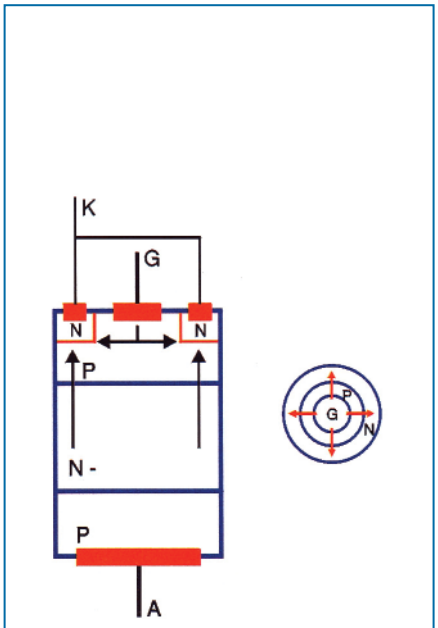
Esse é um parâmetro muito importante no desenvolvimento de circuitos com SCRs, pois o excesso de tensão entre *gate* e catodo pode danificar o componente. Normalmente a tensão de disparo encontra-se entre 0,7 V e 2,0 V, e temos vários modos de proteger o SCR contra sobretensões de gatilho. A **figura 14** mostra alguns deles.

Tempo de disparo (t_{on}) e tempo de desligamento (t_{off})

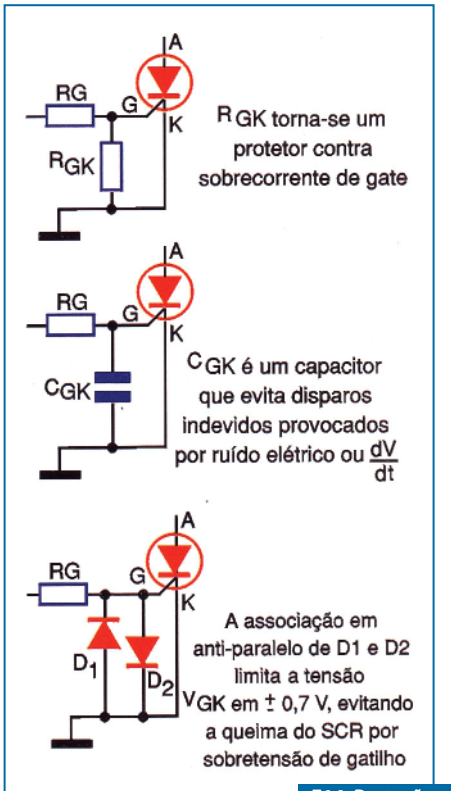
Quanto maior for a capacidade de corrente do SCR, maior a área das suas junções (seção condutora).

Na mesma proporção, as capacitâncias parasitas formadas por essa junção provocam um atraso, tanto no tempo de condução quanto no desligamento.

Portanto, o tempo necessário para o SCR sair do estado desligado e atingir a condução (t_{on}), e o tempo de desliga-



F13. Gate central e de maior área ("interdigitado").



F14. Proteções de gatilho.

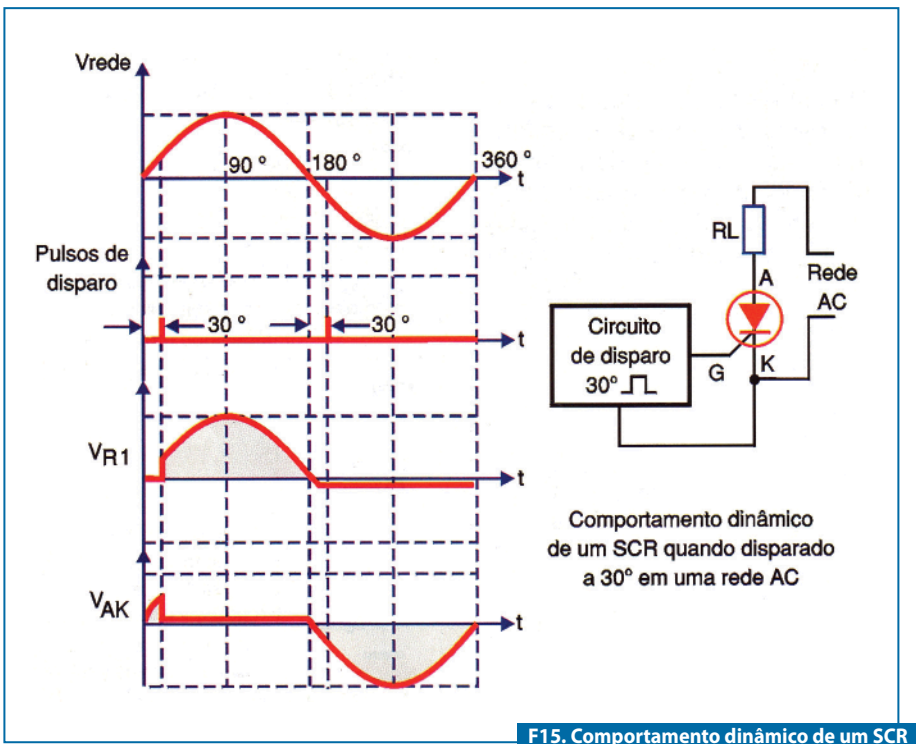
mento (t_{off}) são fatores limitantes entre a velocidade do circuito de comando e a carga.

Circuitos de disparo de SCRs

Existem "n" maneiras de se disparar um SCR. Caso o leitor procure tais circuitos em livros de Eletrônica Industrial, irá deparar-se com circuitos formados por RC (deslocamento de fase), transistor unijunção como gerador de pulsos, e outros mais. Respeitando todo o excelente conteúdo teórico-prático dessas obras, que demonstram tais técnicas com finalidade didática, atualmente eles não são mais utilizados na indústria.

Na verdade, até mesmo circuitos integrados dedicados à função de disparo de tiristores (tal como TCA 785) já estão totalmente ultrapassados. Com a utilização dos transistores MOSFET nas etapas de potência, e que evoluiu para os IGBTs (que serão vistos neste artigo), os pulsos de disparo são retirados da própria placa de controle (CLP, CPU, CNC, etc) via uma interface analógica. Essa técnica também inclui os SCRs. Por essa razão, seria impossível analisar neste mesmo artigo tais técnicas, portanto, para que o leitor tenha uma ideia do funcionamento dinâmico do SCR, representaremos os circuitos de disparo apenas em um diagrama de bloco.

A **figura 15** ilustra um SCR sendo disparado aos 30° da senoide. Notem que, por ser retificador, o SCR não conduz o semiciclo negativo na carga, e necessitamos de um novo pulso de disparo a cada 30° do semiciclo positivo, pois quando a senoide passa pelo ponto zero, o SCR é desligado.



F15. Comportamento dinâmico de um SCR quando disparado a 30° em uma rede AC.

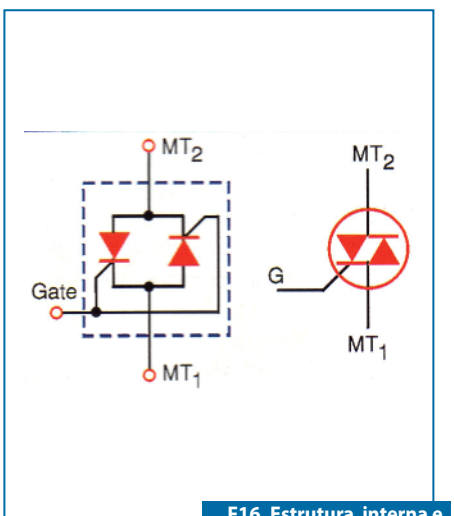
TRIAC (triodo AC)

O TRIAC é outro tiristor que foi muito aplicado na indústria em acionamento de motores de corrente alternada. Embora ainda possa ser encontrado em algumas etapas de potência dessa natureza, esse componente já está quase totalmente substituído por IGBTs.

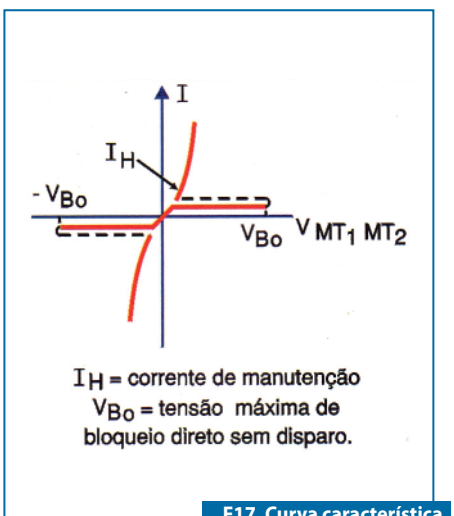
Hoje, entretanto, o modo mais usual de encontrarmos os TRIACs na indústria é no formato de "chaves estáticas".

O TRIAC pode ser montado em vários encapsulamentos (inclusive em TO – 220, e no "pequenino" TO – 92). Sua estrutura básica é constituída por dois SCRs ligados em antiparalelo. A **figura 16** exibe essa associação.

O seu princípio do funcionamento e parâmetros pertinentes são iguais aos do SCR. Como existem dois SCRs dentro da estrutura, cada um deles pode conduzir um semiciclo da senoide (tanto positivo como negativo). A **figura 17** mostra a curva característica desse componente, e a **figura 18** ilustra seu comportamento dinâmico através de um disparo de 30°. Circuitos como esse foram muito utilizados no controle de potência para cargas AC. Como veremos mais adiante, o TRIAC atualmente é utilizado (em sua grande maioria) como chave estática (SSR – *Solid State Relay*) e seu disparo, portanto, ocorre sempre imediatamente após o início de cada semiciclo.



F16. Estrutura interna e símbolo do TRIAC.



F17. Curva característica do TRIAC.

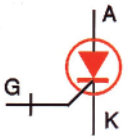
GTO (Gate turn–off Thyristor)

O GTO é um tiristor "contemporâneo" ao SCR. Ambos foram criados no final da década de 50 e início da década de 60. Ao contrário do SCR, porém, o GTO não foi (e nem é) muito utilizado. Sua principal ca-

racterística é poder bloquear a condução através de comando no terminal de *gate*. Enquanto que o SCR, uma vez disparado, somente pode ser desligado quando não fornecemos a corrente de manutenção mínima (I_H (corte da alimentação ou curto-circuito entre os terminais de anodo e catodo, por exemplo)), o GTO pode ser ligado e desligado através de um único terminal de *gate*. A **figura 19** apresenta o símbolo do GTO, e a **figura 20** mostra a sua estrutura polarizada para a ligação (condução) e o desligamento.

A grande desvantagem do GTO, e talvez o motivo pela sua baixa utilização, é a capacidade muito limitada de bloquear tensões reversas. Geralmente, quando o técnico ou engenheiro de desenvolvimento emprega um GTO em determinado circuito, ele vem ligado em série com um diodo retificador normal, técnica que compensa essa deficiência. A **figura 21** explica a razão dessa baixa capacidade de bloqueio. Como podemos notar, para que o GTO entre em bloqueio após a condução, portadores após a condução, portadores livres (lacunas) que estão nas camadas centrais do dispositivo, devem ser atraídos pelo *gate* provocando o restabelecimento da barreira de potencial na junção J2. Fisicamente, para termos lacunas suficientes, essas junções teriam de ser muito grandes, o que deixaria o GTO extremamente lento (devido às capacitâncias parasitas). A fim de evitar esse fenômeno, cristais n+ são introduzidos na região p+ do anodo, criando uma região intermediária n- e o terminal de anodo.

Essa técnica proporciona uma baixíssima impedância na junção J1 quando o GTO é polarizado reversamente , tornando-o muito rápido no desligamento. O "efeito colateral", entretanto, é que temos uma junção (J3) com regiões muito dopadas, o que limita a capacidade de bloqueio para tensões reversas.

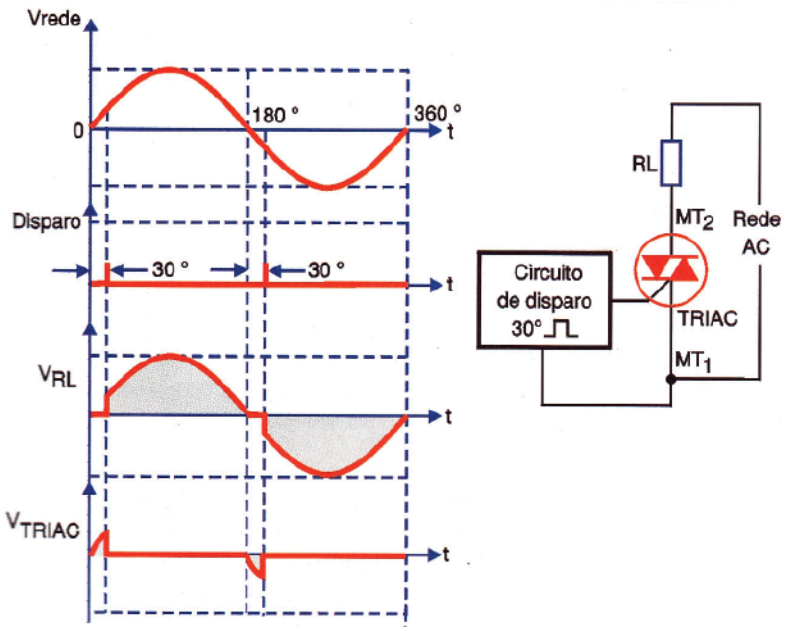


F19. Símbolo do GTO.

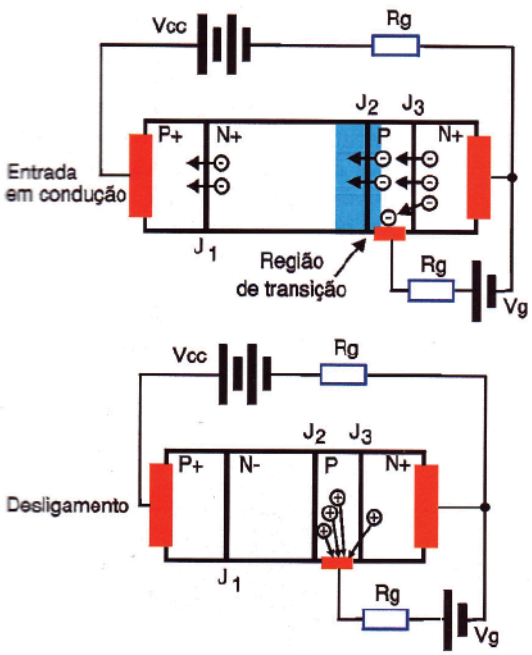
MCT (MOS–Controlled Thyristor)

Assim como o GTO, o MCT pode ser ligado e desligado via comando de *gate*, porém, conforme vemos na sua estrutura de funcionamento, na **figura 22**, seu *gate* deve ser excitado por tensão, e não por corrente (como no GTO). Cabe lembrar que essa é a diferença básica de funcionamento entre transistores MOS (efeito de campo) e bipolares, isto é, o transistor MOS é polarizado através de uma tensão (de *gate*) e o bipolar através de uma corrente (de base).

O MCT pode ser de canal P (P-MCT) ou N (N-MCT).



