Aplicações de Eletrônica, Detalhes de Projetos e Mercado de Eletrônica no Brasil

Prof. Dr. Teodiano Freire Bastos Filho
(DEL/UFES)
Doutorado UCM/Espanha, 1995
Pós-Doutorado UAH/Espanha, 2005
Pós-Doutorado RMIT/Austrália, 2012

A ELETRÔNICA NO BRASIL

ENGENHARIA

•Vem do Latim, *ingenium* e significa:

"a agudeza, a viveza, o entendimento, o espírito, engenhosidade, coisa inventada com engenho"

•De acordo com o Aurélio:

"Arte de aplicar conhecimentos científicos e empíricos e certas habilitações científicas à criação de estruturas, dispositivos e processos que se utilizam para converter recursos naturais em formas adequadas ao atendimento das necessidades humanas"

ELETRÔNICA

Grande importância para diversas áreas:

- Informática
- Telecomunicações
- Controle de Processos Industriais
- Automação de Serviços Bancários e Comerciais
- Bens de Consumo (equipamentos de áudio e vídeo, eletrodomésticos, automóveis)

$\Rightarrow$O conteúdo eletrônico de um carro brasileiro é da ordem de R$ 2.400,00 (US$ 1200)

INDÚSTRIA ELETRÔNICA NO BRASIL

- A indústria de bens eletrônicos brasileira é, em maior parte, somente para a montagem final
- Dominação de kits completos de componentes importados, para montagem local, é completa na informática e bens de consumo e parcial nas telecomunicações
- A importação de componentes eletrônicos gera um desequilíbrio na balança comercial da ordem de US$ 6 bilhões anuais
- A montagem final de produtos pouco agrega ao seu valor

MICROELETRÔNICA

•A miniaturização e barateamento dos produtos eletrônicos só tem sido possível graças à "integração" de circuitos padronizados e até de produtos inteiros (ASSPs, Application Specific Standard Products e ASICs, Application Specific Integrated Circuits) em *chips* de silício: os CIs, Circuitos Integrados

•Recentemente apareceram os SoC, abreviatura de System on Chip, que são vários ASICs em um único chip

•Um CI é a combinação no mesmo substrato de silício, conhecido como *pastilha*, de diversos dispositivos ou componentes, sejam passivos (resistências e capacitores) ou ativos (transistores)

•Os CIs podem ser analógicos (lineares) ou digitais

•A tecnologia MOS vem suplantando a bipolar em função de suas vantagens: processo de fabricação mais simples, facilidade de miniaturização, baixo ruído (pouca interferência), baixo consumo, etc.

MERCADO DA ELETRÔNICA

- Visa basicamente a exploração do mercado interno e Mercosul
- Faz apenas a montagem final dos produtos (kits de montagem); os projetos normalmente são feitos no exterior, contendo componentes que não são fabricados aqui
- Televisores e celulares são fabricados em escalas internacionais
- Por exemplo, a Motorola comemorou em 2001 a fabricação de 10 milhões de celulares no Brasil
- As etapas de montagem final e teste do produto acabado agregam pouco valor aos bens

A MOTOROLA DO BRASIL

- Em 1998 a Motorola criou em Campinas um centro de projeto de ASICs voltado para o mercado mundial
- Alguns CIs (*layout*, construção, teste e verificação), são feitos totalmente no Brasil (Motorola ou CENPRA (ex-CTI/ITI)
- No caso dos projetos maiores, por exemplo, micro-controladores de 32 bits, as várias partes do projeto são distribuídas para vários centros de projeto em todo o mundo
- Após conclusão dos layouts desses CIs, eles são enviados para os EUA, Japão ou Europa, onde são confeccionadas as máscaras e construídos alguns protótipos

BENEFÍCIOS DA INDÚSTRIA ELETRÔNICA

•Embora os CIs sejam projetados no Brasil, os lucros obtidos com a venda dos produtos não são contabilizados na nossa balança comercial, pois os CIs não são produzidos nem faturados aqui

•O pagamento de *royalties* também não é feito ao Brasil, já que a empresa é estrangeira

•O grande benefício da existência de um grupo de projetos de CIs no Brasil, como o da Motorola, é a geração de empregos altamente qualificados e bem remunerados, o que gera uma série de demandas locais pelo seu efeito renda

•O centro de projeto da Motorola tem mais do que duplicado a cada ano, mas tem dificuldade de encontrar pessoal especializado em microeletrônica e em tecnologia de fabricação de CIs (ótica, física do estado sólido, química e metalurgia)

SALÁRIOS MÉDIOS DA ÁREA DE ELETRÔNICA

- Engenheiro júnior:

  Entre 5.000 e 6.000 Reais

- Engenheiro Pleno:

  Até 8.000 Reais

- Engenheiro Sênior:

  Entre 8.000 e 14.000 Reais

- Além dos salários, tem-se:

  plano de saúde para o funcionário e dependentes, assistência dentária, reembolso de gastos com remédios, seguro de vida, transporte, etc.

FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS

- O CPqD-Telebrás, em Campinas, criado em 1976, foi transformado em Fundação de direito privado sem fins lucrativos
- Continua sendo uma importante formadora de recursos humanos na área de microeletrônica
- Realiza desenvolvimento de software especializado para operadores de telecomunicações
- Presta serviços de desenvolvimento de dispositivos optoeletrônicos
- Possui uma filial em San José (Califórnia) para apoiar a comercialização de seus produtos nos EUA e exportar para a Europa

FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS

- O CENPRA (ex-CTI/ITI) realiza projetos e fabrica pequenas séries de CIs e protótipos de semicondutores de menor complexidade
- É formadora de recursos humanos na área de microeletrônica
- Disponibiliza seu acervo e sua infra-estrutura para empresas
- Realiza pesquisa
- Presta serviços de encapsulamento e testes para a Itaucom e Motorola

FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS

Ministério de Ciência e Tecnologia

"Programa Nacional de Microeletrônica (PNM - Design)"

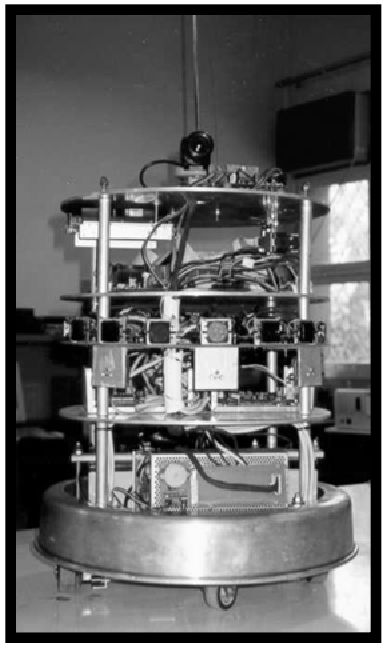
- Capacitação em Projetos de Circuitos Integrados Analógicos
- Objetivo: preparar profissionais para serem Projetistas de Circuitos Integrados (400 h, nível pós-graduação)
- Bolsa de Estudos, além de seguro saúde, seguro de vida, vale refeição e vale transporte

A ELETRÔNICA NA UFES

•A UFES não dispõe de infra-estrutura para a construção de CIs, mas as disciplinas de Eletrônica Analógica, Eletrônica Digital e Microeletrônica fornecem os fundamentos básicos para atuação em empresas de microeletrônica. Entretanto, além da teoria é indispensável realizar algum projeto prático

PROJETOS QUE ENVOLVEM ELETRÔNICA DESENVOLVIDOS NA UFES

BRUTUS



- **O Brutus é um robô móvel a rodas**:
  - 2 rodas livres e 2 rodas tracionadas;
- **Tração Diferencial**;
- **2 baterias;**
- **Plataforma Circular**;
- **Multisensorial** (encoders, câmara de vídeo, ultra-som, pára-choques, infravermelho, nível de bateria);
- **Possui 4 processadores**:
  - Dois microcontroladores MC68HC11® ;
  - Um PIC16F84®;
  - Um Pentium® 233MHz MMX.
- **Pode ser teleoperado por joystick, por voz e pela Internet, e navega autonomamente**

ROQUE

Vídeo

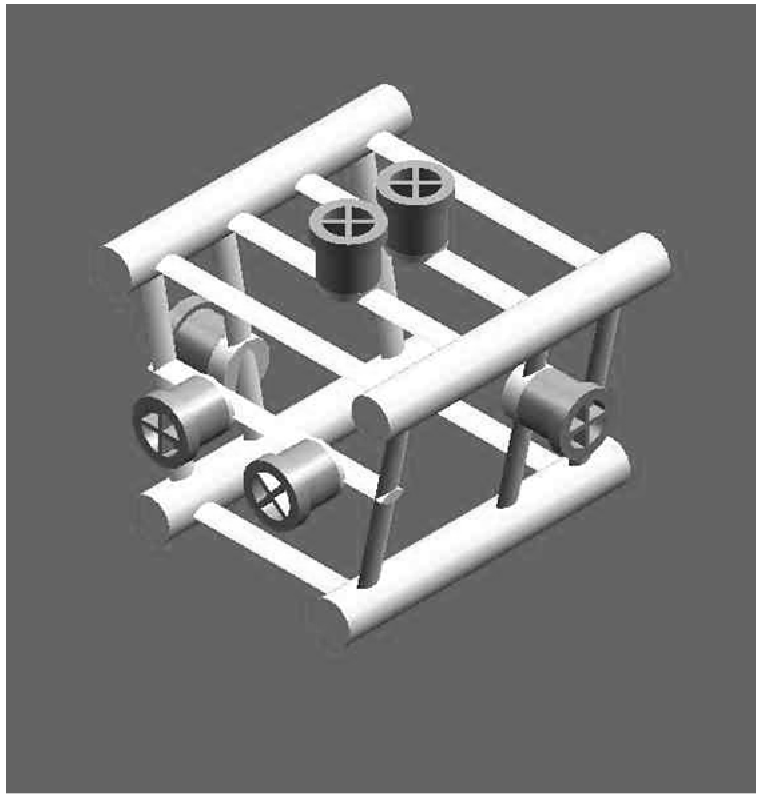
- **Cada pata controlada por um microcontrolador INTEL 8096;**
- **Cada pata com dois graus de liberdade** (dois motores);
- **Caminha em linha reta;**
- **Um dos quatro microcontroladores controla o sincronismo entre as patas**;
- **Autonomia de cerca de 40 minutos** (duas baterias de motocicleta).

GUARÁ

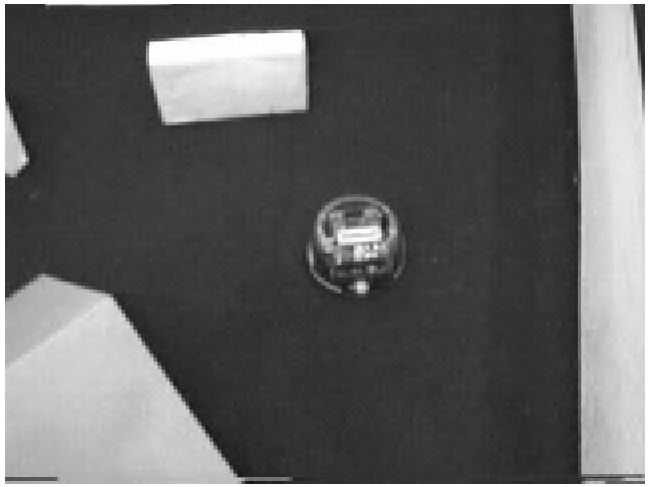
- **Rede CAN a bordo, onde cada pata controlada por três processadores: dois PICs e um microcontrolador INTEL 80196;**
- **Cada pata com quatro graus de liberdade** (quatro motores);
- **Caminha em retas e curvas;**

ROBÔ SUBMARINO

- ROV Híbrido em Desenvolvimento
  - Cinco graus de liberdade
  - Seis propulsores elétricos
  - Baterias a bordo
  - Controle desde a superfície através de cabo de fibra ótica
  - Dimensões: 150x70x50 cm
  - Peso: 55 Kg
  - Profundidade: 150 m
  - Graus de liberdade: 5
  - Propulsores: 6
  - Controle: rede de microcontroladores



DELICATUS



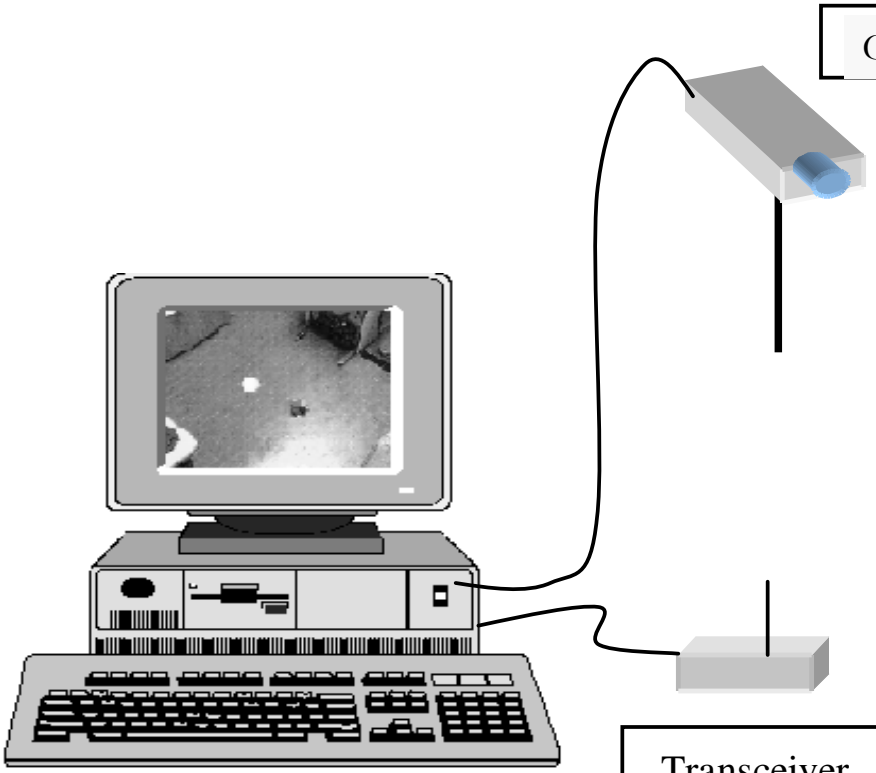
Vídeo

- **O Delicatus é um robô móvel a rodas comprado pelo LAI para estudos de Robótica;**
- **Tração Diferencial**;
- **Plataforma Circular**;
- **Multisensorial** (encoders, câmara de vídeo, ultra-som, pára-choques, infravermelho, células fotoelétricas, microfone, emissor piezelétrico para reprodução de som);
- **Um microcontrolador MC68HC11®;**
- **Pode ser teleoperado, inclusive pela Internet, ou navegar autonomamente**.

PIONEER

- **Robô móvel a rodas comprado pelo LAI para estudos em Robótica;**
- **Tração diferencial: duas rodas motorizadas e um livre;**
- **Pentium MMX 200 MHz a bordo do robô;**
- **3 baterias;**
- **Multisensorial** (encoders, ultra-som, câmara de vídeo);
- **Rádio Ethernet.**

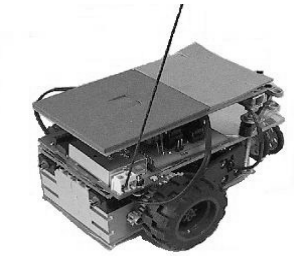
ROBÔS COOPERATIVOS



Câmara

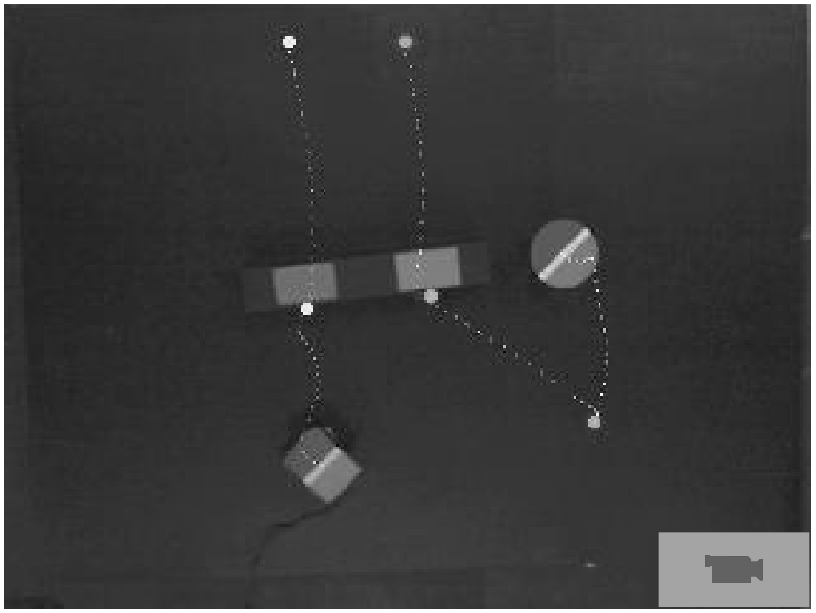
Transceiver

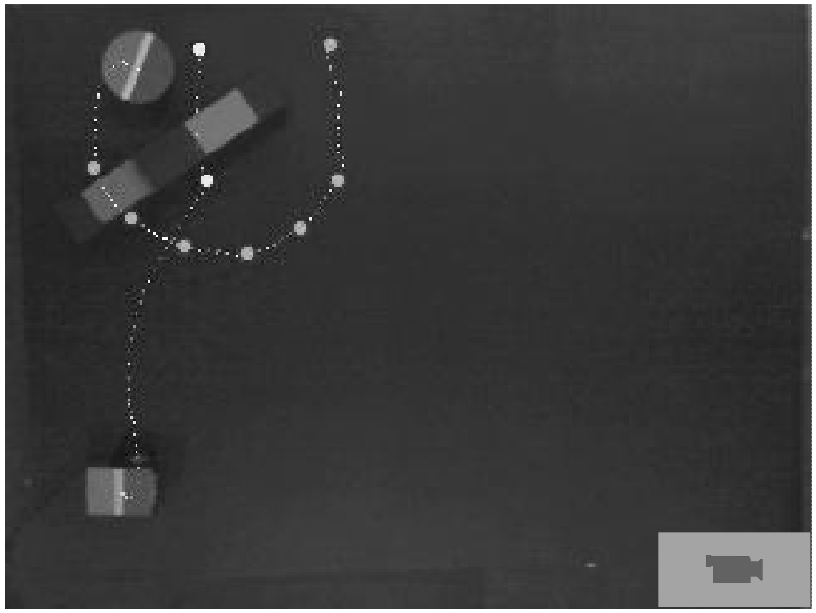
PC
Servidor



Robô Celular

ROBÔS COOPERATIVOS

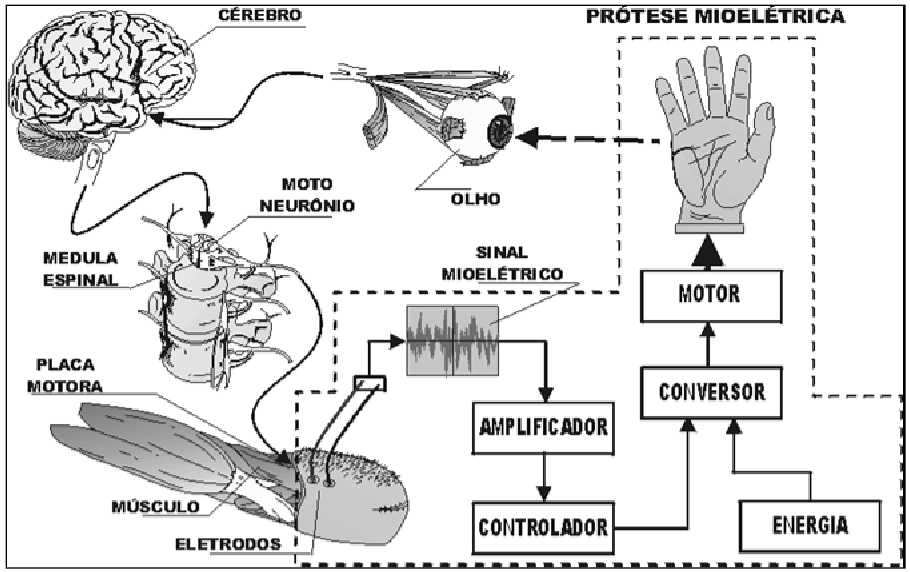


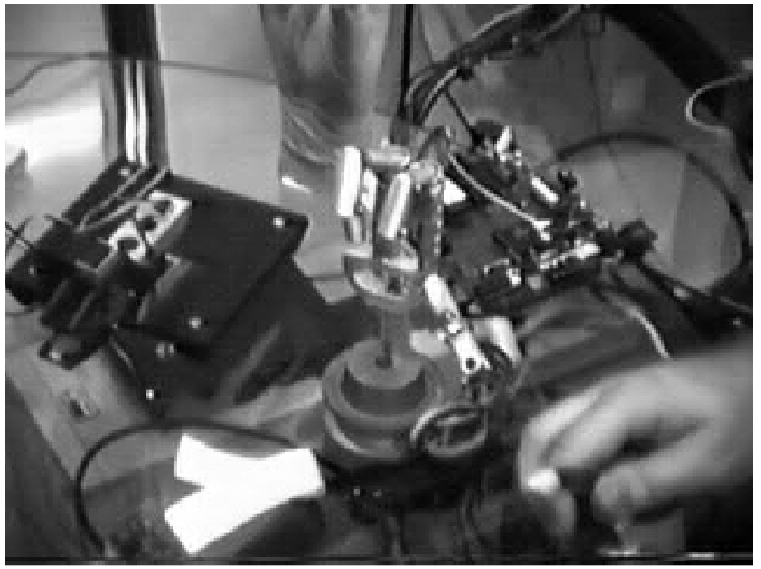


APRENDIZADO DE ROBÓTICA VIA INTERNET

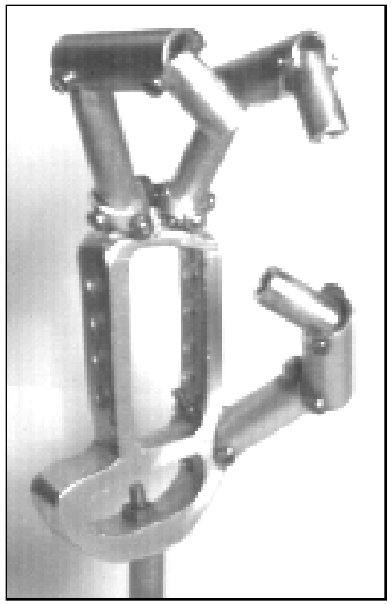
- **Foram criados os *sites* http://brutus.ele.ufes.br e http://delicatus.ele.ufes.br, os quais contêm informação sobre Robótica (formas de robôs, tipos de rodas, baterias, motores, sensores, controle, etc.)**
- **Existe um *link* que permite que os robôs Brutus e Delicatus possam ser teleoperados através da Internet**
- **O usuário recebe as imagens da câmara de vídeo existente sobre o robô**

ROBÓTICA DE REABILITAÇÃO

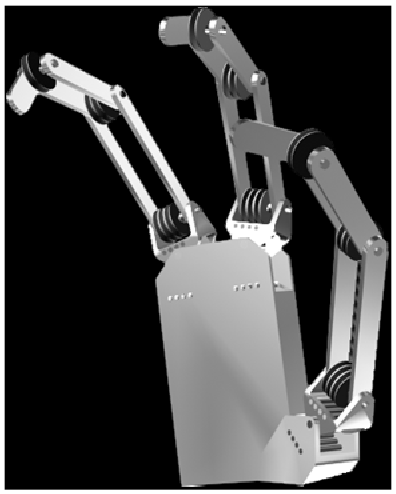




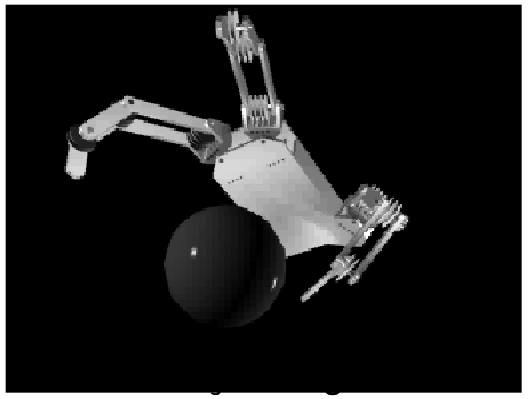
SISTEMAS MULTI-ROBÔS
(MÃOS MULTI-DEDOS)

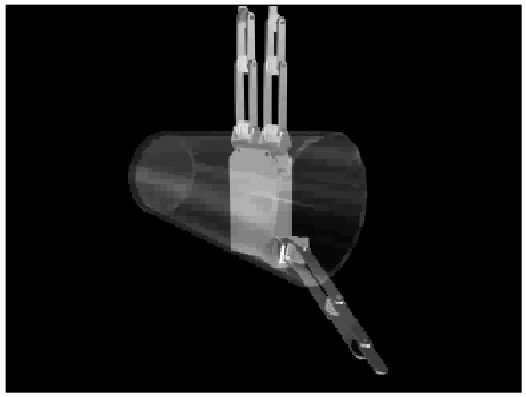


Mão com 13 Graus de Liberdade

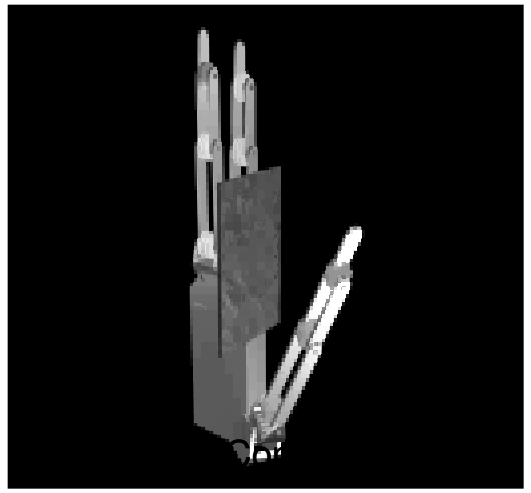


Mão com 12 Graus de Liberdade





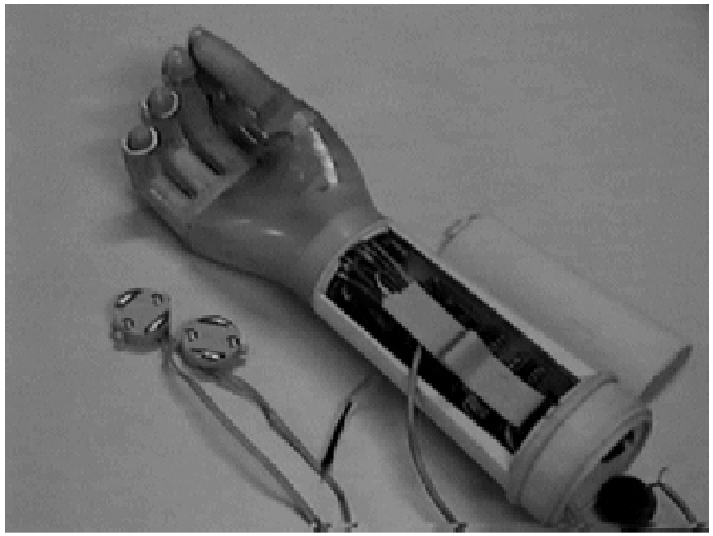
Garra de Força

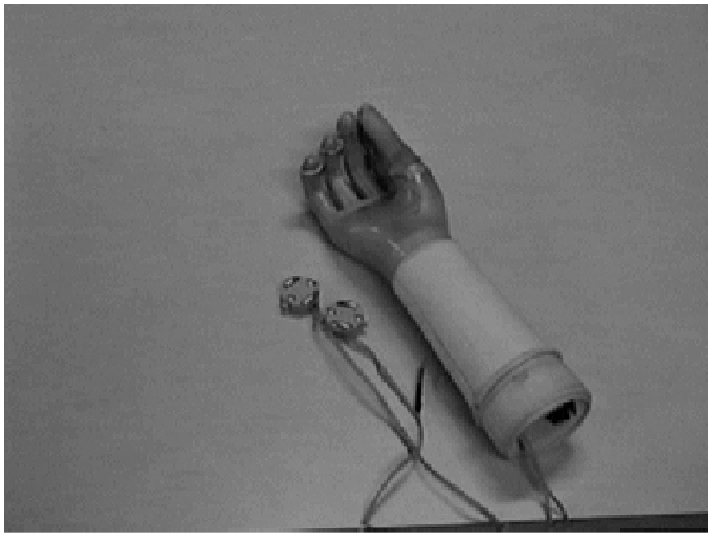


Software de Mão Virtual

Vídeo

PRÓTESE MIOELÉTRICA





• A prótese de membro superior construída possui um microcontrolador PIC, eletrônica de acionamento da mão artificial, e os seguintes sensores:

• Mioelétrico

• Temperatura (sensores KTY e rede de linearização) $T = 84V - 144\ (^{\circ}C)$

• Força e Deslizamento (sensores FSR) $R = 1.3 \times 10^{6} F^{-0.9}\ (\Omega)$

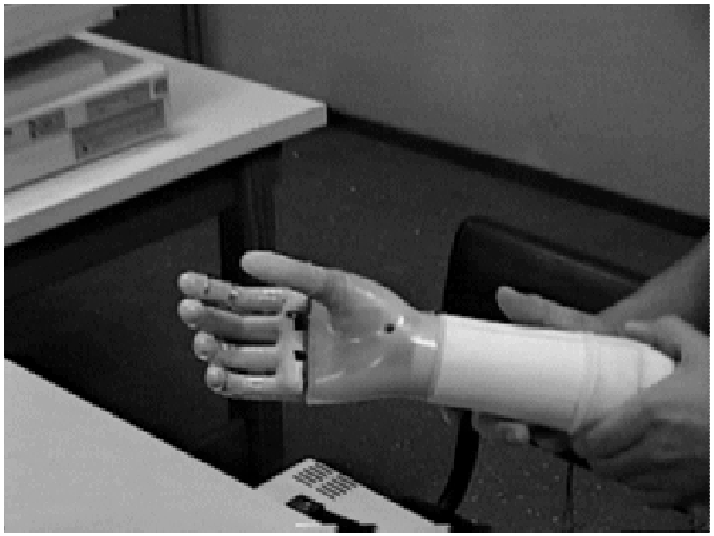
• Nível de Bateria (rede de resistores)

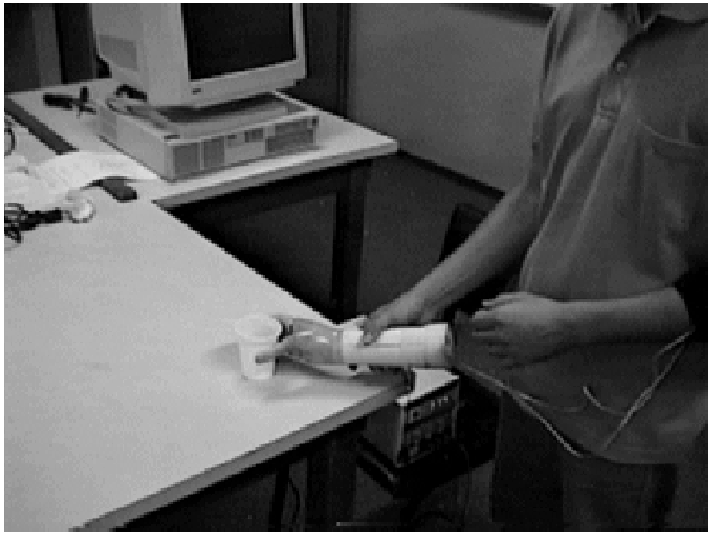
Prótese Mioelétrica

• Microcontrolador PIC adquire informações dos sensores e controla a mão artificial

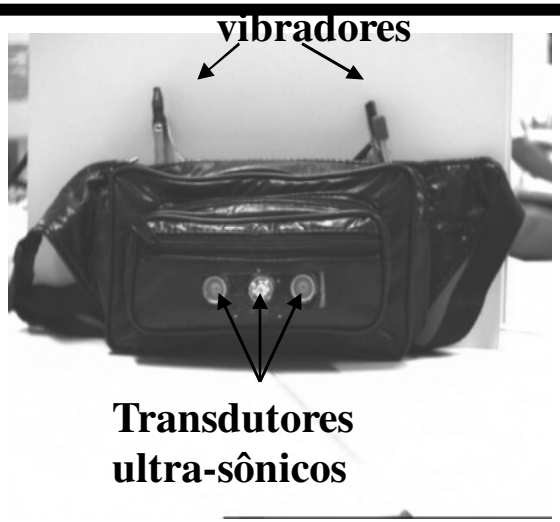
• Se a temperatura estiver acima de 45^{o}C, o usuário é alertado (por vibradores). Se a temperatura estiver acima de 60^{o}C, o controlador não permite o fechamento da mão artificial

• Se o objeto começar a deslizar ao ser levantado pela mão artificial, o controlador exerce mais força sobre o objeto até que ele deixe de deslizar





POCHETE ULTRA-SÔNICA

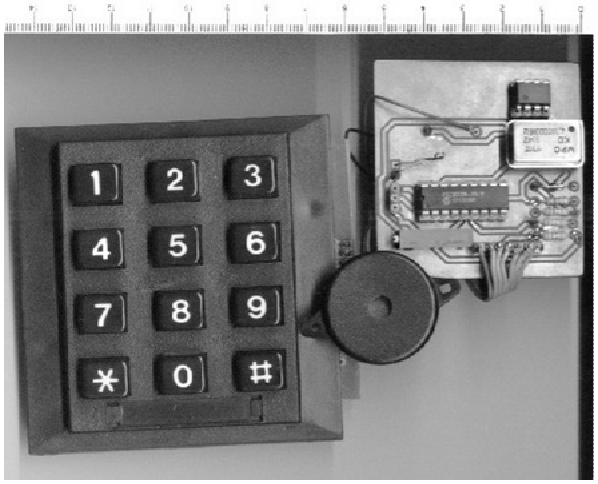


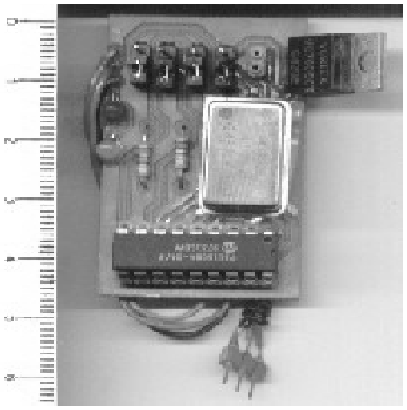
- Pochete para deficientes visuais
- Dotado de sensores de ultra-som
- Permite a detecção de obstáculos, até a altura do tórax
- Ajuda à mobilidade do deficiente visual
- Operado por baterias recarregáveis
- Utiliza dois vibradores para alertar sobre a existência de obstáculos

COLETE ULTRA-SÔNICO

- **Colete para deficientes visuais**
- **Dotado de sensores de ultra-som**
- **Permite a detecção de obstáculos, inclusive suspensos**
- **Ajuda à mobilidade do deficiente visual**
- **Operado por baterias recarregáveis**
- **Utiliza dois vibradores para alertar sobre a existência de obstáculos**

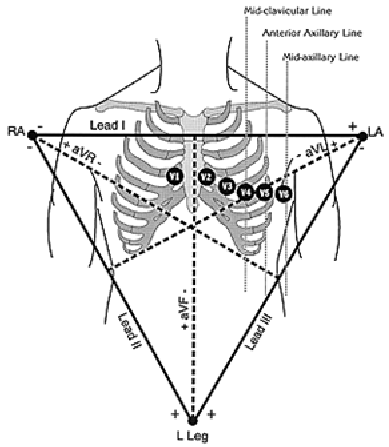
COMUNICAÇÃO DEFICIENTE VISUAL - MOTORISTA ÔNIBUS

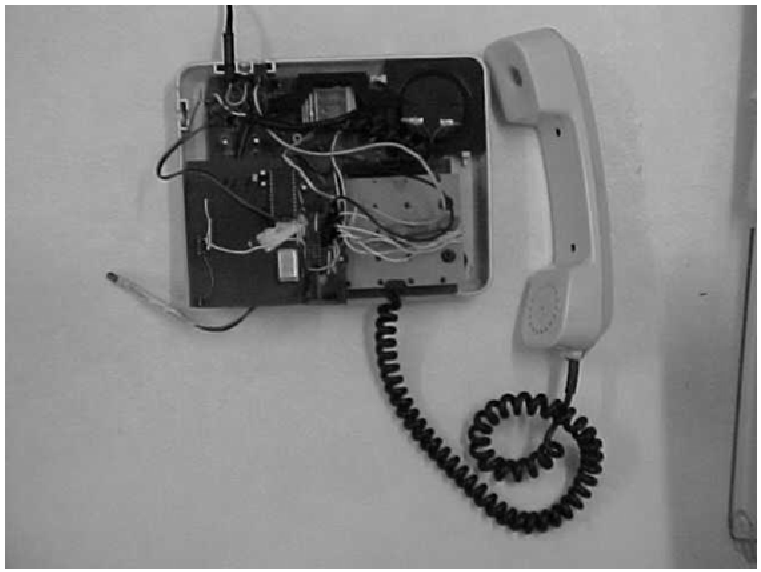




- **O deficiente visual, ao chegar no ponto de ônibus, aciona o transmissor de rádio-frequência**
- **O motorista de ônibus urbano saberá com antecedência (distância < 150 m) a existência de um deficiente visual no próximo ponto de ônibus**
- **Proporciona independência ao deficiente visual**
- **Circuito baseado no PIC16C84**

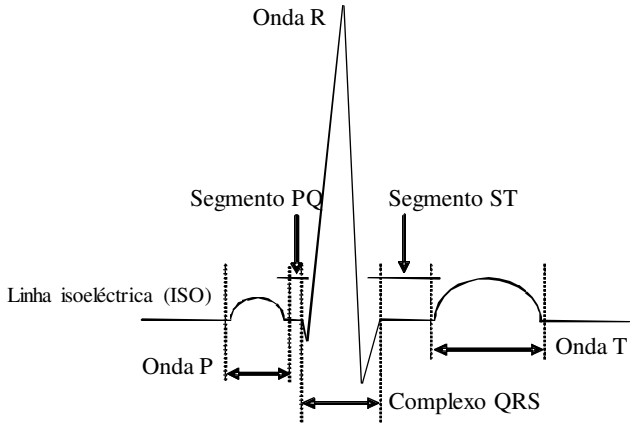
MONITORAMENTO DE BATIMENTOS CARDÍACOS

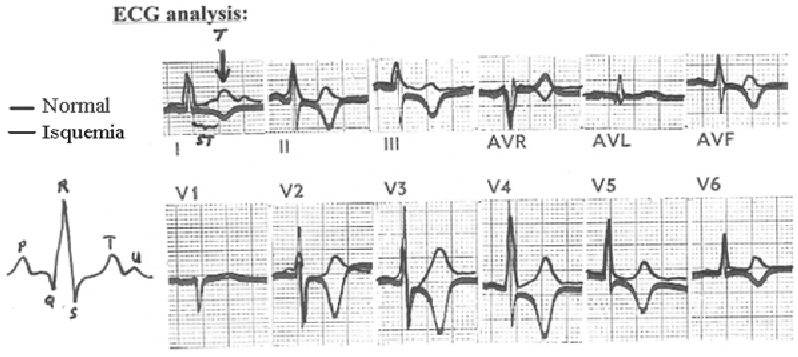




- **Sistema Monitor composto de:**
  - Microcontrolador PIC16F870
  - *Link* de RF de até 40 kbps
  - Determinação da freqüência através da detecção do complexo QRS
  - Utiliza a variação do sinal para a localização do complexo QRS, utilizando as derivações V2 e V6
- **Sistema Fixo composto de:**
  - Número de socorro programável pelo usuário
  - Aviso sonoro em caso de Sistema Monitor fora de alcance

SISTEMA DE DETECÇÃO ON-LINE DE INFARTO DO MIOCÁRDIO USANDO MODELOS OCULTOS DE MARKOV (HMM - HIDDEN MARKOV MODELS)





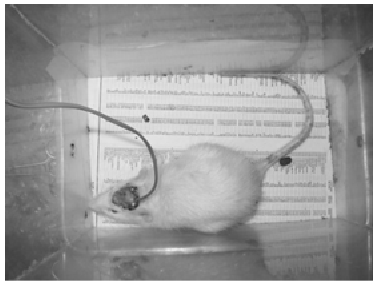
- **A detecção de isquemia do miocárdio requer a segmentação prévia dos sinais de ECG para o diagnóstico**
- **É detectada através do desvio do nível do segmento ST em relação ao nível do segmento PQ**
- **A vantagem de utilizar Modelos Ocultos de Markov (HMM) se deve a que é mais facilmente adaptável às novas condições do sinal**
- **Assim, o uso de HMM melhora o desempenho do sistema**

