

Universidade de Fortaleza



Sistema de Aquisição de Dados e Interfaces

Aquisição de Dados e Interface com Computador

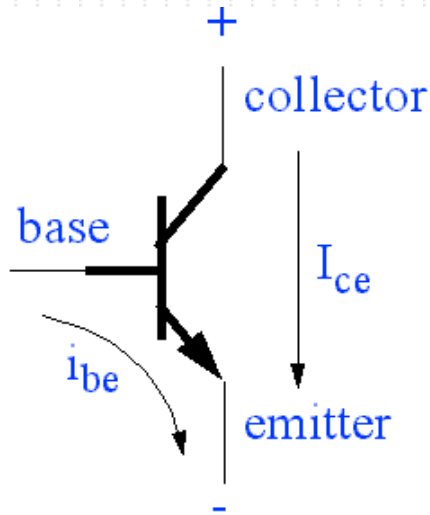
- ✓ História
- ✓ Transistores, Operacionais e Amplificadores de Instrumentação, Lógica dos CI
- ✓ História Moderna
- ✓ Requisitos Funcionais
- ✓ Canais de Entrada de Sinal
- ✓ Conversão Analógica-para-digital
- ✓ Interfaces: RS-232, IEEE 488, emergentes, industrial “instrumentos virtuais” (IV) etc.
- ✓ O “software é um instrumento”? (isto é o que a National Instruments diz)

História antiga da Aquisição de Dados

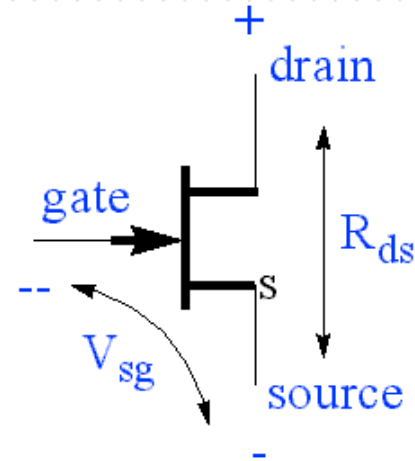
- ✓ Idade pré-eletrônica: galvanômetros, eletromedidores, amperímetros
 - ✓ Corrente flui através de uma bobina de fios com muitas voltas gerando um campo magnético → torque
 - ✓ Voltagem nas placas de um capacitor → torque
 - ✓ Corrente através de uma bobina → repulsão entre duas barras de ferro → torque
- ✓ ~1945: Amplificadores baseado em tubo já estão disponíveis mas são muito caros
 - ✓ Permanece mais barato usar medidores sensíveis que amplificadores
- ✓ ~1955: Aparece os transistores
- ✓ ~1965: Circuitos Integrados, Amplificadores Operacionais e Lógica Digital
 - ✓ Mais barato usar amplificadores que os medidores digitais

(**Dados** eram muitas vezes transcritos manualmente para os notebooks)

Modelo de Transistores



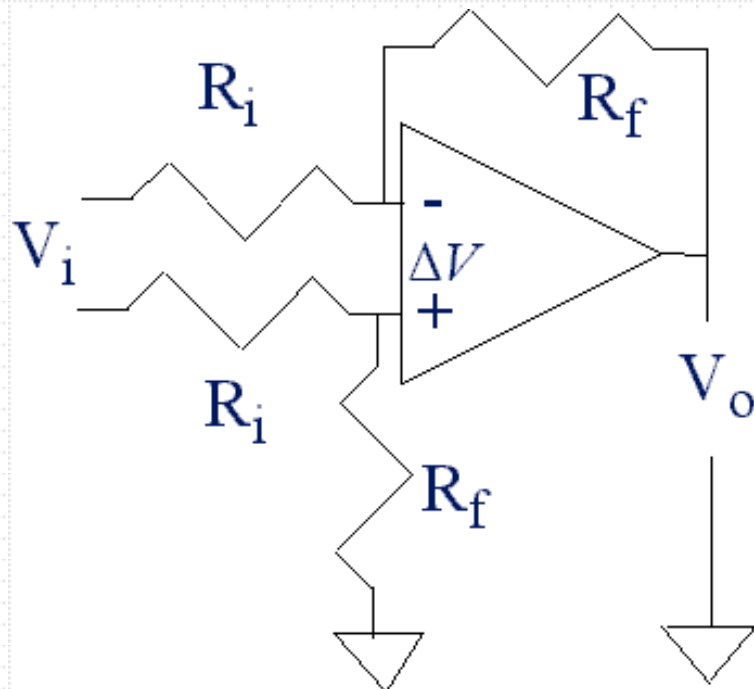
bipolar transistor (npn)



field effect transistor (n-channel jfet)

- ✓ Bipolar: $V_{be} = 0.7$ volts; $I_{ce} = b i_{be}$; $b \sim 250$
- ✓ Efeito de Campo: $V_{thr} \sim -3$ volts; $V_{sg} < +0.5$ volts; R_{ds0} medido em V_{sg0} ;
se V_{sg} é mais negativo que V_{thr} então nenhuma corrente dreno-fonte flui;
senão $R_{ds} = (V_{sg0} - V_{thr}) R_{ds0} / (V_{sg} - V_{thr})$
(mais negativo polarização/signal → mais resistência)

Primeiros circuitos integrados: analógicos ...