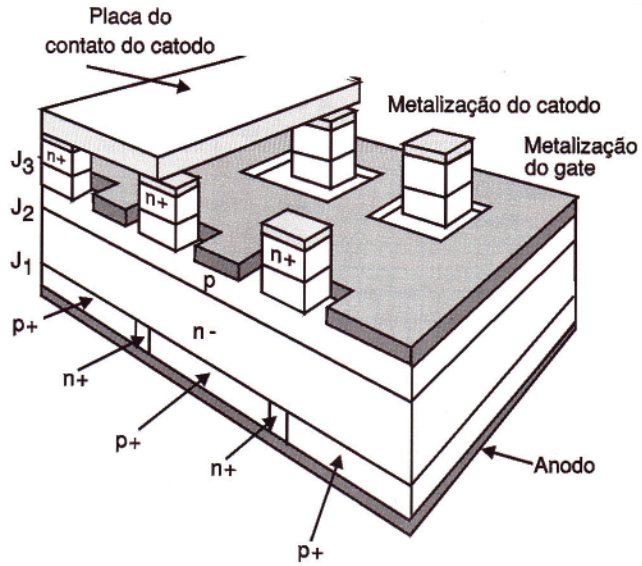
F18. Comportamento dinâmico do TRIAC quando disparado por 30° (sincronizados com a rede) em uma tensão AC.



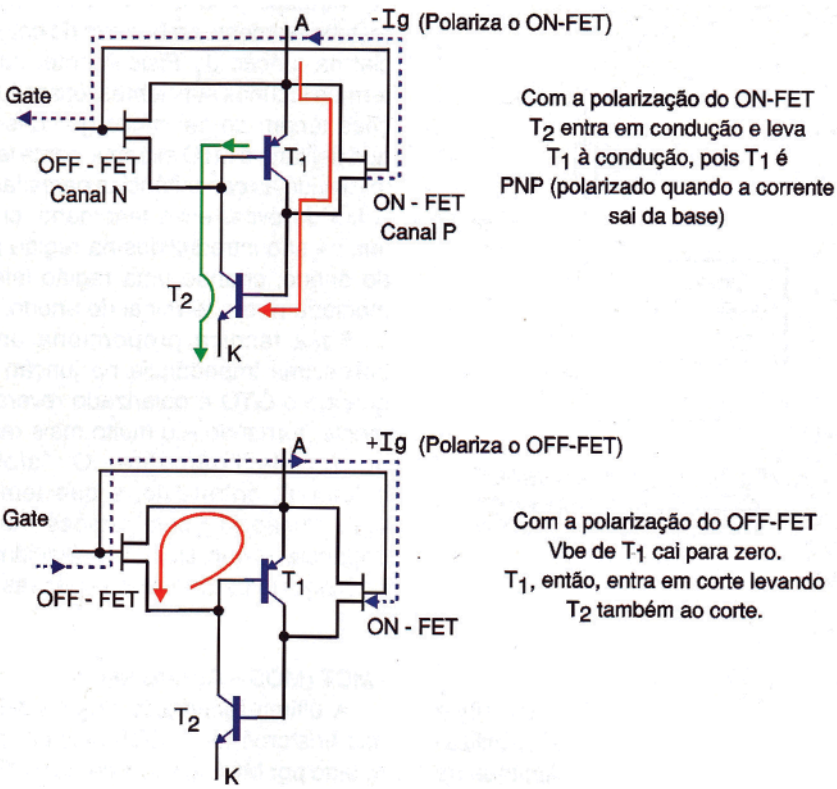
F20. "Mecanismo" estrutural de disparo e corte do GTO.

Analisando o funcionamento do modelo da figura 22, vemos dois MOSFETs: um de condução (ON-FET) e o outro de corte (OFF-FET).

No P-MCT, o ON-FET também é de canal P. Isso significa que ao aplicarmos uma tensão negativa no *gate* do dispositivo, o ON-FET injeta uma corrente de base no transistor NPN, levando o tiristor à condução. Como qualquer tiristor, caso haja uma corrente de manutenção suficiente, ele permanecerá nesse estado indefinidamente. Para desligá-lo basta aplicar uma tensão positiva de *gate*, o que ativará o OFF-FET. Assim, a tensão Vbe do transistor PNP cai a zero, o que provoca o desligamento desse transistor, interrompendo o processo de realimentação. O funcionamento para o N-MCT é análogo.



F21. Estrutura intrínseca do GTO.



F22. Modelo do MCT.

O MCT, embora com limitada capacidade de bloqueio em tensões reversas, facilitou os mecanismos de controle de disparo em relação ao GTO. Além disso, a estrutura intrínseca do MCT é composta por uma associação de milhares de "células" em paralelo em uma mesma pastilha. A **figura 23** mostra apenas uma dessas células. Essa tecnologia construtiva atribuiu a esse componente um grande limite de di/dt.

Filtros

A seguir segue relação de filtros:

Taxa de crescimentos dv/dt

Qualquer componente que atua como chave em cargas indutivas sofre o efeito da alta taxa de crescimento de tensão, em um pequeno intervalo de tempo (dv/dt). Os tiristores, de um modo geral, não constituem nenhuma exceção.

A **figura 24** ilustra o exemplo de um TRIAC atuando como chave em uma carga indutiva. Notem o *Spike* formado devido à grande dv/dt.

O circulo típico para eliminar esse efeito é o Snubber, que nada mais é do que a associação de um resistor em série com um capacitor. O princípio de funcionamento é simples, pois o capacitor opõe-se à variações de tensão. Quando a tensão tende a subir de modo rápido, ela é "amortecida" pelo capacitor. O resistor em série serve como limitador de corrente para o capacitor. Caso ele não estivesse presente, o capacitor poderia ser destruído por excesso de corrente.

O cálculo do valor do resistor e do capacitor que formam o Snubber depende de muitas variáveis, porém, na indústria esses componentes já vêm montados em um mesmo encapsulamento (**figura 25**), e seu valor pode ser facilmente determinado através de tabelas aplicativas.

Os valores usuais são:

100 Ω ≤ R ≤ 1 kΩ
Típico: R = 100 Ω

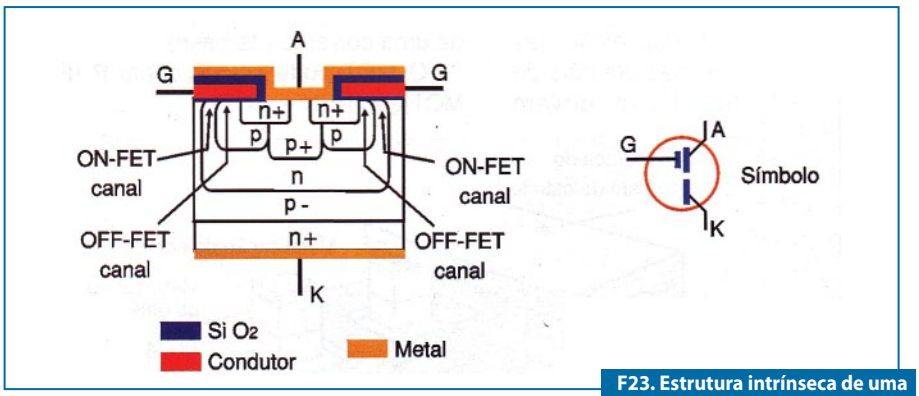
10 nf ≤ C ≤ 1 µF
C = 22 nF

A **figura 26** mostra a diferença da senoide quando o Snubber é ligado.

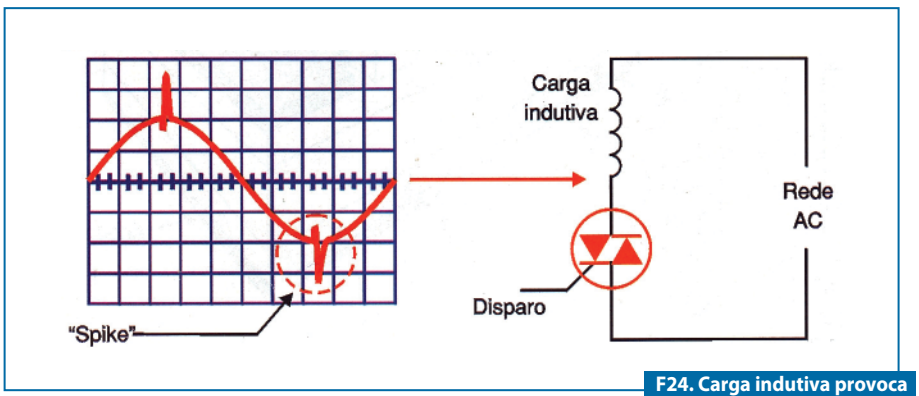
Taxa de crescimento de corrente (di/dt)

Tanto a taxa de crescimento de tensão (dv/dt) como a de corrente (di/dt), além de deformarem o sinal, podem comprometer a vida útil do componente "chaveador".

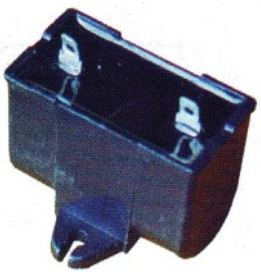
A taxa de crescimento de corrente pode ser eliminada através de um pequeno indutor em série com a carga. Obviamente, ele somente se faz necessário se a carga for resistiva (lâmpadas, resistências, etc). O princípio de funcionamento também é elementar, pois o indutor opõe-se a variações de corrente através do campo eletromagnético formado por ele. Nesse caso, o indutor passa a ser um "amorte-



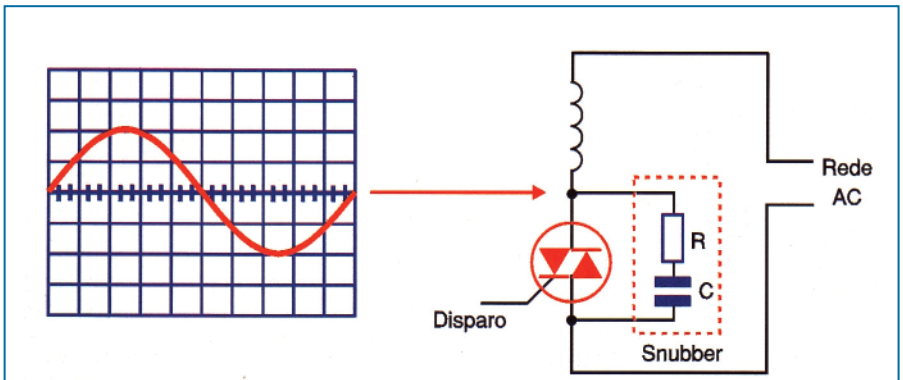
F23. Estrutura intrínseca de uma célula do MCT canal P.



F24. Carga indutiva provoca "spikes" na senoide.



F25. Snubber encapsulado.



F26. "Spikes" eliminados pelo Snubber.

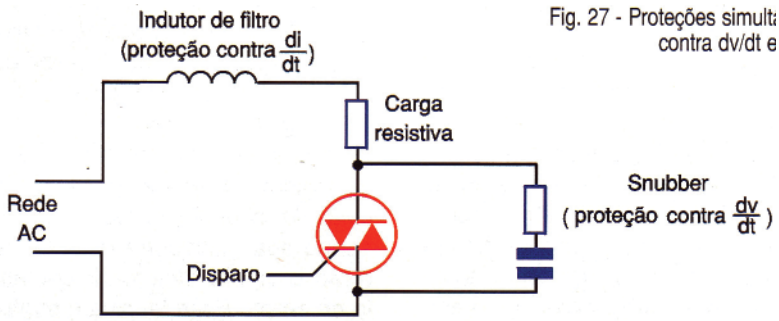
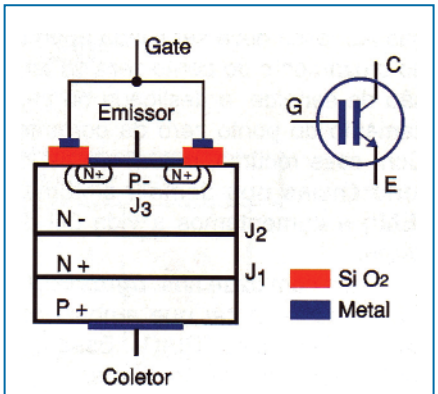


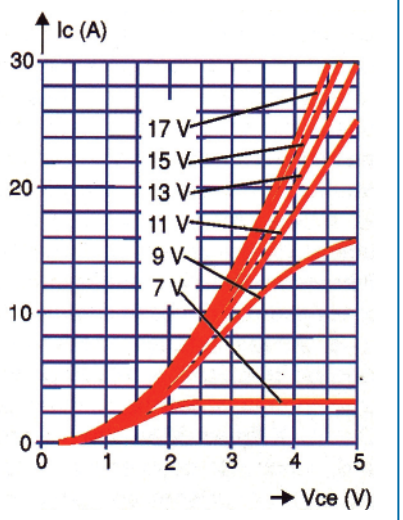
Fig. 27 - Proteções simulta
contra dv/dt e

F27. Proteções simultâneas contra dv/dt e di/dt.



F28. Estrutura do IGBT.

cedor" de (di/dt), pois antes, uma carga puramente resistiva passa a ter uma parcela indutiva (indutor de filtro). A solução definitiva está no uso simultâneo está no uso simultâneo das duas proteções, isto é, Snubber e indutor de filtro (**figura 27**).



F29. Curva dinâmica do IGBT.

IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)

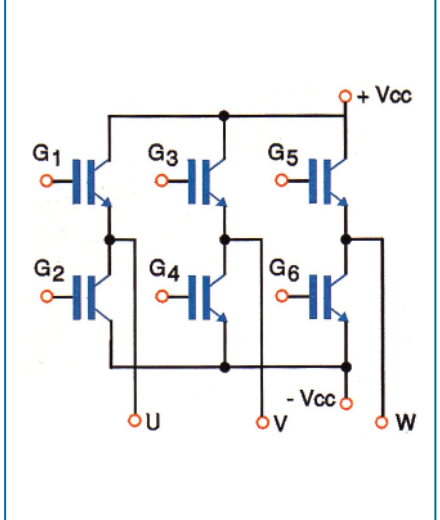
O IGBT não é da família dos tiristores. Embora possua quatro camadas, essas estão na sequência p – n – n – p, e não p – n – p – n como no tiristor. O IGBT alia duas qualidades: pequena perda na condução (característica dos transistores FET), e alta velocidade de operação (característica dos transistores bipolares).

Na verdade, esse componente é um "híbrido" entre um transistor bipolar e um FET. A sua estrutura básica está ilustrada na **figura 28**.

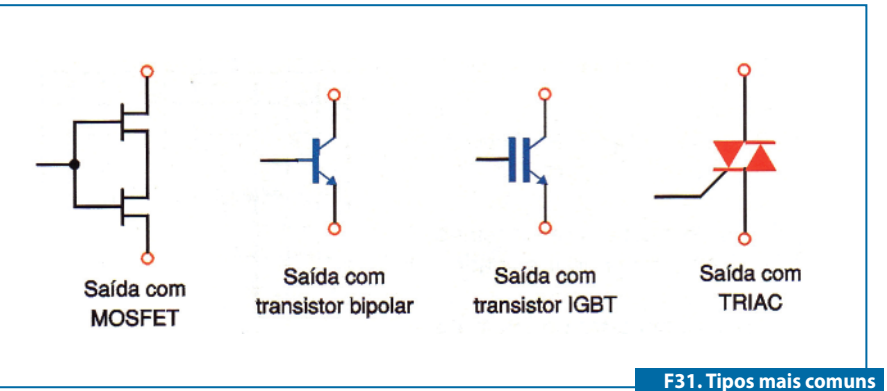
Comparando-se essa estrutura com a de um MOSFET convencional, podemos notar que a diferença é que a região N- tem sua condutividade modulada por injeção de lacunas a partir da região P-, visto que J1 está diretamente polarizada. Essa grande condutividade gera uma menor queda de tensão em comparação a um MOSFET.