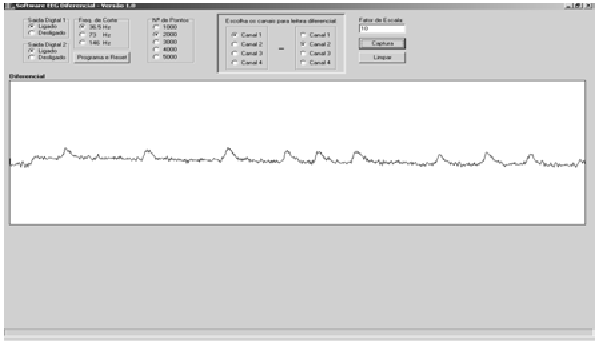
DETERMINAÇÃO DA ATIVAÇÃO MUSCULAR DE INDIVÍDUOS COM RELATO DE LOMBALGIA

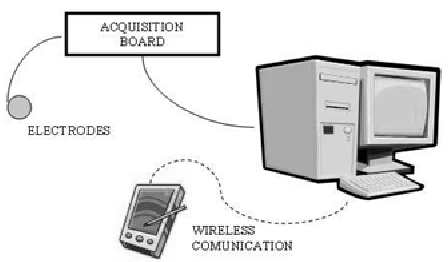
- **Pretende-se utilizar o critério funcional de Julie M. Fritz para entender a biomecânica característica das diversas classificações propostas por meio da avaliação do sinal mioelétrico e da imagem ultrassônica dos músculos extensores da coluna lombar por grupo de classificação para avaliação das atividades dos músculos da coluna vertebral**

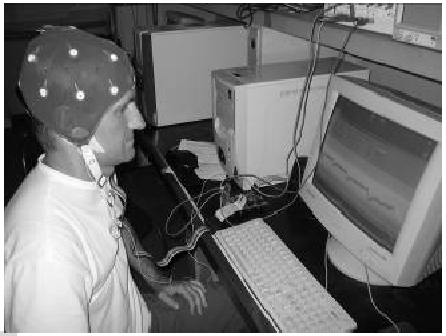
PROCESSAMENTO DE SINAIS BIOMÉDICOS - TRABALHOS DA UFES -

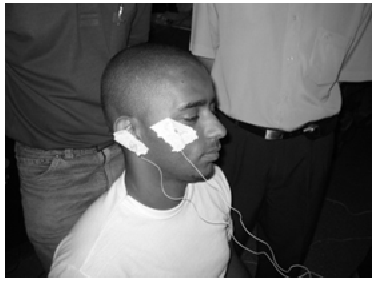
- Construção de uma placa de aquisição de sinais biomédicos, baseada no chip AD7716, da Analog Devices
- Desenvolvimento de um software para aquisição de sinais biomédicos, com representação gráfica, on-line, em PC ou PDA (IPAQ, da HP)
- Realização de experimentos com ratos de laboratório e com voluntários

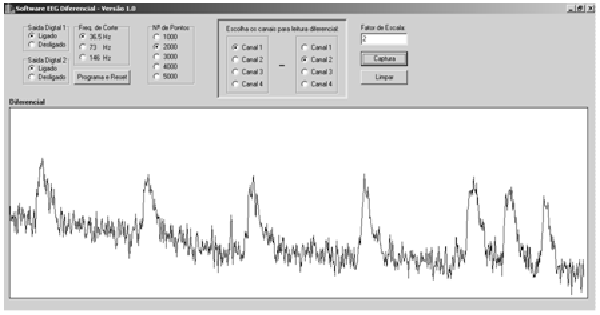


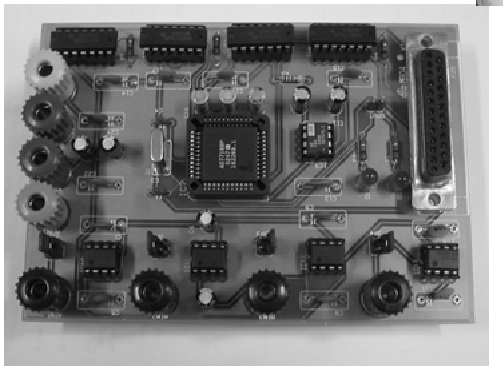




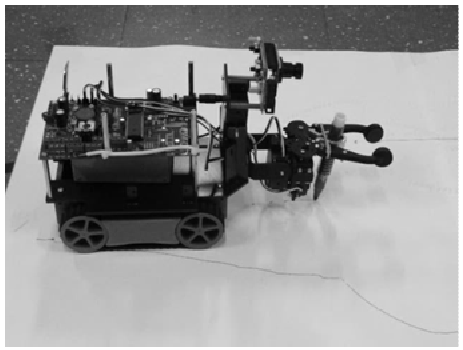


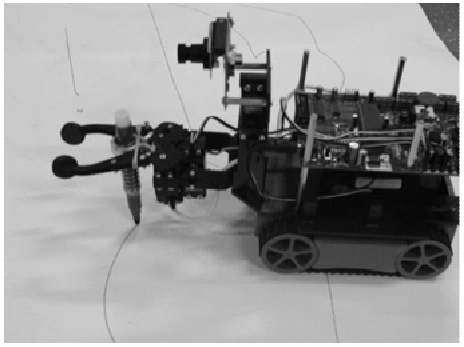


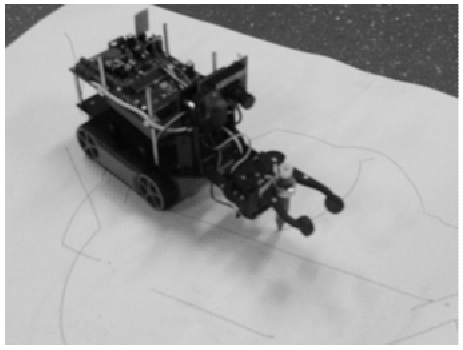


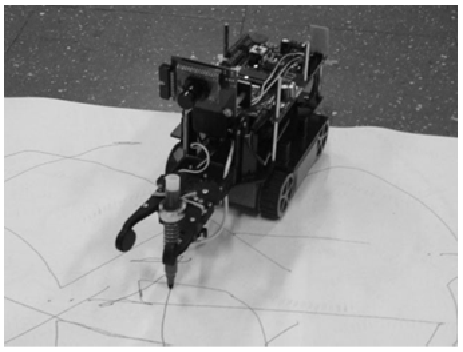


ROBÔ COMANDADO POR SINAIS BIOMÉDICOS DE CRIANÇAS COM DEFICIÊNCIA



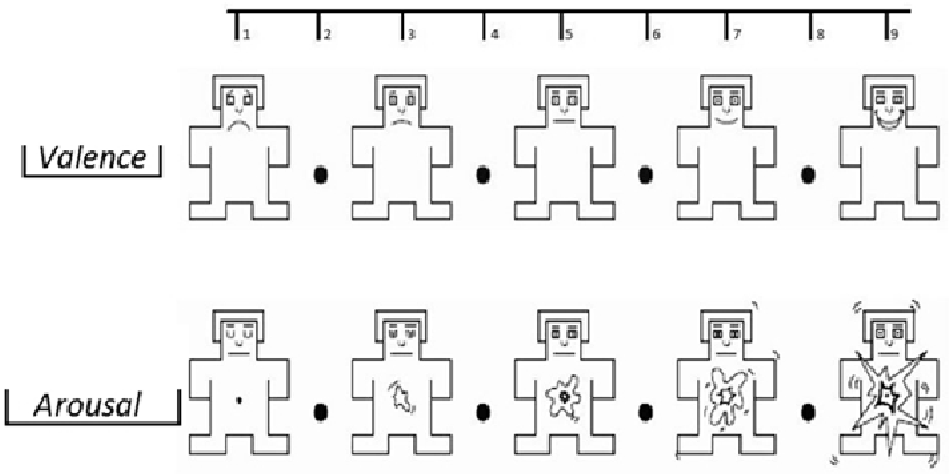




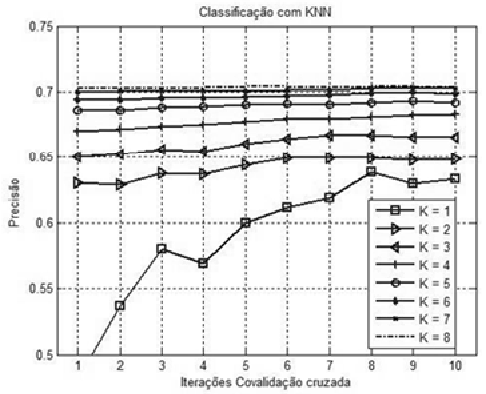


ROBÓTICA MÓVEL COMO AJUDA A CRIANÇAS COM AUTISMO

RECONHECIMENTO DO ESTADO EMOCIONAL BASEADO EM EEG

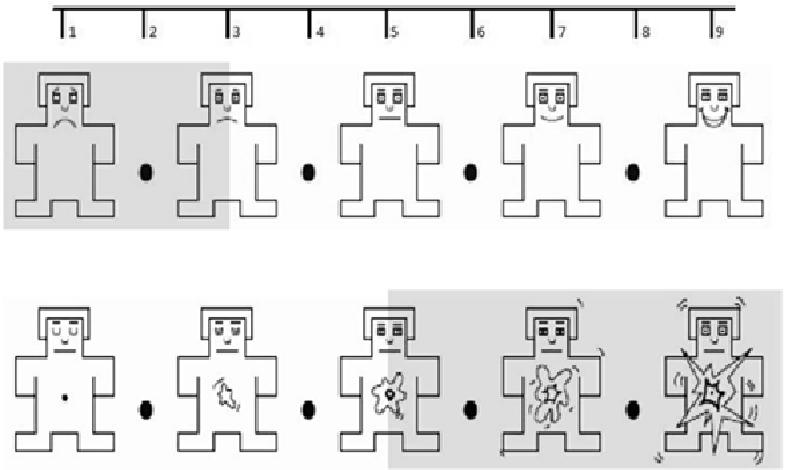


Results: PSD features

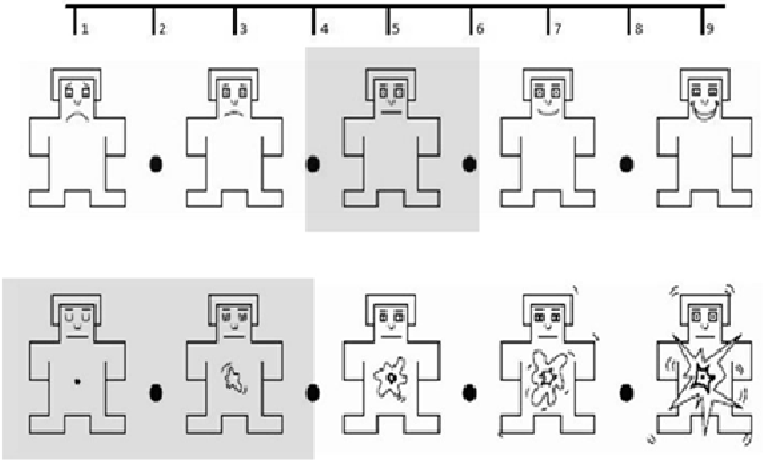


Precision Rate:
70.10 ± 0.45%

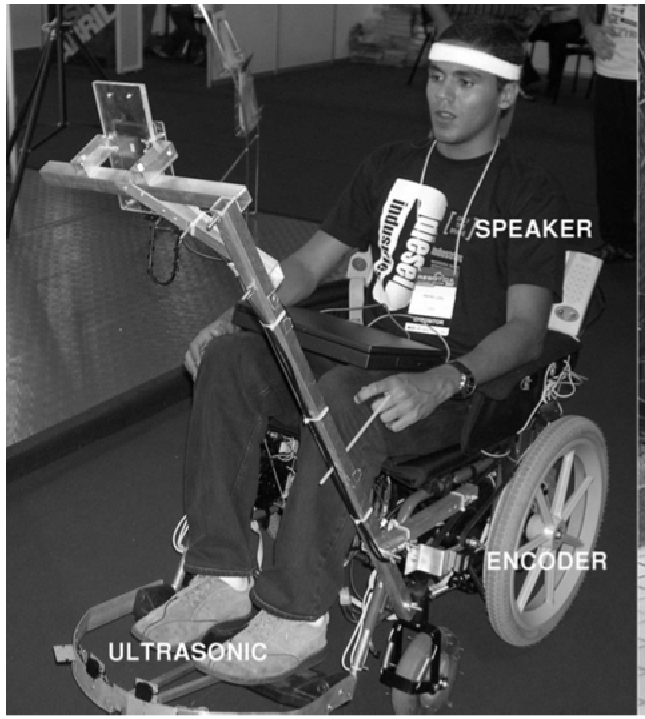
Stress

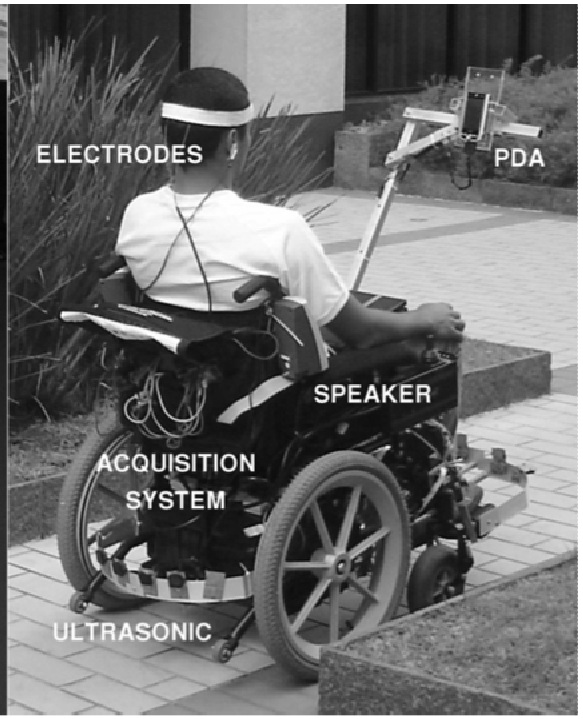


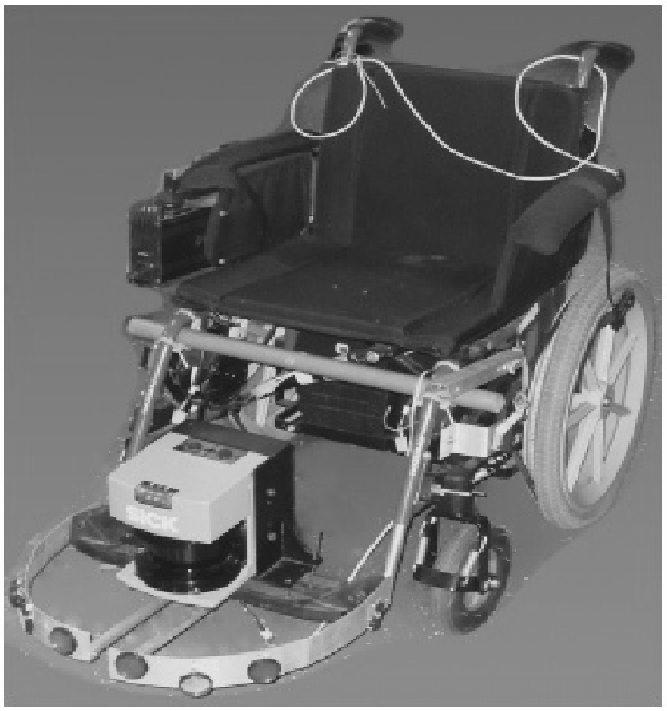
Calmness

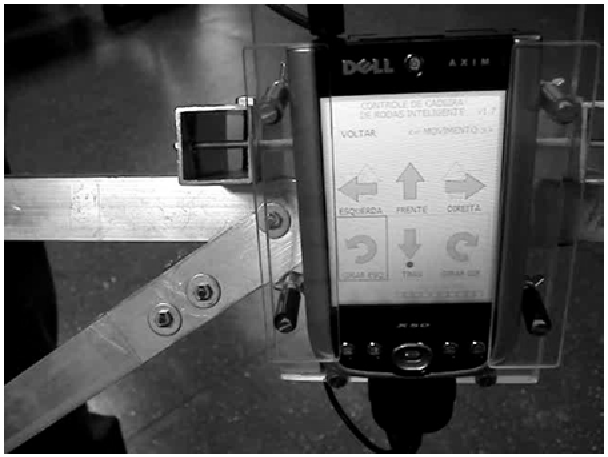


Cadeira de Rodas Robótica

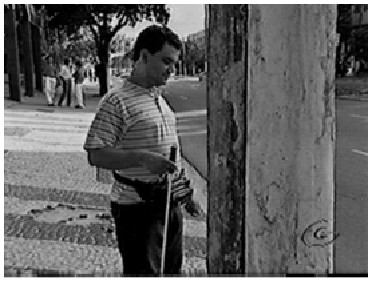






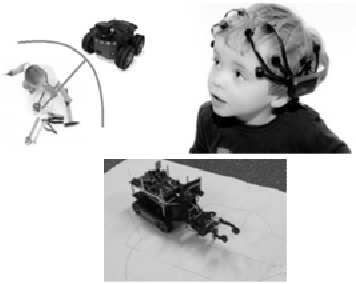


PESQUISAS DA UFES RELACIONADAS À ENGENHARIA BIOMÉDICA



Sensores Ultrassônicos para Pessoas Cegas

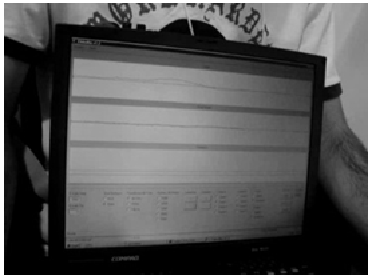
Prótese Multisensorial de Membro Superior



Robô Móvel para Interação com Crianças com Deficiência e Autismo

Cadeira de Rodas Robótica em Modo Autônomo

Cadeira de Rodas Robótica Comandada por Sopro/Sucção



Cadeira de Rodas Robótica Comandada por Piscadas de Olhos

Cadeira de Rodas Robótica Comandada por Movimento do Globo Ocular

Cadeira de Rodas Robótica Comandada por Movemientos de Cabeça

Cadeira de Rodas Robótica Comandada por Sinais Cerebrais

Andador Robótico de Ajuda a Pessoas Idosas ou com Deficiência

OUTROS PROJETOS

Orientações

OUTROS PROJETOS

- **Outros Projetos de Alunos**
- **Vídeos Projetos de Alunos**

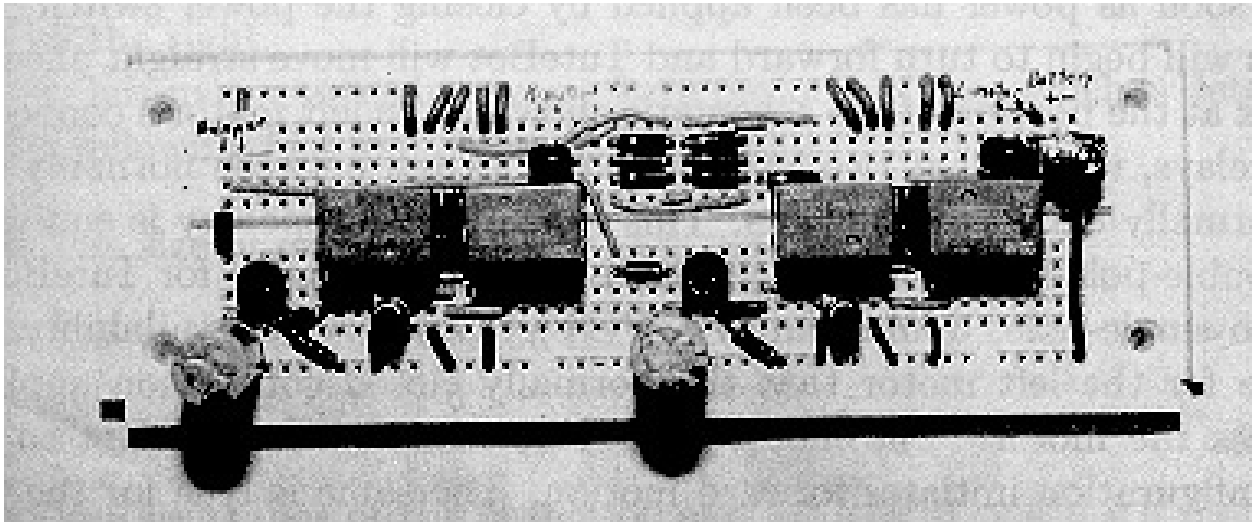
COMO CONTRUIR UMA PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO

ESQUEMÁTICO E SIMULAÇÃO

- Faça um esquemático do circuito no MicroSim
- Simule o circuito usando o Oregano, o PSpice ou o Multisim

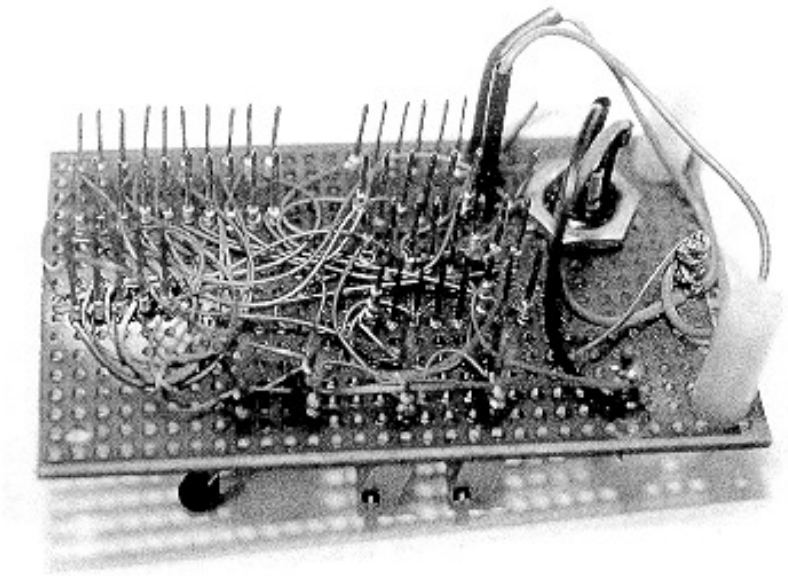
MONTAGEM EM PROTOBOARD

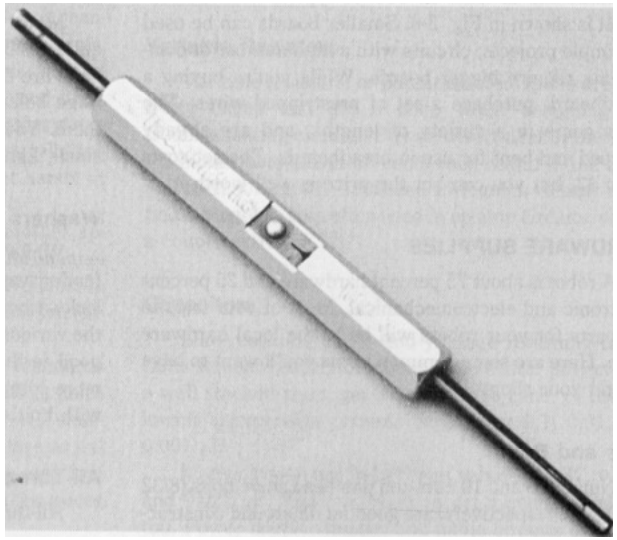
Para realizar um teste inicial de um circuito, pode-se realizar a montagem de componentes eletrônicos em um protoboard (ou breadboard)



WIRE-WRAP

Este método utiliza uma pistola ou caneta de wire-wrap para enrolar uma extremidade de um fio em cada pino de um soquete onde deve ser feita a conexão

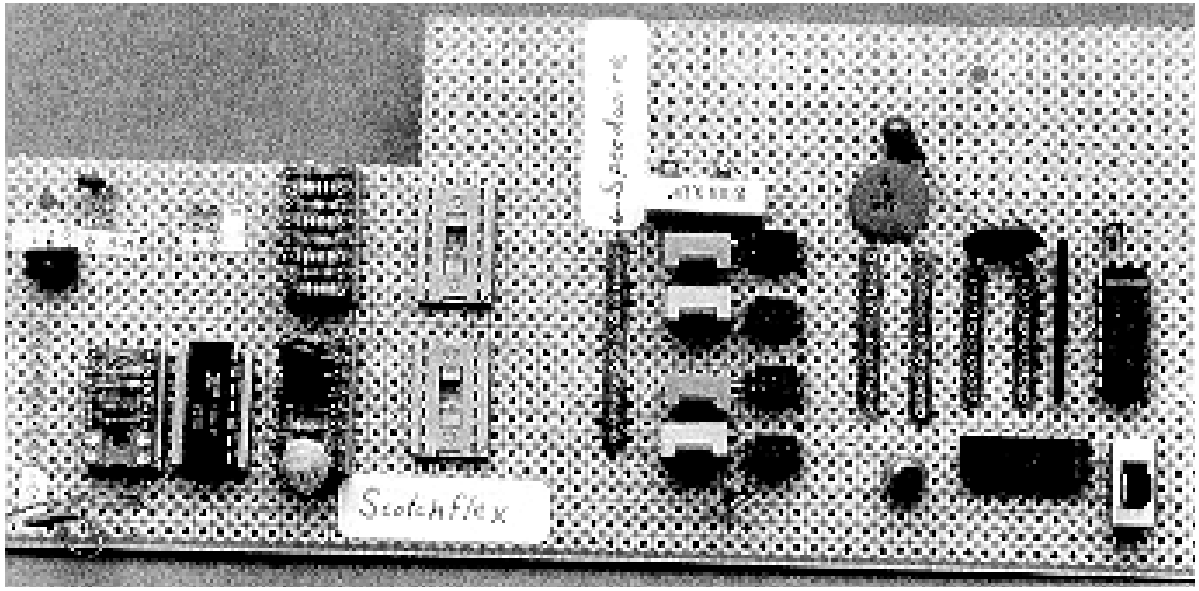




PLACA UNIVERSAL

•É um método para construção rápida de protótipos

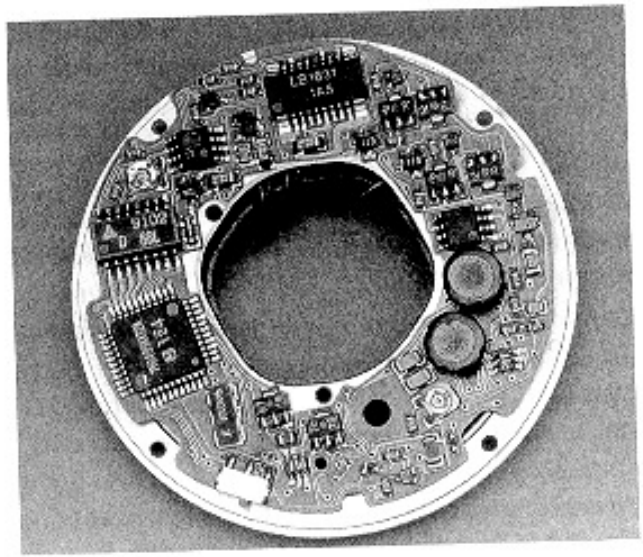
•Usando-se filas de conectores, podem-se construir soquetes para CIs com qualquer número de pinos e até para componentes discretos



PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO

•Existem programas específicos (Orcad, Tango, Eagle, Protel, etc.) para projeto de uma placa PCB (printed circuit board)

•Algumas máquinas (ex. QuickCircuit) constróem a placa a partir do projeto feito



PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO: MÉTODO MANUAL

- Placas simples podem ser confeccionadas de maneira artesanal
- Uma técnica utilizada é fixar os componentes com a disposição desejada em uma folha de papel colada em um pedaço de isopor
- Após a fixação, traçam-se à lápis, no verso do papel, as trilhas que conectarão os componentes
- Esse esboço pode ser transferido para a placa, marcando, com um punção, os furos na placa e logo conectando-os com caneta de retroprojetor
- Ou pode-se escanear o esboço e logo retocá-lo usando, por exemplo, o CorelDraw

PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO: MÉTODO MANUAL

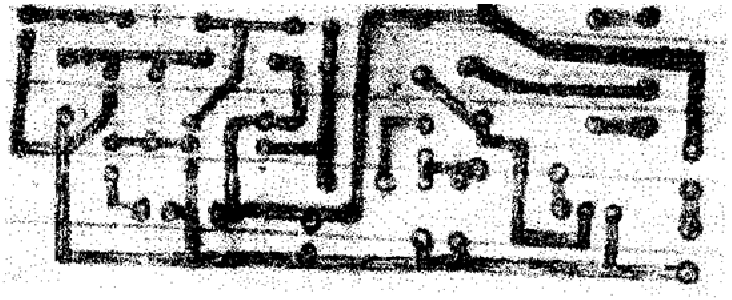


Figura 5: Esboço manual

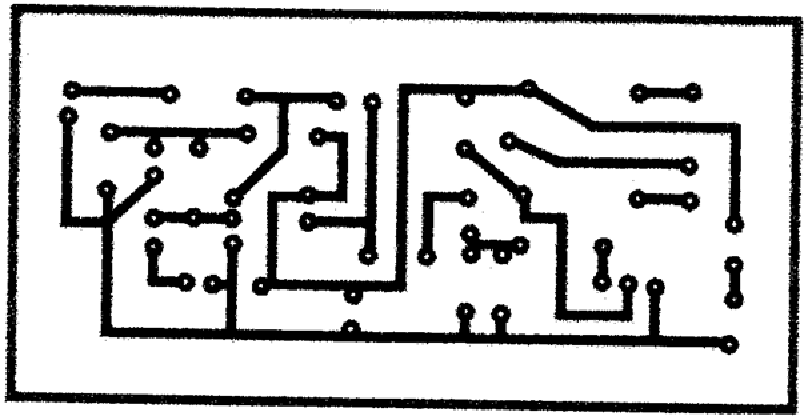


Figura 6: Placa pronta

TÉCNICA DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR: TRANSFER

•Imprima o layout feito em papel de seda ou papel fino de revista, numa impressora LASER, com o máximo de toner possível (configure isso no driver da impressora). Outra opção é imprimir em papel e logo fotocopiar em transparência.

•Após a impressão, prenda o papel (ou transparência) na placa com o lado impresso voltado para a face de cobre. Com o ferro de passar roupa, "passe" o papel sobre a placa, com temperatura média. Se ao passar o ferro, o papel de seda começar a queimar ou rasgar, use uma folha A4 comum como proteção. Este processo fará o toner aderir à placa

•Depois de bem "passada", deixe a placa esfriar um pouco. O papel cópia ficará grudado à placa. Leve-a então à água, e faça com que o papel se dissolva

•Seque a placa e verifique o traçado. Se existirem falhas pequenas, ao invés de imprimir novamente, corrija as trilhas com caneta para retroprojetor

PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO: CORROSÃO

•Prepare uma solução de percloreto de ferro: 0,6 l de água para 250g

•Limpe a face de cobre com suco de limão e então lixe-a levemente com bombril, para aumentar a aderência do transfer

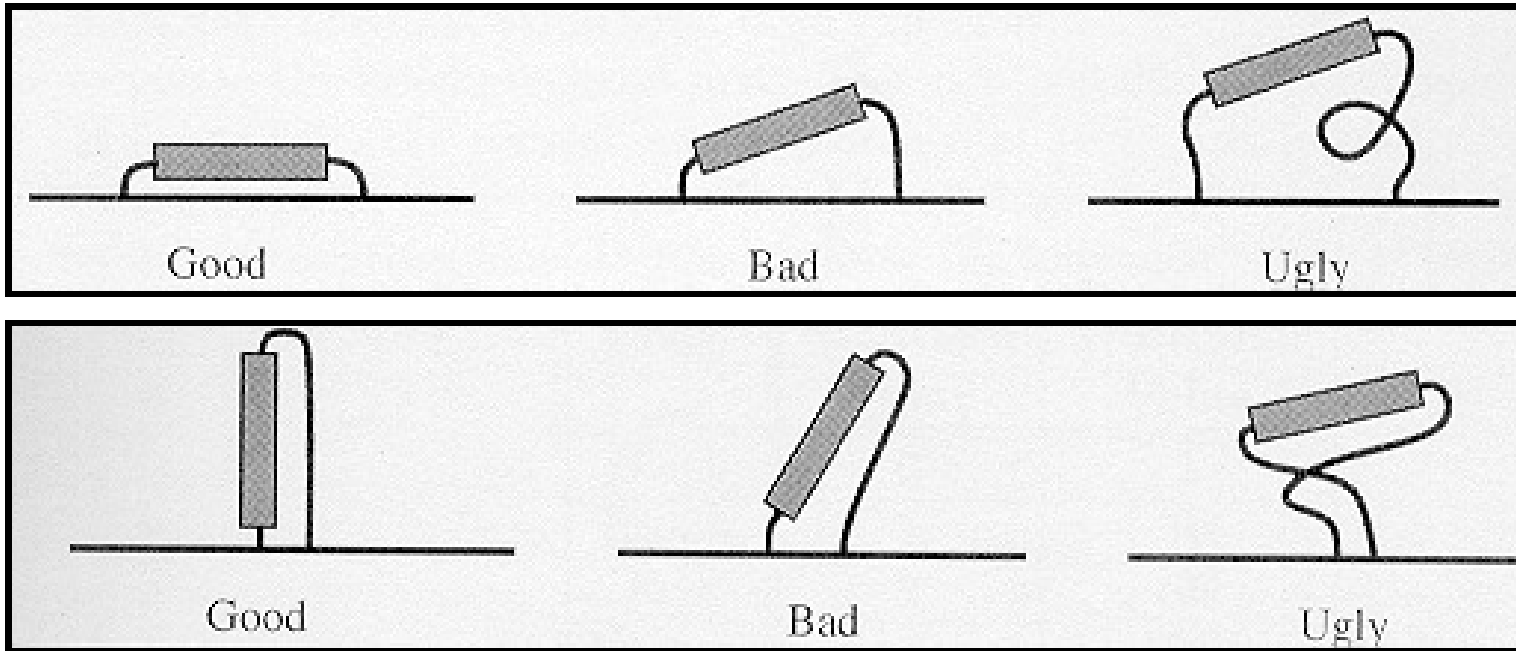
•Despeje a solução em uma vasilha de plástico, e então coloque a placa com a face impressa virada para baixo, imersa na solução. O tempo de corrosão varia entre 10 a 15 min. Para acelerar o processo, durante a corrosão é útil retirar a placa e limpar com uma esponja a camada fina de óxido que se forma na superfície, após o quê a placa deve retornar à solução. Não esfregue

•Após todo o cobre ao redor das trilhas se dissolver, lave bem a placa e deixe secar. O toner sobre as trilhas é retirado com thinner ou acetona.

• Sua placa estará pronta para a perfuração e solda dos componentes

MONTAGEM DOS COMPONENTES

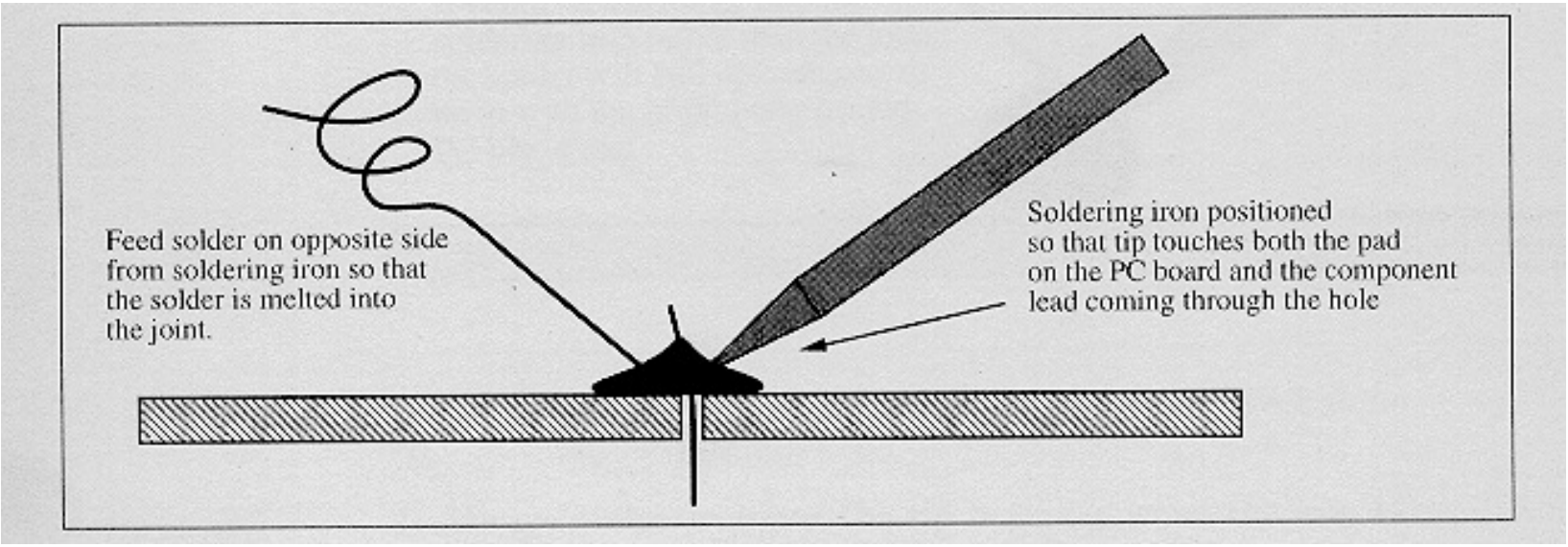
•Ao montar os componentes em uma placa, a regra geral é tentar montá-los o mais próximo possível da placa. Se existe espaço para montar os componentes de forma horizontal, faça-o, mantendo-os o mais próximo possível da placa. Se não, monte-os verticalmente



SOLDAGEM DOS COMPONENTES

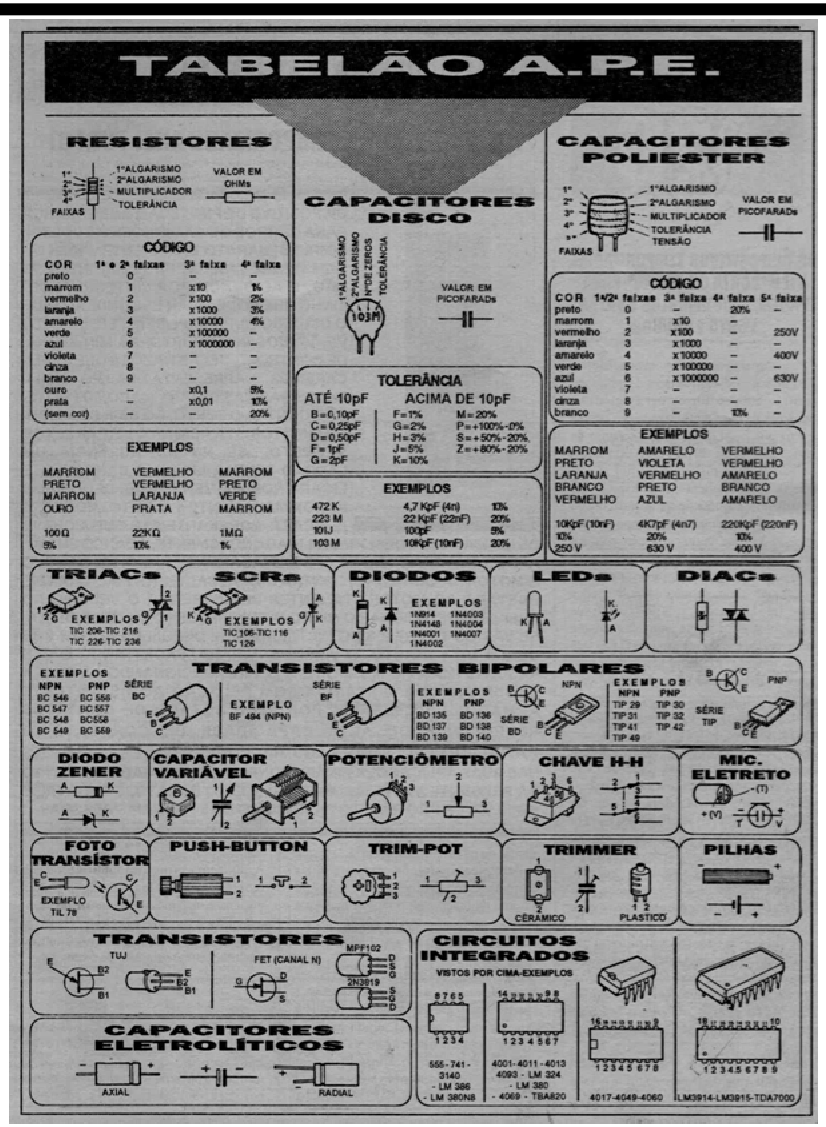
•A ponta do soldador deve ser inserida no orifício, de tal forma que a ponta toca tanto o terminal do componente a soldar como o orifício na superfície da placa.

•O estanho deve ser aplicado diretamente ao orifício, e *não* à ponta do soldador. Desta forma, o estanho é fundido no orifício, e a junção é aquecida à temperatura necessária para soldar o componente na placa.



