



www.sabereletronica.com.br

SABER

# ELETRÔNICA

[http://twitter.com/editora\\_saber](http://twitter.com/editora_saber)

Industrial

## BeagleBone

Solução open-source  
de baixo custo para  
desenvolvimento  
de aplicações  
embedded



Teste de Alcance de Comunicação

## Rádio de Baixa Potência



### Redes Wireless

Guia definitivo para  
instalar e configurar  
uma rede WLAN em  
casa ou no escritório

### Sensores Industriais

Escolha e dimensione  
o sensor ideal para as suas  
necessidades e entenda  
também a rede AS-Interface

### Domótica via web

Automação Residencial  
utilizando Arduino,  
rede serial RS485  
e servidor Apache

# Explore e crie com infinitas possibilidades...

## Conheça a completa linha de Sistemas Embarcados da Texas Instruments.

Seja de 16 bits, 32 bits, ARM, DSP ou os dois juntos, a Texas Instruments possui a solução certa para seu produto com ótimo desempenho e baixo consumo!

### Portfólio de Processamento Embarcado

#### Microcontroladores (MCUs)

#### Processadores baseados em ARM®

#### Processadores Digitais de Sinais (DSP)

MCU de baixíssimo consumo de energia de 16 bits  <b>MSP430™</b>	MCUs em tempo real de 32 bits  <b>C2000™ Concerto™ Delfino™ Piccolo™</b>	MCU ARM® de 32 bits  <b>Stellaris® Cortex™ - M4F Hercules™ Safety ARM MCU</b>	MPU ARM® de 32 bits  <b>Sitara™ Cortex-A8 e ARM9</b>	DSP & DSP+ ARM® <b>C6000™ Núcleo único Processadores C6-Integra DSP+ARM Processadores de vídeo DaVinci™</b>	DSP multinúcleo  <b>C6000™ Multicore</b>	DSP de baixíssimo consumo de energia  <b>C5000™</b>
Até 25 MHz	De 40 MHz a 300 MHz	Até 80 MHz	Até 600 MHz	300 MHz a 1,5 Ghz	Até 10GHz Multicore fixo / flutuante + Aceleradores	Até 300 MHz de 16 bits ponto fixo + FFT Accelerator
Flash de 1 KB a 256 KB	Flash, RAM de 16 KB a 512 KB	Flash, RAM de 64 KB a 256 KB	Até 32KB I / D	MDDR Cache L2 DDR2/DDR3	Até 4 MB SL2, 32 KB L1, L2 de 1MB	Até 320 KB de RAM Até 256 KB ROM
Analog I/O, ADC, LCD, USB Medição, detecção, de propósito geral	PWM, ADC, CAN, SPI, I2C Controles de motor e potência digitais iluminação, energia renovável	USB, ENET MAC+PHY, CAN, ADC, PWM, SPI Controle de movimento, HMI, automação industrial	GEMAC, PCIe+ PHY, SATA+PHY CAN, USB+ PHY, PRU Automação industrial	OTG USB 2.0, SATA, GEMAC SPI, CIMA, PRU PCIe2.0, McBSP, McASP Áudio, vídeo, voz, teste e medição	pidIO, PCIe, Hyperlink, 10/100MAC, DDR2 / 3 Telecom, médica de missão crítica, estações rádio-base	USB 2.0, ADC, McBSP SPI, I2C LCD, reguladores On-chip Portátil de áudio e voz, biometria da impressão digital.

Encontre a solução que melhor atende sua necessidade e comece a desenvolver ainda hoje! [www.ti.com/embarcados](http://www.ti.com/embarcados)

Texas Instruments: [www.ti.com/brasil](http://www.ti.com/brasil) - email: [texas-suporte@ti.com](mailto:texas-suporte@ti.com) - tel. 0800-891-2616  
Distribuidores: Arrow (11) 3613-9300; Avnet (11) 5079-2150; Farnell Newark (11)4066-9400



**SABER** 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

Augusto Heiss

### Revisão Técnica

Daniel Netto,

Eutíquio Lopez

### Designers

Carlos C. Tartaglioni,

Diego M. Gomes

### Publicidade

Caroline Ferreira,

Nikole Barros

### Colaboradores

Alexandre Capelli,

César Cassiolato,

Dante J. S. Conti,

Gerald Coley,

Ivan Vieira Ferreira da Silva,

Jason Kridner,

Newton C. Braga,

Rafael de Souza,

Sérgio Silva de Carvalho,

Tomihiko Uchikawa

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

### Capa

Texas Instruments - Divulgação

### Impressão

Parma 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

## ESC Brazil 2012 e MD&M: Medical Design & Manufacturing



Hélio Fittipaldi

Na segunda edição da ESC Brazil em nosso país, o evento abrirá com a grande expectativa dos expositores de um sucesso ainda maior do que o do ano passado. Com foco em sistemas eletrônicos embutidos (embedded) para o mercado automobilístico, aeroespacial, automação, industrial de máquinas para todos os ramos e muitos outros é o evento que se consolidou rapidamente devido à carência deste tipo no mercado brasileiro. É o único, que em paralelo, trás uma Conferência Técnica de elevado conteúdo tratando de assuntos da vanguarda técnica que tanto precisamos saber.

Em paralelo temos a MD&M - Medical Design & Manufacturing, a maior e mais importante feira de design e fabricação de equipamentos médicos e odontológicos do mundo.

Todos os profissionais que participam ativamente do design e fabricação de equipamentos médicos e odontológicos encontram, no MD&M Brazil, expositores com tecnologias que atenderão diretamente as suas necessidades.

O imperdível programa de conferências com respeitadas profissionais do Brasil e do mundo que acontece durante o evento, estará com temas relevantes selecionados por um comitê de especialistas.

Comemoramos também o record de downloads da nossa edição digital da Saber Eletrônica a "Digital Freemium Edition", que em sessenta dias atingiu a circulação de 275.365. A edição nº 452 editada há cerca de um ano já ultrapassou **meio milhão de exemplares digitais**. A novidade é que agora o mercado está atingindo muito rapidamente mais de 50% de circulação em apenas 2 meses, coisa que não aconteceu com a nº452, o que nos faz muito otimistas quanto ao número que atingiremos agora.

Não deixe de nos visitar na ESC Brazil 2012 e veja o Protótipo do e-Kart movido à eletricidade!

*Oferecemos para os nossos leitores um Código Promocional que dá direito a 10% de desconto nas inscrições para o Programa de Conferências que acontece paralelamente à feira. Basta inserir o código: **ESC12SAB** no ato da inscrição para o desconto ser validado. O link para credenciamento, grade completa e mais informações no site é: [www.escbrazil.com.br](http://www.escbrazil.com.br).*

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



## Projetos

10 Domótica – Uma aplicação de baixo custo com acesso web

## Eletrônica Aplicada - Telecomunicações

16 Tipos de Antenas e suas Propriedades – Parte 2

22 Redes Wireless LAN e suas aplicações

26 Interligação de Diferentes Padrões de Comunicação

30 O Alcance do Rádio de Baixa Potência

## Eletrônica Aplicada - Embarcada

36 BeagleBone – Solução open-source para desenvolvimento de aplicações embedded

## Eletrônica Aplicada - Industrial

44 Comandos Elétricos - Saiba como projetar e reparar Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica

52 Sensores Industriais nos Processos da Manufatura

60 Redes Industriais – Parte 2



03

Editorial

06

Acontece

06 ESC 2012 – Embedded Systems Conference

08 Solução M-Bus para otimizar o consumo de energia, da HMS

09 Condicionador de sinal ultrassônico

## Índice de anunciantes

PESA 2012 .....	05
Metaltek .....	09
JTAG .....	15
Globtek .....	19
Tato .....	25

Patola .....	25
Cika .....	29
Novasaber .....	35
Circuit Design Inc. ....	43
Novasaber .....	59

Texas .....	2ª Capa
RFTech .....	3ª Capa
ARM .....	4ª Capa

# Power Electronics South America – sponsored by PCIM

International Conference and Exhibition for Power Electronics, Intelligent Motion,  
Renewable Energy and Energy Management

São Paulo, 11 – 13 September 2012

Your Gateway to...

the **South American**  
**Power Electronics Market.**

[www.mesago.de/en/pesa/home.htm](http://www.mesago.de/en/pesa/home.htm)



Official Sponsor

**PCIM**  
EUROPE



## Embedded Systems Conference (ESC) 2012: A Conferência Internacional de Sistemas Embarcados

Nessa segunda edição da ESC Brazil em nosso país, o evento com foco em sistemas embedded para o mercado de design eletrônico abrirá com a grande expectativa dos expositores de um sucesso ainda maior do que o do ano passado.

Com uma tradição de 22 anos e visitado por muitos profissionais brasileiros nas edições realizadas em San Jose, Boston e Chicago (Estados Unidos), Londres (Inglaterra) e Bangalore (Índia), a ESC chegou ao Brasil em Maio de 2011 e foi um verdadeiro sucesso.

O imperdível programa de conferências deste ano, com respeitados profissionais do Brasil e do mundo que acontece durante o evento, estará com temas relevantes selecionados por um comitê de especialistas.

Quem visitar este evento, também poderá ver em paralelo a feira MD & M - Medical Design & Manufacturing, a maior e mais importante feira de design e fabricação de equipamentos médicos e odontológicos do mundo.

Todos os profissionais que participam ativamente do design e fabricação de equipamentos médicos e odontológicos encontram no MD&M Brazil, expositores com tecnologias que atenderão diretamente as suas necessidades.

Com o intuito de integrar conceito e aplicação, o MD&M Brazil, além de ter uma exposição aberta aos profissionais do setor, contará também com um programa de conferências em que serão apresentadas as últimas novidades do mercado. O resultado será uma valiosa fusão de idéias, inovações, perspectivas e troca de experiências entre os profissionais da área. Visite a Medical Design & Manufacturing Brazil em: [www.canontradeshows.com/expo/brazil12/index\\_p.html](http://www.canontradeshows.com/expo/brazil12/index_p.html)

A seguir as novidades que serão apresentadas na ESC.

### Osciloscópios

Conheça os modelos de até 1GHz dos osciloscópios da série InfiniiVision



3000X da AGILENT, com o poder de 5 instrumentos em 1: Osciloscópio, Analisador Lógico, Gerador de Funções e Sinais Arbitrários, Voltímetro Digital e Analisador de Protocolos.

A TEKTRONIX irá apresentar o MDO4000. O Primeiro Osciloscópio do mundo de múltiplo domínio, que combina scope e a funcionalidade de uma analisador de espectro em um único instrumento – fornecendo tempo correlacionado a sinais analógicos, digitais e RF.

### Semicondutores

Uma das novidades CEITEC S.A no ESC 2012 é a utilização da tecnologia MunEDA. A design house e fábrica de semicondutores do Brasil passa a usar uma tecnologia de ponta integrada no sistema de ferramentas WiCkeD. Concebido para a análise, modelagem, otimização e verificação de projetos de circuitos integrados (CIs), o sistema

serve para desenvolver CIs analógicos, de radiofrequência e mixed-signal.

A FUJITSU fornecedora de soluções com semicondutores para produtos de consumo, comunicações, automotivos e industriais. Irá apresentar sua família FM3 MCUs com CPU ARM Cortex-M3 e memória não-volátil FRAM.

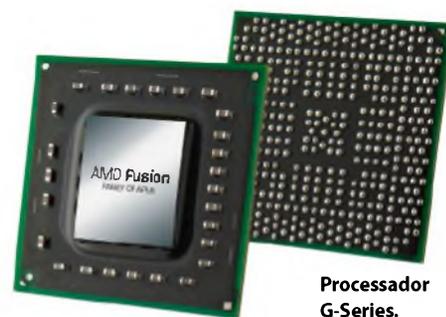
### Processadores

A INTEL continua com a tecnologia de fabricação em 22nm. A 3ª geração da família de processadores Intel® Core™, que provê uma Performance Superior, melhoras no Processamento Gráfico e Gerenciamento ainda mais Seguro, ajuda a acelerar a mudança para um novo mundo de Sistemas Inteligentes que não somente estão conectados a nuvem mas se adaptam as necessidades de seus usuários.

A AMD introduziu uma nova era de computação embarcada. O processador AMD G-series é o primeiro circuito



Osciloscópio pertencente a família MDO4000.



Processador G-Series.

integrado do mundo a combinar um processador de baixo consumo com uma Unidade de Processamento Gráfico (GPU) de nível discreto em uma única unidade de processamento acelerado (APU).

### Microcontroladores

Os microcontroladores de baixo consumo Stellaris® ARM® Cortex™ M4F, da TEXAS INSTRUMENTS. Possuem o mais baixo consumo de energia em sua classe; liderança na integração analógica; performance de um Ponto flutuante e a facilidade de utilização que você espera dos microcontroladores Stellaris.

A ATMEL® Corporation lança mais uma solução inovadora para o mercado de microcontroladores ARM, o Atmel® Studio 6, a versão mais recente do seu popular ambiente integrado de desenvolvimento (IDE), que agora suporta os microcontroladores de 32 bits da Atmel® com arquitetura ARM® Cortex-M, além da tradicional família AVR® de 8 e 32 bits.

### Sistema de Monitoramento e Controle Embarcado

Durante o ESC Brazil a NATIONAL INSTRUMENTS apresentará a plataforma de hardware para sistemas de monitoramento e controle embarcado CompactRIO, com destaque para o primeiro sistema de múltiplos núcleos NI cRIO-9081/9082, que contém além do maior poder de processamento, chassis reconfigurável FPGA (field-programmable gate array) baseado na plataforma Xilinx Spartan-6, a opção de vir com o sistema operacional

LabVIEW Real-Time ou Windows Embedded Standard 7 (WES7), alinhando a confiabilidade e robustez dos CLPs, a capacidade computacional dos PCs, flexibilidade de hardware personalizado e uma arquitetura de software aberta.

### Outras Novidades

A Freescale, patrocinadora Platina da ESC Brazil, terá três laboratórios e uma conferência, que são:

#### Nova série i.MX6 baseadas na arquitetura ARM® Cortex

Kinetis, a família de MCUs ARM Cortex da Freescale, inclui mais de 300 dispositivos compatíveis indo do Cortex-M0+ de baixo consumo até o Cortex-M4 de alta performance, disponibilizando escalabilidade de performance, memória e integração de recursos.

A nova série i.MX6 inclui famílias de 1, 2 e 4 cores baseadas na arquitetura ARM® Cortex™-A9 para as próximas gerações de aplicações de consumo, industriais e automotivas. Combinando as capacidades de processamento de alta eficiência energética do ARM® Cortex™-A9 com gráficos 3D e 2D de ponta, assim como vídeo de alta definição, a família i.MX6 oferece um novo nível multimedia de alta performance.

Veja mais sobre a série i.MX6 no link: <http://migre.me/9subt>

#### Nova geração de microcontroladores 8-bits Freescale S08Px (Hands - On)

Oferece mais durabilidade e confiabilidade mesmo em aplicações industriais rigorosas.

Simples, porém poderosa, oferece excepcional performance de EFT/ESD.

Oferece novas possibilidades de recursos-chave integrados como a nova interface touch-sensing, memória EEPROM e timers.

Simplifica projetos e reduz o custo do sistema.

Serão criadas algumas aplicações com o ambiente de desenvolvimento CodeWarrior v10.2.

#### Praticando Android com i.MX53 (Hands -On)

Android é, além de um sistema operacional, a plataforma móvel mais popular do mundo.

Poderá aprender como preparar e rodar o Android no kit Freescale i.MX53 QuickStart Board (ARM Cortex-A8).

Poderá aprender como fazer modificações ao código-fonte do sistema operacional Android.

Poderá aprender como usar as ferramentas do Android para o desenvolvimento e a depuração de aplicativos.

#### Criando um sistema com Linux (Hands -On)

Construir um sistema com Linux embarcado do zero, através de uma abordagem 100% prática, usando a plataforma i.MX53 da Freescale.

Passaremos por todas as etapas de construção de um sistema com Linux embarcado, incluindo toolchain, bootloader, kernel, bibliotecas e aplicações.

O participante terá os conhecimentos necessários para construir seu próprio sistema com Linux embarcado.

MCU de baixo consumo, da Texas.



Plataforma de hardware CompactRIO.



Para mais informações acesse: [escbrazil.com.br](http://escbrazil.com.br)

Garanta a sua participação! Faça sua inscrição gratuita:

<http://emkt.ubmbrazil.com.br/emkt/tracer/?2,874950,cccebe5c,1cba,2>

As duas feiras ocorrerão em: 26 e 27 de Junho de 2012 no Transamerica Expo Center – SP

## Solução M-Bus para otimizar o consumo de energia, da HMS

A HMS acaba de lançar uma solução que permite a comunicação entre M-Bus e qualquer tipo de rede industrial. O M-Bus é um padrão amplamente utilizado em dispositivos de medição, tais como contadores de eletricidade, contadores de gás, contadores de água, etc. A recolha de informação destes dispositivos para uma rede industrial permite aos proprietários de estabelecimentos industriais controlar melhor o consumo total de energia e simplificar as operações.

O M-Bus (Meter-Bus/Contador Bus) é um padrão para a leitura remota de dispositivos de medição. É especialmente utilizado em edifícios, como por exemplo, em contadores de eletricidade, de gás, de água ou em qualquer outro tipo de contadores de consumo. Ao recolher dados a partir destes dispositivos de medição para um sistema CLP ou SCADA, os proprietários de estabelecimentos industriais conseguem ter uma noção geral da energia total consumida, incluindo parâmetros de edifícios cujos valores tinham, anteriormente, de ser contados em separado.

### Economia de energia

"Vemos um mercado significativo para esta solução", diz Niklas Selander, Gestor de Produtos na HMS. "Atualmente, muitas empresas estão a tentar otimizar o seu consumo de energia. Normalmente, as suas linhas de produção estão associadas a um determinado tipo de rede industrial, mas os parâmetros de edifícios, como a eletricidade, a água, o gás, etc., são geralmente monitorizados por sistemas M-Bus diferentes. Agora, com a nossa nova solução, os proprietários podem recolher todos os dados de consumo para a sua rede industrial de preferência, e assim analisar e otimizar a sua utilização".

### Como funciona

A solução é composta de duas partes: a primeira é um conversor M-Bus transparente, que converte os sinais M-Bus para RS232. O conversor funciona

como gestor (master) M-Bus e permite a ligação de até 10 dispositivos M-Bus padrão (slaves). A segunda parte é um gateway Anybus Communicator que traduz o sinal RS232 para os campos industriais ou rede industrial Ethernet escolhidos.

A solução permite estabelecer a ligação dos dispositivos M-Bus a:

- CANopen
- CC-Link
- ControlNet
- DeviceNet
- EtherCAT
- EtherNet/IP
- FIPIO
- Interbus
- Modbus Plus
- Modbus TCP
- Modbus RTU
- PROFIBUS
- PROFINET

O Anybus Communicator é configurado utilizando um software Windows incluído no produto. Deste modo, não é necessário outro tipo de programação para configurar a ligação entre o M-Bus e a rede industrial pretendida. Quando a configuração para uma rede estiver concluída, será mais fácil reutilizá-la para criar ligações a outras redes.



O Anybus Communicator RS232 (à esquerda) e o conversor M-Bus (à direita).

## Testador para técnicos de telecom

A Fluke Networks muda as condições para os técnicos e companhias de telecomunicações em termos de ergonomia, custo e funcionalidades. O TS54 possui alta durabilidade, resiste ao teste de queda de uma altura de seis metros sobre um piso de concreto, e vem com uma garantia de três anos.

Os profissionais de assistência técnica passam a maior parte do dia em campo, usando pesados cintos de ferramenta carregados com o equipamento necessário para testar os atuais serviços de voz, dados e vídeo. O TS54 combina em uma só ferramenta as funcionalidades que antes exigiam três distintas.

Do ponto de vista tecnológico, o conjunto de teste introduz uma série de novas funcionalidades no teste integrado de telefones, todas elas essenciais para a capacidade de testar adequadamente os atuais sistemas de telecomunicações de voz, vídeo e dados. Além do TDR integrado, o testador oferece detecção de circuitos abertos/curto-circuitos a distâncias de até 900 metros, gerador de sons com cinco tons, funcionalidade patenteada SmartTone para a identificação exata dos pares, teclas fosforescentes e tela LCD com iluminação de fundo ("back-light").

O TS54 faz parte da nova linha de conjuntos de teste de voz, dados e vídeo da empresa, a Série Profissional (PRO) TS, que também inclui os conjuntos de teste TS53 e TS23. Estes dois produtos oferecem uma combinação de sete ou quatro testes multifuncionais, respectivamente, sem os recursos TDR ou "toner".

"Os profissionais de assistência técnica da Telecom e os testadores que utilizam para garantir o bom desempenho são os heróis anônimos da indústria de telecomunicações", diz Paul Alexander, Gerente de Marketing para equipamentos de teste no campo da Fluke Networks. "É como o crescimento exponencial da utilização de redes de comunicação impulsiona a necessidade de transmitir voz, dados e vídeo, de modo perfeito e confiável, o interesse é grande."

## Condicionador de sinal ultrassônico, da Texas Instruments

A Texas Instruments Incorporated apresentou uma solução programável para conduzir transdutores de ultrassom para distâncias de estacionamento, detecção de ponto cego ou aplicações similares de detecção de objetos. Com o seu gerador de explosão configurável, amplificador de baixo ruído e conversor analógico-digital (ADC) de registro de aproximação sucessiva (SAR), o PGA450-Q1 proporciona o processamento dos sinais de eco e calcula a distância entre o transdutor e o objeto. Além disso, ele incorpora a camada física para comunicação LIN 2.1, oferecendo

flexibilidade na implementação de qualquer protocolo de comunicação necessário. Para mais informações acesse [www.ti.com/pga450-q1-pr](http://www.ti.com/pga450-q1-pr).

### Principais recursos e benefícios do PGA450-Q1

- Produto padrão específico para aplicações (ASSP): Desloca sistemas de alto volume discricionários, oferecendo a mesma funcionalidade a qualquer cliente, com a mesma economia de um ASSP, reduzindo os ciclos de design e os custos de engenharia não recorrentes, sem necessidade de acordos de propriedade intelectual ou mercado.
- System-on-chip integrado: Inclui todos os blocos do sistema, incluindo reguladores, drivers NMOS duplos no lado inferior, oscilador e interface física e protocolo LIN 2.1 para proporcionar uma solução otimizada em termos de custo e espaço.

- Programável: Possui características configuráveis, como gerador de explosão, amplificador de baixo ruído, ADC SAR de 12 bits, filtro passa banda digital, e detector de envelope de sinal digital, permitindo configurabilidade total para a aplicação final específica do cliente.

### Ferramentas e suporte

O PGA450Q1 EVM está disponível para acelerar a avaliação da PGA450-Q1. Ao preço de US\$ 99, o módulo de avaliação inclui cabos, interface gráfica do usuário e firmware de exemplo, para usar com o sensor incluído.

### Disponibilidade, encapsulamento e preços

O PGA450-Q1 vem com encapsulamento TSSOP-28 e está disponível agora para pedidos ao preço sugerido para o varejo de US\$ 2,60 em quantidades de 1.000.



# RELÉS DE ESTADO SÓLIDO

# METALTEX



Desde 1958 a Metaltex tem sido a referência nacional na fabricação de relés e se destaca nos diversos segmentos em que atua. A Empresa mantém o compromisso com a tecnologia e a qualidade, fazendo dos clientes o seu foco principal!



A Metaltex possui uma ampla variedade de relés que vão desde os de uso geral em eletrônica até os mais específicos; e oferece sua completa linha de componentes eletromecânicos e de automação industrial. Além dos diferenciais: entrega imediata, filiais e distribuidores por toda a extensão do país e suporte técnico da Engenharia de Aplicações.

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

SÃO PAULO: (11) 5683-5704  
CAMPINAS: (19) 3741-3590  
ESPIRITO SANTO: (27) 3533-1803

MINAS GERAIS: (31) 3384-9476  
PARANÁ: (41) 3357-3370  
PERNAMBUCO: (81) 3342-0235

RIO DE JANEIRO: (21) 3872-3227  
RIO GRANDE DO SUL: (51) 3362-3652  
SANTA CATARINA: (47) 3435-0439

# Domótica:

## Uma aplicação de baixo custo com acesso web

*Este artigo propõe um modelo de automação residencial incluindo o desenvolvimento de um protótipo de domótica com controle via web, utilizando tecnologias com padrões abertos e de baixo custo, como o padrão de rede serial RS485, a plataforma microprocessada Arduino e o servidor web Apache.*

**Ivan Vieira Ferreira da Silva e  
Sérgio Silva de Carvalho**

A automação residencial, conhecida também como Domótica\*, tem como principal objetivo facilitar o dia a dia de seus usuários através da gestão dos recursos habitacionais de suas residências, visando uma maior segurança, conforto, praticidade e economia. Atualmente, a automação residencial encontra-se em plena evolução tecnológica, com soluções modernas e futuristas para qualquer tipo de imóvel e classe social.

As soluções atuais para a automação de uma residência demandam um alto custo para sua implementação. Recursos como controle de iluminação com cenas pré-programadas, controle de temperatura de ambientes, fechaduras biométricas, integração com sistemas de áudio e vídeo e acionamento elétrico de persianas e janelas, são exemplos do que pode ser feito com a tecnologia atual voltada para automação residencial.

Segundo estimativa da Associação Brasileira de Automação Residencial (Aureside), os preços desses recursos caíram pela metade nos últimos quatro anos. “A automação custava cerca de 5% do valor do imóvel. Agora representa 3%.” Afirma o engenheiro José Roberto Muratori, fundador da Aureside (LEAL, 2011).

Porém, mesmo com essas quedas de preços, o custo para se ter uma casa automatizada ainda é alto quando se trata de uma automação simples para uma residência de classe média, visto que esta classe, ainda não vê com bons olhos a automação residencial devido ao seu alto investimento. Contudo, soluções de baixo custo são alternativas para este tipo de automação de pequenas e médias

residências, buscando assim uma maior aceitação da automação residencial nesta classe social.

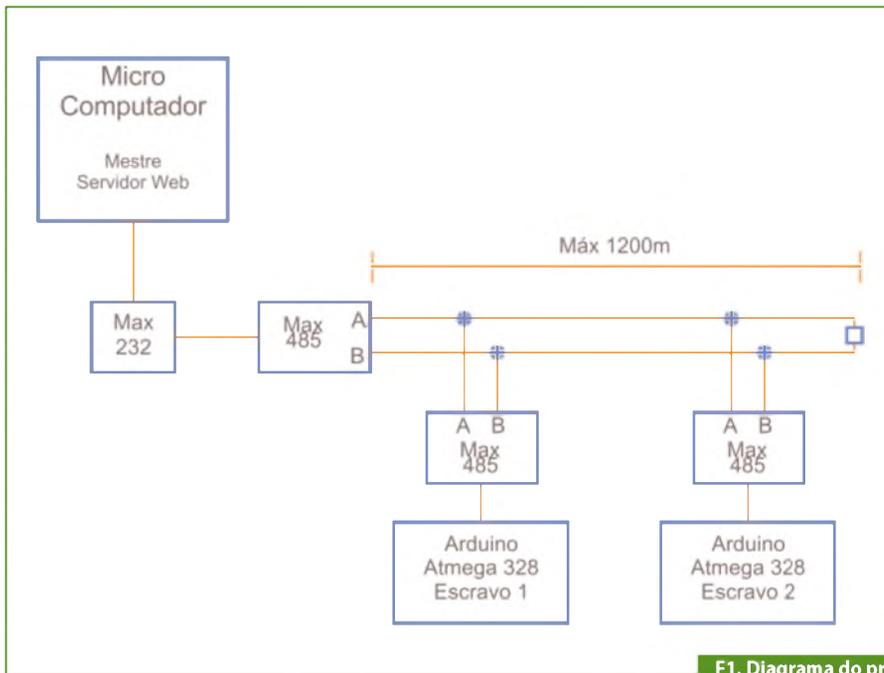
Portanto, o presente trabalho visa mostrar uma solução de baixo custo para tal problema. Usando *chips* microcontroladores e uma rede RS485 para comunicação entre eles, será desenvolvido um sistema capaz de controlar a iluminação e equipamentos elétricos de uma residência através da rede local ou *Internet*.

### Desenvolvimento do Protótipo

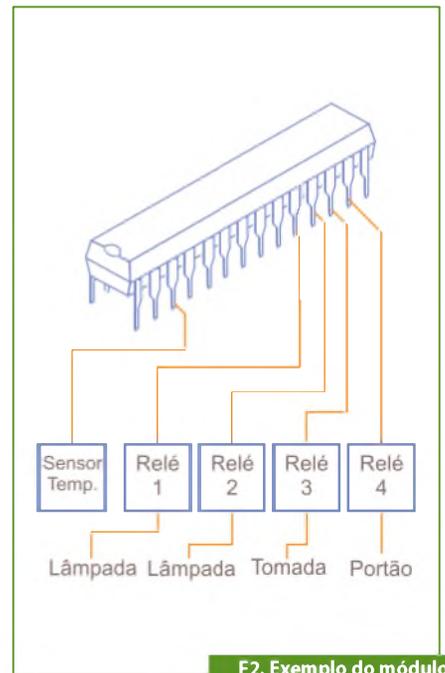
Inicialmente o protótipo seria composto por microcontroladores Arduino, uma rede RS-485 e um servidor web utilizando um *Shield Ethernet* da plataforma Arduino, porém, este servidor não foi implementado devido a alguns recursos que o mesmo não possuía e que eram necessários para o protótipo. Preferiu-se então a implementação de um servidor web a partir de um microcomputador com o Apache *Web Server* instalado, pois o mesmo possui os recursos desejados e é um servidor bastante utilizado no mundo todo.

O protótipo é baseado numa rede de comunicação mestre/escravo, onde um microcomputador dotado de um *software* escrito em linguagem VB.NET será o mestre e microcontroladores da plataforma Arduino (programados em linguagem C) serão os escravos.

**(\*)Domótica:** O termo “Domótica” resulta da junção da palavra latina “Domus” (casa) com “Robótica” (controle automatizado de algo).



F1. Diagrama do protótipo de domótica.



F2. Exemplo do módulo de acionamento e leitura.

Para a interação entre o usuário e os equipamentos da residência, foi desenvolvido um *software* escrito em php, rodando a partir do servidor *web*, tornando capaz o controle e supervisão do sistema através de qualquer computador ou dispositivo que contenha um *browser* e esteja conectado na rede local ou *Internet*.

Serão descritas agora suas características de *hardware* e *software*, bem como os problemas encontrados em seu desenvolvimento e suas soluções.

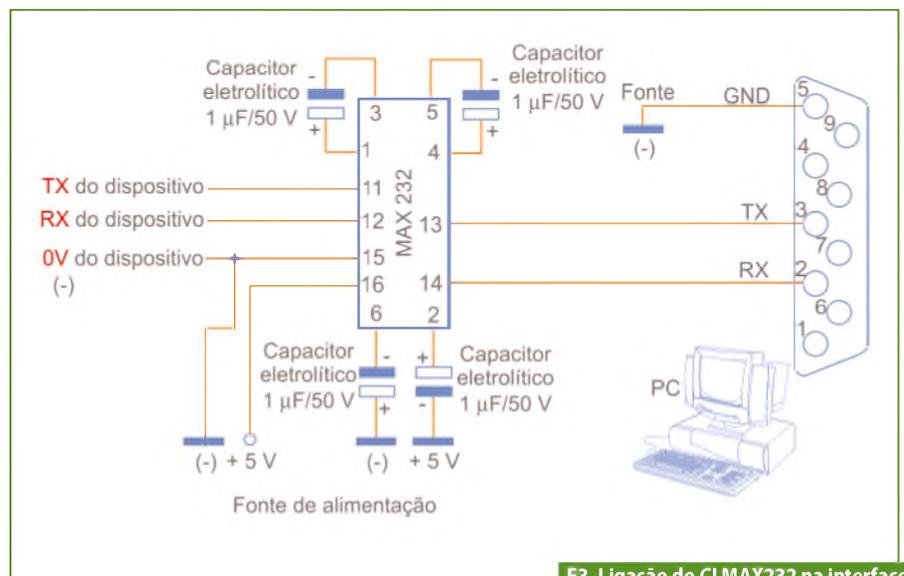
## Hardware

O *Hardware* é composto por microcontroladores e relés, rede de comunicação que utiliza circuitos integrados conversores de sinais seriais de padrões RS232 e RS485, e um microcomputador utilizado como servidor *web* e mestre da rede RS485.

Na **figura 1** pode ser visto um diagrama do modelo do protótipo de domótica, com todos os seus componentes de *hardware*.

## Os Microcontroladores (escravos)

Como dito anteriormente, os microcontroladores utilizados foram os da plataforma Arduino, especificamente o modelo Atmega328, que compõe a placa Duemilanove. Os microcontroladores da plataforma Arduino foram escolhidos



F3. Ligação do CI MAX232 na interface RS232 para conversão TTL/RS232.

principalmente por sua facilidade de programação, característica essencial para um rápido desenvolvimento de projetos microcontrolados.

Além da facilidade de programação, outra característica que ajudou na sua escolha foi a gravação descomplicada do programa no microcontrolador, que não precisa de gravadores específicos, necessitando apenas de um cristal oscilador e de alguns resistores.

Os microcontroladores são usados para o controle dos equipamentos elétri-

cos da residência. Foi criado um módulo de acionamento e leitura, composto por quatro relés e um sensor de temperatura, como pode ser visto na **figura 2**. Foram utilizadas quatro portas de saída digital do microcontrolador para o acionamento de lâmpadas e tomadas, e quatro portas de entrada digital para a leitura de sensores de porta e interruptores de lâmpadas. Foi usada apenas uma porta analógica do microcontrolador, configurada como entrada analógica para a leitura de um sensor de temperatura.

O módulo de acionamento foi idealizado para ser introduzido em uma caixa de tomadas, interruptor ou caixa de passagem, portanto deveria ter no máximo dois relés e não quatro como os que foram vistos na figura 2. Idealmente o seu projeto deveria ser em placa de circuito impresso, mas o mesmo foi montado em *protoboard*, como todo o resto do protótipo, ficando como sugestão para trabalhos futuros a miniaturização do mesmo em placa de circuito impresso.

## A rede de comunicação

A rede de comunicação escolhida foi a rede RS485, por ser uma rede robusta e bastante utilizada, por poder operar no modo multiponto, possuir capacidade de comunicação com cabos de grandes comprimentos e facilidade de conversão do padrão RS232 para o padrão RS485, características essenciais para a rede deste protótipo.

Para que os dispositivos pudessem se comunicar por esta rede, foram necessários circuitos integrados conversores, que serviram para converter os sinais do pa-

drão RS232 do mestre (microcomputador) para o padrão RS485 e os sinais TTL dos escravos (Arduino) para RS485.

A seguir, pode ser visto o modo de ligação destes circuitos integrados na rede de comunicação, tanto para o mestre quanto para os escravos. A **figura 3** mostra a ligação do CI MAX232 para converter os sinais da interface RS232 do mestre para os sinais TTL. Já a **figura 4**, mostra a ligação do CI MAX485 para converter os sinais TTL dos microcontroladores e do MAX232 do mestre para os sinais do padrão RS485.

Neste tipo de rede, por definição do padrão RS485, é possível conectar até 32 dispositivos na mesma. Neste protótipo foram utilizados apenas dois dispositivos, ou seja, dois escravos, mas nada impede que sejam adicionados mais dispositivos a esta rede.

## O Mestre e o Servidor Web

Inicialmente, o servidor *web* seria feito utilizando um *Shield Ethernet* Arduino, componente da plataforma Arduino que adiciona basicamente uma comunicação

*ethernet* no microcontrolador. Após alguns testes com o *Shield ethernet*, sua utilização foi descartada, pois o mesmo apresentou uma implementação complicada e recursos limitados, como por exemplo, o suporte apenas da linguagem HTML, limitando o seu uso apenas para simples aplicações, diferente de uma página mais elaborada, com uma maior interação entre o usuário e o sistema, como é o caso de uma página escrita na linguagem PHP sendo executada a partir de um servidor *web* padrão em um microcomputador qualquer.

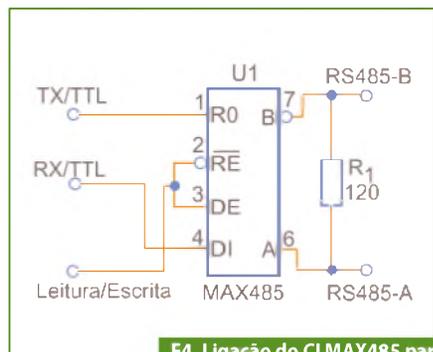
Portanto, um microcomputador foi utilizado para ser o servidor *web*, pois nele seria capaz de ser instalado o Apache *Web Server*, um servidor *web* padrão de páginas para *Internet*, que pode ser utilizado tanto para páginas *web* escritas em HTML quanto para páginas escritas em PHP. Este mesmo microcomputador foi utilizado como mestre da rede, tendo a capacidade de interagir com os escravos e a página escrita em PHP, utilizando um *software* escrito na linguagem VISUAL BASIC.NET. As principais características do microcomputador utilizado, bem como os *softwares* nele instalados, são:

- Processador de 3,14 GHz;
- Memória RAM de 1 GB;
- Porta Serial padrão RS232;
- Porta *Ethernet* 10/100 Mbps;
- Servidor Apache *Web Server* versão 2.2.17;
- PHP versão 5.3.5 instalado junto com o Apache;
- Circuito conversor RS232/RS485 (MAX232 e MAX485).

Vale ressaltar que para este servidor poderia ter sido escolhido algum outro microcomputador de menor capacidade de processamento, mas necessariamente seria dotado de uma porta serial RS232 (ou conversor USB/RS232) e uma porta *Ethernet*. A seguir, será visto mais detalhadamente todos os *softwares* desenvolvidos neste protótipo.

## Software

A parte de *software* do protótipo de domótica é justamente o protocolo de comunicação da rede, que é composta de dois *softwares*, um do mestre e um dos escravos, além de mais um *software* escrito em PHP que serve como interface entre o usuário e o sistema de automação.



F4. Ligação do CI MAX485 para conversão de TTL/RS485.



F5. Modelo da string de comando utilizada no protocolo do protótipo.

Bloco	Caracteres	Significado	Função
1	INI	Início de um String válida	Utilizado para informar os escravos que o início da string é válida
2, 4, 6, 8, 10, 12	#	Separação	Utilizado apenas para organização da string.
3	2 ou 3	Endereço	Informa aos escravos qual endereço a string de comandos pertence.
5	E ou L	Leitura ou Escrita	Utilizado para sinalizar se a string é de escrita ou leitura
7	01 a 16	Entradas Digitais	Utilizado para informar o estado de 4 saídas digitais. 01 a 16 em decimal, corresponde a 4 bits.
9	01 a 16	Saídas digitais	Utilizado para informar o estado de 4 entradas digitais. 01 a 16 em decimal, corresponde a 4 bits.
11	001 a 255	Entrada ou Saída Analógica	Utilizado para a leitura ou escrita analógica. 001 a 255 em decimal, corresponde a 8 bits.
13	@	Fim de um string válida	Utilizado para informar o fim de uma string válida.

T1. Detalhes dos blocos de uma string de comandos.

O protocolo de comunicação é baseado no envio de *strings*\* de comandos pela rede RS485. Estas *strings* de comandos são formadas por um conjunto de caracteres que formam um pacote de informações. A **figura 5** mostra a estrutura de uma *string* de comando utilizada no protótipo.

Como foi visto nessa figura, a *string* é dividida em pequenos blocos, onde cada bloco possui caracteres com funções específicas. Os números de 1 a 13 na figura 5 representam os blocos de comandos. Pode ser visto, na **tabela 1**, um detalhamento da *string* de comando, onde são mostradas as funções de cada um de seus blocos.