A **figura 29** apresenta um exemplo da resposta dinâmica do IGBT.

Um fato importante é que, na indústria, os IGBTs raramente são empregados de forma individual. Normalmente, esses componentes vêm encapsulados na forma de módulos de potência contendo seis IGBTs (**figura 30**). Essa técnica é utilizada porque, na maioria dos casos, os IGBTs são usados como etapas de potência de saída dos inversores de frequência (acionamento de motores CA).



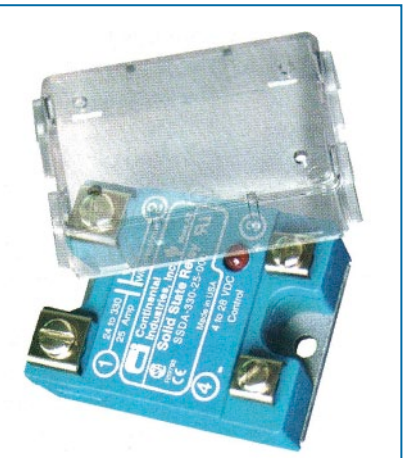
F30. Módulo de potência IGBT para inversores.



F31. Tipos mais comuns de saídas do SSR.

SSR (Solid State Relays)

Os SSRs (Relés de Estado Sólido) diferem dos relés eletromecânicos pelo fato de não apresentarem partes mecânicas móveis. Essa característica já atribui uma grande vantagem em relação ao relé eletromecânico, quanto à velocidade de operação. Como a estrutura interna de



F32. Chave estática monofásica para 25 A.

	SSR	Relé
Prós	Longa vida	Disponível em uma infinidade de formatos
	Compatível com a lógica dos CIs	Alta imunidade a EMI e sobretensões
	Não há "repique" de contatos	Baixo custo por contato
	Alta velocidade	Vários modos de alimentação
	Baixa EMI	Disponível com extrema alta tensão e
	Silenciosa	corrente
	Alta resistência mecânica	Baixa resistência no estado "on"
	Alta isolação entre entrada e saída	Baixa capacitância na saída
Contras	Necessita de dissipadores	Baixa expectativa de vida
	Alto preço de contato	Tempo de atuação longo
	Alta corrente residual	"Repique" de contatos
	Alta capacitância de saída	Barulho
	Alta resistência no estado "on"	Chaveamento gera EMI
		Baixa resistência mecânica

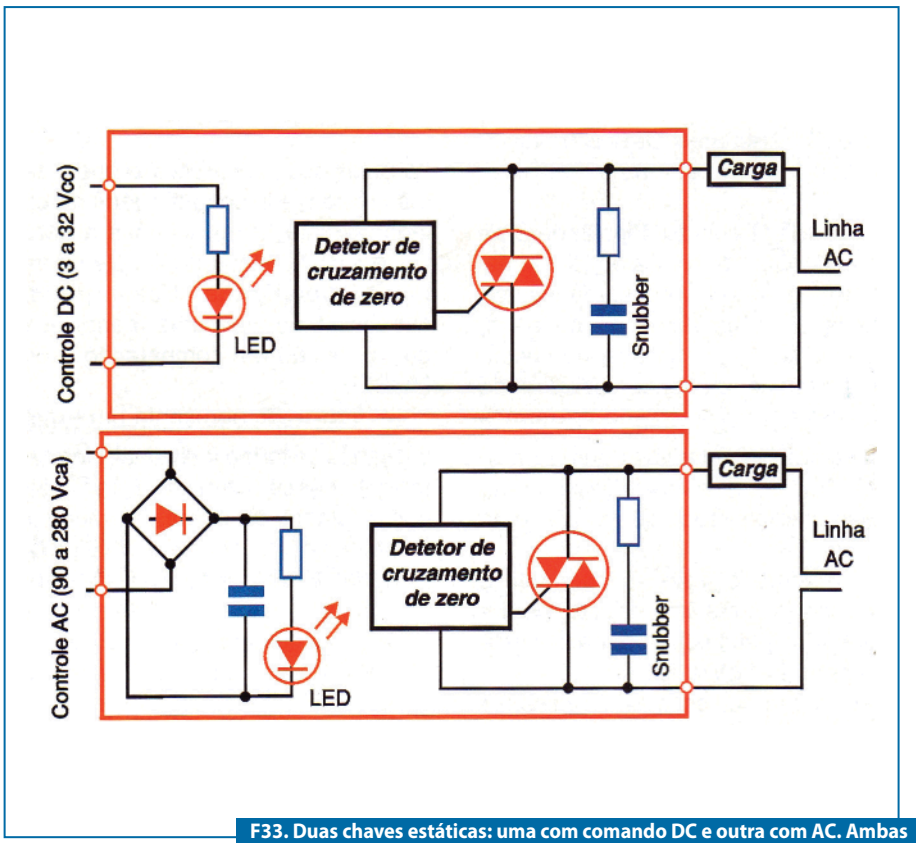
T1. Comparativo entre SSR e Relé.

um relé de estado sólido é feita de semicondutores (componentes estáticos), ele pode operar com velocidades bem mais altas que o relé eletromecânico.

Há duas categorias de relés de estado sólido: "módulos I/O", e "chaves estáticas". Ambas são largamente utilizadas na indústria, sendo a primeira delas de baixa potência, e emprega como interface entre o comando digital e pequenas cargas (solenoides, lâmpadas, eletroválvulas, etc). As chaves estáticas possuem o mesmo princípio de funcionamento dos módulos I/O, porém são projetadas para operar com alta potência.

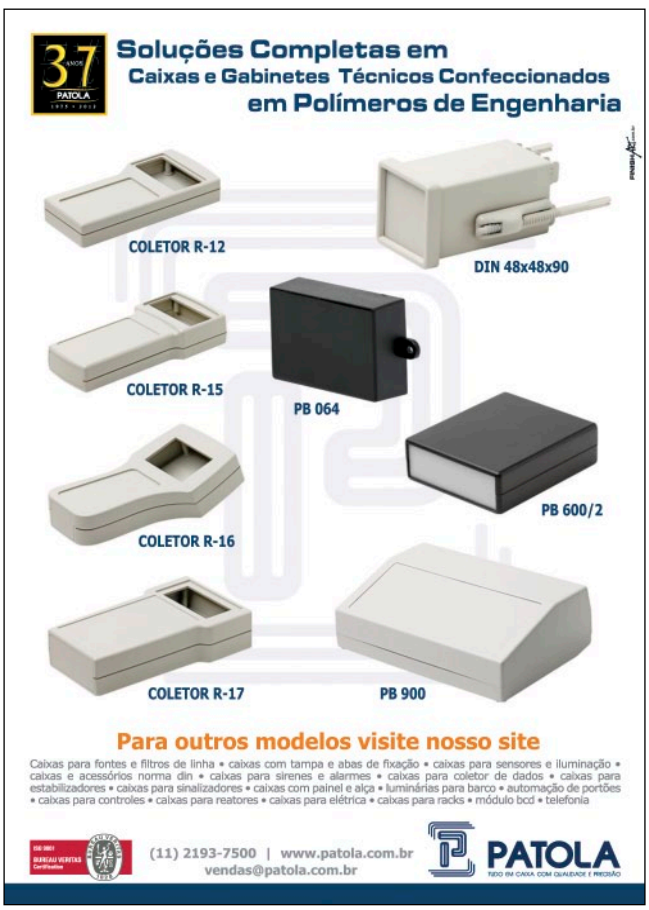
Normalmente, as cargas de uma chave estática são grandes motores, ou grandes bancos de resistores.

Os semicondutores que formam as chaves estáticas podem ser os mais diversos. A **figura 31** mostra as quatro versões de saída mais comuns. A **figura 32** revela o aspecto de uma chave estática monofásica, onde podemos notar uma tampa plástica que é uma proteção contra choques elétricos (*safety*



F33. Duas chaves estáticas: uma com comando DC e outra com AC. Ambas com a entrada de comando isolada opticamente da saída.





cover). Os furos permitem a medida das tensões sem a necessidade de remoção da proteção.

As chaves estáticas podem ser mono ou trifásicas. Também podem ser encontradas para aplicações em DC e AC. A **figura 33** exibe o diagrama de blocos de duas chaves estáticas, uma delas com comando AC. Geralmente, as chaves estáticas possuem um LED próximo aos terminais de comando em que a chave está ligada. Além da praticidade funcional, também podemos considerar como outra medida de segurança.

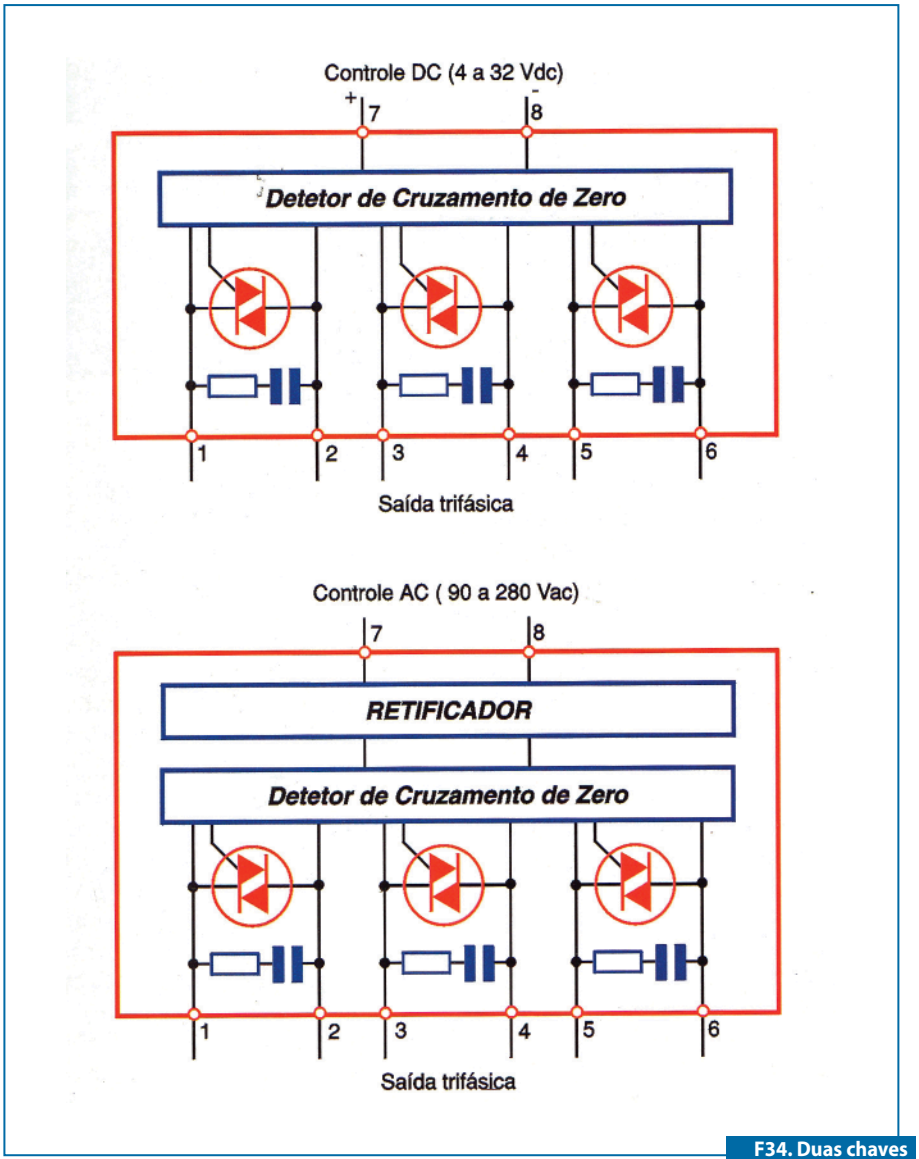
A **figura 34** mostra a estrutura de duas chaves estáticas trifásicas.

Notem que ambas possuem o circuito Snubber já incorporado, dispensando sua instalação externa, e além disso, o circuito "detector de cruzamento de zero". Essa técnica é muito importante pois, quando utilizamos cargas AC, essa deve ser ligada apenas no cruzamento do ponto zero da tensão da senoide , e desligada no cruzamento do ponto zero da corrente. Com esse recurso, reduzimos as interferências nos demais sistemas (EMI) e aumentamos a vida útil da carga.

Ainda com base nas figura 33 e 34, podemos notar que ambas têm suas saídas com TRIACs. Essa é a forma mais comum do SSRs.

A primeira "dica" que damos ao técnico ou engenheiro de desenvolvimento é quanto à proteção de chave estática. Pode ser um semicondutor, necessariamente, o fusível associado à chave deve ser do tipo ultrarrápido. A segunda dica é quando à corrente de pico. Como regra prática, ao escolher uma chave estática, sua corrente de pico deve ser, no mínimo, doze vezes maior que a corrente nominal. Por esse motivo, o parâmetro I^2t das chaves estáticas (já comentado em SCRs) é muito importante em seu dimensionamento.

Ainda tentando ajudar os "desenvolvedores", seguem duas tabelas. A **tabela 1** exibe uma breve comparação entre prós e contras da utilização de chaves estáticas ou relés eletromecânicos. A melhor escolha dependerá de cada aplicação. Acreditamos que essa tabela possa ajudar na decisão. Além disso, a **tabela 2** mostra os parâmetros básicos a serem observados quando optamos em utilizar uma chave estática.



F34. Duas chaves estáticas trifásicas.

Observação: Na prática, é aconselhável dimensionar o SSR para funcionar, no máximo, com 80% da sua potência nominal (20% de sobra). Além disso, a corrente de pico deve ser, no mínimo, 12 vezes a nominal.

Conclusão

Vários tipos de tiristores e semicondutores industriais não foram abordados neste artigo. O que estudamos, porém, é o que há de mais comum no meio industrial. Outros tipo de componentes (LASCR, SUS, SBS, Quadrac, etc.) são de uso muito restrito e difíceis de serem encontrados em campo.