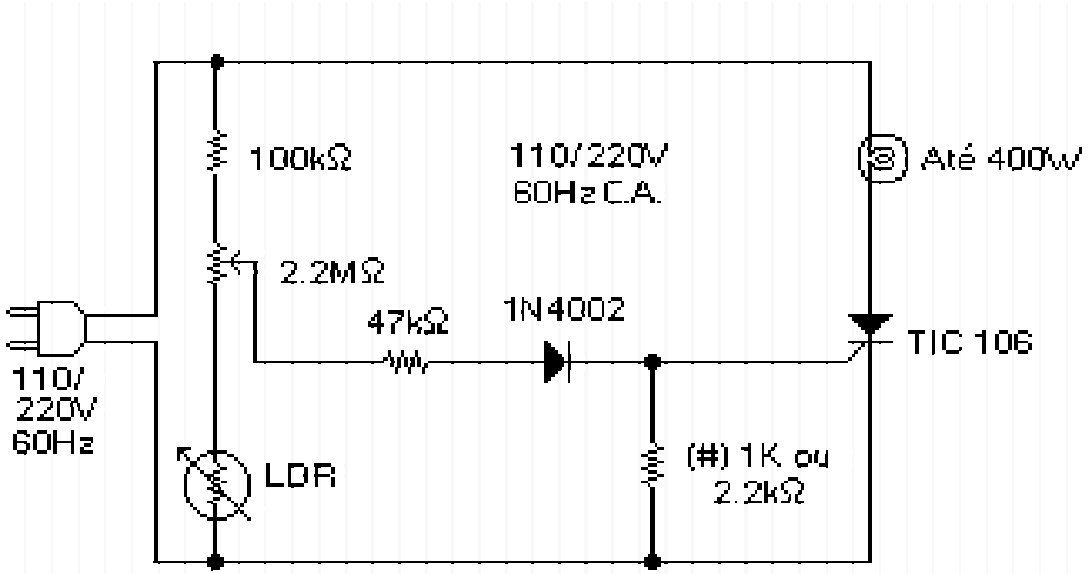
DETALHES EM PROJETOS DE ELETRÔNICA

COMPONENTES ELETRÔNICOS



COMPONENTES ELETRÔNICOS - SCR

■Vídeo

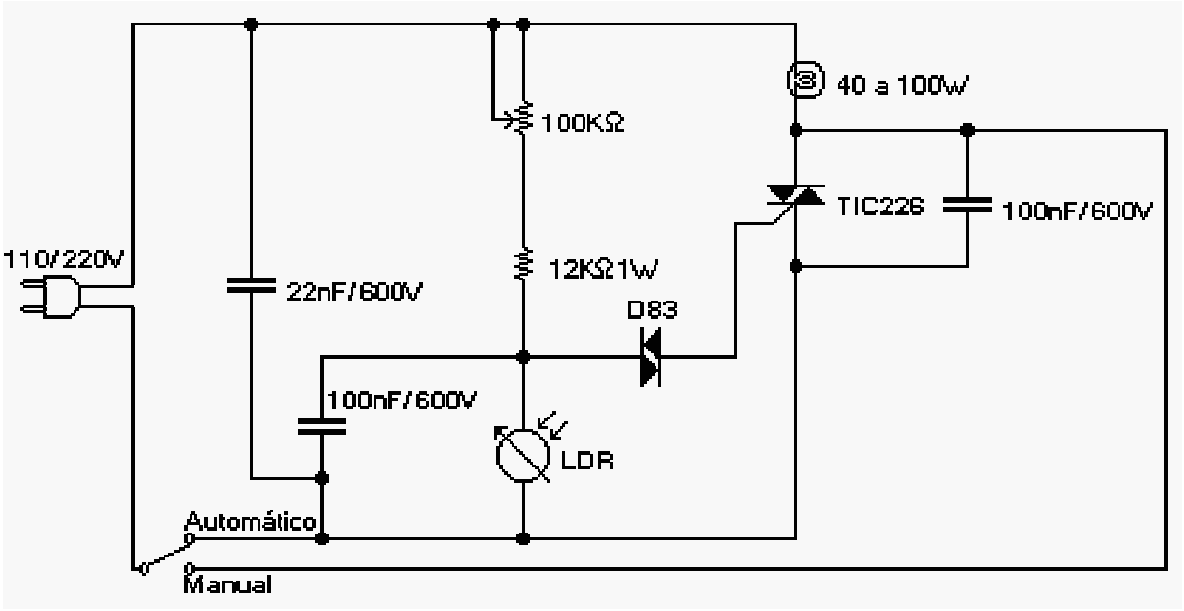


O circuito utiliza um SCR (TIC 106) e um LDR para acender uma lâmpada ao anoitecer e apagá-la ao amanhecer

- Simulação do circuito usando o MicroSim

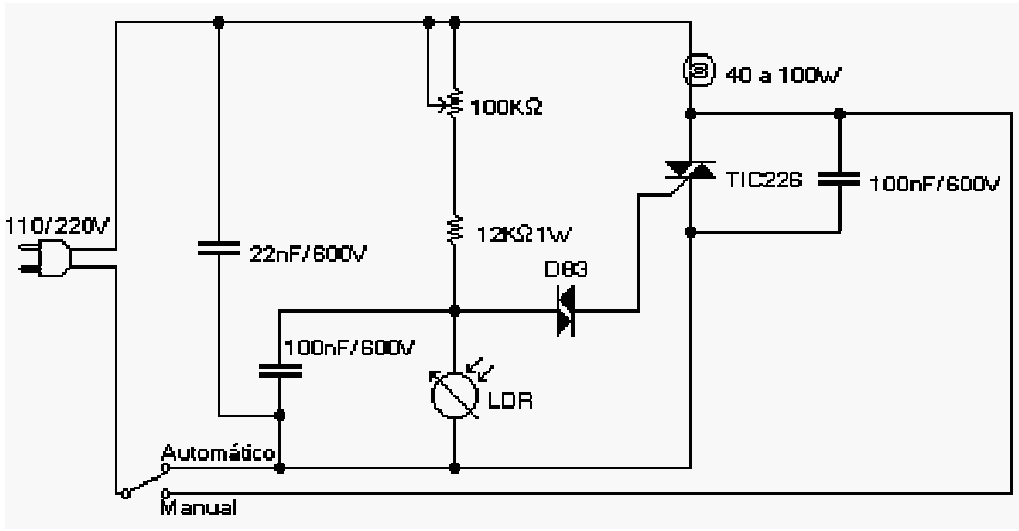
COMPONENTES ELETRÔNICOS – DIAC/TRIAC

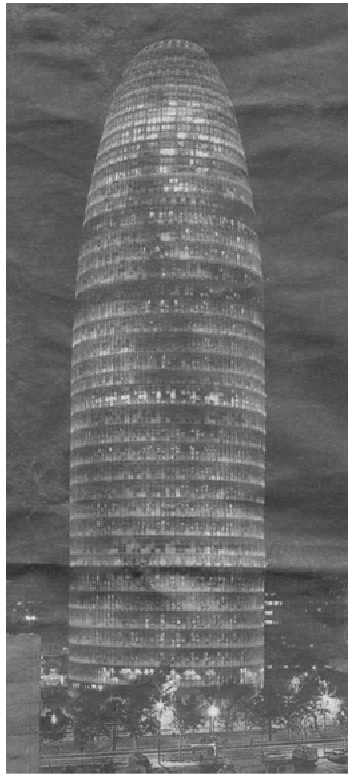
■Vídeo



O circuito utiliza um DIAC, um TRIAC e um LDR para acender uma lâmpada proporcionalmente à falta de iluminamento do ambiente

COMPONENTES ELETRÔNICOS – DIAC/TRIAC

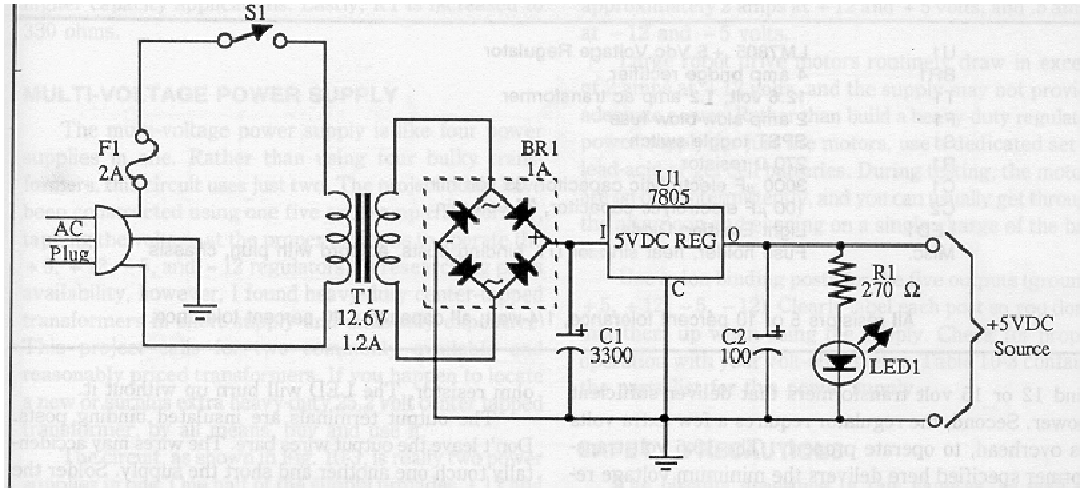


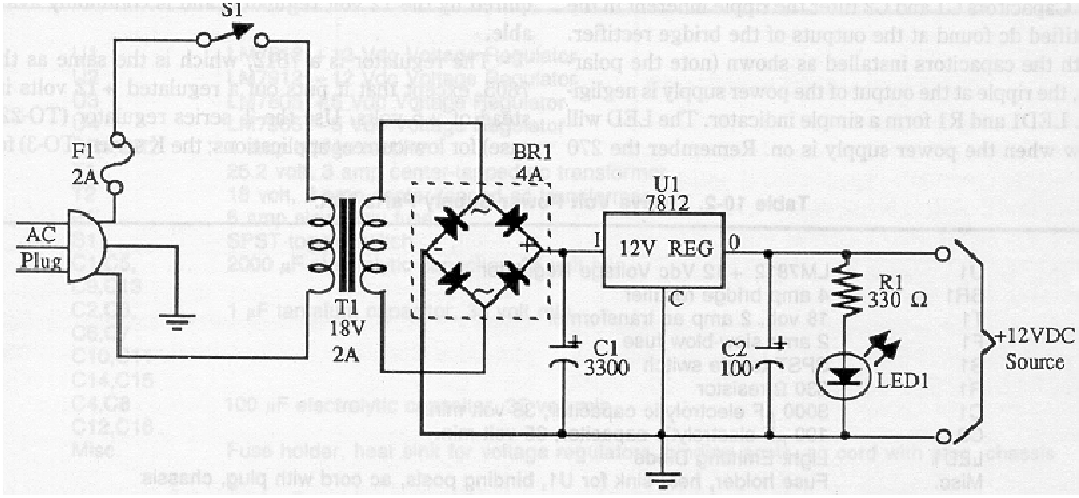


O circuito pode ser utilizado para produzir efeitos de iluminação de torres, acendendo as lâmpadas proporcionalmente à falta de iluminamento do ambiente: quando for escurecendo, as lâmpadas farão a complementação da luz natural, até se acenderem completamente à noite

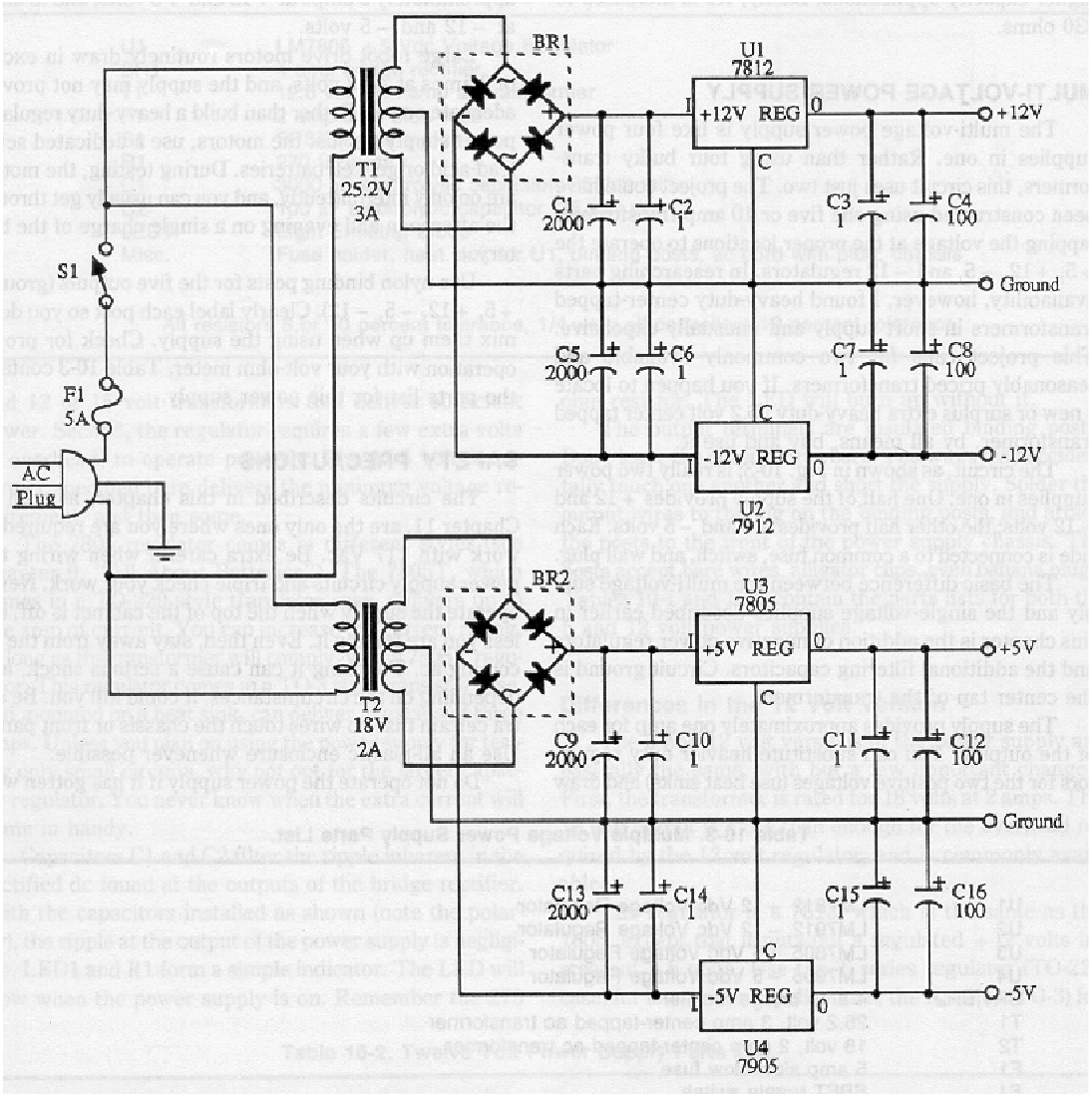
TORRE DE LUZ (COM SENSOR DE LUZ) PARA LÂMPADAS INCANDESCENTES

TENSÃO REGULADA

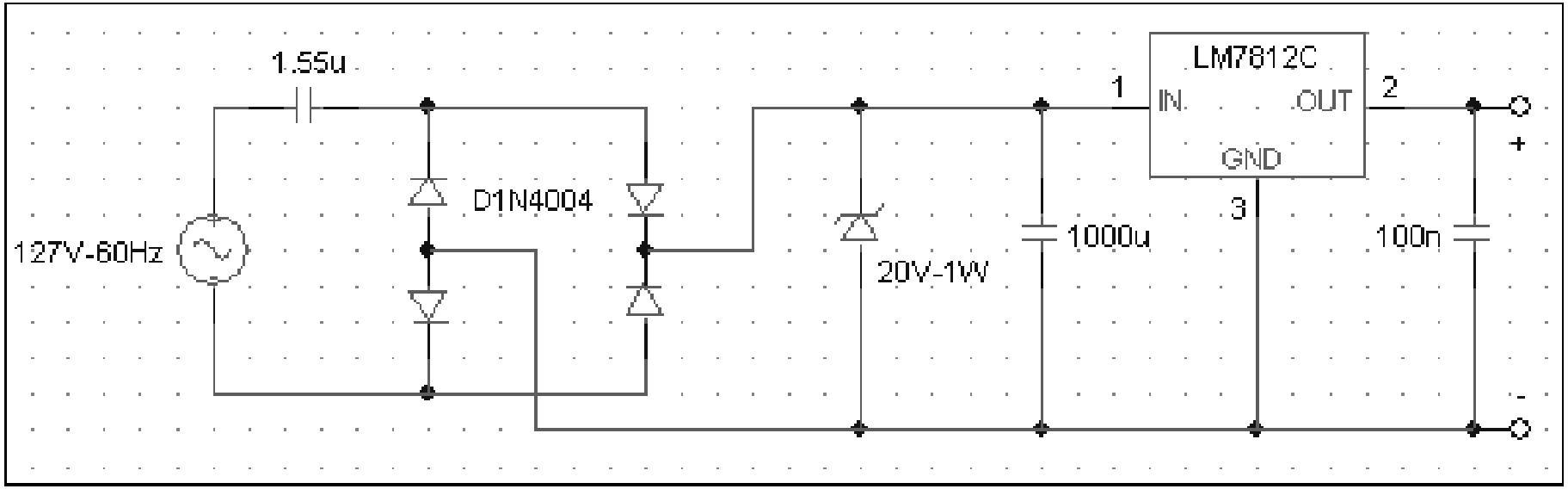




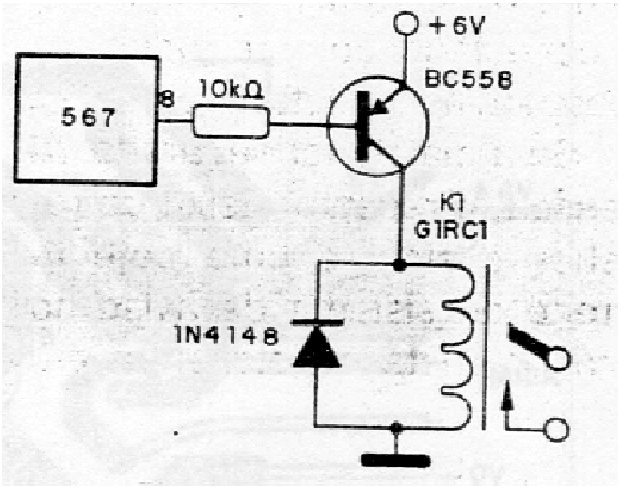
TENSÃO REGULADA

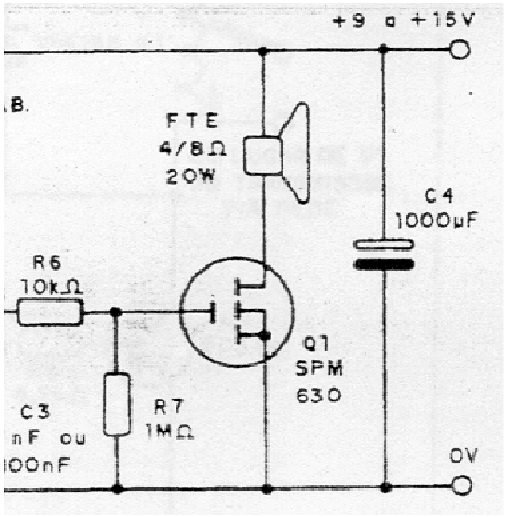


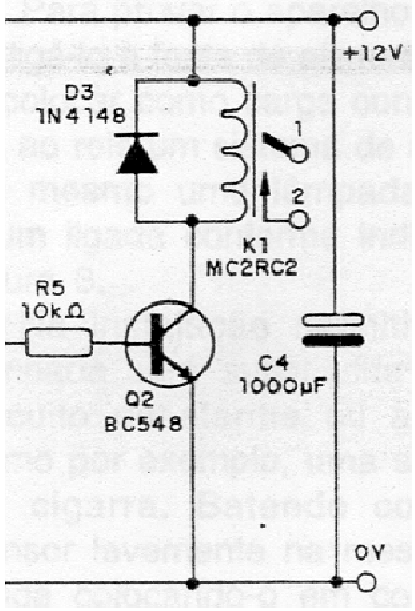
TENSÃO REGULADA (baixo consumo)



DRIVER DE SAÍDA







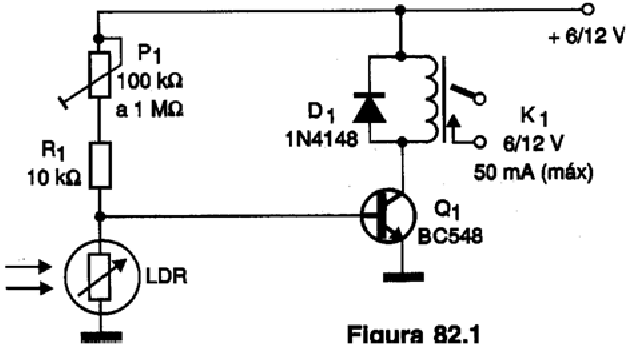
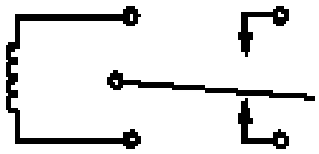
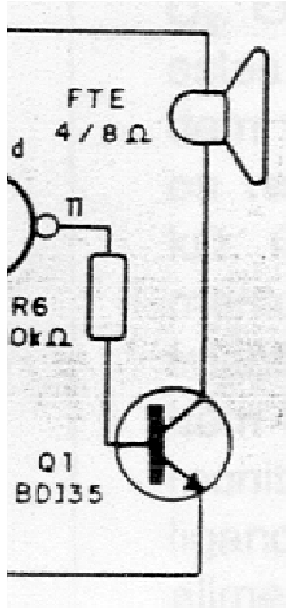


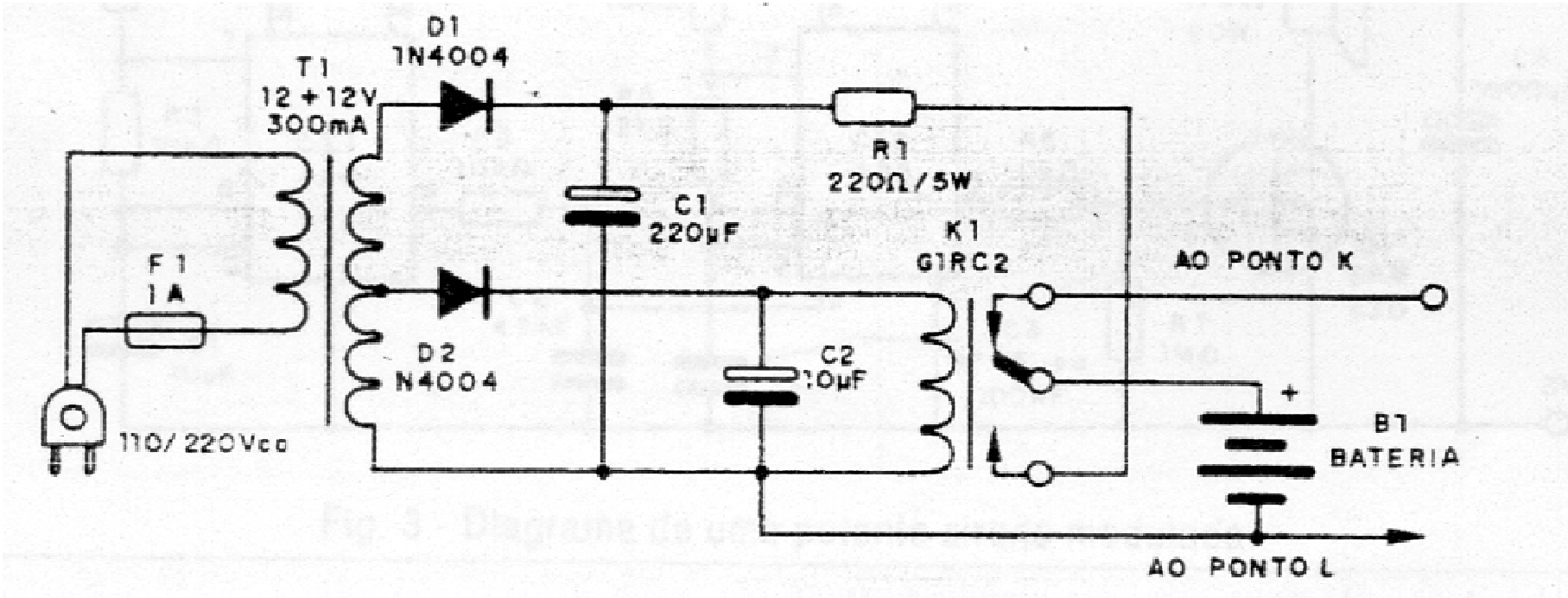
Figura 82.1



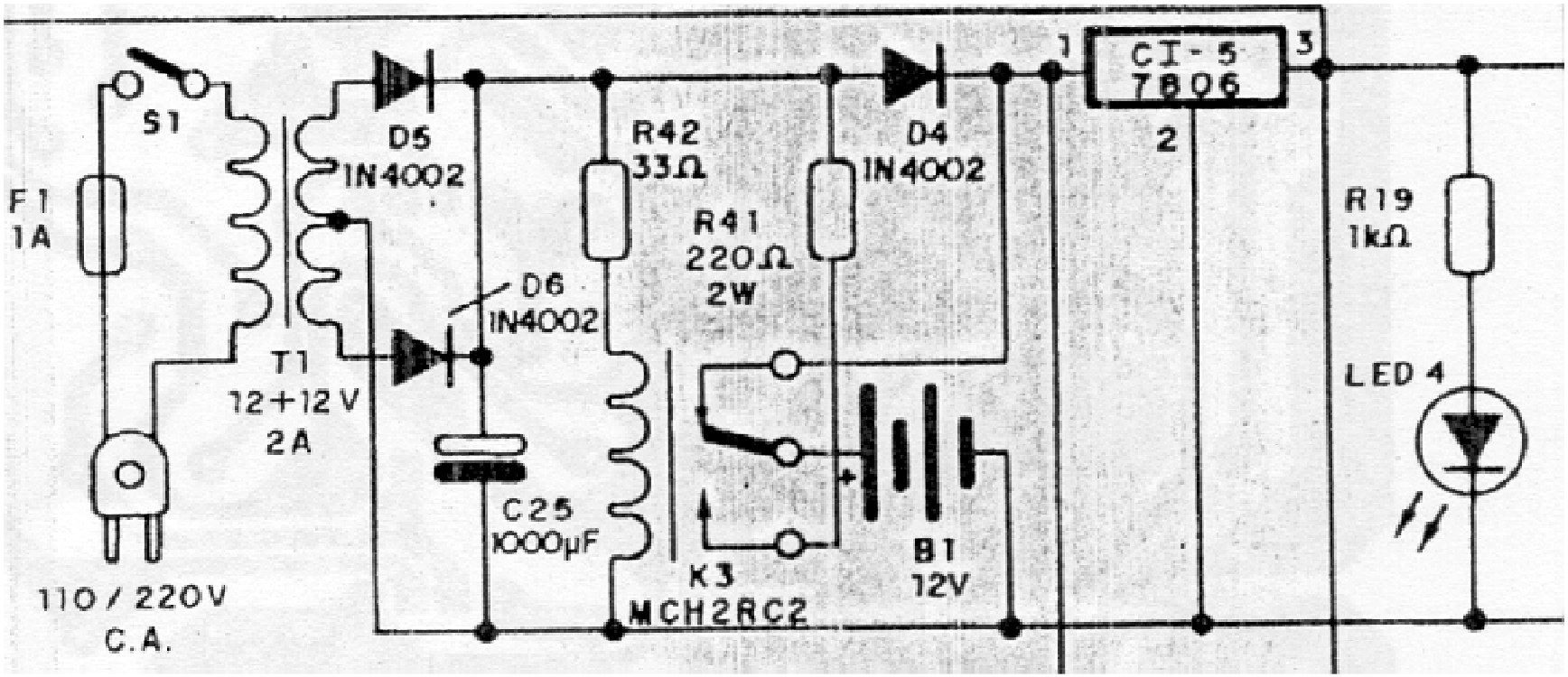
Relé da Metaltex



ALIMENTAÇÃO USANDO TRAFO E BATERIA



ALIMENTAÇÃO USANDO TRAFO E BATERIA



CIRCUITOS "DEBOUNCE"

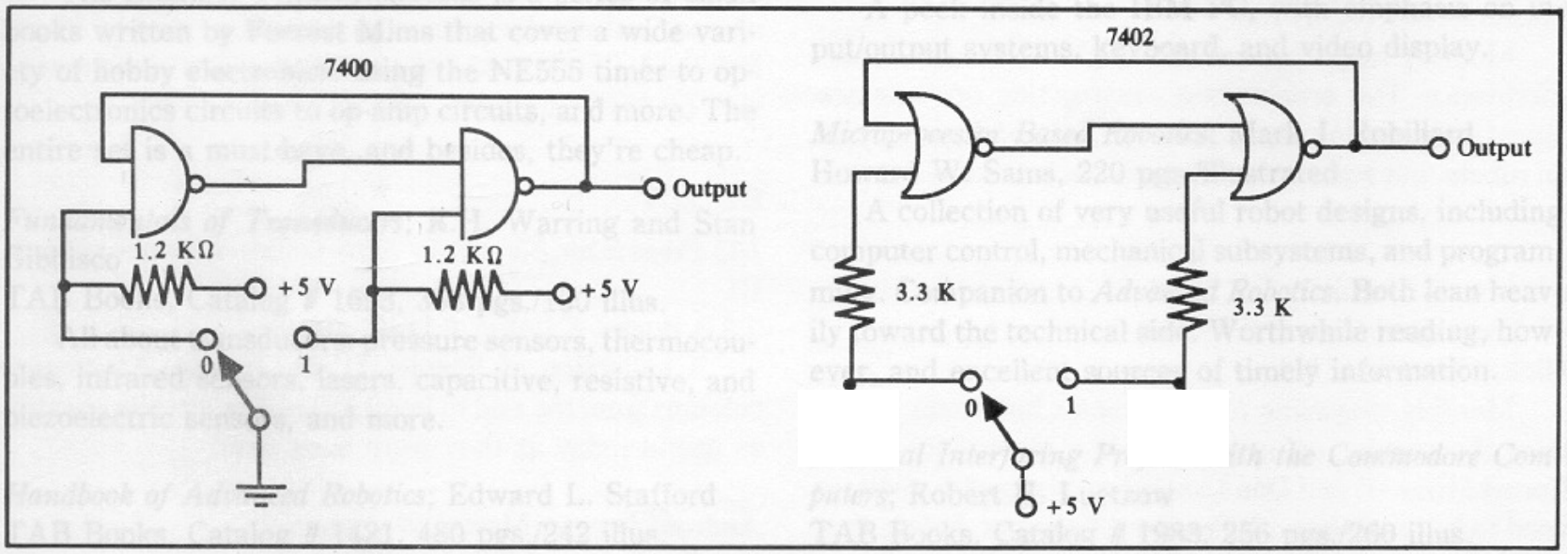
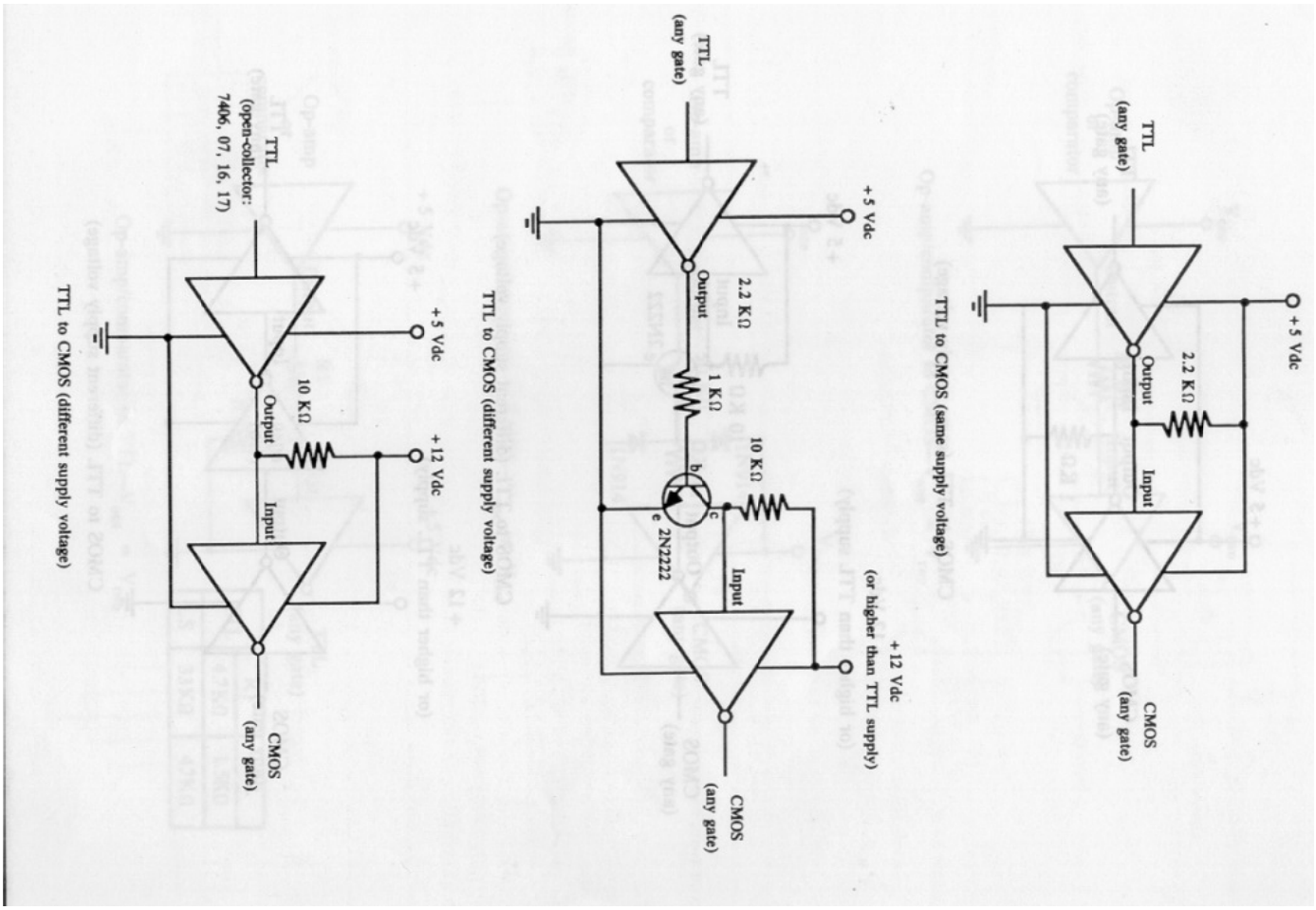
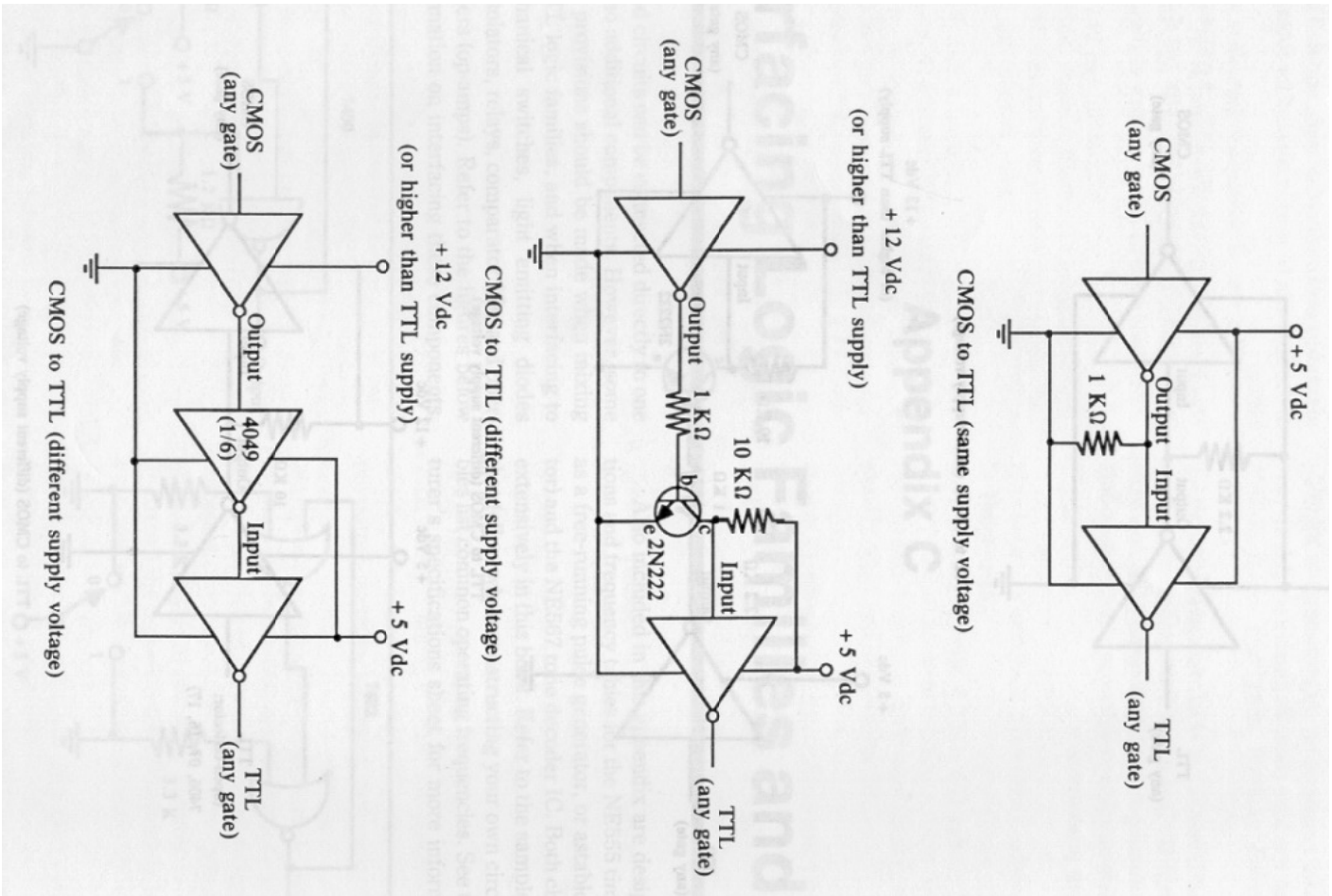


Fig. C-1. Switch debounce circuits—use with mechanical switches or relays. The components can be TTL or CMOS. Resistors are 1.2K (TTL) to 3.3K (CMOS).