Os três *softwares* do protótipo que tratam estas *strings* são:

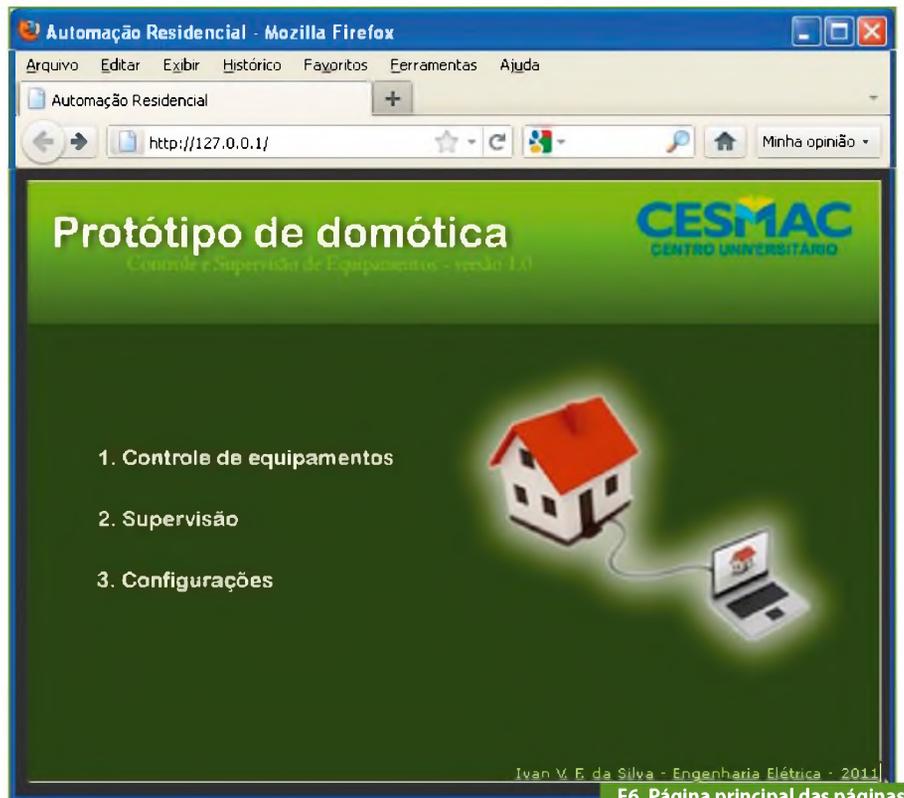
- **Página PHP:** *Software* escrito na linguagem PHP, utilizado como interface de comunicação entre o usuário do sistema de automação e os equipamentos nele instalados.
- **Software do Mestre:** *Software* escrito na linguagem VISUAL BASIC.NET, utilizado para acessar a porta serial RS232 do mestre e repassar as informações tanto para os escravos quanto para a página PHP.
- **Software Escravos:** *Software* escrito na linguagem C, utilizado dentro dos microcontroladores Arduino para controlar os equipamentos a eles ligados, além de torná-los capazes de se comunicar com o mestre.

## Páginas PHP

As páginas *web* escritas em PHP não fazem parte diretamente do protocolo de comunicação, mas consistem numa parte essencial do protótipo, que serve como meio de acesso para o usuário controlar e supervisionar o sistema de automação pela rede local e *Internet*.

Em princípio estas páginas teriam a função de mestre no protótipo, acessando informações diretamente da porta

**(\*)String:** Em programação e em linguagens formais, uma cadeia de caracteres (também conhecida como *samblagem* ou *string*) é uma sequência ordenada de caracteres (símbolos) escolhidos a partir de um conjunto pré-determinado.



F6. Página principal das páginas escritas em PHP.

serial do servidor. Foram feitos testes de funcionamento de uma página escrita em PHP acessando diretamente a porta serial. Os resultados destes testes não foram satisfatórios, pois tanto no envio quanto na recepção de dados utilizando a porta serial do servidor, a página em PHP se mostrou demasiadamente lenta na execução do programa, comprometendo todo o sistema.

Contudo, as páginas em PHP ficaram responsáveis apenas pela interação do usuário com o controle e supervisão do sistema, deixando a função de mestre do protocolo de comunicação para outro *software* específico, escrito em linguagem Visual Basic .NET.

Como pode ser visto na **figura 6**, a página principal escrita em PHP possui três opções. A opção um, Controle de Equipamentos, leva o usuário para outra página que lista todos os equipamentos que podem ser controlados no momento pelo sistema. Ao lado de cada equipamento listado, existem duas opções, as opções ligar e desligar. No final da lista, possui um botão, chamado de "Alterar estado", que ao ser pressionado carrega as opções escolhidas pelo o usuário e em

seguida monta uma *string* de comandos, gravando-a em um arquivo de texto chamado comando\_php.txt, para que o mestre possa ler e enviá-la aos escravos. Além disso, a página PHP grava mais um arquivo, chamado str\_phpenvia.txt, que avisa ao mestre que existe uma nova *string* para ser enviada.

Já na opção dois, Supervisão do Sistema, o usuário será levado para uma página que solicitará ao *software* mestre uma *string* de comandos de leitura, contendo informações atuais dos estados das entradas e saídas dos escravos. Esta página grava um arquivo chamado str\_php recebe.txt, que serve para avisar ao mestre que existe uma nova solicitação de *string* de leitura. Após esta solicitação, o mestre faz a leitura nos escravos e grava a cadeia de caracteres em um arquivo chamado comando\_mestre.txt, para que a página de supervisão possa lê-la.

A página configurações do sistema deve ser desenvolvida com o propósito de adicionar ou remover equipamentos e sensores que poderiam ser controlados e supervisionados pela rede. A seguir, pode ser visto na **figura 7** o fluxograma das páginas em escritas em PHP.

### O software do mestre

O mestre do protocolo de comunicação do protótipo foi desenvolvido utilizando a linguagem Visual Basic.NET. Este *software* é responsável por todo o fluxo de informação na rede. Sua principal função é acessar a porta serial RS232 do servidor e permitir a troca de informações entre as páginas PHP e os escravos. O seu funcionamento é bastante simples. Ele ficará permanentemente verificando alterações nos arquivos de texto `str_phpenvia.txt` e `str_phprecebe.txt`, arquivos estes criados pelas páginas PHP, e que foram comentados anteriormente. O conteúdo desses dois arquivos indicará para o mestre se ele enviará ou receberá uma nova *string* de comandos dos escravos.

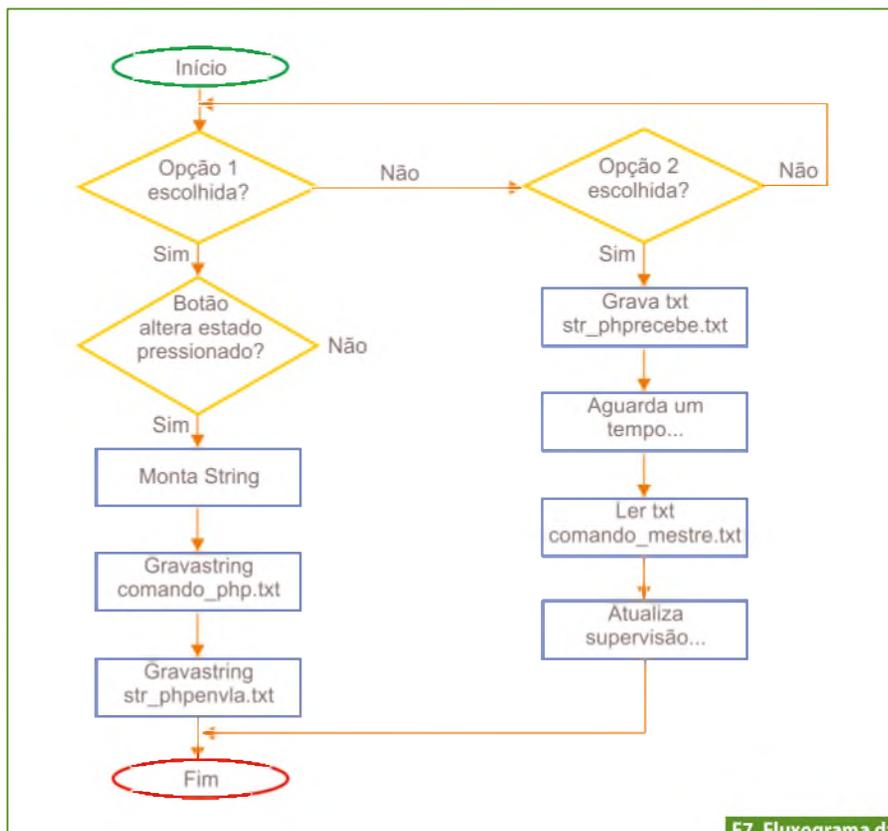
Caso estes arquivos indiquem uma requisição de uma nova *string* de leitura ao mestre, ele irá fazer uma requisição de leitura aos escravos e aguardará um tempo para que eles respondam com a *string* de leitura solicitada. Após isso, o mestre irá gravá-la em um arquivo de texto chamado `comando_mestre.txt`, que será lido pela página PHP para poder atualizar sua tela de supervisão. Se agora os arquivos de texto indicarem ao mestre que ele terá que enviar uma nova *string* de comandos de escrita nos escravos, ele irá ler o arquivo de texto chamado `comando_php.txt`, que contém a última *string* de comandos de escrita solicitada pela página de controle de equipamentos, e em seguida enviará para os escravos. Na **figura 8** pode ser visto o fluxograma do *software* mestre.

### O Software dos escravos

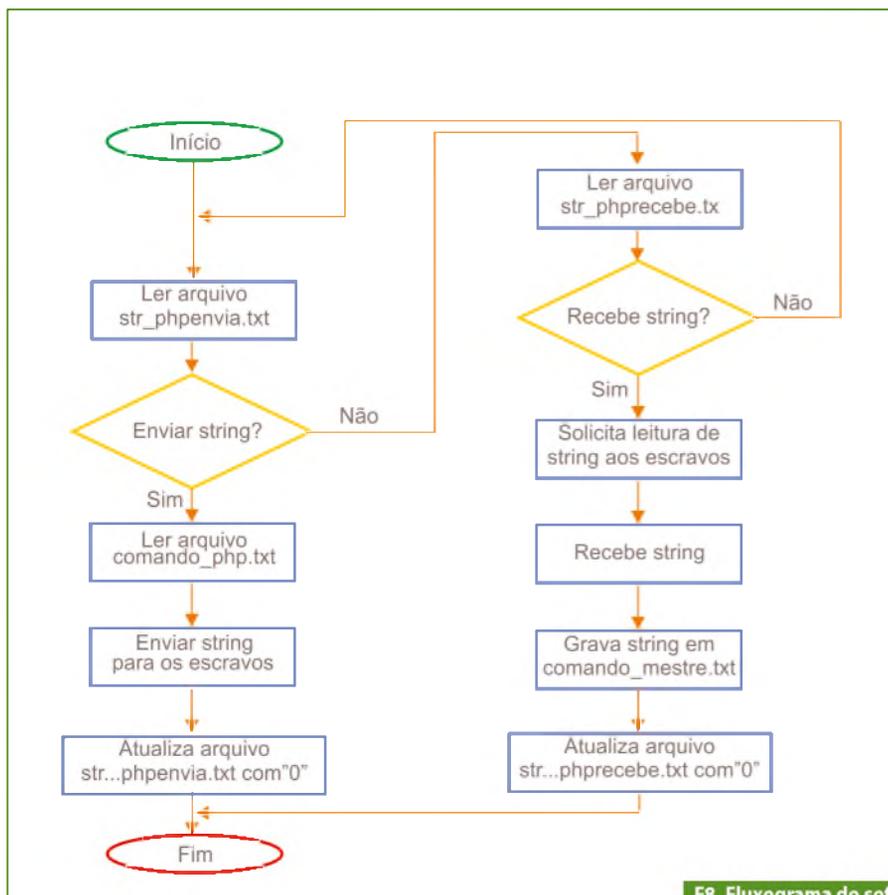
O *software* dos escravos é um único *software* para todos, mudando apenas algumas informações, como o endereço do escravo na rede e se ele é um módulo que permite entrada ou saída analógica.

O *software* é escrito em linguagem C. Ele ficará permanentemente aguardando uma *string* de comandos do mestre. Caso receba, ele verificará no bloco de endereço se contém seu endereço. Se for o seu, ele tratará os "caracteres" de comandos e irá verificar se é de leitura ou escrita, através do bloco cinco da *string* de comandos.

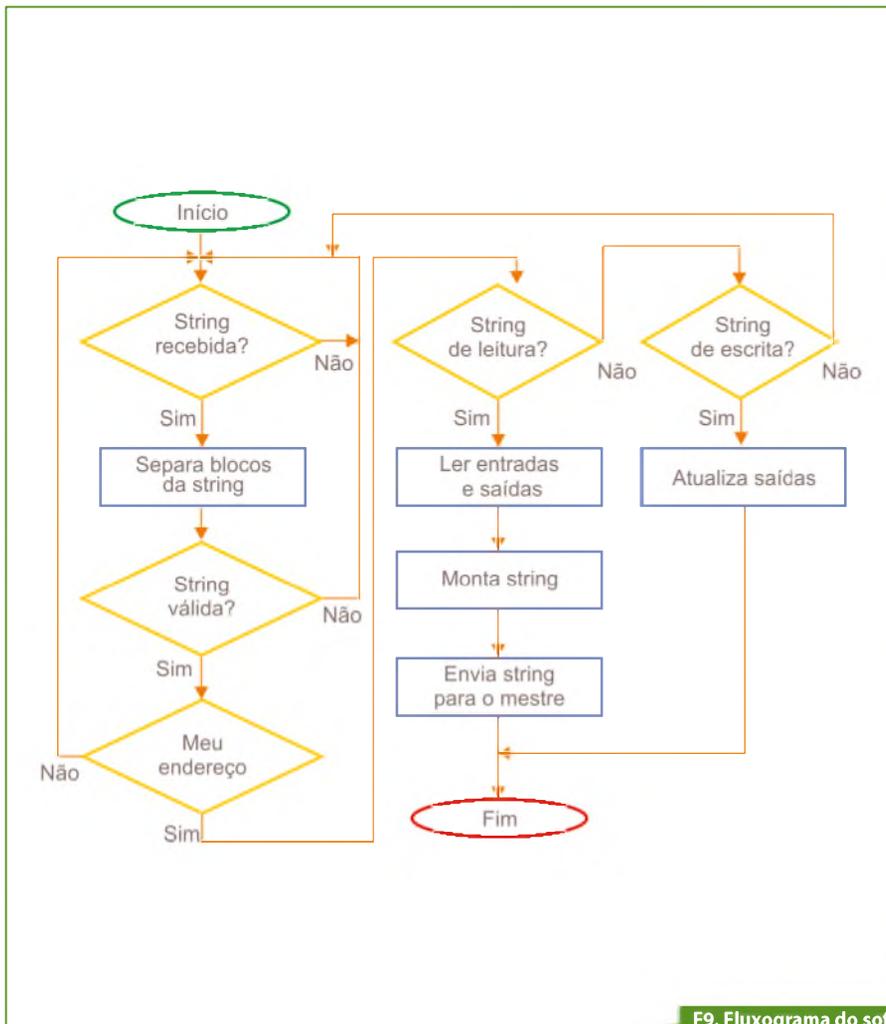
Na **figura 9** pode ser visto o fluxograma do *software* escravo.



F7. Fluxograma das páginas PHP.



F8. Fluxograma do software do mestre.



F9. Fluxograma do software dos escravos.

## Acesso Remoto via Web

As páginas escritas em PHP funcionaram perfeitamente pela rede local e pela Internet. Para a visualização das páginas pela rede local não foi preciso nenhuma configuração. As páginas escritas em PHP foram adicionadas à pasta raiz de páginas *web* do servidor Apache, onde na versão utilizada esta pasta é chamada de "WWW".

Para o acesso via rede local, bastou digitar o endereço `http://localhost/index.php:8888`, onde "localhost" é o endereço local padrão do servidor *web* Apache, e `index.php`, a página principal que contém as opções de controle de equipamentos e supervisão do sistema. O caractere ":" seguido dos números 8888, avisam ao navegador que a porta utilizada não é a padrão 80 do protocolo de Internet HTTP, e sim a 8888, porta configurada nas opções do servidor Apache.

Porém, para o acesso via *web* foi preciso configurar o roteador de acesso

à Internet para redirecionar todas as requisições feitas na porta 80 do roteador, para a porta 8888 do IP do servidor *web*. Esta configuração é bastante simples e diferente em cada tipo de roteador, por isso não foi descrita neste trabalho, pois não faz parte de seu escopo.

## Conclusão

O desenvolvimento do protótipo possibilitou alcançar os objetivos deste trabalho, mostrando-se capaz de realizar suas funções básicas esperadas, como o controle e supervisão dos equipamentos conectados aos escravos (microcontroladores) através da Internet.

Pôde-se concluir então, que é possível automatizar pequenas residências de classe média, utilizando soluções e tecnologias com padrões abertos e de baixo custo, sendo possível o seu controle via rede local e Internet. **E**

VENHA NOS VISITAR  
NA ESC BRAZIL #C13



Gratuito

A maior variedade do mundo em ferramentas de desenvolvimento Boundary-Scan da empresa líder mundial - JTAG Technologies.

- Buzz - Testador de continuidade sonoro totalmente gratuito. Ideal para debug e reparo de hardware
- Clip - baseado em vetor, permite testes em cluster com facilidade
- Poderoso software - API-Script - baseado em Python
- Forums de Suporte On-line

Pode ser difícil justificar o gasto de milhares de reais em uma nova ferramenta de teste e debug quando você sequer tem certeza de que ela vai funcionar.

É por isso que a JTAG Technologies lançou a família JTAG Live, uma ferramenta de análise de limites com custo acessível. Tão acessível que o módulo básico BUZZ é completamente gratuito!

Utilize-o para checar a continuidade de pino a pino ou para observar a atividade em um pino oculto, como você faria com uma ponta de prova.

Quando precisar de mais recursos, o acessível Clip permite que um conjunto ilimitado de vetores seja aplicado a qualquer número de nós. E com o Script você terá toda a aplicação JTAG/Boundary Scan.

JTAG Live

JTAG live é desenvolvido pela JTAG Technologies

JTAG TECHNOLOGIES

Making JTAG Accessible

info@jtaglive.com | www.jtaglive.com

Representante no Brasil:  
TEKNO SIBIOS

# Tipos de Antenas e suas Propriedades

Parte  
2

Na primeira parte deste artigo tratamos das propriedades das antenas lineares Yagi-Uda e Log-Periódicas. Dando prosseguimento, nesta segunda e última parte, trataremos dos painéis de dipolos, painéis H e das antenas tipo Superturnstile, Anel e Seta.

O artigo é baseado em material fornecido pela Trans-Tel e trata basicamente de antenas usadas em FM e TV, mas os mesmos princípios são válidos para outras aplicações.

**Dante J. S. Conti**  
[www.transtelconti.com.br](http://www.transtelconti.com.br)

**A**s antenas do tipo Painel Dipolos caracterizam-se sempre pela disposição mecânica de um ou mais dipolos (DMO = dipolo de meia onda, DOC = dipolo de onda completa, X = dipolos cruzados) à frente de um painel refletor, quer seja este painel do tipo sólido (usual em UHF e micro-ondas) ou tipo grade (usual em VHF).

A **figura 1** mostra três fotos, no extremo inferior designado como MO, a foto de um painel de dipolo de meia onda para VHF; acima do lado direito designado como OC, a foto de um painel de dipolo de onda completa para UHF na configuração de 8 dipolos empilhados verticalmente; e finalmente à esquerda a foto de um arranjo de painéis de UHF do tipo faixa larga ao redor de uma torre, onde o dipolo, o refletor e demais componentes do painel são revestidos por uma capa de proteção (ou *radome*).

Esta categoria de painéis é amplamente utilizada em sistemas de radiodifusão de TV, pois atende as faixas de VHF e UHF em várias especificações possíveis de ganho e níveis de potência unitários compatíveis com sistemas de baixa, média e alta potência, tornando as antenas

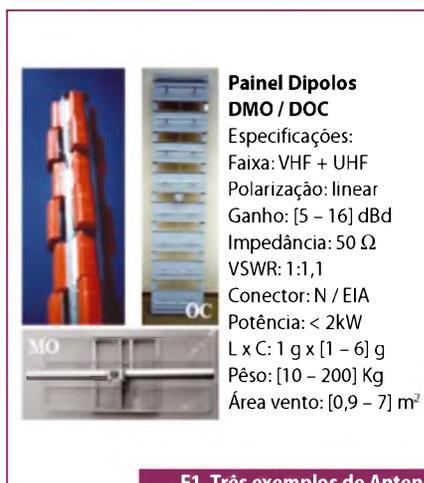
propícias para utilização em “arranjos de antenas” para a composição de diagramas de radiação mais elaborados, impondo restrições ao uso em qualquer tipo de estrutura portante ou torre. Já em UHF, as menores dimensões e características mecânicas mais aliviadas as tornam de mais fácil instalação.

Quando o sistema de transmissão exige antenas que operem em polarização circular, o dipolo linear é substituído por um conjunto de dois dipolos cruzados como o ilustrado na **figura 2**, para o caso de uma antena na faixa de TV em VHF, ou como exibido na **figura 3** para as antenas na faixa de FM. Nestas mesmas figuras, as demais características elétricas e mecânicas estão relacionadas.

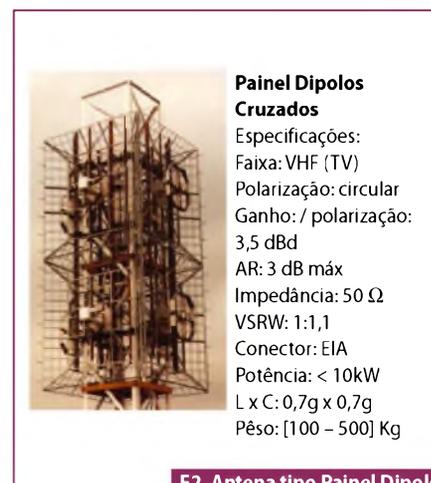
Em canais baixos de VHF (2 até 6), dado o elevado comprimento de onda de operação, implementam-se usualmente painéis com dipolos de meia onda como o observado na figura 2.

Já em canais altos de VHF (7 até 13), implementam-se tanto painéis com dipolos de onda completa como com dipolos de meia onda, veja nas **figuras 3 e 4**.

Na **figura 5** temos a especificação de um painel de doze dipolos empilhados



**F1. Três exemplos de Antenas tipo Painel Dipolos DMO/DOC.**



**F2. Antena tipo Painel Dipolos Cruzados para VHF.**



### Painel Dipolos Cruzados

Especificações:  
 Faixa: VHF FM (88-108)  
 Polarização: circular  
 Ganho: / polarização: 3,5 dBd  
 AR: 3 dB máx  
 Impedância: 50 Ω  
 VSRW: 1:1,2  
 Conector: EIA (2x)  
 Potência: < 10kW  
 L x C: 0,7g x 0,7g  
 Pêso: [40 – 80] Kg

F3. Antena tipo Painel Dipolos Cruzados para FM.

verticalmente à frente de um único painel refletor, bastante comum em UHF, note o estreitamento do diagrama vertical com a consequente redução do HPBWV comparativamente aos casos anteriores.

O maior empecilho construtivo das antenas tipo painel de dipolos é a necessidade de se utilizar dispositivos de equilíbrio de impedância, ou “baluns”, para a interligação do dipolo com a linha de transmissão, além do que o requisito de faixa necessário para utilização em TV impõe a necessidade de se trabalhar com dipolos cilíndricos de dimensões significativas.

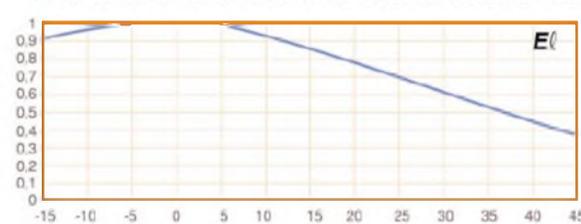
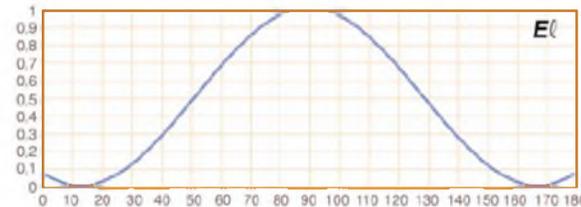
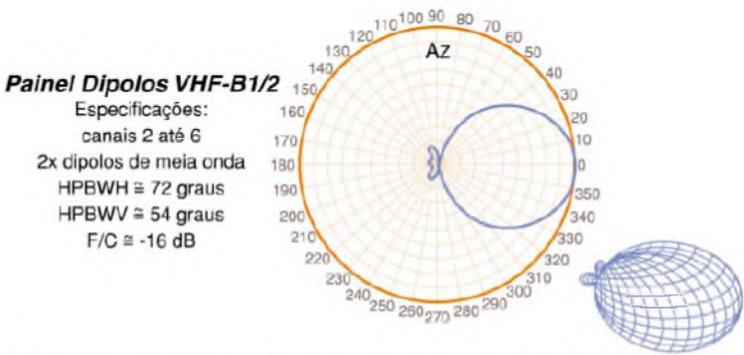
Ao contrário, o painel H (chamado de painel duplo delta, ou ainda painel rômbo) emprega uma filosofia de alimentação da antena que é desbalanceada, portanto compatível com a linha de transmissão, bem como uma geometria do elemento “ativo” nada convencional se comparado ao dipolo, eliminando assim as principais desvantagens do painel de dipolos e agregando propriedades elétricas desejadas para esta categoria de antenas.

O painel H representa uma solução muito eficiente para emprego em sistemas de transmissão de TV em VHF, tornando-os, a exemplo dos painéis de dipolos, antenas propícias para utilização em arranjos de antenas para a composição de diagramas de radiação mais elaborados. Quando comparados aos painéis de dipolos, apresentam ainda menor peso e menor área de vento.

A **figura 6** ilustra a foto de um painel H, onde pode-se identificar o painel re-

### Painel Dipolos VHF-B1/2

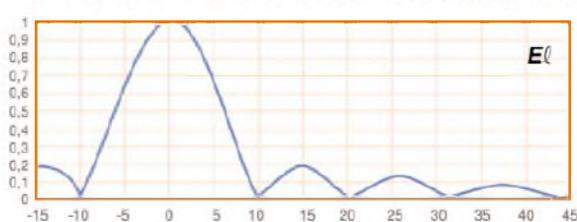
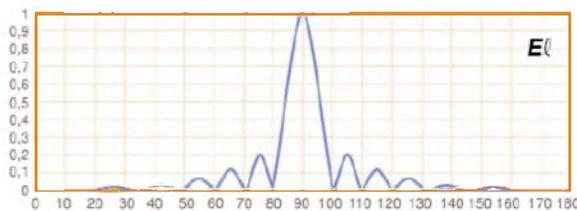
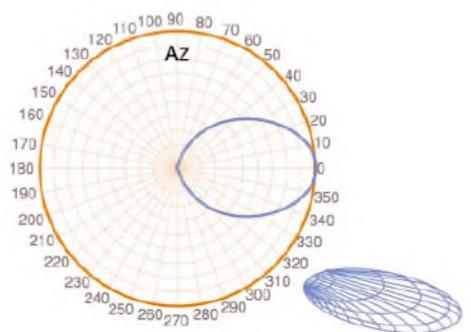
Especificações:  
 canais 2 até 6  
 2x dipolos de meia onda  
 HPBWH  $\cong$  72 graus  
 HPBWV  $\cong$  54 graus  
 F/C  $\cong$  -16 dB



F4. Especificações e Diagramas de Azimute e Elevação da Antena tipo painel Dipolos para VHF.

### Painel Dipolos UHF

Especificações:  
 canal 14 até 59 (monocanal)  
 12x dipolos de onda completa  
 HPBWH  $\cong$  60 graus  
 HPBWV  $\cong$  9 graus  
 F/C  $\cong$  -24 dB



F5. Especificações e Gráficos de Azimute e Elevação da Antena tipo Painel Dipolos para UHF.



**Painel H**

Especificações  
 Faixa: VHF  
 Polarização: linear  
 Ganho: 6,5 dBd  
 Impedância: 50 Ω  
 VSRW: 1:1,1  
 Conector: EIA  
 Potência: < 10kW  
 L x C: 0,7g x 1g  
 Pêso: [20 – 190] Kg  
 Área vento: [0,9 - 7]m<sup>2</sup>

**F6. Antena tipo Painel H para VHF.**



**Superturnstile**

Especificações  
 Faixa: VHF  
 Polarização: linear  
 Ganho: 0,5 dBd  
 Impedância: 50 Ω  
 VSRW: 1:1,1  
 Conector: EIA  
 Potência: < 10kW  
 L x C: 0,5g x 0,7g  
 Pêso: [100 – 250] Kg  
 Área vento: [1,5 – 3,5]m<sup>2</sup>

**F8. Antena tipo Superturnstile para VHF.**

fletor tipo grade e montado na sua frente o elemento tipo “dipolo” de geometria semelhante às asas de uma borboleta, no qual está conectada a linha de transmissão.

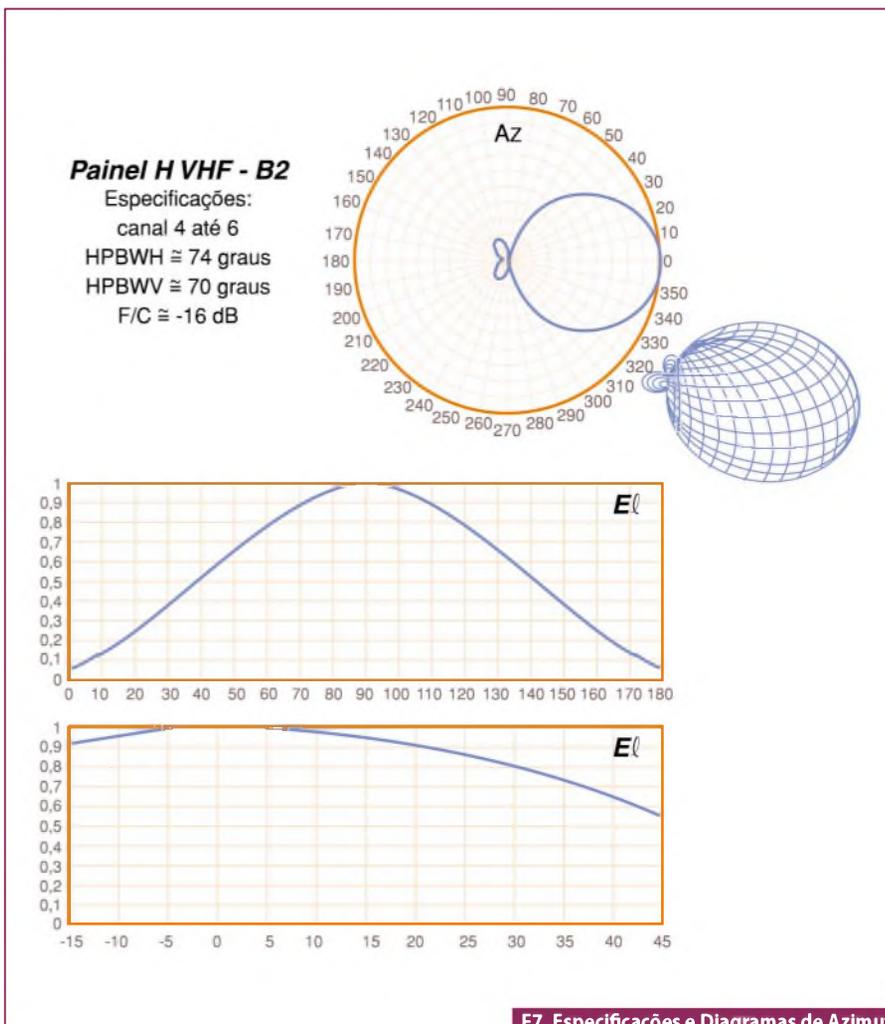
A **figura 7** apresenta a especificação de um painel H projetado para atender a faixa de TV em VHF correspondente aos canais 4 até 6, onde se verifica as aberturas de meia potência horizontal e vertical e a relação frente - costa que se obtém com esta geometria. Cabe a ressalva de que o valor de HPBWV superior ao painel com dois dipolos de meia onda torna o ganho individual do painel H ligeiramente inferior.

A **figura 8** mostra a foto da antena Superturnstile, também conhecida como “Batwing”. Observa-se a geometria semelhante às asas de borboleta e perfeita simetria mecânica dos elementos tipo “dipolo” ao redor do tubulão de susten-

tação, bem como a presença de quatro linhas de transmissão ( a foto destaca apenas duas) desbalanceadas para a alimentação da antena. Trata-se de uma antena otimizada para a conformação de diagramas de azimute omnidirecionais para TV na faixa de VHF.

A antena Superturnstile é autoportante e condicionada à instalação em topo de torres, representando uma melhor solução em termos de peso, carga aerodinâmica e circularidade do diagrama de azimute para a implementação de diagramas omnidirecionais se comparada a arranjos utilizando antenas tipo painel.

A **figura 9** apresenta a especificação de uma Superturnstile projetada para atender a faixa de TV em VHF correspondente aos canais 4 até 6, onde se verifica a excelente circularidade do diagrama de azimute (apenas 1,4 dB) e a abertura de meia potência vertical equivalente



**F7. Especificações e Diagramas de Azimute e Elevação da Antena Painel H para VHF.**

àquelas obtidas com antenas tipo painel, o que resulta em um ganho de potência da ordem de 0,5 dBd (ou aprox. 1,1x) por nível de empilhamento vertical.

Para o estabelecimento de enlaces ponto a ponto em aplicações de repetição de sinais ou até mesmo retransmissão, a exigência de antenas com elevado ganho nas faixas de UHF e micro-ondas tornam as antenas parabólicas a solução mais indicada.

Em aplicações de Radiodifusão as parabólicas mais empregadas recaem na categoria de antenas tipo “focal point”, onde o alimentador ou “feeder” está situado geometricamente no ponto focal da parábola configurada pelo refletor.

A foto da **figura 10** ilustra uma antena parabólica deste tipo para utilização em Micro-ondas, onde o refletor é do tipo sólido. Em UHF, dado o maior comprimento de onda e dimensão do refletor

# Necessita de Soluções Rápidas e Personalizadas de Energia?

## Pense GlobTek!



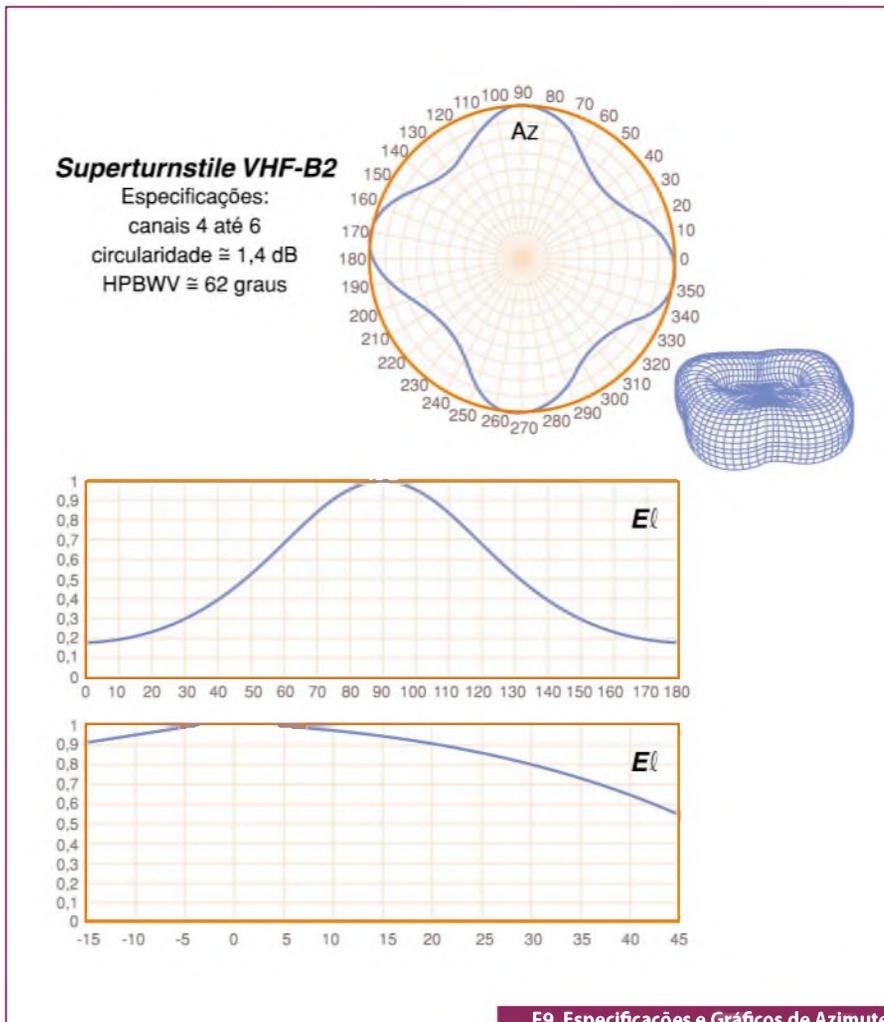
Os engenheiros do Centro de Projetos da GlobTek em New Jersey podem criar rapidamente um sistema de energia rentável e sob medida para o seu equipamento. Nossas fontes de alimentação personalizadas não apenas fornecem a solução que você necessita, nós garantimos que o seu equipamento atenderá todos os padrões e regulamentos aplicáveis e que será produzido e entregue em tempo hábil. Na GlobTek produzimos soluções personalizadas de energia em instalações próprias nos EUA e na China, garantindo entrega rápida, qualidade consistente e desempenho confiável com ótimo preço!



Ligue para +1.201.784.1000 e fale com um engenheiro sobre as suas necessidades, ou visite [www.globtek.com](http://www.globtek.com) para saber mais.



[www.globtek.com](http://www.globtek.com)



parabólico, utilizam-se telas ou grades como superfície refletora.

Antenas Slot representam soluções versáteis e econômicas para transmissão de sinais de TV nas faixas de VHF (canais 7 até 13) e UHF dentro de uma gama de níveis de potência, ganhos e diagramas possíveis sem similares dentre os demais tipos de antenas estudados, o que as tornam quase que uma categoria de antenas que se enquadram como solução universal para a maior parte das situações.

Antenas Slot são constituídas basicamente por uma cavidade de RF com geometria e dimensões adequadas à ressonância e conformação de diagramas de radiação especificados, a alimentação da cavidade é, via de regra, desbalanceada e o acoplamento de energia entre a linha de transmissão e as fendas (aberturas da cavidade) se dá por elementos de acoplamento.

Externamente à cavidade são ainda incorporados elementos parasitas para conformação dos diagramas de radiação especificados.

A **figura 11** apresenta especificações de uma Slot VHF implementada com cavidade retangular e com diagrama de azimute tipo cardioide, o fato de operar na banda alta de VHF determina o fornecimento desta antena em módulos de duas fendas empilhadas verticalmente.

A **figura 12**, por sua vez, apresenta especificações de uma Slot UHF implementada com cavidade cilíndrica e com diagrama de azimute também tipo cardioide. O fato de operar em um menor comprimento de onda determina o fornecimento desta antena em módulos de quatro fendas empilhadas verticalmente.

As variações de geometrias e das técnicas de alimentação utilizadas na construção de antenas slot conferem a



**Parabólica**  
 Especificações  
 Faixa: UHF / MO  
 Polarização: linear  
 Ganho: [21 - 34] dBd  
 Impedância: 50 Ω  
 VSRW: 1:[1,1 - 1,3]  
 Conector: N / EIA  
 Potência: < 100W  
 Diam.: [3 - 70]  
 Pêso: [10 - 130] Kg  
 Área vento: [1 - 12]m<sup>2</sup>

**F10. Antena tipo Parabólica para UHF/MO.**

estas antenas desempenhos bem distintos quanto à largura de faixa de operação em termos de ganho e de diagrama de radiação.