De qualquer forma, ter conhecimento dos principais semicondutores utilizados na indústria é fundamental ao técnico e ao engenheiro, tanto no desenvolvimento como nas áreas de Service e de Vendas. E

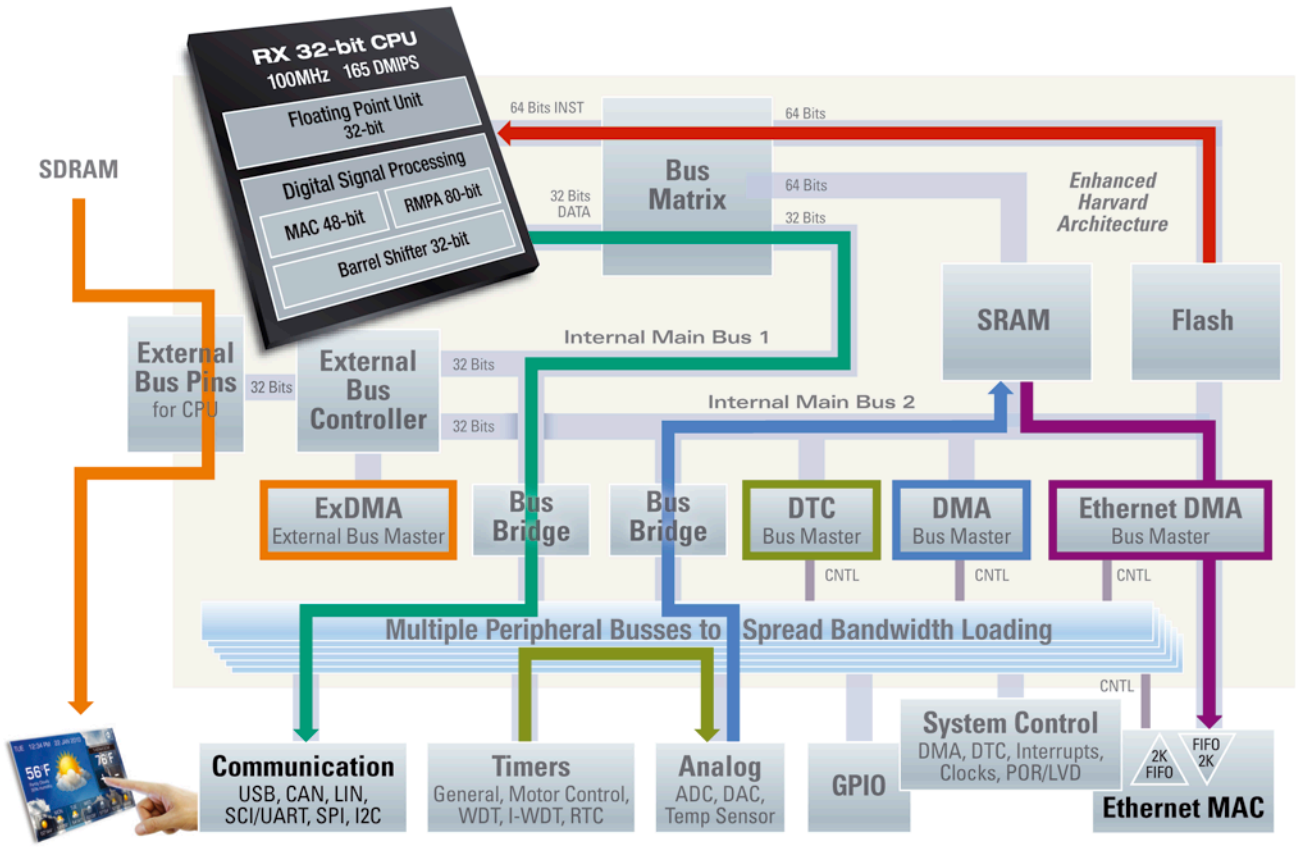
Parâmetros
Tensão de isolação entre in e out
Presença de "zero crossing"
I^2t
Tensão de isolação de carcaça
Snubber interno
Corrente de saída (RMS)
Corrente de pico de saída
Tensão de controle
Tensão da saída
Resistência de "on"
Tensão de isolação entre saídas
Capacitância de saída

T2. Parâmetros dos SSRs.

MCU RX600 de Alta-Performance em 32 bits Para as Suas Mais Exigentes Aplicações de Conectividade

RENESAS RX RX600

Dotado de múltiplos controladores de dados e da única Flash embarcada de 100MHz, o microcontrolador RX600 processa dados em alta velocidade, é capaz de lidar com todas as suas necessidades de conectividade, incluíndo acionar diretamente displays TFT ("Direct Drive LCD"), Ethernet, USB e CAN.



Acionamento Direto de TFTs Duas USB CAN Ethernet

Experimente!

Registre-se para obter um kit de demonstração do RX62N GRATUITO.

- Conecta-se a uma porta USB do PC para exibir as características e capacidades das MCUs RX600
- Placa da MCU RX com "debugger" J-Link integrado e um enorme conjunto de periféricos, incluindo Ethernet, CAN e USB
- Display gráfico
- Entrada/Saída de Áudio
- Acelerômetro de 3 eixos
- O CD de instalação contém o IDE da Renesas (HEW), ferramentas, software demo da Micrium e muito mais



RX THE CORE DIFFERENCE

am.renesas.com/rx

Nosso Representante de Vendas

VLA SOLUTIONS

vla@vla.com.br

Nossos Distribuidores

AVNET Memec — Avnet: **011-5079-2150**

ARROW — Arrow: **011-3613-9600**

FUTURE ELECTRONICS — Future Electronics: **019-3737-4100**

© 2013 Renesas Electronics America Inc.

RENESAS

Entendendo as especificações de instrumentos de RF

Parte 1

Instrumentos de RF possuem muitas especificações que caracterizam o seu desempenho. Embora as tecnologias wireless estejam sempre mudando, os engenheiros são convidados frequentemente a projetar e testar dispositivos e componentes de RF que podem estar além do seu nível de experiência. Este artigo de três partes foi criado para ajudá-lo a entender as especificações básicas e avançadas de instrumentos de RF.

Os artigos abordarão as especificações de geradores e analisadores genéricos. Esta "Parte 1" detalha as especificações, incluindo faixa de frequência, largura de banda instantânea, velocidade de ajuste, ruído de fase, e relação de onda estacionária (ROE).

Guilherme Kenji Yamamoto,
Gustavo Guirao Licinio Peixinho,
Renan Airosa M. de Azevedo
National Instruments

Faixa de frequência

A faixa de frequência é, sem dúvida, a mais importante característica dos instrumentos de RF. Por exemplo, uma solução de teste WiFi requer operação em frequências acima de 2,5 GHz. Similarmente, ao realizar a análise de um componente que opera em 900 MHz, o instrumento deve operar nesta faixa de frequência para ser útil. Uma variedade de componentes pode afetar a máxima faixa de frequência de um instrumento de RF, incluindo *mixers*, filtros de entrada e osciladores locais (OLs). No entanto, a configuração do instrumento para funcionar em uma frequência específica é realizada principalmente pelo ajuste do OL. Alguns instrumentos usam uma série de múltiplos OLs, mas o diagrama de blocos simplificado do instrumento mostrado na **figura 1** utiliza um único OL.

O sinal do OL é misturado com a entrada de RF, o que ajuda a converter o sinal de RF para um sinal de frequência intermediária (FI). A mesma técnica de síntese de frequência também é aplicada aos geradores de sinais de RF.

A síntese de frequência é realizada utilizando um oscilador controlado por tensão (VCO), ou uma *Yttrium Iron Garnet* (YIG). Historicamente, instrumentos de RF usam uma arquitetura baseada em YIG como um mecanismo para gerar o OL. O YIG é um oscilador controlado por corrente conhecido por seu pequeno ruído de fase e grandes faixas de frequência (até 20 GHz, ou maiores). Contudo, instrumentos baseados em YIG normalmente consomem mais energia e podem ter um custo maior. Além disso, ajustar o YIG de uma frequência para a próxima requer tempos de ajuste maiores do que outros métodos. Como resultado, arquiteturas de OL baseadas em VCO recentemente se tornaram mais comuns. O VCO tem uma faixa de frequência menor do que o YIG, mas sua velocidade de ajuste é muito mais rápida.

Largura de Banda Instantânea (Tempo Real)

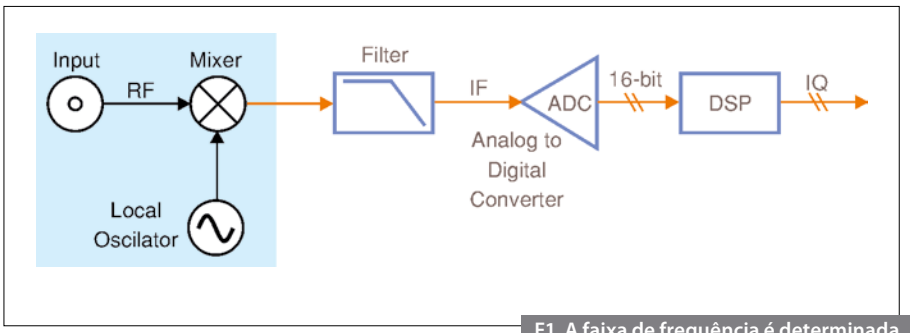
O termo Largura de Banda Instantânea, ou Tempo Real, é utilizado para descrever a máxima largura de banda em RF contínua que um instrumento pode gerar ou adquirir. Por exemplo, um gerador de sinais vetoriais deve gerar um sinal em uma frequência central de 2,45 GHz, mas a largura de banda instantânea do instrumento, ou largura de banda do sinal, pode ter somente 20 MHz de largura. Esta largura de banda do sinal significa que o dispositivo pode continuamente adquirir 20 MHz do espectro de RF sem reajustar o OL.

A largura de banda instantânea é largamente determinada pelo *front-end* analógico de RF do instrumento. Para um melhor entendimento da especificação largura de banda instantânea, é útil entender a arquitetura básica de um instrumento de RF. A tecnologia atual não permite digitalizar todos os sinais na faixa de gigahertz. Assim, os instrumentos de RF utilizam uma série de OLs, mixers, e filtros para trazer um sinal de RF para uma faixa de frequência intermediária ou em banda base. A **figura 2** mostra o diagrama de blocos de um analisador de sinais vetoriais simplificado.

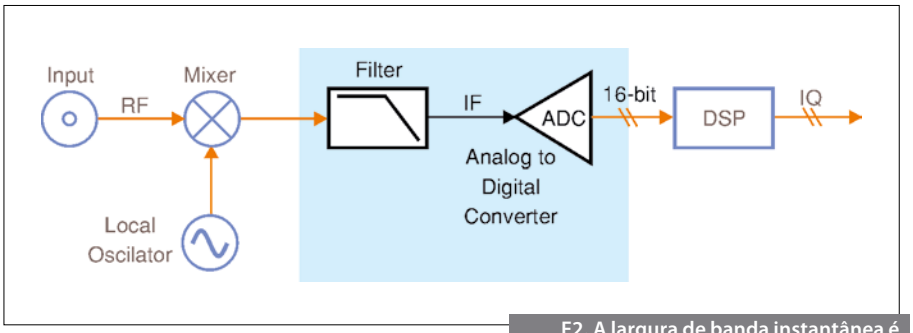
Nessa figura, o analisador de sinais vetoriais converte uma porção do espectro de RF para uma FI que seja reconhecida pelo ADC. A largura de banda instantânea de um instrumento de RF é determinada por dois componentes principais:

- Os filtros implementados no instrumento.;
- Taxa de amostragem e largura de banda do ADC.

A largura de banda do instrumento é importante, dependendo da aplicação. Por exemplo, a geração de um sinal FM de banda estreita requer somente uma largura de banda instantânea de 200 kHz. Porém, a geração e análise de sinais de banda larga, como um IEEE Padrão 802.11g (WiFi), requer no mínimo, 20 MHz de largura de banda instantânea. Outras aplicações, como um teste de máscara espectral, são executados mais rapidamente quando a largura de banda instantânea é significantemente mais larga do que o sinal de interesse. No caso em que um teste de máscara espectral requerer mais largura de banda instantânea do que o instrumento provê, o instrumento deverá se reajustar para adquirir a informação de frequência por partes.



F1. A faixa de frequência é determinada pelo oscilador local.



F2. A largura de banda instantânea é determinada pelo filtro e pelo conversor analógico/digital (ADC).

Velocidade de Ajuste

A Velocidade de Ajuste mede o tempo necessário para o OL mudar de uma frequência central para outra, com um nível de precisão especificado. Ao sintonizar um oscilador para uma frequência diferente, o tempo de estabilização do OL determina a velocidade de ajuste.

Em sistemas típicos, quando se sintoniza de uma frequência para outra, o OL geralmente ultrapassa levemente a frequência desejada e, em seguida, estabiliza-se na frequência desejada em certo período de tempo. Na maioria dos casos, a velocidade de ajuste é função do tamanho do passo de frequência. Quanto maior o passo de frequência, maior é o tempo necessário para o OL sintonizar com uma faixa especificada. A **tabela 1** ilustra o tempo de estabilização para um OL baseado em YIG.

A velocidade de ajuste é uma importante especificação em aplicações como um teste de produção automatizado de um transceptor 802.11g. Devido ao padrão 802.11g especificar que os dispositivos devem funcionar em um dos 14 canais entre 2,4 GHz e 2,48 GHz, os instrumentos de RF devem ser utilizados para testar a operação dos dispositivos através de uma variedade de frequências. Quanto mais rápido o sinal de teste varrer de uma estação para a próxima, mais rápido o transceptor é testado.

Precisão	Tempo de Estabilização
1% do tamanho do passo	Máximo 10 ms
0,01% do tamanho do passo	Máximo de 20 ms
1 ppm do tamanho do passo	Máximo 30 ms

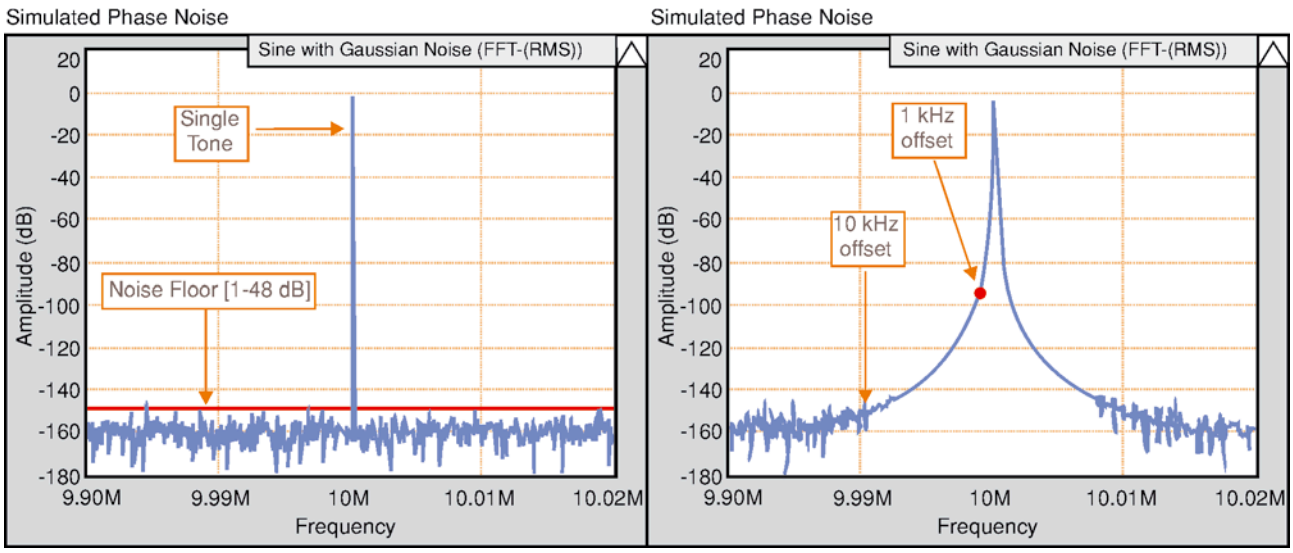
T1. Velocidade de ajuste de um OL baseado em YIG.