“operational amplifier”

~20 transistors (initially)

high gain ($\sim 10^5$)

but unpredictable gain

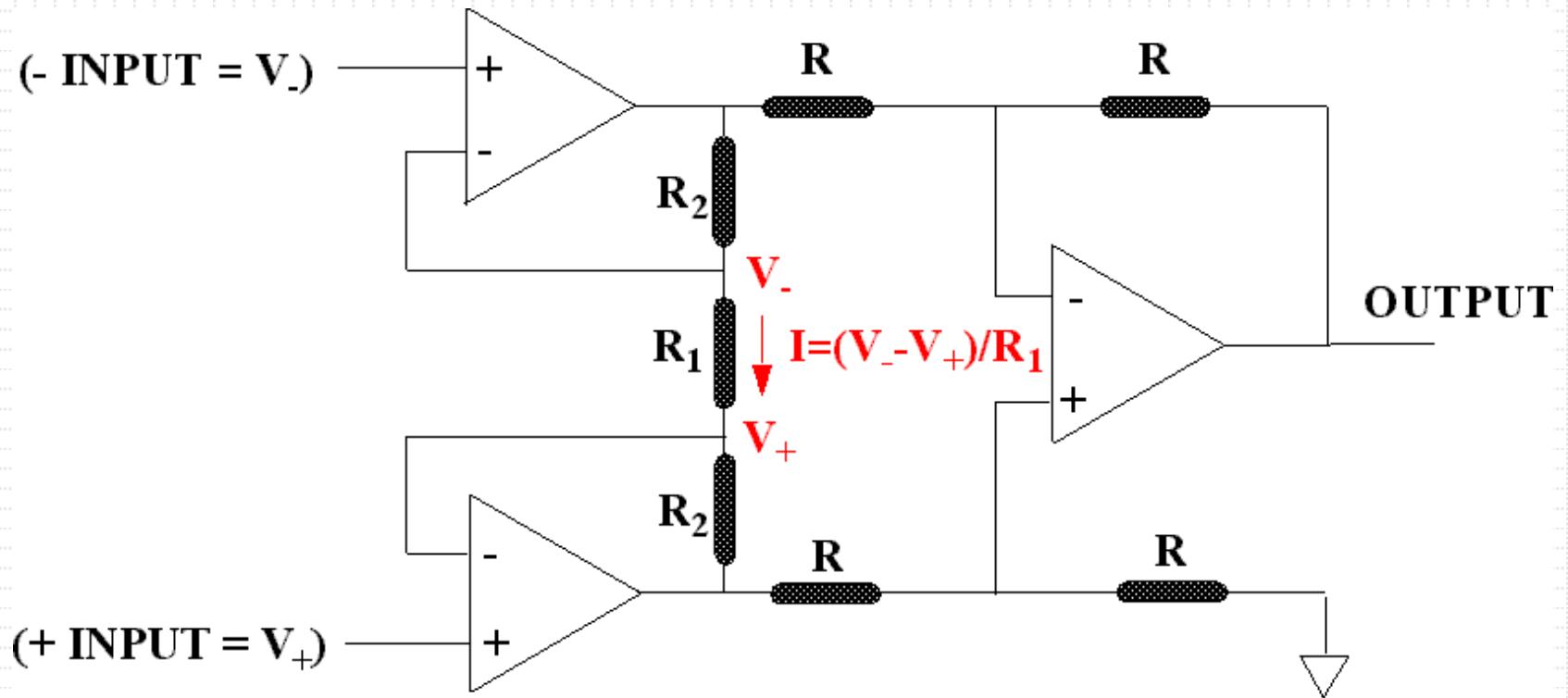
gain stabilized by
negative feedback

- ✓ $V_o = -A \Delta V$ irá saturar em voltagem a menos que ΔV seja muito pequeno
- ✓ Do qual segue algebricamente que $V_o = - (R_f/R_i) V_i$
- ✓ (independente de A desde que $A \gg R_f/R_i$)

Amplificador de Instrumentação

- ✓ Impedância de Entrada do Amplificador Operacional é ($R_i || R_f$)
 - ✓ Bom para interfacear fontes de baixa impedância com conversores A/D, etc;
 - ✓ Mas não para pequenos sinais originados de fontes de alta impedância;
 - ✓ Especialmente quando sinais de “modo comum” estão presentes
 - ✓ ex. A diferença em millivolt de dois sinais cada um deles próximo de 10 volts
- ✓ Projeto de “Amplificador de Instrumentação” fornece para cada entrada seu próprio amplificador, cross-referenciando para reduzir a sensibilidade de modo comum e então, diferenciando com um op-amp “comum”.

“Amplificador de Instrumentação Clássico”