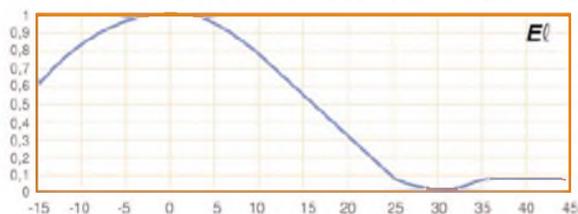
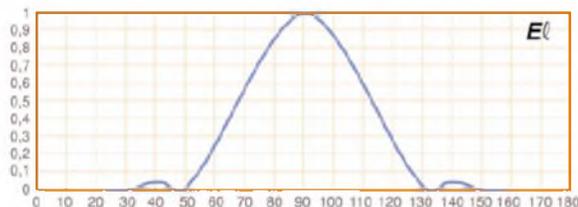
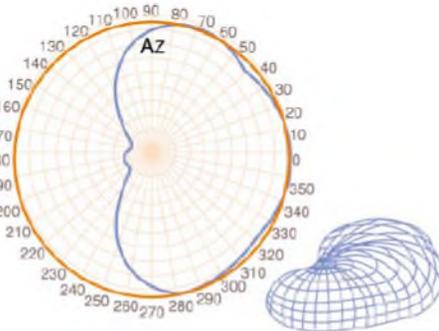
Em aplicações de FM o requisito de largura de faixa não impõe grandes dificuldades para o desenho de antenas, o que se busca são antenas e situações de instalação onde esteja garantido o diagrama de radiação e a pureza da polarização elíptica (manutenção da relação axial ao longo dos azimutes de cobertura).

Do que vimos até aqui, tem-se a opção de utilizar painéis de FM que apresentam diagramas direcionais e que podem configurar diagramas omnidirecionais quando montados em arranjos. Em FM, o mais usual, entretanto, é o emprego de elementos radiantes com diagrama nativo omnidirecional, onde as antenas conhecidas como tipo anel ou tipo seta cumprem estes requisitos operando em polarização elíptica.

A figura 13 apresenta no extremo superior a foto de um elemento de FM conhecido como seta, trata-se de dois dipolos em V opostos e alimentados de forma desbalanceada, com uma inclinação tal que determina a pureza da polarização elíptica. Ao centro tem-se a foto de um elemento de FM conhecido como anel ou cicloide, trata-se de três dipolos em configuração tipo "loop" alimentados de forma desbalanceada. No extremo inferior da figura 13 temos a foto de uma variante do elemento seta para aplicações em alta potência.

**Slot cavidade ret. VHF-B3**

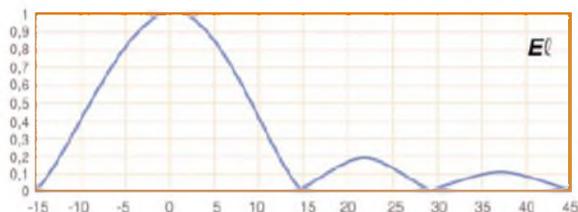
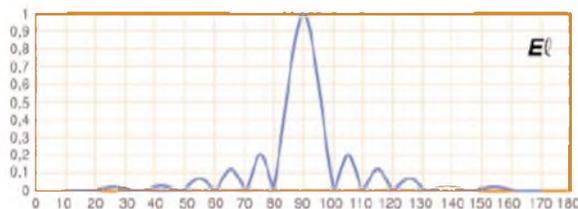
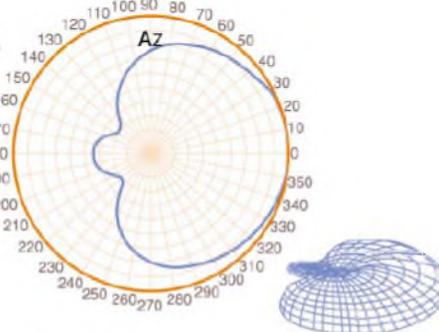
Especificações:  
 canal 7 até 13  
 diagrama A - cardióide  
 HPBWH ≈ 230 graus  
 HPBWV ≈ 24 graus @ 2 fendas  
 F/C = -12 dB



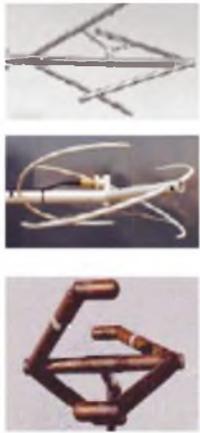
**F11. Especificações e Diagramas de Azimute e Elevação da Antena Slot VHF.**

**Slot cavidade cilíndrica UHF**

Especificações:  
 canal 14 até 59  
 diagrama A - cardióide  
 HPBWH ≈ 200 graus  
 HPBWV ≈ 12 graus @ 4 fendas  
 F/C ≈ -8 dB



**F12. Especificações e Gráficos de Azimute e Elevação da Antena Slot UHF.**



**FM seta / anel**

Especificações  
 Faixa: FM  
 Polarização: elíptica  
 Ganho / polarização: -  
 3,5 dBd  
 AR: 3 dB máx  
 Impedância: 50 Ω  
 VSRW: 1:1,1  
 Conector: N / EIA  
 Potência: < 4kW @ EIA  
 7/8"  
 Pêso: [10 – 50] Kg  
 Área vento: [0,4 – 1]m<sup>2</sup>

**F13. 3 Exemplos de elementos para Antena FM.**

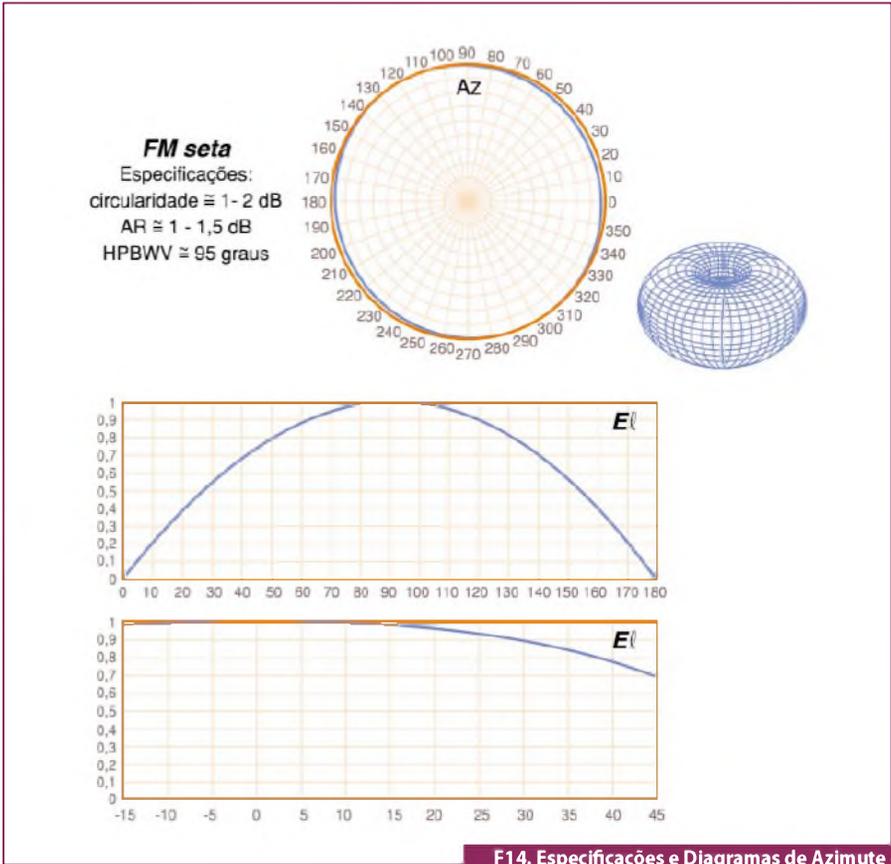
Nas **figuras 14 e 15** apresentam-se as especificações de diagrama respectivamente para os elementos de FM tipo seta e anel, onde a escala normalizada representa o módulo da intensidade de campo em polarização elíptica (isto é, a soma vetorial dos campos radiados em polarização horizontal e em polarização vertical).

O parâmetro AR (relação axial) indica o desequilíbrio entre as amplitudes dos campos em polarização horizontal e em polarização vertical, especificadas para estas antenas.

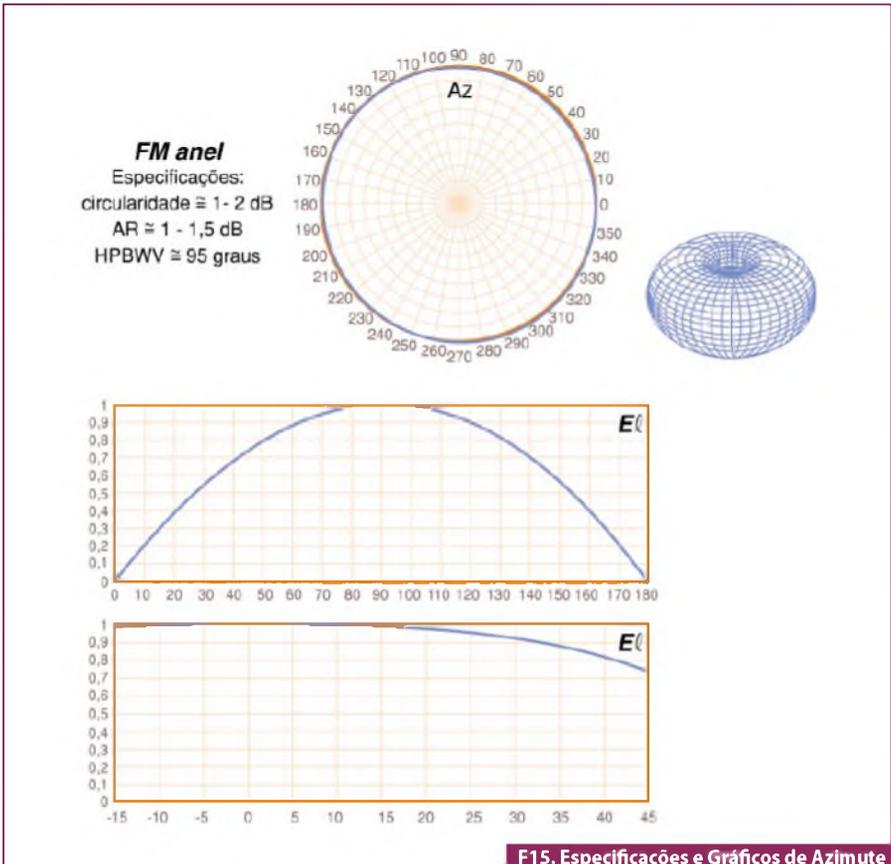
As antenas apresentadas nas figuras anteriores representam os modelos com maior aplicabilidade em sistemas de radiodifusão de TV e FM. Evidentemente, outros modelos de antenas e variações das geometrias mostradas existem e são utilizadas mas, via de regra, a grande maioria das instalações e sistemas radiantes em operação irá recair em algum dos modelos anteriores.

Cada antena apresenta especificações elétricas e mecânicas particulares. Assim, a adequação e escolha de um tipo de antena em detrimento de outra deve levar em consideração estas características sempre à luz do cumprimento das especificações do projeto de viabilidade técnica e do melhor custo-benefício possível para o sistema de transmissão.

Recorrer ao fabricante é sempre uma boa estratégia para otimizar a especificação do sistema radiante da sua estação. **E**



**F14. Especificações e Diagramas de Azimute e Elevação para o Elemento FM seta.**



**F15. Especificações e Gráficos de Azimute e Elevação para o Elemento FM anel.**

# Redes Wireless LAN e suas aplicações

*Redes sem fio são o sonho de qualquer pessoa que já tenha interligado computadores por meio de cabos passando por conduites, furos em paredes, calhas ou até mesmo pelo chão ou rodapés, em improvisadas instalações domésticas. Motivado pela crescente popularidade e facilidade de instalação, mas sem perder de vista questões como segurança, confiabilidade e velocidade de transmissão, este artigo pretende abordar os aspectos técnicos e práticos do padrão de rede ethernet sem fio (wireless LAN), também conhecido como IEEE802.11.*

Rafael de Souza

A idéia de se interligar computadores com a finalidade de trocar dados eficientemente é relativamente nova. Surgiu nos anos setenta com a forte tendência dos grandes sistemas mainframes, predominantes na década de sessenta, serem substituídos gradualmente por sistemas menores em diferentes subsidiárias de uma mesma empresa - os minicomputadores de então. Dentro de cada subsidiária, contudo, o alto custo dos periféricos de impressão e armazenagem criou a necessidade de compartilhar esses equipamentos entre os usuários desses sistemas. Isso criou respectivamente os conceitos de rede WAN (*Wide Area Network*), conectando os minicomputadores das diferentes subsidiárias, e rede LAN (*Local Area Network*), conectando os diferentes periféricos em uma mesma subsidiária. Além disso, o desenvolvimento do microprocessador, no início da década de setenta, acentuou bastante a necessidade de interligar computadores, pois aumentou o poder de processamento de dados em equipamentos menores e mais baratos, os microcomputadores. Logo, foi ficando claro para a indústria que as LANs seriam parte importante nas próximas gerações de sistemas de processamento de dados e certamente seriam mais numerosas, vindo a requerer pesados investimentos para a padronização de redes de comunicação mais eficientes e de custo reduzido.

Nesse contexto, houve uma parceria capitaneada pela Xerox, já então uma gigante do desenvolvimento da indústria de Informática, para o desenvolvimento de uma rede de comunicações LAN: a rede Ethernet. Esta rede, que logo iria se tornar um dos mais conhecidos métodos para se conectar computadores, foi utilizada como base para a sua padronização pelo IEEE em 1980, tornando-se o também conhecido padrão IEEE802.

Durante as décadas de 80 e 90 surgiram diversas variantes deste padrão, que define as regras básicas para o funcionamento da rede desde o meio físico de comunicações (cabos e fios de diversos tipos ou o próprio ar), passando pela identificação dos diversos pontos da rede (os endereços de cada computador) até as definições básicas de como transportar dados através do meio físico (controle de múltiplos pedidos – as chamadas colisões). Um diagrama geral das definições do IEEE802 pode ser visto na **figura 1**.

Em 1997 o IEEE802.11, primeiro padrão para redes sem fio, foi publicado e previa transmissão de dados a até 2 Mbits/s sem especificações de segurança de dados. Testes subsequentes levaram à publicação de uma revisão deste padrão em 1999 que, entre outros detalhes, produziu os padrões atualmente mais populares IEEE802.11a e IEEE802.11b.



F1. Diagrama geral das definições do IEEE802.

### Como funciona?

As redes WLAN podem funcionar em duas configurações: ad hoc e infraestrutura. A configuração de rede ad hoc também é conhecida como peer-to-peer e opera da maneira mais simples possível: todos os computadores (*end points*) que possuem placas de rede WLAN comunicam-se diretamente entre si (ver **figura 2**). Já a configuração infraestrutura funciona na configuração “estrela”, aonde há uma unidade central (*access point*) que se comunica com todos os pontos da rede (*end points*) e a adição de um ponto extra é feita aproximando-se o computador da área de cobertura (ver **figura 3**).

Pode-se perceber que a configuração ad hoc é útil para colocar no ar rapidamente uma rede em salas de reunião ou qualquer lugar aonde não haja uma infra-estrutura já instalada, sendo que o alcance dos sinais de radiofrequência é o maior limitante deste tipo de configuração. Já na infraestrutura, o alcance da rede é maior, principalmente quando se trata de andares de edifícios e salas comerciais, porém há o custo extra do equipamento para access point.

Qualquer que seja a configuração, o limite do número de end points é relativamente grande, obtendo-se um desempenho razoável com dez a quinze computadores interligados simultaneamente ou em cada access point. Estes são limites práticos que, se superados, podem reduzir bastante a taxa de transferência de dados devido ao número excessivo de colisões da rede, como em

qualquer rede ethernet comum. Além disso, a velocidade da rede também é influenciada pela distância entre os pontos da WLAN, sejam eles end points ou access points. Quando é feita a adição de um novo computador, a rede verifica qual a atenuação do sinal e o nível de ruído existentes e testa as comunicações à velocidade máxima – caso não seja possível uma comunicação confiável, a rede reduz a velocidade para aquele end point e testa sucessivamente até que consiga encontrar uma velocidade compatível. Este processo é feito da mesma maneira que os modems analógicos e é chamado de fallback.

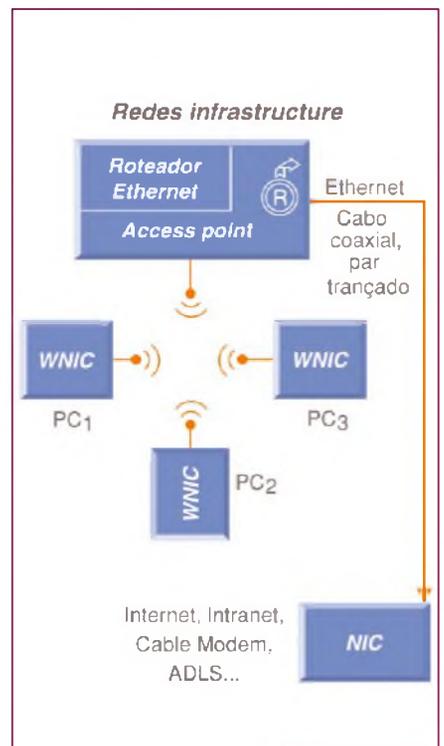
Ademais, na configuração infraestrutura, as redes WLAN podem ser expandidas para diversos access points que podem fazer parte da mesma rede, atuando como repetidores virtuais, e cuja operação não sofre interferências entre si devido a alguns mecanismos de proteção física como o chaveamento de frequências (*frequency hopping*) – a variação contínua da frequência durante a transmissão/recepção de dados. Diz-se que um end point que se movimenta entre as regiões de operação de dois access points está em *roaming* – o mesmo termo já conhecido da telefonia celular.

Fisicamente falando, as redes WLAN possuem cinco variantes disponíveis no mercado (802.11a/b/g/n) compatíveis entre si.

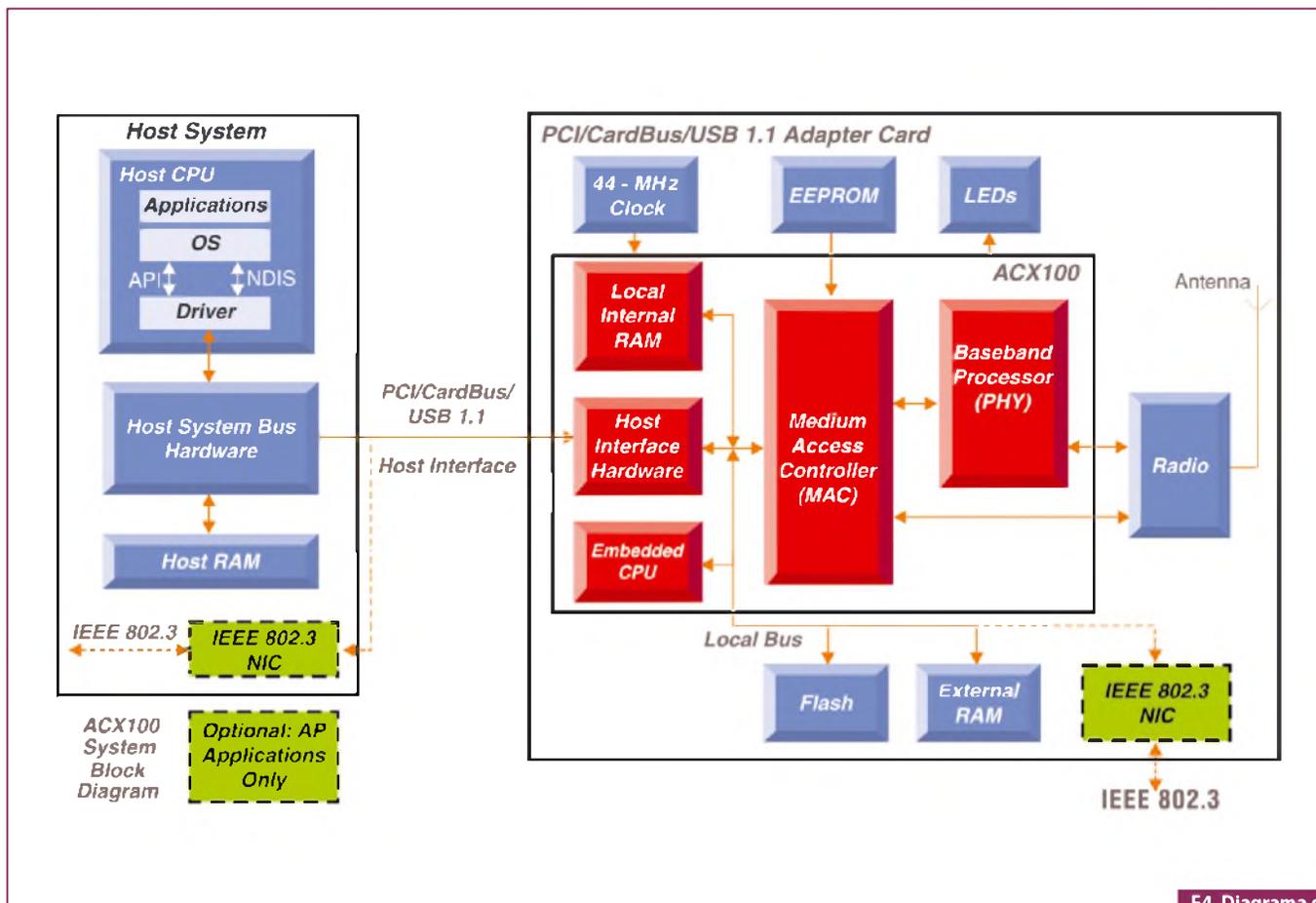
Qualquer que seja a variante de WLAN, esta possui um protocolo relativamente complexo para identificar cada



F2. Placas de rede WLAN comunicam-se diretamente entre si.



F3. Adição de um ponto extra.



F4. Diagrama de blocos.

computador na rede e inclusive permitir que sejam utilizados em movimento, sempre dentro do limite de captação de sinais pelo access point. Além disso, apesar de se tratar de uma tecnologia sem fio, a WLAN deve comportar-se como uma rede normal com cabos e inclusive possuir a segurança dos dados que trafegam na mesma, pois é muito mais crítico tentar impedir um acesso não autorizado à rede quando ela está no espaço que nos cerca! Esta questão não é simples e impediu a utilização em larga escala da WLAN durante um bom tempo até que foi definida a WEP (*Wired Equivalent Privacy* ou privacidade equivalente a um cabo), um sistema de criptografia de dados com chave de 40 bits e algoritmo RC4 RSA – comumente encontrado nos tão populares *web browsers*. Talvez o leitor se pergunte o porquê de o padrão especificar “apenas” 40 bits para proteger os dados, uma vez que os *web browsers* atuais já utilizam até 128 bits e tornam virtualmente impossível que-

brar qualquer código. A razão para isso é que, quanto maior for a senha utilizada, menor será a taxa total de transferência, já que a velocidade de 11 Mbits/s deve transferir também a chave de criptografia. Este padrão encontra-se ultrapassado e seu uso não é mais recomendado, pois já existem várias ferramentas disponíveis de ataque de força bruta para quebrá-lo.

Em seu lugar, prefira equipamentos com suporte ao padrão de criptografia WPA (*Wi-Fi Protected Access*) e sua variante WPA2.

### Componentes e equipamentos WLAN

Todas estas características e protocolos são realizados por processadores bastante complexos que reúnem uma série de funções de protocolo, segurança, compressão e controle de radiofrequência para tornar os equipamentos mais simples e baratos. O diagrama de blocos da **figura 4** mostra, como exemplo, um componente dedicado para redes 802.11b+ (ACX100) e

todos os sistemas necessários para implementar um ponto de WLAN, seja ele do tipo access point ou end point.

Aparentemente simples, com poucos blocos de funções externas e com todo o trabalho de protocolo e interface com o computador já incorporados ao componente principal, este sistema possui uma grande complexidade em sua seção de rádio, uma vez que os amplificadores RF de microondas são extremamente críticos e suscetíveis ao ambiente hostil de um microcomputador. Por essa razão, os fabricantes de componentes já fornecem projetos de referência que são copiados sem grandes alterações pelos fabricantes de equipamentos, reduzindo a complexidade e o custo de testes de compatibilidade e certificação com o padrão. Interessante notar que a placa Cardbus foi a opção inicial para os end points da rede, pois a idéia inicial da WLAN surgiu em função da mobilidade dos computadores portáteis (notebooks), mas atualmente é a mais utilizada mesmo nos computadores desktops através

de adaptadores PCI – Cardbus bastante simples. Apesar disso, algumas versões de adaptadores já estão sendo incorporadas a periféricos e notebooks para poder reduzir tamanho e custos.

Já os access points, que diferem dos end points pela potência dos circuitos de transmissão em microondas, normalmente possuem saídas ethernet e circuitos roteadores para a conexão à Internet ou à rede da empresa. Ademais, com a difusão do acesso em banda larga nas residências, torna-se cada vez mais comum dispor de access points integrados a modems ADSL ou Cable modems.

Não há restrições ao uso de um determinado equipamento WLAN na rede doméstica ou nas grandes redes corporativas porém, como já foi dito, deve-se planejar com bastante critério o número de end points e as regiões de intersecção para reduzir as chances de interferência e o consequente fallback nos equipamentos.

### WLAN e Bluetooth: qual a diferença?

A rede WLAN tem como meta principal a conexão entre computadores

de uma rede de dados. Já o Bluetooth é bastante especializado na troca de dados entre equipamentos portáteis e computadores, ou mesmo entre equipamentos portáteis (celulares, tablets etc.). Isso determina uma série de diferenças entre as duas tecnologias: o consumo de energia e a complexidade de um circuito para redes WLAN é muito maior que um Bluetooth, só que em contrapartida o alcance daquela também é muito maior; além disso a velocidade e o número de end points de uma WLAN é bastante superior ao de uma rede Bluetooth.

Essas diferenças são suficientes para determinar dois nichos específicos de mercado nos quais cada solução realiza seu trabalho de forma bastante eficiente. O Bluetooth, por ter uma complexidade menor, é especializado em troca de informações curtas como nomes de uma agenda, compromissos, e-mails, recados e pequenos arquivos. A WLAN é específica para a troca de grandes conjuntos de dados e acesso a outras redes e mesmo à Internet.

Como última curiosidade, o Bluetooth também opera na frequência de 2,4 GHz das redes WLAN, assim como

alguns telefones sem fio e até o forno de microondas está bastante próximo (2,34 GHz). Como fazer para não interferir uma rede com outra? A resposta está no mecanismo citado anteriormente de frequency hopping, que diminui as chances de interferência por trocar a frequência de transmissão e recepção de dados diversas vezes por segundo – tanto a WLAN quanto o Bluetooth utilizam essa técnica de codificação dos sinais.

### Conclusão

A configuração e operação de uma rede wireless LAN é bastante simples do ponto de vista prático, porém todos os detalhes do protocolo e dos sistemas de radiofrequência exigem um estudo bastante aprofundado, sendo alvo de diversas pesquisas da indústria de semicondutores e equipamentos de rede. Portanto, este artigo, longe de esgotar o assunto, oferece aos leitores uma série de referências sobre a matéria para posterior leitura, lembrando que este é um tema a respeito do qual irão surgir ainda diversas novidades nos próximos anos. **E**

**37 ANOS PATOLA 1925 - 2012**

**PATOLA**

PB 600/2

PB 900

PBL 150

DIN 48x48x90

COLETOR R-17

PB 064

PB 107

PB 117

Para outros modelos visite nosso site

Fone: (11) 2193-7500  
www.patola.com.br  
vendas@patola.com.br

**PATOLA**  
SEU BI-CANAL COM QUALIDADE E PRECISÃO

**TATUINO**

Programação Super Fácil  
Código Aberto  
Comunidade na internet  
Centenas de projetos prontos  
16k de memória  
13 Inputs/Outputs  
Comunicação USB

**TATO**

**www.tato.ind.br**

# Interligação de Diferentes Padrões de Comunicação

Os interfaceamentos entre periféricos de um computador, principalmente aqueles utilizados na indústria, possuem características elétricas bem diferentes. Os sinais têm tensões e frequências máximas completamente distintas, o que, em princípio, os torna incompatíveis. Além disso, pode ocorrer a necessidade de interfacearmos tais circuitos com lógica TTL ou CMOS. No entanto, com pequenos circuitos adaptadores é possível interligar sistemas de padrões de interfaceamento diferentes. Veja, neste artigo, como fazer isso no caso dos padrões comuns RS-232, RS-422 e RS-485 com lógica TTL e CMOS

Newton C. Braga

**A**o pensarmos em interfacear sistemas que operam com padrões e sinais completamente diferentes, precisamos levar em conta diversos fatores como:

## Características de entrada e saída

Os circuitos de entrada e saída dos diversos padrões de interface possuem características elétricas bem definidas.

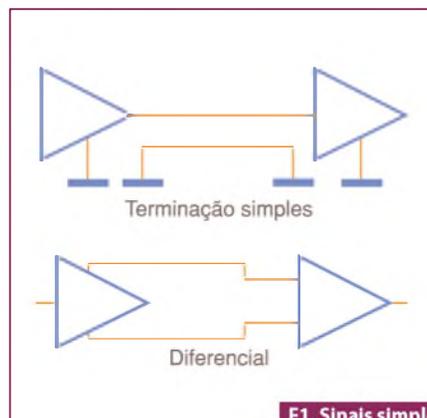
Precisamos conhecer as amplitudes das tensões e as impedâncias de entrada e de saída.

Lembramos que nessas interfaces os sinais podem assumir faixas de valores relativamente amplas, o que implicaria em cuidadoso estudo da sensibilidade de entrada dos circuitos utilizados.

## Modo de sinal

Os sinais podem ser de terminação simples (*single-ended*) ou diferenciais, conforme ilustra a **figura 1**.

Quando sistemas diferentes são interfaceados, é preciso tomar cuidado para que as amplitudes dos sinais não ultrapassem os valores máximos permitidos. Normalmente são utilizados divisores resistivos para fazer a limitação desses sinais. Em função disso, podemos dar diversos exemplos de interfaceamento:



F1. Sinais simples e diferenciais.

## RS-232 para RS-422

Na **figura 2** indicamos o modo de fazer esse interfaceamento.

Para a saída RS-232, os sinais podem assumir um valor máximo de +/- 15 V, enquanto que a entrada máxima admitida para as interfaces RS-422 é +/-10 V.

Para limitar os sinais ao máximo permitido pelas interfaces RS-422, é utilizado um divisor resistivo. A atenuação do sinal proporcionada por este circuito é de 40%. Assim, o limiar de 5 V cai para 3 V que, todavia, ainda é maior do que o limiar de 400 mV da entrada das interfaces RS-422.

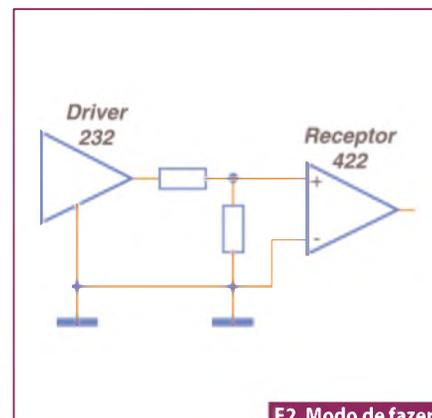
O importante nesse circuito é que a carga para a saída da RS-232 se mantém em 5 kohms.

## TTL para RS-422

Na **figura 3** temos o modo de fazer o interfaceamento de uma saída TTL com uma entrada RS-422.

Observe que a saída TTL é de terminação simples, enquanto que a entrada RS-422 é diferencial. Isso exige uma tensão de referência no circuito. Para TTL essa tensão é de 1,5 V, levando o limiar do circuito a 1,7 V e 1,3 V.

Para fornecer essa tensão de referência pode ser empregado um regulador ou um divisor resistivo, dependendo apenas da precisão desejada.



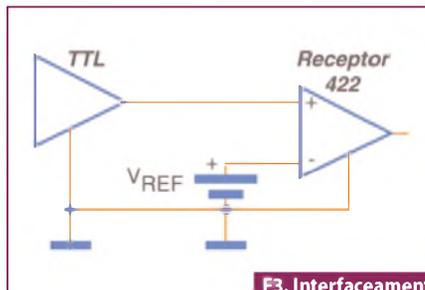
F2. Modo de fazer o interfaceamento.

## RS-422 para RS-232 (I)

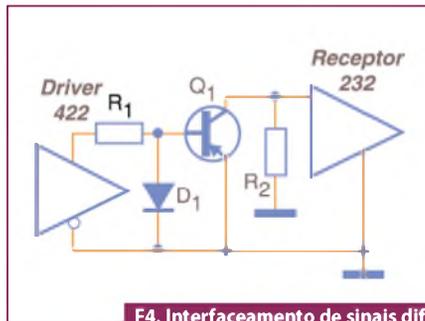
Na **figura 4** observamos o modo de fazer interfaceamento que envolve a passagem de sinais diferenciais para sinais de terminação simples.

Os *drivers* RS-422 são unipolares, sendo alimentados com fontes simples de 5V. Isso significa que ambos os estados da saída (níveis alto e baixo) são tensões positivas em relação à referência. Entretanto, os receptores RS-232 trabalham com sinais que consistem tanto em tensões positivas quanto negativas.

O transistor PNP é utilizado como chave comutando quando o nível é alto, levando o driver a uma inversão de estado. O resistor R1 limita a corrente de base do transistor, evitando que ele seja sobrecarregado no processo de saturação. Eventualmente, pode ser necessário um resistor adicional (R2) de *pull-up* na entrada da interface.



F3. Interfaceamento de uma saída TTL.



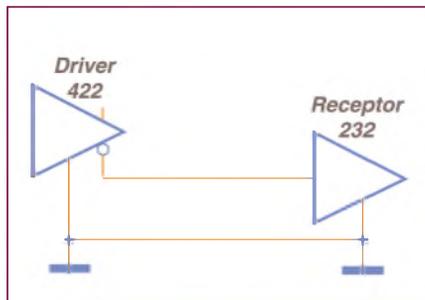
F4. Interfaceamento de sinais diferenciais para sinais simples.

## RS-422 para RS-232 (II)

No caso exibido na **figura 5** temos a situação inversa do caso anterior.

São sinais diferenciais de saída excitando uma entrada de terminação simples. Essa configuração é relativamente simples, uma vez que os sinais de saída RS-422 são próximos dos sinais TTL, e, portanto compatíveis com a entrada RS-232.

A interligação é direta, sem a necessidade de componentes adicionais, apenas observando-se os pontos de conexão. Não se deve, contudo, conectar a saída não usada à terra, isso para se evitar curto-circuitos que poderiam causar problemas ao circuito.

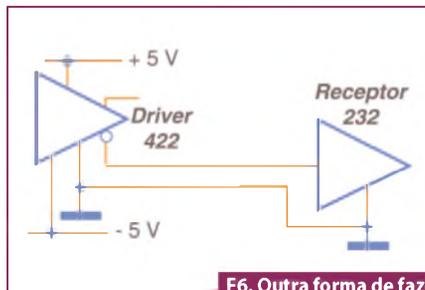


F5. Interfaceamento de sinais simples para sinais diferenciais.

## RS-422 para RS-232 (III)

Uma outra forma de fazer o interfaceamento entre esses dois padrões é vista na **figura 6**.

Nesse caso, dada também a compatibilidade de amplitudes dos sinais não é preciso empregar componentes adicionais.

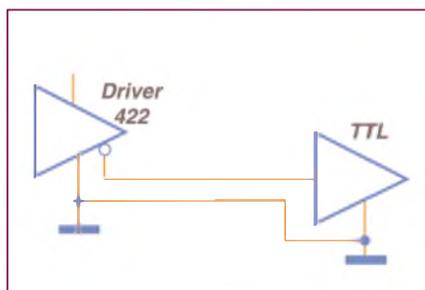


F6. Outra forma de fazer o interfaceamento.

## RS-422 para TTL

Na **figura 7** mostramos o modo de realizar o interfaceamento de uma saída RS-422 com a entrada de um circuito TTL.

Veja que nesse caso também, dadas as semelhanças entre as amplitude dos sinais utilizados pelos dois circuitos não precisamos de componentes adicionais. O principal cuidado que se deve ter, então, é a garantia de que os sinais RS-422 cheguem até a



F7. Interfaceamento de uma saída RS-422 com uma entrada TTL.

# Receba a Saber Eletrônica em casa

Assine já!

(11) 2095-5335

ou acesse:

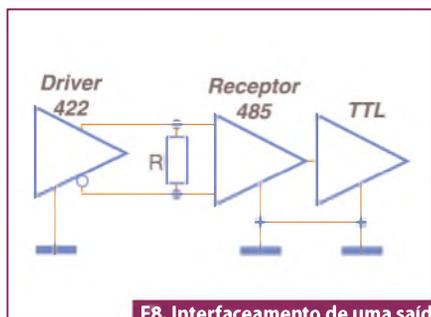
[www.editorasaber/assinaturas](http://www.editorasaber/assinaturas)



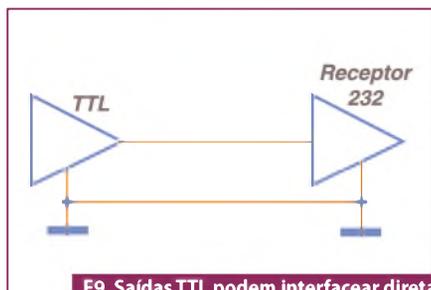
[www.sabereletronica.com.br](http://www.sabereletronica.com.br)

# SABER ELETRÔNICA

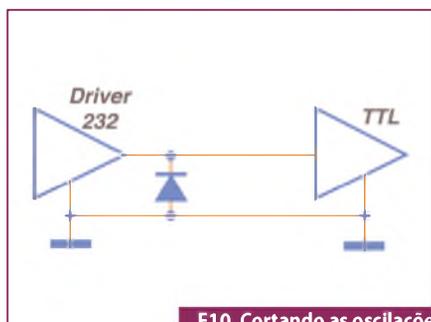
TECNOLOGIA - INFORMÁTICA - AUTOMAÇÃO



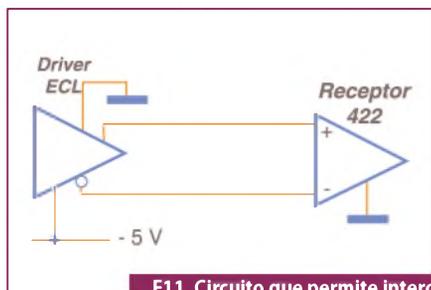
F8. Interfaceamento de uma saída RS-485 com uma entrada TTL.



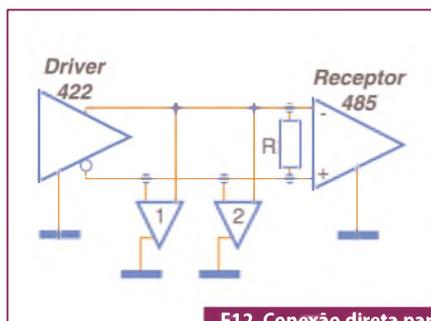
F9. Saídas TTL podem interfacear diretamente com entradas RS-232.



F10. Cortando as oscilações negativas com um diodo.



F11. Circuito que permite interoperação com o ECL e PECL.



F12. Conexão direta para RS-422 e RS-485.

entrada do circuito TTL com a intensidade que permita seu reconhecimento, ou seja, os níveis alto e baixo devem ser diferenciados.

Isso pode não acontecer no caso de uma linha com grande atenuação (muito longa) ou nos limites do alcance. Observe que a saída mantida aberta não deve, de modo algum, ser ligada à terra para não levar o circuito a uma condição de curto-circuito.

### RS-485 para TTL

O interfaceamento de uma saída RS-485 com uma entrada TTL é um pouco mais complexo, dadas as diferenças entre as características dos sinais. Na figura 8 indicamos como esse interfaceamento pode ser feito.