Ruído de fase

O ruído de fase descreve a estabilidade de frequência de curto prazo de um instrumento de RF. O ruído de rase é causado por pequenas diferenças instantâneas na fase do OL e resulta em sinais indesejados em frequências adjacentes à portadora.

Um modo fácil para visualizar os efeitos do ruído de fase é analisar um único tom no domínio da frequência. A **figura 3** representa duas portadoras simuladas – uma portadora ideal e outra portadora com ruído de fase.

O gráfico da esquerda na figura 3 ilustra a geração de um único tom, o qual idealmente resulta em um único pico de potência concentrado em uma frequência muito precisa. Um resultado ligeiramente diferente é mostrado no gráfico da direita, onde o ruído de fase (essencialmente um *jitter* no domínio do tempo) resulta em um ligeiro espalhamento periódico do sinal no domínio da frequência.



F3. Comparação de uma portadora ideal e uma não ideal.

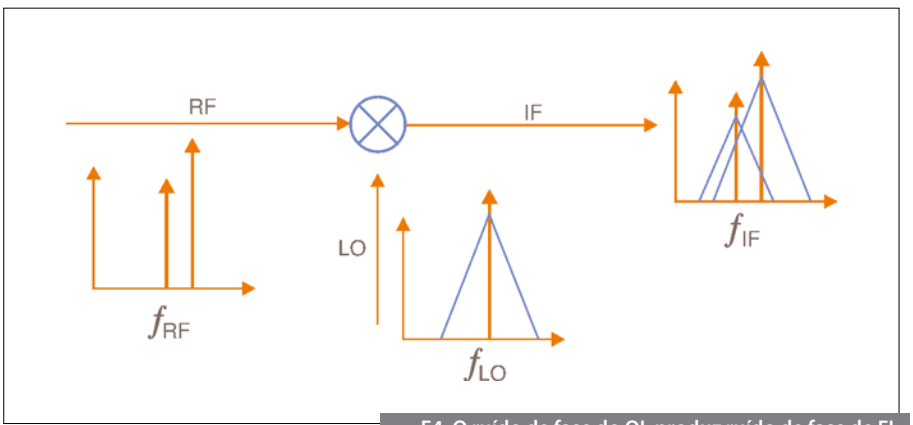
O ruído de fase é caracterizado para medição da amplitude do sinal em vários pontos de *offset* a partir da frequência desejada. No gráfico da direita na figura 3, nós medimos um ruído de fase de -95 dBc em um *offset* de 1 kHz e -146 dBc em um *offset* de 10 kHz.

A significância do ruído de fase de um instrumento de RF varia de uma aplicação para outra. Um pequeno ruído de fase é requerido na detecção de sinais **bloqueadores** de baixo nível que estejam perto de um sinal de interesse em particular. Quando se utiliza um OL com ruído de fase significativo, o ruído de fase é amplificado no sinal de FI resultante. A **figura 4** mostra o ruído de fase do OL traduzido para o ruído de fase do sinal de FI resultante.

Nesta aplicação em particular, o ruído de fase de dois sinais interferem um com o outro, tornando mais difícil a identificação das características do sinal **bloqueador** específico.

A visualização da demodulação de um sinal através da constelação é outro meio para ilustrar os efeitos do ruído de fase. Um sinal com ruído de fase significativo mostra ligeiras rotações periódicas na constelação. A **figura 5** compara um sinal modulado QPSK ideal como quatro símbolos, representado por pontos pretos, sendo transmitido no gráfico à esquerda para um sinal como ruído de fase significativo no gráfico à direita.

O ruído de fase afeta as medições reais devido à degradação do desempenho da magnitude do vetor de erro (EVM – *Error Vector Magnitude*) de um instrumento de RF. Para testes de taxa de erro de bit (BER – *Bit Error Rate*), o ruído de fase contribui significantemente para maiores taxas de erro.



F4. O ruído de fase do OL produz ruído de fase de FI.

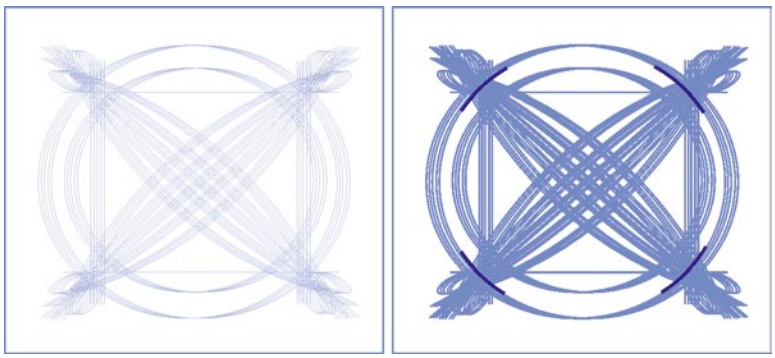
Relação de onda estacionária (ROE)

A relação de onda estacionária (ROE ou VSWR, do termo em inglês *Voltage Standing Wave Ratio*) está intimamente relacionada com a teoria de linhas de transmissão e se torna mais importante à medida com que a faixa de frequência do instrumento cresce. Em altos níveis, o ROE mede reflexões do sinal que ocorrem devido ao descasamento de impedância ao longo da linha de transmissão.

Idealmente, a impedância de um instrumento de RF (tipicamente 50 Ω) combina com a impedância de cada um dos cabos e com a impedância do dispositivo em teste. Entretanto, diversas imperfeições como assimetrias das **trilhas do sinal** e variações entre componentes do mesmo modelo alteram a impedância característica do instrumento. Como resultado, reflexões do sinal ocorrem na transmissão e afetam a precisão de amplitude e fase do sinal.

A amplitude do sinal refletido é dependente das propriedades do material utilizado e da faixa de frequência. O descasamento de impedância na linha de transmissão provoca diretamente o ROE, o qual geralmente é mais problemático em frequências mais altas. Por exemplo, um ROE de 1:1 representa um sistema perfeitamente casado. Ao contrário, um ROE de 1,1:1 significa que até 10% da amplitude do sinal é refletido na linha de transmissão.

Assim como o ROE é dependente das propriedades do material, seu valor pode



F5. A constelação exibe uma rotação quando o ruído de fase está presente.

ser calculado baseado em um coeficiente de reflexão, Γ, como mostrado na seguinte equação:

ROE=(1+|Γ|)/(1-|Γ|)

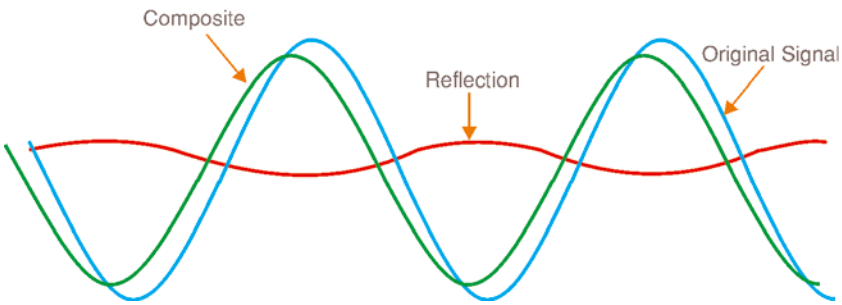
O ROE afeta substancialmente um sinal de teste porque gera variações na sua fase ou na amplitude. Além disso, a amplitude do sinal gerado aumenta ou diminui, dependendo da fase de reflexão do ROE. A **figura 6** ilustra como as reflexões do ROE afetam a amplitude do sinal.

Uma reflexão que está fora de fase com o sinal original pode causar um leve efeito de cancelamento. O sinal composto nessa figura mostra uma amplitude ligeiramente reduzida. Na maioria dos casos, o ROE é reduzido através do uso de atenuadores internos ou externos. Assim, o aumento do nível de referência do instrumento reduz o ROE através de atenuação interna.

A Relação de Onda Estacionária é uma importante especificação porque ela afeta significantemente a precisão de amplitude do instrumento. Algumas aplicações, como caracterização de filtros de RF, requerem a maior precisão de amplitude possível. Devido a um filtro de RF ser caracterizado através da medição da perda de amplitude de acordo com a frequência do sinal de estímulo, a precisão de amplitude tanto do sinal de estímulo quanto do instrumento de análise são fundamentais.

Conclusão

O artigo "Entendendo as especificações de instrumentos de RF – Parte 1" fornece informações básicas sobre relevantes especificações de RF. Relembre que muitas destas especificações se aplicam a todos os dispositivos de RF e não somente aos instrumentos. Assim, você provavelmente encontrará algumas destas especificações em seus próprios projetos. O próximo artigo desta série de três partes explicará as especificações utilizadas para caracterizar os geradores de RF, incluindo tolerância de frequência, linearidade, potência de saída, ponto de compressão de 1 dB, e ponto de interceptação de terceira ordem. **E**



F6. Reflexões do ROE afetando a amplitude do sinal.

Procurando um público qualificado para o seu produto?



Anuncie na

MECATRÔNICA Atual
Automação Industrial de Processos e Manufatura

A número 1 em Automação Industrial
Tel.: (11) 2095-5339
publicidade@editorasaber.com.br
www.mecatronicaatual.com.br

Alarme Residencial
com Microcontrolador PIC16F84

Todas as funções de um alarme, tais como monitoração, temporização, chave, controle, etc, podem ser implementadas com microcontroladores. Os temporizadores são circuitos muito usados em projetos de alarmes, sendo importante saber como são controlados e programados no microcontrolador. Neste artigo descreveremos um alarme que utiliza o microcontrolador PIC16F84.



Alfonso Pérez

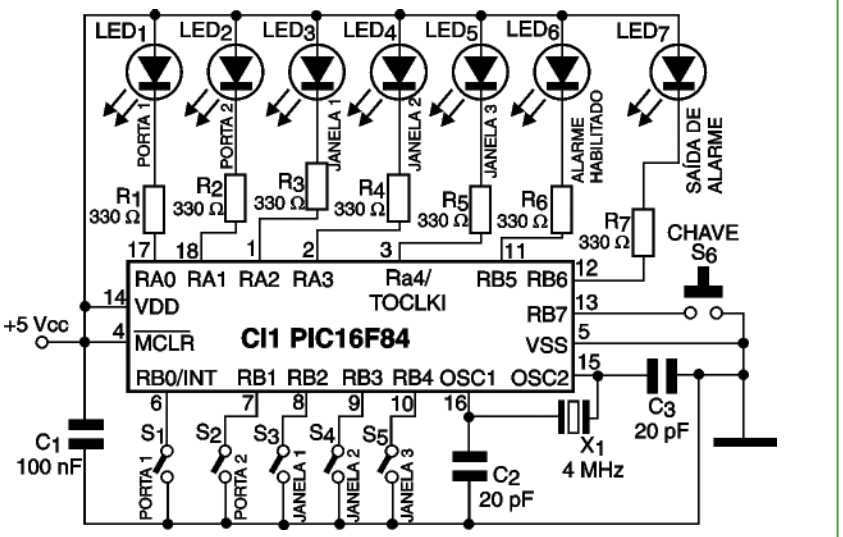
Funcionamento e Circuito

Este circuito usa o microcontrolador PIC16F84 como único circuito integrado para dirigir todas as funções do alarme. São utilizados todos os pinos do microcontrolador. A porta A é configurada como saída para controlar os LEDs indicadores, e a porta B como entrada com exceção do pino B0 (saída). Cinco pinos da porta B monitoram os sensores ou interruptores. Três pinos são dedicados a monitoração das janelas e dois pinos para as portas.

Os pinos dedicados à monitoração das janelas não têm temporização e disparam o alarme automaticamente. Os pinos dedicados às portas têm uma temporização que permite armar (ou desarmar) o alarme na hora de sair ou entrar do local.

Os LEDS 1 a 5 estão associados a cada sensor para apontar qual (ou quais) disparam o alarme. O interruptor S_6 habilita ou desabilita o alarme. Este interruptor serve como chave, ou seja, desarma o alarme quando disparado, sendo recomendável deixá-lo em lugar secreto. O pino zero da porta B (LED7) indica quando o alarme disparou e pode ser usado para acionar alguma sirene ou dispositivo de aviso.

Quando o circuito é conectado à fonte de alimentação, o alarme está desabilitado. Para habilitá-lo, basta pressionar o interruptor S_6 e o LED6 acende. Neste momento, o alarme faz uma leitura de todos os sensores indicando de forma piscante quais estão desativados. Este processo tem uma duração aproximada de 20 segundos. Passado esse tempo, o alarme é ativado e os LEDs deixam de



F1. Diagrama elétrico do alarme com microcontrolador PIC16F84.

piscar. O LED6 indica quando o alarme está acionado ou desativado. Neste último caso, nenhuma função de monitoração está ativa e o LED6 se apaga.

Quando o alarme está ativado, ele monitora constantemente todos os sensores. Se algum dos sensores rotulados como "janela" é aberto, o alarme dispara e o LED7 acende. Se algum dos sensores rotulados como "porta" é aberto, o circuito é temporizado e fornece um tempo de aproximadamente 15 segundos para pressionar o pulsador S_6. Se o S_6 não for pressionado, o alarme disparará. Para desativar o alarme é preciso pressionar S_6, ou desligar o circuito.

Como existe uma grande variedade de sensores, interruptores, e sirenes, as entradas e saídas podem ser facilmente adaptadas. Para as entradas, lembre-se que são utilizados os contatos normalmente fechados. Para a saída, o pino entrega uma corrente máxima de 25 mA no modo dreno.

Com este sinal, pode-se controlar transistor ou optoacoplador para se excitar um dispositivo de maior potência. Este circuito consome pouca energia, podendo ser conectado a um dispositivo gerenciador de energia (bateria, UPS, etc).

O Programa

O programa começa com um salto ao endereço etiquetado como "início". Neste ponto é selecionado o banco zero (0) de memória RAM para realizar as configurações das portas A e B. O registro de opções também é configurado neste banco. O bit "*rbup*" do Registro de Opções permite configurar os resistores *pull-up* internos para a porta B. O bit *psa* seleciona o contador pré-escalar no *timer* 0 e o bit "t0cs" seleciona o *clock* do ciclo de instruções como fonte de clock do *timer* 0. A seguir, é selecionado o banco 0 de RAM, que é onde, normalmente, se trabalha com os dados. O bit *gie* colocado no registro INTCON permite habilitar ou desabilitar globalmente todas as fontes de interrupções do PIC16F84.

O programa continua realizando a inicialização das principais posições da RAM usadas e entra em um laço onde são testados permanentemente todos os sensores e o pulsador S_6 (chave).

Quando o alarme é habilitado, dá-se passagem a um bloco de programa controlado pelo bit *B_TestEnt* para realizar um teste dos sensores. Os que não estão conectados são indicados pelo piscar dos LEDs 1 a 5. Depois disso, o programa habilita a leitura de todos os sensores da porta A.



Um fator importante para que este tipo de circuitos (alarmes) funcionem por programa são as temporizações. Existem duas formas principais para realizar temporizações: por hardware dedicado dentro do microcontrolador, e por programação. Este circuito com PIC16F84 emprega as duas.

As temporizações por hardware são realizadas usando o *timer 0* do microcontrolador. Este *timer* utiliza um registro contador de 8 bits e um registro pré-escalar de 8 bits. Os dois trabalham em conjunto para executar as temporizações por hardware.

O timer 0 pode trabalhar como temporizador, ou como contador de eventos externos. Quando ele funciona como temporizador é incrementado pelo clock de ciclos de instruções. Quando o timer 0 trabalha como contador de eventos externos é incrementado por cada borda de subida ou descida no pino 4 da porta A, marcado como RA4/T0CKI.