SIGNAL GAIN = $1 + 2 R_2/R_1$

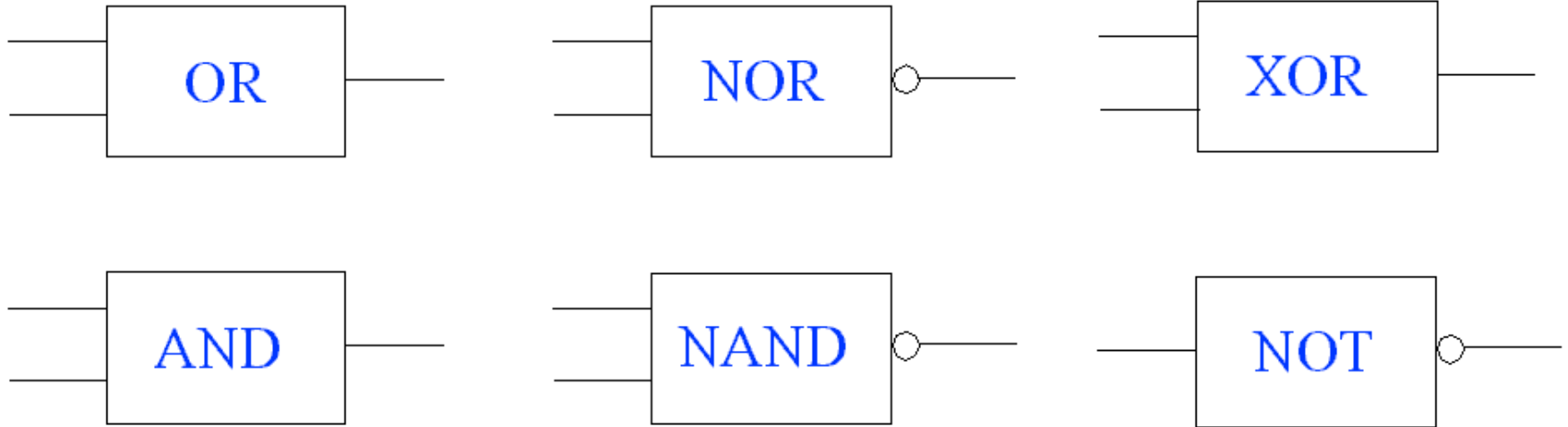
COMMON MODE GAIN = 1

SIGNAL GAIN = 1

COMMON MODE GAIN ~ 0

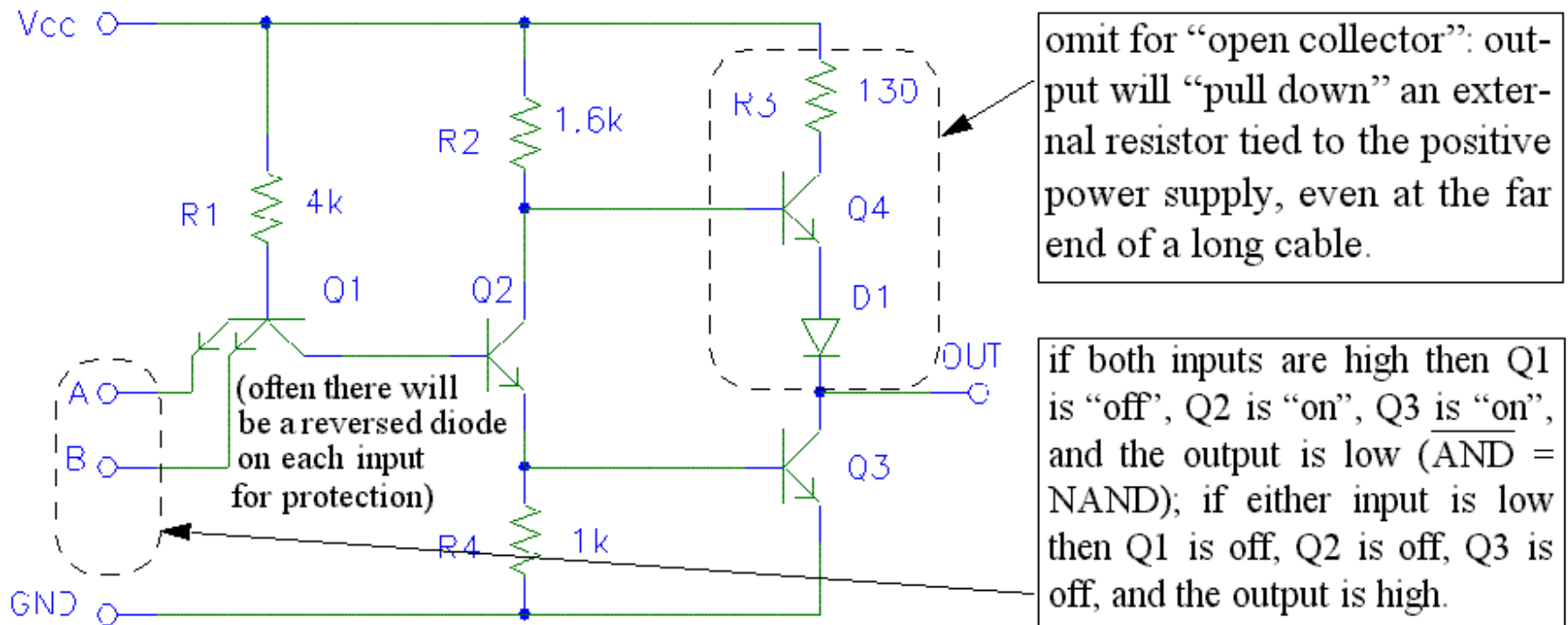
(NOT SHOWN: “TRIM” RESISTORS TO MINIMIZE COMMON MODE)

Lógica Digital



- ✓ ~10 “famílias de dispositivos” que são logicamente equivalentes mas eletricamente trabalham em diferentes níveis de voltagem verdadeiro/falso, velocidades, potências, etc.

Exemplo: Porta NAND TTL



Mais história ...