Nesse tipo de interfaceamento é preciso estar atento aos limiares dos diversos níveis lógicos. Assim, não ligue as entradas e saídas não utilizadas à terra para não causar curtos por conflitos de níveis lógicos.

### TTL para RS-232

As saídas TTL podem interfacear diretamente com entradas RS-232 dadas as características dos sinais. Na figura 9 temos a maneira de fazer isso.

Isso ocorre porque muitos dispositivos RS-232 suportam sinais com valores até um pouco fora dos padrões. Como os limiares RS-232 estão entre +3 V e -3 V, eles são centrados em +1,5 V. Isso significa que os níveis altos TTL >2 V e baixos <0,9 V serão detectados corretamente.

Deve-se apenas tomar cuidado para que a porta TTL seja carregada com 5 kohms em lugar da carga de entrada padrão TTL .

### RS-232 para TTL

Os sinais de saída RS-232 são polarizados, e com isso variam em torno do

potencial de terra. Essa oscilação impede o interfaceamento direto com circuitos TTL. Entretanto, conforme ilustra a figura 10, podemos cortar as oscilações negativas com um diodo e trabalhar apenas com as positivas.

Essa solução é aceitável se o driver de saída fornecer uma corrente que não seja muito alta, com uma limitação em torno de 10 mA.

### ECL para RS-422

Neste caso, temos o interfaceamento entre dois padrões que operam com sinais diferenciais. A interoperação tanto com o ECL quanto com PECL é possível através do circuito apresentado na figura 11.

A especificação de limiar do RS-422 é de +/- 200 mV com uma rejeição em modo comum de +/- 10 V. Para as saídas ECL, os níveis estão normalmente entre +/- 500 mV e +/- 800 mV, o que pode ser detectado pelo receptor.

### RS-422 para RS-485

A conexão direta de sistemas que operam com esses sinais também é possível, veja na figura 12.

Temos ainda a vantagem de ser possível o suporte de diversos drivers, conforme mostra a mesma figura.

Os receptores RS-232 e RS-485 são virtualmente iguais, exceto pelo fato de que a impedância de entrada dos dispositivos RS-485 é tipicamente três vezes maior que a impedância de entrada dos dispositivos RS-232.

A tabela 1 resume as características dos diversos padrões de interfaceamento, o que pode facilitar a melhor compreensão dos circuitos apresentados.

Parâmetro	RS-232	RS-422	RS-423	RS-485
Nível máximo de saída	+/- 25 V sem carga +/-15 V com carga de 7 kohms	+/-10V sem carga +/- 6 V diferencial	+/- 6 V sem carga	+/- 6V sem carga +/- 6V diferencial
Nível mínimo de saída	+/- 5 V, carga de 3 k ohms	+/- 2 V, carga de 100 ohms	+/- 3,6 V, carga de 450 ohms	+/-1,5 V, carga de 54 ohms
Carga padrão do driver	3 k a 7 kohms - 5 k ohms (tip)	100 ohms	> 4 kohms (tip) - 450 ohms (min)	54 ohms
Faixa de tensões de entrada	+/- 15 V	+/- 10 V	+/- 10 V	+/- 10 V
Limiares	+/- 3 V +/- 1,5 V (tip)	+/- 0,2 V	+/- 0,2 V	+/- 0,2 V
Impedância de entrada	3 k a 7 k 5 kohms (tip)	> 4 kohms	> 4 kohms	> 12 kohms
Modo	Terminação simples	Diferencial	Diferencial	Diferencial

T1. Características

**MICROCONTROLADORES FLASH  
DE BAIXO CUSTO**



# HOLTEK LANÇA NOVA SÉRIE HT66Fxx - HT68Fxx

## Microcontroladores Enhanced I/O e A/D Flash 8-Bit

### CARACTERÍSTICAS:

- Arquitetura RISC – Ótimo Desempenho;
- Memória de Programa Flash de 1 Kbyte a 12 Kbytes;
- Memória de Dados RAM de 64 bytes a 576 bytes;
- EEPROM de 32 bytes a 256 bytes;
- Disponibilidade de 18 a 50 portas I/Os;
- Encapsulamentos disponíveis: 16DIP/NSOP/SSOP, 20DIP/SOP/SSOP, 24SKDIP/SOP/SSOP, 28SKDIP/SOP/SSOP, 44QFP, 40/48QFN;
- Interface SPI/I<sup>2</sup>C, UART, USB
- A/D de 12 bit para HT66Fxx
- Excelente para aplicações em áreas de eletroeletrônicos, segurança, automação industrial, automotiva, produtos de consumo, etc.

Visite o site da Holtek e conheça toda linha:

[WWW.HOLTEK.COM](http://WWW.HOLTEK.COM)

HOLTEK 

**ANYTEK**  
conectores

 **FORDATA**  
FOR DATA DISPLAY

módulos RF  
**WENSHING** 

 **GlobalSat**  
Wired by Wireless

 **PLUS**  
CI reproduzidor de sons

**FAGOR** 

 **SIMCom**  
A company of SIM Tech

 **Cika**  
**Eletrônica**

Seu Distribuidor de Componentes Eletrônicos

Tel.: 55 11 2693-6428 / Fax: 55 11 2693-8805

[vendas@cikaeletronica.com](mailto:vendas@cikaeletronica.com)

[www.cikaeletronica.com](http://www.cikaeletronica.com)

# O Alcance do Rádio de Baixa Potência

Tomihiko Uchikawa

Tradução: Eutíquio Lopez

## O alcance das ondas de rádio

A primeira pergunta que as pessoas fazem quando elas indagam a respeito de um equipamento de rádio é: "Qual é o seu alcance?" Nós respondemos essa questão dizendo que: "Seu alcance, na linha do horizonte, é de aproximadamente 600 m. Em teste se verificou um valor de 1.200 m".

A Circuit Design, como os outros fabricantes, tenta apresentar a melhor figura possível.

Tanto os usuários quanto os fabricantes parece que consideram um longo alcance de comunicação como um bom critério de julgamento da potência de um equipamento de rádio. No entanto, existem hoje todos os tipos de condições que formam a base desses valores e, de fato, você não pode julgar qualquer coisa simplesmente olhando essas figuras.

Atualmente, as pessoas em geral se surpreendem ao ouvirem que o equipamento alcançou um range de 1.200 m, então no fim nós temos que explicar detalhadamente as condições de medida.

Neste teste, a comunicação foi viável numa distância de 6.500 a 7.000 m com um módulo de rádio de 10 mW, mas, lamentavelmente, este não se encontrava a uma altura de 1 ou 2 m do nível do terreno.

Em outras palavras, o alcance de comunicação varia significativamente dependendo do ambiente de uso e da quantidade de dados, e mesmo que ele tenha alcançado 600 m, você não poderá afirmar que esse é um valor garantido para aquele ambiente. Normalmente, o alcance de um equipamento de rádio de baixa potência não é mostrado claramente como uma especificação no seu manual, mas apresentado somente como um valor de referência. Dito isto, uma vez que o

alcance é um parâmetro importante para a escolha do equipamento de rádio, os fabricantes devem dar algum tipo de resposta referente ao seu "communication range".

Existem regras para a obtenção do alcance de comunicação e se você está ciente disso quando do projeto de um sistema, o mesmo irá operar de forma estável no futuro e não perderá a confiança do cliente. Sabemos que dar suporte e manter um sistema instável exige muito trabalho e custo.

Este artigo técnico mostra os resultados de um teste de comunicação do *modem* do rádio MU-2, explicando a relação entre o local de instalação de um sistema de rádio e o seu alcance de comunicação.

Recomendamos usar também o pequeno programa "Applet Java" que nós fornecemos no *website* da Circuit Design para o cálculo das características de propagação das ondas de rádio, como uma diretriz para o alcance de comunicação.

## A configuração do teste do alcance de comunicação

O teste foi realizado entre o telhado do edifício da Circuit Design (altitude = 578 m) e a galeria de arte Ikedacho (altitude = 625 m). A distância entre esses pontos é de 6.500 m.

Geograficamente, há uma descida aproximada de 50 m desde o telhado da Circuit Design até o Rio Takase (na altura dos 5.000 m), sendo que os últimos 1.500 m para a galeria sobem aproximadamente uns 100 m.

A altura das antenas era de 10 m para a transmissora e 49 m (estimados) para a receptora, levando-se em conta a elevação.

As condições de medida são conforme mostrado a seguir, mas nós comparamos o valor medido real com os resultados

do cálculo para propagação de ondas de rádio usando um modelo de 2 ondas.

### Condições de Medida RSSI

- **Rádio:** MU-2, da Circuit Design
- **Frequência de trabalho:** 429,2500 MHz
- **Potência transmitida:** 10 mW (10 dBm)
- **Ganho da antena:** 2,14 dBi para transmissão e recepção

A unidade-base foi instalada sobre um poste de serviço em um terreno da Circuit Design, numa altura de 10 m.

A unidade-servo (móvel) foi instalada na traseira de um carro, a uma altura de 2 m, sendo que o nível de sinal recebido e o ruído de fundo eram medidos sempre em cada lugar escolhido para teste.

### Instalação da Unidade-Base

Veja as **figuras 1 e 2**. A unidade-base foi instalada em um poste de radioamador no terreno da Circuit Design. Na 2ª figura é dado um “zoom” para melhor visualização dessa unidade.

### Instalação da Unidade-Servo (móvel)

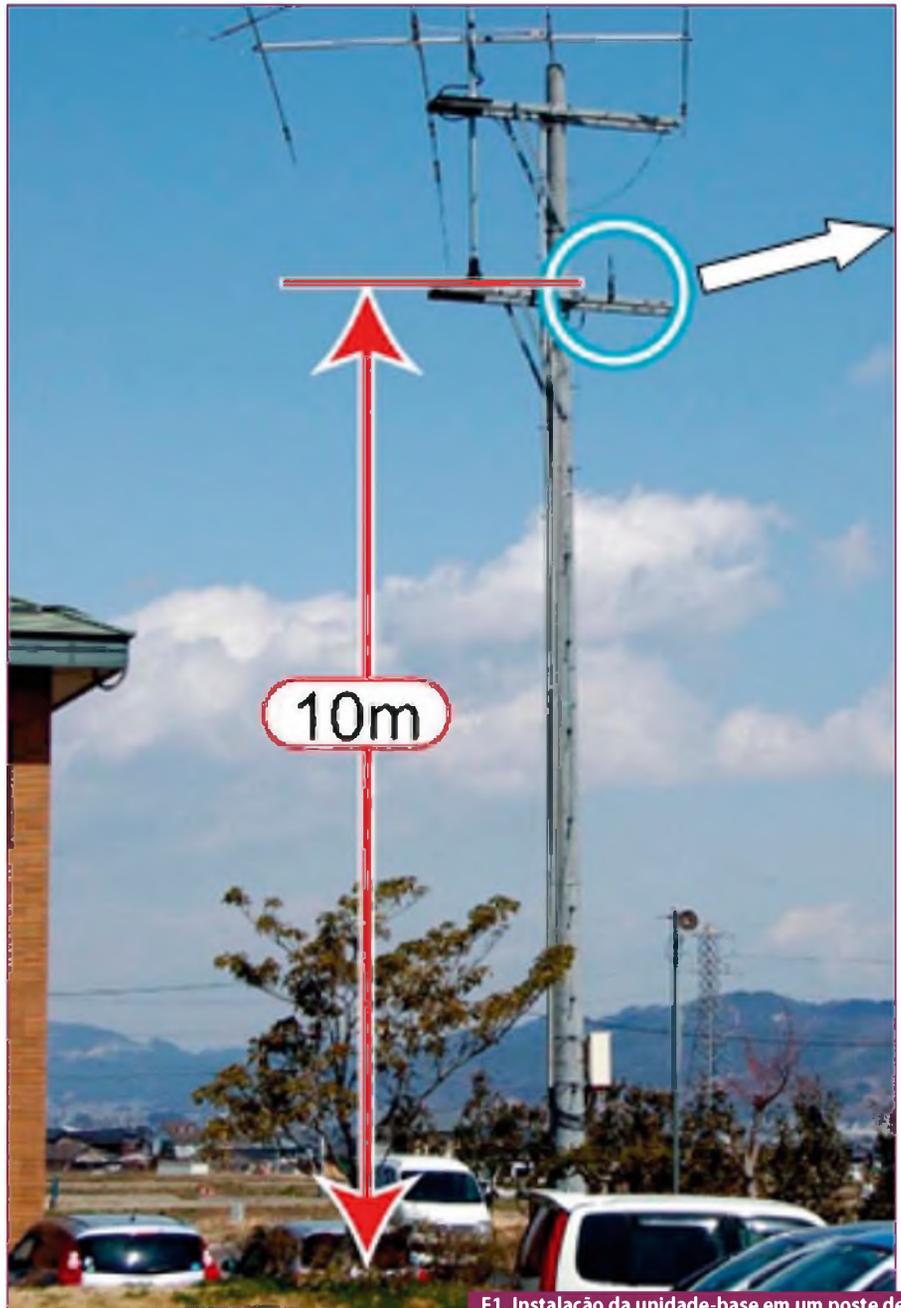
Veja as **figuras 3 e 4**. A unidade-servo foi fixada na traseira de um carro a 2 m de altura em relação ao solo. A caixa quadrada na frente contém a CPU de controle e as baterias.

Em cima da caixa tem um painel solar, mas ele não é para energia, sendo usado como sensor de luz. Os dados (informações) são enviados para a unidade-base. Os dados do sensor de temperatura também.

O “case” é simples e econômico para as finalidades do teste, mas a foto da **figura 4** mostra o aspecto de um equipamento profissional de qualidade.

### Modelo separado da unidade-servo

A unidade-servo contém um rádio-modem MU-2 e a CPU de controle. Esta, coleta os dados do sensor e os envia para o MU-2. Como o sensor está próximo, neste caso nós usamos esta configuração, mas, se ele estiver distante do componente rádio, será bom providenciar um controlador e uma fonte de alimentação para o mesmo (sensor), e enviar os dados



F1. Instalação da unidade-base em um poste de radioamador no terreno da Circuit Design, Inc.



F2. Detalhe em zoom da unidade-base.

para o rádio via cabo de interface RS232C. Observe a **figura 5**.

### Placa de circuito impresso da unidade-base

A unidade-base tem o mesmo *case* (invólucro) da unidade-servo e a placa de circuito impresso é montada com o MU-2 e o driver RS232C somente. O range de controle com RS232C é de 15 m de acordo com o padrão antigo mas, de fato, o controle sem erros parece ser possível até os 50 m, aproximadamente.

O comprimento da placa de circuito impresso é o mesmo do comprimento da antena de 17 cm e a unidade funciona de forma estável em alta frequência.

Se você criar um programa de controle que permita verificar e mudar as configurações internas com controle do rádio, poderá garantir uma boa “mantenabilidade” futura, mesmo que o componente rádio esteja instalado num local alto. Além disso, o MU-2 tem um comando único que alcança e devolve o nível de sinal recebido de outras unidades. Atente para a **figura 6**.

### Mapa do local de teste

Acompanhe agora a **figura 7**. Nesse mapa não aparecem obstáculos entre os pontos A e B, mas na realidade há muitas casas e árvores.

### Geografia do teste x Valores medidos

Geograficamente, existe uma descida de aproximadamente 50 m desde o telhado do prédio da Circuit Design até o Rio Takase (na altura dos 5.000 m de distância), e os últimos 1.500 m até a galeria sobem acentuadamente uns 100 m.

As antenas tinham altura de 10 m para a transmissora e 49 m (estimados) para a receptora, considerando-se a elevação. Você pode observar que, quando o alcance de comunicação é longo, uma altura de 10 m não parece muito elevada.

A forte intensidade do sinal recebido nesse lugar foi de - 96 dBm. A sensibilidade de recepção do MU-2 é igual a - 110 dBm e o ruído de fundo medido foi de - 129 dBm de tal forma que a comunicação pôde ser estabelecida. Veja **figura 8**.

### Resultados das medições e valores teóricos

Vamos comparar agora os resultados medidos com o valor teórico da propagação das ondas de rádio. O trajeto real feito pelas ondas de rádio até alcançarem a antena receptora é muito complicado, mas aqui nós simplificaremos o ambiente e pensaremos sobre isso nos termos de uma expressão teórica. Evitaremos parâmetros difíceis e tomaremos algumas pequenas liberdades, assumindo que o terreno é um condutor perfeito sem perdas de reflexão.

A fórmula para o modelo de 2 ondas é explicada em outra parte, e aqui nós mostraremos os resultados do cálculo usando o “applet Java” do website da Circuit Design. Para a comunicação de rádio, é necessário estabelecer a 1ª Zona de Fresnel\*. Observe a **figura 9**, neste

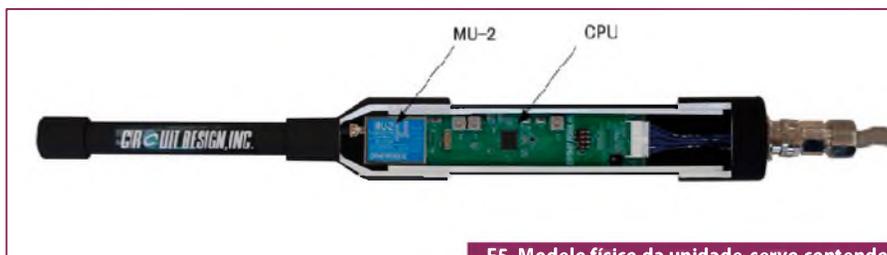
(\*) Para maiores detalhes sobre a zona de Fresnel, consultar o website da Circuit Design no que se refere às ferramentas de cálculo e informação técnica.



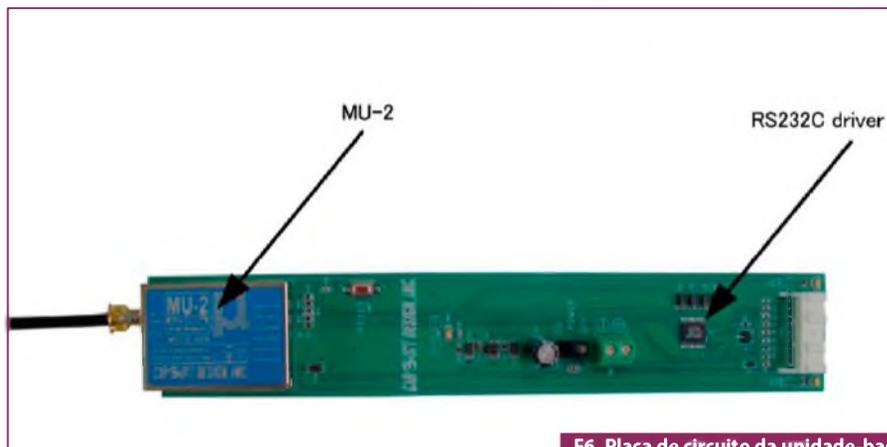
F3. Instalação da unidade-servo (móvel) na traseira de um carro em uma altura de 2m.



F4. Detalhe da unidade-servo (zoom).



F5. Modelo físico da unidade-servo contendo o rádio MU-2 e a CPU de controle.



F6. Placa de circuito da unidade-base contendo o MU-2 e o driver RS232C.



**Cálculos da Zona de Fresnel**

Raio de Fresnel no ponto médio:

$$r = \sqrt{\frac{\lambda \cdot d_1 \cdot d_2}{d_1 + d_2}} = \sqrt{\frac{0,7 \cdot 3250 \cdot 3250}{6500}} = 33,7 \text{ m}$$

Raio de Fresnel no ponto ¼:

$$r = \sqrt{\frac{\lambda \cdot d_1 \cdot d_2}{d_1 + d_2}} = \sqrt{\frac{0,7 \cdot 1625 \cdot 4875}{6500}} = 29,2 \text{ m}$$

É claro que existem obstáculos dentro da zona de Fresnel, de modo que pode-

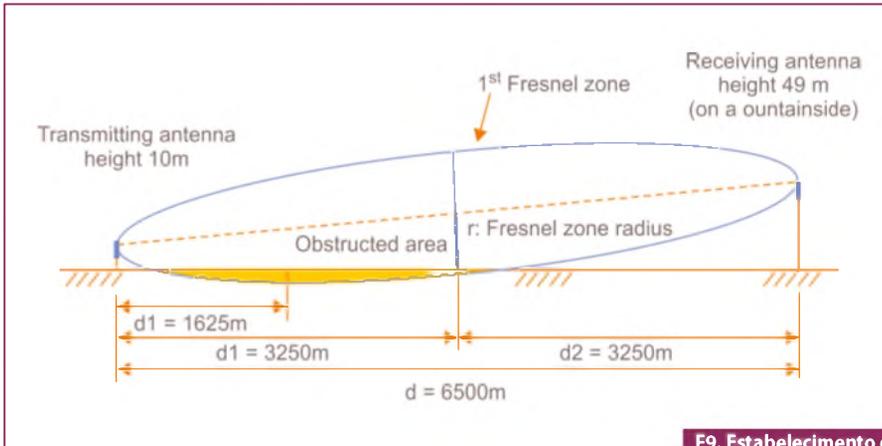
mos inferir que está ocorrendo perda de propagação.

**Applet para o cálculo das características de propagação das ondas de rádio**

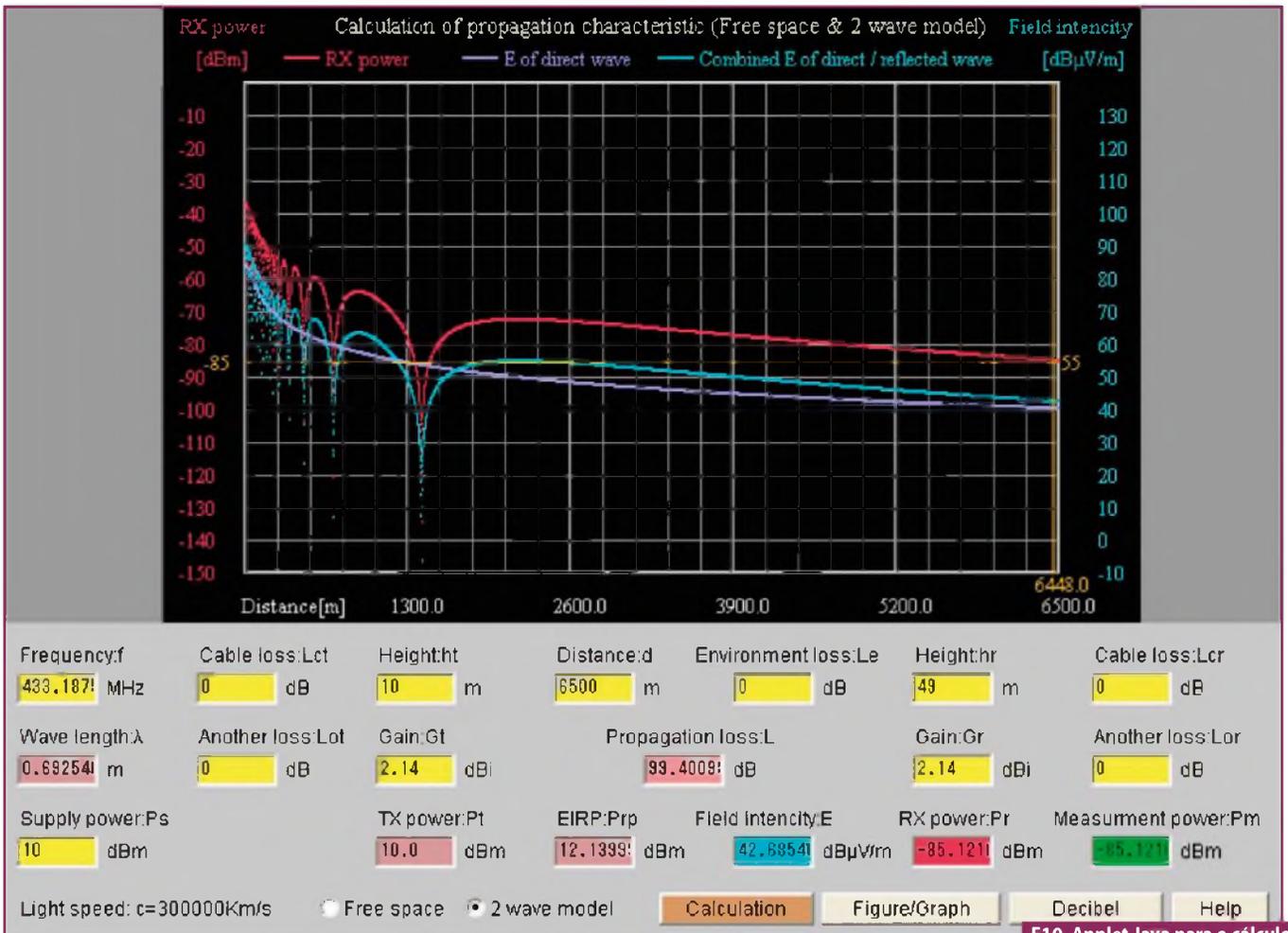
Se você entrar com as condições para o teste no *applet* de cálculo das características de propagação das ondas de rádio, a potência recebida de - 85,1 dBm deverá ser obtida na Galeria de Arte Ikedacho situada a 6.500 m de distância. O valor real medido foi de - 96 dBm.

A razão disso é que, provavelmente, uma zona de Fresnel não tenha sido alcançada realmente, embora com a linha de visão realizada conforme explicado antes.

A **figura 10**, a seguir, mostra a imagem do *applet* Java para os cálculos da zona de Fresnel no website da Circuit Design.



**F9. Estabelecimento da 1ª zona de Fresnel.**



**F10. Applet Java para o cálculo da zona de Fresnel.**

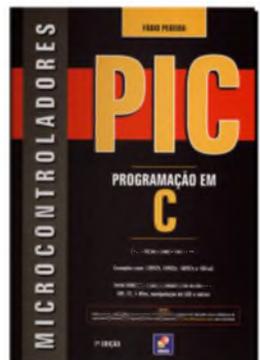
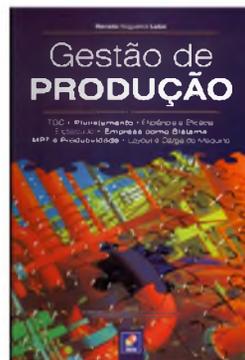
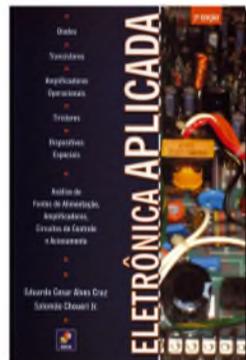
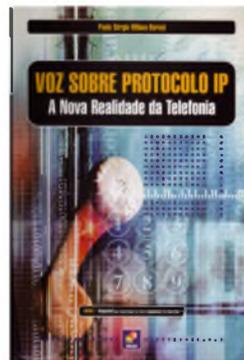
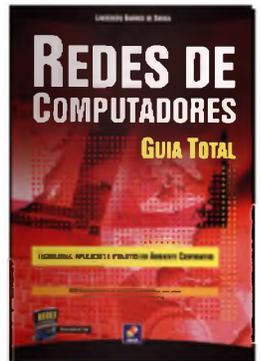
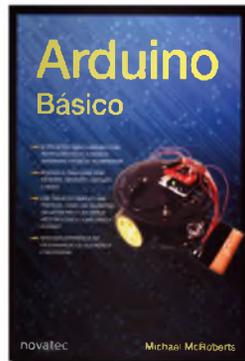
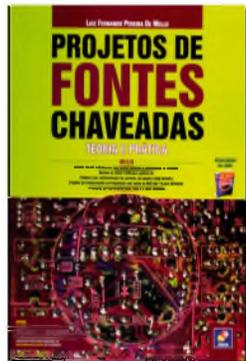
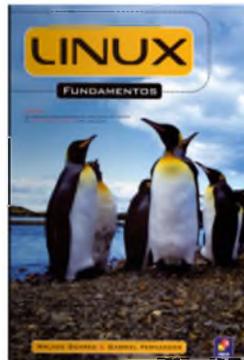
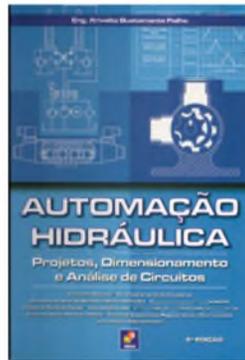
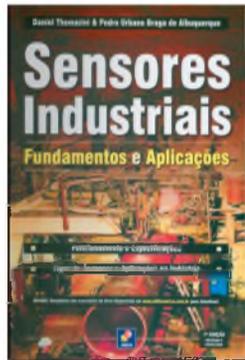
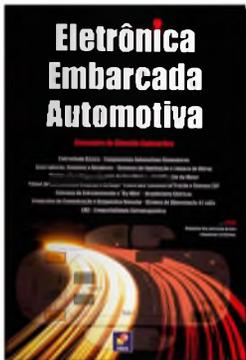


# novasaber

www.novasaber.com.br

## Sua loja de livros técnicos na internet

Promoções especiais e brindes



# BeagleBone:

## Placa de desenvolvimento de baixo custo

Jason Kridner  
Gerald Coley

*Conheça a plataforma de prototipagem open-source de hardware, adequada para auxiliar engenheiros, designers e desenvolvedores, bem como entusiastas, no desenvolvimento de aplicações embarcadas.*

Já há mais de uma década que houve uma explosão de empresas que publicaram parte do seu código-fonte, levando ao desenvolvimento de plataformas de hardware *open-source*. Ao abrir seu código-fonte, os desenvolvedores foram capazes de melhor personalizar e adaptar as suas soluções. O rápido avanço do software de código-aberto criou a necessidade de hardware *open-source*. Estes combinados têm ajudado estudantes, desenvolvedores e entusiastas a criarem projetos inovadores de grande impacto na sociedade de hoje.

Lançada nos Estados Unidos em 2008, BeagleBoard.org é uma comunidade *open-source* que fornece aos desenvolvedores e entusiastas os recursos de que precisam para desenvolver rapidamente novos produtos para o mercado e ao mesmo tempo, reduzir seus riscos. A comunidade *open-source* hospeda os mais recentes desenvolvimentos de software, fóruns e *chats* ao vivo e interativos que colaboram para um fácil desenvolvimento de soluções na plataforma ARM® Cortex™-A8 Texas Instruments (TI). A organização também criou várias plataformas de hardware para ajudar a simplificar desenvolvimentos baseados ARM® Cortex™-A8.

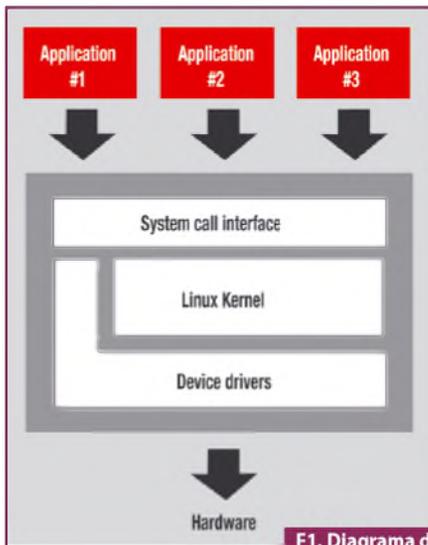
Seguindo o sucesso das ferramentas de desenvolvimento BeagleBoard e BeagleBoard-XM, a BeagleBoard.org cria a ferramenta BeagleBone, plataforma de desenvolvimento aberta de hardware fle-

xível e extensível, que pode efetivamente facilitar para uma equipe de desenvolvimento a transição para o mundo *open-source*. Para aqueles que já participam da comunidade *open-source*, BeagleBone pode funcionar como uma plataforma de desenvolvimento estável, totalmente disponível e suportada pelo universo diversificado de recursos *open-source*, bem como o respeitável sistema de suporte do site BeagleBoard.org.

### Caminho para o open-source

A percepção entre os *designers* e desenvolvedores das comunidades *open-source* mudou radicalmente nos últimos anos, bem como a qualidade e aplicabilidade das ferramentas de desenvolvimento, sendo que os módulos funcionais, como pilhas, *drivers*, *middleware frameworks* e outros recursos têm aumentado rapidamente. Agora, a maioria dos programadores percebem que código aberto é uma força na indústria e deve ser levado em conta. Ao não fazê-lo, corre-se o risco de ser deixado para trás, perdendo-se muitas das inovações que possam advir da comunidade *open-source*.

Como exemplo, muitos desenvolvedores de sistemas embarcados que historicamente têm baseado suas aplicações em plataformas de microcontroladores estão descobrindo, agora, que o desenvolvimento de seus próximos sistemas com Linux abre portas a um conjunto muito rico e diversificado de módulos de



F1. Diagrama de Blocos Linux.

software e *plug-ins* sem nenhum custo e prontos para serem usados. Uma vasta gama de interfaces e pilhas de comunicação como TCP / IP, USB e muitos outros estão disponíveis. Estas pilhas e drivers têm sido amplamente utilizados e, como resultado, são muito robustos. Em geral, qualquer problema potencial já foi identificado por outros desenvolvedores que compartilharam as suas descobertas com o resto da comunidade open-source.

Outra vantagem do desenvolvimento em Linux OS com código-fonte aberto: o Linux fornece uma camada de abstração subjacente acima do hardware. Ao contrário do desenvolvimento baseado na configuração direta de registradores, onde uma mudança para uma nova família de microcontroladores ou para uma nova geração de MCUs significaria re-escrever grande parte do software desenvolvido anteriormente, uma mudança para um processador diferente em sistemas com Linux não vai exigir redesenvolvimento de *firmware*, em nível de sistema ou aplicativo de software.

Certamente haverá semelhanças no ambiente de desenvolvimento quando muda-se de uma CPU para outra de próxima geração, mas há diferenças que normalmente são suficientes para exigir um novo aprendizado e o porte do código estabelecido. Com o Linux, a transição é perfeita porque o sistema operacional interage de um lado com as camadas de hardware e do outro com as camadas de software. Veja a **figura 1**.

F2. Site oficial: BeagleBoard.org.

## Cuide de suas licenças

Fundamental para a comunidade open-source é o sentido de partilha que permeia os seus membros, que contribuiriam com boa vontade para o desenvolvimento de muitas ferramentas e módulos funcionais open-source. Este sentimento de partilha estende-se a algumas das licenças que regem o uso de recursos de código aberto. Geralmente é necessário em algumas licenças, que se o software desenvolvido deriva diretamente de um recurso de código aberto (ou em parte de código-fonte aberto), o software resultante seja também considerado open-source, e deve ser compartilhado e disponibilizado para o resto da comunidade.

Isso não quer dizer que a comunidade open-source está em conflito com muitas empresas comerciais que querem proteger e conservar sua propriedade intelectual (IP). Para manter o controle sobre o seu IP, tais empresas devem analisar as licenças adotadas para os recursos de código aberto e controlar cuidadosamente como esses recursos são utilizados, sempre tendo em mente as restrições e requisitos nestas licenças.

## BeagleBoard.org ajuda os desenvolvedores a criar produtos inovadores

Um pequeno grupo de engenheiros e entusiastas, incluindo diversos funcionários da Texas Instruments, interessados em criar poderosos dispositivos de HW aberto, trabalharam em conjunto de

forma pioneira no novo terreno de hardware aberto, para lançar BeagleBoard, BeagleBoard-xM e, mais recentemente BeagleBone.

A plataforma de hardware aberto realiza a ponte entre *desktops* e sistemas embarcados, permitindo que os desenvolvedores especifiquem, projetem e colaborem com a comunidade open-source na criação de novas aplicações.

A comunidade BeagleBoard.org visa engajar programadores apaixonados e abastecer suas inovações para a comunidade open-source de desenvolvimento, sejam elas elaboração de projetos para o trabalho ou diversão. Observe a **figura 2**.

Com interação em tempo real 24 horas por dia e 7 dias por semana e um grande número de referências para ajudar com a programação, ecossistema de suporte, ferramentas e senso de comunidade colaborativa cresceram de forma fenomenal em torno dele. Com mais de 5.000 membros, a comunidade BeagleBoard.org inclui representantes de empresas listadas na Fortune 100, líderes da indústria, amadores e as universidades, os quais desempenham um papel ativo no desenvolvimento do hardware e software.

BeagleBoard.org gera cerca de 50.000 visitantes por semana, tornando-a uma das maiores e mais colaborativas comunidades de hardware aberto do mundo. Os membros estão postando de 3 a 5 novos projetos a cada semana e está recebendo *feedback* instantâneo dos desenvolvedores locais e internacionais. A comunidade

open-source estendeu seu alcance a diversas áreas do globo, como o Brasil, Japão e Turquia, com mais comunidades no caminho. Cada comunidade organiza e promove a partilha dos desenvolvimentos de software mais recentes, fóruns e chats

ao vivo e *on-line* para compartilhamento fácil. Essas comunidades estão disponíveis para quem quiser participar e tirar proveito de um forte sistema de suporte onde acontecem todos os dias a interação com outros desenvolvedores, aprendendo

sobre as novas tendências e partilha de ideias. Acompanhe na **figura 3**.

Embora receba apoio contínuo da Texas Instruments, a comunidade Beagle-Board.org é autossustentável, baseia-se na atividade voluntária. Utiliza sistema de distribuição pra realizar pré-encomendas e vendas para financiar o desenvolvimento de novos hardwares.

BeagleBoard.org continua a crescer e tem alavancado outros canais de mídia social para manter a sua comunidade conectada, como: Twitter, YouTube, Google+, Linked In, Facebook e Flickr. Atente para a **figura 4**.

Muitos dos aspectos do mundo open-source que atraem os desenvolvedores também ajudam àqueles que decidem fazer a transição para a comunidade open-source. Por exemplo, um número de middleware frameworks tornar mais fácil para os novos (ou experientes) projetistas desenvolverem subsistemas funcionais como uma interface gráfica de usuário (GUI) ou servidor web.

O tipo de assistência que as várias estruturas de Frameworks de código aberto têm a oferecer cobre uma faixa muito ampla, desde as necessidades mais simples até as mais complexas e especializadas. Em geral, a maioria das estruturas possuem ferramentas de programação, bibliotecas de baixo ou médio nível, módulos funcionais que podem ser implantados de forma nativa ou modificados para atender um requisito de determinado sistema e outros recursos que facilitam o desenvolvimento rápido de aplicações funcionais embarcadas.

Qt é um exemplo. Qt é um framework de aplicação open-source multiplataforma, que é amplamente usado para desenvolver GUIs e *consoles* de aplicações. Além de Linux, também pode ser usado para desenvolver interfaces de usuário e *consoles* para outros sistemas operacionais, incluindo Windows, Mac OS, Symbian e outros. O framework Qt foi construído em C++, mas não faz uso extensivo de um gerador de código especial. Tem sido amplamente adotado por grandes provedores de sistemas, como a Nokia®, Adobe, Microsoft® (Skype®), Hewlett-Packard™, Google e outros.

Outros Frameworks open-source (ver **tabela 1**) têm sido tão amplamente



F3. Comunidade BeagleBoard.org.



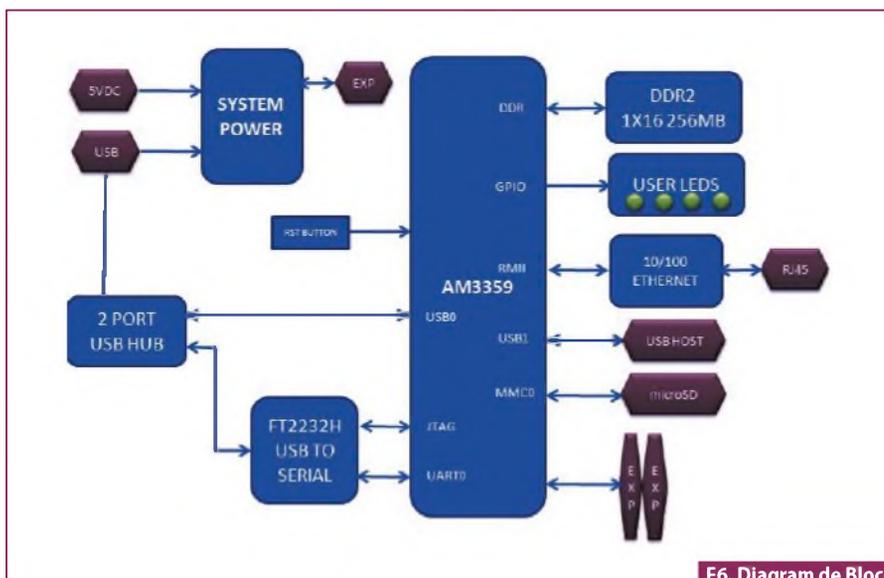
F4. Recursos Open Source adicionais.