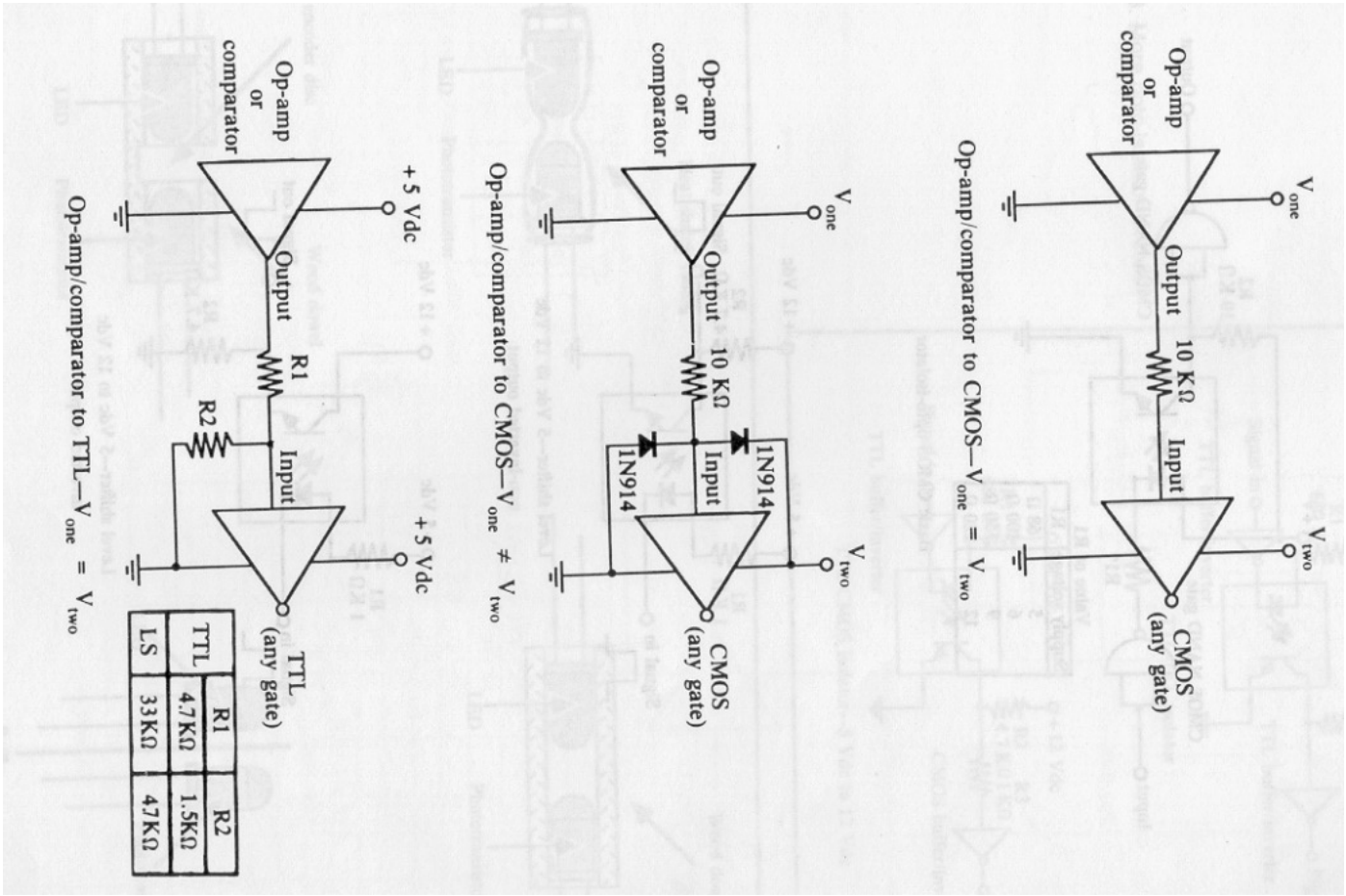
CIRCUITOS PARA INTERFACE: TTL-CMOS



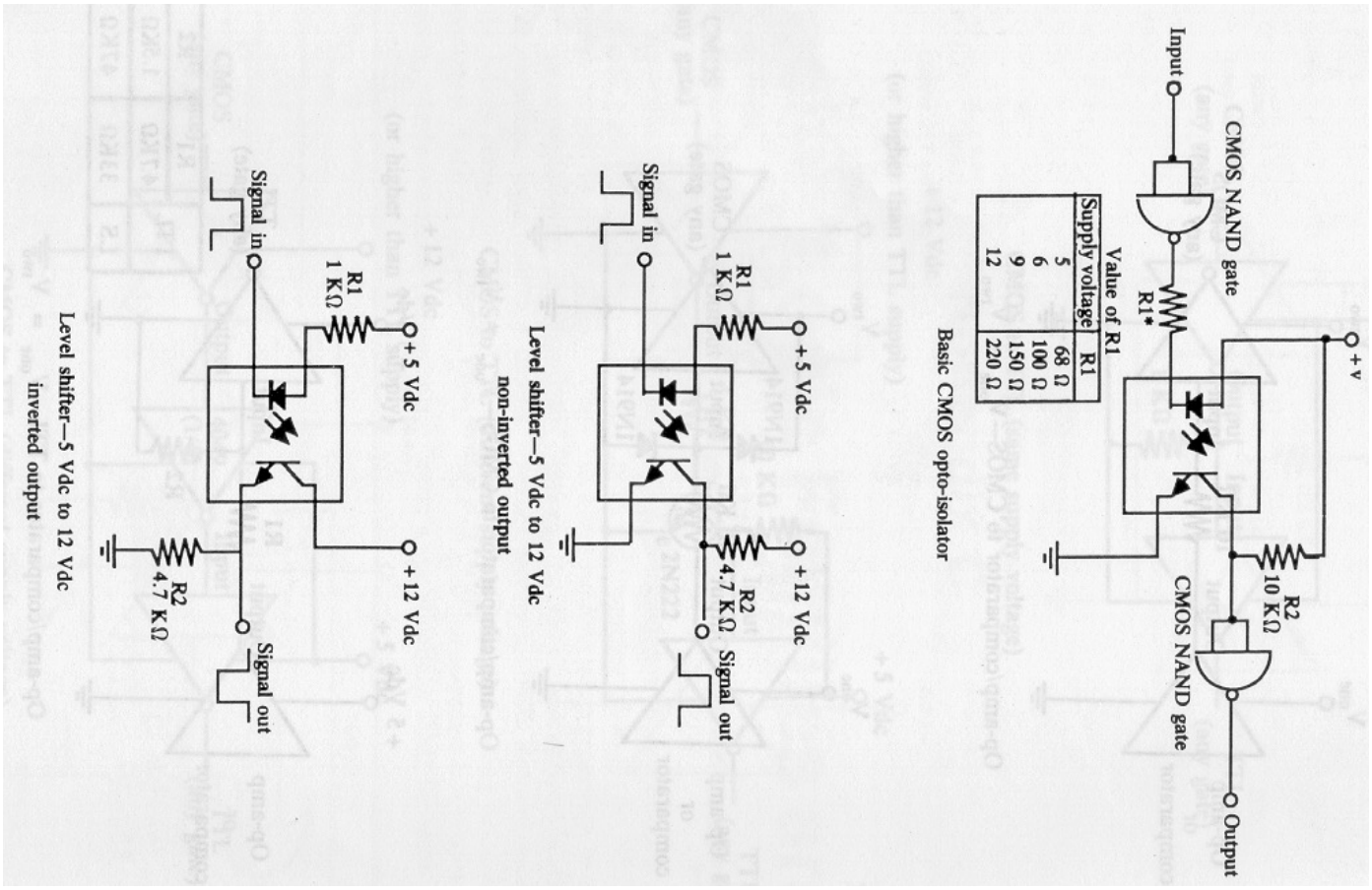
CIRCUITOS PARA INTERFACE:
CMOS-TTL



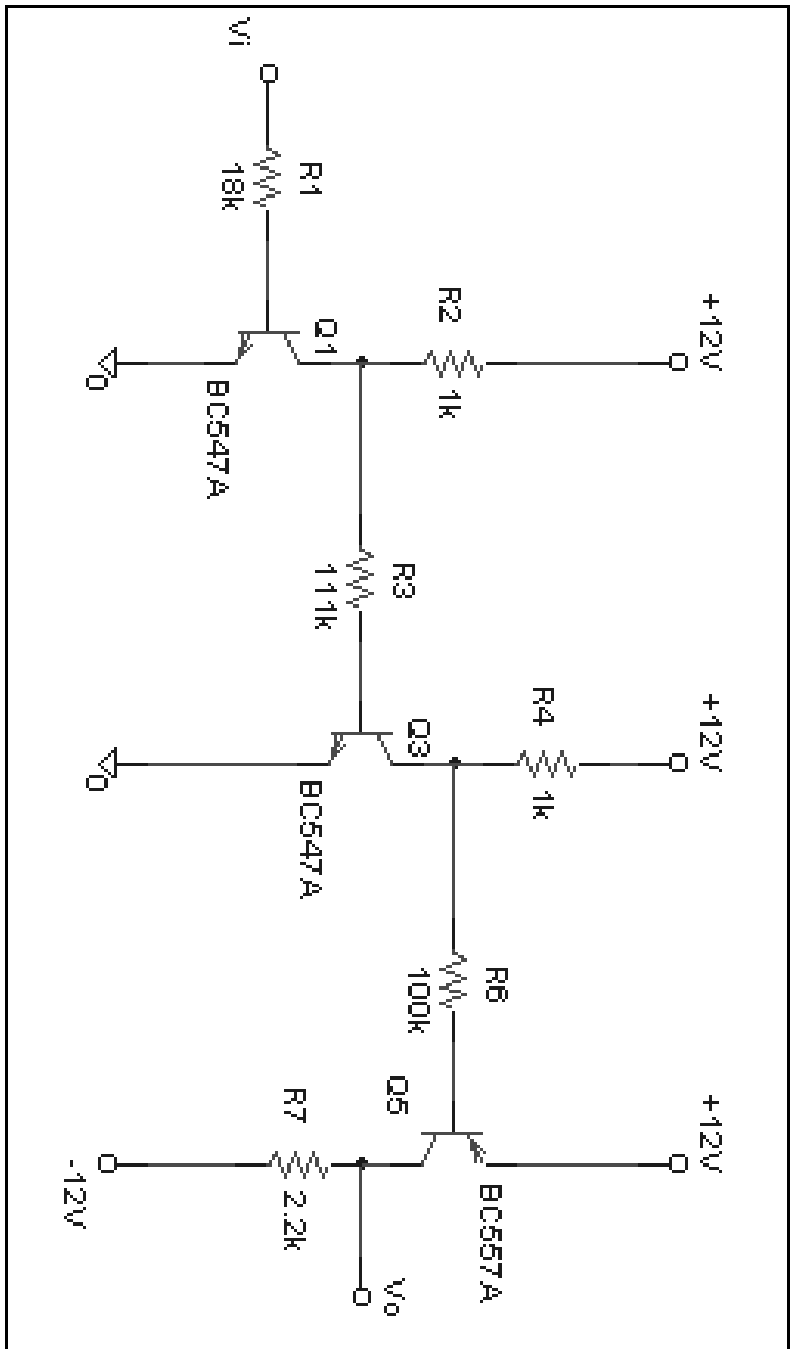
CIRCUITOS PARA INTERFACE:
AMP. OP. - CMOS/TTL



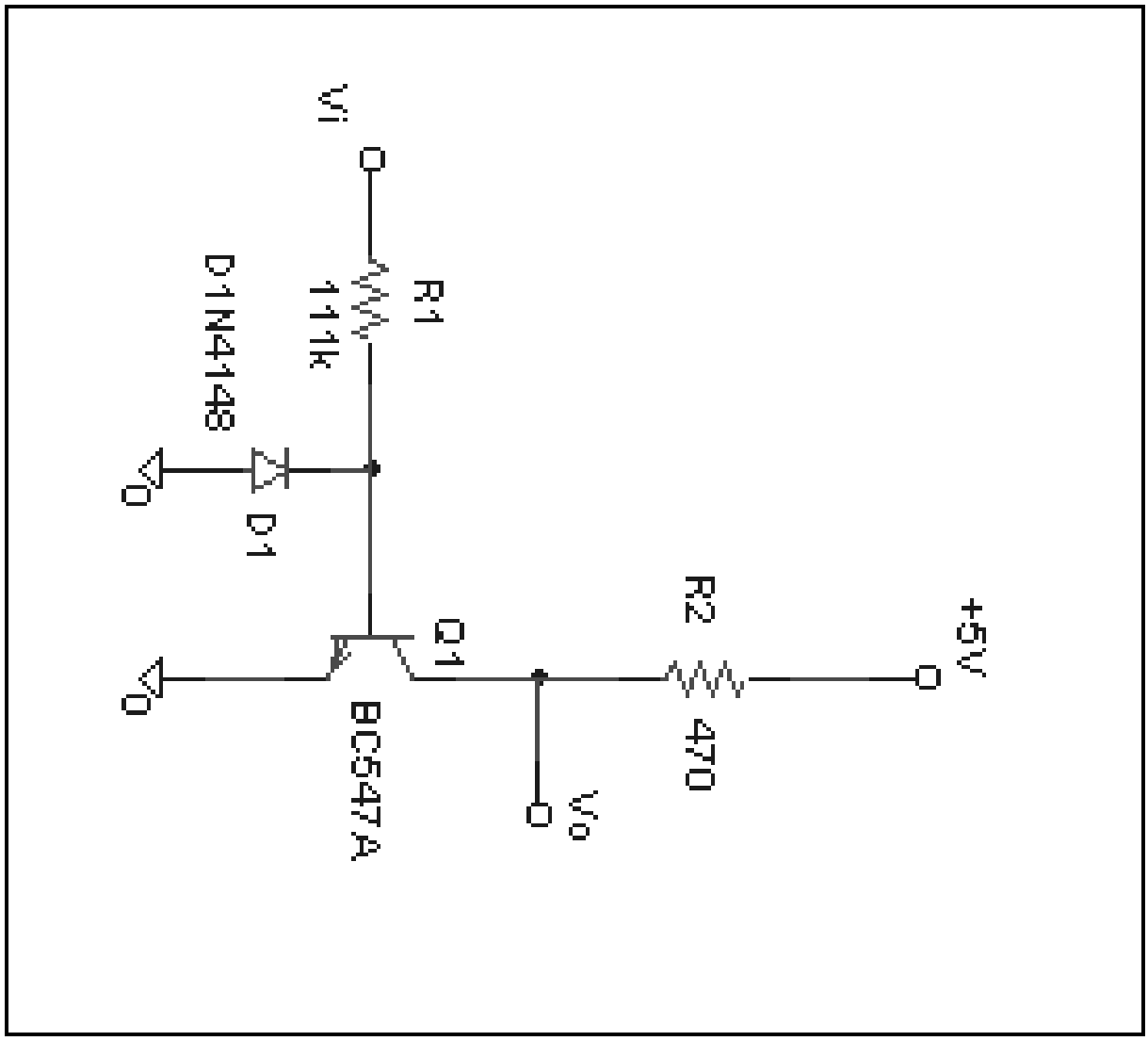
CIRCUITOS PARA INTERFACE:
ACOPLADOR ÓTICO



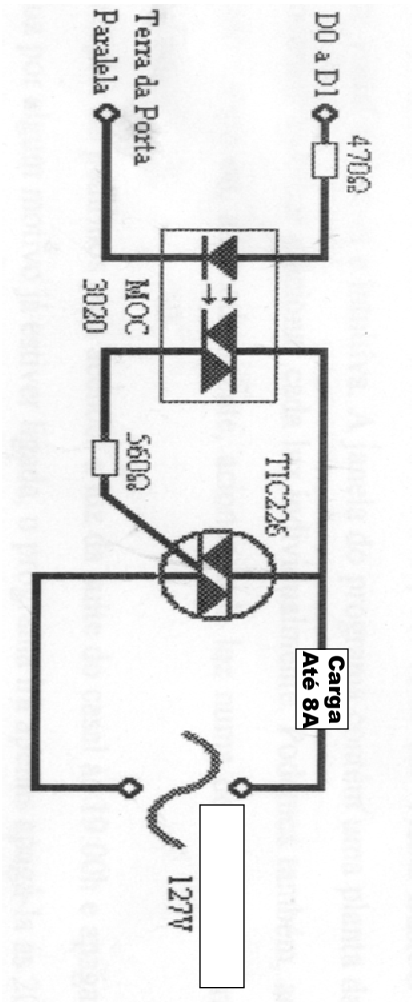
CIRCUITOS PARA INTERFACE: TTL-RS232

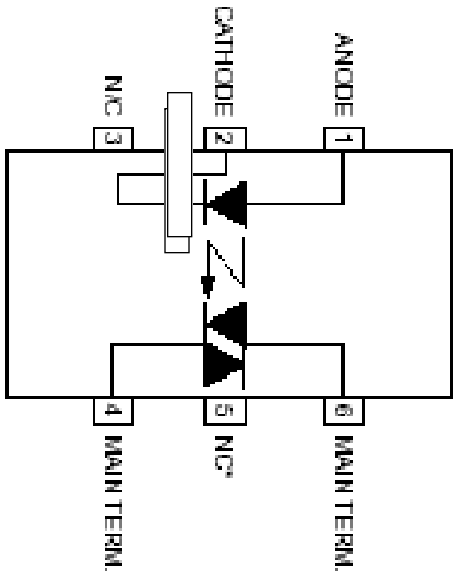


CIRCUITOS PARA INTERFACE:
RS232-TTL

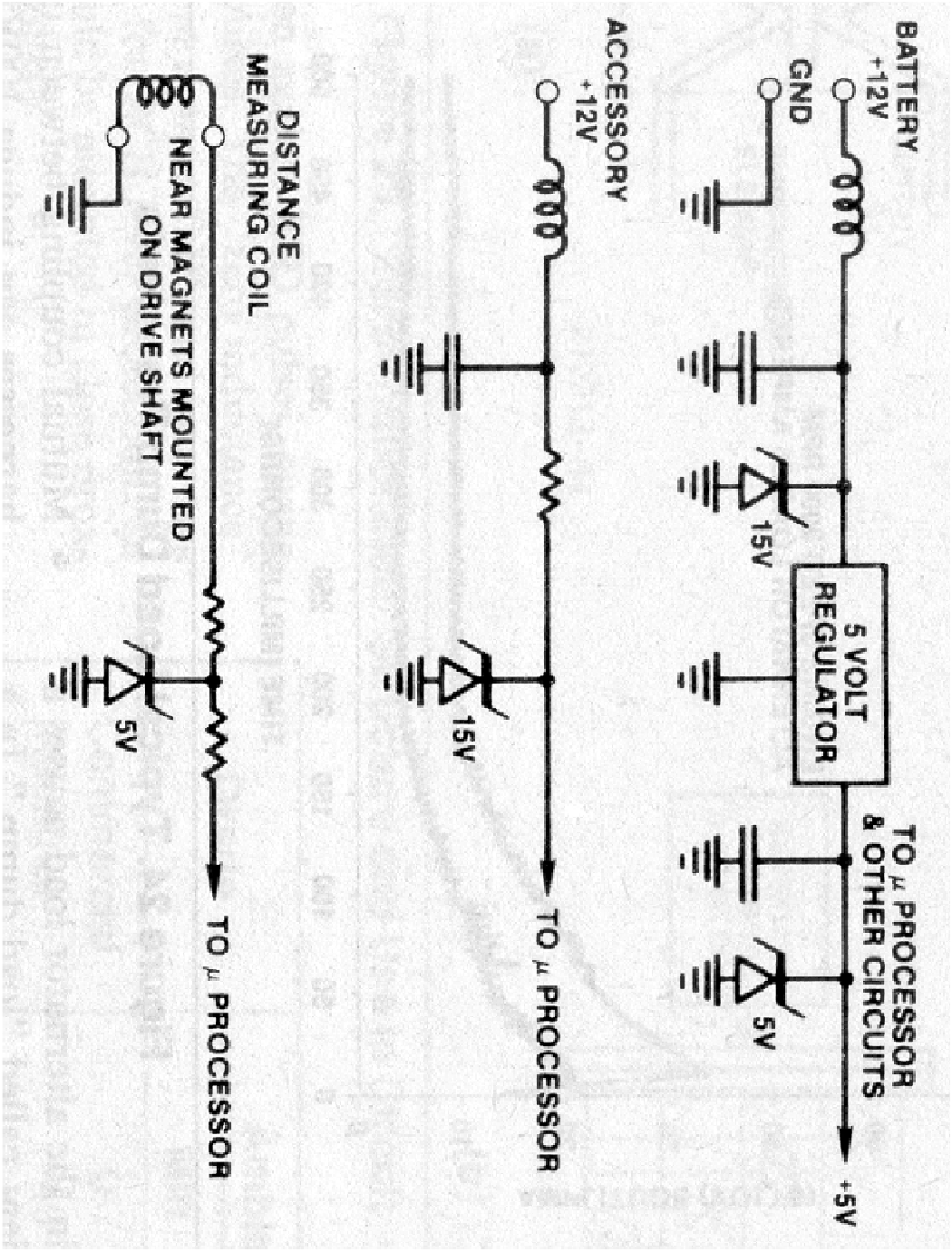


INTERFACE C/ LPT USANDO MOCs (isoladores óticos com TRIACs):





CIRCUITOS PARA INTERFACE:
Bateria de Automóvel



Sensores, Motores, Baterias, etc

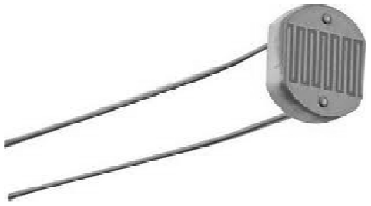
Prof. Dr. Teodiano Freire Bastos Filho

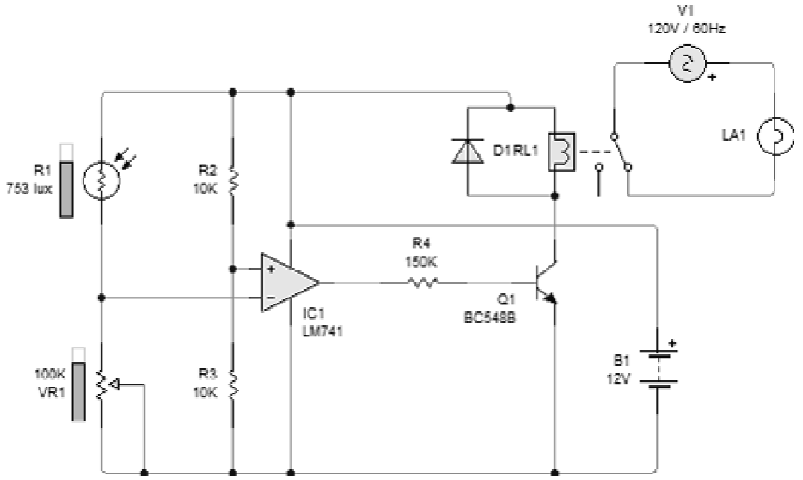
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

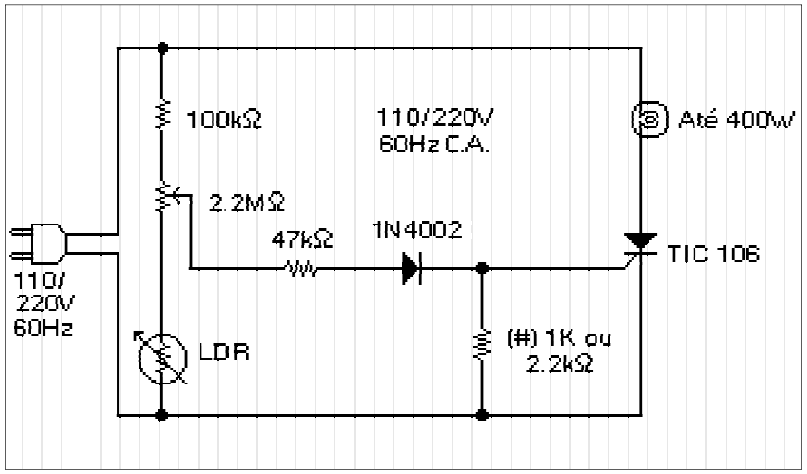
Vitória-ES

Exemplo de Uso de Fotoresistor (LDR)
- Sensor de Luz -

- Vídeo



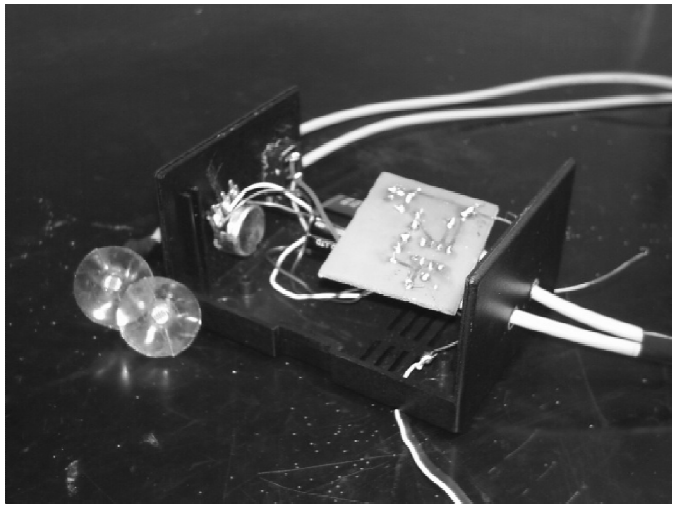




Simulação do circuito usando o MicroSim

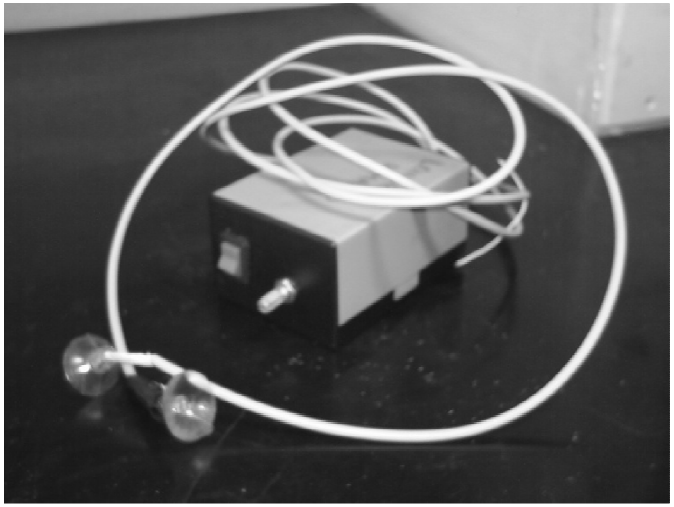
Exemplo de Uso de Fotoresistor (LDR)
- Sensor de Luz -

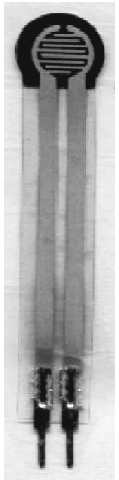
■ Vídeo



- Alerta de carro mal estacionado, usando sensor de luz (LDR)

■ Vídeo

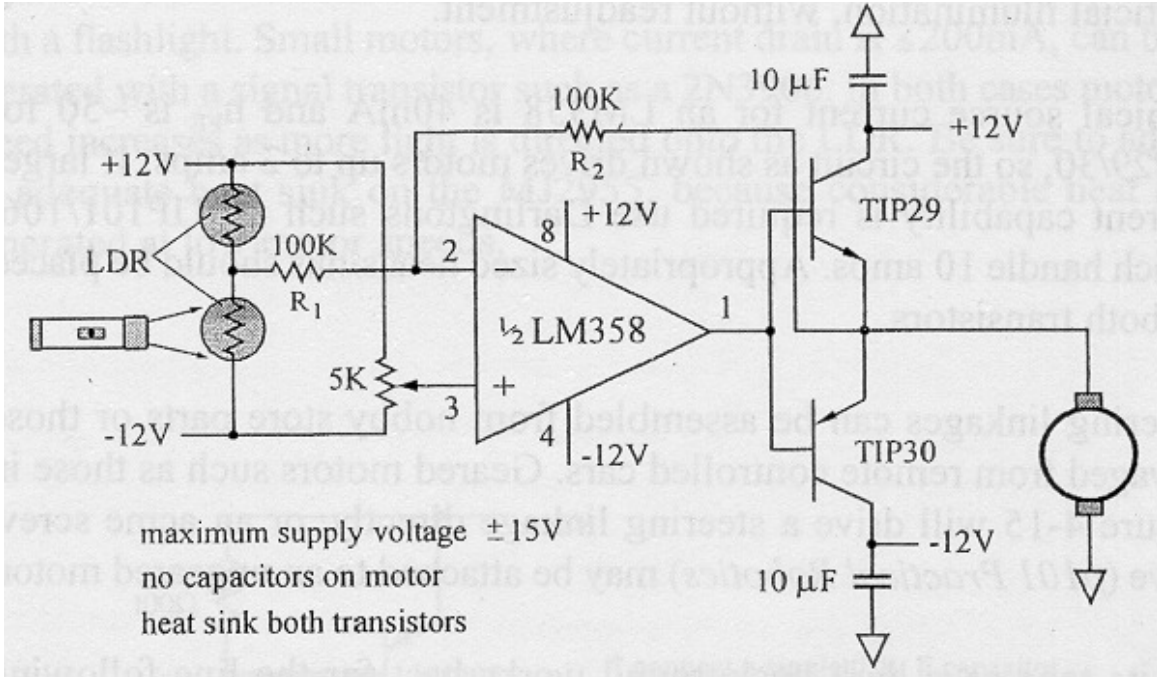


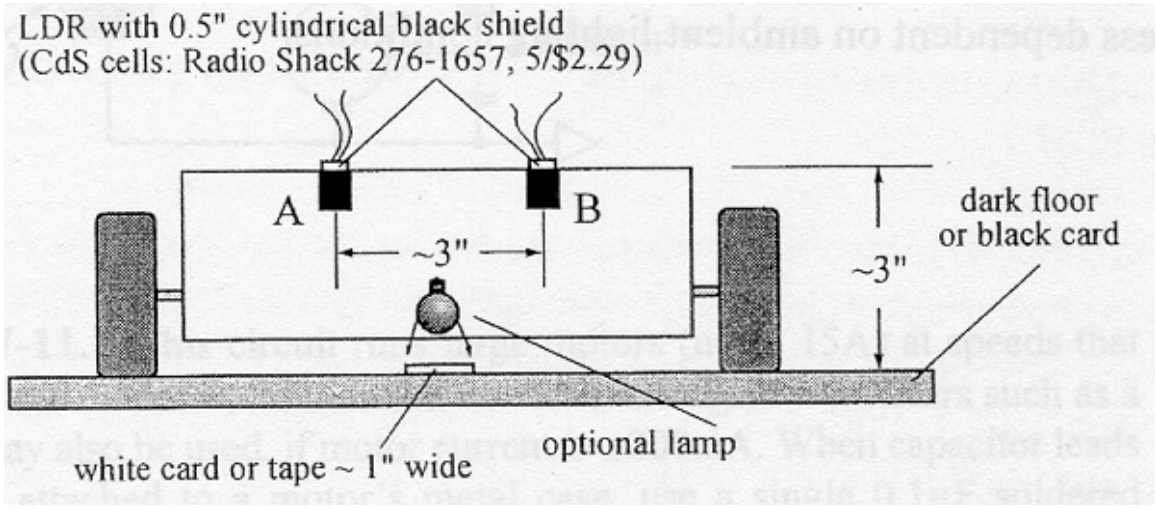


- Alerta de carro mal estacionado, usando sensor de luz (LDR) e sensor de força (FSR)

Exemplo de Uso de Fotoresistor (LDR)
- Seguir Fonte de Luz -

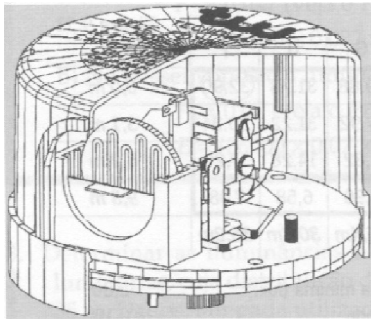
- Vídeo
- Vídeo
- Vídeo
- Vídeo
- Vídeo

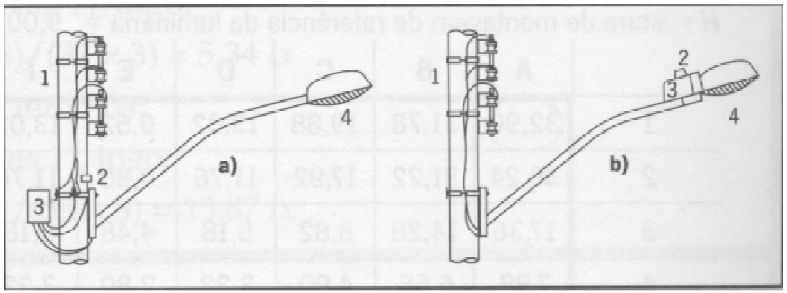




Controle Fotelétrico da Iluminação Pública

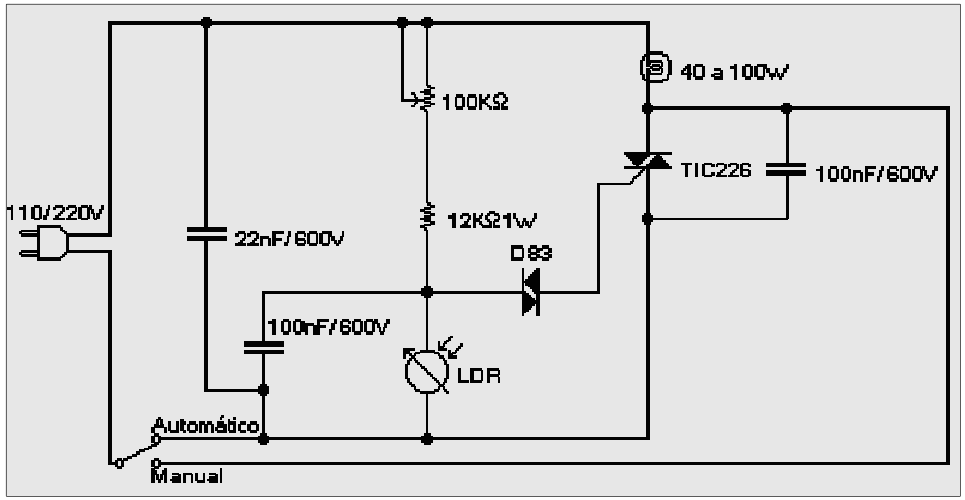
- As lâmpadas dos postes da iluminação pública são comandadas por uma fotocélula (geralmente um fotoresistor LDR) sensível à luz. Tem a finalidade de acionar um contato todas as vezes que houver uma variação na iluminância natural superior àquela para a qual foi calibrado
- O controle fotoelétrico deverá ser montado em local apropriado (de preferência na parte superior das luminárias) com o sensor de luz voltado para o sul (nas luminárias montadas nos países do hemisfério sul), de modo a evitar a incidência direta dos raios solares sobre o sensor de luz
- Pode ser montado no poste de iluminação ou preferencialmente na própria luminária





Exemplo de Uso de Fotoresistor (LDR)
- Sensor de Luz -

■ Vídeo

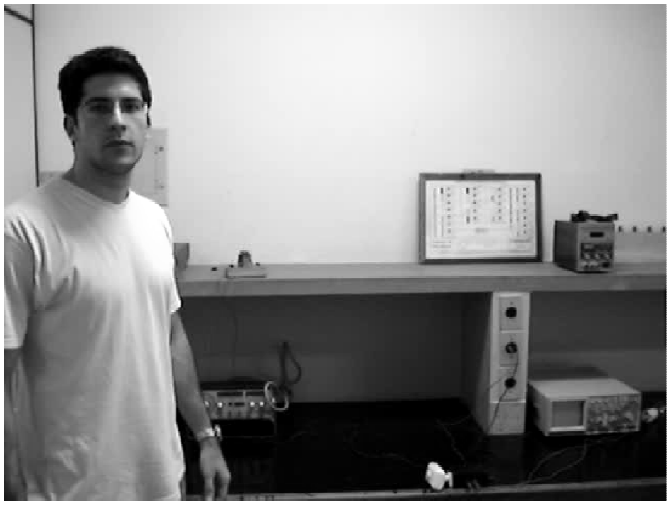


- Este circuito pode operar com um sensor de presença
- Se o LDR for substituído por um potenciômetro, tem-se um *dimmer*
- Pode-se economizar mais de 30% em gasto com energia elétrica

Simulação do circuito usando o MicroSim

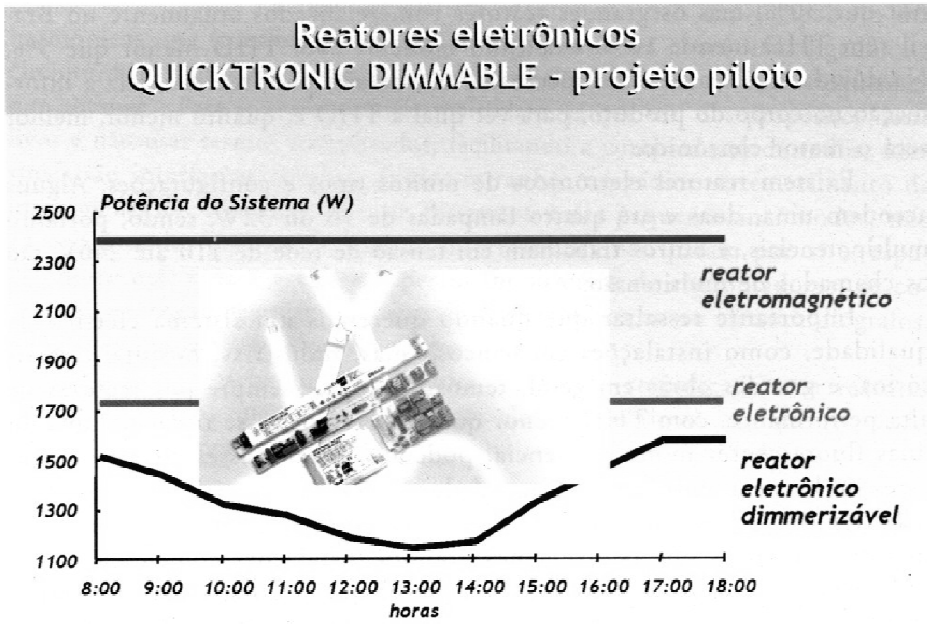
Exemplo de Uso de Fotoresistor (LDR)

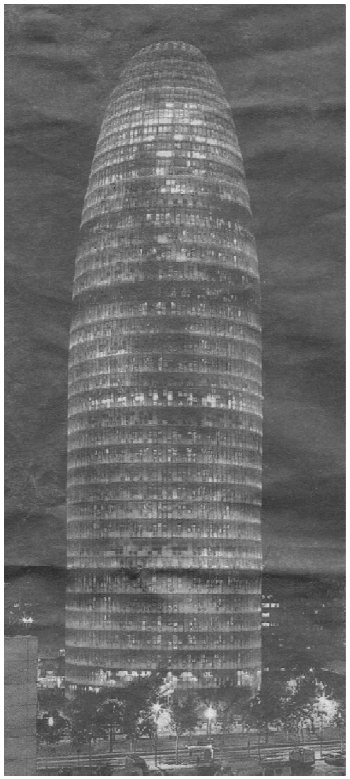
- Sensor de Luz -



Torre de Luz (com Sensor de Luz) para Lâmpadas Incandescentes

Reator Eletrônico Dimerizável (com Sensor de Luz) para Lâmpadas Fluorescentes

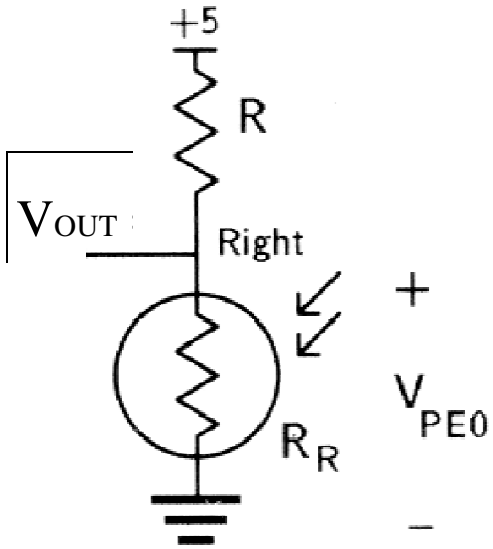




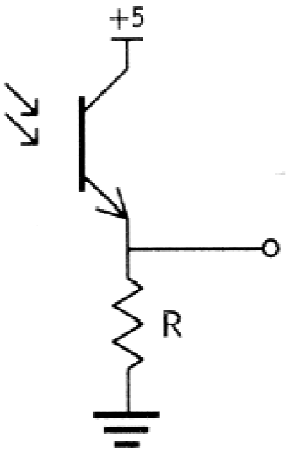
- São reatores eletrônicos que permitem o iluminamento necessário em determinado momento
- Quando associados com sensores de luz, tem-se o chamado "Sistema Inteligente de Iluminação": quando o ambiente estiver claro, a lâmpada reduzirá seu fluxo luminoso; quando for escurecendo, a lâmpada fará a complementação da luz natural, até se acender completamente à noite

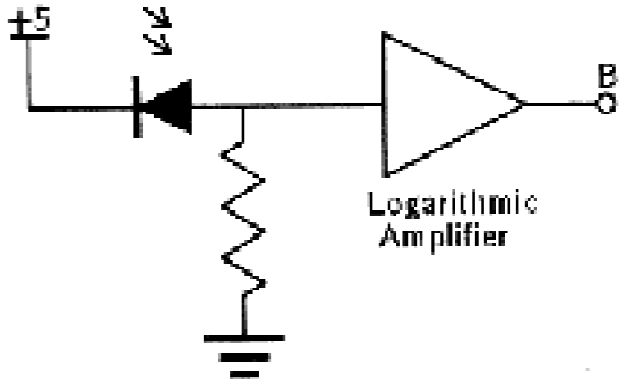
Fotoresistor, Fotodiodo, Fototransistor

- Permitem acionar equipamentos, na presença ou ausência de luz, ou que um robô possa se deslocar em direção a um fonte de luz, esconder-se em um lugar escuro, etc.