- ✓ ~1975: Microprocessador 808x nos PCs; instrumentos IEEE-488 HPIB -> padrão GPIB é publicado
- ✓ ~1980: Aquisição de dados e controle (ADC) barramento externo – entensor de barramento e barramentos no PC
- ✓ ~1985: Cartões ADC inseridos no chassi o PC; VXI como extensão de instrumento para barramento VME; Links ethernet “análise e apresentação” de tarefas em estações de trabalho com tarefas de “aquisição e controle” em processadores embarcados;
- ✓ ~1990: “instrumentação virtual”; “Software é um instrumento”
- ✓ ~1995: programação gráfica (Visual Basic dominado) para aquisição de dados e controle (ADC)

Aquisição de Dados e Controle (ADC) ^(1/2)

- ✓ Arquitetura de comunicação (*discutida no final*)
 - ✓ software <-> portas <-> instrumentos <-> sensores e atuadores
- ✓ Aquisição de dados
 - ✓ Lendo o estado de sensores (switches) binários: entrada digital
 - ✓ Digitalizando o estado de sensores analógicos: entrada analógica (ADC)
 - ✓ Medição de frequência e contagem de eventos: entrada de contador
- ✓ Controle do sistema
 - ✓ Atuando em dispositivos binários: saída digital
 - ✓ Atuando em dispositivos analógicos: saída analógica (DAC)
 - ✓ Sincronização etc: sinais de temporização na saída (clock)

Aquisição de Dados e Controle (ADC) (2/2)

- ✓ Armazenagem de dados
 - ✓ DMA, streaming to disk, etc.
- ✓ Análises
 - ✓ Ferramentas para tabulação, aritméticas, transformadas (FFT, etc), etc.
- ✓ Apresentação
 - ✓ Representação gráfica dos resultados em formatos familiares
- ✓ Disseminação
 - ✓ Integração com software de preparação de documentos
 - ✓ Integração com distribuição e publicação na web

Canais de entrada de sinal

- ✓ Cadeia típica:
 - ✓ transdutor -> amplificador -> filtro -> sample-and-hold -> ADC
- ✓ Dispositivos de alto nível replica isto para cada entrada analógica
- ✓ Outros dispositivos multiplexa para reduzir custo entrada de componentes
- ✓ Tipicamente o amplificador e o filtro (ou “condicionador de sinal”) são replicados por canal, então sinais individuais são selecionados rotativamente e apresentado no sample-and-hold e ADC

Alerta 1: sinais são amostrados em momentos diferentes: melhor que cada canal tenha seu próprio S/H, mas raramente isto é feito.

Alerta 2: o fabricante quota a taxa total de conversão, a qual pode na verdade ser compartilhada por 16 ou mais canais!

Conversor analógico-para-digital (ADC) ^(1/2)

- ✓ ADC “contador” or “traqueador”
 - ✓ Conta número de passos necessários para carregar o capacitor na mesma voltage do sinal (precisa somente comparar não medir)
 - ✓ Simples, barato, tempo de conversão depende da amplitude do sinal
 - ✓ Aproximações sucessivas ADC
 - ✓ Controlador (talvez um computador) aplica sucessivas aproximações para DAC e compara sua saída com o sinal de entrada
 - ✓ Lento
 - ✓ Saída naturalmente serializada
- ✓ ADC duas-rampas de integração
 - ✓ Integrador “carrega” por um tempo fixo, “descarrega” por com uma corrente fixa para medir o tempo

Conversor analógico-para-digital (ADC) (2/2)

- ✓ ADC duas-rampas de integração (cont.)
 - ✓ Geralmente se carrega por um número fixo de ciclos da tensão de linha
 - ✓ Lento, mas com boa imunidade a ruído
- ✓ ADC voltagem-para-frequência
 - ✓ Conta saída de VFC para o tempo medido
 - ✓ Lento mas com boa imunidade ao ruído
- ✓ flash ADC
 - ✓ resistor segmentado referencia voltagem em 2^n passos
 - ✓ $2^n - 1$ comparadores são ligados até atingir o sinal de tensão
 - ✓ Um passo para obter o valor, um passo $2^n \rightarrow n$ para conversão: Rápido! (Verificar o significado disso)
 - ✓ Mas custa $\sim 2^n$ vs. alguma coisa em torno de n para outros métodos

Sistemas de Medição

O advento do computador digital, a exemplo do que ocorreu em outras áreas, alavancou importantes avanços na área de medição. As mudanças foram introduzidas em praticamente todos os níveis: da construção de medidores à metodologia de medição, do planejamento das medições à análise dos dados, da organização dos resultados à sua divulgação, praticamente nada escapou às mudanças.

Sistemas de Medição e os avanços em outras áreas

- ✓ **Redes de Computadores:** As tecnologias surgidas nesta área, possibilitam uma integração cada vez maior de recursos e informações geradas pelos sistemas de medição. Atualmente é possível, disponibilizar resultados de uma medição através de uma rede integrando laboratórios, centros de pesquisa, indústrias, mesmo que localizados a grandes distâncias.
- ✓ **Processamento de Sinais:** O aumento da capacidade de processamento aliada à melhoria dos sistemas operacionais e linguagens de programação, propiciou o surgimento programas capazes de trabalhar com a matemática avançada. Com isto, o trabalho de análise e interpretação de resultados, cujo início era a prancheta de anotações passou a ser executado de forma integrada ao processo de medição. Outras funções, normalmente efetuadas por circuitos analógicos como condicionamento de sinais, controle de processos, modelagem matemática de sistemas passaram a ser executadas em sistemas digitais.