Frameworks	Funcionalidade
Qt, OpenGL, X11, GTK, DirectFB	Framework gráfica 2D e 3D
Python, Perl, Erlang, Smalltalk	Linguagem de programação de alto nível para desenvolvimento rápido da aplicação
Apache, node.js, Ruby on Rails, lighttpd	Framework para desenvolvimento de Sistemas de redes e Webservers
OpenBricks	Framework de desenvolvimento Linux para Sistemas embarcados
GStreamer, libav, OpenMAX	Framework e Processamento de componentes

T1. Frameworks Open-Source



F5. Placa BeagleBone.



F6. Diagram de Blocos da BeagleBone.

utilizados como Qt, se não mais. Como resultado, as equipes de projeto são capazes de aproveitar as capacidades destes Frameworks para desenvolver rapidamente protótipos ou aplicação do sistema. Eles também aliviam os projetistas da necessidade de compreender as minúcias do hardware subjacente, como um pré-requisito para o desenvolvimento de subsistemas de software para rodar nele. Isso permite que os desenvolvedores que estão mais aptos a projetar uma experiência de usuário envolvente possam se concentrar sobre esse aspecto do sistema enquanto os engenheiros mais familiarizados com os requisitos do hardware possam se concentrar nos níveis inferiores da arquitetura do sistema.

BeagleBoard.org também está no coração dos recursos open-source comerciais, permitindo que desenvolvedores experientes avaliem rapidamente softwares existentes e acelerem o desenvolvimento para trazer a ideia de projeto para a vida.

O BeagleBoard-xM é a plataforma de referência ARM para o Projeto Yocto, um projeto da Fundação Linux que fornece modelos, métodos e ferramentas para ajudar você a criar sistemas personalizado baseados em Linux para os produtos embarcados, independentemente da arquitetura de hardware sendo suportado por muitos dos principais fornecedores de Linux comercial, incluindo Mentor Graphics, TimeSys, MontaVista, Rio Vento e consultores independentes.

## BeagleBoard.org introduz BeagleBone

BeagleBone, com base no Processador Sitara™ AM335x ARM® Cortex™-A8 da Texas Instruments é uma plataforma aberta pronta para uso e prototipagem rápida de hardware, desenvolvimento de software e *firmware*. Lançada em 2011, a BeagleBone possui baixo custo e segue as pegadas de BeagleBoard.org. A plataforma BeagleBoard-xM é sucesso em aplicações de médio e grande porte, como por exemplo: Rede de robôs autônomos sem fio, *kits* de educação eletrônica para autoaprendizagem, sinalização digital inteligente, dispositivos de jogos, automação de residências e muito mais. BeagleBone é uma pequena plataforma de desenvolvimento profissional adequada para engenheiros, designers e desenvolvedores, bem como amadores. Veja a **figura 5**.

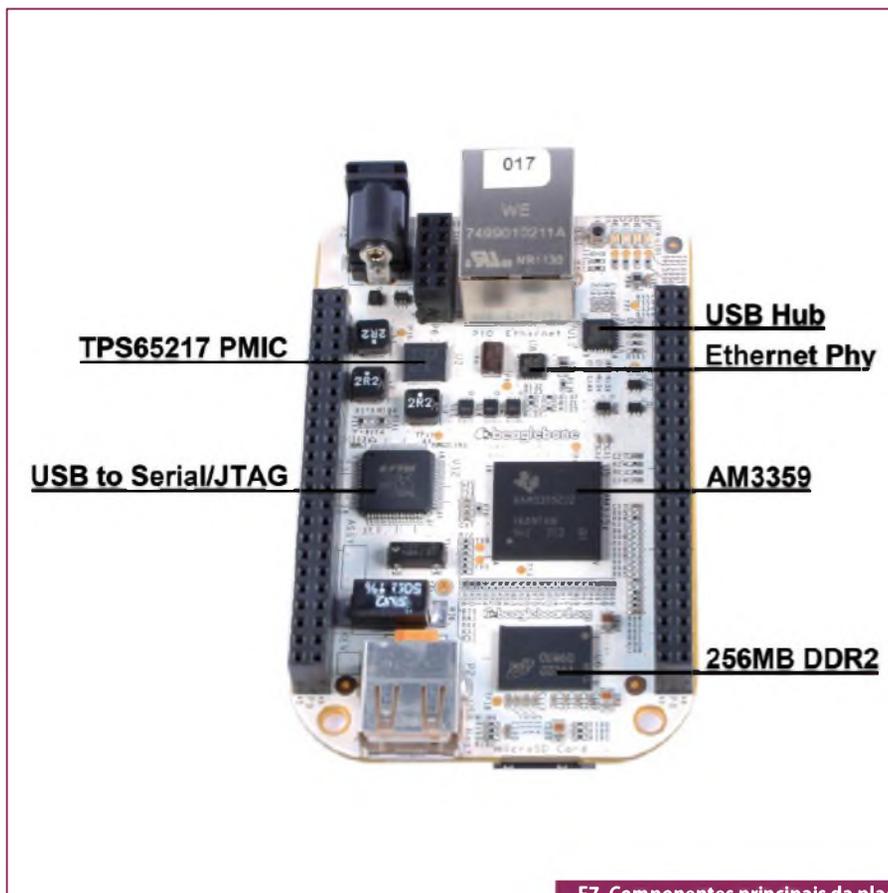
BeagleBone é uma ferramenta bem adequada para diversos sistemas como aplicações móveis, aplicações de robótica, servidores web, quiosques de Internet, *media centers*, aplicativos de automação residencial, *thin clients*, digital signage e muitos outros tipos de aplicações embarcadas. O processador ARM Cortex-A8 opera na frequência de 720 MHz e possui aceleração gráfica 3D com unidade de processamento gráfica programável SGX, da Imagination Technologies.

Por US\$ 89 (FOB), e o de tamanho de um cartão de crédito, a placa de desen-

volvimento BeagleBone possui o melhor valor de HW open-source para amadores, programadores e engenheiros. Ela oferece hardware básico com acesso aos sinais de interface para sensores e controle, enquanto elimina a necessidade de equipamentos adicionais para o desenvolvimento, e utiliza ambiente desenvolvimento único por meio de um simples cabo.

Além do processador Sitara™ AM335x ARM® Cortex™-A8 a BeagleBone possui 256 megabytes (MB) de memória RAM DDR2, um soquete para microSD, um cartão microSD de quatro gigabytes (GB) com imagem de validação e demonstração de Linux construído a partir da Distribuição Angstrom. Além de executar o kernel Linux, muitos ambientes de desenvolvimento são suportados pela comunidade e desenvolvedores, tais como Android™, OpenEmbedded, Windows® Embedded, QNX, Ubuntu, Symbian, Debian, Fedora, Gentoo, FreeBSD e outros.

Para acomodar uma variedade de sensores, controles e outros tipos de interfaces, ela tem dois conectores de 46 pinos para expansão, caracterizando 66 de interrupção de propósito geral, geração de entrada / saída (GPIO) pinos em 3,3 V e multiplexadas com sinais de LCD, um barramento de memória paralela, um barramento secundário MMC / SD / SDIO, dois barramentos I<sup>2</sup>C, cinco UARTs, uma porta série SPI, uma porta serial, I<sup>2</sup>S/AC97-capable bus CAN, 6 PWMs, temporizadores múltiplos/contadores e mais ▶



F7. Componentes principais da placa BeagleBone- lado superior.

periféricos digitais, além de 7 conversores analógico-digitais. Um cabo USB fornece alimentação e acesso a placa BeagleBone. Por meio deste cabo USB, os usuários são capazes de acessar USB do processador, Portas Serial e Interface JTAG. Além disso, a BeagleBone pode ser ligada a um BeagleBoard ou qualquer computador Linux via USB ou Ethernet e operar como um módulo de expansão para ele. **Figura 6.** Conheça as características principais da BeagleBone na **tabela 2.**

### BeagleBone e open-source

Há três anos, a BeagleBoard cruzava as linhas entre desktop e computação embarcada, abrindo o caminho para a inovação de sistemas Open-Source que acelerou rapidamente a utilização de processadores ARM. Como a BeagleBoard fez antes dela, a BeagleBone mostrou que os vastos recursos da comunidade open-source e o apoio de um grande desenvolvedor de tecnologia não são mutuamente exclusivos.

Na verdade, tomados em conjunto os dois se complementam de forma eficaz trazendo benefícios aos desenvolvedores e entusiastas que são capazes de aproveitar o melhor dos dois mundos. Veja os componentes principais do BeagleBone nas **figuras 7 e 8.**

Um exemplo possível de uso da BeagleBone seria um desenvolvedor, *hobby* ou equipe de design que baseou seus projetos passados em microcontroladores (MCU), mas agora está contemplando um projeto baseado em microprocessador.

Grande parte da atração do mundo open-source para desenvolvedores de tais sistemas vem do rico ecossistema de software que a comunidade representa. Para os designers que querem aproveitar um conjunto de software mais abundante, a migração pode ser fácil onde o desempenho e a disponibilidade de software excedem em muito qualquer plataforma MCU, desconsiderando as questões de preços das MCUs.

Com recursos open-source à sua disposição, a equipe de projeto pode implantar rapidamente um conjunto robusto de ferramentas de desenvolvimento, prontos para usar, drivers e outros módulos funcionais, incluindo USB host completo e pilhas de dispositivos, suporte de rede com *firewall*, o suporte a quotas e muito mais.

Característica	Benefícios
Mais de 1.400 Dhrystone MIPS utilizando o processador superscalar AM335x ARM Cortex-A8	Executa sistema operacional Linux completo com servidores web, compiladores nativos, linguagens de script, bibliotecas de análise de vídeo e muito mais.
Dois headers- fêmea de expansão - 46 pinos .1"	Permite que os desenvolvedores adicionem facilmente hardware de expansão ou realizem conexões diretamente para inúmeros periféricos disponíveis.
Conexão USB com dispositivo multifunções com hub embarcado, dispositivo de conversão USB-serial/JTAG com interface USB reprogramável de alta velocidade	Os desenvolvedores podem conectar apenas um cabo para depuração e alimentar a placa, não necessita de um emulador JTAG salva custo adicional.
Acelerador Gráfico 3D Open GL® ES 2.0	Proporciona fotos realistas, pixel-sombreadas em tempo real, gráficos para jogos e interface 3D de usuário.
Porta USB 2.0 host suporta os padrões low, full and high speeds	Pode ser usado para periféricos USB como teclado, mouse, WiFi, Bluetooth*, câmeras Web ou hubs USB para expansão adicional.
Conector microSD	Adiciona múltiplos gigabytes para armazenar imagem do boot e dados, acompanha um elemento de 4 GB.
Interface Ethernet embarcada no dispositivo 10/100Mbit	SW de rede ; Internet com pilhas mínimas.
4 LEDs na placa	Proporciona monitoração para usuário.

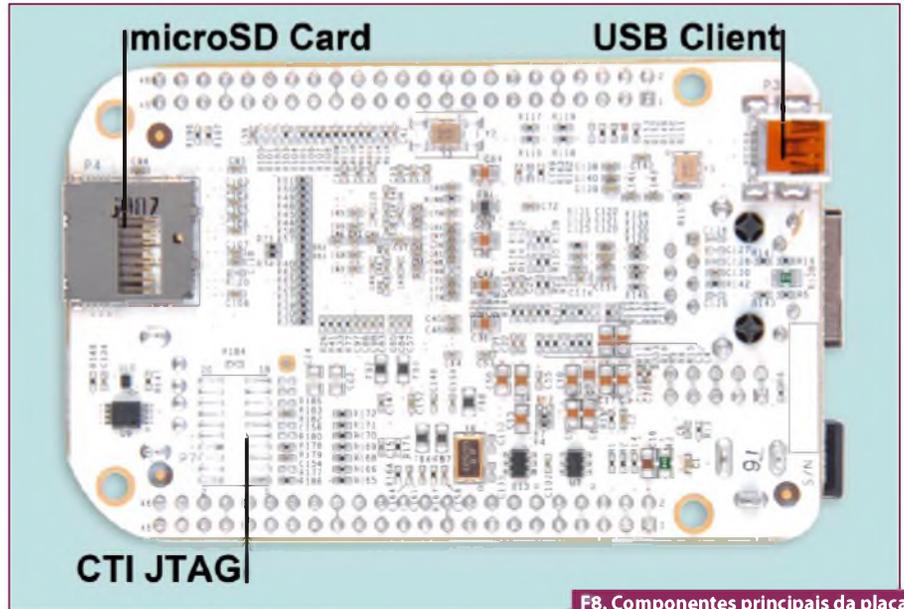
T2. BeagleBone – Características.

Designers são atraídos para uma comunidade open-source por causa da riqueza e profundidade dos recursos disponíveis. Receber ideias, realizar comentários compartilhando com outros desenvolvedores, possibilitam aumentar a qualidade e amplitude de conhecimento que auxiliam a levar os seus produtos ao mercado mais rapidamente. Em casos como o de uma equipe que projeta utilizando MCUs e migrar para uma plataforma de microprocessador, o apoio da TI com seus muitos recursos, tais como kits de desenvolvimento de software, plataforma BeagleBone e plataformas BeagleBoard pode ser essencial para uma transição efetiva e rápida.

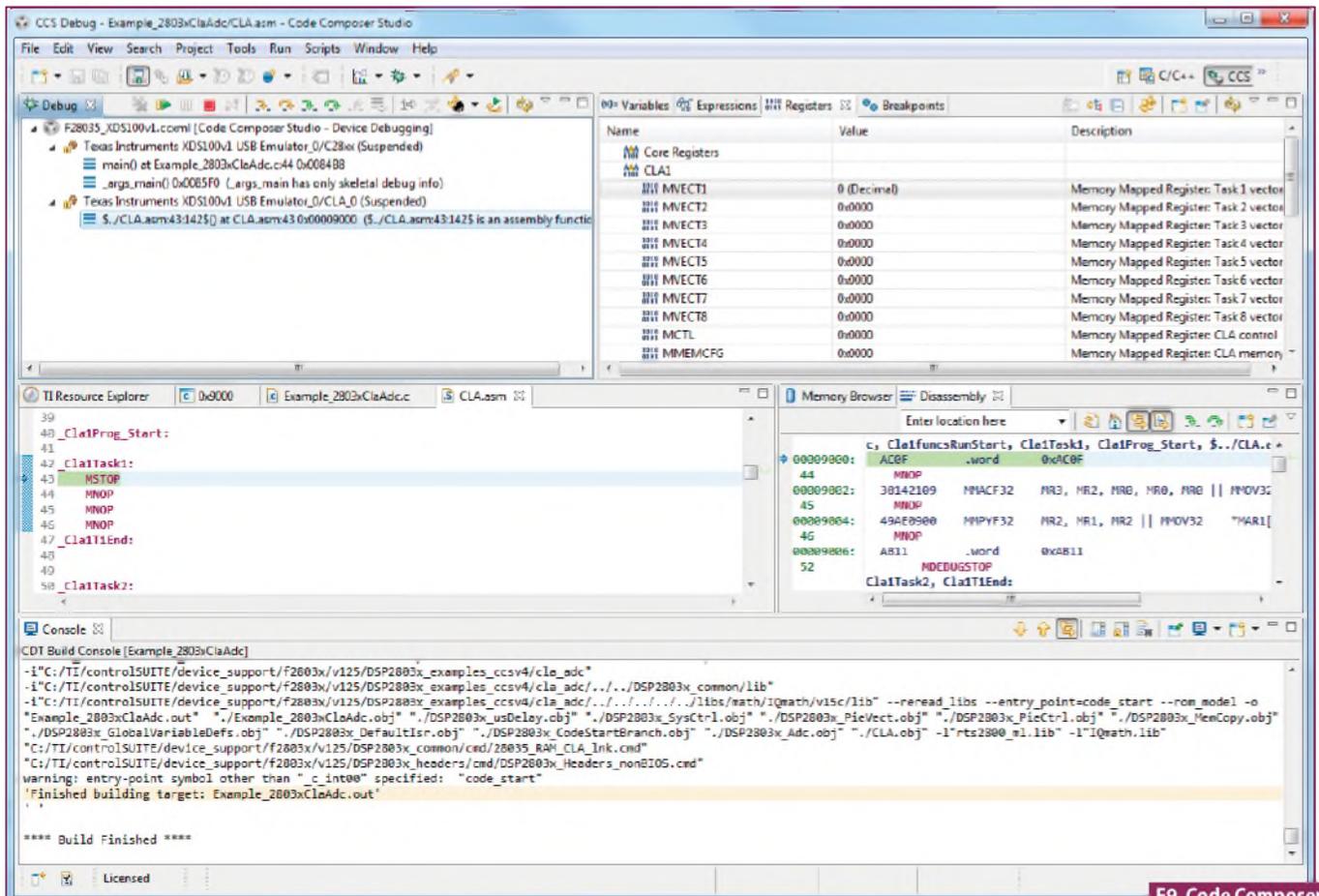
Por exemplo, uma equipe de desenvolvimento que utiliza MCUs pode decidir que os riscos seriam reduzidos, se inicialmente fossem adotadas ferramentas de desenvolvimento contidas nos kits de Desenvolvimento de Software (SDK) oferecidas pelo mundo open-source como plataformas de apoio.

Estes clientes vão procurar uma plataforma de hardware comprovada, bem como aquela que pode alavancar o código aberto e possui oferta de software tradicionais.

Texas Instruments tem feito investimentos para garantir que seus SDKs sejam compatíveis não só com hardware padrão, mas também com ferramentas open-source como BeagleBone. O valor



F8. Componentes principais da placa BeagleBone- lado inferior.



F9. Code Composer Studio (IDE).

### Módulos adicionais à BeagleBone

Para adicionar funcionalidade extra, módulos de expansão podem ser incorporados a BeagleBone para expandir as suas possibilidades por meio de cabos. Estes módulos adicionam facilmente mais hardware à plataforma e podem ser conectados aos conectores disponíveis ou a dois *headers* de expansão de 46 pinos na BeagleBone. Isto proporciona um meio físico (*headers*) no qual módulos adicionais podem ser empilhados. Até quatro módulos podem ser empilhados em cima de um BeagleBone. Uma placa de expansão pode ser adicionada no topo da pilha de módulos adicionais (geralmente por razões físicas) é um caso especial, mas esta utilização é comum para as placas de expansão, tais como LCDs. Módulos e cabos de expansão para BeagleBone:

- LCD (7 "e 3,5") sensível a toque;
- Cabo DVI-D;
- Cabo Breakout;
- Cabo para placa- padrão;
- Cabo para barramento CAN;
- Cabo RS232;
- Cabo para Bateria.

O módulo LCD para a BeagleBone está disponível nos sites: [www.beagleboardtoys.com](http://www.beagleboardtoys.com) e [www.circuitco.com](http://www.circuitco.com), trata-se de um módulo superior com capacidade touch-screen para uso com as placas BeagleBone. A parte de cima deste módulo apresenta um *display LCD* de 7 "TFT, que pode exibir até

real nessas ferramentas de software é que TI rompe as operações mais comuns e documentos dos processo exigidos pelos clientes para executar essas operações. A Texas Instruments concluiu um trabalho árduo de compreender os componentes de código aberto para você, e notou um aumento de membros da comunidade utilizando esses recursos.

O ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) Code Composer Studio™ é construído sobre o projeto Eclipse, o mais popular ambiente de desenvolvimento e depurador gráfico de código aberto, a TI tem aperfeiçoado para facilitar a sua curva de aprendizado em open-source. Nesta fase, as equipes de projeto que utilizam MCUs podem começar a explorar as muitas opções robustas disponíveis e aprender a colaborar plenamente com a comunidade open-source em geral.

Devido à amplitude da comunidade open-source, um designer pode razoavelmente supor que a maioria dos problemas foram resolvidos de uma forma ou de outra por outros membros da comunidade que estão dispostos a compartilhar seus conhecimentos. Observe a **figura 9**.

A BeagleBone pode ser usada como uma placa de desenvolvimento autônoma ou como uma placa adicional às milhares BeagleBoard, BeagleBoard-xM existentes, ou a um computador de mesa para adicionar sensores prontamente disponíveis e periféricos.

Com mais de 60 I/Os padrão configuráveis da indústria (3,3 V), cinco portas seriais, dois barramentos I<sup>2</sup>C, *timers*, módulos de gerenciamento de energia, SPI e muito mais, a BeagleBone proporciona uma fácil conectividade para periféricos adicionais para maior flexibilidade de design. Os desenvolvedores também têm acesso à comunidade de código aberto, que oferece um grande número de notas de aplicação e referências para ajudar com a programação. Acompanhando a BeagleBone existe uma série de soluções de software, tais como:

- Linux (Gratuito – TI) Kit de desenvolvimento de Software (SDK EZ) permite demonstração em minutos e início de desenvolvimento em menos de uma hora
- Suporte para sistemas operacionais Android (incluindo o Android 4.0 SDK) e Windows Embedded Compact 7 (WinCE = disponibilidade no primeiro semestre de 2012)
- Soluções de segurança compatíveis e sistemas operacionais de tempo real (RTOSs) disponíveis a partir de terceiros, permitindo a personalização do produto e ainda simplificação do desenvolvimento.
- StarterWare pilha de software que permite aos desenvolvedores programar estes microprocessadores como um microcontrolador, sem a necessidade de um sistema operacional.



F10. Vista frontal do módulo LCD para BeagleBone.



F11. Vista traseira do módulo LCD para BeagleBone.

800x480 pontos de resolução, bem como uma tela tátil de 4 fios resistivos e cinco botões do usuário. O módulo LCD Cabo é *ressetado* e ligado por botões, enquanto a BeagleBone e outros módulos adicionais são montados na parte traseira. Ao comprar um LCD para a BeagleBone Cabo, os desenvolvedores têm uma opção de escolha de suportes padrão (mecânico) ou a compra de um conjunto adicional de suportes em preto ou alumínio. **Figuras 10 e 11.**

As plataformas de Hardware BeagleBone e BeagleBoard capturam o espírito vibrante de colaboração da comunidade open-source. Ao mesmo tempo, elas trazem amplos recursos para suportar o contínuo compromisso da inovação.

Um exemplo recente de inovação inspiradora BeagleBone é um protótipo de OpenROV, uma comunidade (faça você mesmo) que se concentra em robôs submarinos para exploração e aventura. A comunidade OpenROV desenvolveu um submarino de baixo custo chamado de TeleRobótica 2.3 OpenROV. A máquina é

um HW open-source, que pode ser operado remotamente para mapear cavernas em 3D e coleta de água em lugares onde um mergulhador não pode chegar. É construído com peças de prateleira comuns, tais como um sensor de profundidade que pode ser encontrado no computador, um mergulhador e uma câmera de vídeo de alta definição que podem ser tomadas a partir de uma Web câmera barata que as pessoas usam para *video-chat*. BeagleBone é o coração do computador que permite OpenROV 2.3 conectar-se a um *laptop*. Kits estarão disponíveis em breve para um grande número de investigadores. Informações adicionais sobre esta nova tecnologia que pode mudar a exploração do oceano podem ser encontradas em [www.openrov.com](http://www.openrov.com). Atente para a **figura 12.**

Inovações como OpenROV 2.3 estão ocorrendo todos os dias na comunidade open-source. A partir de ferramentas simples, BeagleBoard.org fornece apoio e feedback instantâneo para desenvolvedores que desejam aumentar seus conhecimentos



F12. OpenROV 2.3.

e trazer seus produtos rapidamente para o mercado. BeagleBoard.org está empenhada em reforçar o software e ferramentas disponíveis na comunidade e continuará a promover esta inovação. **E**

**Sobre os autores:**

Jason Kridner, gerente de arquitetura de software, Sitara™ ARM® processadores.  
Gerald Coley, engenheiro de aplicações de hardware, Sitara™ ARM® processadores.

# Módulo de Rádio de Baixo Consumo Embarcado para Aplicações Industriais

A Circuit Design é uma empresa líder em projetos e manufatura de produtos de rádio de baixo consumo.

Os módulos de rádio da Circuit Design são destinados a aplicações industriais de transmissão wireless de dados em longo alcance e alimentados por bateria, onde grande confiabilidade é exigida.



**Modem rádio embarcado MU-2-R 434 MHz**

Comunicação de longo alcance

MU-2 range test 10mW

[www.cdt21.com/en/mu-2/mu-2-range-test-1.htm](http://www.cdt21.com/en/mu-2/mu-2-range-test-1.htm)

**Procuramos distribuidores locais**  
Competence in radio solutions

**CIRCUIT DESIGN, INC.**

JAPÃO  
[www.circuitdesign.jp](http://www.circuitdesign.jp) [info@circuitdesign.jp](mailto:info@circuitdesign.jp)



# Comandos Elétricos

## Saiba como projetar e reparar Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica

*Poder projetar (ou reparar) sistemas de distribuição de energia elétrica dentro de uma planta industrial é, sem dúvida, um grande diferencial no mercado de trabalho. Quando digo “projetar” significa saber: dimensionar condutores, desenvolver sistemas de proteção eficazes, dispositivos de comando e circuitos clássicos de acionamento de motores.*

*A proposta deste artigo é estudar esses conceitos, a fim de preparar o leitor para executar trabalhos nessa área. Agora é com você!*

**Alexandre Capelli**

### Tipos de Alimentação

A energia elétrica, para chegar ao consumidor final, passa por três etapas: geração, transmissão e distribuição. A etapa de transmissão é aquela onde a energia atinge a maior amplitude. Dependendo de cada região, ela pode variar de 69 kV até 750 kV (750.000 V!). Uma vez que as linhas transmissoras aproximam-se dos centros de consumo, entretanto, ela é reduzida (“abaixada”). Dentro dos centros consumidores a etapa transmissora, então, transforma-se em distribuidora que, no Brasil, geralmente é feita em 13,8 kV.

Essa tensão está disponível nos postes de energia, e ainda é classificada como “alta tensão”. Novamente ela é reduzida antes da entrada do consumidor, e passa a ser de “baixa tensão”. Para as indústrias ela continua trifásica, e sua amplitude pode variar de 208 V a 630 V. Para as residências convencionais ela é monofásica, normalmente em 220 V (fase, neutro, fase).

A **figura 1** mostra um diagrama simplificado do esquema de distribuição.

A **figura 2** ilustra o secundário do transformador, tanto para circuitos industriais como residenciais. Alguns consumidores, por serem muito grandes e de alta demanda, “coletam” a energia diretamente na linha de alta tensão. Nesse caso, dentro da própria planta, existe um transformador abaixador. Esse transformador fica dentro de uma cabine primária, cuja tensão de entrada é 13,8 kV, e a saída de acordo com a necessidade (380 V, por exemplo). Por outro lado, empresas e indústrias de pequeno porte já se abastecem da energia em baixa tensão, onde a origem é o transformador externo (poste da rede pública).

De um modo ou de outro, o fator mais importante a ser observado pelo projetista é contemplar seu projeto com uma chave seccionadora de entrada. A **figura 3** apresenta o diagrama unifilar mostrando essa técnica, tanto para consumidores de alta quanto de baixa tensão.

A chave seccionadora tem duas principais funções: proteção e medição. Imaginem que tenhamos que encontrar um curto-

-circuito interno e, para isso, necessitemos realizar uma série de medições a frio (sem tensão). Isso só será possível se tivermos uma chave seccionadora que poderá desligar (isolar) a planta da sua rede pública. Além disso, caso haja um problema grave nas instalações (um incêndio, por exemplo) poderemos desligar a energia através dela.

**Dimensionamento dos Condutores**

O tipo de carga que abordaremos neste artigo é a indutiva, mais precisamente os motores.

A razão disso é óbvia, pois os motores (além de serem os equipamentos em maior número em uma instalação industrial) são o tipo de carga mais crítica. Sabendo como trabalhar com eles, todas as demais cargas (resistivas, lâmpadas, etc.) podem ser analisadas sem tantos pontos críticos.

Outro aspecto importante a ser analisado antes do dimensionamento é a normalização. Todas as tabelas, fórmulas e dispositivos deste artigo têm como base a norma NBR 5410/97. Essa norma estabelece todos os padrões a serem seguidos em “instalações elétricas de baixa tensão”.

O dimensionamento dos condutores deve contemplar a capacidade de corrente em função da máxima queda de tensão permitida.

Já a corrente considerada, é a nominal do motor.

Para dimensionarmos o condutor necessitamos saber apenas a sua demanda total de corrente. Uma vez determinada, basta consultarmos a tabela relativa. As duas fórmulas básicas para calcular-se a demanda de corrente são:

$$I = \frac{P_{mec} \text{ (redes trifásicas)}}{\eta \cdot \sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \Phi}$$

ou

$$I = \frac{P_{mec} \text{ (redes monofásicas)}}{\eta \cdot V \cdot \cos \Phi}$$

Onde:

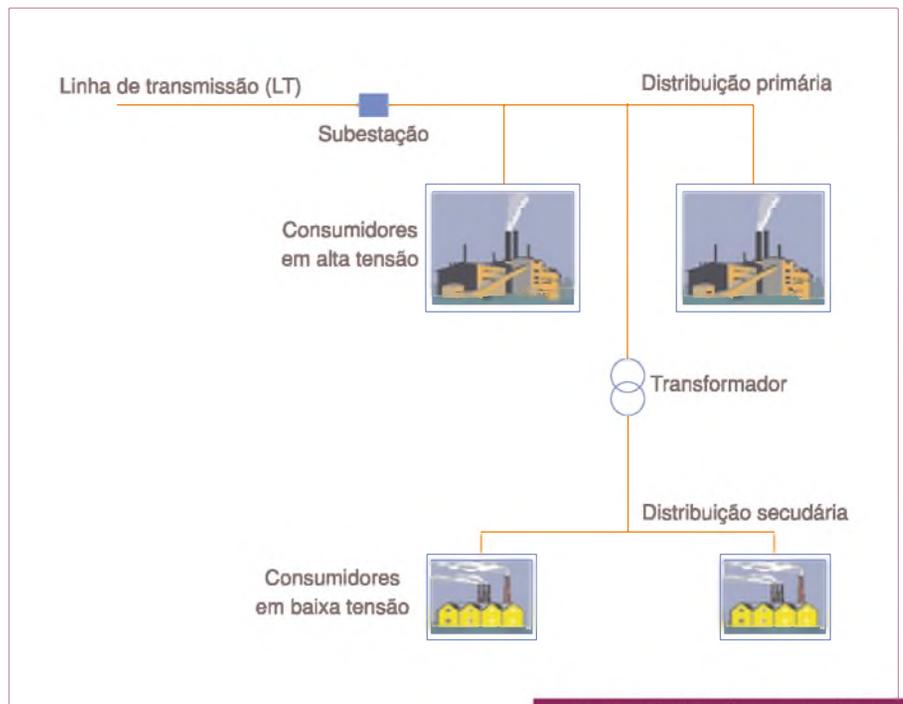
$P_{mec}$  = Potência do motor, convertida em watts;

$\eta$  = Rendimento do motor;

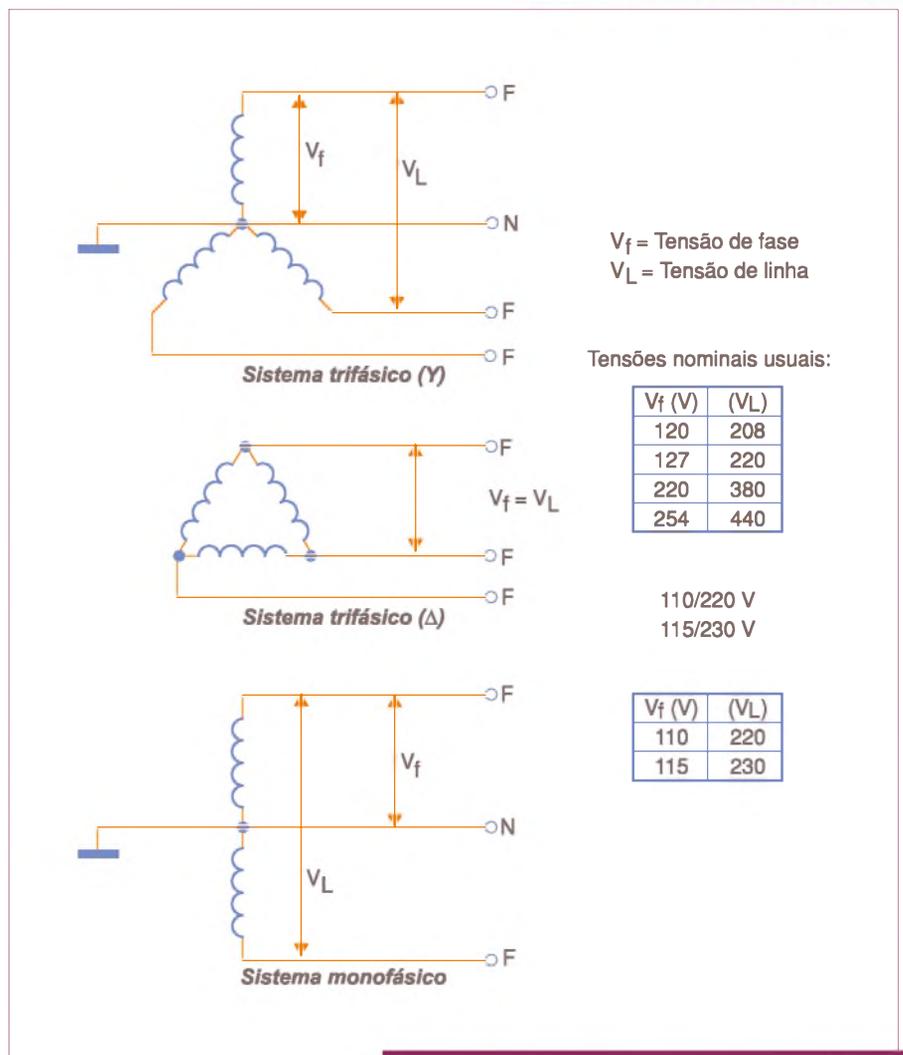
$V$  = Tensão da rede;

$\cos \Phi$  = Fator de potência do motor.

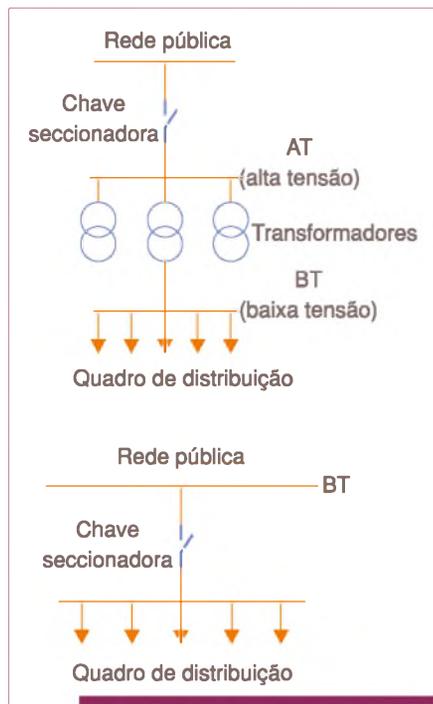
Com exceção da tensão da rede de alimentação, todos os demais dados são constantes e devem ser fornecidos pelo fabricante. Normalmente, eles estão disponíveis em “plaquetas” fixadas no próprio motor.



F1. Distribuição de energia elétrica.



F2. Secundário dos transformadores de distribuição.



F3. Chave seccionadora em AT e BT.

Alguns motores possuem o que chamamos de "FS" (fator de serviço) maior do que 1. O fator de serviço é um parâmetro que trata da capacidade de suportar sobrecargas contínuas. Essa característica melhora o desempenho do motor em condições desfavoráveis, porém, caso ela seja maior do que 1, deve ser considerada nos cálculos de corrente.

$$I_t \geq FS \cdot I$$

Onde:

$I_t$  = Corrente Total;

FS = Fator de Serviço;

$I$  = Corrente de cálculo pelas fórmulas anteriores.

Quando temos um fator de serviço igual a 1 (FS = 1) significa que o motor não foi projetado para funcionar continuamente acima de sua potência nominal.

Veja as tabelas 1 e 2, sendo a primeira delas para o limite de temperatura para

os isolantes dos cabos, e a segunda para a bitola dos fios segundo a corrente em condição "B1".

A NBR 5410 classifica as instalações em nove tipos: B1, B2, E, F, G, A1, A2, C e D. Neste artigo abordaremos apenas o mais comum deles, isto é, o "B1". Caso o leitor queira conhecer essa classificação, aconselhamos a consulta dessa norma (aliás, essa consulta é interessante ao profissional da eletroeletrônica, independentemente da natureza da dúvida).

Quanto ao nosso caso, B1 significa condutores isolados ou cabos unipolares em: eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado dela, eletroduto de seção não circular sobre parede, eletroduto de seção circular embutido em alvenaria, eletrocalha sobre parede em percurso horizontal ou vertical, canaleta fechada encaixada no piso ou no solo, eletrocalha ou perfilado suspenso, eletroduto de seção circular contido em canaleta ventilada no piso ou no solo.

Como regra prática a queda de tensão na partida do motor não deve ultrapassar 7% da tensão nominal. Além disso, a NBR 5410 impõe (independentemente de cálculo) que a seção mínima para os cabos de alimentação seja igual a 2,5 mm<sup>2</sup> (condutores de cobre).

Vejamos um exemplo prático de dimensionamento:

Dimensionar os cabos de cobre (PVC/70°C) para alimentar um motor trifásico de 20 CV; 380 V.

$$I = \frac{20 \cdot 736 \text{ (CV para W)}}{0,86 \cdot \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,89} = 29,2 \text{ A}$$

Onde:

$$\eta = 0,89;$$

$$\cos\Phi = 0,86;$$

$$FS = 1,151;$$

$$CV = 736W.$$

Como o fator de serviço é igual a 1,15, teremos:

$$I \geq 1,15 \cdot 29,2 = 33,6 \text{ A}$$

Consultando a tabela 2, o valor mais próximo a 33,6 A é 36 A, portanto, a bitola será de 6 mm<sup>2</sup>.

### Proteção Elétrica

A NBR 5410/97 prescreve que todo circuito deve ser protegido por dispositivos que interrompam a corrente elétrica em caso de curto-circuito ou sobrecarga.

### Cuidado com o "Erro Conceitual"

A chave seccionadora é uma chave de alta potência (grande tensão e corrente de trabalho), porém, quando aplicada em instalações industriais, geralmente não apresenta um grande número de manobras como característica. Isso significa que essa chave somente deve ser atuada em duas condições: proteção ou medição. Não se deve utilizá-la para desligar a energia de uma indústria no final do expediente, por exemplo. Caso essa seja uma prática desejada, deveremos desligar cada disjuntor individualmente. Além de aumentar-se a vida útil da chave, com essa técnica, evitamos os picos de corrente no desligamento, que podem ser até perigosos ao operador devido ao arco-voltaico formado.

Isolação	Temperatura Máxima Contínua (°C)	Temperatura Limite Sobrecarga (°C)	Temperatura Limite Curto Circuito (°C)
PVC	70	100	160
EPR	90	130	250
XLPE	90	130	250

T1. Temperatura limite dos isolantes.