$$V_{OUT} = \frac{R_R}{R + R_R} \cdot 5$$

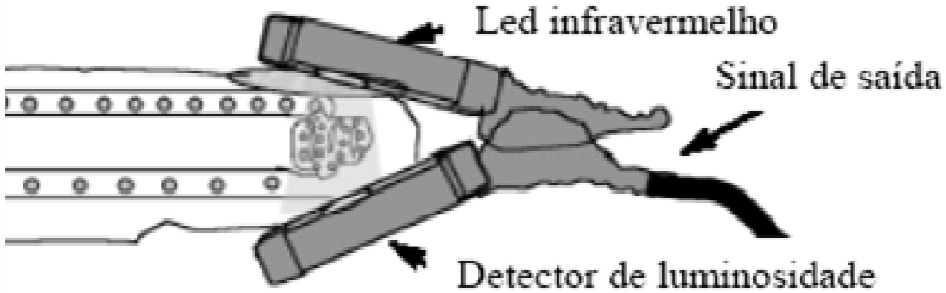




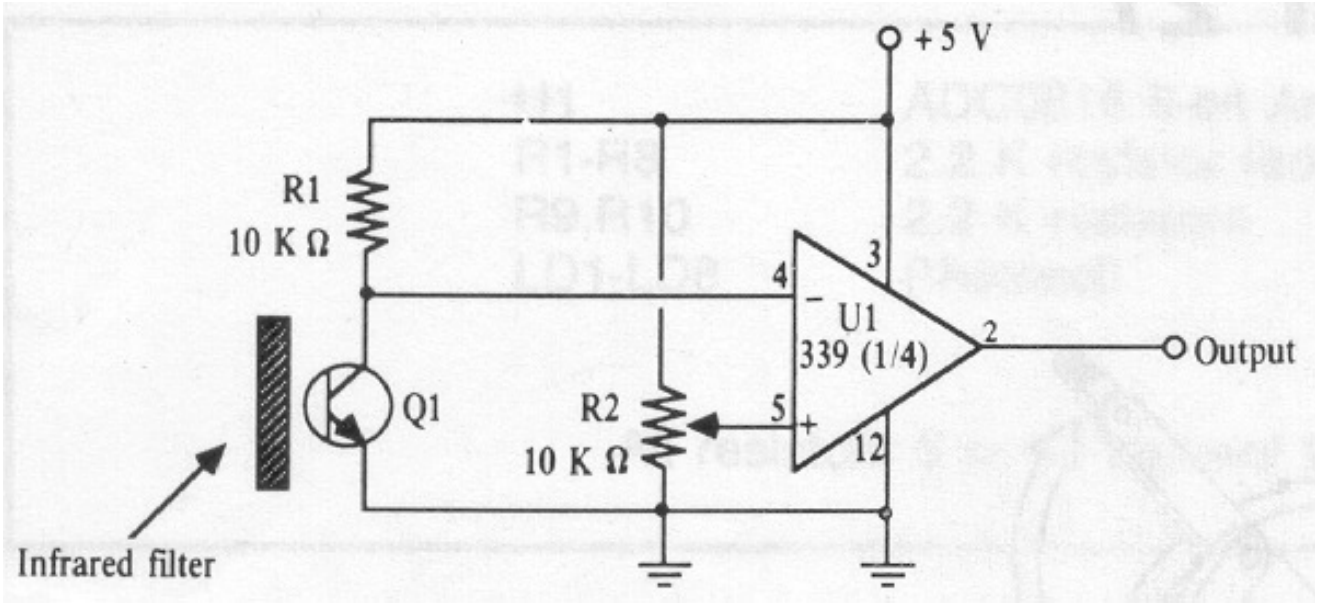
- Vídeo

Sensor de Batimento Cardíaco com LED e Fototransistor

- O fototransistor monitora o fluxo sanguíneo, baseado na variação da quantidade de sangue que circula pelos vasos, a qual interfere na intensidade luminosa que chega ao fototransistor
- Quanto maior a quantidade de sangue no vaso sanguíneo, menor será a quantidade de luz que chega ao fototransistor, já que o sangue funciona como um obstáculo à passagem da mesma



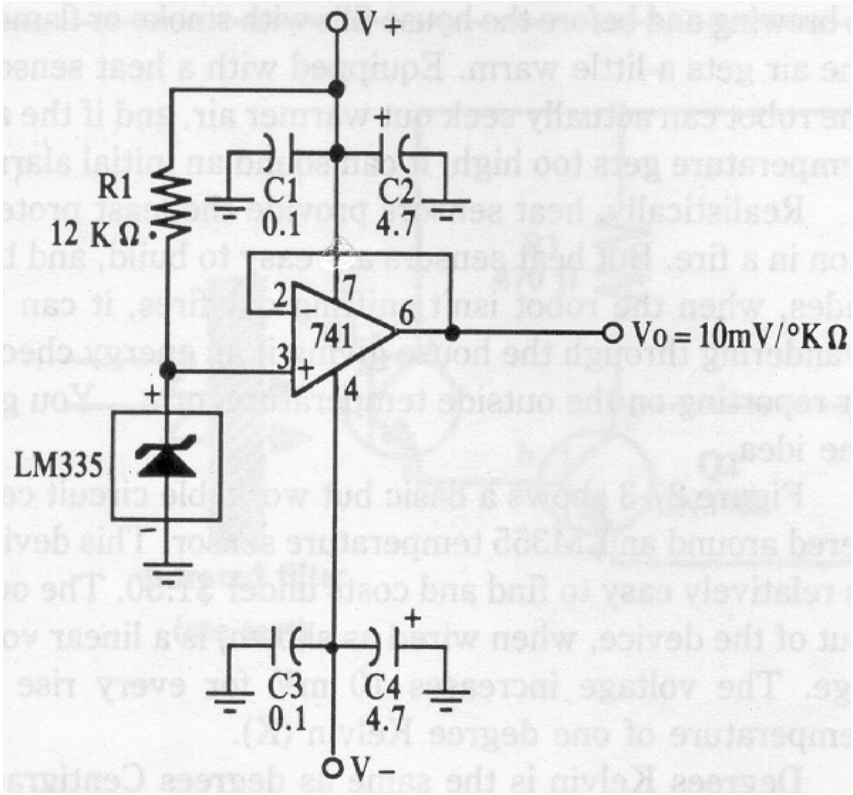
Exemplo de Uso de Fototransistor
- Sensor de Fogo -

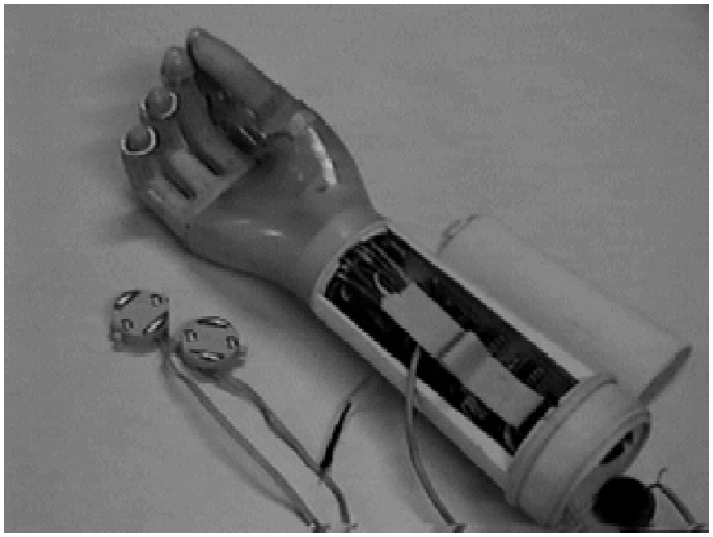


Sensor de Chuva e Umidade

Sensor de Temperatura

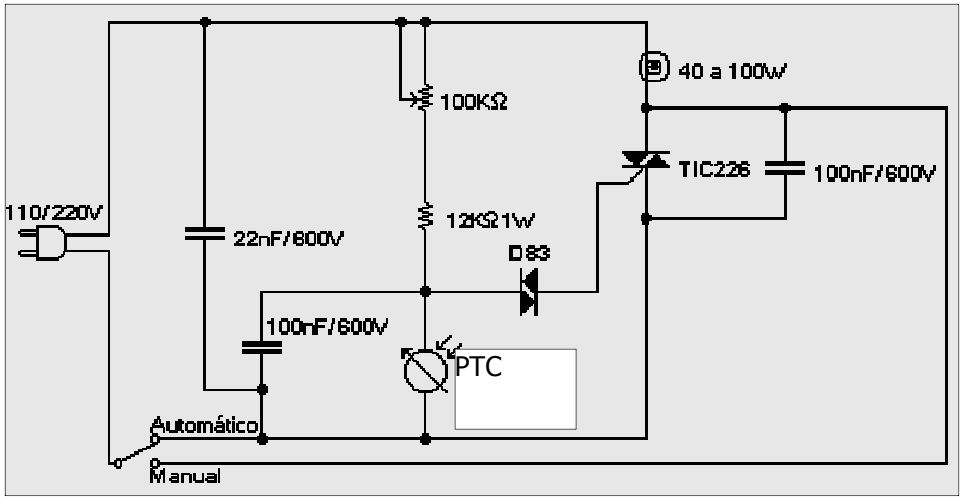
- Permite o monitoramento da temperatura ambiente (família LM35)
- Alguns chips de acionamento de motores já vêm com sensores de alta temperatura embutidos





- Vídeo
- Vídeo
- Vídeo

Exemplo de Uso de Termistor (NTC ou PTC)
- Sensor de Temperatura -

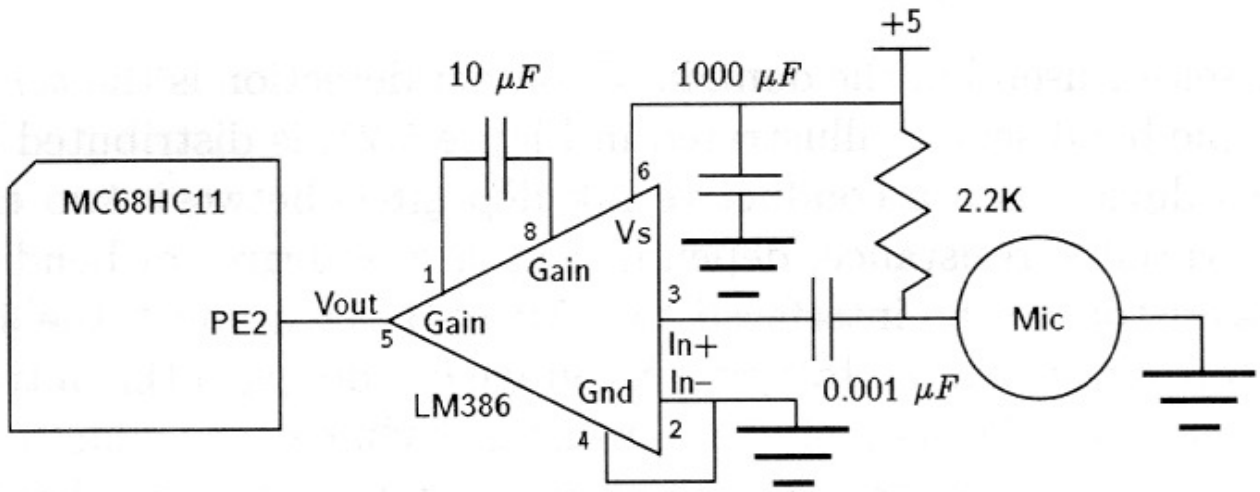


■Vídeo

- Este circuito controla a velocidade de giro (potência) de um ventilador em função da temperatura ambiente

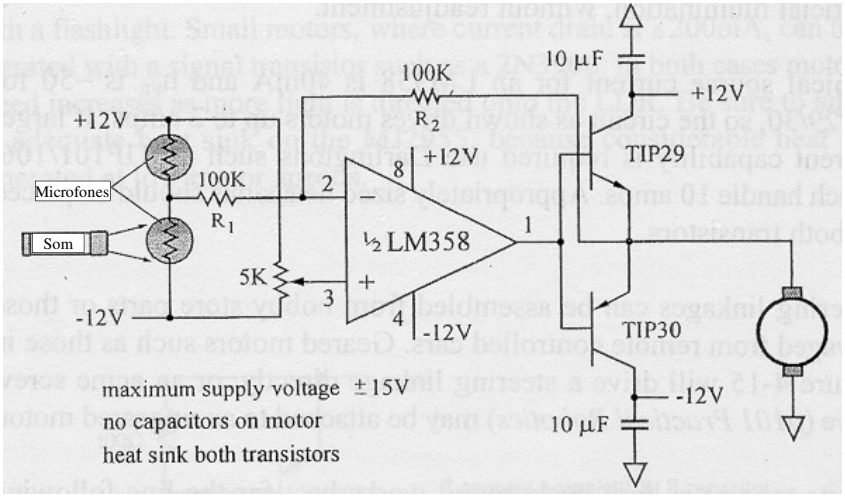
Sensor Acústico: Microfone

- São dispositivos que transformam energia mecânica (som) em energia elétrica (tensão)
- Permite que um sistema:
  - mova-se em direção a um ruído
  - atenda a um determinado som padrão
  - localize a posição de uma fonte sonora em um ambiente
- Uso em alarme sonoro e amplificador de áudio



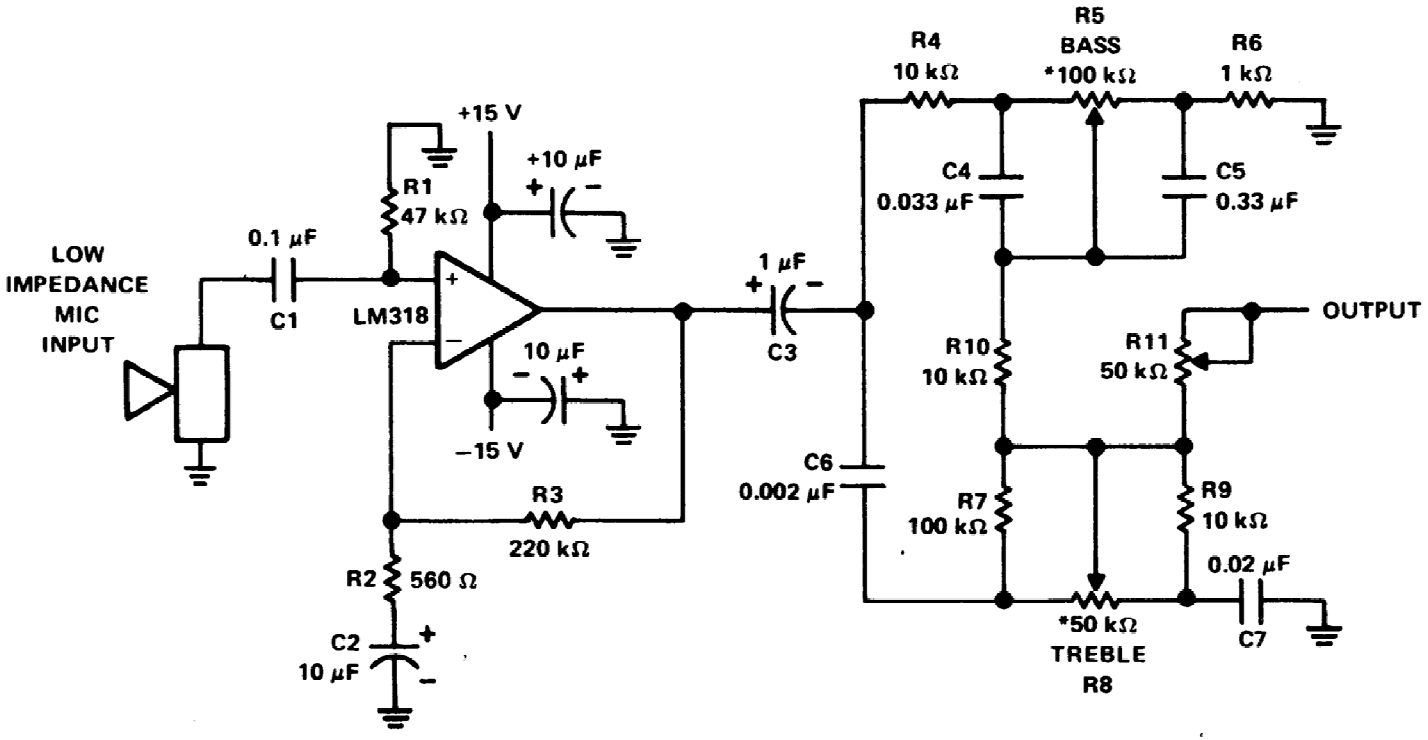
Microfone: Exemplo de Aplicação

- Sensor de Som Diferencial



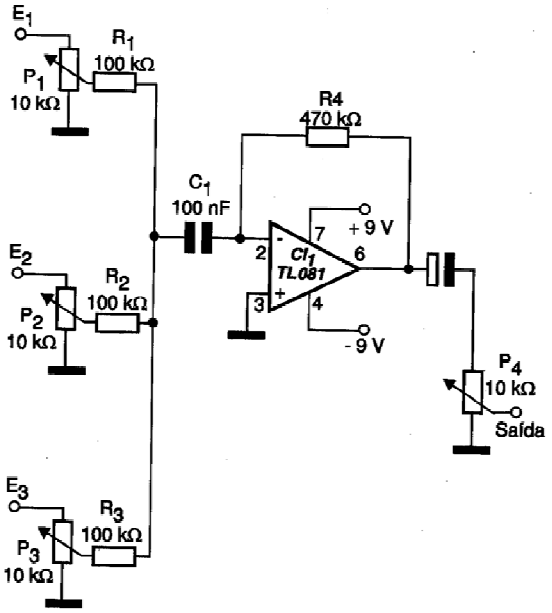
Microfone: Exemplo de Aplicação

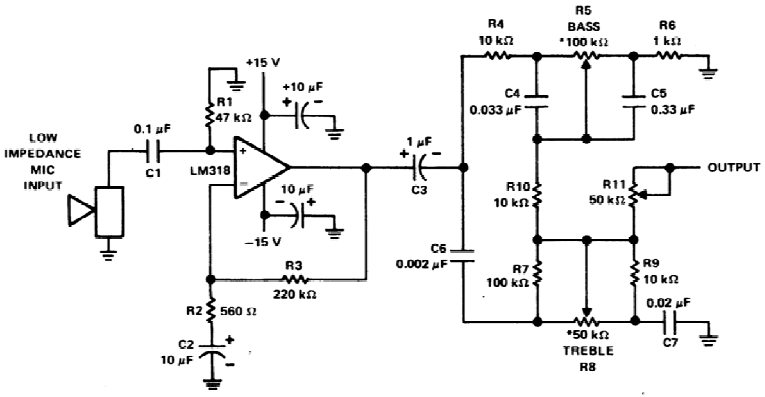
- Pré-amplificador para microfone, com freqüência de corte inferior de 30 Hz e ganho em banda média de 50 dB
- Possui controle de grave e agudo



■Vídeo

Exemplo de Aplicação: Misturador de Três Canais (Mixer) com Ajuste de Grave e Agudo





Exemplo de Aplicação:
Oscilador + Somador (Misturador):
Gerador de Tons Acústicos

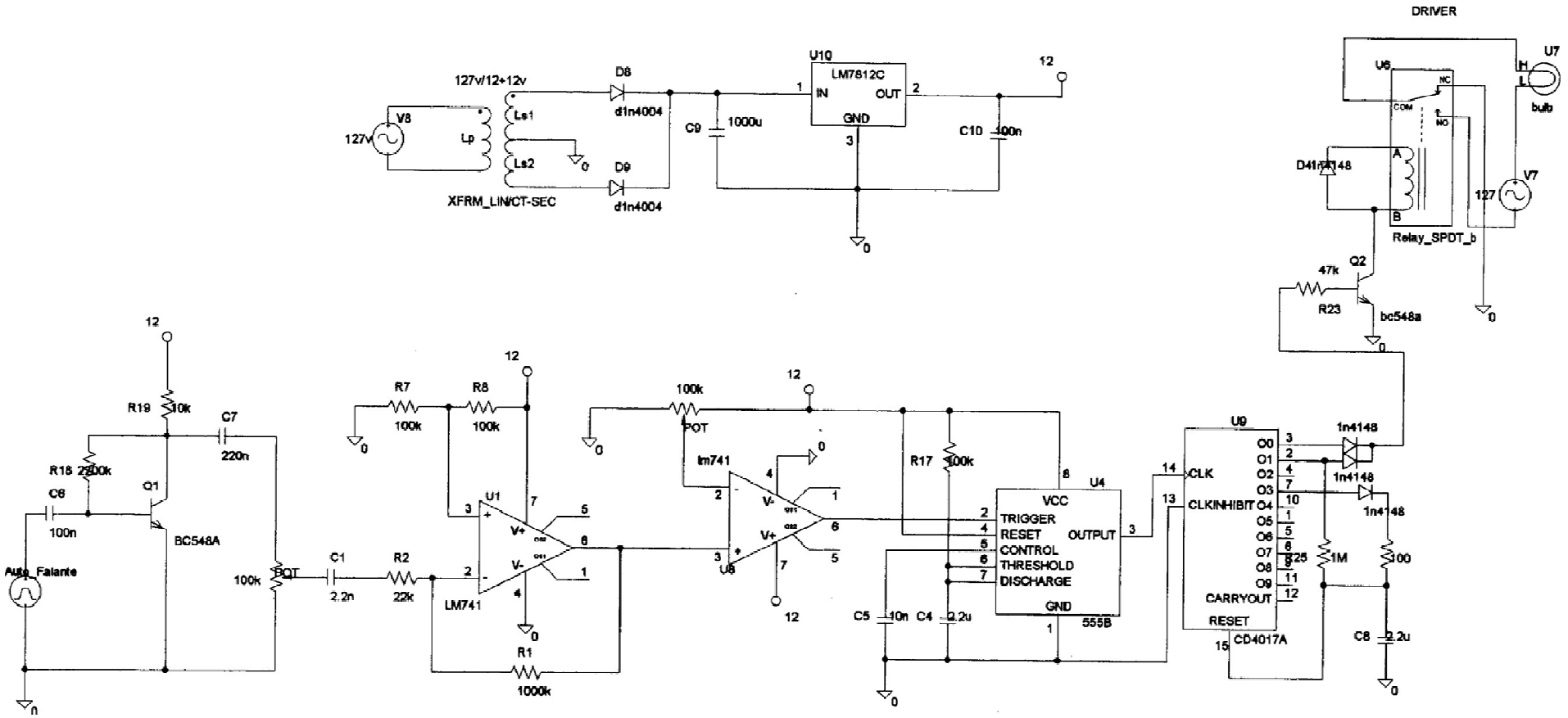
Teclado Musical: Dó: 261,63 Hz; Ré: 293,66 Hz; Mi: 329,63 Hz;
Fá: 349,23 Hz; Sol: 392 Hz; Lá: 440 Hz; Si: 493,88 Hz

- Vídeo

- Vídeo

Microfone: Exemplo de Aplicação

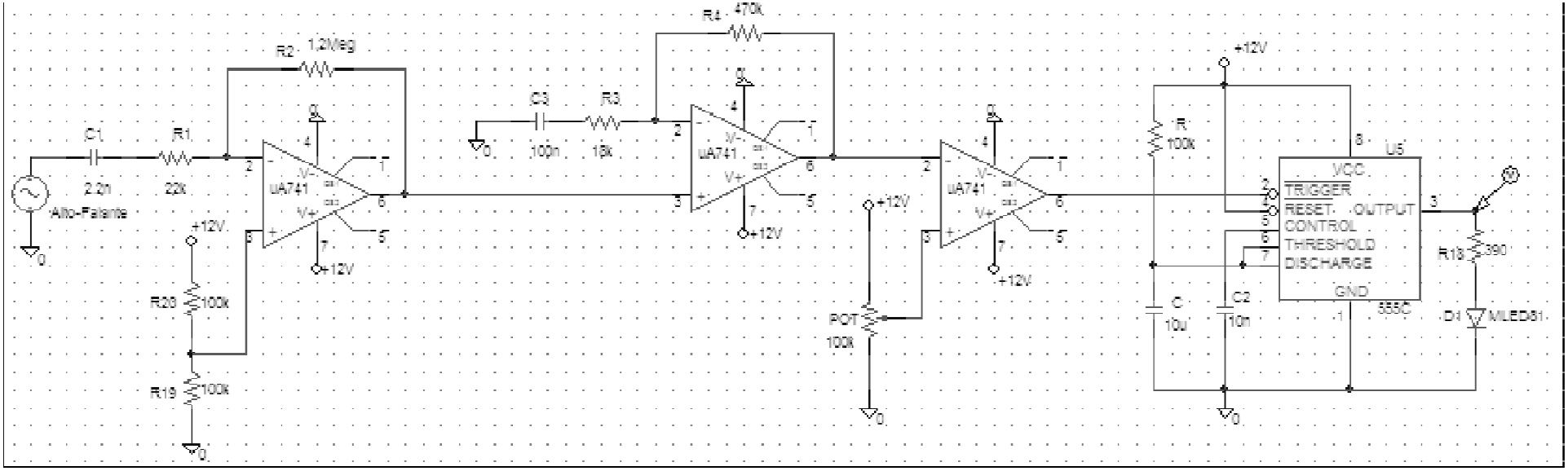
- Acionamento de Equipamentos por Palmas



■Vídeo ■Vídeo

Microfone: Exemplo de Aplicação

- Acionamento de Equipamentos por Palmas



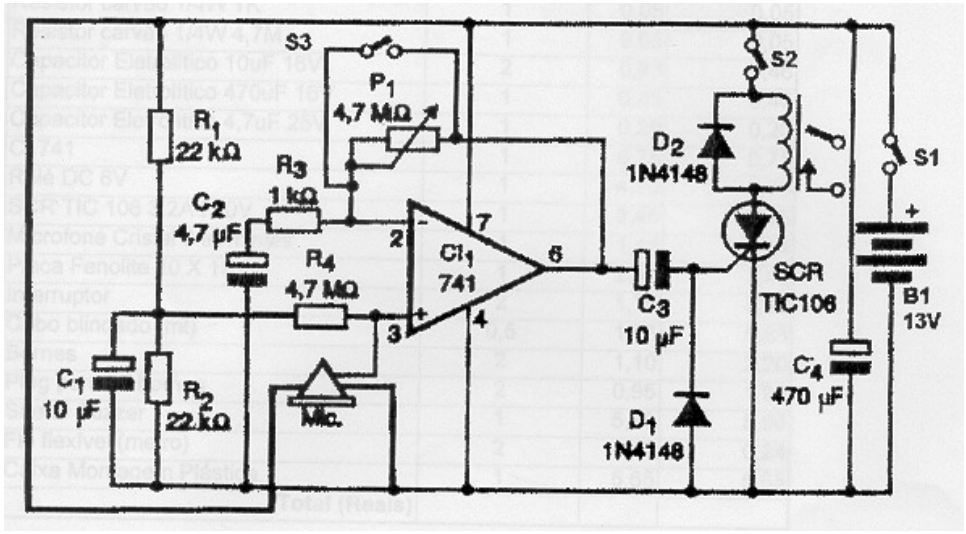
Microfone: Exemplo de Aplicação

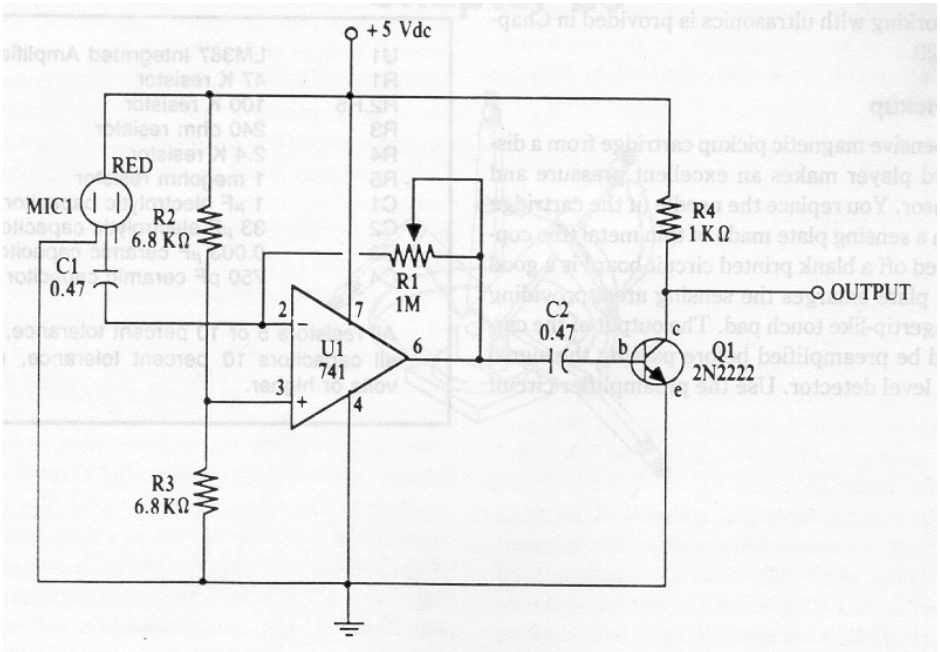
- Acionamento de Carrinho por Palmas

■Vídeo

Microfone: Exemplo de Aplicação

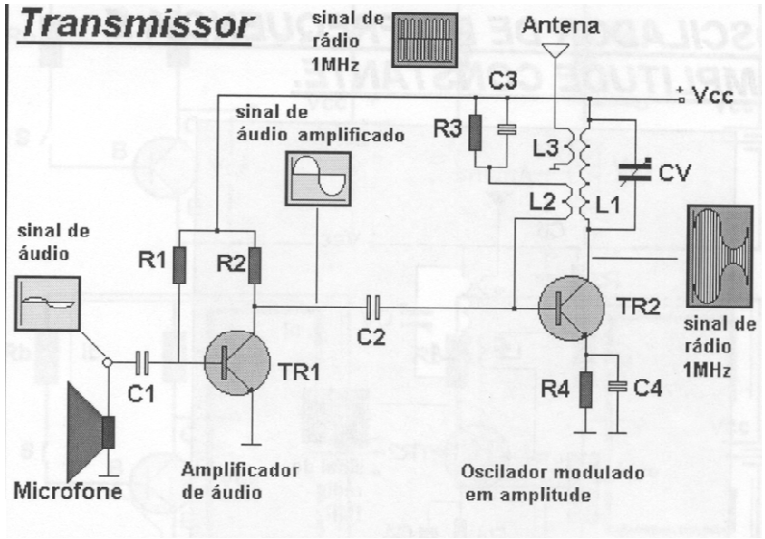
- Alarme sonoro

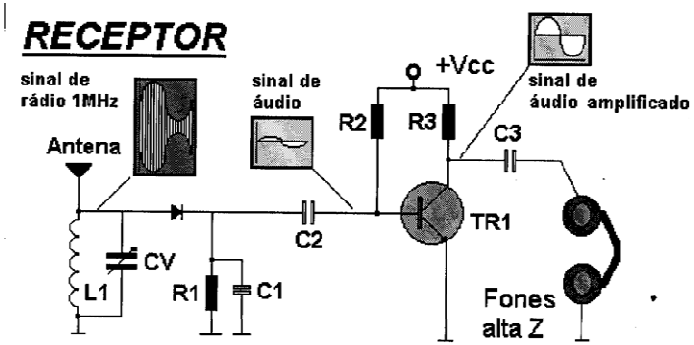




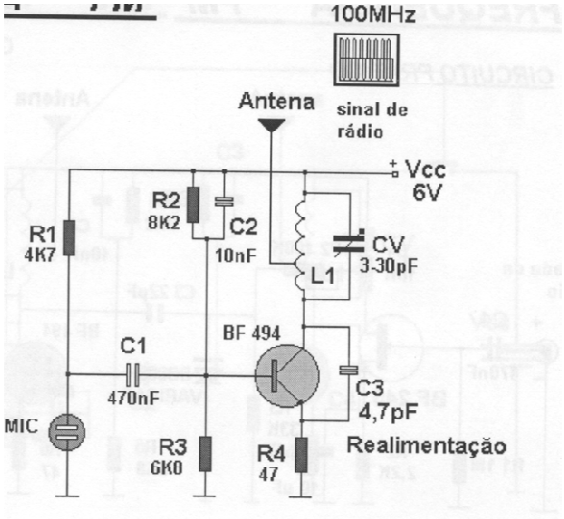
Microfone: Exemplo de Aplicação

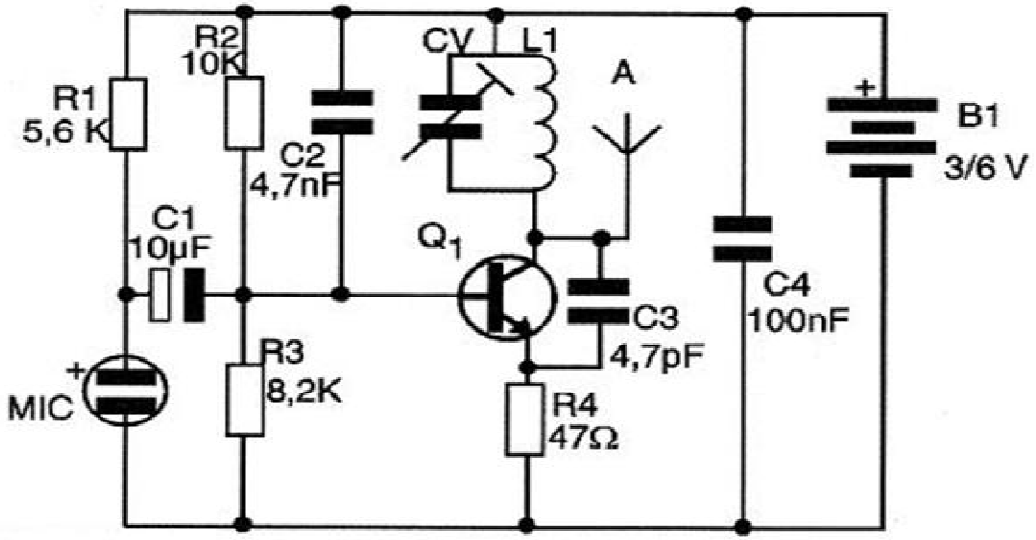
- Transmissor e Receptor AM





- Transmissor FM

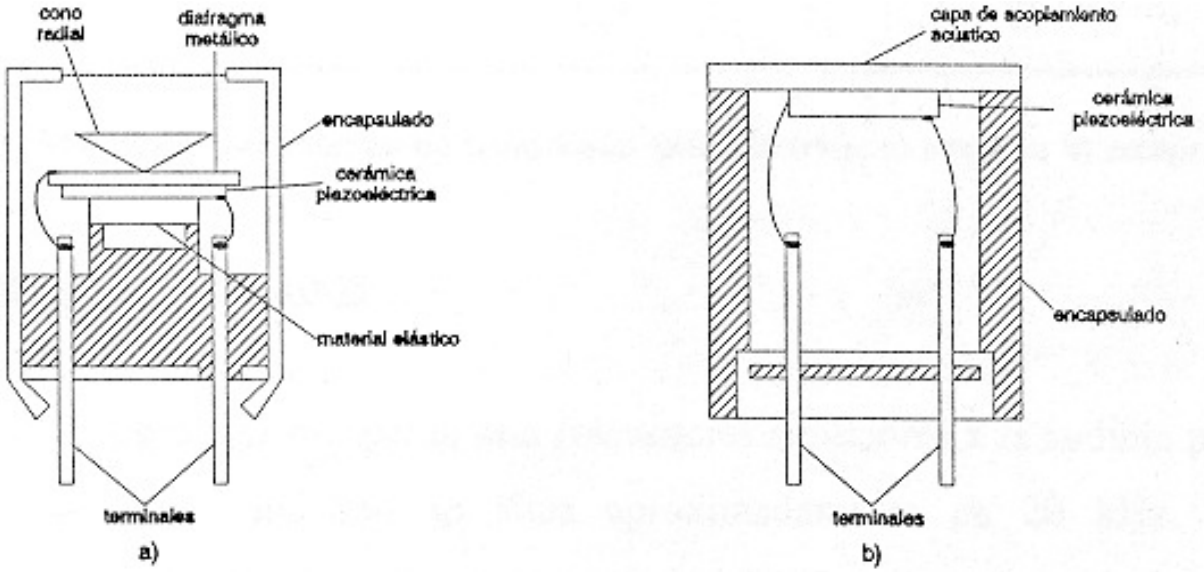




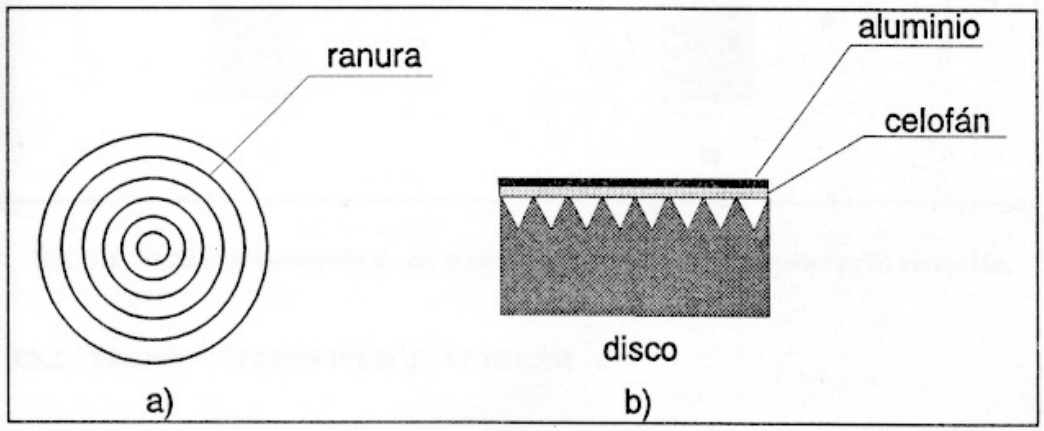
Sensor Acústico: Sensores de Ultrassom

- Podem proporcionar informação de distância, através da medida do tempo de vôo entre a excitação do transdutor e a recepção do eco
- Com esta informação, o robô pode detectar obstáculos, navegar em um ambiente, localizar objetos e construir mapas do ambiente onde opera
- Podem ser baseados no efeito piezelétrico ou eletrostático