Sistemas de Aquisição de Dados

Aquisição de dados pode ser considerada como a "porta de entrada" dos sistemas citados. Ela engloba métodos e dispositivos capazes de transformar informações do mundo real, preponderantemente analógicos, para o formato digital, com o qual os computadores trabalham. Um sistema de aquisição de dados é composto por um ou mais dispositivos de entrada gerando dados para um computador (ou uma rede de computadores), capaz de interpretá-los como grandezas físicas, requerendo para isto, o software adequado.

Tipos de Sistemas de Aquisição de Dados

Existe uma gama considerável de opções de sistemas de aquisição de dados. A escolha do sistema adequado depende essencialmente do tipo de grandeza a ser medida e do objetivo da medida. Com base nestes dois parâmetros é possível definir características como: velocidade da medição, número de grandezas distintas, exatidão e a configuração do sistema, determinando os tipos de componentes utilizados.

Dentre as formas mais comuns de aquisição de dados, podemos citar:

- ✓ Instrumentos de medição com interface digital
- ✓ Data loggers
- ✓ Placas de aquisição de dados
- ✓ Controladores industriais
- ✓ Sistemas de aquisição com unidade processadora

Medidores com Interface Digital

Atualmente, uma parcela considerável dos instrumentos digitais de medição incorporam ou permitem a adição de uma interface para troca de dados com o computador. A vantagem desta opção é a quantidade de recursos oferecidos pelos instrumentos digitais de medição, possuindo vários modos de operação e diferentes escalas. Esta pode ser a opção mais vantajosa quando deseja-se medir um determinado tipo de grandeza e o medidor já está disponível no laboratório. As desvantagens são o custo e a pouca flexibilidade quando comparados às opções apresentadas a seguir. Em geral um instrumento só permite a medição de uma única grandeza durante seu funcionamento, enquanto nas demais opções pode-se monitorar diversas grandezas de diferentes tipos.

As interfaces podem ser divididas em duas grandes categorias:
Seriais e paralelas

RS-232 interfaces

- ✓ Antes da ethernet, quando falávamos de tempo compartilhado em mainframes estávamos falando de RS-232
- ✓ Vários instrumentos (osciloscópios, amplificadores, etc) ainda são vendidos com RS-232 como sendo a interface para set-up, controle, download de dados
- ✓ Muitos dispositivos(ex., Palm Pilots) e periféricos (ex., mouse, leitor de smart-card, controladores, etc) ainda usam a mesma
- ✓ Byte assíncrono: um start bit anuncia cada byte chegando
- ✓ Família de padrões para nível simétrico/assimétrico simples/duplo
- ✓ Projetado para um único dispositivo
- ✓ Natureza serial facilita a interface com fibra óptica

Interfaces Seriais (1/2)

- ✓ Caracterizada pela transmissão de apenas uma parcela de informação a cada instante.
- ✓ O número binário é transmitido seqüencialmente bit por bit, byte por byte (valor com oito bits).
- ✓ As características físicas e lógicas como padrão e normalmente é definido através de uma norma.
- ✓ Existem várias normas especificando as condições para a comunicação serial. A mais utilizada atualmente é a RS232C.
- ✓ Embora desatualizada a RS232C equipa a maioria dos computadores que saem de fábrica, sendo uma opção de baixo custo para o interfaceamento.
- ✓ Originalmente a norma RS232C especifica seu uso para transmissão de dados a uma taxa de 9600 bits/s a distâncias não superiores a 15 m.
- ✓ Na prática, com o uso de cabos trançados (menor capacitância), é possível atingir taxas de até 20 kbits/s.

Interfaces Seriais (2/2)

Outras opções disponíveis atualmente são:

- ✓ **RS485**: Similar à RS 232C na parte lógica. A melhoria das especificações elétricas permite a transmissão dos dados a distâncias maiores e com maior velocidade;
- ✓ **USB (Universal Serial Bus)**: A interface USB é um barramento serial que permite a interligação de diversos periféricos a um computador ou diversos computadores entre si. Além de resolver o problema do número de conexões do padrão RS232 (permite a conexão apenas entre dois dispositivos), a USB proporciona uma maior velocidade de transmissão de dados (1,5 ou 12 Mbps) e prevê ainda vias de alimentação aos periféricos, permitindo que utilizem um único cabo. Atualmente, a maioria dos PCs incluem barramento USB em sua configuração básica;

Interfaces Paralelas

A troca de informações é realizada com o envio simultâneo de todos os bits do valor binário, normalmente 8 bits.

A norma mais utilizada para interface de instrumentos é a IEEE488, conhecida como GPIB (General Purpose Interface Bus). Como o nome sugere, esta interface especifica um barramento paralelo onde podem ser conectados 16 dispositivos (computador + 15 instrumentos) através de um cabo flexível de até 20 m, permitindo a conexão de um componente a cada 2 m. As taxas de transferências podem chegar a 1 Mbyte/s.

Outra opção bastante acessível é a interface paralela padrão centronics, disponível na maioria dos microcomputadores para conexão de impressora.