Seção nominal (mm <sup>2</sup> )	B1 - 2 condutores carregados	B1 - 3 condutores carregados
1,5		
2,5		
4		
6		
10		
16		
25		
35		
50		
70		
95		
120		
150		
185		
240		
300		
370		
450		
560		
700		
870		
1080		
1350		
1680		
2100		
2625		
3280		
4080		
5040		
6270		
7800		
9720		
12150		
15180		
18900		
23400		
29000		
36000		
44400		
55000		
68400		
85000		
105000		
129000		
158000		
196000		
244000		
302000		
374000		
461000		
573000		
710000		
882000		
1095000		
1350000		
1660000		
2030000		
2540000		
3180000		
3950000		
4880000		
6040000		
7520000		
9340000		
11600000		
14400000		
17800000		
21900000		
27400000		
34200000		
42400000		
52100000		
64400000		
79400000		
97200000		
119000000		
145000000		
176000000		
212000000		
262000000		
326000000		
404000000		
500000000		
614000000		
754000000		
928000000		
1144000000		
1408000000		
1724000000		
2096000000		
2528000000		
3124000000		
3800000000		
4660000000		
5700000000		
6940000000		
8480000000		
10400000000		
12760000000		
15560000000		
18840000000		
23440000000		
28440000000		
34840000000		
42640000000		
51840000000		
63440000000		
77440000000		
94840000000		
116440000000		
142440000000		
172840000000		
207840000000		
257440000000		
311840000000		
381440000000		
466440000000		
567440000000		
684440000000		
828440000000		
999440000000		
1207440000000		
1452440000000		
1734440000000		
2154440000000		
2614440000000		
3214440000000		
3954440000000		
4834440000000		
5864440000000		
7044440000000		
8484440000000		
10284440000000		
12444440000000		
14984440000000		
17944440000000		
21344440000000		
25184440000000		
29484440000000		
35184440000000		
42344440000000		
50944440000000		
61044440000000		
73644440000000		
88844440000000		
106844400000000		
127844400000000		
152044400000000		
179644400000000		
210844400000000		
255844400000000		
304844400000000		
368044400000000		
445644400000000		
538044400000000		
645644400000000		
769044400000000		
908044400000000		
1072044000000000		
1260044000000000		
1472044000000000		
1708044000000000		
1968044000000000		
2352044000000000		
2760044000000000		
3292044000000000		
3948044000000000		
4728044000000000		
5640044000000000		
6684044000000000		
7860044000000000		
9280044000000000		
10940044000000000		
12840044000000000		
14980044000000000		
17360044000000000		
20000044000000000		
23800044000000000		
28800044000000000		
34000044000000000		
40400044000000000		
48000044000000000		
56800044000000000		
66800044000000000		
78000044000000000		
90400044000000000		
104000044000000000		
119000044000000000		
135000044000000000		
152000044000000000		
170000044000000000		
189000044000000000		
209000044000000000		
230000044000000000		
252000044000000000		
275000044000000000		
299000044000000000		
324000044000000000		
350000044000000000		
376000044000000000		
404000044000000000		
432000044000000000		
462000044000000000		
492000044000000000		
524000044000000000		
556000044000000000		
590000044000000000		
624000044000000000		
660000044000000000		
696000044000000000		
734000044000000000		
772000044000000000		
812000044000000000		
852000044000000000		
894000044000000000		
936000044000000000		
980000044000000000		
1024000044000000000		
1070000044000000000		
1116000044000000000		
1164000044000000000		
1212000044000000000		
1262000044000000000		
1312000044000000000		
1364000044000000000		
1416000044000000000		
1470000044000000000		
1524000044000000000		
1580000044000000000		
1636000044000000000		
1694000044000000000		
1752000044000000000		
1812000044000000000		
1872000044000000000		
1934000044000000000		
1996000044000000000		
2060000044000000000		
2124000044000000000		
2190000044000000000		
2256000044000000000		
2324000044000000000		
2392000044000000000		
2462000044000000000		
2532000044000000000		
2604000044000000000		
2676000044000000000		
2750000044000000000		
2824000044000000000		
2900000044000000000		
2976000044000000000		
3054000044000000000		
3132000044000000000		
3212000044000000000		
3292000044000000000		
3374000044000000000		
3456000044000000000		
3540000044000000000		
3624000044000000000		
3710000044000000000		
3796000044000000000		
3884000044000000000		
3972000044000000000		
4062000044000000000		
4152000044000000000		
4244000044000000000		
4336000044000000000		
4430000044000000000		
4524000044000000000		
4620000044000000000		
4716000044000000000		
4814000044000000000		
4912000044000000000		
5012000044000000000		
5112000044000000000		
5214000044000000000		
5316000044000000000		
5420000044000000000		
5524000044000000000		
5630000044000000000		
5736000044000000000		
5844000044000000000		
5952000044000000000		
6062000044000000000		
6172000044000000000		
6284000044000000000		
6396000044000000000		
6510000044000000000		
6624000044000000000		
6740000044000000000		
6856000044000000000		
6974000044000000000		
7092000044000000000		
7212000044000000000		
7332000044000000000		
7454000044000000000		
7576000044000000000		
7700000044000000000		
7824000044000000000		
7950000044000000000		
8076000044000000000		
8204000044000000000		
8332000044000000000		
8462000044000000000		
8592000044000000000		
8724000044000000000		
8856000044000000000		
8990000044000000000		
9124000044000000000		
9260000044000000000		
9400000044000000000		
9540000044000000000		
96840		

**Curto-circuito**

O curto-circuito é uma “ligação” acidental de condutores sob tensão. No sistema trifásico ele pode ocorrer entre fases, ou entre uma fase e terra (ou neutro).

Em qualquer dessas situações a tensão entre os condutores em “curto” cai a níveis próximos a zero volt, em compensação a corrente elétrica cresce rapidamente tendendo ao infinito. Caso não haja proteção, os condutores da instalação sofrerão degradação (queima).

**Sobrecarga**

A sobrecarga difere do curto-circuito pelas amplitudes das grandezas no fenômeno. A sobrecarga resulta em uma sobrecorrente, que não tende ao infinito, porém, assume valores acima da corrente nominal da carga. A tensão de alimentação, na sobrecarga, não cai a zero como no curto-circuito. Ela pode até sofrer uma queda devido a sobrecorrente, mas raramente diminui mais de 20% da tensão nominal. A sobrecarga pode ser momentânea ou permanente.

A proteção indicada para o curto-circuito é o fusível. Para o caso de motores, eles devem ser do tipo “g”. Esse tipo de fusível possui um retardo, que impede sua queima na partida do motor.

As formas construtivas mais comuns dos fusíveis aplicados aos motores são as dos tipos D e NH. O tipo D pode ser utilizado para uso industrial ou residencial, e o tipo NH apenas industrial. A **figura 4** exibe um exemplo de cada um deles.

Os fusíveis tipo “g” são caracterizados por: corrente nominal (corrente de trabalho normal que deve circular pelo fusível por tempo indeterminado sem que haja interrupção); tensão máxima de operação; e capacidade de interrupção (máxima corrente pela qual o fusível pode garantir a interrupção, geralmente, a unidade é o kA – quiloampère).

Como todo componente elétrico, o comportamento do fusível é expresso através de uma curva característica (**figura 5**). Notem que essa curva mostra a interrupção em função do tempo.

Para dimensionar os fusíveis necessitamos de duas constantes: K e  $I_p/I_n$ . A constante **K** pode ser obtida através da **tabela 3**, a seguir, e trata-se do fator que determina a corrente nominal do fusível.

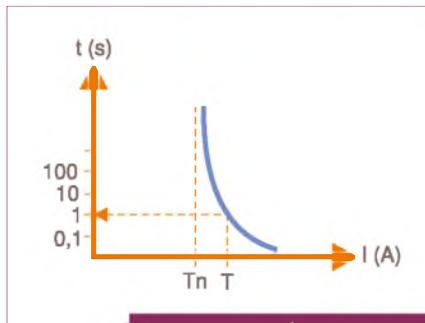
O fator **Irb** é a corrente de rotor blo-



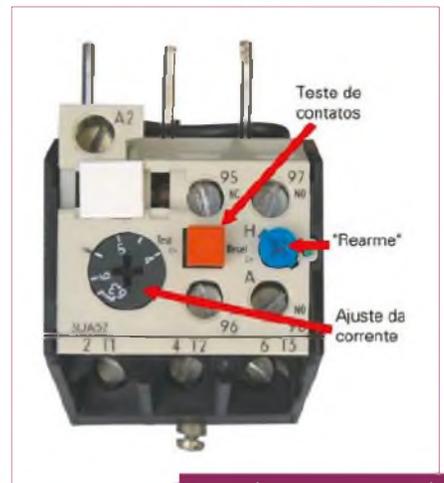
F4. Fúsvéis NH e D.

Irb (A)	K
Irb < 40	0.5
40 < Irb < 500	0.4
Irb > 500	0.3

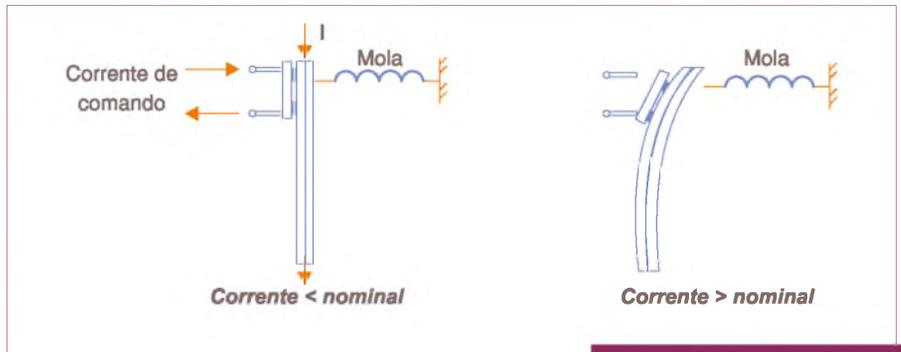
T3. Contante K e dimensionamento do fusível.



F5. Curva para fusíveis tipo “g”.



F7. Relé térmico ajustável.

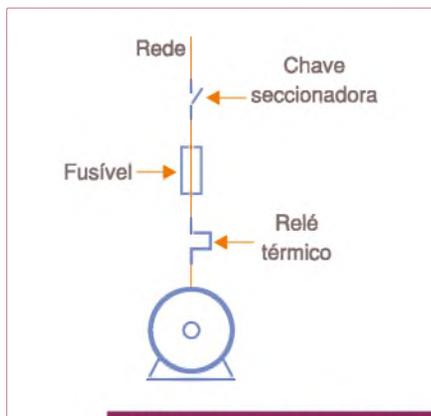


F6. Princípio do par bimetálico.

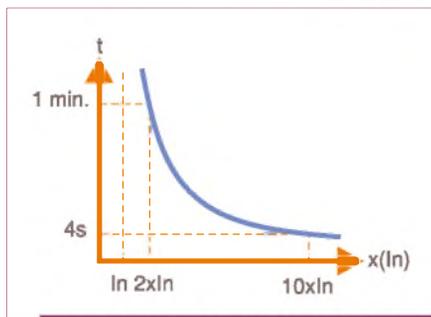
**Cuidado!!!**

Muito cuidado com a substituição de fusíveis, principalmente o tipo D. O fusível D (diazed) é um fusível comum, e de resposta lenta, feito para a proteção de motores e outras cargas elétricas. Existe, entretanto, outro tipo de fusível, de aparência mecânica igual à do diazed. Esse fusível é o silized. Ele é um dispositivo de proteção tipo “rápido”, e serve para proteger circuitos eletrônicos.

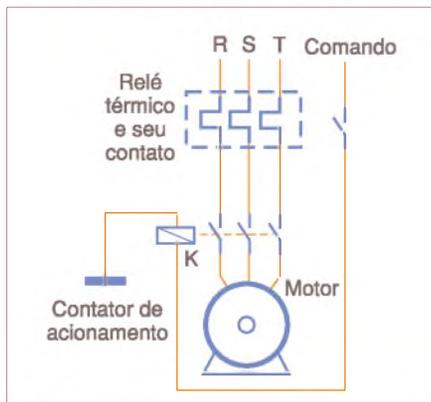
Eu já presenciei máquinas que foram literalmente “torradas” porque o pessoal da manutenção não observou esse detalhe, e trocou um silized por diazed. Antes da troca, verifique as inscrições do invólucro para reconhecê-los.



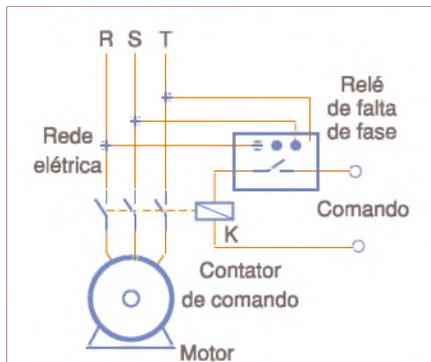
F8. Esquema unifilar de proteção mínima para motores.



F9. Curva característica do relé térmico.



F10. Ligação do contato do relé térmico interrompendo o comando do contator e consequentemente desligando as fases de alimentação.



F11. Esquema de ligação do relé de falta de fase. O contato auxiliar também interrompe a corrente de comando.

queado, determinado segundo a tabela 3.

A razão  $I_p / I_n$  é a razão entre a corrente de pico e a nominal. No caso de motores, vamos estabelecê-la em 8,3 (valor mais comum).

A capacidade do fusível será dada por:

$$I_n = I_{rb} \cdot K$$

Para concretizar todos esses conceitos, vamos a um exemplo prático de dimensionamento.

Especificar um fusível NH para proteção contra curto-circuito nas seguintes condições:

$$I_n = 30 \text{ A}$$

$$I_p / I_n = 8,3$$

Como  $I_p / I_n$  é igual a 8,3, teremos:

$$I_p = 8,3 \cdot I_n$$

(corrente de rotor bloqueado)

$$I_p = I_{rb} = 8,3 \cdot 30 = 249 \text{ A}$$

Consultando a tabela 3, temos que 249 está entre 40 e 500 ( $40 < I_{rb} < 500$ ), portanto  $K = 0,4$ .

$$I_n \text{ (fusível)} = 0,4 \cdot 249 = 99,6 \text{ A}$$

O valor imediatamente superior (comercial) a 99,6 A é 100 A. Utiliza-se, então, um NH de 100 A.

Agora que já sabemos como dimensionar os fusíveis para a proteção contra curto-circuito, vamos analisar as proteções contra sobrecarga.

A proteção contra sobrecarga utilizada em motores é o relé térmico.

O princípio de funcionamento desse dispositivo está baseado na ação da dilatação térmica diferencial de uma haste bimetálica.

A figura 6 mostra o esquema de funcionamento. Uma haste é composta pela união de dois metais distintos. Como os metais são diferentes, os coeficientes de dilatação também são. Quando há uma sobrecorrente, a haste se aquece, porém, devido aos diferentes coeficientes de dilatação, um metal dilata mais do que o outro. A haste, então, sofre uma "curvatura" abrindo os contatos e interrompendo o circuito.

Normalmente os contatos do relé térmico não estão ligados diretamente ao motor, mas sim à bobina de comando de contato de acionamento.

O relé térmico possui um ajuste para sua atuação (figura 7). Portanto, "dimensionar" o relé térmico, na realidade, significa deter-

minar seu tipo e seu ponto ideal de ajuste em função da carga.

A corrente de ajuste é dada pelo produto do fator de serviço do motor pela corrente nominal ( $I_{ajuste} = FS \cdot I_n$ ). A tabela 4, determina as faixas de ajuste.

Consideremos agora outro exemplo prático. Determinar o relé térmico e seu ajuste para o motor do exemplo anterior.

Sendo:

$$I_n = 30 \text{ A}$$

$$FS = 1,15$$

$$I_{ajuste} = 1,1530 = 34,5 \text{ A}$$

Portanto, de acordo com a tabela 4, estamos na faixa de 30 a 46 A. Devemos, então, utilizar o relé RW 67 (ajustado para 34,5 A).

Fácil, não é?!

Lembre-se de que um bom projeto deve contemplar três dispositivos entre o motor e a rede elétrica: chave seccionadora (manutenção / medição / proteção), fusível (proteção contra curto-circuito), e relé térmico (proteção sobre sobrecarga), conforme ilustra a figura 8.

A figura 9 exibe a curva característica de desarme de um relé térmico.

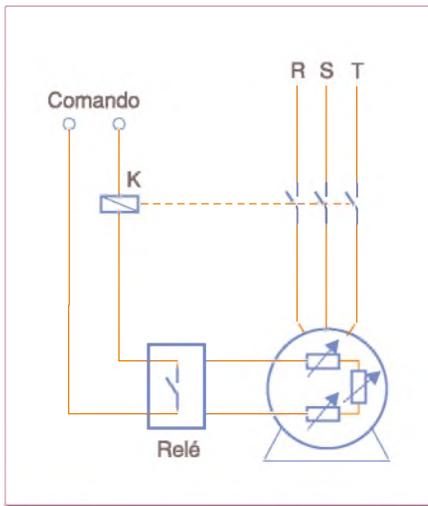
Na figura 10 podemos observar o diagrama genérico de ligação de um relé térmico. Notem que o contato interrompe a corrente do contator K de acionamento, e não as fases de alimentação.

### Outras proteções

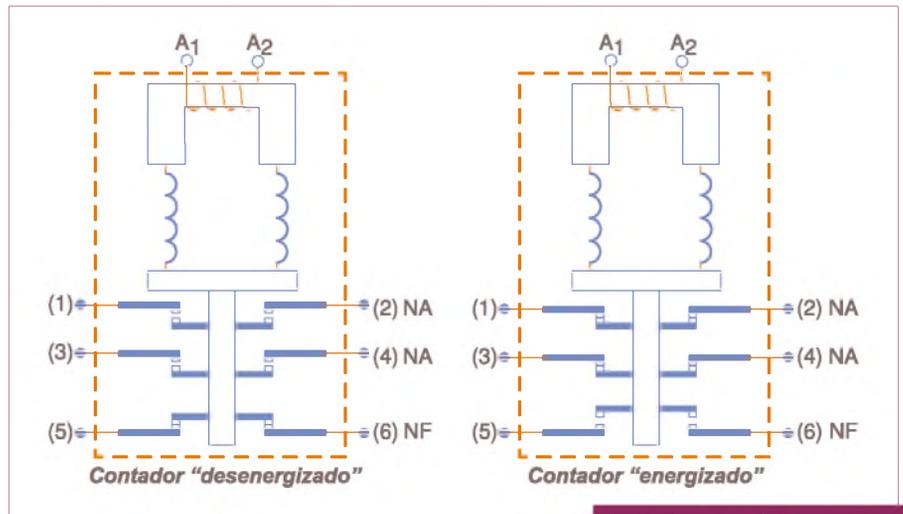
Além dos fusíveis e relés térmicos, temos outras duas proteções muito comuns no ambiente industrial: relés de falta de fase, e termistor.

O relé de falta de fase é um dispositivo que "desarma" o contator de comando, caso alguma das fases caia (figura 11). É bom lembrar que um motor trifásico continua operando na ausência de uma fase, porém, após algum tempo de funcionamento sua queima é quase certa. O relé de falta de fase impede esse fenômeno.

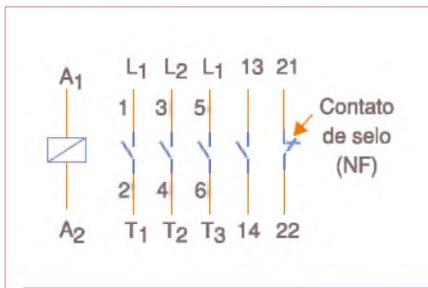
O termistor é uma proteção interna ao motor. Geralmente o termistor utilizado é o PTC (Positive Temperature Coefficient), ou seja, são dispositivos que aumentam a resistência segundo a temperatura. Assim como os relés térmicos, o termistor atua no comando do contator. Normalmente esses dispositivos são instalados nas "cabeças" de bobinas e, para motores grandes, podemos encontrar mais de um (três por exemplo, ligados em série) vide figura 12.



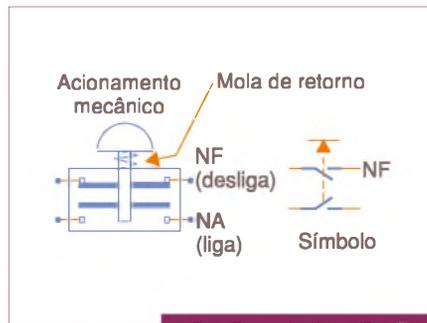
F12. Termistor em conjunto com relé térmico.



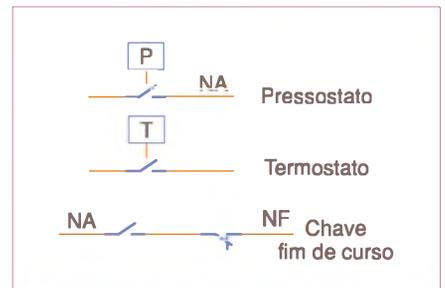
F13. Estrutura de um contator.



F14. Exemplo de numeração dos contatos (bornes) de um contator.



F15. Botoeira Liga/Desliga.



F16. Elementos de comando (pressostato, termostato e chave fim de curso).

## Comandos e Acionamentos

Antes de discorrermos sobre os circuitos clássicos de comandos elétricos, vamos analisar um pouco seus componentes fundamentais.

### Contator

O contator é um dispositivo projetado para realizar manobras em circuitos elétricos sob carga. Entende-se por manobra o estabelecimento da condução ou a interrupção da corrente elétrica para a carga, em condições normais de funcionamento. A **figura 13** ilustra um perfil simplificado de um contator.

Notem que os contatos A1 e A2 são da bobina de comando. Essa bobina, através da ação da força magnética, atrai o núcleo que fecha os contatos. Uma vez interrompida a corrente de excitação, uma mola interna desloca os contatos de volta à sua posição original. Os contatos 1, 2 e 5 têm origem na “montante” (linha de alimentação), e os contatos 2, 4 e 6 vão para a “jusante” (carga).

As bobinas dos contatores podem estar disponíveis em corrente alternada (12, 24,

110, 127, 220, 380 e 440 V), ou contínua (12, 24, 48, 110, 125 e 220 V).

Quanto à capacidade de corrente do contator, temos quatro categorias: AC1, AC2, AC3, E AC4. A **tabela 5**, a seguir, detalha cada uma delas.

A **figura 14** traz a simbologia de um contator e sua respectiva numeração.

### Botoeiras

A botoeira é um elemento mais simples de comando. Seu funcionamento pode ser visto na **figura 15**. Uma vez acionada mecanicamente, seu contato NA (normalmente aberto) fecha-se, e seu contato NF (normalmente fechado) abre-se. Assim como no contator, uma mola interna é responsável por deslocar os contatos de volta à posição original, assim que o acionamento mecânico for retirado.

Segundo o mesmo princípio de funcionamento, temos outros dispositivos que são comuns a instalações industriais, tais como: pressostato (interruptor de pressão ambiental), termostato (interruptor ou “chave” térmica), e chave fim-de-curso

Relé	Faixa de Ajuste (A)	Fusível Máximo D ou NH (A)	
RW 27.1	0,28 - 0,4	2	
	0,4 - 0,6	2	
	0,56 - 0,8	2	
	0,8 - 1,2	4	
	1,2 - 1,8	6	
	1,8 - 2,8	6	
	2,8 - 4,0	10	
	4 - 6	16	
RW 27.2	0,28 - 0,4	2	
	0,4 - 0,6	2	
	0,56 - 0,8	2	
	0,8 - 1,2	4	
	1,2 - 1,8	6	
	1,8 - 2,8	6	
	2,8 - 4,0	10	
	4 - 6	16	
	5,6 - 8	20	
	8 - 12	25	
RW 67	11 - 17	35	
	15 - 23	50	
	22 - 32	63	
	22 - 32	63	
	30 - 46	100	
	42 - 62	125	
	RW 207	42 - 62	125
		56 - 80	160
		80 - 120	200
		120 - 180	300

T4. Relés térmicos faixas de ajuste.

(interruptor que monitora o início ou fim de deslocamento de partes móveis). Os símbolos desses componentes podem ser vistos na **figura 16**.

**Circuitos Clássicos**

Para poder analisar um circuito elétrico industrial, o técnico deve ter em mente um conceito fundamental: tratar o circuito em duas partes separadas (circuito de comando, e circuito de força). O circuito de comando mostra a “lógica” com que o circuito de força deve operar. O circuito de força, por sua vez, e como o próprio nome diz, estabelece ou não a energia para a carga.

Vamos a um exemplo prático.

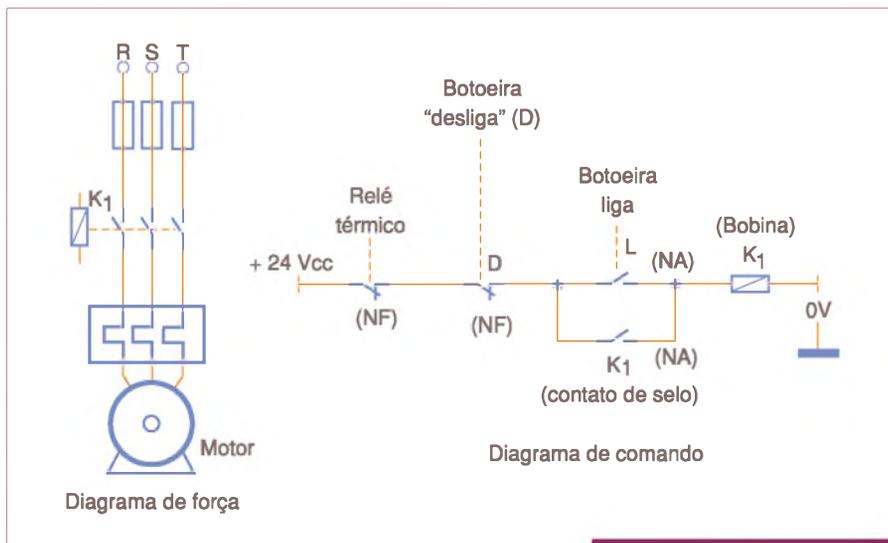
A **figura 17** mostra um dos circuitos mais elementares: a partida direta de motores. À esquerda podemos ver o circuito de força, onde temos 3 fusíveis (um para cada fase), um contator tripolar (que liga ou desliga o motor), o relé térmico, e o motor de indução trifásico.

Nesse exemplo o único componente de manobra é o contator  $K_1$ . Imaginem ainda que desejamos ligar esse motor através de um botão (botoeira), e desligá-lo através de outro botão. Ora, o circuito de comando direto mostra exatamente isso. As linhas da esquerda e da direita estabelecem os limites do circuito de comando. Caso esse contator tivesse a bobina alimentada por 24 Vcc (por exemplo), a linha da esquerda seria +24 Vcc e a da direita 0 V (ou terra).

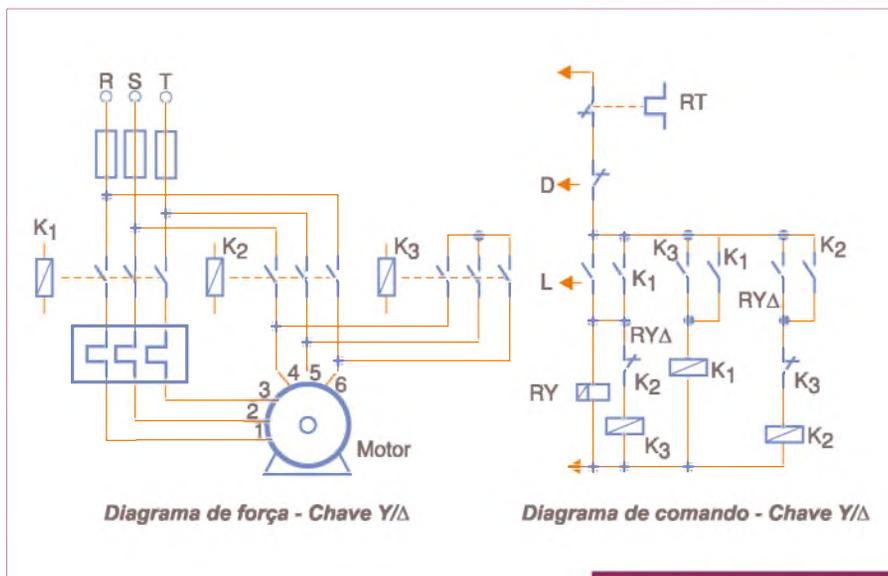
Notem que temos os contatos do relé térmico (proteção) em série com uma botoeira de desligamento (tipo NF), uma botoeira de “liga” (NA) e, finalmente, a bobina do contator. Em paralelo com a botoeira “liga” temos um contato  $K_1$ , esse contato é chamado auxiliar ou “de selo”.

O contato de selo serve para manter o contator fechado na ausência da atuação da chave liga, após o sistema ter sido acionado. Em outras palavras, quando acionamos L o contator “entra” e o contato de selo também. Como ele está em paralelo com a chave liga (L), mesmo após tirarmos o “dedo”, o sistema continuará ligado. Para desligar, basta pressionarmos a chave desliga (D) que, por ser normalmente fechada (uma vez acionada), interromperá o processo.

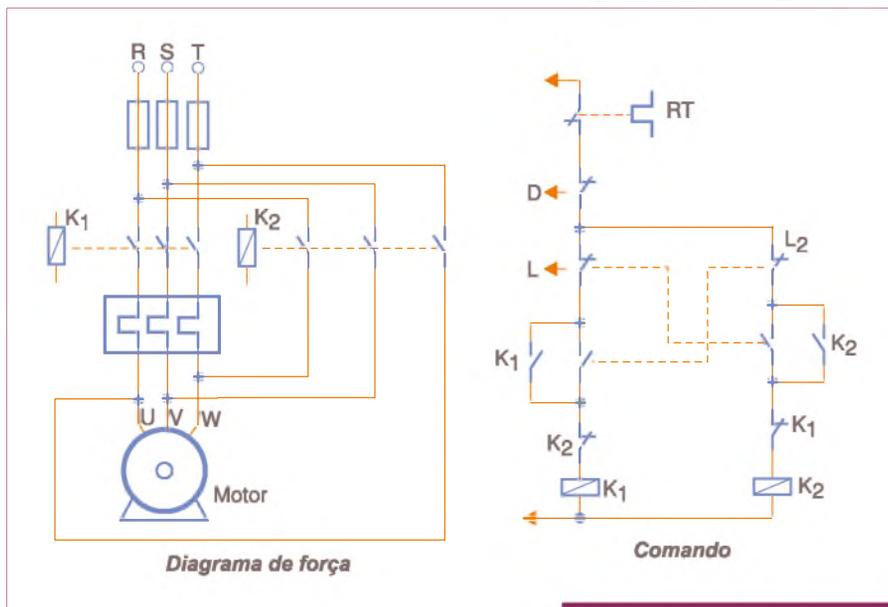
Agora que já sabemos os conceitos gerais, vejamos as três configurações mais comuns na indústria: partida automática Y/Δ, chave compensadora e reversão.



F17. Partida direta de motores.



F18. Partida automática Y / Δ.



F19. Chave automática de reversão.

**Circuito de partida automática Y/D**

Uma das necessidades da indústria é proporcionar a partida suave aos motores de grande porte (acima de 10 C.V). Uma das técnicas utilizadas é a partida automática Y/Δ.

Para mudar o “fechamento” das bobinas internas de um motor Y para Δ, vamos utilizar dois recursos: intertravamento de contadores e relé de tempo.

O intertravamento de contadores é uma técnica onde a “entrada” de um contator significa, necessariamente, a saída de outro. Notem pela **figura 18** que, caso  $K_1$  entre sem que  $K_2$  saia, haverá curto-circuito entre as fases de alimentação. O intertravamento é realizado através do contato auxiliar (ou de selo) de cada contator, de modo a interromper cada respectivo comando segundo a lógica de operação.

O relé de tempo, na essência, é um “contator temporizado”. Uma vez energizado, segundo seu ajuste, permite que determinada manobra ocorra de acordo com o tempo desejado. Esse tempo, no caso de partida de motores, dependerá de cada motor. Na prática, ele pode variar de 100 ms (motores “pequenos”) até vários segundos.

Ainda com base na figura 18, poderemos notar que quando os contadores  $K_1$  e  $K_3$  “entrarem” (estiverem energizados), temos a ligação estrela (Y). Nesse instante  $K_2$  deve estar desenergizando-se. Após o tempo “programado” (ajustado),  $K_3$  deve “sair” e, então,  $K_2$  é energizado, estabelecendo a ligação triângulo (Δ).

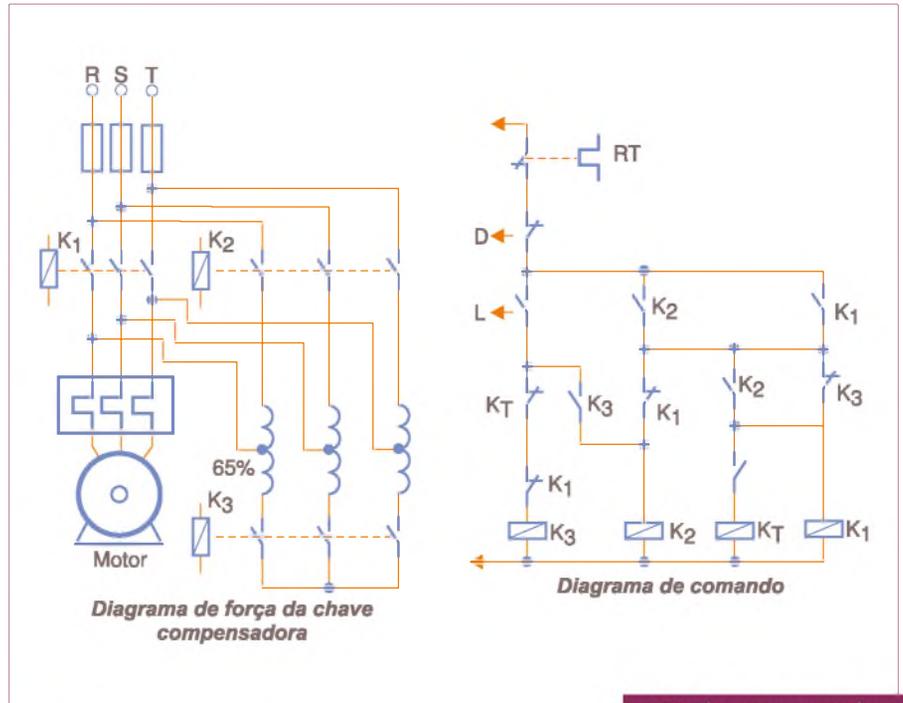
No motor desse exemplo, a ligação estrela é feita através do curto-circuito dos terminais 4 - 5 - 6, e a ligação triângulo através das conexões 1 - 6, 2 - 4, e 3 - 5.

**Reversão automática**

Um dos circuitos mais simples em comandos elétricos é a reversão automática do sentido de rotação de motores trifásicos.

Para inverter o sentido de “giro” de um motor AC trifásico, basta invertermos as fases R e T da sua alimentação. A **figura 19** mostra o diagrama de força e de comando desse sistema. Com dois contadores ( $K_1$  e  $K_2$ ) intertravados, podemos inverter as fases R e T nos bornes do motor.

Quando  $K_1$  está energizado,  $K_2$  está aberto, e a fase R está conectada ao borne U do motor, S em V, e T em W. Quando  $K_2$  entra,  $K_1$  sai e a fase R muda para W, e T para U, revertendo o sentido de rotação.



F20. Chave compensadora.

Categoria	Serviço Normal		Serviço Ocasional	
	Ligar	Desligar	Ligar	Desligar
AC1	1.IN	1.IN	1.IN	1.IN
AC2	2,5.IN	1.IN	2,5.IN	1.IN
AC3	6.IN	1.IN	6.IN	1.IN
AC4	6.IN	6.IN	6.IN	6.IN

T5. Categoria de empregos de contadores de força.

**Chave compensadora**

Outro modo de proporcionar uma redução do pico de corrente gerado pela partida de motores, é a partida através da chave compensadora.

O “coração” desse circuito é um autotransformador que, através de um “tap” (derivação), dispõe uma tensão reduzida de 65% da nominal. Através de três contadores ( $K_1$ ,  $K_2$ , e  $K_3$ ) ligamos o motor (instante da partida) nesse tap. Como a tensão está reduzida, sua partida torna-se mais suave.

Uma vez vencida a inércia, o motor é ligado diretamente à rede elétrica, funcionando com 100% da tensão. Conforme vemos na **figura 20**, na partida,  $K_2$  e  $K_3$  estão energizados e  $K_1$  desenergizado.

Assim temos  $K_3$  fazendo o fechamento do autotransformador, e  $K_2$  conectando-o a rede. Após algum tempo,  $K_2$  e  $K_3$  são desenergizados, desligando o autotrafo, e  $K_1$  entra. Nesse momento, 100% da tensão passa a alimentar o motor.

O circuito pode ser equipado com um relé de tempo, de modo que as manobras entre contadores sejam feitas automaticamente.

**Conclusão**

Acreditamos que, através deste artigo, o leitor possa compreender melhor as instalações industriais em baixa tensão. Apesar do assunto ser de natureza essencialmente “eletrotécnica”, os técnicos e engenheiros eletrônicos também devem possuir bases sólidas a respeito.

Não podemos esquecer que uma máquina nunca funciona isoladamente. Eletrotécnica, eletrônica, mecânica e software estão cada vez mais unidos e, ao que parece, essa é uma tendência irreversível.

Abaixo, seguem alguns sites e referências sobre o assunto. **E**

**Referências**

**Motor de indução**  
Guilherme Filippo Filho  
Editora Érica

Sites:  
[www.weg.com.br](http://www.weg.com.br) (produto)  
[www.siemens.com.br](http://www.siemens.com.br) (produto)  
[www.sp.senai.br](http://www.sp.senai.br) (cursos)

# Sensores Industriais nos Processos da Manufatura

*A intenção deste artigo é explorar alguns conceitos importantes sobre sensores e, através de cada respectivo princípio de funcionamento, ajudar o integrador de tecnologia a escolher e dimensionar o melhor tipo segundo sua necessidade. Além disso, vamos fazer uma breve análise sobre a rede de sensoriamento AS-interface.*

**Alexandre Capelli**

O sensor é, com certeza, o elemento mais básico e comum em qualquer processo de automação, principalmente industrial. É através desse dispositivo que todo o sistema é capaz de coletar informações da planta fabril e, com base nisso, executar determinada tarefa.

## Definição e Características Fundamentais dos Sensores para Automação

Sensores são dispositivos capazes de detectar a presença ou passagem de materiais, sejam eles metálicos ou não; por proximidade ou aproximação, sem haver, necessariamente, contato físico.

*“Quais são os parâmetros a serem observados na escolha ou dimensionamento de um sensor?”*

Depende do sensor, porém, genericamente, temos:

- **Linearidade:** É o grau de proporcionalidade entre o sinal gerado e a grandeza física. Quanto maior, mais fiel é a resposta do sensor ao estímulo. Consequentemente, podemos conferir um maior precisão ao sistema;
- **Faixa de atuação:** É o intervalo de valores da grandeza em que pode ser usado o sensor, sem destruição ou imprecisão;

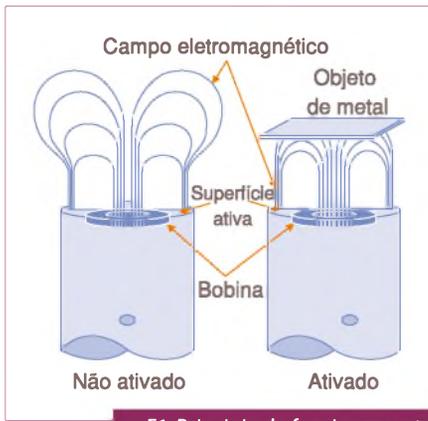
- **Histerese:** É a distância entre as pontes de comutação do sensor, quando um atuador dele se aproxima ou se afasta;
- **Sensibilidade:** É a distância entre a face do sensor e o atuador no instante em que ocorre a comutação;
- **Frequência de comutação:** É a quantidade máxima de mudanças de estado em um determinado intervalo de tempo;
- **Distância Sensora:** É a distância em que, aproximando-se o acionador da face sensora, o dispositivo muda de estado.