Sensor Acústico: Sensores de Ultrassom

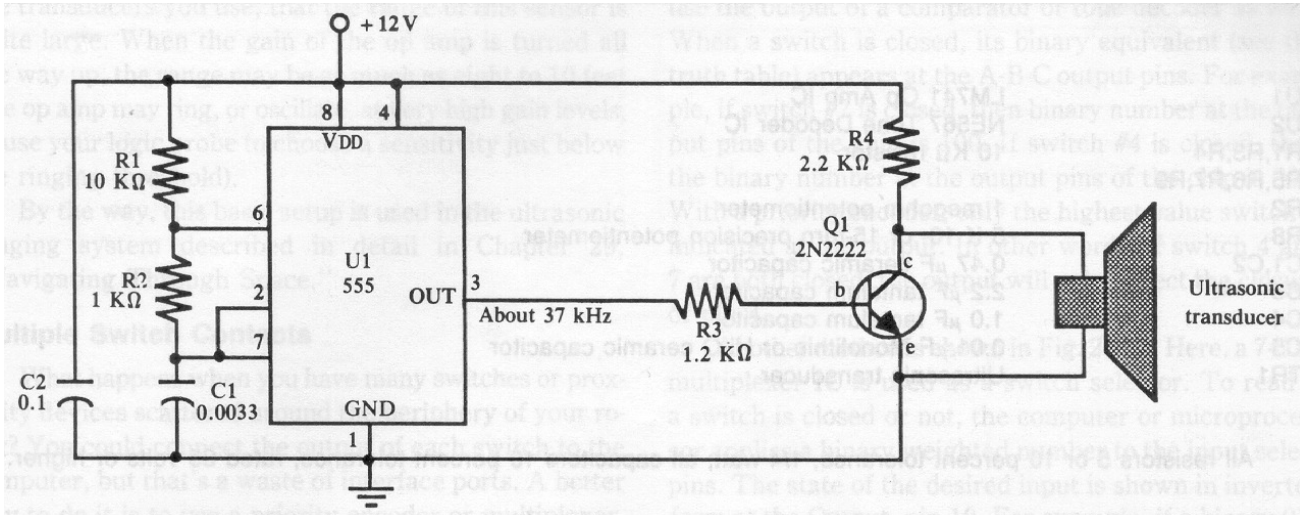


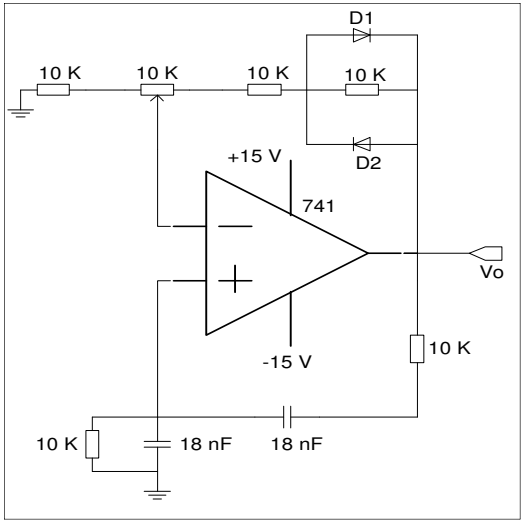
Transdutores Piezelétricos

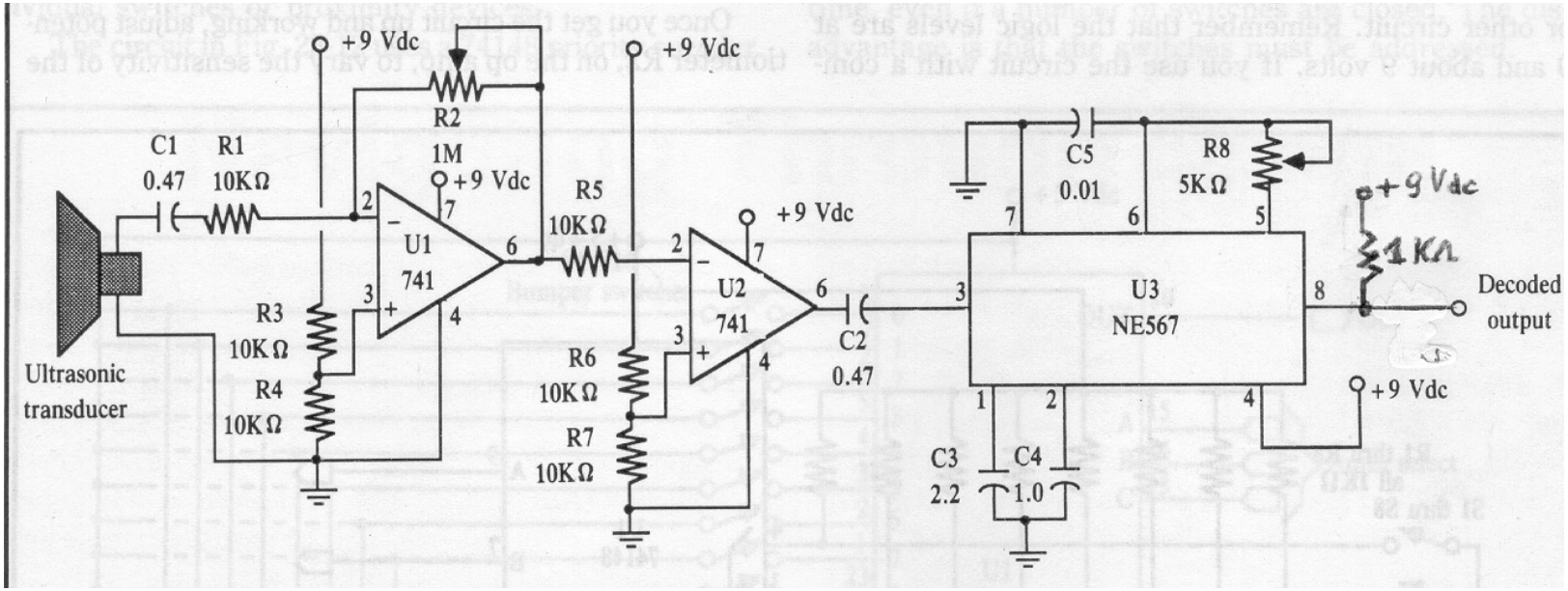


Transdutor Eletrostático

Sensor de Ultrassom: Exemplo de Aplicação

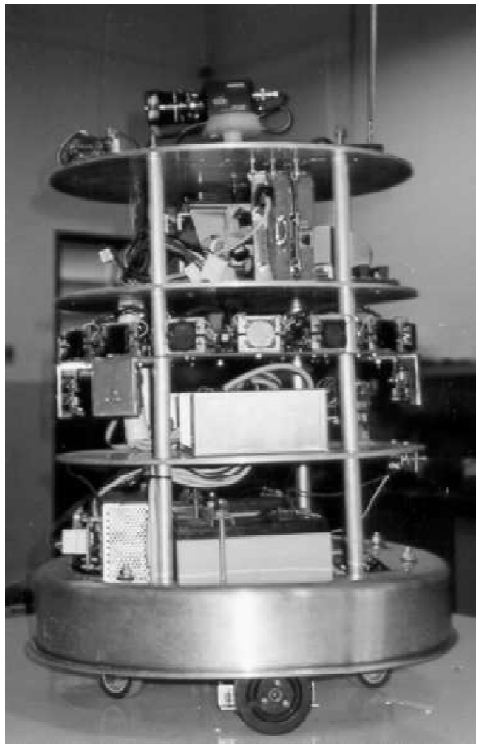






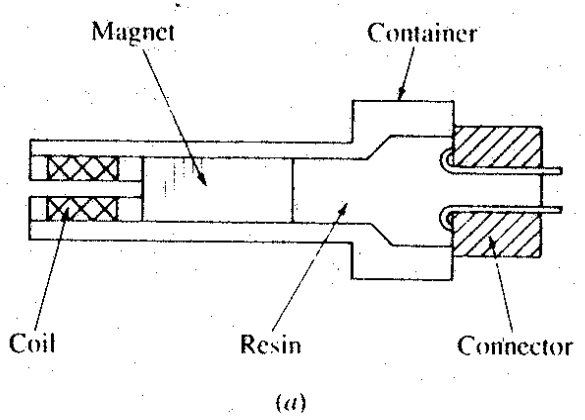
- Vídeo
- Vídeo
- Vídeo

Sensor de Ultra-Som: Exemplos de Aplicação

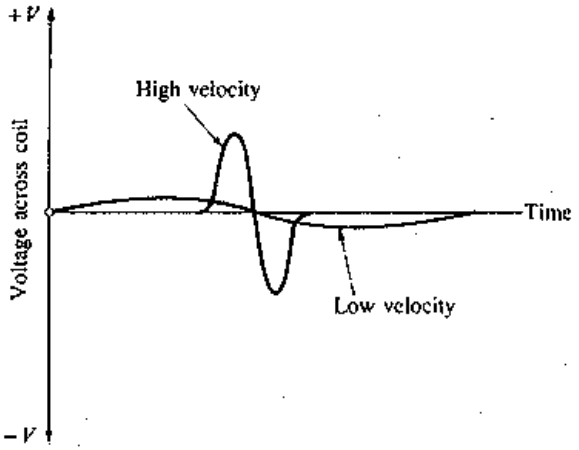


Sensores Magnéticos: Sensor Indutivo

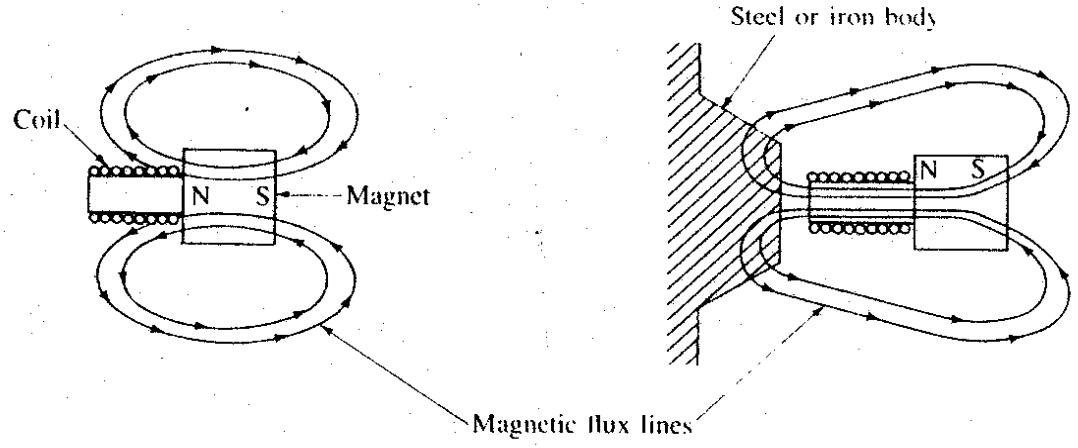
- Produzem uma variação na indutância na presença de objetos metálicos



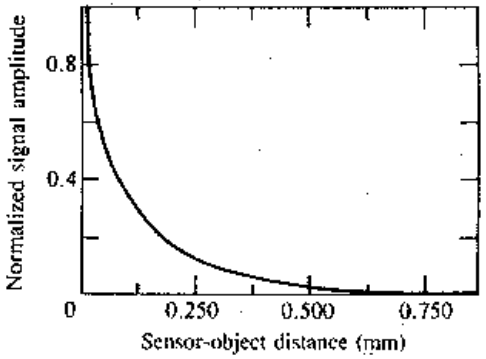
(a)



(a)

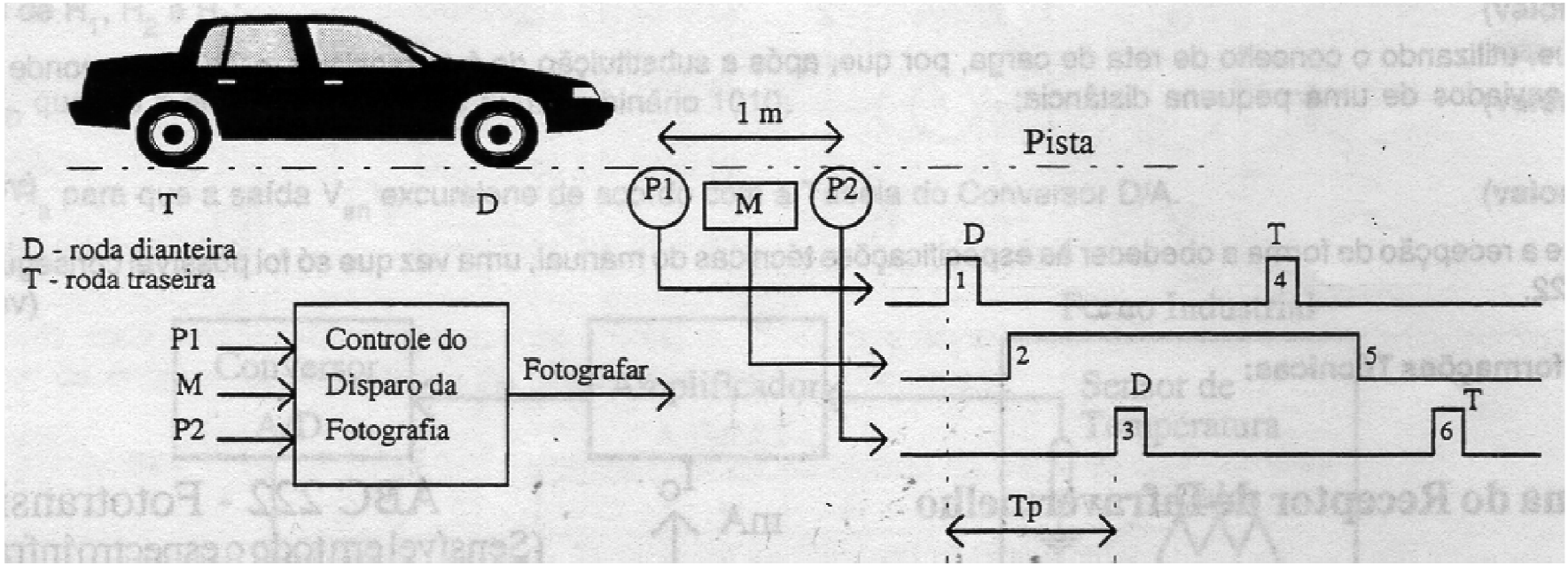


(b) (c)

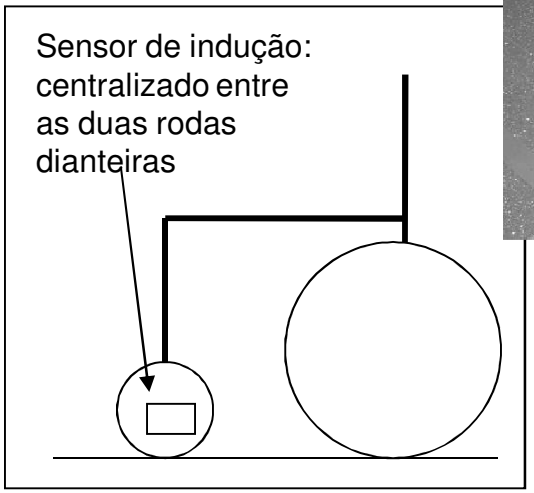


(b)

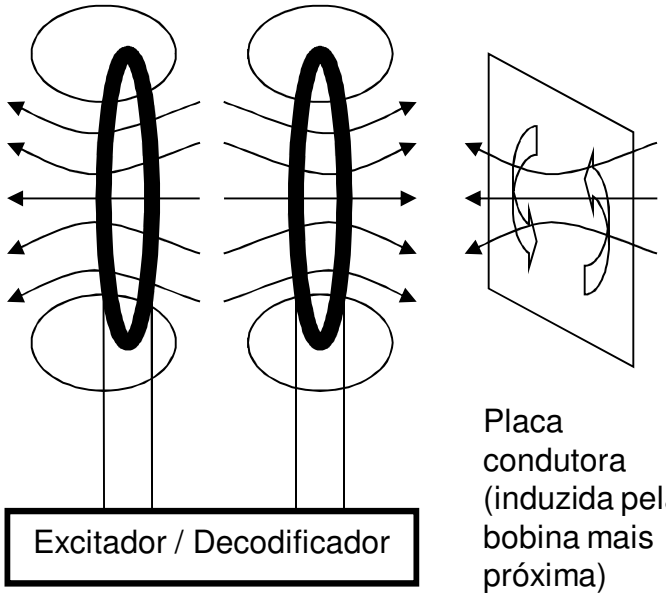
Sensor Indutivo: Exemplo de Aplicação



Sensor Magnético: Exemplo de Aplicação

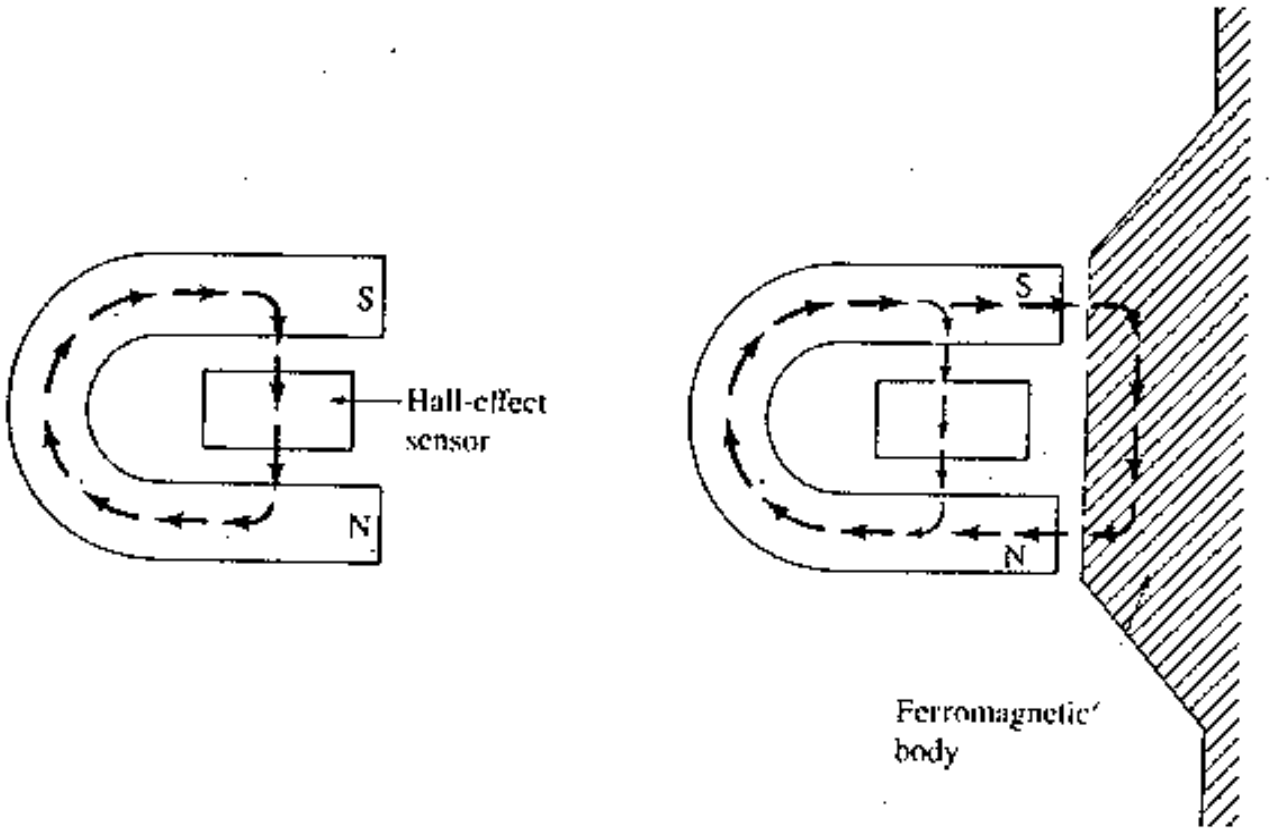


- Vídeo
- Vídeo
- Vídeo
- Vídeo



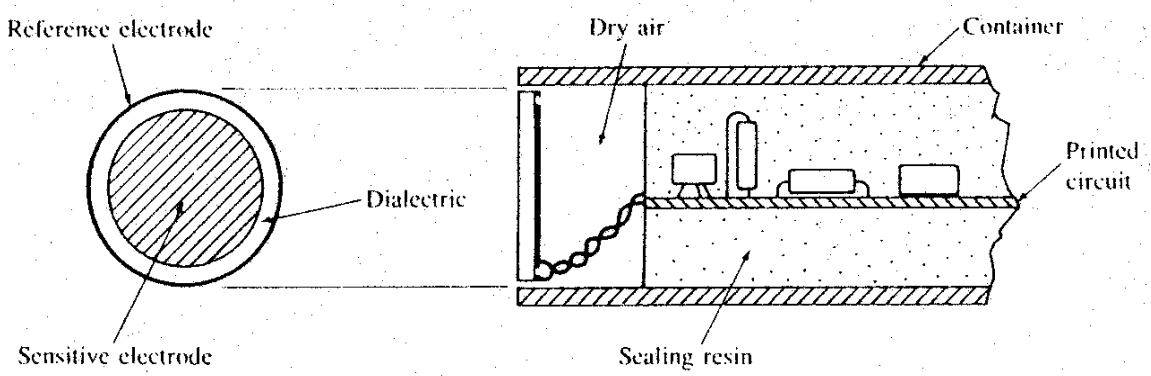
Sensor Magnético: Sensor de Efeito Hall

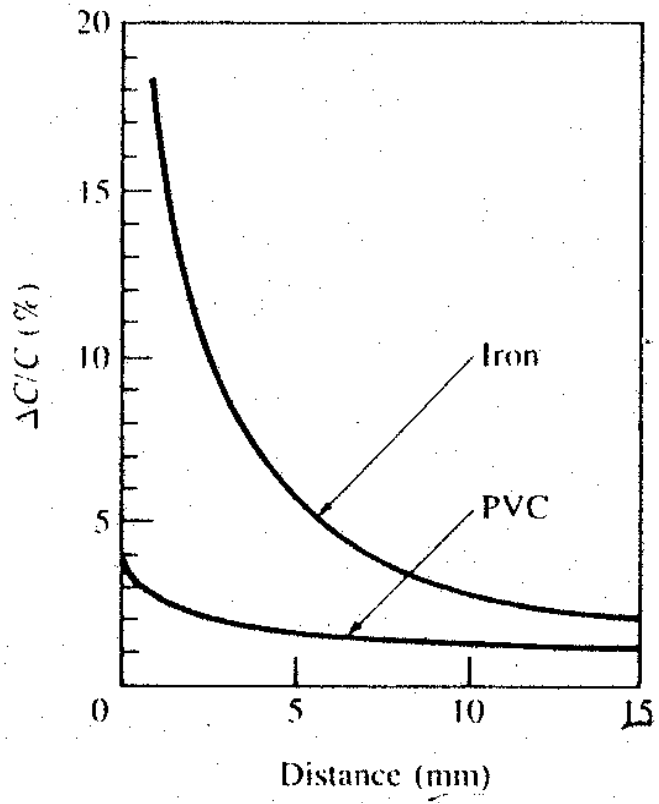
- Utilizados para detecção de materiais ferromagnéticos



Sensor Capacitivo

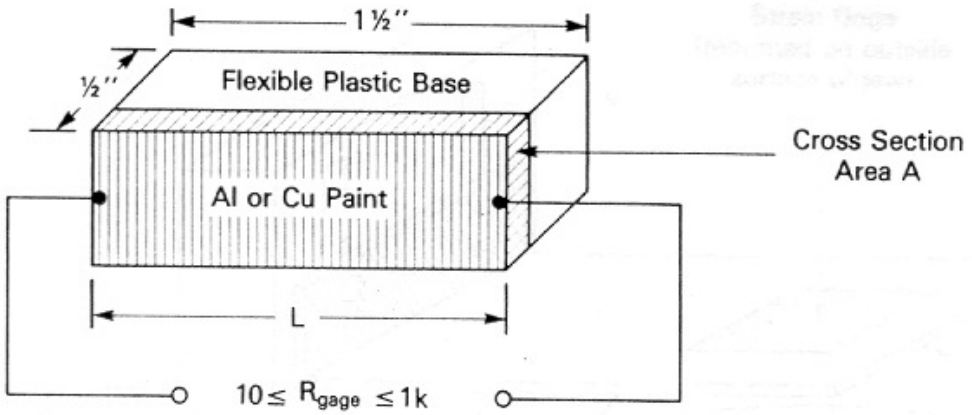
- São capazes de detectar todos os materiais sólidos e líquidos
- Utilizados em botões de chamada de elevadores





Sensor de Força

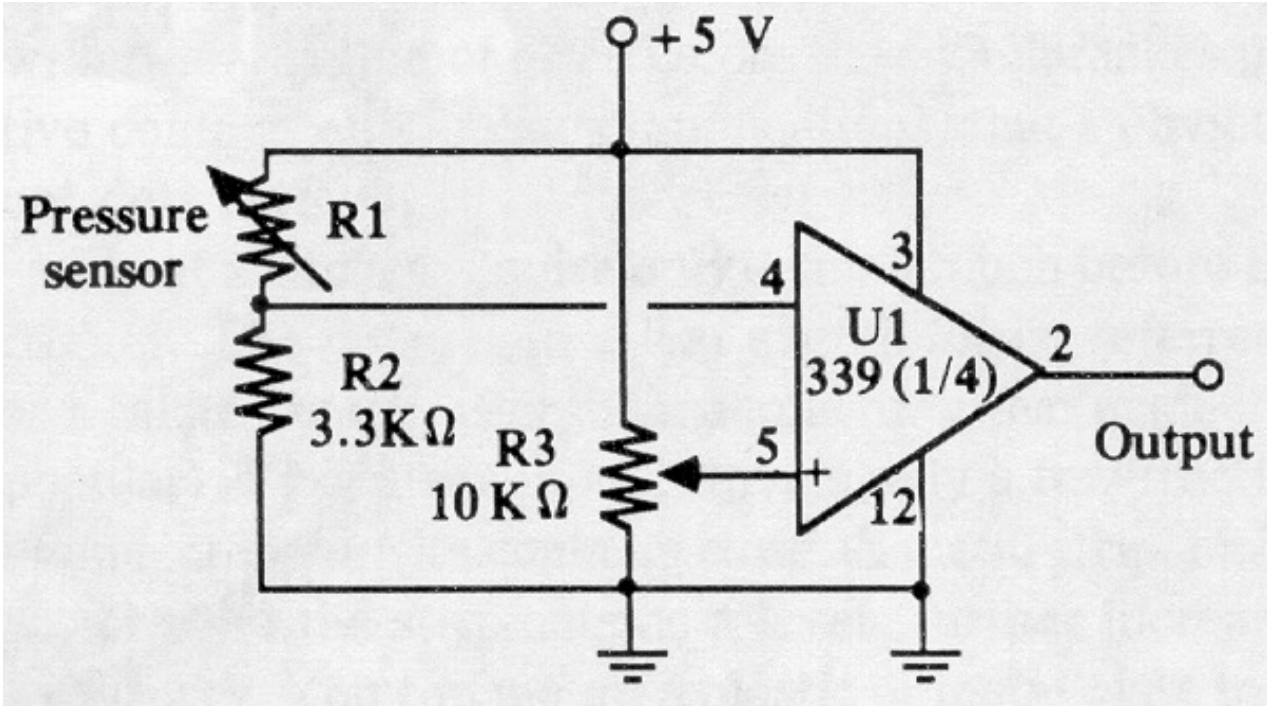
- Strain Gages (extensômetros): Consiste de uma base de plástico (ou outro material flexível, não condutor) cuja superfície superior está recoberta por uma fina camada de material condutor
- FSR (Force Sensing Resistor): resistor cuja resistência varia com a força exercida sobre o sensor
- O princípio fundamental de operação é que uma deformação mecânica produz uma variação de resistência, que está relacionada com a força aplicada

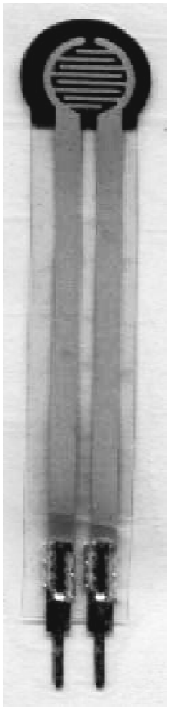


$$R_g = \frac{L}{\sigma \cdot A}$$

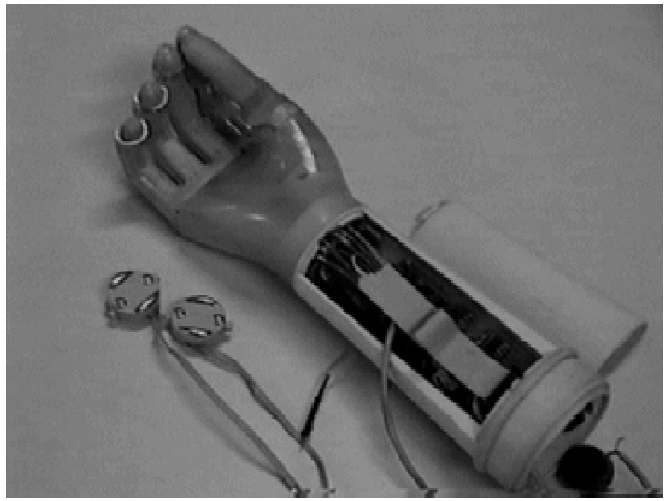
- Vídeo

Exemplo de Uso de Sensor de Força (FSR)



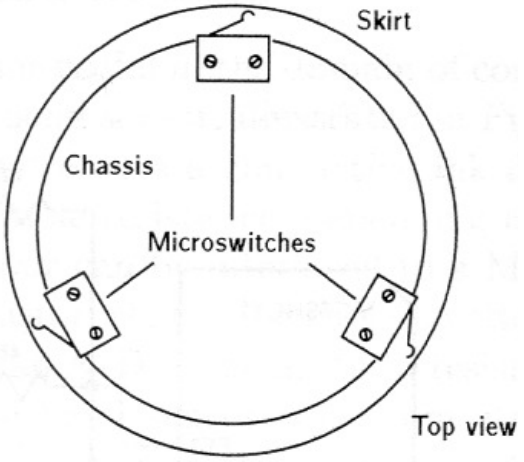


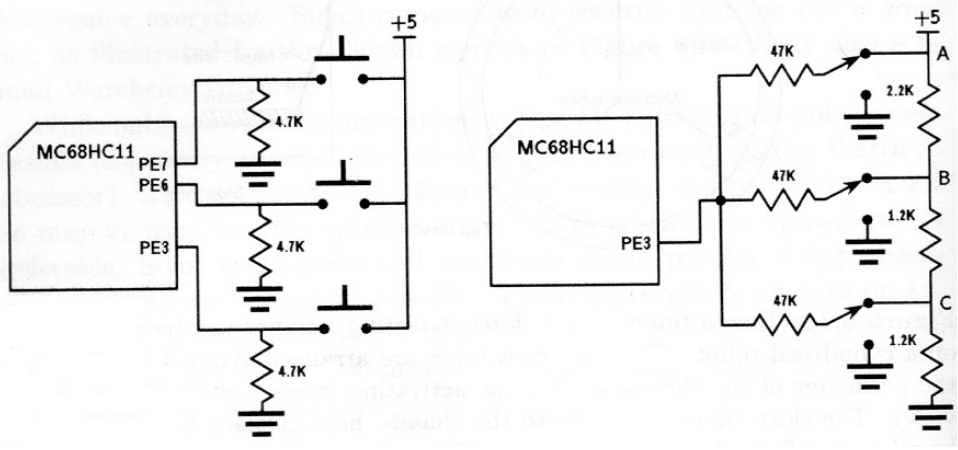
$$R = 1.3x10^{6} F^{-0.9} \quad (\Omega)$$

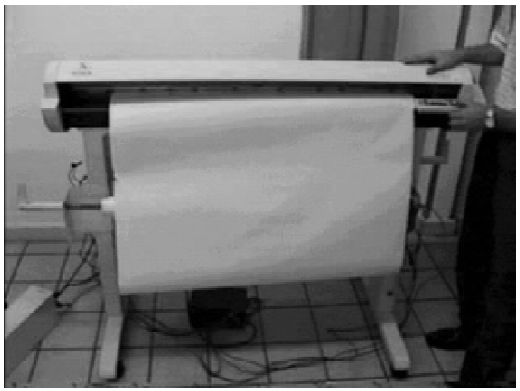


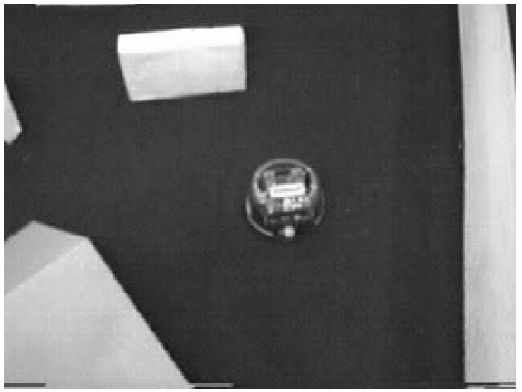
Interruptor

- Permite detecção de contato
- Podem ser adaptados ao pára-choque de um robô para sinalizar quando o robô se choca com um obstáculo e onde está o obstáculo

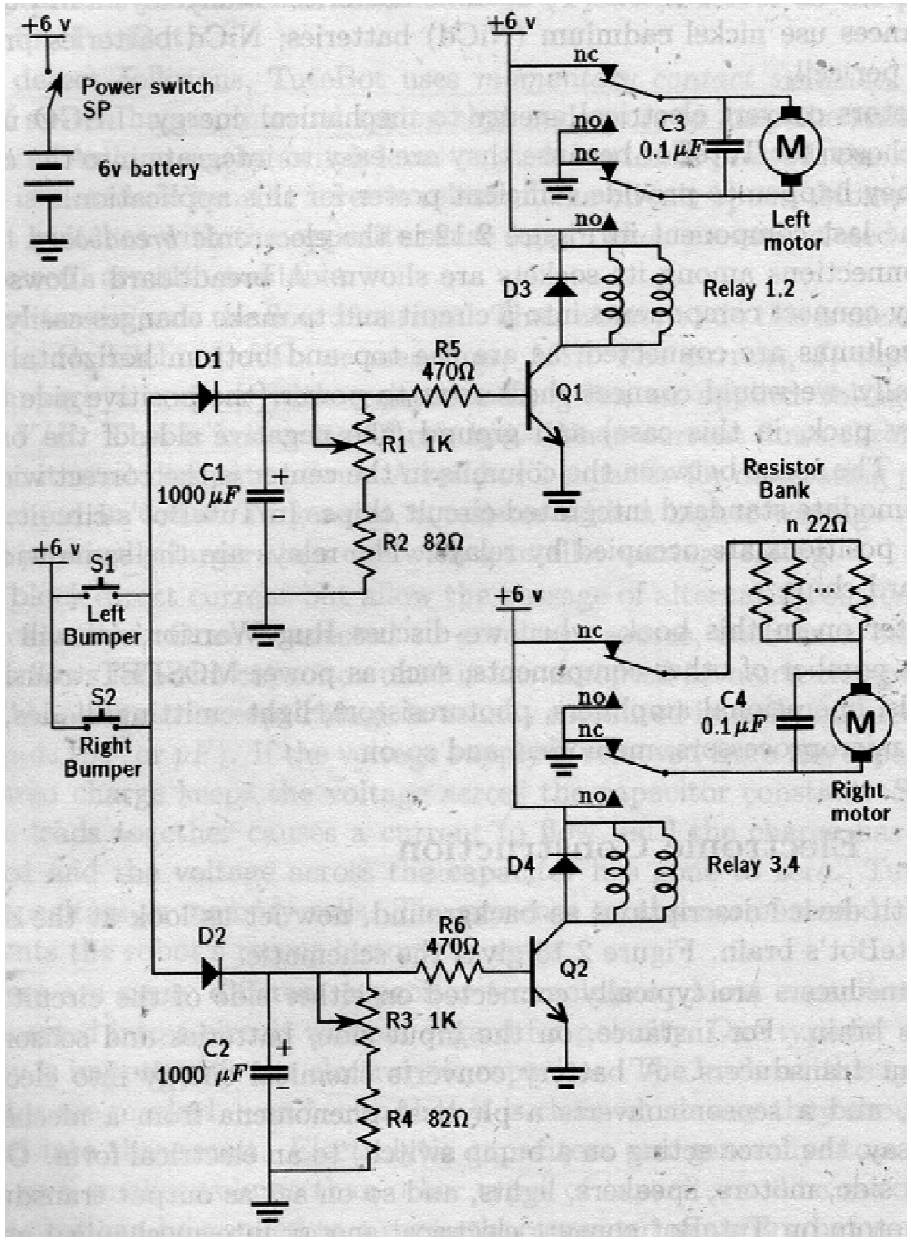








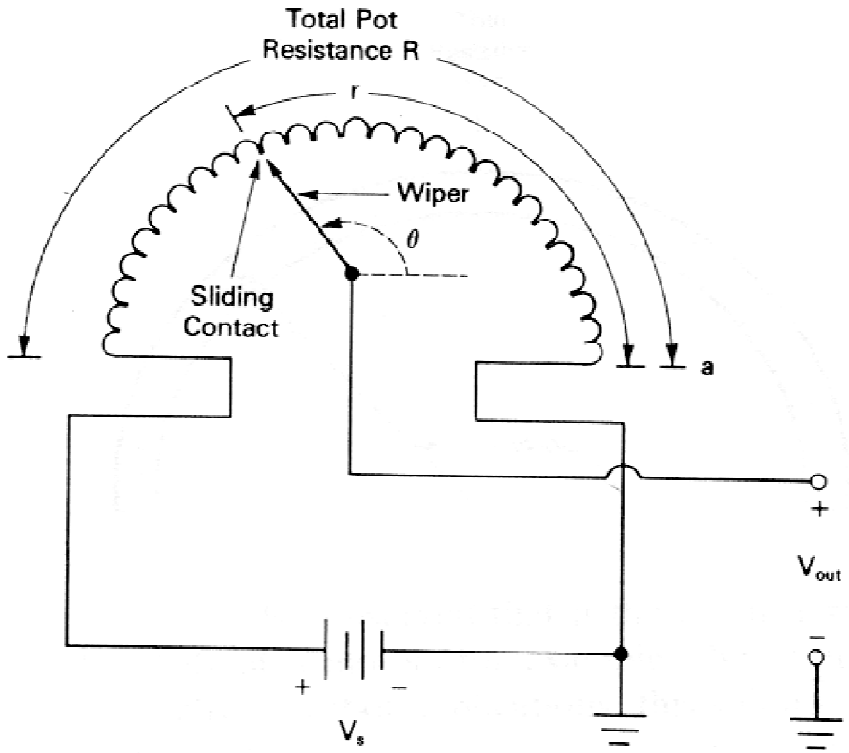
Interruptor: Exemplo de Aplicação



- Vídeo

Potenciômetros (pots)

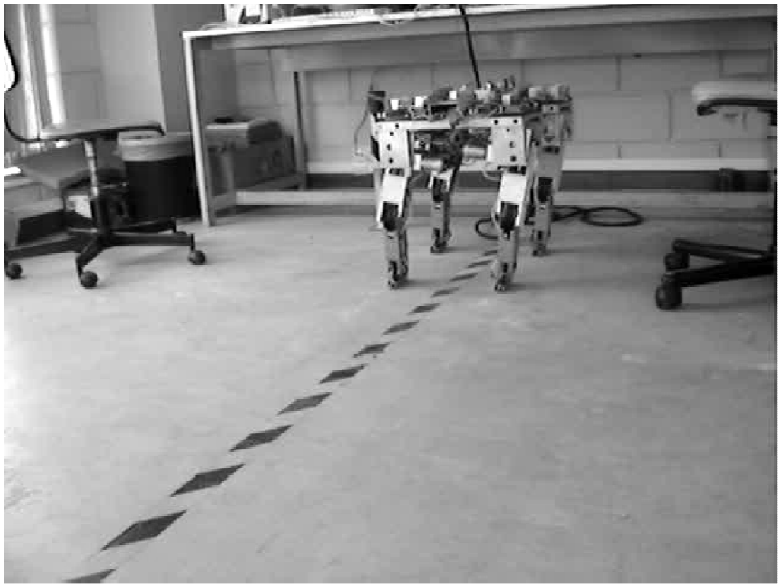
- Podem ser utilizados para medir posição



$$Vout = \frac{r}{R} Vs$$

Potenciômetros: exemplo de aplicação

- Medir deslocamento angular de robôs com patas



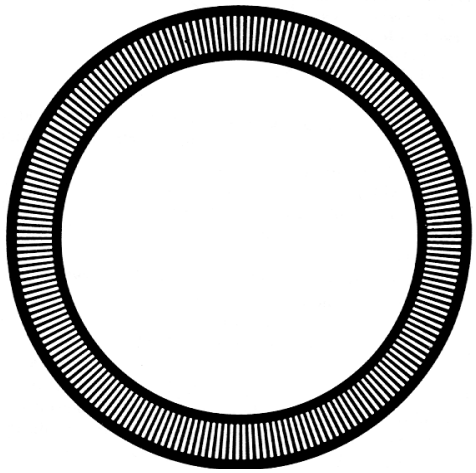
■Vídeo

Codificadores (encoders) óticos

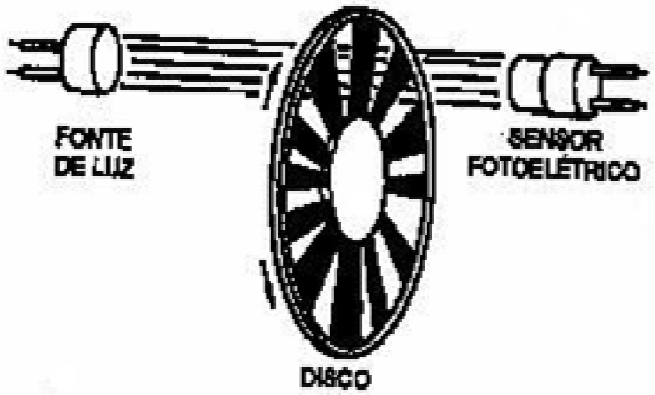
- Podem ser utilizados para conhecer a posição de um sistema móvel, velocidade (através da taxa de rotação do eixo ao qual estão acoplados) e também a aceleração angular
- Podem proporcionar esta informação através de um código, que corresponde a uma orientação particular do eixo (encoder absoluto) ou através de um trem de pulsos (encoder incremental)

Encoder incremental (posição)

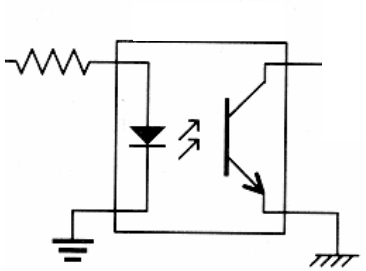
- Normalmente consiste de um único LED e quatro fotodetectores, além de um disco que contém um único setor com n linhas radiais



- É montado sobre o eixo do motor. Quando o disco gira, a luz que chega ao receptor é interrompida por cada linha do disco. O número de pulsos indica a distância percorrida



- *Site* para Geração de linhas do um Encoder



Encoder incremental (velocidade)

- **Encoder e Conversor de Frequência para Tensão**

  Os pulsos produzidos pelo encoder são contados periodicamente e este número de pulsos convertido para un nível CC, que é proporcional à velocidade do eixo do motor (Ex. AD451 e AD453)

- **Encoder e Software**

  1) Ler e armazenar o valor atual do encoder P(kT)

  2) Recuperar o valor prévio do encoder P((k-1)T)

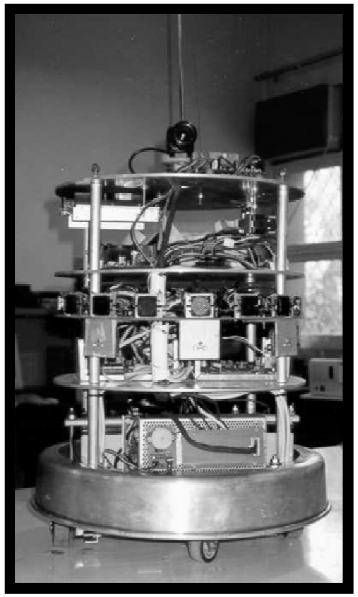
  3) Obter a velocidade aproximada

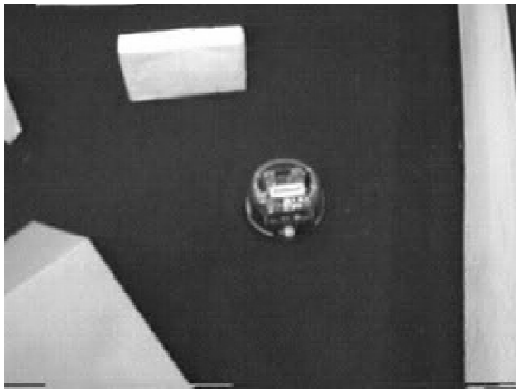
$$V(kT) = \frac{P(kT) - P((k-1)T)}{T}$$

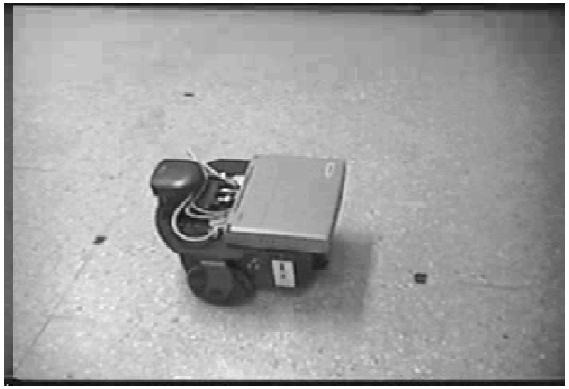
  4) Incrementar k e repetir os passos de 1 a 3