O bit T0CS colocado no Registro de Opções (bit 5) seleciona se o timer 0 será usado como contador ou temporizador. Quando este bit é colocado em 0, o timer 0 funciona como temporizador, e quando em 1 opera como contador de eventos. O bit T0SE, colocado no Registro de Opções (bit 4), seleciona a borda (subida ou descida) para incrementar o timer 0 enquanto trabalha como contador de eventos.

Neste circuito, o timer 0 é configurado como temporizador. O pré-escalar de 8 bits pode trabalhar em conjunto com o timer 0 ou o *timer watchdog*. O bit PSA colocado no Registro de Opções (bit 3) determina para quem vai operar o pré-escalar. Quando este bit for 0, o pré-escalar será dedicado ao timer 0, e quando 1 será dedicado ao *watchdog*.

Os bits PS2, PS1 e PS0 colocados no Registro de Opções (bit 2, 1 e 0 respectivamente) determinam o valor do pré-escalar que irá trabalhar como contador - divisor. Como existem apenas 3 bits para configurar esta função, são possíveis 8 valores, a saber:

```
000 = 1:2
001 = 1:4
010 = 1:8
.....
.....
111 = 1:256
```

Uma vez configurado o timer 0 como temporizador, cada ciclo do clock de instruções é contado pelo pré-escalar e, dependendo do valor selecionado pelos bits PS2, PS1 e PS0, é gerado um pulso para o registro contador de 8 bits (TMR0). Este registro é de leitura/gravação e pode ser manuseado pelo programa para determinar a quantidade de pulsos que se deseja contar a partir do pré-escalar. Assim, de acordo com os valores selecionados no pré-escalar e o *timer* 0, pode-se obter uma temporização por hardware. Observe que os pulsos do pré-escalar vêm do clock de instruções.

Os microcontroladores PIC16F84 tomam a frequência do cristal externo e a dividem por 4 para gerar um clock de instruções. Para este circuito é usado um cristal de 4 MHz, o que significa que a frequência do clock de instruções é 1 MHz.

Para saber quando a temporização acabou, o microcontrolador PIC16F84 gera uma interrupção, a qual se produz quando o registro do timer 0 (TMR0) realiza uma transição de 0xFF para 0x00. Neste momento, o bit T0IF colocado no Registro INTCON (bit 2) é posto no nível 1 para indicar um pedido de interrupção do timer 0. Esta interrupção pode ser aceita ou desabilitada. Se o bit T0IE for colocado em 1, a interrupção será habilitada, caso contrário é desabilitada.

Quando uma interrupção é aceita, o valor contido no Registro Contador de Programa (PC) é armazenado na pilha e um salto é realizado ao endereço 0x0004 na memória de programa. A partir deste endereço, coloca-se a rotina que atenderá às interrupções do timer 0. Antes de sair da rotina de interrupção do timer 0, é necessário limpar o bit de aviso T0IF. Quando a rotina de interrupção terminar, o Registro Contador de Programa será carregado a partir da pilha e assim o programa principal continuará do ponto onde foi interrompido.

Basicamente, o que se faz na rotina do serviço de interrupções do timer 0 é gerar uma base de tempos. Por exemplo, se o microcontrolador realiza uma interrupção a cada 1 milissegundo, pode-se fazer com que cada 1.000 interrupções a rotina de serviço coloque algum bit em 1, indicando ao programa que ocorreu um tempo de 1 segundo. Desta forma, é possível temporizar e controlar qualquer intervalo de tempo. Note que a cada vez que o timer 0 interrompe é necessário recarregá-lo para que as temporizações tenham os mesmos intervalos de tempo. É importante levar em conta que o timer 0 trabalha em conjunto com o divisor neste circuito de alarme.

Na maioria dos programas, quando se atende a uma interrupção é necessário salvar o contexto do dispositivo. Para o PIC16F84 os dois principais registros para salvar são o acumulador de registro W e o registro de estado.

Observe que a primeira coisa que se faz neste programa ao atender uma interrupção é salvar estes registros. Quando a rotina de interrupção é finalizada, o contexto do dispositivo é atualizado sobre a CPU e pode-se voltar ao programa principal.

Outra forma de se realizar temporizações é através de programa. Neste caso, algumas posições da memória RAM são utilizadas como contadores. Cada vez que o programa principal passa por um determinado ponto, estes contadores são decrementados.

Quando os contadores estão todos em zero, o programa pode testar e dar passagem a um bloco de código. Este tipo de temporização é muito usado nos microcontroladores, e este circuito de alarme o emprega para fazer piscar os LEDs quando algum sensor está desconectado. Ao programar o microcontrolador, selecione o oscilador XT, *reset* ao ligar e desabilite o watchdog.

O *download* do programa pode ser obtido no endereço: **http://saberele-tronica.com.br/files/file/SE468_alar-me_Codigo.txt**

Lista de Materiais

Semicondutores:
- **CI_1** - PIC16F84
- **D_1 a D_7** - LEDs comuns

Resistores:
- **R_1 a R_7** - 330 ohms, ¼ W

Capacitores:
- **C_1** - 100 nF
- **C_2 e C_3** - 20 pF

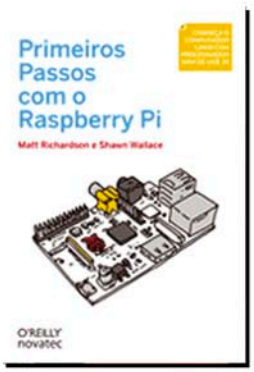
Diversos:
- **S_1 a S_5** - Interruptores ou sensores de alarme
- **S_6** - Pulsador
- **X_1** - Cristal de 4 MHz

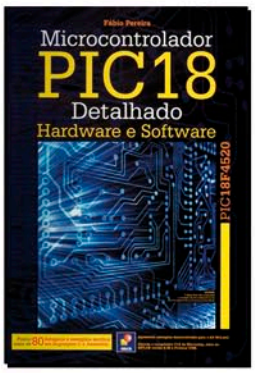
novasaber
www.novasaber.com.br

Sua loja de livros técnicos na internet

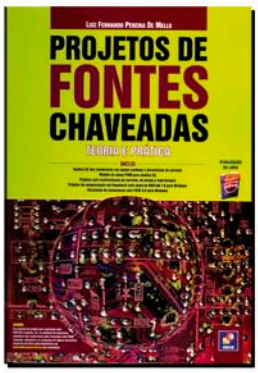
Promoções especiais e brindes



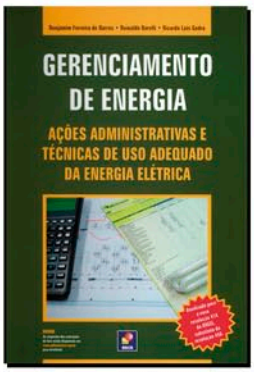


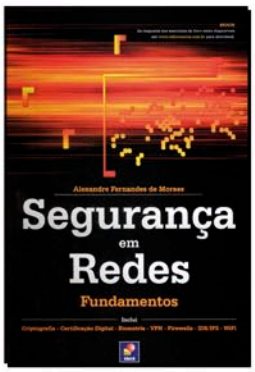


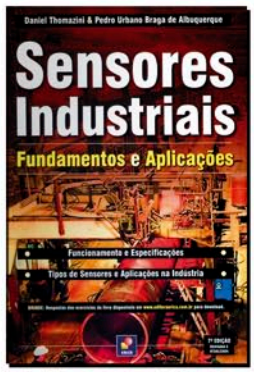


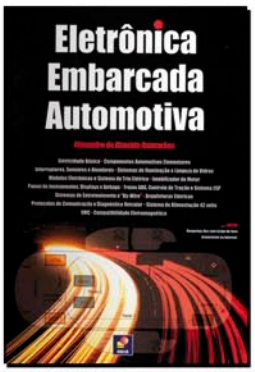


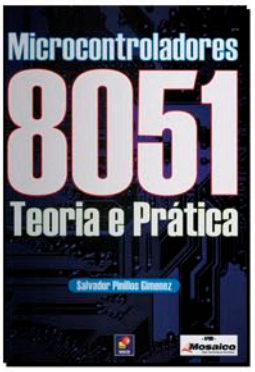


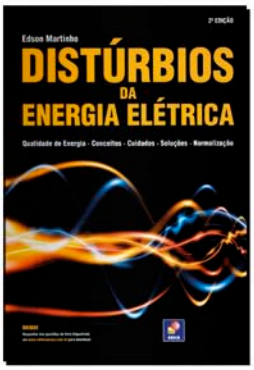


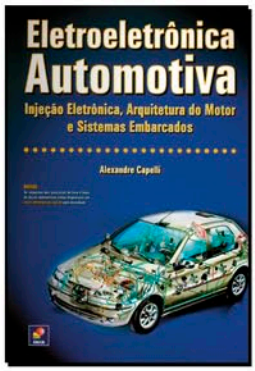






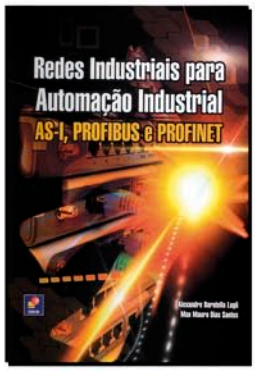






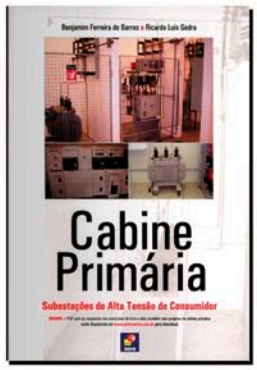














Aprenda como projetar um sistema de controle:

Modelando um sistema

Parte 1

Este artigo mostra como modelar um sistema de controle, além de ensinar como inserir um modelo de equações diferenciais no LabVIEW usando o módulo "Control Design and Simulation".

Guilherme K. Yamamoto
Gustavo G. L. Peixinho
Renan A. M. de Azevedo
Baseado em tutorial de controle desenvolvido pelos professores Dawn Tilbury e Bill Messner

Sistema de trem

Neste exemplo, vamos considerar um trem de brinquedo que consiste de um motor e um carro. Assumindo que o trem viaja somente em uma direção, nós queremos controlar o trem de forma que ele tenha uma partida e parada suave, juntamente com um passeio em velocidade constante.

As massas do motor e do vagão serão representadas por $\mathbf{M_1}$ e $\mathbf{M_2}$, respectivamente. As duas são unidas por uma mola, que possui um coeficiente de rigidez **k**. A força aplicada pelo motor é representada por **F** e a letra grega μ (mi), que também será representada pela letra u, representa o coeficiente de atrito de rolamento. Veja a **figura 1**.

Diagrama de corpo livre e lei de Newton

O sistema pode ser representado pelos diagramas de corpo livre indicados na **figura 2**:

A partir da lei de Newton, sabemos que a soma das forças que agem sobre um corpo é igual à massa vezes a sua aceleração. Neste caso, as forças que agem sobre $\mathbf{M_1}$ são a força elástica da mola, o atrito e a força aplicada pelo motor. As forças que agem sobre $\mathbf{M_2}$ são a força elástica e o atrito. Na direção vertical, a força gravitacional é cancelada pela força normal aplicada pelo chão, então não haverá aceleração nesta direção. As equações de movimento na direção horizontal são as seguintes:

$$M_1 \dot{x_1} = F - k(x_1 - x_2) - \mu M_1 g \dot{x_1}$$

$$M_2 \dot{x_2} = k(x_1 - x_2) - \mu M_2 g \dot{x_2}$$

Variável de estado e equações de saída

Este conjunto de equações do sistema pode agora ser manipulado na forma de variáveis de estado. As variáveis de estado são as posições $\mathbf{X_1}$ e $\mathbf{X_2}$, e as velocidades $\mathbf{V_1}$ e $\mathbf{V_2}$; e a entrada é **F**. As equações de variável de estado se parecerão com as seguintes:

$$\dot{x_1} = v_1$$

$$\dot{v_1} = \frac{-k}{M_1} x_1 - \mu g\, v_1 + \frac{k}{M_1} x_2 + \frac{F}{M_1}$$

$$\dot{x_2} = v_2$$

$$\dot{v_1} = \frac{k}{M_2} x_1 - \mu g\, v_2 - \frac{k}{M_2} x_2$$

Façamos com que a saída do sistema seja a velocidade do motor. Então, a equação da saída será: $y = v_1$



F1. Trem de brinquedo.

Função de transferência

Para encontrar a função de transferência do sistema, primeiro nós tiramos as transformadas de Laplace das equações diferenciais.

$$M_1 s^2 X_1(s) = F(s) - k\left(X_1(s) - X_2(s)\right) - \mu M_1 g s X_1(s)$$
$$M_2 s^2 X_2(s) = k\left(X_1(s) - X_2(s)\right) - \mu M_2 g s X_2(s)$$

A saída é $Y(s) = V_1(s) = s\,X_1(s)$. A variável $\mathbf{X_1}$ deve ser algebricamente eliminada para deixar uma expressão para $Y(s)/F(s)$. Ao encontrar a função de transferência, devem ser assumidas condições iniciais nulas. A função de transferência deve se parecer com a mostrada abaixo.

$$\frac{Y(s)}{F(s)} = \frac{M_2 s^2 + M_2 \mu g s + k}{M_1 M_2 s^3 + (2 M_1 M_2 \mu g) s^2 + \left(M_1 k + M_1 M_2 (\mu g)^2 + M_2 k\right) s + k\mu g (M_1 + M_2)}$$

Abordagem gráfica com o LabVIEW

Se você escolher utilizar a função de transferência, crie um VI em branco e adicione o VI CD *Construct Transfer Function Model* ao seu diagrama de blocos. Este VI está localizado na sessão *Model Construction* da paleta *Control Design*.

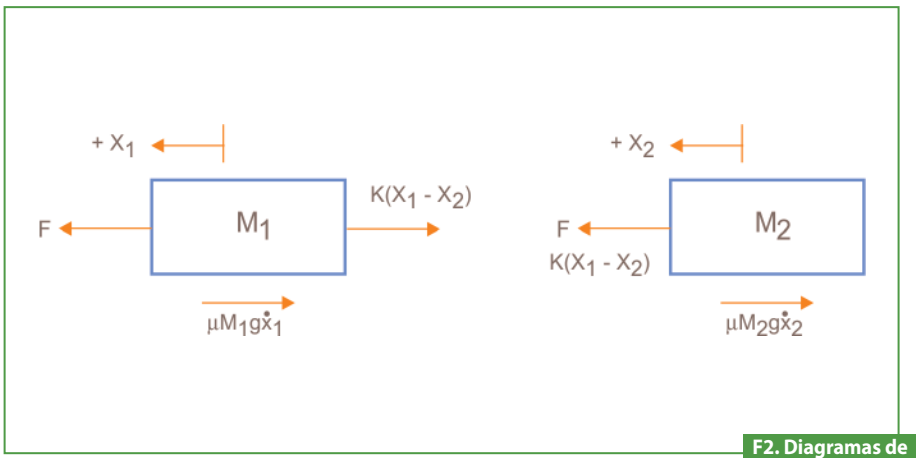
Clique no menu *drop-down* que mostra "SISO" e selecione "*Single-Input Single-Output (Symbolic)*". Para criar entradas para essa função de transferência, clique com o botão direito no terminal *Symbolic Numerator* e selecione *Create » Control*. Repita isso para os terminais *Symbolic Denominator* e *Variables*. Esses controles agora aparecerão no painel frontal (**figura 3**).