Interfaces IEEE 488 (GPIB, HPIB)

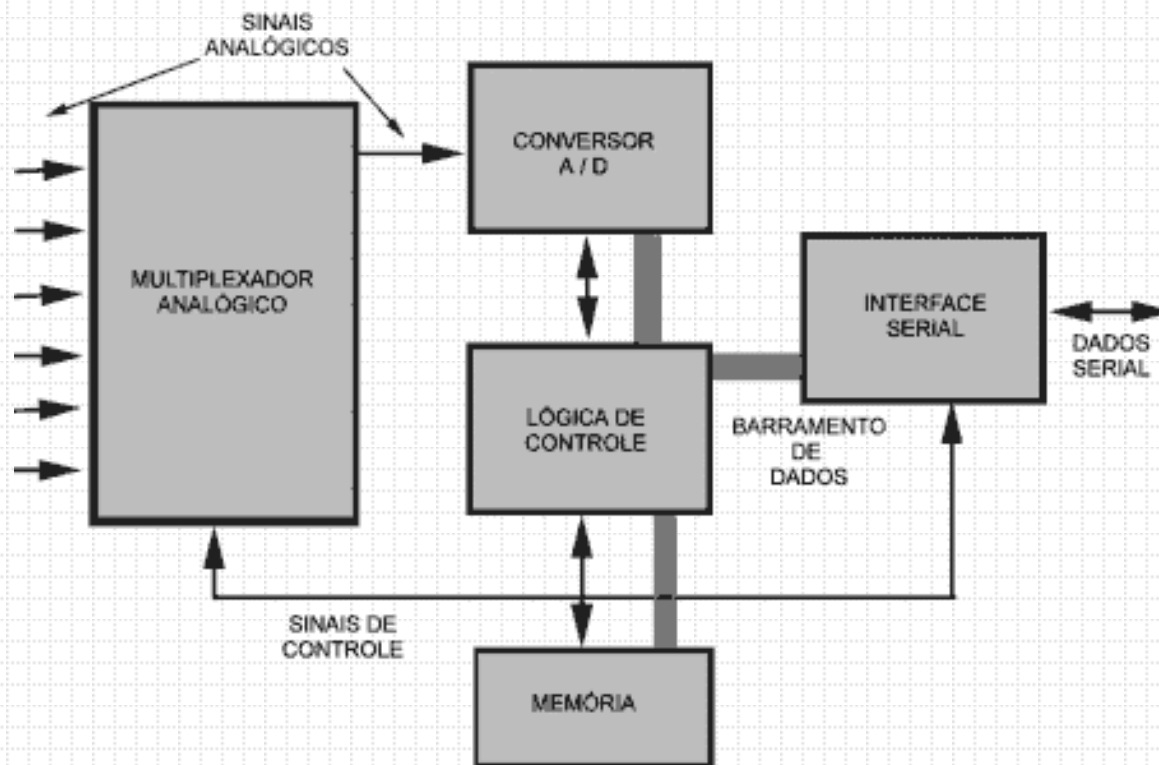
- ✓ O principal canal de comunicação e controle para instrumentos de pesquisa em ciências física/química/etc
- ✓ Barramento paralelo de 16 bits: 8 para dados ou linhas de comando, 8 linhas de controle
 - ✓ Linhas de controle (8) = “dado válido”, “não pronto para dados”, etc.
- ✓ Um dispositivo pode “falar” e/ou “escutar” e/ou controlar
- ✓ Dispositivos recebem endereço único (0 ... 30 -> 5 bits); 31 endereços ao todo
- ✓ Dados enviados um byte por vez gerenciado pelas linhas de controle
- ✓ Instrumentos genéricos de alto nível (voltímetro, osciloscópios, etc) linguagens de controle (ex., SCPI = “skippy”) vêm e vão; problema é que linguagens genéricas não podem explorar os aspectos específicos de cada instrumento

Data Loggers

Os data loggers são equipamentos que conectados ao computador através de um dos métodos descritos anteriormente, permitem a medição de uma ou mais grandezas. A diferença de um data logger para um instrumento de medição está em sua construção mais simples. Geralmente os data loggers são construídos com várias entradas de tensão, exigindo que o sinal gerado pelo sensor seja adaptado às condições destas entradas.

Data Logger – Diagrama de Blocos

A figura abaixo mostra as partes constituintes de um data logger em diagrama de blocos.



Placas de Aquisição de Dados (1/2)

As placas de aquisição de dados possuem função similar aos data loggers, a digitalização de valores de tensão e transferência dos valores binários para o computador. A principal diferença é que as placas são ligadas diretamente aos barramentos internos do computador, conferindo uma maior velocidade na troca de dados. Desta forma, a placa de aquisição de dados possui as mesmas condições de acesso de outros componentes do sistema como controladores de vídeo, memória, disco, etc... Além da digitalização de tensões, é prática comum entre os fabricantes, incluírem outras funções nestas placas, tais como:

- ✓ Saída de sinais analógicos (conversão de digital para analógico);
- ✓ Entradas e saídas digitais paralelas;
- ✓ Temporizadores;
- ✓ Contadores.