Encoder: exemplo de aplicação

- Medir deslocamento e velocidade das rodas (motores) de robôs com rodas





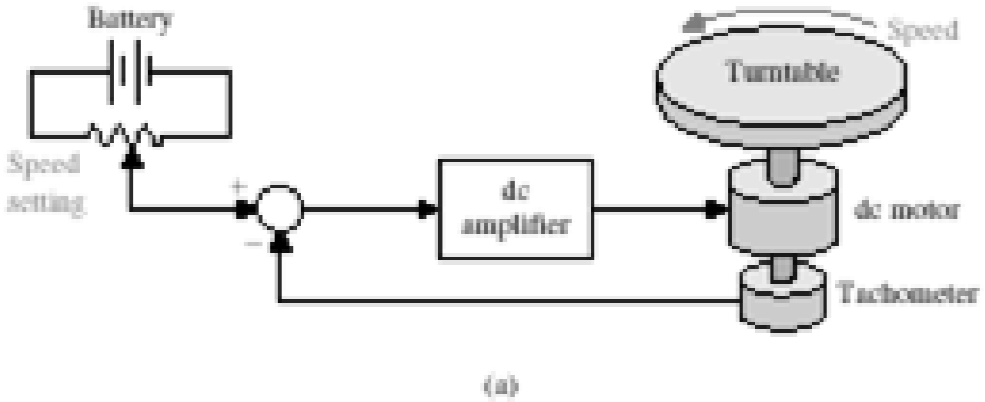


Tacômetro (velocidade)

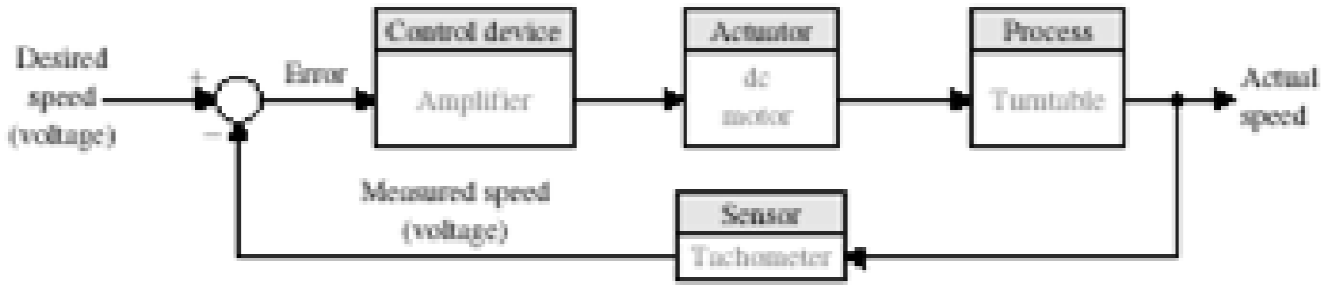
- O movimento de rotação do eixo de um motor CC produz uma tensão analógica que aumenta (ou diminui) quando aumenta (ou diminui) a velocidade angular
- Os tacômetros são dispositivos projetados especialmente para este fim, e proporcionam uma tensão CC proporcional à velocidade do eixo do motor

Tacômetro (exemplo de aplicação)

- Controle de velocidade de leitores de CD, HD, toca-fitas, etc.
- Pode-se utilizar também encoder e conversor de frequência para tensão



(a)



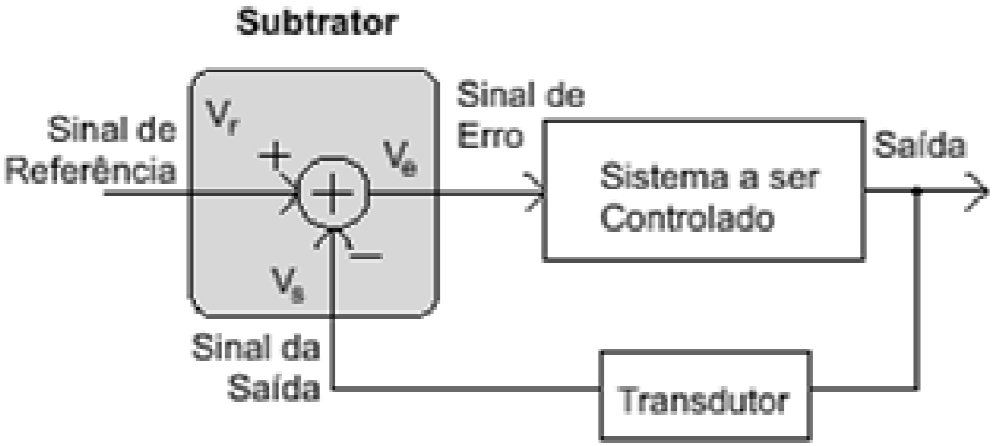
■Vídeo

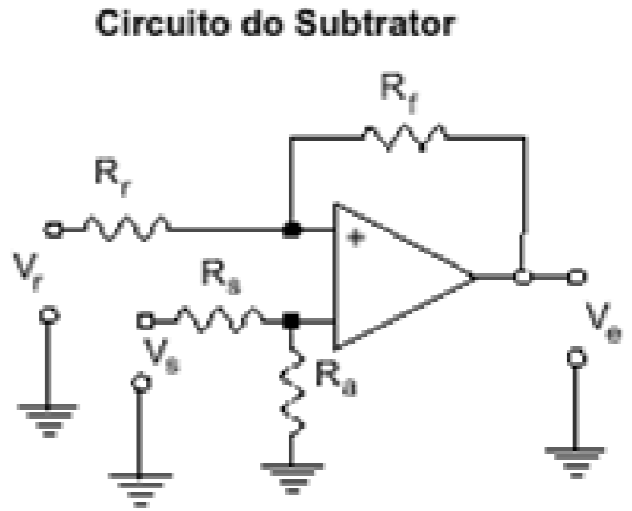
Sensor Indutivo+Engrenagem
ou
Sensor de Efeito Hall+Ímã (velocidade)

- É possível utilizar um Sensor Indutivo para medir a velocidade de uma engrenagem adaptada ao eixo de um motor
- Outra alternativa é fixar um pequeno ímã no eixo do motor, e utilizar um Sensor de Efeito Hall para detectar a presença do ímã no eixo em rotação
- Para ambos os sensores, serão gerados pulsos com frequência proporcional à velocidade do eixo do motor

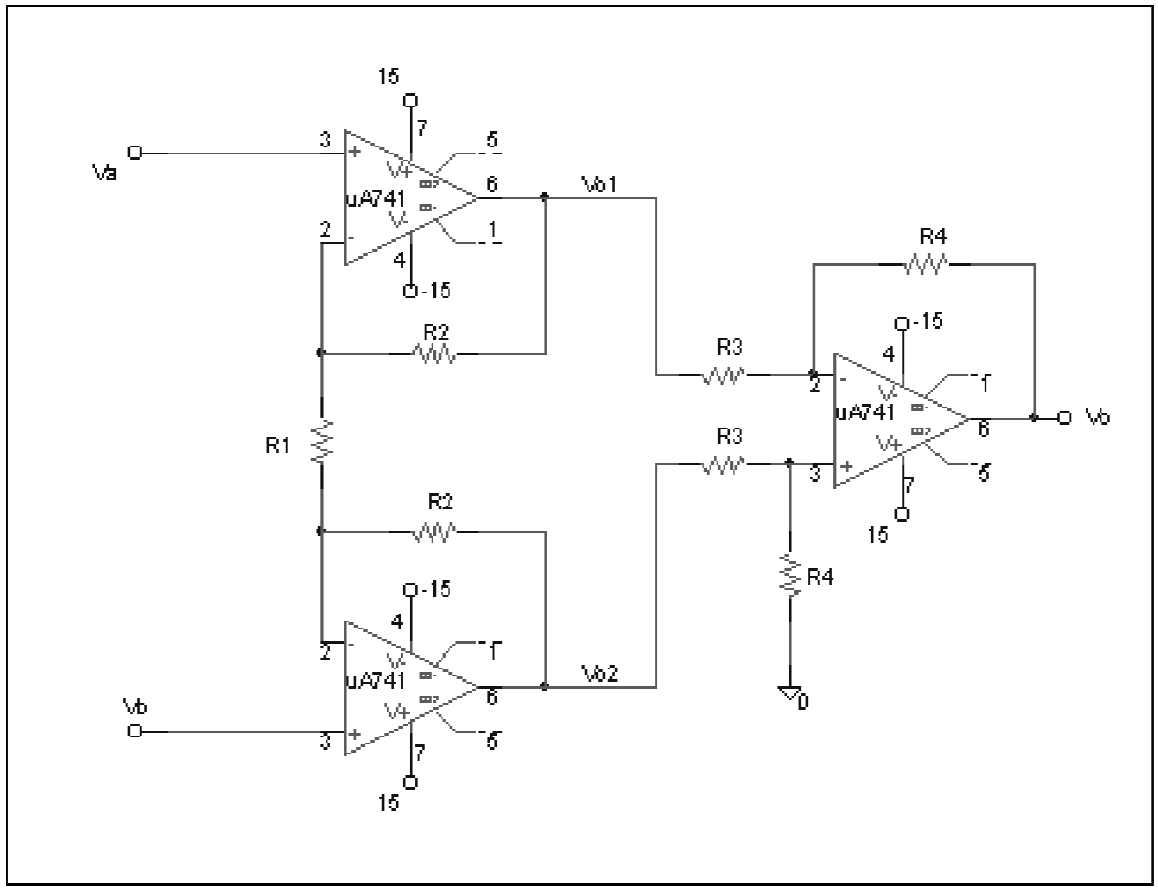
Subtrator

- Diversos ramos da Engenharia empregam técnicas de controle por realimentação negativa utilizando o circuito subtrator





Subtrator
(de Alta Resistência de Entrada)



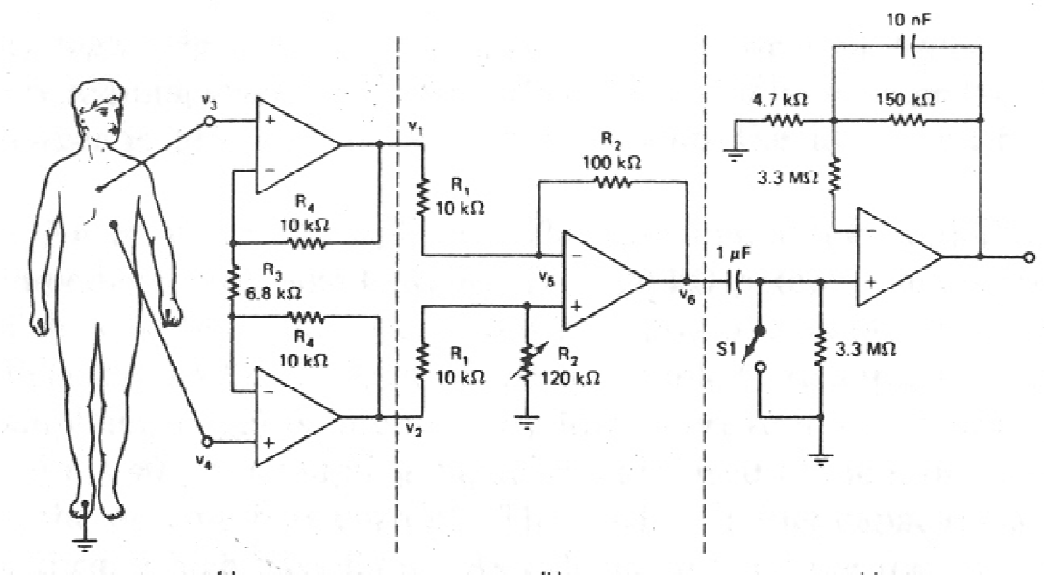
$$V_0 = \frac{R_4}{R_3}(V_{02} - V_{01})$$

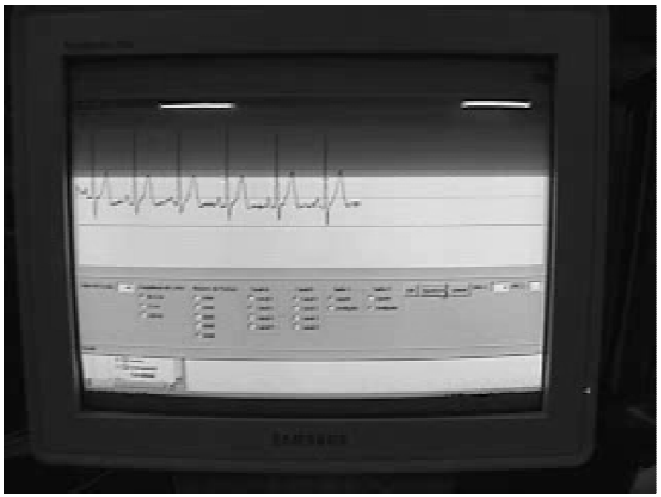
$$V_{01} - V_{02} = R_2 \frac{V_a - V_b}{R_1} + R_1 \frac{V_a - V_b}{R_1} + R_2 \frac{V_a - V_b}{R_1}$$

$$V_{01} - V_{02} = \left(2\frac{R_2}{R_1} + 1\right)(V_a - V_b)$$

$$V_0 = -\frac{R_4}{R_3}\left(2\frac{R_2}{R_1} + 1\right)(V_a - V_b) \quad ; \text{ com } \boxed{R_{in} = \infty}$$

Exemplo de Aplicação de Subtrator: Amplificador de Eletrocardiograma





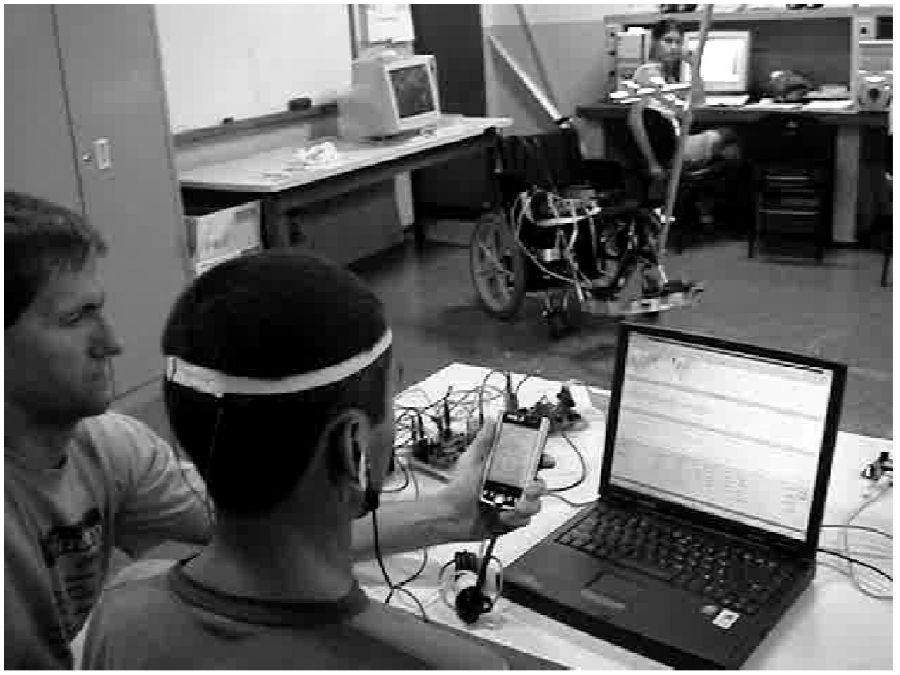
Sensor Mioelétrico para Captura de Piscadas de Olhos

- Sensores mioelétricos capturam contrações e distensões musculares
- A cada piscada de olhos são produzidas essas contrações e distensões musculares. O sensor mioelétrico fornece então o sinal elétrico a cada piscada de olhos
- Esse sinal elétrico pode ser utilizado para comunicação ou para selecionar um ícone de um tabuleiro eletrônico e utilizado para controlar um robô ou uma cadeira de rodas

Comandos EMG	Movimento do Robô
Piscada do olho esquerdo	Giro à derecha
Piscada do olho direito	Giro à esquerda
Piscada do olho esquerdo e logo do olho direito	Para frente
Qualquer outra combinação	Sem movimento

Controle da Cadeira de Rodas por Sinais Cerebrais

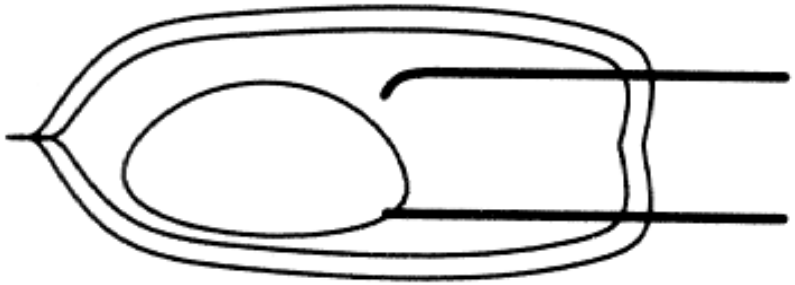
- Sinais capturados do cérebro, através de eletrodos de EEG, também podem ser utilizados para controlar uma cadeira de rodas

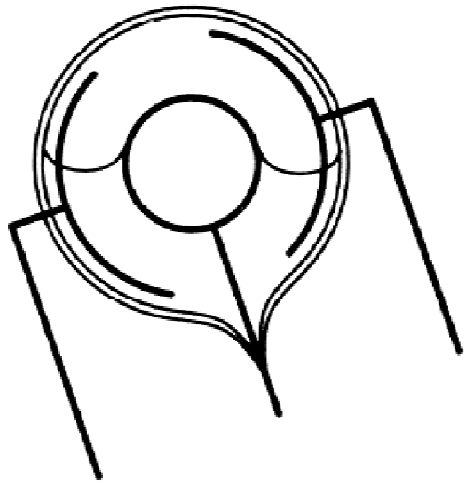


■Controle da Cadeira de Rodas por Sinais Cerebrais

Sensor de Inclinação

- Permite a um sistema saber se está em nível ou inclinado em relação a uma superfície plana
- Pode ser adaptado a uma pessoa com deficiência, para acionamento de dispositivos
- Existem vários tipos de sensores de inclinação que proporcionam o ângulo relativo entre o corpo do sistema e o vetor de gravidade





- Vídeo

Sensor de Inclinação com Acelerômetro

- Permite o comando de uma cadeira de rodas por movimento de cabeça

- Vídeo

Giroscópio (orientação e velocidade de giro)

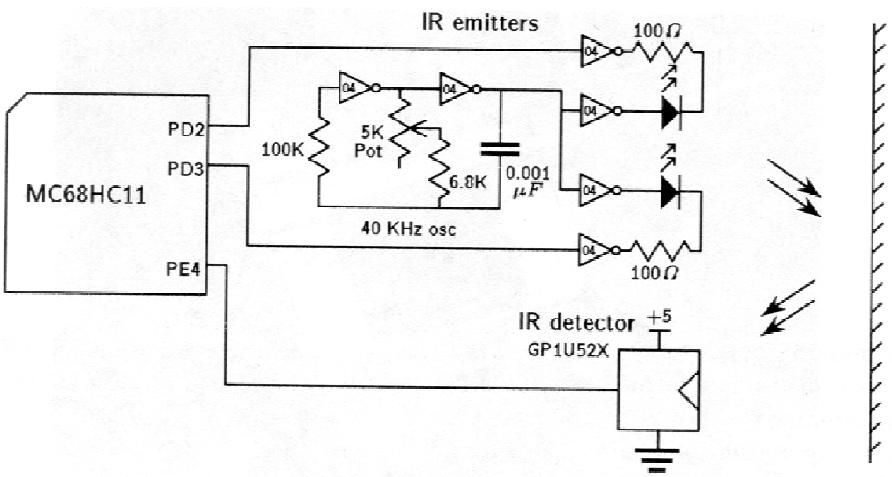
- Um giroscópio acoplado a um sistema móvel permite determinar tanto a velocidade de giro do sistema quanto a quantidade girada em relação a um sistema de coordenadas fixo

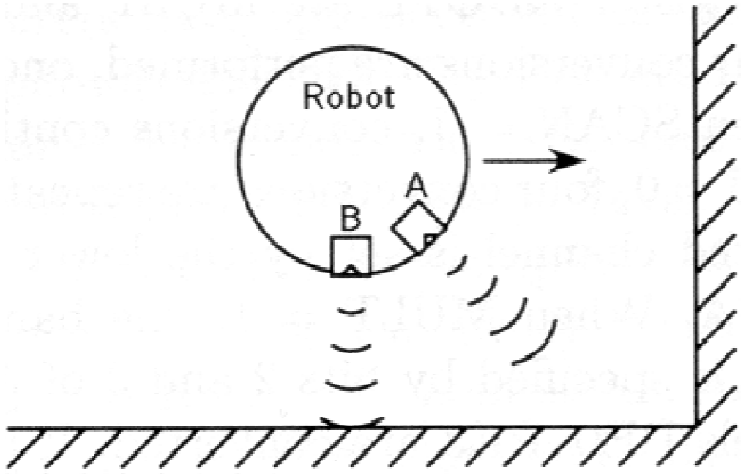
Bússola (orientação)

- Proporciona orientação absoluta
- Em áreas abertas, são muito confiáveis
- Em ambientes fechados pode ser afetada por campos magnéticos de cabos elétricos e partes metálicas do ambiente

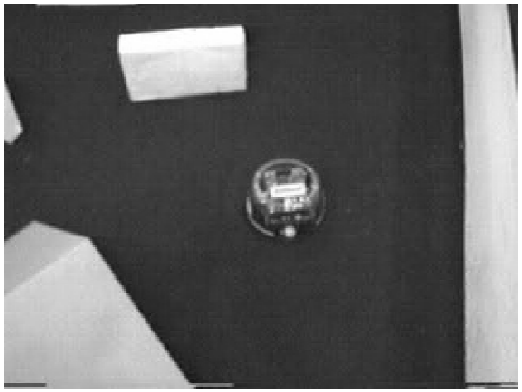
Sensor de Proximidade por Infravermelho

- Podem ser utilizados para que um robô detecte objetos próximos ou siga paredes
- Também são utilizados em sistemas de segurança





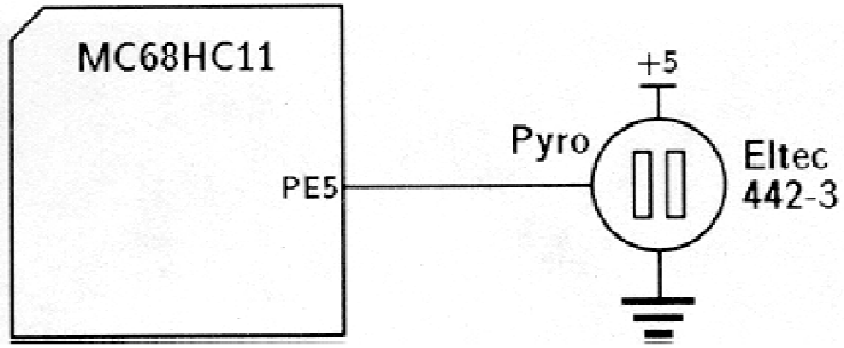
■ Vídeo

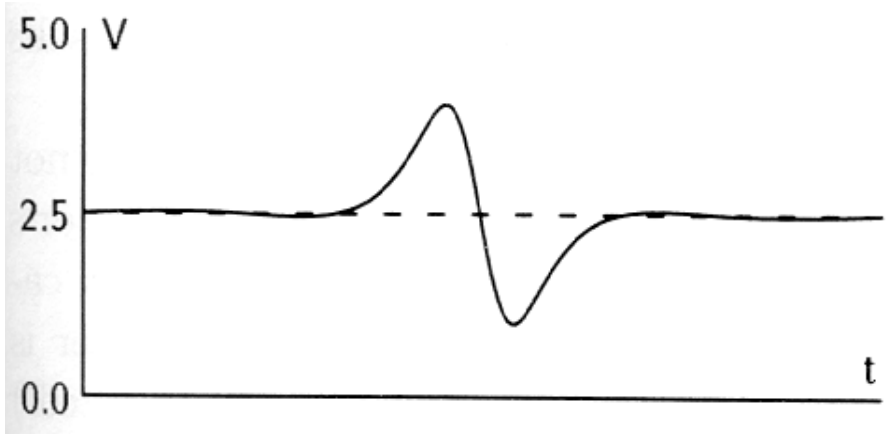


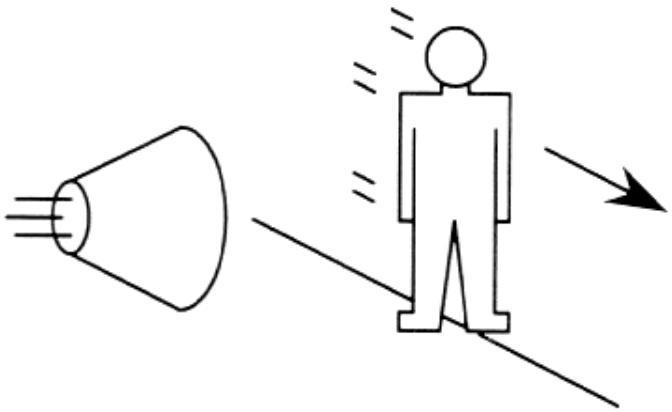
Sensor Piroelétrico

- Permite a detecção da presença de seres humanos
- Pode ser utilizado para detecção de carros e seguimento de pessoas

- Vídeo

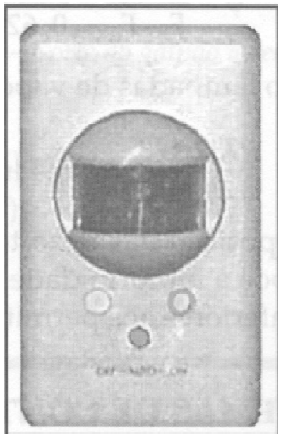






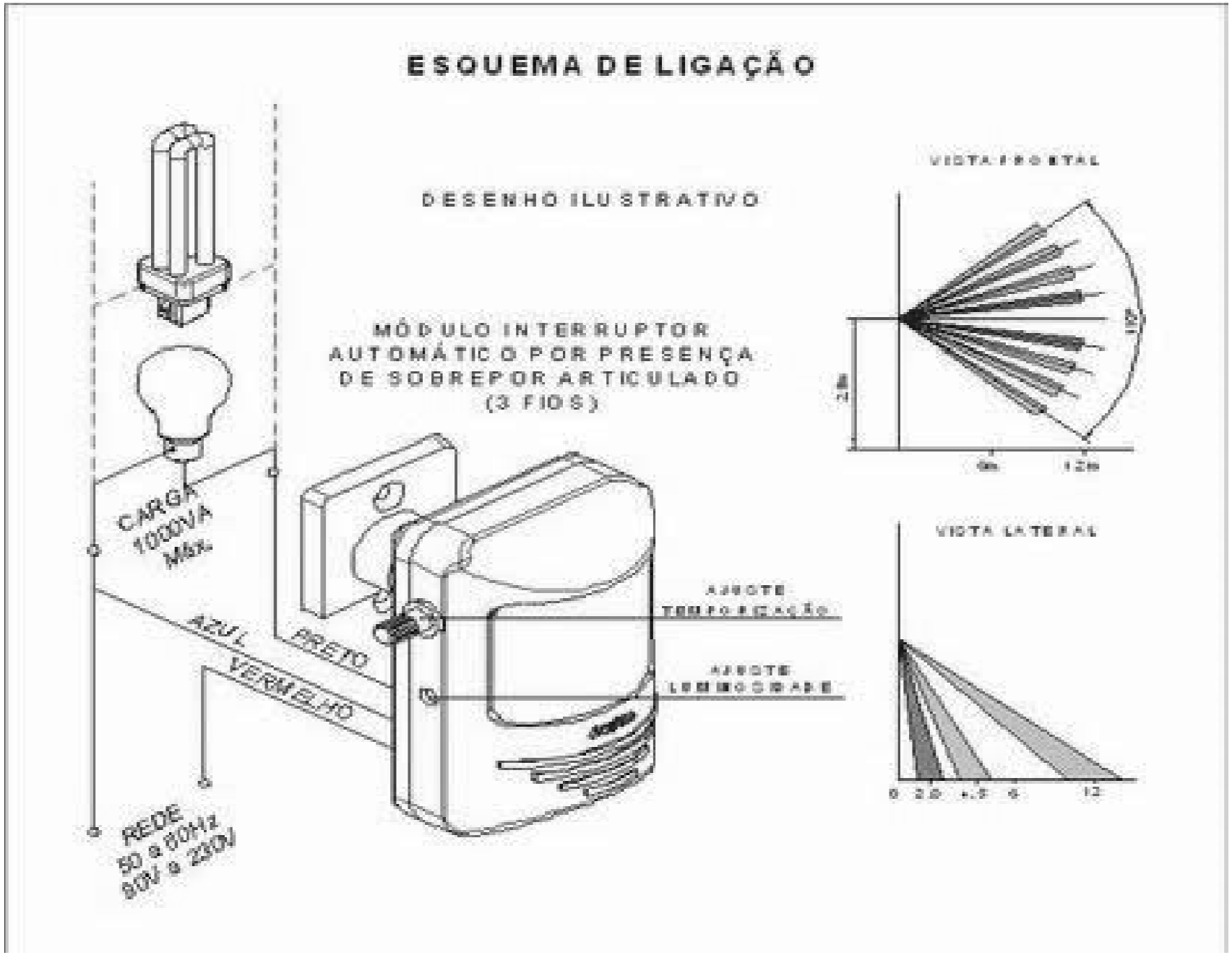
Controle Automático por Sensores de Presença (Sensores Piroelétricos)

- Os sensores de presença são ativados pela aproximação de pessoas, grandes animais ou veículos, sendo úteis no comando da iluminação de escadas, *halls* de elevadores, entradas de prédios, jardins, etc.
- Não devem ser usados com lâmpadas fluorescentes, se o sensor for ativado frequentemente
- Com o uso deste sensor de presença, diminui-se para cerca de duas horas por dia o consumo de energia elétrica, em lugar de 24 horas, se não forem usados



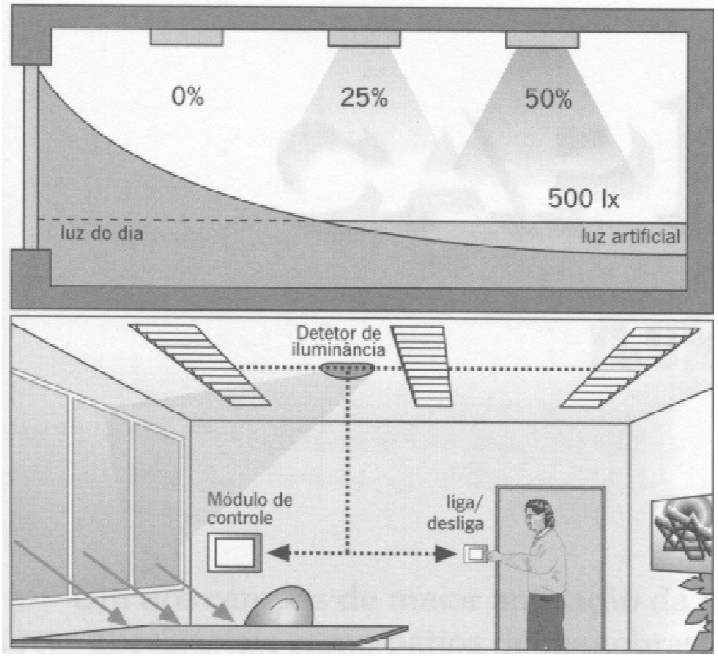
CÓDIGO	CARACTERÍSTICAS					EMBALAGEM	
Branco	Alcance de Detecção	Ângulo de Detecção	Temporização	Corrente Máxima	Tensão	Cx. Pq. (un.)	Cx. Gd. (un.)
SP-0203	12m	180°	5s à 10min	5A	100-240V BI-volt autom.	10	60

Sensor de Presença (Piroelétrico)



Controle Microprocessado da Iluminação de Ambientes

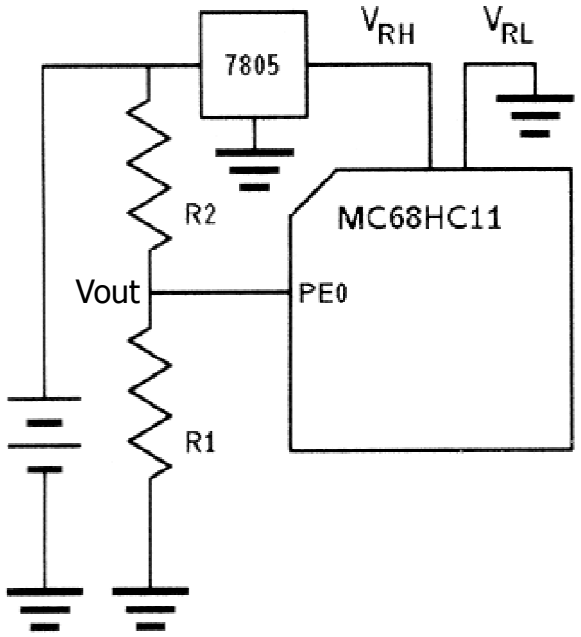
- Os controladores de iluminação microprocessados ajustam os níveis de iluminamento do ambiente de acordo com dias e horas pré-programadas, e com a variação da iluminação natural que penetra pelas janelas do ambiente
- Operam simultaneamente com sensores de luz e de presença, sendo programados para controlar o fluxo luminoso a ser gerado pela iluminação artificial
- Durante várias horas do dia as luminárias próximas às janelas estarão desligadas, mas as luminárias localizadas no centro do ambiente emitirão apenas parte do seu fluxo luminoso total
- Durante a noite, todas as luminárias emitirão seu fluxo luminoso total
- Com esse Controle Microprocessado, conseguem-se reduções de até 60% no consumo de energia elétrica
- São equipamentos de custo inicial elevado, mas que se justificam plenamente em grandes edificações



■Vídeo

Sensor de Nível de Bateria

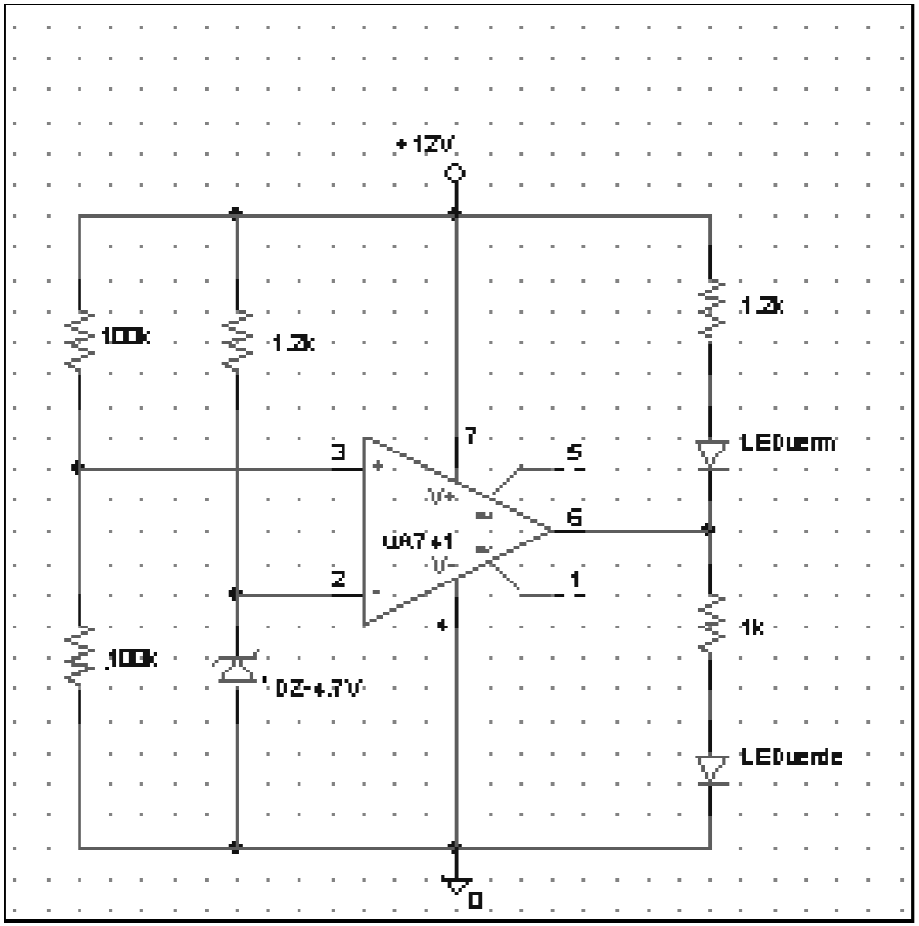
- Indica ao sistema quando é o momento de recarregar a bateria ou de restringir operações que consomem muita energia



$$V_{OUT} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot V_{BMÁX}$$

Sensor de Nível de Bateria

- Implementação com diodo zener e divisor de tensão

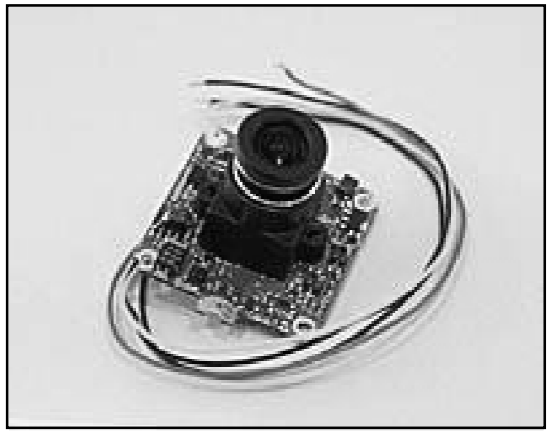


Sensor de Corrente

- Uma forma simples de detectar a corrente drenada por um motor é inserir uma pequena resistência ($\approx 1\Omega$) em série com o motor, amplificar a tensão sobre o resistor, e medir a tensão (por exemplo com um dos canais A/D do microprocessador)
- Pode-se também utilizar um sensor de efeito Hall

Câmara de Vídeo

- Uso em sistemas de vigilância e robótica
- Transmissão de imagem por ser feita por cabo ou transmissor de vídeo



Mini-Câmara da Sony

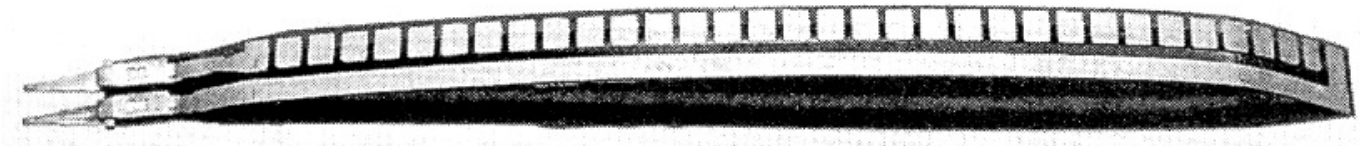
Transmissor de TV OARSMAN

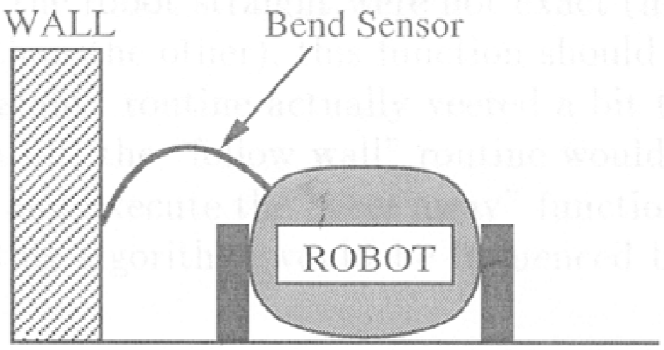
•O Rug Warrior é um robô móvel a rodas comprado pelo LAI para estudos de Robótica

•Pode ser teleoperado, inclusive pela Internet, ou navegar autonomamente.