A seguir, adicione o VI *CD Draw Transfer Function* ao seu diagrama de blocos, localizado na sessão *Model Construction* da paleta *Control Design*. Conecte a saída *Transfer Function Model* do VI *CD Create Transfer Function Model* à entrada *Transfer Function Model* do VI *CD Draw Transfer Function*.

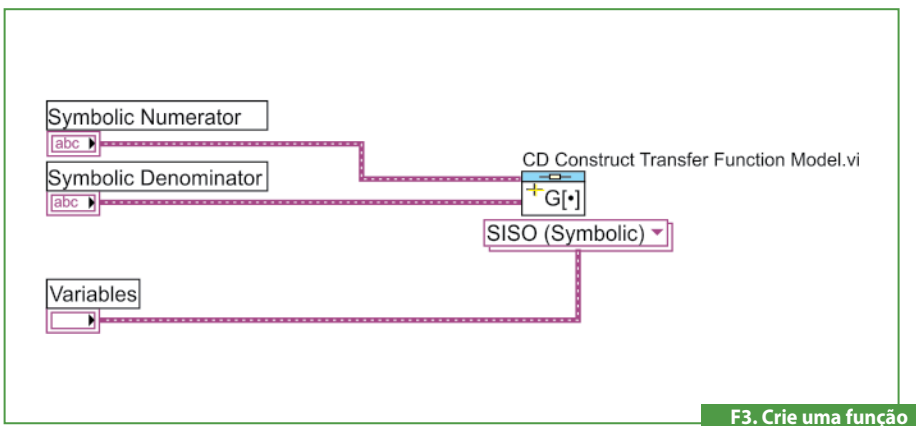
Finalmente, crie um indicador do VI *CD Draw Transfer Function Equation*. Para fazer isso, clique com o botão direito no terminal *Equation* e selecione *Create » Indicator* (**figura 4**).

Agora crie um *loop While*, localizado na paleta *Structures*, e envolva todo o código no diagrama de blocos. A seguir, clique com o botão direito no terminal condicional do *loop*, localizado no canto inferior direito do *loop While* e selecione *Create » Control* (**figura 5**).

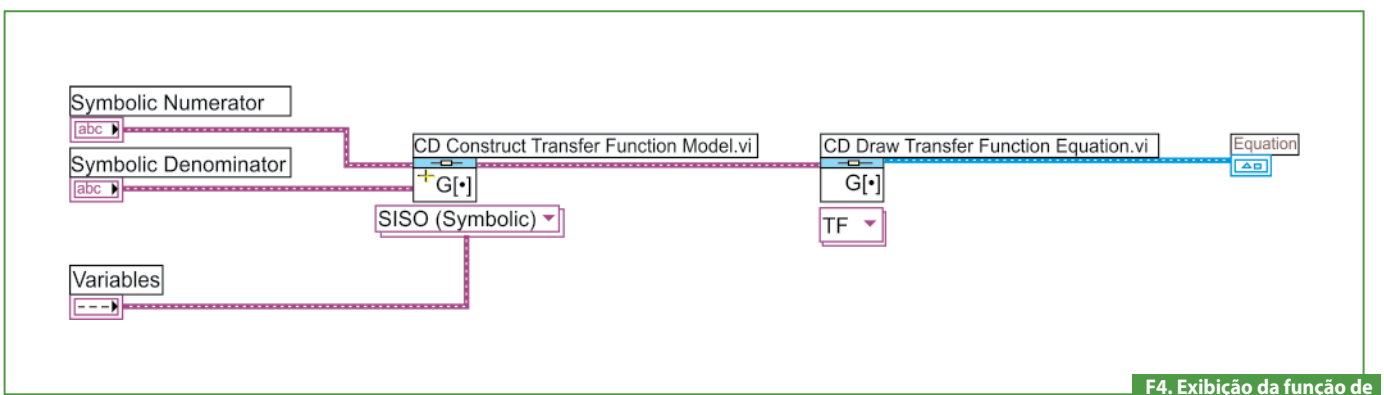
Com este VI, você pode agora criar uma função de transferência para o sistema do trem. Para criar a equação da função de transferência mostrada no início deste artigo, realize as modificações necessárias no painel frontal conforme mostra a **figura 6**. Experimente alterar o



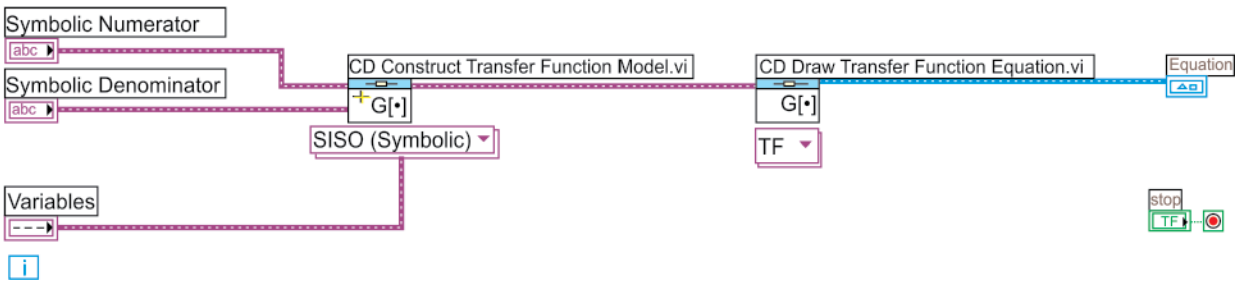
F2. Diagramas de Corpo Livre.



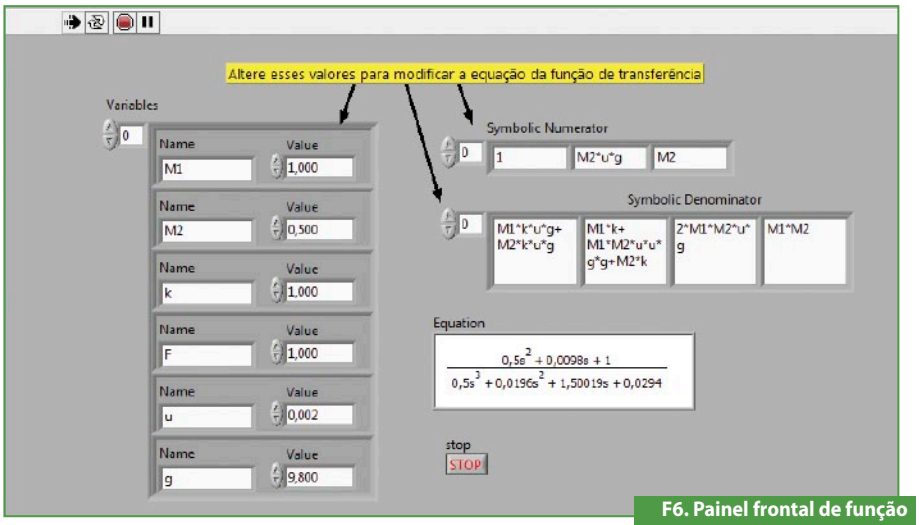
F3. Crie uma função de transferência.



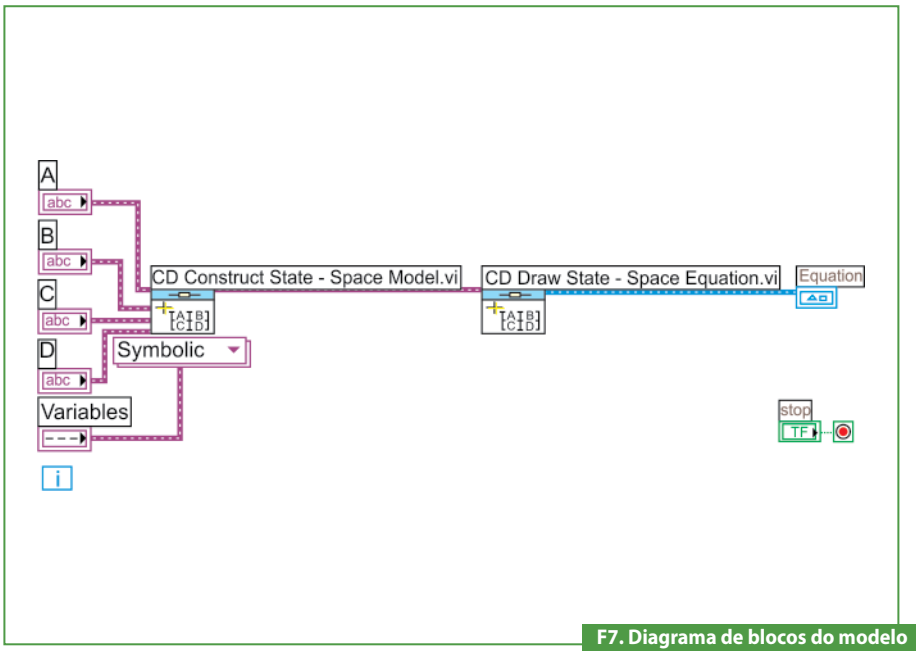
F4. Exibição da função de transferência.



F5. Função de transferência com loop While.



F6. Painel frontal de função de transferência.



F7. Diagrama de blocos do modelo de espaço de estados.

numerador e o denominador no painel frontal e observar os efeitos na equação da função de transferência.

Modelo de espaço de estados

Outro método para resolver o problema é usar a forma de espaço de estados. Serão usadas para resolver o problema, quatro matrizes A, B, C e D, que caracterizam o comportamento do sistema. A forma de espaço de estados, que é encontrada a partir das equações de variáveis de estado e as equações de saída, é mostrada a seguir.

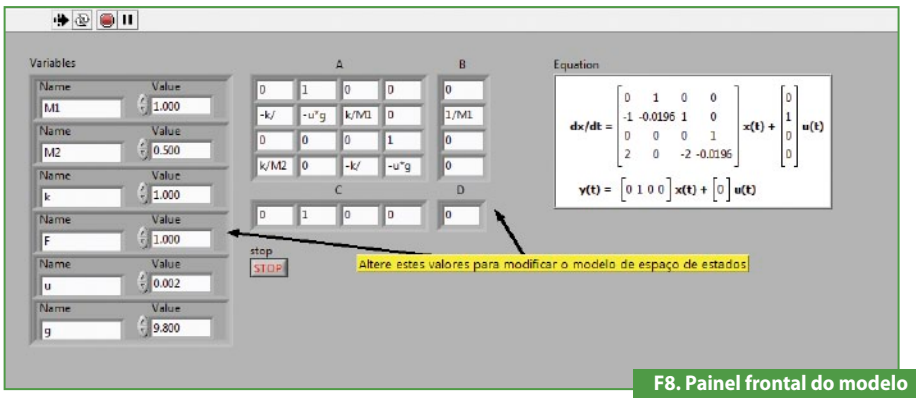
$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{v}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{v}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ \frac{-k}{M_1} & -\mu g & \frac{k}{M_1} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ \frac{k}{M_2} & 0 & \frac{-k}{M_2} & -\mu g \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ v_1 \\ x_2 \\ v_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{M_1} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} [F$$

$$y = [0 \quad 1 \quad 0 \quad 0] \begin{bmatrix} x_1 \\ v_1 \\ x_2 \\ v_2 \end{bmatrix} + [0][F]$$

Abordagem gráfica com o LabVIEW

Para modelar o sistema usando a forma de espaço de estados das equações, use o VI CD *Construct State-Space Model* com o VI CD *Draw State-Space Equation*, como exibe a **figura 7**.

Com este VI, você agora pode criar um modelo de espaço de estados para o sistema do trem. Para criar a equação do modelo do sistema do trem, realize as modificações necessárias no painel frontal conforme visto na **figura 8**. Experimente alterar os termos no painel frontal e observe os efeitos no modelo de espaço de estados.

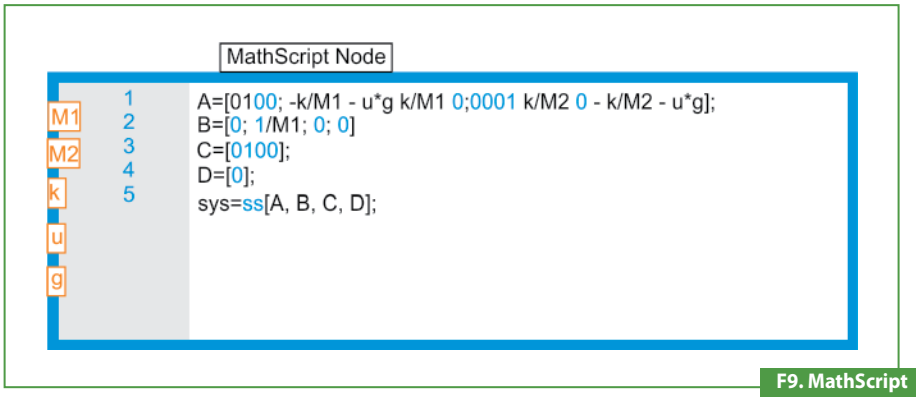


F8. Painel frontal do modelo de espaço de estados.

Abordagem híbrida e Gráfica/MathScript

Alternativamente, você pode utilizar um *MathScript Node* para criar o modelo de espaço de estados. Para fazer isso, crie um VI em branco e insira um MathScript Node da paleta Structures. Copie e cole o seguinte código de arquivo .m dentro do MathScript Node.

```
A = [0 1 0 0; -k/M1 -u*g k/M1 0; 0 0 0 1; k/M2 0 -k/M2 -u*g];
B = [ 0; 1/M1; 0; 0];
C = [0 1 0 0];
D = [0];
sys = ss(A,B,C,D);
```



F9. MathScript Node.



Imagine o automóvel do futuro – conectado às redes sociais e às fontes de informação, utilizando o tempo de maneira eficiente e gastando apenas energia renovável. A reinvenção do automóvel terá os mais profundos efeitos sobre as cidades. Este livro apresenta uma solução a brangente e integrada para o futuro dos automóveis e dos sistemas pessoais de mobilidade nas cidades.