Veja a classificação genérica das Famílias de Sensores Utilizadas na Automação da Manufatura na **tabela 1**.

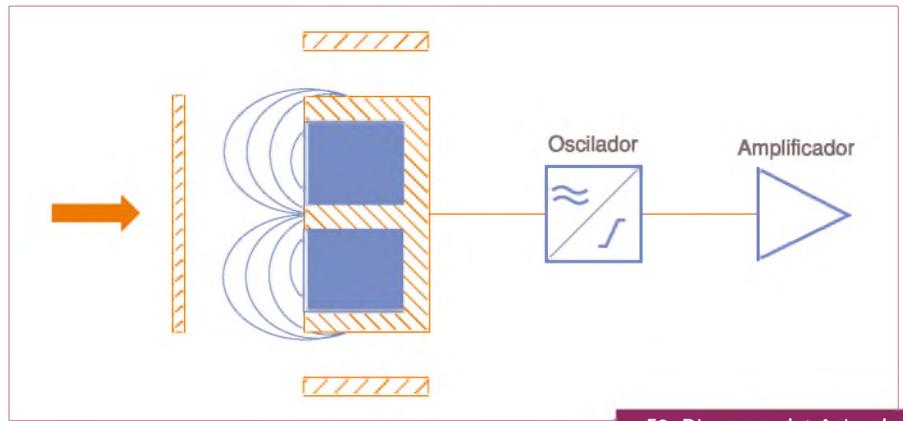
## Sensor Indutivo

O sensor indutivo, também conhecido como sensor de proximidade, é capaz de detectar a presença (ou não) de um objeto metálico quando este estiver a determinada distância da sua face (distância sensora). Seu princípio de funcionamento é baseado na geração de um campo eletromagnético de alta frequência, que é desenvolvido por uma bobina ressonante instalada na face sensora (**figura 1**).

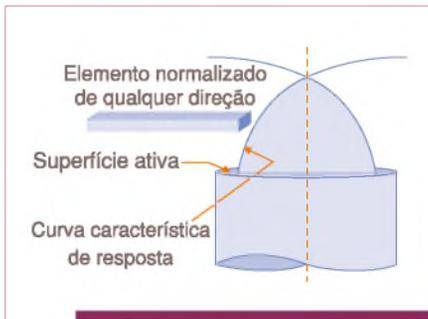
A bobina faz parte de um circuito oscilador que, em condição normal (não



F1. Princípio de funcionamento do sensor indutivo.



F2. Diagrama eletrônico de um sensor indutivo.



F3. Exemplo do campo de atuação do sensor indutivo.

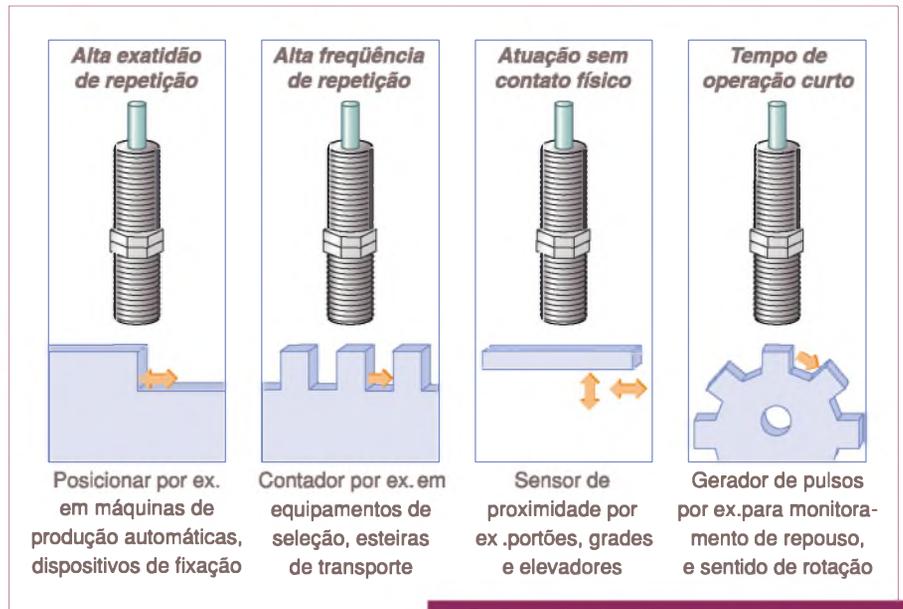
acionada), gera um sinal senoidal. Quando um metal se aproxima do campo, este através da corrente de superfície absorve energia, reduzindo a amplitude do sinal gerado no oscilador. Esta variação do valor original é, então, detectada e aciona o estágio de saída.

Na **figura 2** podemos observar o diagrama eletrônico simplificado de um sensor indutivo.

*“Qual a razão de utilizar sensores indutivos no lugar de chaves fim-de-curso convencionais?”*

Várias, mas três são as principais:

- Número de manobras: por não ter partes móveis (acionamento estático), a capacidade de operação de um sensor indutivo é muito maior do que uma chave convencional;
- Ausência de contato físico: como se trata de um sensor de proximidade, não há necessidade de contato físico com a parte em movimento. Novamente, isso contribui para o aumento significativo da vida útil do sistema;
- Velocidade de atuação: ela é maior que a de uma chave mecânica, uma vez que não há inércia na sua operação.



F4. Exemplos de aplicações do sensor indutivo.

A **figura 3** ilustra um exemplo do campo de atuação, tendo como referência sua superfície ativa. Já a **figura 4** nos traz alguns exemplos de aplicação.

Outro “nome” atribuído ao sensor indutivo é sensor “não faceado”. Essa denominação origina-se do aspecto de instalação do componente, que por razões óbvias deve ter uma “zona livre” de metal ao seu redor. Através desta figura, podemos estimar as distâncias mínimas que um sensor deste tipo deve respeitar, caso seu alojamento seja metálico, a fim de que não ocorram comutações errôneas.

Como veremos a seguir, sensores para materiais isolantes (não metálicos) são, também, classificados como faceados, uma vez que “faceiam” seu alojamento sem correr riscos de acionamento indevido (**figura 5**).

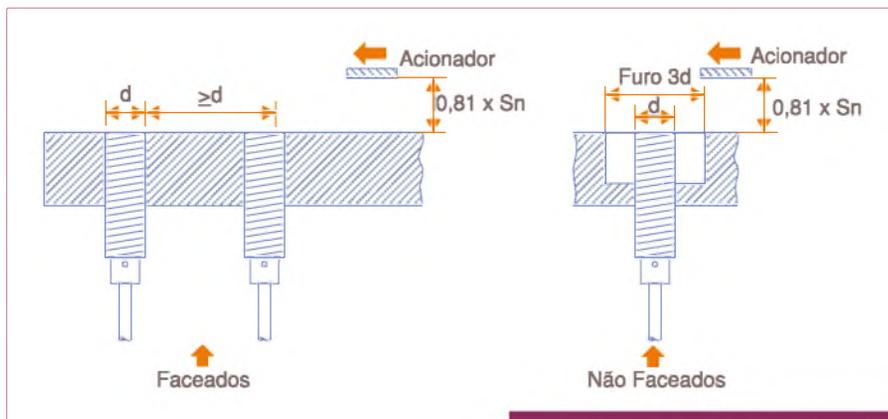
Os sensores industriais, sejam eles indutivos ou não, podem ter suas saídas

nas configurações PNP ou NPN. A **figura 6** mostra como no primeiro caso (PNP) a comutação da carga é feita através do polo positivo da fonte. Tomando um CLP como exemplo, a carga seria acionada com + 24 Vcc no seu terminal livre. Já a configuração NPN conecta a carga ao zero volt, uma vez que essa já está com o polo positivo ligado.

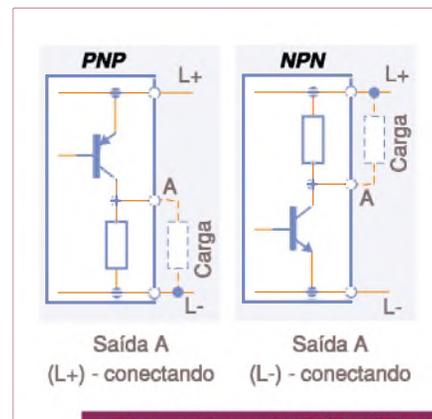
As saídas, normalmente, podem ser de 2, 3, ou 4 condutores, sendo esse último com (no mínimo) um contato tipo NA e um NF (**figura 7**).

### Sensor Capacitivo

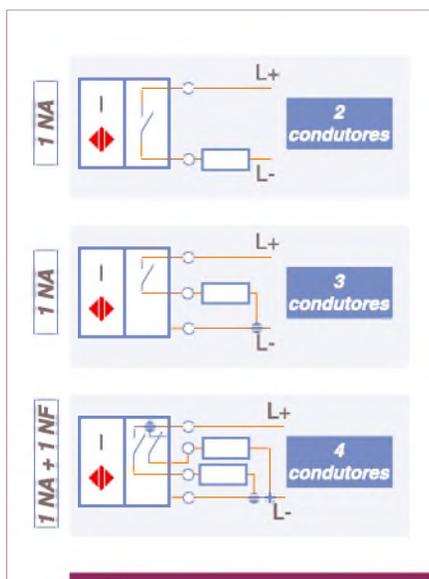
Ao contrário do sensor indutivo, que funciona através da formação de um campo eletromagnético e é indicado para detecção de partes metálicas, o capacitivo funciona segundo um campo elétrico e é ideal para sensoriar materiais isolantes (líquidos, plásticos, vidros, entre outros).



F5. Sensores faceados e não faceados.



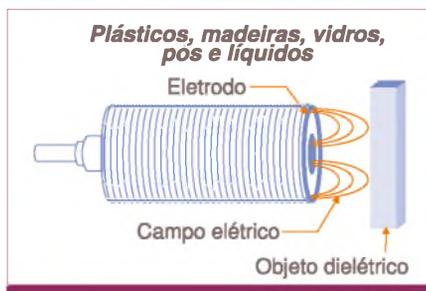
F6. As configurações PNP e NPN nas saídas dos sensores industriais.



F7. As saídas dos sensores industriais podem ser de 2, 3 ou 4 condutores.



F8. Diferença fundamental entre o sensor capacitivo e o capacitor convencional.



F9. Mudança na capacitância quando o objeto dielétrico aproxima-se do campo elétrico.

Para entendermos melhor como ele faz isso, vamos relembra alguns conceitos básicos dos capacitores. A capacidade de armazenar cargas de um capacitor, pode ser expressa pela fórmula:

$$C = \epsilon \cdot \frac{S}{d}$$

Onde;  
 $\epsilon$  = constante dielétrica ou permissividade.

S = área entre placas  
 d = distância entre placas.

Concluimos, então, que a capacidade do componente é diretamente proporcional à área formada entre as placas e a constante dielétrica, e inversamente à distância entre elas.

Como referência temos o ar como constante dielétrica, sendo  $\epsilon_0 = 1$ . É bom lembrar que este valor é uma referência, e que dizer que "1" é igual a:

$$8,9 \cdot 10^{-12} \text{ F/m} \quad (\text{Faraday/metro})$$

Observe a **tabela 2** para  $\epsilon$  dos materiais mais comuns.

Quando atribui-se 2 à madeira, por exemplo, significa que, fisicamente, ela apresenta:

$$17,8 \cdot 10^{-12} \text{ F/m} (2 \cdot \epsilon_0)$$

A detecção do objeto neste tipo de sensor ocorre segundo uma variação da capacitância. Ora, conforme acabamos de ver, esta depende de três variáveis em um capacitor. No sensor capacitivo, entretanto, duas delas já são fixadas e determinadas na concepção do dispositivo.

A **figura 8** ilustra que a diferença fundamental entre o sensor capacitivo e o capacitor convencional é que as placas não estão uma

Sensores	Família	Tipo	Princípio de Funcionamento
	Indutivos	Proximidade	Geração de campo eletromagnético
	Capacitivos	Proximidade	Geração de campo elétrico
	Ópticos		Transmissão e recepção de luz infravermelha, que pode ser refletida ou interrompida por um objeto a ser detectado.
	Ultrassônicos		Transmissão ou recepção de onda sonora, que pode ser refletida ou interrompida por um objeto a ser detectado.

T1. Classificação genérica das famílias de alguns sensores.

### Sensor e Transdutor

Devemos atentar para as diferenças entre sensor e transdutor. Embora, em alguns casos, um possa fazer o papel do outro, não podemos classificá-los como sendo componentes da mesma família.

Como já foi citado, o sensor é um dispositivo capaz de detectar a presença ou passagem de um material. Por outro lado, o transdutor é um dispositivo que converte determinada grandeza física em um sinal elétrico, e vice-versa. Muitas vezes, um transdutor executa a função de um sensor. Por exemplo, um transdutor piezoelétrico (que converte pressão mecânica em tensão elétrica) operando como "sensor" de deformação geométrica. Há, porém, vários transdutores que não executam a função de um sensor (alto-falantes, microfones, solenoides, etc.).

Resumindo: os transdutores são diferentes dos sensores, embora, em aplicações específicas eles possam funcionar como tais.

de frente para a outra, mas sim uma ao lado da outra. A área e a distância entre elas é fixa, e como as placas estão dispostas segundo esta geometria, a capacitância do elemento na ausência de um material dielétrico pode ser considerada desprezível.

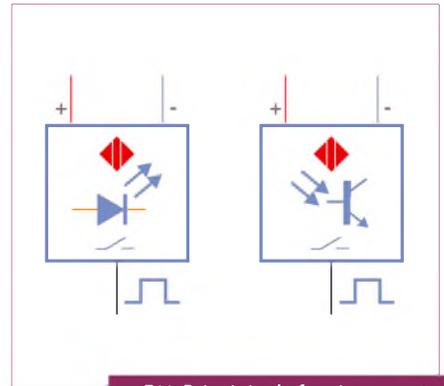
Uma vez que um objeto dielétrico aproxima-se, porém, ao adentrar no campo elétrico sob a superfície do eletrodo, causa uma mudança na capacitância do conjunto. Este fenômeno produz uma oscilação com uma amplitude tal que seja detectada por um circuito e convertida em um comando para a comutação do estado da saída (figura 9).

Resumindo, o sensor capacitivo funciona de acordo com a variação da constante dielétrica do material a ser detectado, através de um campo elétrico, e cuja alteração da sua capacitância aciona um comando de chaveamento na saída.

O gráfico da figura 10 faz uma análise da curva da distância de operação (distância sensora) em função da constante dielétrica do material.



F10. Gráfico da distância sensora em função da constante dielétrica do material.



F11. Princípio de funcionamento do sensor óptico.

### Sensores Ópticos

O princípio de funcionamento do sensor óptico (figura 11) baseia-se na transmissão e recepção da luz infravermelha, que pode ser refletida ou interrompida pelo objeto a ser detectado.

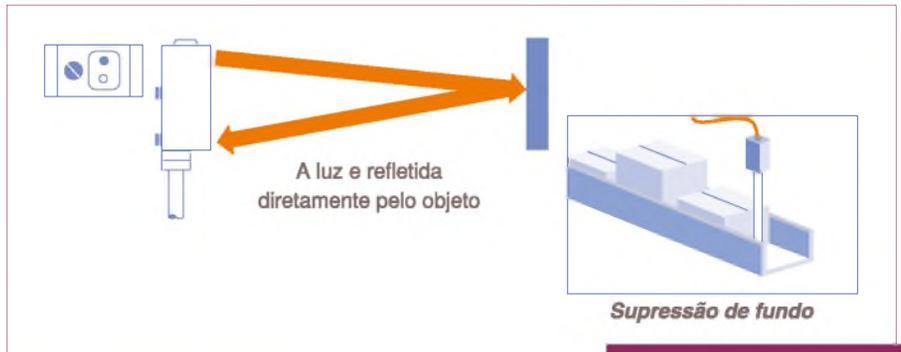
#### Difusão

Nesta configuração, o transmissor e o receptor são montados na mesma unidade, sendo que o acionamento da saída ocorre quando o objeto a ser detectado entra na região de sensibilidade e reflete para o receptor o feixe de luz emitido pelo transmissor. Ainda nesta configuração, podemos ter duas filosofias de funcionamento: energético, ou com supressão de fundo.

O “energético” funciona sempre que ocorre a reflexão. Um exemplo típico de uso pode ser visto na figura 12, onde o dispositivo detecta quando uma bobina de papel chega ao fim. Já o “com o supressão de fundo”, consegue ignorar a reflexão de todo o meio que não seja o objeto-alvo. A figura 13 exhibe um típico exemplo, onde o sensor é capaz de detectar caixas desprezando a reflexão da esteira transportadora.



F12. O funcionamento “energético”.



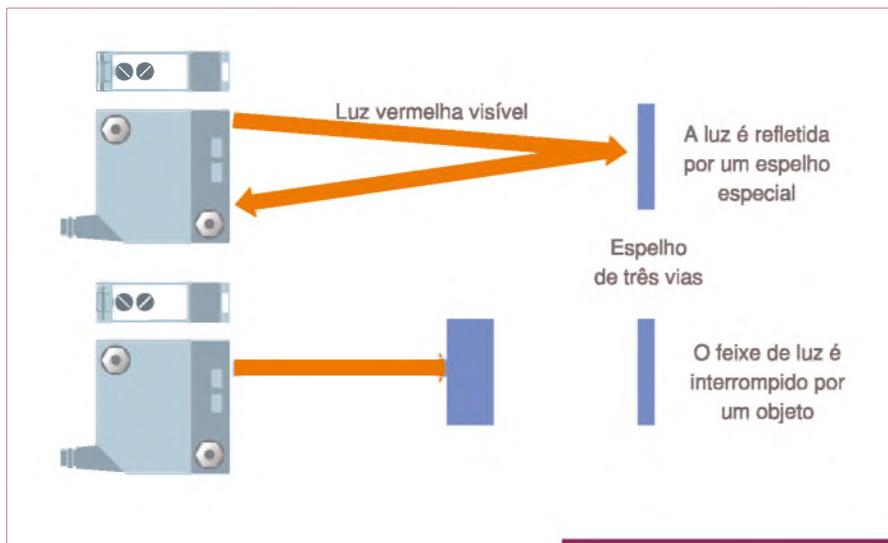
F13. O funcionamento “com supressão de fundo”.

Constantes Dielétricas Típicas			
Material	$\epsilon_r$	Material	$\epsilon_r$
Álcool	25,8	Polipropileno	2,3
Ar	1	Poliestirol	3
Araldite	3,6	PVC	2,9
Baquelite	3,6	Porcelana	4,4
Cabos isolantes	2,5	Cartão prensado	4
Celuloide	3	Cristal quartzo	3,7
Vidro	5	Areia de silício	4,5
Mica	6	Poliétileno	2,3
Mármore	8	Teflon	2
Papel parafinado	4	Aguarrás	2,2
Papel	2,3	Óleo de Trafo	2,2
Petróleo	2,2	Vácuo, ar	1
Plexiglás	3,2	Água	80
Poliamida	5	Madeira	2

T2. Materiais “e”r mais comuns.

### Sensores reflexivos

O sensor óptico reflexivo, também conhecido como retrorreflexivo, assim como



F14. Princípio de funcionamento do sensor reflexivo.

o difuso, tem o transmissor e o receptor montados em uma única unidade. O feixe de luz chega ao receptor após a incidência em um espelho e o acionamento da saída ocorre quando o objeto interrompe o feixe (figura 14).

Este tipo de sensor é muito utilizado em segurança de áreas, conforme podemos ver na figura 15. Um robô é cercado por um feixe infravermelho que, após reflexões sucessivas, atinge o receptor. Caso um objeto interrompa esse feixe, o sensor será atuado.

O único cuidado a ser tomado quando o integrador decidir utilizar um sistema como este, é orientar o usuário quanto a limpeza dos sensores e espelhos. A sujeira pode gerar acionamentos indevidos. Caso o ambiente seja muito rico em poeira ou qualquer outra partícula em suspensão (névoa de óleo, por exemplo), talvez seja mais indicado utilizar outro tipo de sensor.

### Barreira de luz direta

O sensor óptico de barreira de luz, ao contrário dos dois anteriores, é montado em duas unidades distintas: uma transmissora e outra receptora. Cada unidade fica de um lado da trajetória do objeto-alvo, uma vez que este interrompe o feixe, o sensor é ativado (figura 16).

Todos eles ainda podem ser classificados quanto à incidência de luz:

- *Light on* – A saída é chaveada quando a presença de luz é detectada;
- *Dark on* – A saída é chaveada quando a ausência de luz é detectada.

Na figura 17 temos um comparativo das zonas de atuação para os três tipos de sensores ópticos.



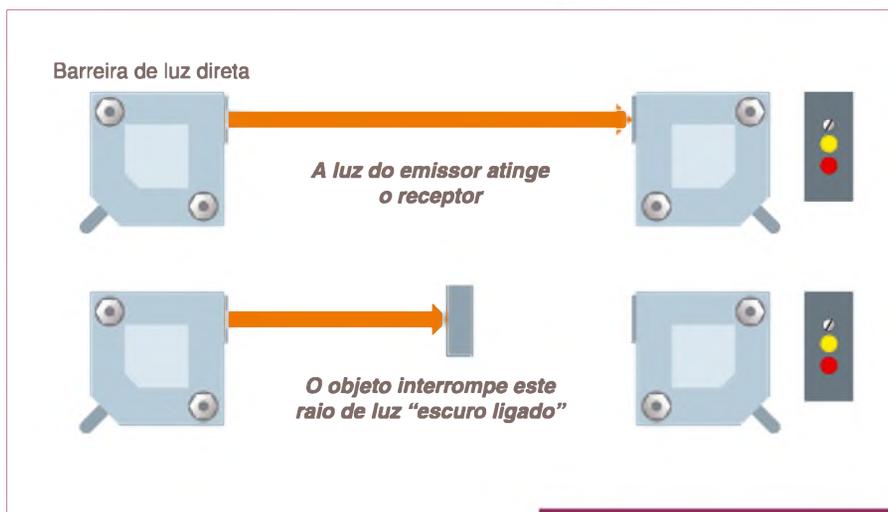
F15. Uma aplicação para o sensor ópticoreflexivo.

### Sensor ultrassônico

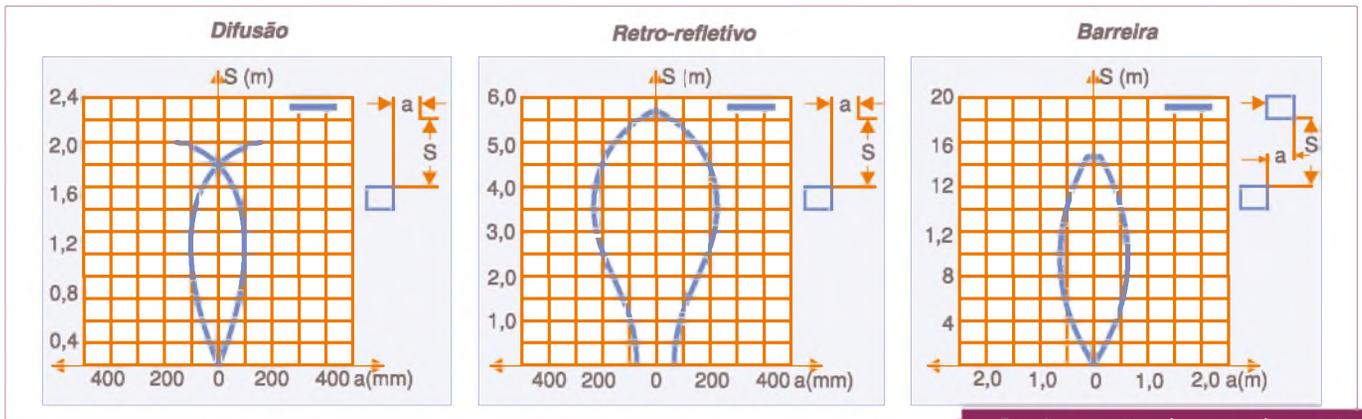
O sensor ultrassônico emite pulsos cíclicos ultrassônicos que, quando refletidos por um objeto, incidem no receptor, acionando a saída do sensor.

Tanto o emissor como o receptor estão montados na mesma unidade, portanto, é necessário que haja uma reflexão (eco) do ultrassom de modo que este ative o receptor (figura 18).

O único cuidado a ser tomado quando decidimos utilizar um sensor desse tipo é o alinhamento angular. Conforme ilustra a figura 19, dependendo da inclinação do alvo, o eco pode desviar-se para uma direção diferente do sensor, não chegando ao



F16. Princípio de funcionamento do sensor óptico de barreira de luz.



F17. Comparativo das zonas de atuação dos três tipos de sensores ópticos.

receptor (localizado no mesmo componente). No exemplo, o dispositivo em questão permite uma inclinação máxima de mais ou menos 3°.

O cone sonoro, com ganho em dB, emitido por um sensor ultrassônico pode ser visto na figura 20.

Assim como o óptico, o sensor ultrassônico pode suprimir o fundo (desprezar o eco do que não é objeto alvo de detecção). Neste caso, temos o tipo de barreira de reflexo.

Reparem que o sensor ultrassônico pode operar tal qual um óptico, no que se refere a capacidade de detecção. A figura 21 traz quatro exemplos de aplicação.

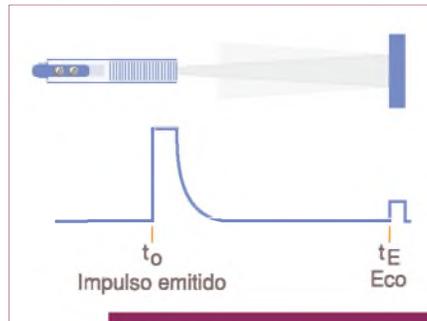
A decisão do uso de um ou outro tipo depende das características do processo a ser automatizado. Para auxiliar o integrador, a tabela 3 procura analisar as características típicas de cada um.

Os principais parâmetros a serem observados em um sensor são:

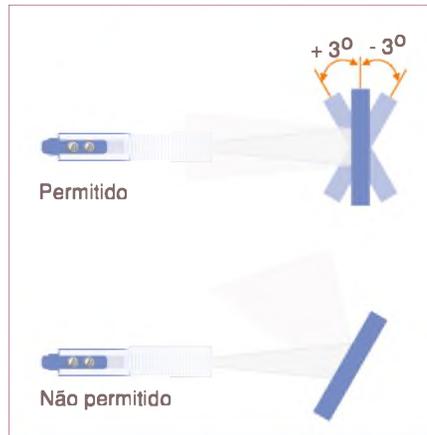
- Distância sensora: (Sn);
- Tensão de alimentação: VCA / VCC;
- Tipos de saída: CA, CC, PNP, ou NPN;
- Material a ser detectado (metal, ou não metal);
- Dimensões do alvo (diâmetro, brilhante, escuro, etc.);
- Temperatura de operação: °C;
- Ambiente (poeira, óleo, umidade, névoa);
- Grau de proteção (conexões).

### Rede AS – Interface

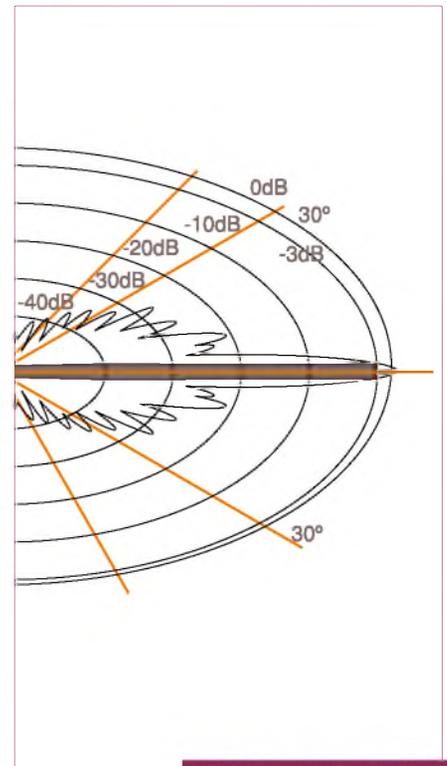
A rede ASI é uma das mais populares utilizadas na comunicação entre dispositivos atuadores e sensores e seus respectivos controladores. Trata-se de um sistema de interconexão, não proprietário e padronizado, voltado à conexão de dispositivos e



F18. Princípio de funcionamento do sensor ultrassônico.



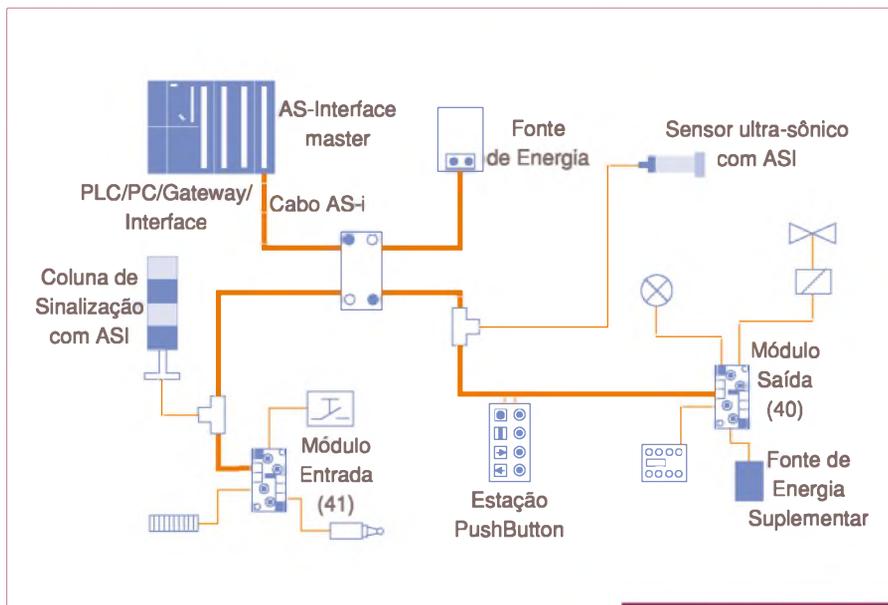
F19. Cuidado com o alinhamento angular.



F20. Cone sonoro emitido pelo sensor ultrassônico.



F21. Quatro exemplos de aplicações do sensor ultrassônico.



F22. Um exemplo típico de aplicação da rede AS-i.

equipamentos no nível operacional da planta fabril. A **figura 22** mostra um exemplo típico de aplicação onde botoeiras, lâmpadas de sinalização, sensores, e outros componentes são interligados.

A rede ASI pode ser ligada nas topologias estrela/linha, ou árvore/ramificadas (**figura 23**).

Uma das características mais interessantes desse padrão, e que confere grande flexibilidade, é a transmissão de dados e energia em um único cabo.

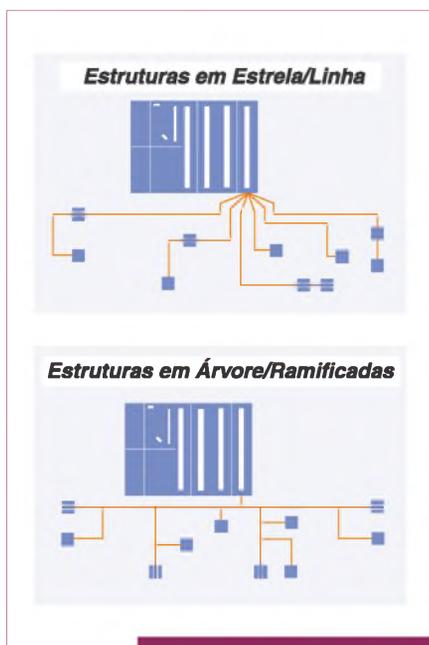
Conforme podemos observar na **figura 24**, o cabo é perfilado (contra inversão da polaridade) e de crimpagem rápida com sistemas "autocicatrizante". Podemos encontrar no mercado as versões:

- amarelo: dados e energia 30 Vcc;
- preto: com alimentação auxiliar 24 Vcc.

*"Mas, quais os benefícios de utilizar a rede ASI na interconexão de sensores e outros dispositivos com seus controladores?"*

São várias, entretanto as principais são:

- Garantia de uma construção simples, fácil instalação e operação;
- Transferência de dados e energia num único cabo (economia nos custos da instalação);
- Alta segurança na operação, via monitoramento contínuo dos escravos conectados;
- Simples e fácil comissionamento e manutenção;
- A ASI é concebida de modo assimétrico, o que minimiza o efeito de interferências eletromagnéticas (EMI);
- Sinais espúrios no cabo são efetivamente detectados por checagem de redundância no código de dados;
- A funcionalidade da rede é continuamente monitorada pelo "mestre".



F23. Topologias da rede AS-i.



F24. Cabo perfilado.

Ultrasônico	Óptico
Ponto de operação independente da superfície de materiais, cor, intensidade de luz e contrastes.	Ponto de operação dependente da superfície de materiais, cor, intensidade de luz e contrastes ópticos.
Insensível a poluição, por isso não necessita manutenção.	Sensível a poluição, por isso necessita manutenção.
Exatidão > 1 mm.	Exatidão > 0,25 mm.
Frequência 8 Hz.	Frequência 1000 Hz
Sensível a turbulências atmosféricas e temperatura.	Insensível a turbulências atmosféricas e temperatura.

T3. Características dos sensores ultrassônicos e ópticos.

### Conclusão

É bom lembrar ao integrador, porém, que antes de decidir a respeito de qual sensor utilizar, leve em consideração (no mínimo) os fatores explorados neste artigo (temperatura de operação, sujeira, vibração, etc.).

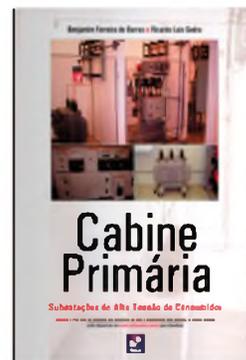
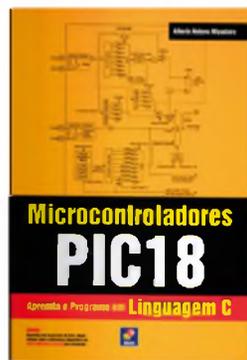
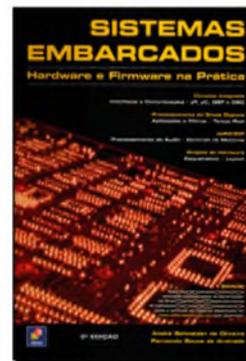
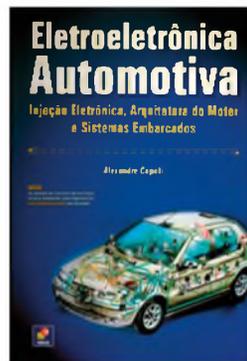
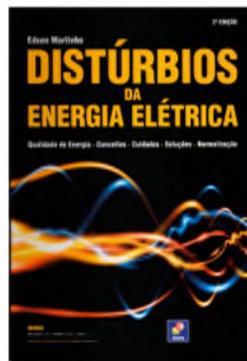
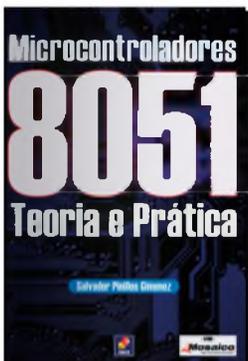
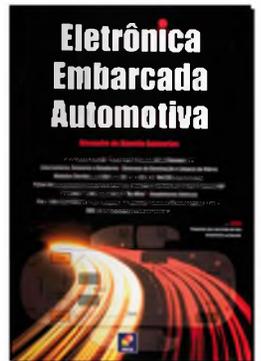
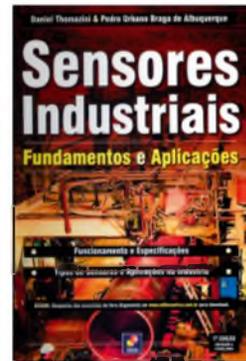
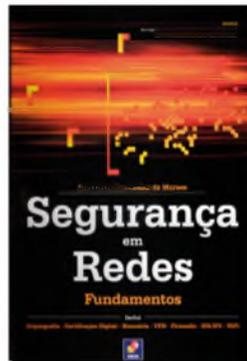
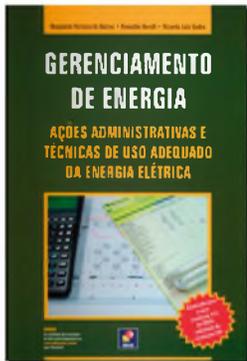
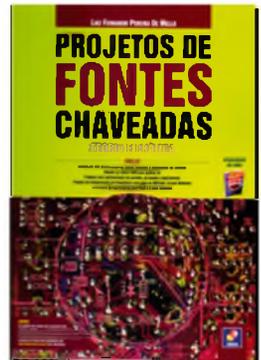
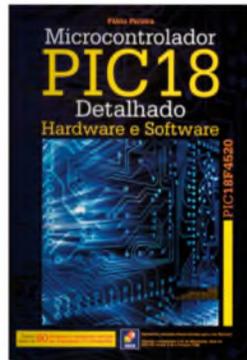
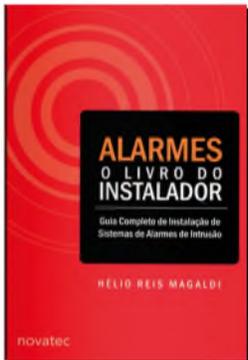
Somente após estudar detalhadamente os prós e contras de cada alternativa, parta para a concretização do projeto.



novasaber  
www.novasaber.com.br

# Sua loja de livros técnicos na internet

Promoções especiais e brindes



# Redes Industriais

Parte 2

Vimos na primeira parte a importância das Redes Industriais para as indústrias em geral, e o padrão de rede PROFIBUS. Nesta segunda parte do artigo abordaremos o protocolo de comunicação Foundation fieldbus, e também descreveremos o sistema de barramento chamado Actuator Sensor Interface (AS-Interface), boa leitura!

**César Cassiolato**

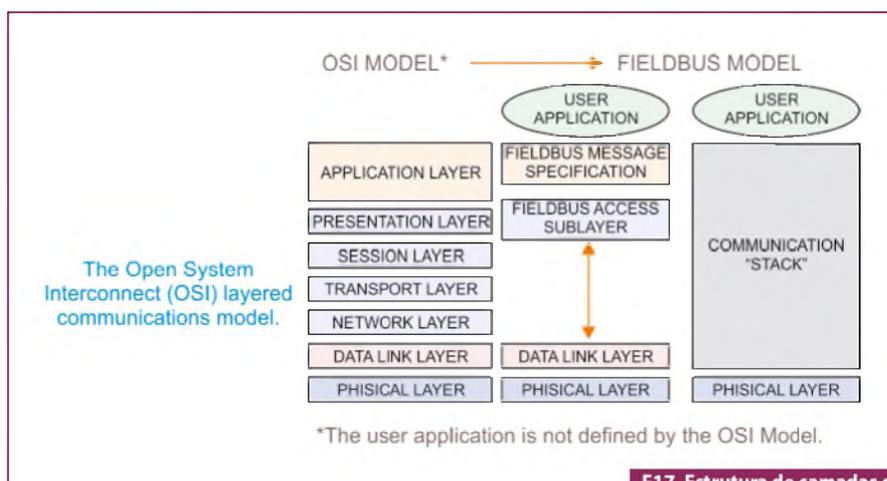
## Foundation fieldbus

Este é um protocolo de comunicação digital bidirecional que permite a interligação em rede de vários equipamentos diretamente no campo, realizando funções de controle e monitoração de processos e estações (IHMs) através de softwares supervisórios. Está baseado no padrão ISO/OSI, onde se tem as seguintes camadas: Physical Layer, Communication Stack e User Application, onde podemos citar o gerenciamento de forma abrangente com a aplicação envolvendo o fieldbus Access Sublayer(FAS), o fieldbus Message Specification(FMS) e o modelo de Function Blocks mais Device Descriptions. Acompanhe a **figura 17**.

O Physical Layer (Meio Físico) é definido segundo padrões internacionais (IEC, ISA). Ele recebe mensagens da camada de comunicação (Communication Stack) e as converte em sinais físicos no meio de transmissão fieldbus e vice-versa, incluindo e removendo preâmbulos, delimitadores de começo e fim de mensagens.