Placas de Aquisição de Dados (2/2)

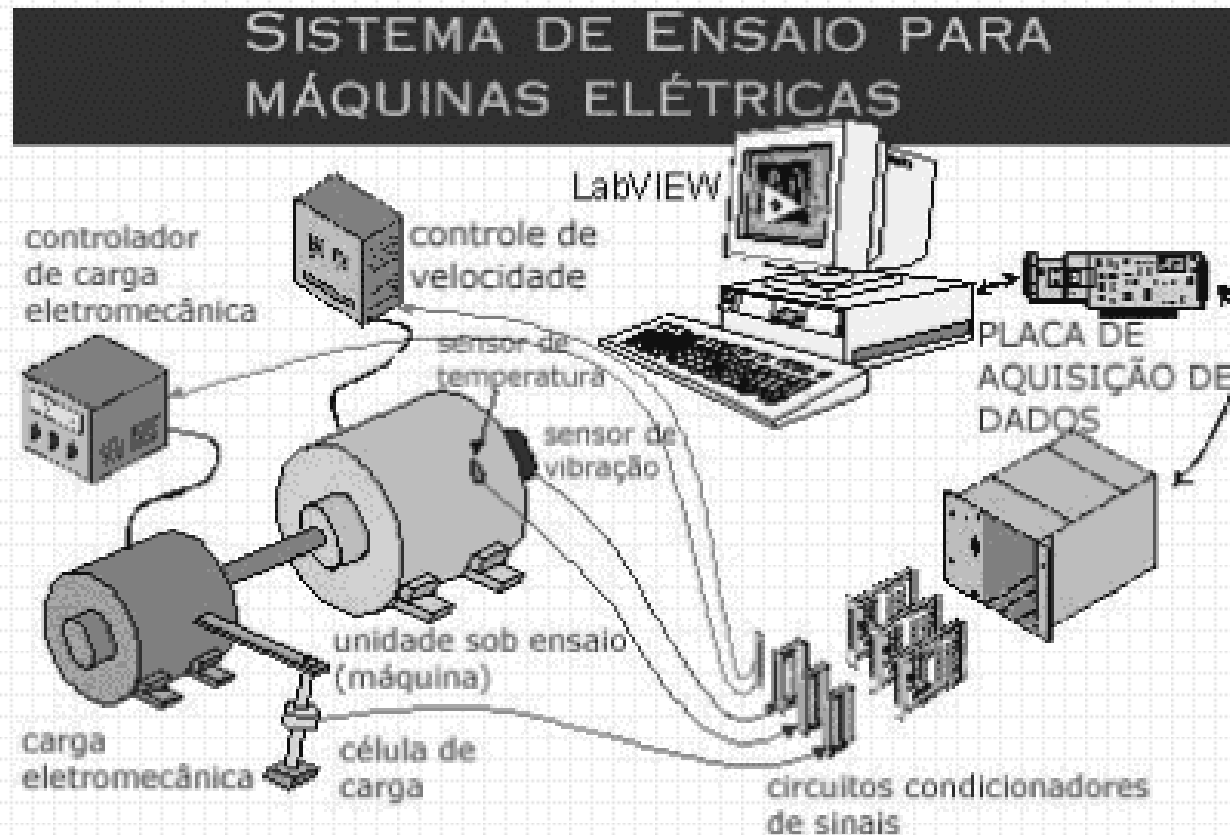
A inclusão destas funções confere uma grande flexibilidade ao sistema, pois além da simples medição de tensões o sistema adquire capacidades de um sistema completo para testes ou mesmo controle de processos. Observe o exemplo da figura onde um sistema de análise, constituído por um computador e uma placa de aquisição de dados é utilizado no estudo das características de uma máquina elétrica.

Diagrama de arquitetura de um sistema de aquisição de dados (DAQ) baseado em PCI. O diagrama mostra o fluxo de dados e controle entre o barramento de entrada/saídas, o barramento de computador/conector PCI, e os diversos módulos de hardware. Os módulos incluem:

- Entradas e Multiplexagem:** Conector de Entr./Saídas, mux de entradas analógicas, mux de calibração, multiplexador de modos analógicos.
- Processamento de Sinal:** Amp. instr. com ganho programável, conversores D/A para calibração, conversor D/A principal.
- Armazenamento e Transferência:** memória FIFO de conv. A/D, EEPROMs, interface genérica de barramento, interface para barram. PCI.
- Controle e Interface:** interface de trigger, controle e temporização entr. analógicas, DMA e solicitação interrupção, interface do barram., interface de barram. PCI, interface de DMA, controle de entradas analógicas, controle de EEPROM, interface de DAQ-STC, barramento interface DAQ-STC, controle de saídas analógicas, barr. de interface, Plug & Play, contr. interface DIO.
- Saídas e Calibração:** conv. D/A#0, conv. D/A#1, conv. D/A calibração, conector RTSI.

O diagrama também indica a presença de um conector de entr./saídas e um conector de computador / conector PCI.

Placas de Aquisição de Dados – Aplicação

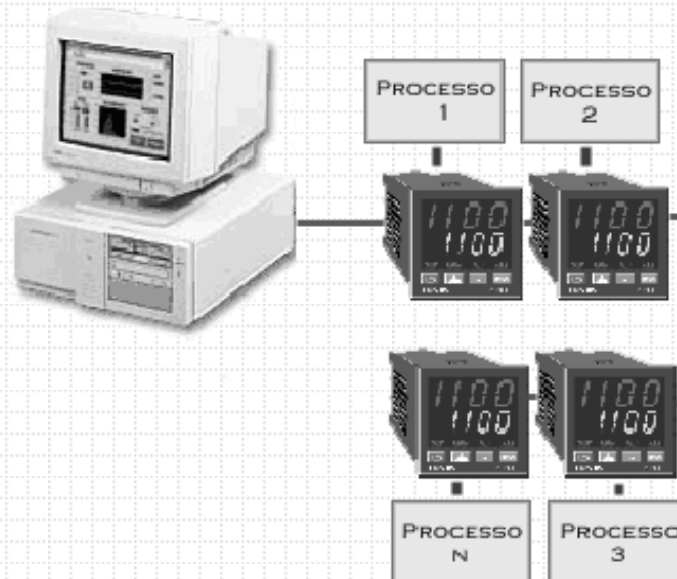


Controladores Industriais (1/2)