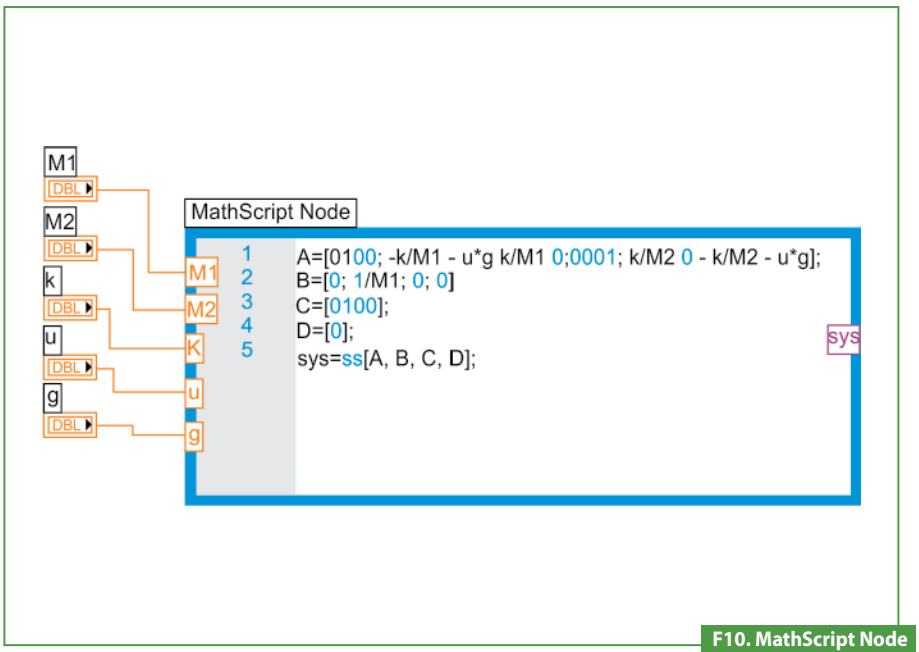




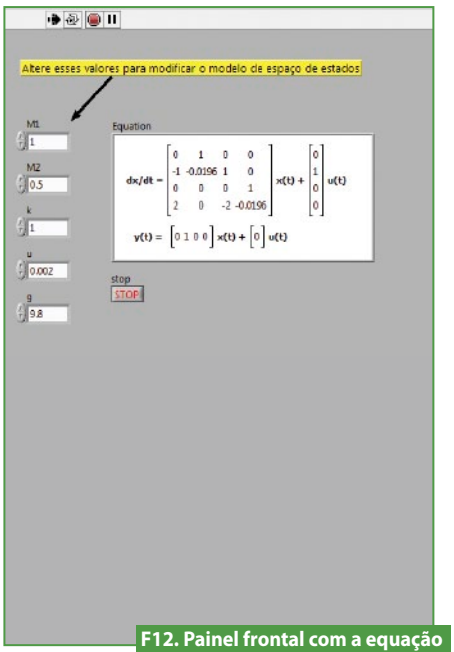
Aproveite também

- A Verdadeira História do Fusca
- Redes de Comunicação Automotiva

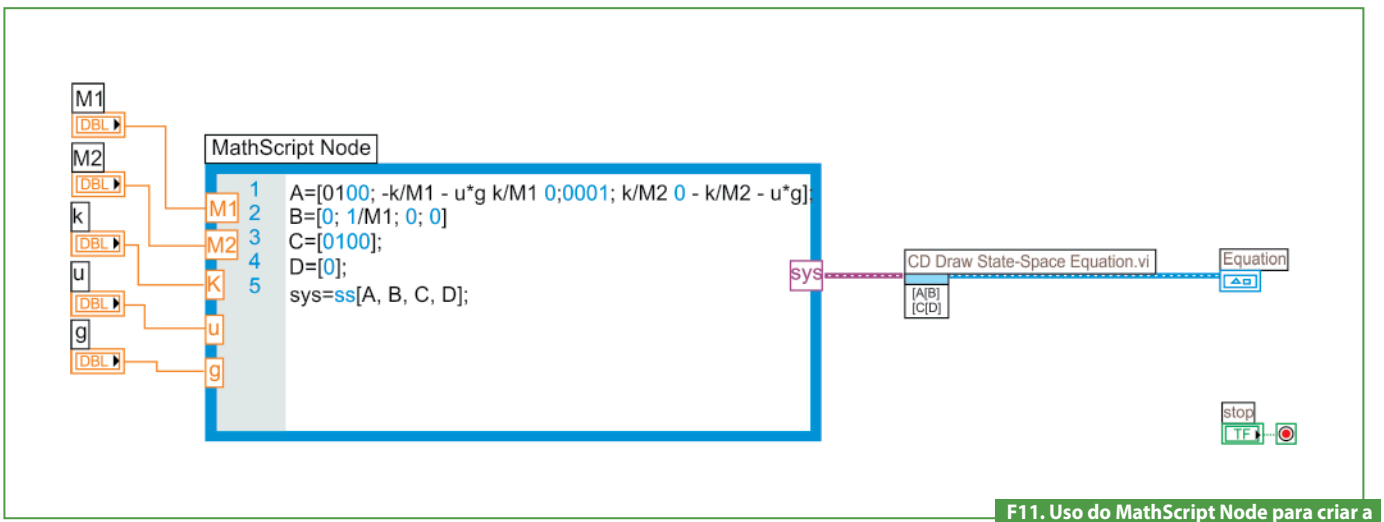
novasaber
www.novasaber.com.br



F10. MathScript Node com as entradas.



F12. Painel frontal com a equação de espaço de estados.



F11. Uso do MathScript Node para criar a equação de espaço de estados.

A seguir, clique com o botão direito na borda esquerda do *MathScript Node* e selecione "*Add Input*" e nomeie a entrada "M1". Repita este processo para criar entradas para M2, k, u e g (**figura 9**).

Clique com o botão direito na borda direita do *MathScript Node* e selecione "*Add Output*" para criar uma saída chamada "*sys*". Depois de criar essa saída, clique com o botão direito nela e selecione *Data Type » Add-ons » SS object*.

Clique com o botão direito em cada entrada e selecione *Create » Control* (**figura 10**).

Adicione o VI *CD Draw State-Space Equation* ao diagrama de blocos e crie um indicador de equação. Conecte a saída "*sys*" do *MathScript Node* à entrada "*State-Space Model*" do VI *CD Draw State-Space Equation*.

Finalmente, crie um *loop While* ao redor do código e também um controle para o terminal condicional do loop (**figura 11**).

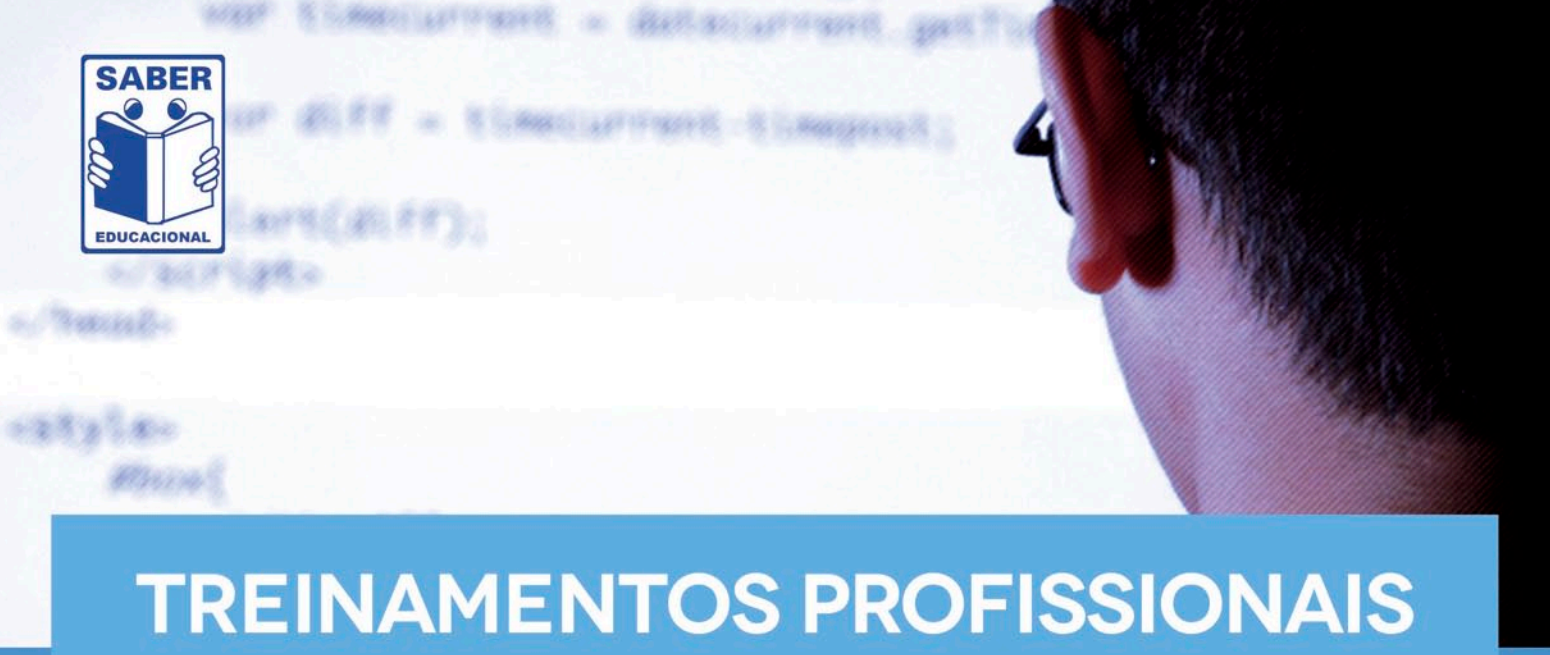
Com este VI, você agora pode criar um modelo de espaço de estados para o sistema do trem. Experimente alterar os termos no painel frontal, e observar os efeitos no modelo de espaço de estados (**figura 12**).

Continue a solução do problema

Uma vez que a equação diferencial representando o modelo do sistema tenha sido criada no LabVIEW na forma de função de transferência ou espaço de estados, o comportamento do sistema em malha aberta e em malha fechada pode ser estudado. Atente para o **box 1**.

Box 1

Faça o download do software NI LabVIEW, do módulo Control Design and Simulation e dos VIs utilizados neste tutorial por meio do link: **http://brasil.ni.com/saber-eletronica.**



TREINAMENTOS PROFISSIONAIS

Agora a SABER está promovendo treinamentos técnicos, fazendo aquilo que mais sabe fazer que é ensinar. Nosso diferencial é saber muito antes, as novidades tecnológicas e preparar um bom material didático teórico, nunca esquecendo da prática (que é a nossa principal característica), para passar para você, leitor.

- Treinamento Básico e Avançado de Programação de Microcontroladores em linguagem C
- Treinamento de Programação de Microcontroladores Freescale / Holtek / Infineon / Renesas
- Treinamento Prático em SMD com Estações de Solda/Retrabalho
- Treinamento de Instrumentação e Controle Aplicados em Caldeiras à Óleo

Aulas em três sedes:

SÃO PAULO - Rua Jacinto José de Araújo, 309 - Parque São Jorge - Tatuapé - Próximo à estação do Metrô Carrão

CARAPICUIBA - Av. Rui Barbosa, 540 – Piso 1 sala 40 Centro - Carapicuiba próximo à estação de trêm e também em frente de Tamboré e Alphaville.

SÃO BERNARDO DO CAMPO - SP -Rua Ângelo Dusi, 326 - Vila Dusi

CONSULTE A PROGRAMAÇÃO DE 2013

Ligue para: (11) 2095-5330 – Miriam das 10h às 16h.
Mais informações : (11) 2095-5333 - Mari das 10h às 16h.

RF Tech

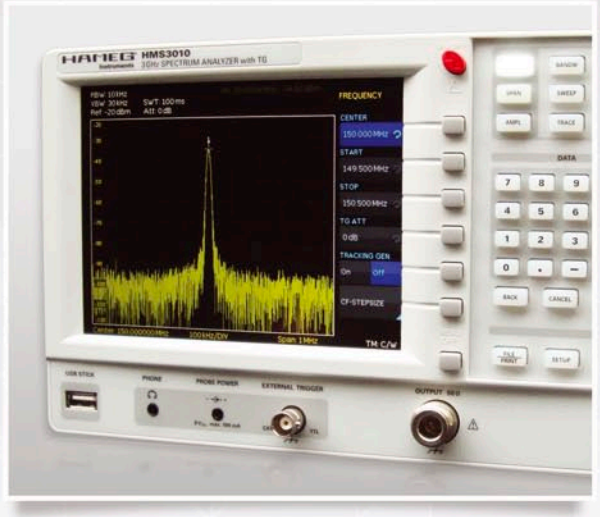
Em um mundo totalmente dependente de soluções eletrônicas, a compatibilidade eletromagnética entre equipamentos se tornou um fator fundamental.
A RF Tech projeta, fabrica e oferece manutenção em cabines de teste para todos os segmentos do mercado relacionados à radiofrequência, além de serviços de medição.



Produtos na área de RF

- Blindagem de RF para área industrial em equipamentos diversos,
- Blindagens de RF para área industrial em laboratórios de testes e ensaios,
- Blindagens magnéticas para área industrial.

As cabines blindadas modulares são as mais utilizadas em áreas industriais já que podem ser facilmente adaptadas às necessidades dos clientes, apresentam ótima resistência mecânica e podem ser rapidamente desmontadas, transportadas e montadas novamente em outro local, característica necessária para atender as constantes modificações de layout nos ambientes fabris.



Serviços na área de RF

- Serviços de medição de ruído eletromagnético (Site Survey),
- Serviços de medição de eficiência de blindagens de RF já existentes,
- Serviços de manutenção, adaptação e realocação de blindagens,
- Projetos especiais na área de blindagens eletromagnéticas.

Os serviços indicados representam parte do universo possível de áreas de atuação para trabalhos em RF. Todos os itens mencionados já foram objeto de execução ou consulta para empresas diversas, nacionais e multinacionais, nos últimos anos.

Para maiores informações, visite nosso site
ou solicite a visita de nosso representante:

www.rftechnology.com.br

FIEE

27ª Feira Internacional da Indústria Elétrica, Eletrônica, Energia e Automação



RINO COM

CURTA NOSSA PÁGINA NO FACEBOOK

PARTICIPE DO MAIOR EVENTO DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA.

REALIZE SEU PRÉ-CREDENCIAMENTO PELO SITE ATÉ 29/3/2013.*

É FÁCIL, RÁPIDO E GRATUITO!

DE 1 A 5 DE ABRIL DE 2013

DAS 13 H ÀS 21 H - SEXTA, DAS 13 H ÀS 20 H

ANHEMBI • SÃO PAULO

www.fiee.com.br

Apoio Oficial: abinee

Apoio: ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas; anhembi parque www.anhembi.com.br

Organização e Promoção: Reed Exhibitions Alcantara Machado

* Proibida a entrada de menores de 16 anos, mesmo acompanhados. O evento, exclusivo para profissionais do setor, é gratuito para aqueles que fizerem seu pré-credenciamento pelo site até 29/3/2013 ou apresentarem o convite no local. Dos demais, será cobrado o valor de R$ 50,00 pela entrada, a ser adquirida no balcão de atendimento.

NIDays

CONFERÊNCIA TECNOLÓGICA
sobre Projeto Gráfico de Sistemas

Dia 11 de abril
Expo Center Norte - SP



Horário: das 8h às 18h
Local: Expo Center Norte
Endereço: Rua José Bernardo Pinto, 333 - São Paulo

Não perca nosso encontro anual de engenheiros, pesquisadores e professores

- Mais de 30 sessões técnicas
- 9 sessões práticas
- Sessões dos segmentos automotivo, aeroespacial / defesa e de energia
- Exposições de parceiros da indústria
- Sessão preparatória para o exame de certificação (CLAD) gratuito
- Demonstrações ao vivo de aplicações industriais
- Estudos de caso de diversas empresas da indústria
- Oficinas de robótica industrial e LEGO® MINDSTORMS®

Embarque conosco em nossa jornada para o futuro

Faça sua inscrição através do site **www.brasil.ni.com/nidays** ▸ **11 3149-3149**

NATIONAL INSTRUMENTS™

©2013 National Instruments. Todos os direitos reservados. National Instruments, NI, e ni.com são marcas registradas da National Instruments.