O meio físico é baseado na IEC61158-2, onde podemos citar as seguintes características:

- Transferência de dados usando codificação Manchester, com taxa de 31,25 kbit/s
- Para um sinal de comunicação íntegro cada equipamento deve ser alimentado com no mínimo 9 volts. O meio físico H1 permite que se alimente os equipamentos via barramento. O mesmo par de fios que alimenta o equipamento também fornece o sinal de comunicação.
- Comprimento máximo de 1900 m sem repetidores.
- Usando-se até 4 repetidores, o comprimento máximo pode chegar a 10 km.
- Um equipamento fieldbus deve ser capaz de se comunicar com 2 até 32 equipamentos em aplicação sem segurança intrínseca e alimentação externa à fiação de comunicação.
- Um equipamento fieldbus deve ser capaz de se comunicar com 2



**F17. Estrutura de camadas do Foundation fieldbus.**

até 4 equipamentos em aplicação com segurança intrínseca e sem alimentação externa.

- Um equipamento fieldbus deve ser capaz de se comunicar com 1 até 16 equipamentos em aplicação sem segurança intrínseca e sem alimentação externa. Obs.: Pode-se ligar mais equipamentos do que foi especificado, dependendo do consumo dos equipamentos, fonte de alimentação e características das barreiras de segurança intrínseca.
- Não interrupção do barramento com a conexão e desconexão de equipamentos enquanto estiver em operação.
- Topologia em barramento, árvore ou estrela ou mista. Atente para a **figura 18**.

A transmissão de um equipamento tipicamente fornece 10 mA a 31,25 kbit/s em uma carga equivalente de 50 ohms, criando um sinal de tensão modulado em 1,0 volt pico a pico. A fonte de alimentação pode fornecer de 9 a 32 VDC, porém em aplicações seguras (IS) deve atender os requisitos das barreiras de segurança intrínseca. Veja a **figura 19**.

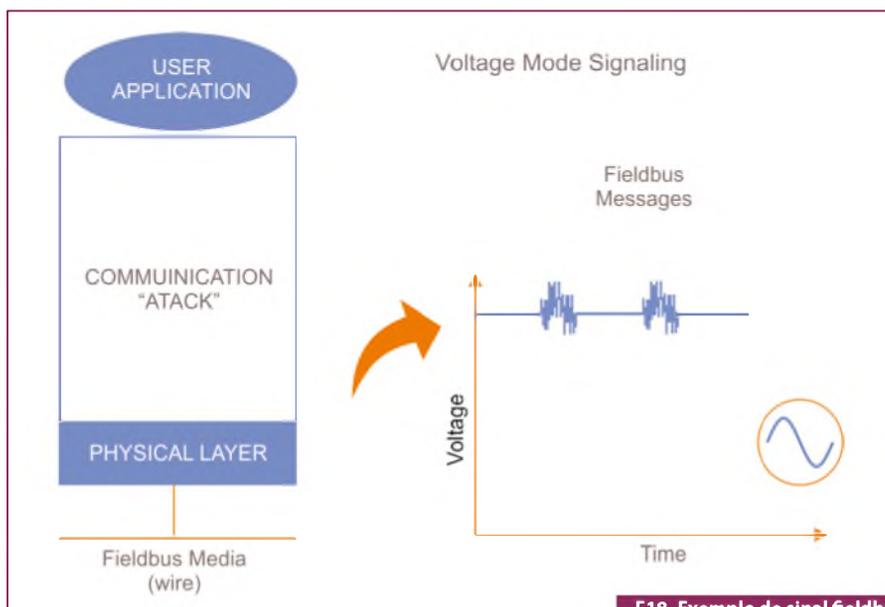
O comprimento total do cabeamento é a somatória do tamanho do *trunk* e todos os *spurs* e que com cabo do tipo A, é de no máximo 1900 m em áreas não seguras. Em áreas seguras, é de no máximo 1000 m, com cabo tipo A e os *spurs* não podem exceder 30 m.

Seguem algumas dicas de cablagem, blindagem e aterramento, já que em uma rede digital devemos estar sempre atentos com níveis de ruídos, capacitâncias e impedâncias indesejáveis e que podem contribuir para a degradação dos sinais.

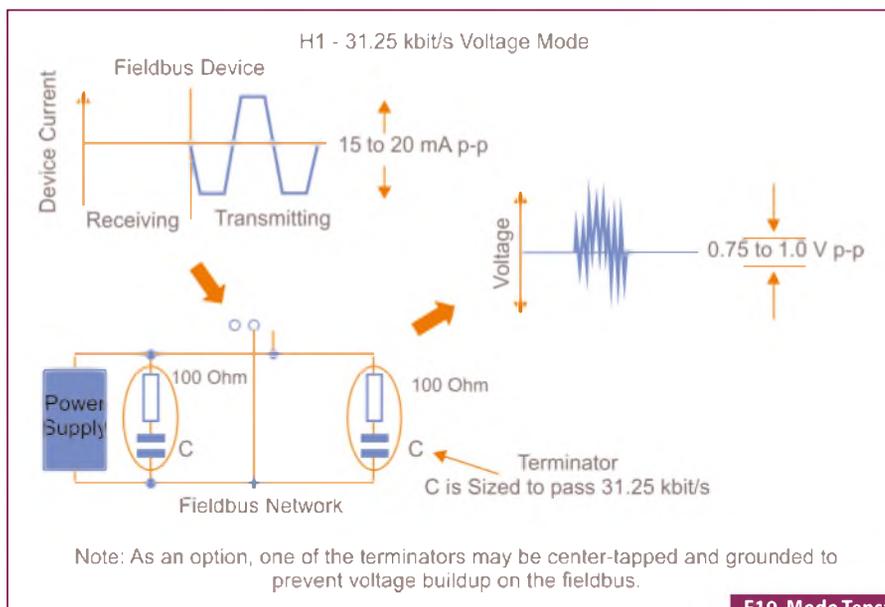
O Data Link layer (Nível de Enlace) garante a integridade da mensagem e controla também o acesso ao meio de transmissão, determinando quem pode transmitir e quando se pode ter a transmissão. O nível de enlace garante que os dados cheguem ao equipamento correto.

Segundo o Data Link layer, dois tipos de equipamentos podem ser definidos:

- Link Master: tem a capacidade de se tornar LAS.
- Basic Device: não tem a capacidade de se tornar LAS.

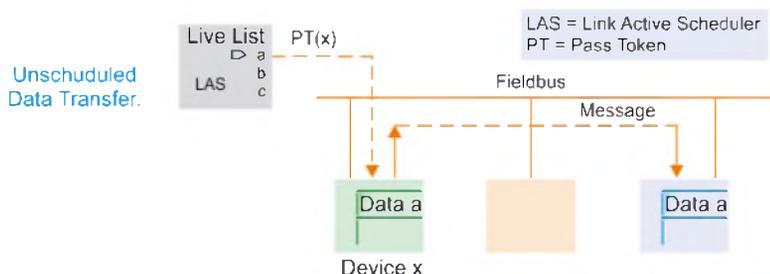


**F18. Exemplo de sinal fieldbus em modo tensão.**



**F19. Modo Tensão 31,25 kbit/s.**

The message in the queue buffer is transmitted on the fieldbus when the LAS Issues the pass token message to device x. The message can be sent to a single destination or to multiple destinations (multicast).



**F20. Transferência não programada de dados.**

Existem três formas de acesso a rede:

- **Passagem de Token (bastão):** o token é o modo direto de iniciar uma transação no barramento. Ao terminar de enviar mensagens, o equipamento retorna o token para o LAS(Link Active Scheduler) que transmitirá o mesmo para o equipamento que o requisitou, via pré-configuração ou via escalonamento.
- **Resposta imediata:** neste caso o mestre dará uma oportunidade para uma estação responder com uma mensagem.
- **Requisição de Token:** um equipamento requisita o token usando uma de suas mensagens com a codificação para esta requisição e o LAS ao recebê-la, envia o token a ele quando houver tempo disponível nas fases acíclicas do escalonamento.

O LAS é quem controla e planeja a comunicação no barramento. Ele controla as atividades no barramento usando diferentes comandos, os quais em modo broadcast são passados a todos os equipamentos. Como sempre o LAS faz o *polling* por endereços de equipamentos sem *tags* na rede, é possível se conectar devices a qualquer instante durante a operação e estes serão integrados em operação “plug in play” automaticamente. Em sistemas redundantes, com a falha do LAS, o equipamento do tipo Link Master assume o papel de mestre backup durante a falha.

Podemos ainda comentar a respeito do modelo Publisher/Subscriber (produtor/consumidor), onde um equipamento pode produzir ou consumir variáveis que são transmitidas através da rede empregando o modelo de acesso de resposta imediata. Com uma única transação, o produtor pode enviar suas informações a todos os equipamentos da rede que as necessitem. Este se trata do modelo mais eficiente na troca de informações, já que existe a otimização total entre os participantes das transações.

Os serviços de comunicação utilizam transmissão de dados chamadas de programadas (*scheduled*) e não programadas (*unscheduled*). Tarefas envolvendo tempos críticos, tais como o controle de variáveis de processo, são exclusivamente executa-

das pelos serviços programados enquanto que, parametrização e funções de diagnose são não programadas. Schedule é criado pelo operador do sistema durante a configuração do sistema FF ou automaticamente pelas ferramentas de configuração, conforme as estratégias de controle. Periodicamente o LAS faz um broadcast do sinal de sincronização no barramento de tal forma que todos os equipamentos têm exatamente o mesmo data link time. Neste tipo de transmissão (*scheduled*), o ponto do tempo e as sequências são exatamente definidas, caracterizando o chamado sistema determinístico. Baseado no Schedule existe uma lista de transmissão que é gerada e que define quando um específico equipamento está pronto para enviar seus dados.

Cada device recebe um Schedule separado que permite que o System Management saiba exatamente que tarefa deve ser executada e quando e ainda quando o dado deve ser recebido ou enviado. Observe as **figuras 20 e 21**.

A lista de todos os equipamentos que respondem convenientemente a passagem de token (PT) é chamada de “Live List”. Periodicamente, o LAS envia o Probe Node (PN) aos endereços que não estão no Live List de tal forma que se possa a qualquer instante conectar equipamentos, e estes ao responderem com um Probe Response(PR) serão incluídos no Live List. Ao se remover um equipamento do Live List, o LAS enviará uma mensagem em broadcast a todos os equipamentos informando as mudanças. Isto permite que os Links Masters mantenham uma cópia fiel do Live List.

O nível de aplicação (Application Layer) fornece uma interface para o software aplicativo do equipamento e definirá a maneira de se ler, escrever ou disparar uma tarefa em uma estação remota. Ele também define o modo pelo qual a mensagem deve ser transmitida. O gerenciamento definirá como será a inicialização da rede, através do Tag, atribuição de endereço, sincronização de tempo, escalonamento das transações ou conexão dos parâmetros de entradas e saída dos *function blocks*. O FAS e FMS são a interface entre o data link layer e o user application, sendo que o primeiro através de seus serviços cria as chamadas VCRs

(Virtual Communication Relationships) as quais são usadas no layer superior FMS na execução de tarefas. As VCRs descrevem diferentes tipos de processos de comunicação e habilitam atividades associadas para serem processadas mais rapidamente. O Foundation fieldbus se utiliza de 3 tipos de VCRs:

- **VCR Publisher/Subscriber:** transmitindo dados de entrada e saída dos blocos funcionais;
- **VCR Cliente/Server:** usada em comunicações não programadas. É base para pedidos de inicialização via operador;
- **Report Distribution communication:** controlando a operação da rede com levantamento de detecção de falhas e de adição (ou remoção) de equipamentos.

O FMS provê os serviços de comunicação padrões. A cada tipo de dado são atribuídos serviços de comunicação, chamados de object descriptions, que vão conter toda definição de todos os tipos padrões de mensagens e que serão acessadas via dicionário dos objetos (Object dictionary). Além disso, o FMS define as VFDs (Virtual Field Devices) as quais são usadas para disponibilizar os object descriptions para toda a rede. As VFDs e os object descriptions são usados para se garantir o acesso local às informações dos equipamentos de qualquer ponto da rede usando serviços associados de comunicação.

O nível do usuário (User Application) é onde realmente a funcionalidade do equipamento ou das ferramentas ganham os seus espaços. É o nível onde transmissores, posicionadores, atuadores, conversores, hosts, etc., fazem a interface com o usuário. Pontos fundamentais do Foundation fieldbus são a interoperabilidade e a intercambiabilidade entre os fabricantes e seus dispositivos. Isto é conseguido com especificações abertas e que definem de maneira uniforme equipamentos e interfaces padrões.

É no nível do usuário que serão definidos os formatos dos dados e a semântica que permitirão que os equipamento compreendam e ajam com inteligência no manuseio das informações. O Foundation fieldbus é baseado no conceito de blocos funcionais que executam tarefas neces-

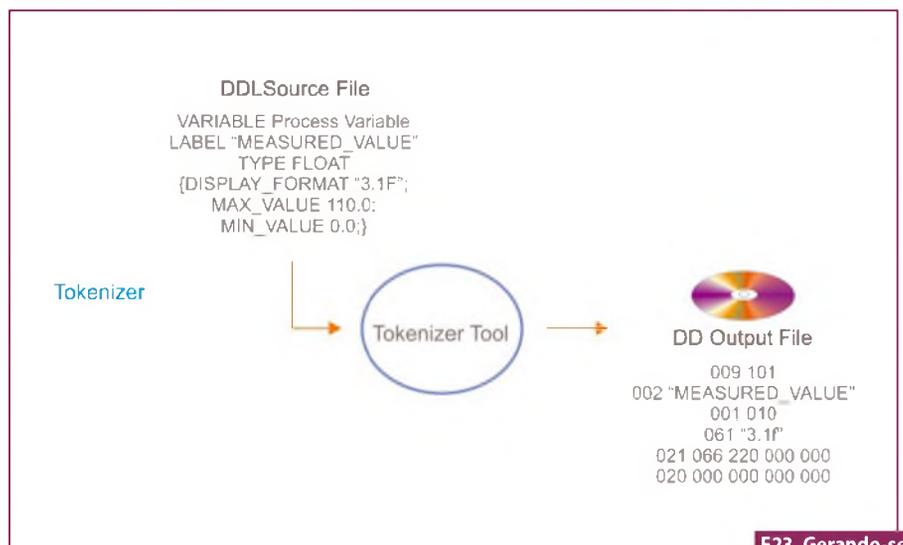
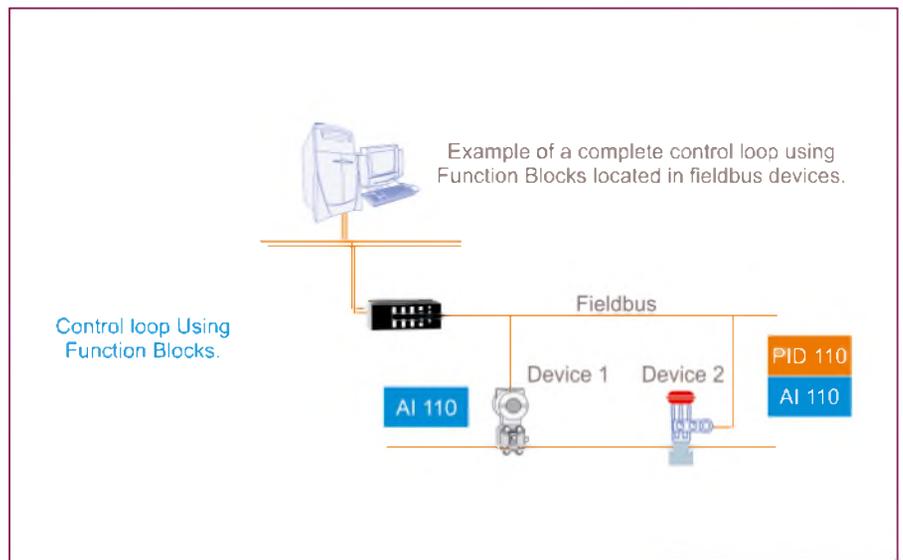
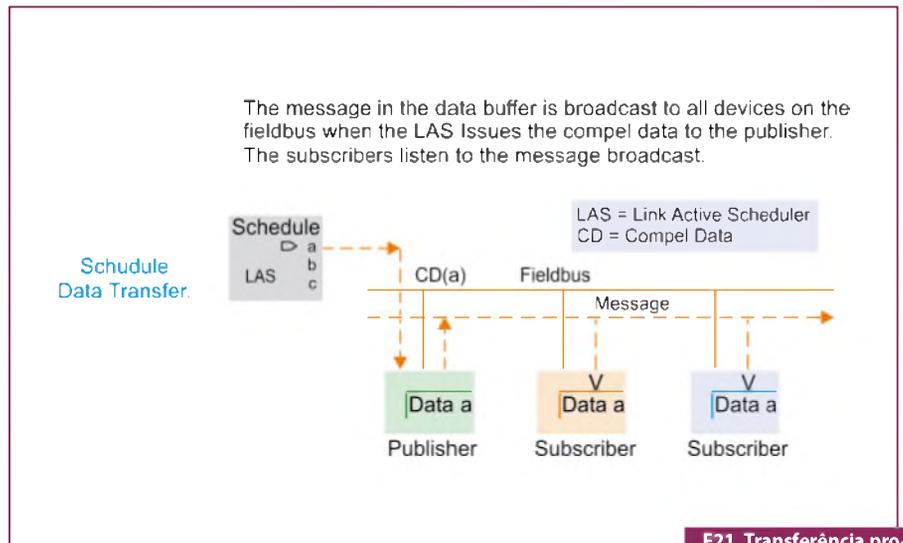
sárias às aplicações, como por exemplo, aquisição de dados (bloco DI, AI), controle PID, cálculos matemáticos (bloco aritmético), de atuação (bloco DO, AO), etc. As transmissões programadas (scheduled) são baseadas nos blocos funcionais. Cada bloco tem uma tarefa associada a suas entradas e/ou saídas. Existem vários blocos funcionais padrões definidos, tais como AI, AO, CS, DI, DO, PID, etc. **Figura 22.**

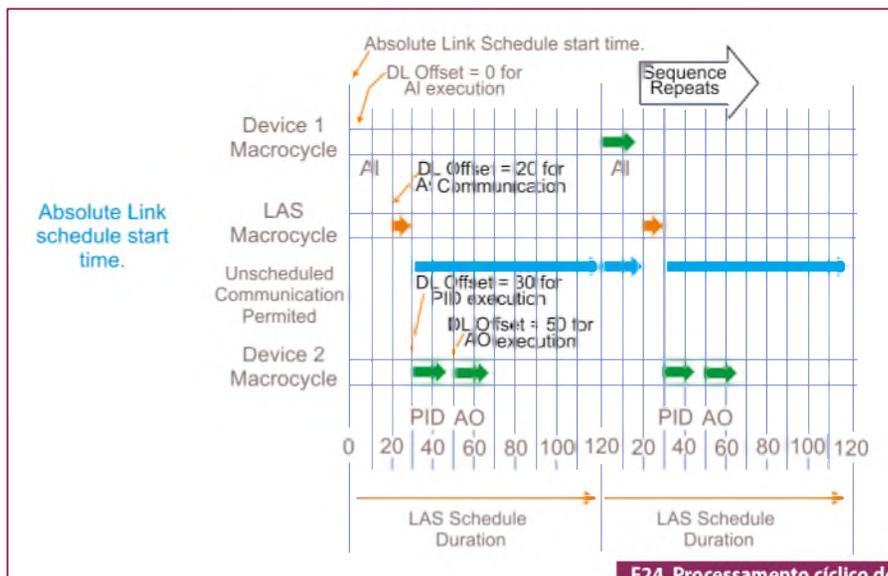
A quantidade de blocos em um equipamento depende do fabricante. O *resource block* descreve as características do equipamento de campo, tais como, nome do equipamento, fabricante, número serial, versões de hardware e software. O *transducer block* expande a complexidade e as possibilidades de aplicação de um equipamento. Seus dados habilitam parâmetros de entradas e/ou saídas dos blocos funcionais. Eles podem ser usados em calibrações, medidas, posicionamentos, linearizações etc.

Componentes adicionais são adicionados ao modelo de blocos:

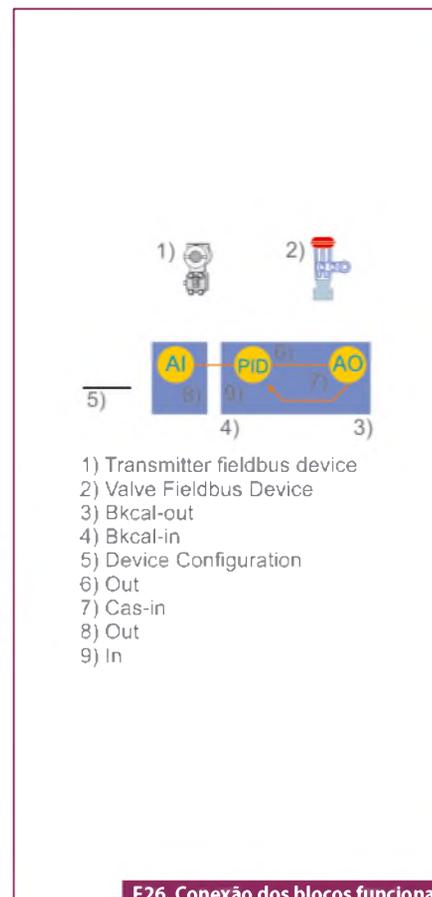
- **Link Objects:** que definem os *links* entre os diferentes blocos funcionais, quer sejam internos ou externos.
- **Alert Objects:** que permitem o reporte de alarmes e eventos na rede fieldbus.
- **Trend Objects:** que permitem o trend das informações dos blocos funcionais e análises em alto nível.
- **View Objects:** que são grupos de parâmetros dos blocos funcionais que podem ser mostrados rapidamente em tarefas de monitoração, configuração, manutenção e controle, etc. São divididas em dinâmicas e estáticas, de acordo com os dados.

O grupo de parâmetros nas Views e nos Trends aceleram o acesso às informações. Durante o comissionamento, *start-up* e manutenção, assim como ao executar funções de diagnósticos, um sistema de comunicação aberto deve assegurar que o sistema de controle possa acessar todas as informações de todos os equipamentos de campo e ainda ter o controle total dos mesmos. A DD, Device Description, contém todas as informações que garantem estes requisitos. Ela contém informações necessárias para compreender a infor-





F24. Processamento cíclico dos blocos funcionais.



F26. Conexão dos blocos funcionais para um controle em cascata.

Absolute Link Schedule Start Time:

	Offset from Absolute Link Schedule Start Time
Schedule AI Function Block Extension	0
Schedule Communications of AI	20
Schedule PID Function Block Execution	30
Schedule AO Function Block Execution	50

F25. Transmissão programada e não programada.

mação que vem do equipamento e para mostrá-la convenientemente ao usuário. É escrita usando-se a linguagem DDL (Device Description Language), muito próxima da linguagem C, para gerar um arquivo-texto que ao ser convertido pelo Tokenizer (Ferramenta de geração de DDs) pode ser distribuída com os equipamentos. **Figura 23.**

As DDs são usadas em conjunto os *capabilities files* escritos no formato Common File Format (CFF), onde são definidos os recursos dos equipamentos e que estão disponíveis. Isto garante que na condição de offline, o host não utilize recursos que não estarão disponíveis no equipamento.

O System Management de cada equipamento tem as seguintes tarefas:

- Sincronização das atividades de dados relevantes no tempo, isto é de acordo com o Schedule de transmissão.
- Processamento cíclico da lista de transmissão (somente o LAS) com o pré-definido Schedule. **Figura 24.**

Tarefas adicionais são atribuídas ao System Management:

- Atribuição automática de um Link Master a LAS, se uma falha ocorrer ao atual LAS.
- Sincronização do *clock* da aplicação.
- Endereçamento automático de novas estações conectadas (**figura 25**).

A programação da comunicação bem como a parametrização dos equipamentos devem ser feitas antes do start-up. Basicamente, temos duas fases: Fase de projeto e fase de configuração dos equipamentos.

As DDs de todos os equipamentos envolvidos na rede devem estar disponíveis para a ferramenta de configuração que determinará como as informações segundo as estratégias de controle serão conectadas através das entradas e saídas dos blocos funcionais (os chamados links). Esta tarefa é facilmente executada com as interfaces gráficas de ferramentas avançadas de configuração, por exemplo o Syscon da Smar:

A **figura 26** mostra um controle em cascata onde o valor de pressão, por exemplo, vindo de um transmissor de pressão é conectado ao bloco funcional PID. Este bloco pode ser implementado por exemplo, em um posicionador de válvula, que via bloco AO atua no elemento final. Além da conexão dos blocos funcionais, a ferramenta de configuração também configura as taxas individuais de execução das malhas individuais. Finalmente, o LAS e todos os Link Masters recebem a lista de transmissão segundo o Schedule.

A configuração do sistema está completa e o System Management do LAS e os equipamentos podem cuidar do controle em todo sistema. **Figura 27.**

O Foundation fieldbus ainda possui o HSE, High Speed Ethernet, onde um Link Device (por exemplo, o DFI302, da Smar) é usado para conectar equipamentos de campo a 31,25 kbit/s a uma rede padrão FF a 100 Mbit/s. É aplicável em redes de alta velocidade com interfaces para sistemas de I/Os, que podem estar conectados a 31,25 kbit/s ou no HSE. **Figura 28.**

## AS-interface

Em 1990, na Alemanha, um consórcio de empresas bem sucedidas elaborou um sistema de barramento para redes de sensores e atuadores, denominado *Actuator Sensor Interface* (*AS-Interface*, ou na sua forma abreviada AS-i). Esse sistema surgiu para atender a alguns requisitos definidos a partir da experiência de seus membros fundadores e para suprir o mercado cujo nível hierárquico é orientado a *bit*. Desta forma, a rede AS-i foi concebida para complementar os demais sistemas e tornar mais simples e rápidas as conexões entre sensores e atuadores com os seus respectivos controladores.

Um sistema industrial formado por redes AS-i é considerado um dos mais econômicos e ideal para comunicação entre atuadores e sensores. Os benefícios da utilização de uma rede AS-i vão desde economias de *hardware* até o comissionamento de uma rede AS-i propriamente dita. Vejamos alguns benefícios da rede AS-i:

## Simplicidade

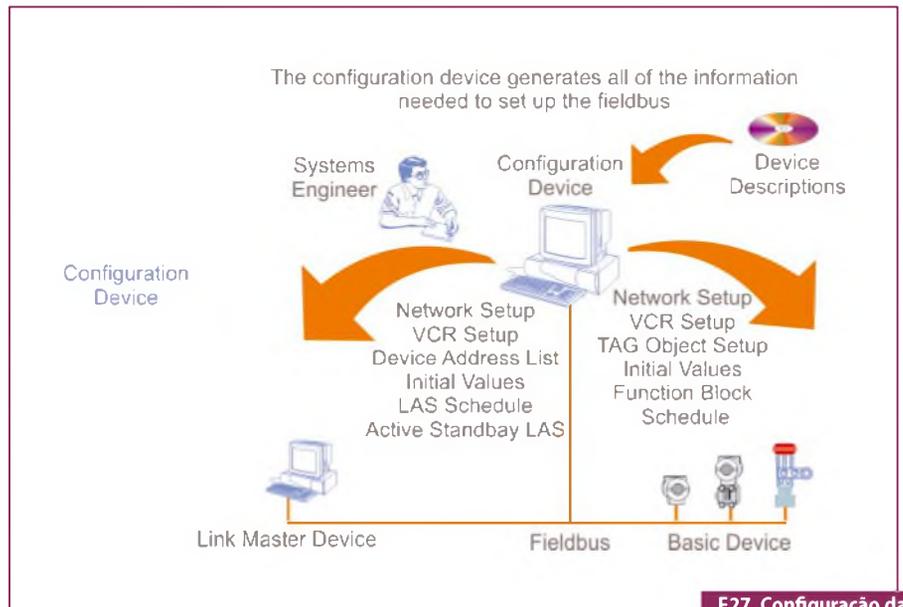
Uma rede AS-i é muito simples, pois requer apenas um único cabo para conectar módulos de entradas e saídas de quaisquer fabricantes. Usuários de uma rede AS-i não precisam ter profundos conhecimentos em sistemas industriais ou protocolos de comunicação. Diferentemente de outras redes digitais, a rede AS-i não precisa de terminadores e de arquivos de descrição de equipamentos. A simplicidade é seu ponto forte.

## Desempenho

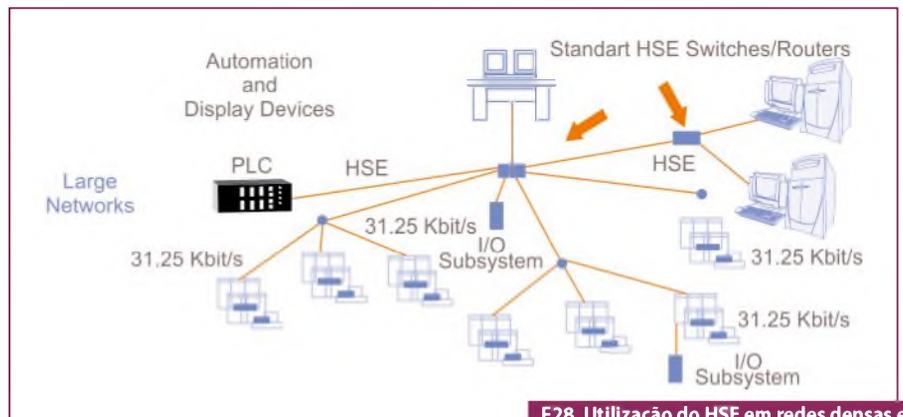
Sistemas AS-i são eficazes e incrivelmente rápidos, o que os tornam aptos a substituírem sistemas grandes e com altos custos. Existem mestres AS-i, especialmente desenvolvidos para comunicarem com sistemas legados de controle e promoverem uma suave integração entre as tecnologias existentes. O melhor de tudo é que isto é realizado de forma simples e confiável.

## Flexibilidade

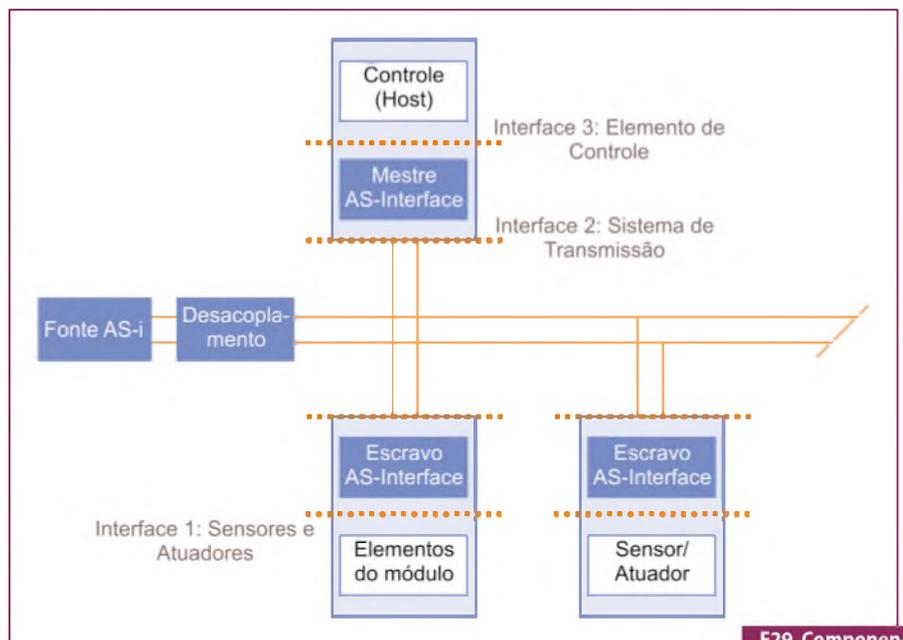
A expansibilidade é muito fácil – apenas conecte um módulo, enderece-o e, então, conecte o cabo da rede. Verifique se o LED de alimentação está ligado e,



F27. Configuração da rede fieldbus.



F28. Utilização do HSE em redes densas e envolvendo subsistemas de I/O.



F29. Componentes e interfaces.

então, você já está liberado para a conexão do próximo módulo. A rede AS-i suporta qualquer topologia de cabeamento: estrela, barramento, árvore, anelar ou qualquer outra configuração com até 100 metros de cabo. Ou, então, com a adição de repetidores é possível expandir o sistema até 300 metros. A rede AS-i é de fácil instalação, pois não há necessidade de terminadores nos pontos finais.

### Custo

Redes AS-i tipicamente reduzem o custo de cabeamento e instalação em torno de 50% em comparação com outras redes convencionais. A utilização de um único cabo para conexão com equipamentos discretos reduz a necessidade de gabinete, conduítes e bandejas. As economias geradas na utilização da rede podem ser realmente significativas, pois a utilização de poucos cabos diminui os custos de instalação, comissionamento e, por ser uma rede simples, as horas de engenharia.

O nome Actuator Sensor Interface representa o seu próprio conceito. Apesar de, tecnicamente, o "AS-i" ser um barramento, o termo interface mostra que ele fornece uma interface simples para acesso a sensores e atuadores em campo.

As redes industriais AS-i foram concebidas para serem aplicadas em ambientes automatizados, substituindo as conexões tradicionais de atuadores e sensores do tipo "switch" (liga- desliga) por um barramento único. Além desses, é possível conectar ao barramento sensores/atuadores que realizam uma conversão analógico/digital ou vice-versa. Tradicionalmente essas conexões são feitas por pares de fios que conectam um a um os atuadores e sensores ao controlador correspondente, em geral um Controlador Lógico Programável (CLP).

O sistema AS-i é configurado e controlado por um mestre, o qual programa a interface entre um controlador e o sistema AS-i. Esse mestre troca informações continuamente com todos os sensores e atuadores ligados ao barramento AS-i de forma pré-determinada e cíclica.

A **figura 29** ilustra o sistema AS-i como um todo, evidenciando os seus principais componentes: cabo, fonte AS-i com seu circuito de desacoplamento, o mestre e o escravo AS-i.

- Interface 1: entre o escravo e os sensores e atuadores;
- Interface 2: entre os equipamentos (fonte, mestre e escravo) e o meio de transmissão;
- Interface 3: entre o mestre e o host, ou seja, uma entidade qualquer que acessa a rede AS-i de um nível superior.

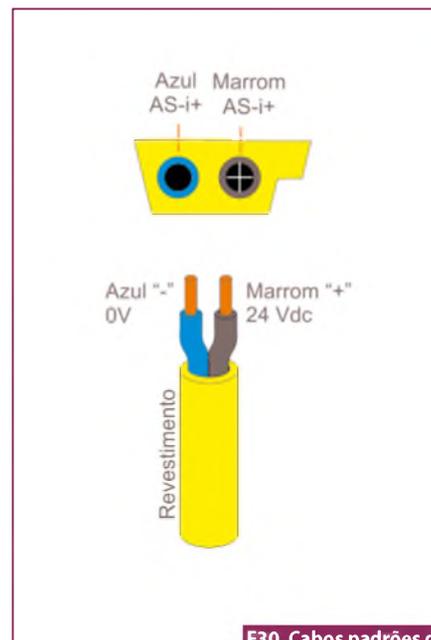
A rede AS-Interface conecta os dispositivos mais simples das soluções de automação. Um único cabo une atuadores e sensores com os níveis superiores de controle. AS-Interface é um sistema de rede padronizado (EN 50295) e aberto, que interliga de maneira muito simples atuadores e sensores.

A conexão dos elementos pode ser feita em estrutura de árvore, estrela, linha ou em uma combinação das anteriores. Não existindo conexões convencionais e reduzindo o número de interligações em bornes e conectores, não somente reduz custos e tempo de montagem, como também reduz erros.

Na tecnologia de conexão usando cabos paralelos, cada contato individual de um equipamento é conectado separadamente para os terminais e bornes de sensores e atuadores. A rede AS-i substitui o tradicional arranjo de cabos múltiplos, caixas de passagem, canaletas, dutos de cabos por um simples cabo especialmente desenvolvido para rede AS-i.

A rede AS-i se caracteriza por somente em um par de fios, caminharem junto a alimentação dos sensores ou atuadores em 24 Vcc e a informação do estado dos mesmos. A configuração máxima da rede é de 62 participantes (escravos) que são acessados ciclicamente por um mestre no nível de controle superior. O tempo de reação é curto, para todos os escravos conectados, o tempo de resposta é de 10 ms.

Anteriormente, sensores e atuadores tinham de ser conectados ao controlador via terminais, conectores e terminais de blocos. AS-i proporciona uma redução nos custos de instalação e manutenção. Agora, um cabo padronizado com 2 fios habilita a troca de informações e ao mesmo tempo a alimentação dos equipamentos. Escravos são conectados diretamente no barramento sem a necessidade de interligação adicional.



**F30. Cabos padrões do barramento AS-i.**

Este cabo flexível de duas vias é considerado o padrão para a rede AS-i. Existe ainda um outro cabo com formato circular que deve ser usado somente se for explicitamente especificado pelo fabricante. **Figura 30**

Este cabo flexível de alta tensão está em conformidade com as normas CENELEC ou DIN VDE 0281, designado por H05VV-F 2X1.5 e é barato e fácil de se obter.

### Conclusão

No próximo artigo e última parte desta série, veremos a rede digital, multi-drop, para conexão entre sensores, atuadores e sistemas de automação industrial em geral, DeviceNet. Além disso, os protocolos HART/ 4-20 mA e WirelessHART™. **E**

#### Sobre o autor:

César Cassiolato é Diretor de Marketing, Qualidade e Engenharia de Projetos & Serviços da Smar Equipamentos Ind. Ltda., foi Presidente da Associação Profibus Brasil América Latina de 2006 a 2010, Diretor Técnico do Centro de Competência e Treinamento em Profibus, Diretor do FDT Group no Brasil, Engenheiro Certificado na Tecnologia Profibus e Instalações Profibus pela Universidade de Manchester.



Em um mundo totalmente dependente de soluções eletrônicas, a compatibilidade eletromagnética entre equipamentos se tornou um fator fundamental.

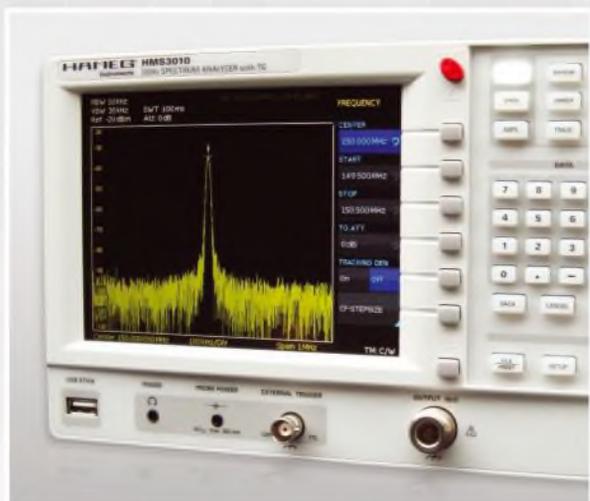
A RF Tech projeta, fabrica e oferece manutenção em cabines de teste para todos os segmentos do mercado relacionados à radiofrequência, além de serviços de medição.



## 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](http://www.rftechnology.com.br)

# Líder em Ferramentas de Desenvolvimento para Embarcados



Uma solução completa  
de desenvolvimento para  
todas as plataformas  
ARM-Powered®

O ambiente de desenvolvimento  
completo para projetos de  
microcontroladores baseados  
em processadores ARM®



Venha nos visitar na ESC Brasil, estande #B14



1-800-348-8051  
[www.arm.com/tools](http://www.arm.com/tools)



Distribuidor Local: Anacom • Fone: +55 (11) 3422-4200 • E-mail: [contato@anacom.com.br](mailto:contato@anacom.com.br)