Sensor de Curvatura

- É outro tipo de sensor usado para detecção de contato ou choques com obstáculos
- Este dispositivo utiliza uma tinta condutora depositada entre os eletrodos para proporcionar uma resistência variável, dependendo do grau de curvatura



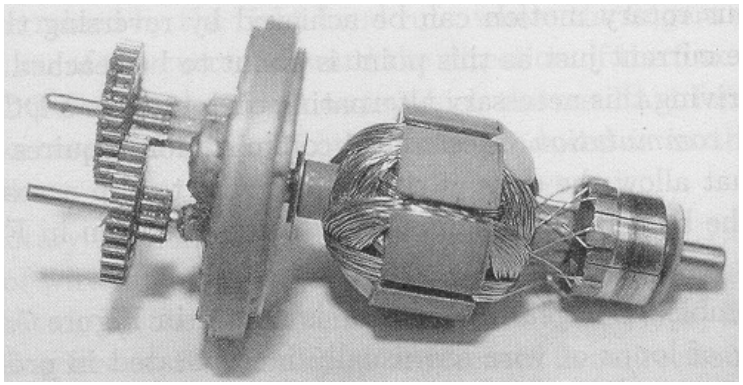


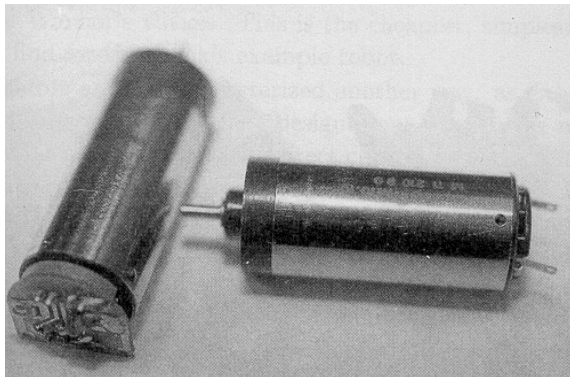
Motores e Atuadores

- Um atuador é um dispositivo que produz movimento. Pode ser do tipo pneumático, hidráulico e elétrico (motor)
- Os motores elétricos são muito utilizados porque não produzem muito ruído, não necessitam de equipamento adicional e são mais fáceis de controlar
- Os motores elétricos podem ser AC ou CC
- Os principais tipos de motores CC existentes são os motores com ou sem escovas, servomotores e motores de passo

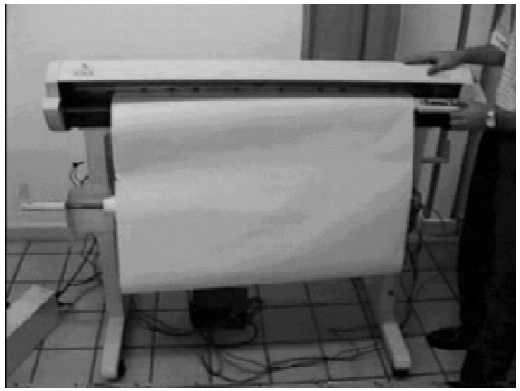
Motores CC Com e Sem Escovas

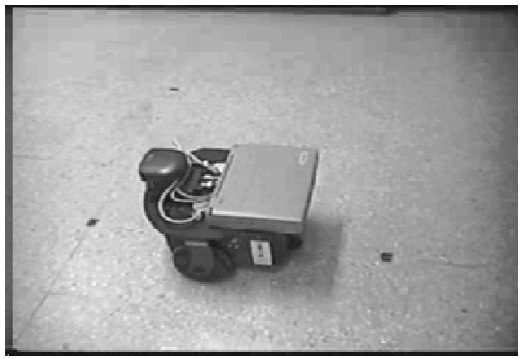
- Nos motores CC com escova, a comutação é realizada mecanicamente através do contato periódico entre as escovas fixas e os comutadores do rotor
- Os motores CC sem escovas executam a comutação eletronicamente através de sensores de posição e um controlador microprocessado
- Os motores tipo escova são mais comuns e baratos do que os motores sem escovas
- Motores da indústria automobilística (limpadores de pára-brisa e acionamento de vidro elétrico) são boa opção para projetos. Outras opções: www.maia.ind.br

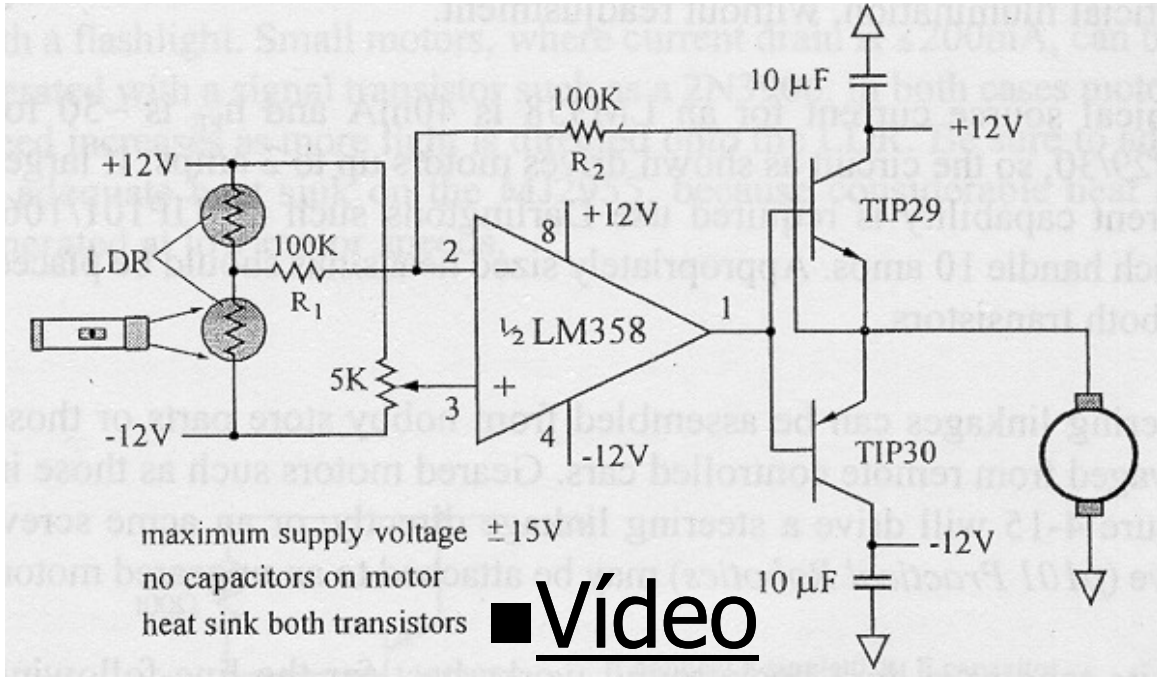




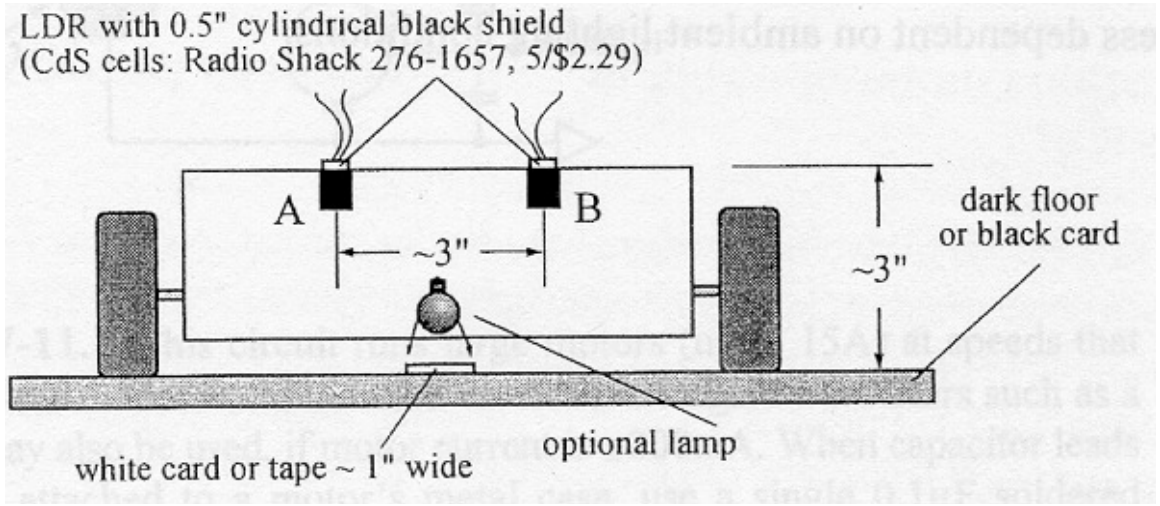
Motores CC: Exemplo de Aplicação





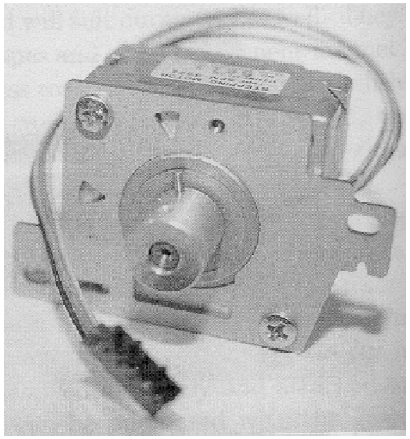


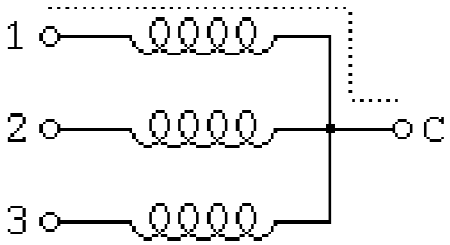
■Vídeo

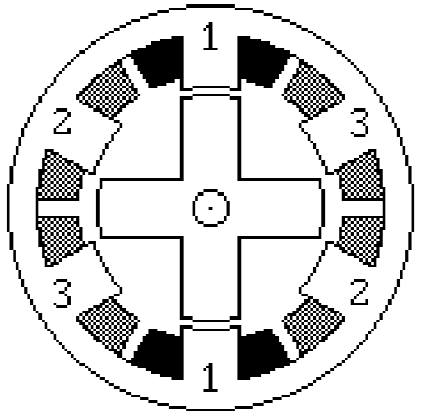


Motores de Passo

- É um tipo de motor CC que possui 6 ou 8 terminais. Para produzir o giro do motor, aplicam-se sinais a estes terminais, energizando seqüencialmente as bobinas
- A cada envio de sinal, o rotor é atraído para um setor diferente, o que provoca o giro
- A freqüência de envio destes sinais determina a velocidade; a diferença de fase determina o sentido de giro, e o número de sinais determina a posição do motor

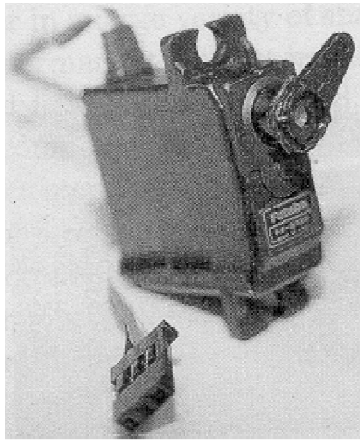






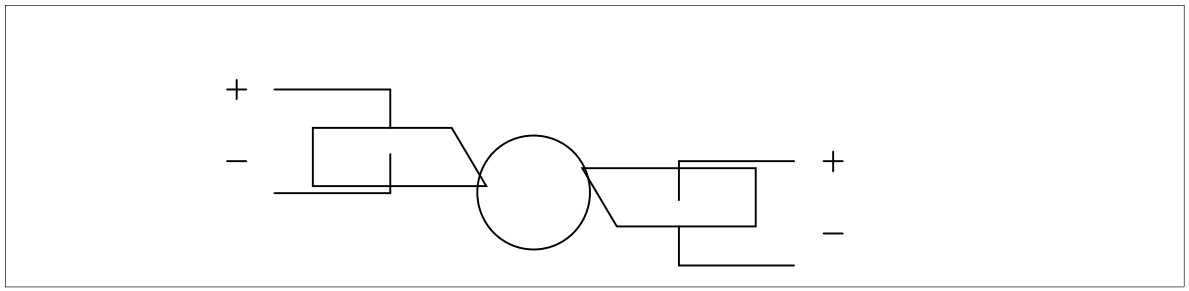
Servomotor

- Um servomotor é composto por um motor CC, um conjunto de engrenagens, limitadores de fim de curso, um potenciômetro para realimentar a posição do motor, e um circuito integrado para o controle de posição
- O funcionamento do servomotor consiste em uma vez estabelecida a posição na qual deve permanecer (através do terceiro terminal), o circuito de controle gira o motor até a posição comandada e o mantém parado até que uma nova posição seja comandada



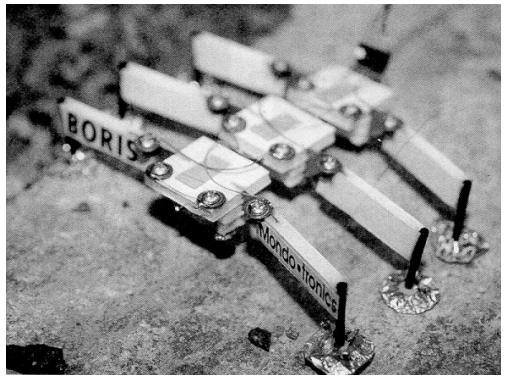
Novos Motores: Motor Piezelétrico

- É um tipo de motor baseado na principal característica das cerâmicas piezelétricas, que consiste em deformar-se quando submetida a um potencial elétrico
- Através de uma montagem adequada (conforme a figura abaixo, onde os dois polígonos são cerâmicas piezelétricas e o círculo ao centro é o rotor do motor), esta deformação pode ser utilizada, por exemplo, para girar o rotor de um motor
- Em contraste com um motor eletromagnético, os motores piezelétricos giram a velocidades mais baixas e com torque mais alto, o que elimina o uso de engrenagens



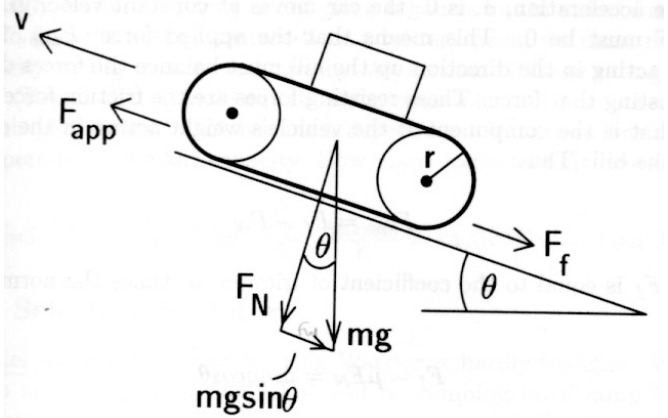
Novos Motores: Ligas de Memória - SMA (Shape Memory Alloy)

- Ligas de memória, tal como as de Nitinol, mudam sua forma de maneira reversível, à medida que são aquecidas ou esfriadas
- Aquecendo um fio composto por este tipo de liga (através da passagem de corrente), ele encolhe. Isto permite que, por exemplo, uma pata de um robô com patas se levante
- Quando deixa de passar corrente pelo fio, ele esfria, fazendo com que volte à sua forma original, abaixando a pata
- Alternando este procedimento entre os dois conjuntos de patas, o robô conseguirá mover-se



Cálculo da Potência de um Motor CC

- É necessário dimensionar a potência requerida para o motor
- Por exemplo, a potência requerida para um robô de 650 g, para operação com velocidade de 0.15 m/s, em ambientes com inclinações de até 30º pode ser obtida por:



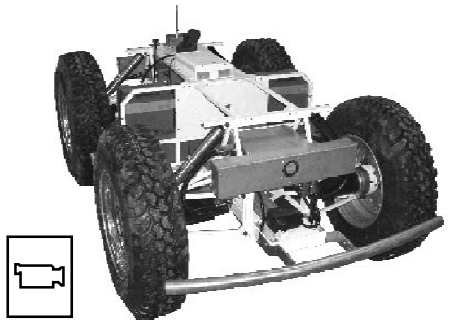
$$F_{app} = F_f + F_W$$

$$F_f = \mu \cdot F_N = \mu mg\cos\theta$$

$$F_W = mg\sin\theta$$

$$F_{app} = \mu mg\cos\theta + mg\sin\theta$$

$$Pm = F_{app} v = mg(\mu\cos\theta + sin\theta)v$$



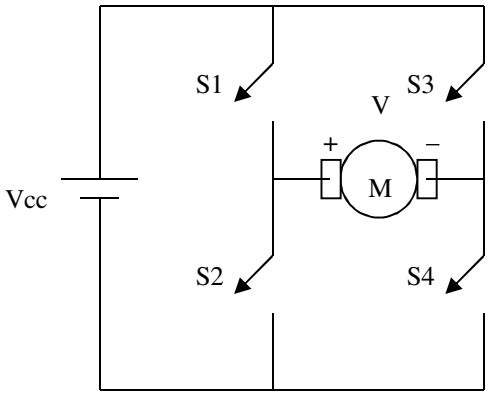
Robucar (França)

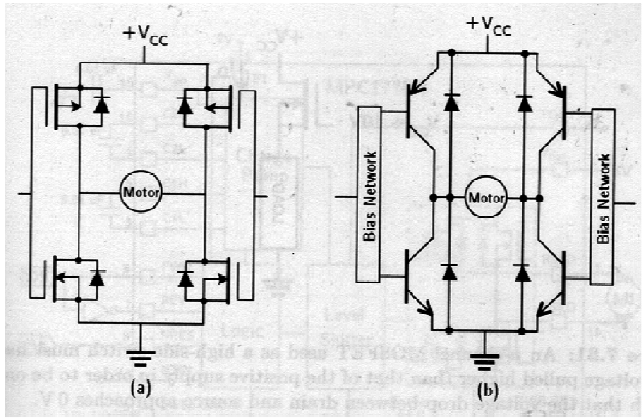
$$P_m = (0.65 \cdot 9.8)(0.3\cos 30^o + \sin 30^o)(0.15) = 0.73W$$

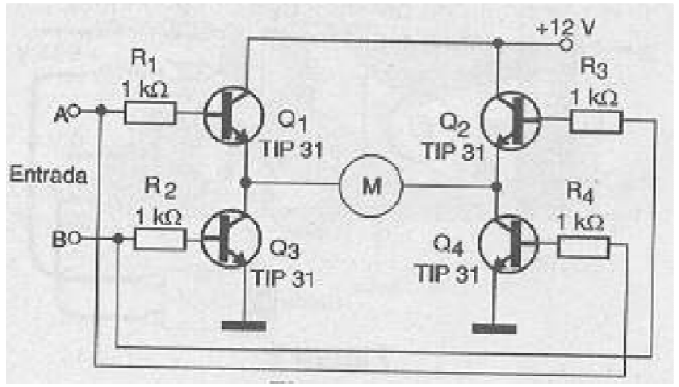
Para compensar a incerteza associada ao valor do coeficiente de atrito e outros fatores não considerados,
P_m = 2.19W $\Rightarrow$ 2 motores de 1 W

Ponte H e Sinal PWM

- Consiste de quatro chaves controladas por microprocessador
- Chaves S1 e S4 fechadas e S2 e S3 abertas $\Rightarrow$ corrente passa pelo motor da esquerda para a direita (sentido positivo)
- Chaves S2 e S3 fechadas e S1 e S4 abertas $\Rightarrow$ corrente é revertida e o motor gira no sentido oposto
- S1, S2, S3 e S4 abertas $\Rightarrow$ motor gira livremente
- S1 e S2 ou S3 e S4 fechadas $\Rightarrow$ motor é forçado a parar

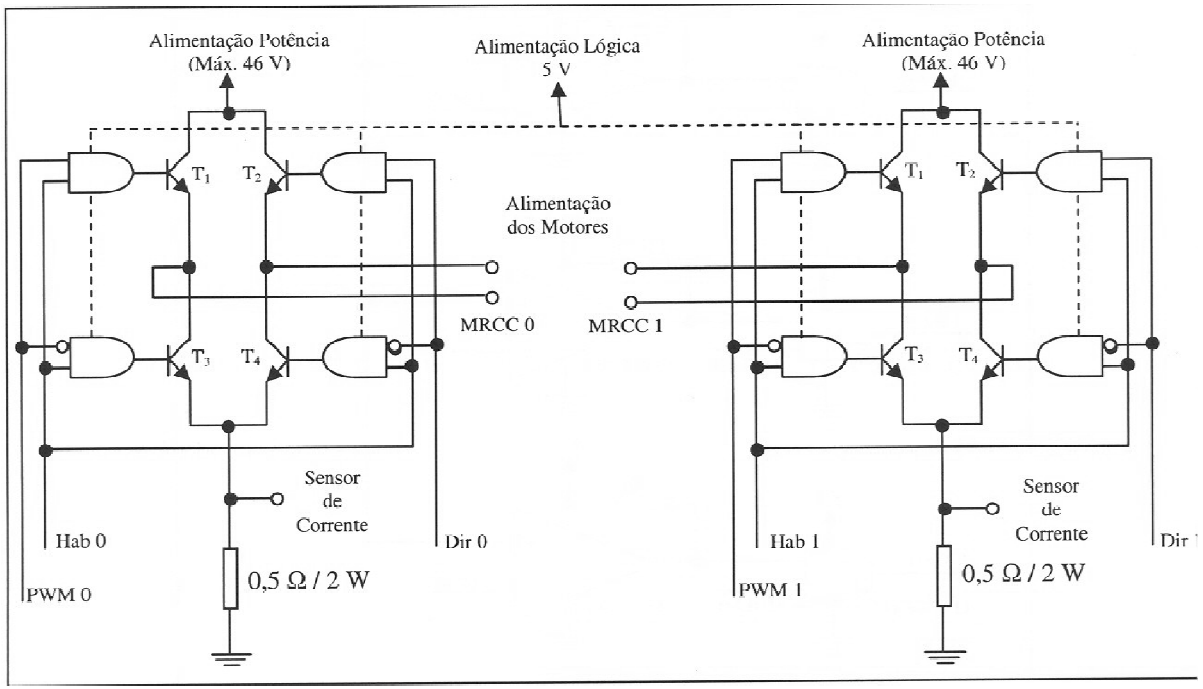






Costuma-se utilizar um sinal PWM para controlar a abertura e fechamento das chaves. Asim, é possível controlar a velocidade do motor, uma vez que este responde ao valor RMS do sinal PWM

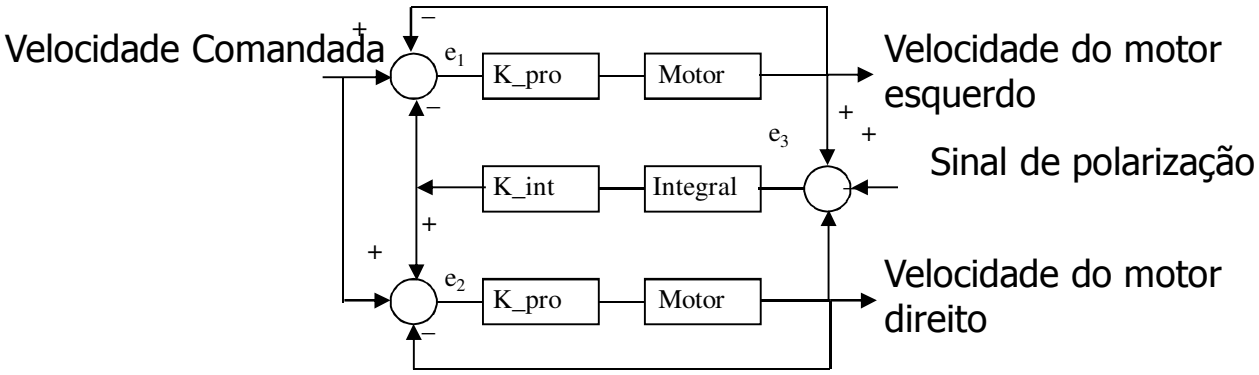
Ponte H, Sinal PWM e Sensor de Corrente



Habilitação	Direção	PWM (Duty Cycle)	T_1	T_2	T_3	T_4	Sentido de Giro	Velocidade
0	x	x	Corte	Corte	Corte	Corte	Nenhum	Parado
1	1	0	Corte	Conduz	Conduz	Corte	Horário	Alta
1	1	33 %	Corte	Conduz	Conduz	Corte	Horário	Média
1	1	66 %	Corte	Conduz	Conduz	Corte	Horário	Baixa
1	1	100 %	Conduz	Conduz	Corte	Corte	Nenhum	Parado
1	0	0	Corte	Corte	Conduz	Conduz	Nenhum	Parado
1	0	33 %	Conduz	Corte	Corte	Conduz	Anti-Hor	Baixa
1	0	66 %	Conduz	Corte	Corte	Conduz	Anti-Hor	Média
1	0	100 %	Conduz	Corte	Corte	Conduz	Anti-Hor	Alta

Controle de Motores

- Para robôs móveis com tração diferencial, é necessário o uso de controle PI para os motores
- Permite assegurar que quando o robô é comandado para seguir em linha reta, os dois motores realmente vão girar a uma mesma velocidade



Para a determinação dos valores das constantes é necessário fazer um estudo da estabilidade do sistema, através de uma das técnicas de controle clássico (por exemplo, diagramas de pólos e zeros)

Baterias

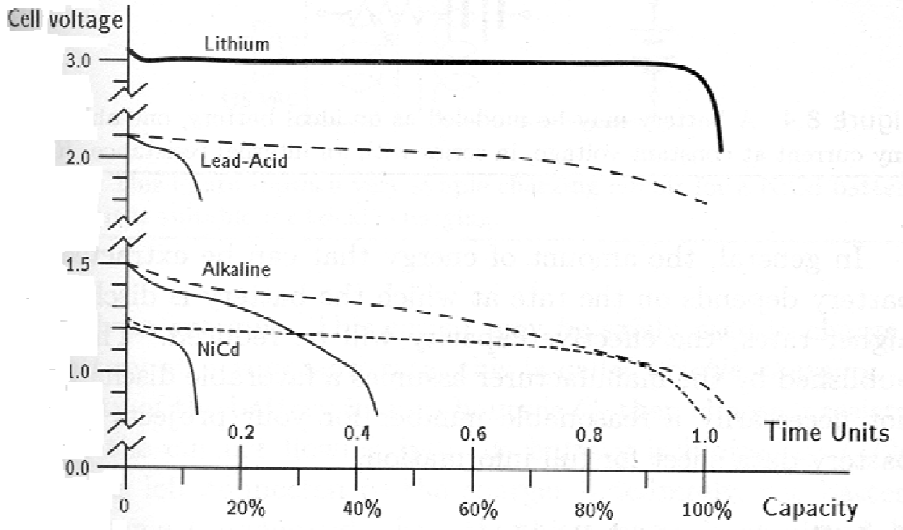
- São as fontes de alimentação CC usuais em circuitos eletrônicos
- Uma bateria é um dispositivo capaz de armazenar energia química e liberá-la na forma de energia elétrica
- Por exemplo, as de NiCd são disponíveis em vários tamanhos, têm baixa resistência interna (possibilita uma descarga rápida), são seladas (não havendo risco de derramamento de material contaminante no interior do robô) e são relativamente baratas em relação às de litio-íon ou NiMH e mais leves que as de chumbo-ácido
- Entretanto, posuem "efeito memória", ou seja, se são recarregadas sem estar completamente descarregadas, a nova carga da bateria não será total
- Além disso, por apresentar resistência interna pequena, possuem alta corrente de curto circuito, o que pode causar danos ao isolamento da bateria e até incêndio

Características das Baterias

Tipo	Recarregável?	Densidade de Energia (W.h/kg)	Tensão da Célula	Capacidad Típica (mA.h)	Resistencia interna (Ω)	Comentários
Chumbo-Ácido	Sim	40	2.0	1.2 – 120 Ah	0.006	Grande disponibilidade
Zinco-Carbono	Não	75	1.5	6000		Barata, mas obsoleta
Alcalina	Atualmente Sim	130	1.5	1400 - 10000	0.1	Mais comum
Lítio	Atualmente Sim	300	3.0	1800 - 14000	0.3	Boa densidade de energia, mas alto custo
Mercúrio	Não	120	1.35	190	10	
Níquel-Cádmio	Sim	38	1.2	500 - 4000	0.009	Pequena resistência interna e grande disponibilidade
Níquel-Metal	Sim	57	1.3	1100 – 2300		Melhor densidade de energia do que as de NiCd, mas são mais caras
Prata	Não	130	1.6	180	10	
Air-Zinco	Não	310	1.4			Alta densidade de energia, mas não muito disponíveis, tamanhos limitados

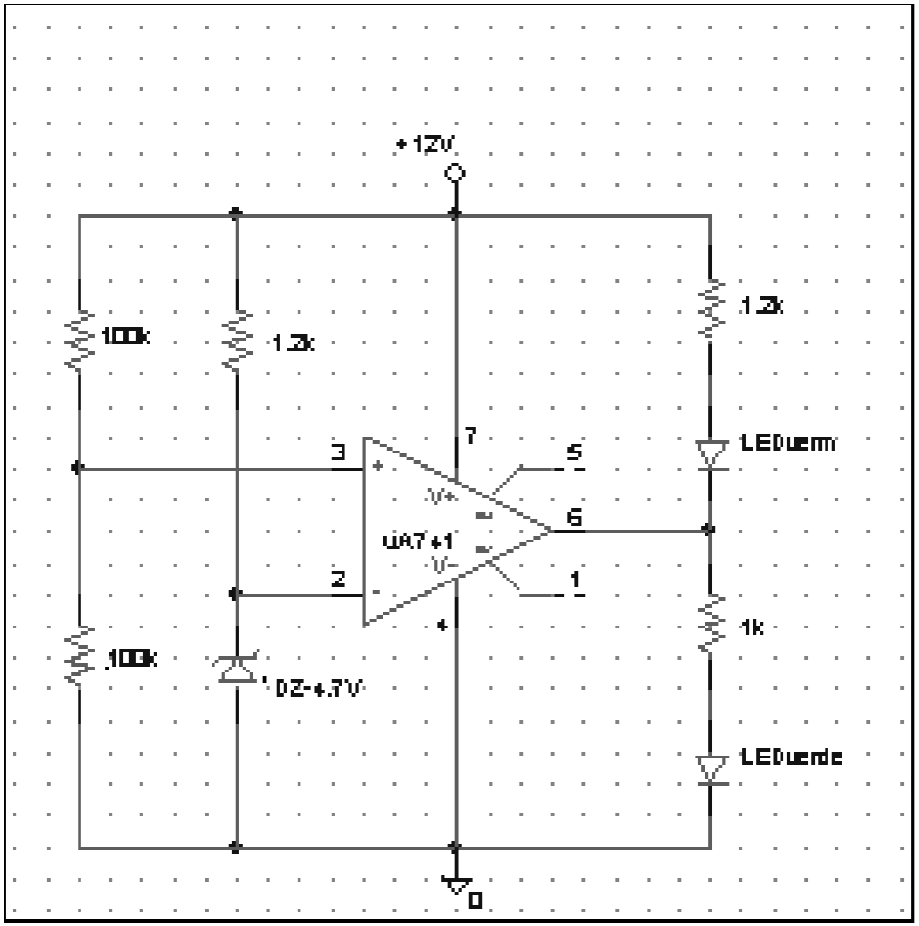
Características das Baterias

- Entre as baterias recarregáveis, a de litio-íon possui a melhor densidade de energia
- Em relação à forma de descarga das baterias, a de litio-íon também possui a melhor característica, com a tensão mantendo-se praticamente constante com a queda da capacidade (carga) e com o tempo
- Além disso, a bateria de litio possui alto tempo de retenção da carga, chegando a cerca de 10 anos se está à vazio



Sensor de Nível de Bateria

- Implementação com diodo zener e divisor de tensão

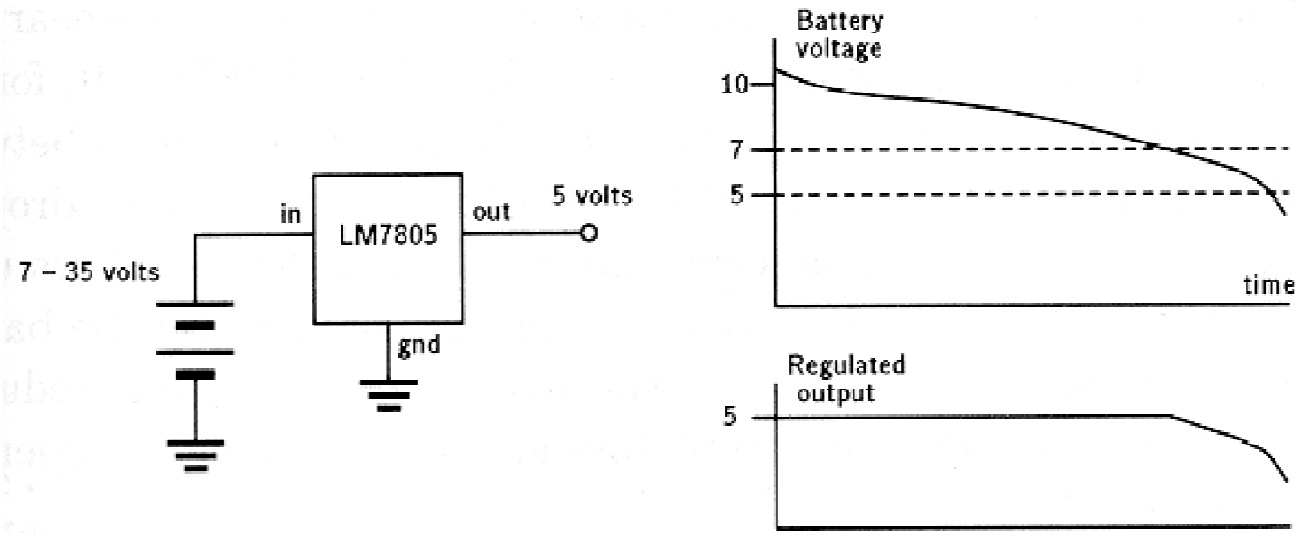


Novidades em Baterias

- Bateria de Célula de Combustível (30 h para Celular e 10 h para Notebook)
- Bateria de Íons de Lítio com Nanotecnologia (50 h para Celular e 17 h para Notebook)
- Bateria de Nanotubos de Carbono (40 h para Notebook)

Reguladores de Tensão

- São dispositivos que servem para proporcionar uma tensão constante para o circuito, mesmo que a tensão de entrada varie sobre uma ampla faixa
- Por exemplo, o LM7805, mantém uma tensão de saída de 5V para tensões de entrada variando na faixa de 7 V a 35 V
- Para um LM2940CT-5.0, em caso de variação da tensão de entrada entre 5.5 V e 26 V, a saída se mantém regulada em 5V



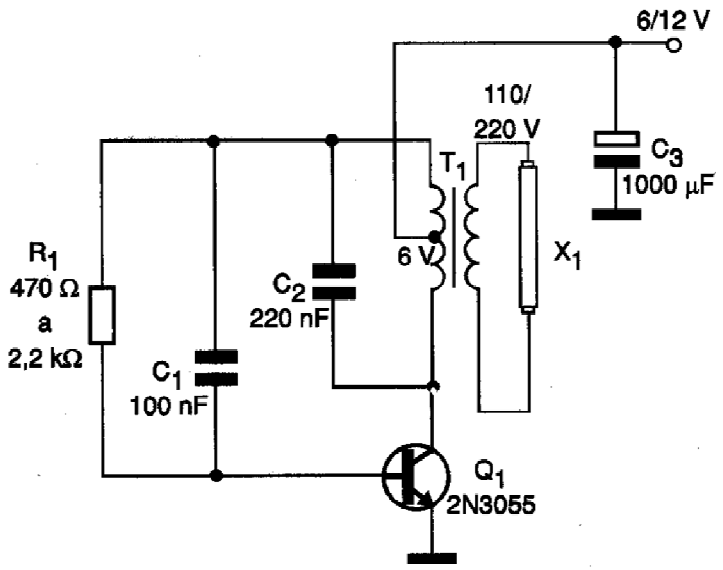
Conversores CC-CC

- Em um circuito eletrônico normalmente são necessários vários níveis de tensão (+5V, -12V, +12V, +24V), embora uma bateria só forneça um nível de tensão
- Com um conversor CC-CC, podem-se obter os níveis de tensão necessários, inclusive maiores do que o nível de tensão proporcionado pela bateria ou até com polaridade invertida
- Para obter tensão maior que a bateria, pode-se:
  - carregar capacitores em paralelo e descarregá-los série
  - provocar uma interrupção instantânea de corrente em um indutor
- Para obter tensão com polaridade invertida:
  - Uma vez carregado, o capacitor é conectado com polaridade invertida

- A empresa Pico Electronics vende conversores CC-CC, com entrada de até 12 V e saída de até 1200 V

Conversores CC-AC (Inversores)

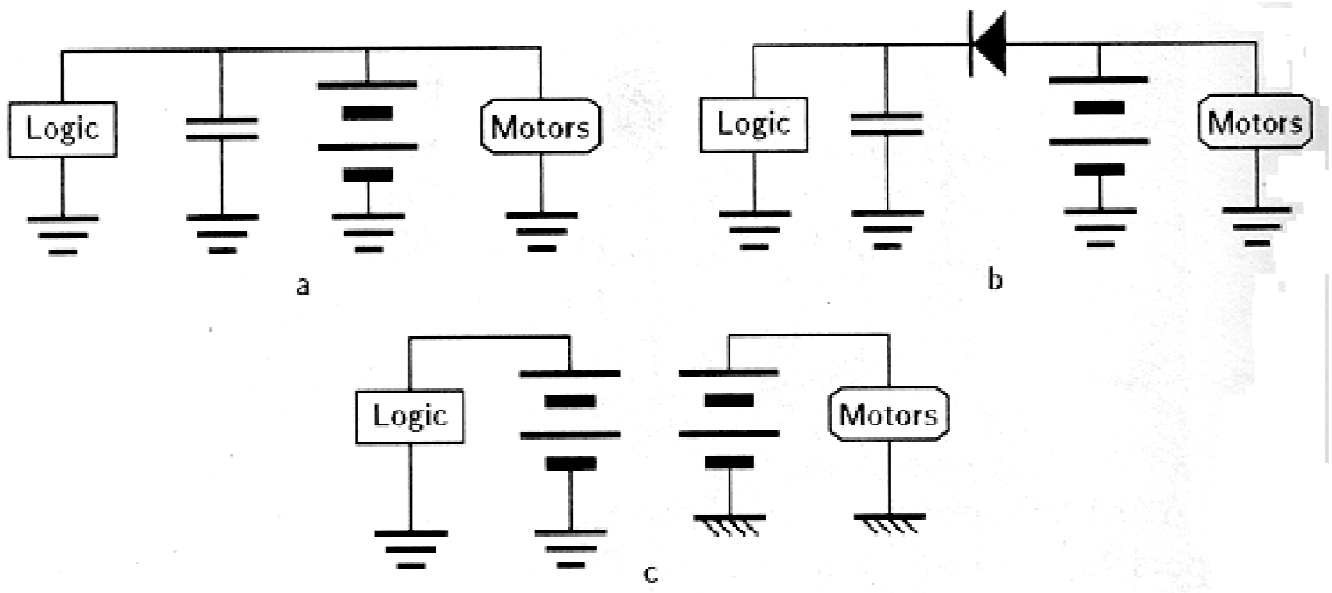
- Muitas vezes é necessário se ter tensão AC, a partir da tensão CC de uma bateria
- Por exemplo, em falta de energia elétrica, pode ser necessário manter funcionando lâmpadas, computadores, etc.
- Uma das formas de se produzir tensão AC a partir de tensão CC é usando oscilador e transformador
- Ex.: funcionamento de lâmpada de emergência de baixa potência (fluorescente de 5 a 10 W), na falta de energia elétrica



- Vídeo

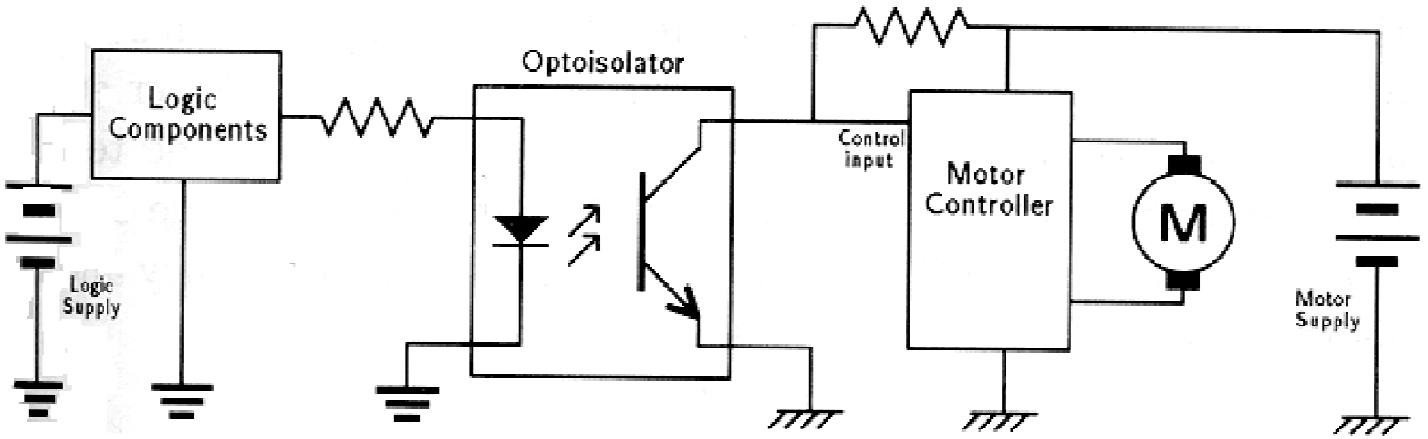
Proteção de Circuitos, Isolamento, Redução de Ruidos

- Muitas vezes é necessário isolar a parte lógica, motores e sensores em um circuito
- O isolamento é necessário porque os motores produzem interferência tanto nos circuitos lógicos quanto nos sensores



Proteção de Circuitos, Isolamento, Redução de Ruídos

- Um último recurso, é utilizar um isolador ótico, o que permite um verdadeiro isolamento entre o circuito lógico e os motores



Isoladores Ópticos com TRIAC (MOCs)