Controladores industriais são sistemas dedicados ao controle de processos existentes em algumas etapas da fabricação de produtos. A concepção de um controlador assemelha-se a de um computador equipado com placa de aquisição de dados, só que mais simples e dedicado a um conjunto específico de funções. Os controladores industriais são construídos em torno de processadores especiais chamados microcontroladores. Os microcontroladores assemelham-se aos microprocessadores utilizados nos computadores pessoais, incluindo alguns circuitos adicionais como conversores A/D, D/A, contador, temporizador, controlador PWM, e outros, dependendo do modelo. Ao contrário dos computadores, os controladores não possuem sistema operacional. O programa contendo as funções de controle são executadas diretamente na memória, geralmente do tipo não volátil (não perde o conteúdo se o sistema for desligado).

Controladores Industriais (2/2)

Os controladores industriais incluem algum tipo de interface para que possam ser conectados entre si e com um computador para supervisão geral (figura abaixo) dos processos em andamento. Desta forma, um computador pode realizar aquisição de dados através de um controlador industrial dotado de um ou mais sensores. Existem vários padrões de conexão para controladores industriais, a maioria utilizando interface serial.



Surgimento da comunicação com DAC

- ✓ Enhanced Parallel Port (EPP): bidirecionalidade, como é necessário para o DAC
- ✓ Universal Serial Bus (USB): inserção “quente” de até 127 dispositivos tornando-o atrativo para o ambiente de pesquisa, alimentação de dispositivo pela rede, na prática relativamente lento (100 Kpalavras/s?)
- ✓ FireWire (IEEE 1394): rápido suficiente para vídeos ao vivo, pode suportar 100 seg de dispositivos
- ✓ 1451.2-1997 Padrão PDF para Interface Transdutor Smart para Sensores e Atuadores – Formats Transducer to Microprocessor Communication Protocols and Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) 1998

DAC industrial

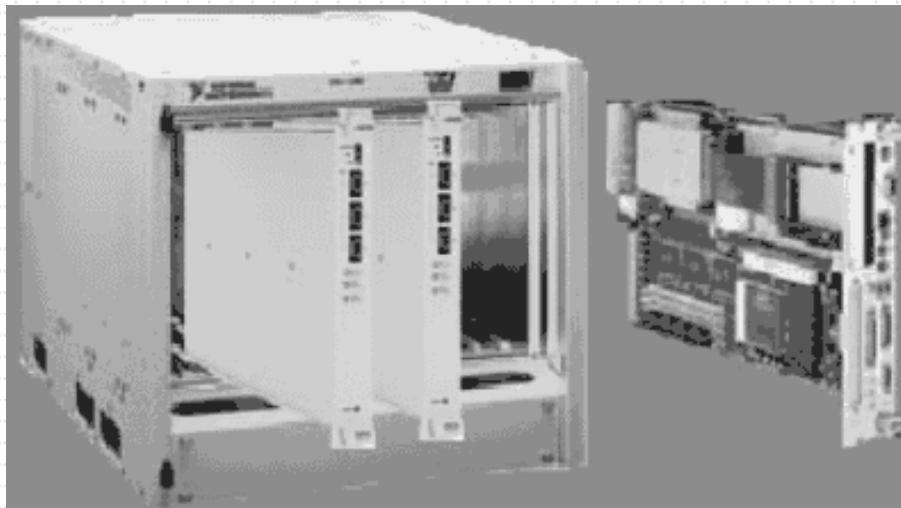
- ✓ 4-20 mA: um meio não um protocolo, mas você deve saber sobre ele ... Robusto para trabalhar em ambiente industrial ruidoso
- ✓ MAP = Manufacturing Automation Protocol, dirigido por fabricantes automotivos nos anos de 1980, ainda está vivo?
- ✓ DeviceNet: 125/250/500 Kbit/s, pacote de dados de 8-bits, sensível para monitoramento de alta velocidade de parâmetros de processos simples, ex., na fabricação discreta de containers de alimentação, etc.
- ✓ FieldBus: 1-2.5 Mbits/s, tamanho de pacote variado de até 1000-bytes, sensível para baixa contagem de pacotes com maior detalhamento, i.e., em contínuo processo de controle com movimentos rápidos e complexos mas com mudança de dados relativamente lento. Ex: refino de óleo.

Sistema de Aquisição com Unidade Processadora ^(1/2)

Quando as grandezas medidas demandam uma velocidade elevada na aquisição de dados, grande quantidade de medidas e uma grande capacidade de processamento, uma solução é a utilização de várias placas de aquisição de dados, controladas por uma placa de computador dedicada exclusivamente ao controle do funcionamento destas placas, utilizando um barramento de interconexão desenvolvido especificamente para esta função. Neste caso, o computador fica com a função de trabalhar com os resultados já processados pela placa do sistema. O sistema de aquisição de dados é montado em um gabinete específico contendo as várias placas de aquisição, barramento de conexão e computador dedicado e pode ser interligado ao microcomputador através de uma das interfaces computacionais.

Sistema de Aquisição com Unidade Processadora (2/2)

Existem diversos tipos de sistemas com estas características, mas a maioria dos fabricantes segue uma norma para que componentes com diferentes procedências possam ser compatíveis entre si. A plataforma VXI plug&play (figura abaixo) agrega milhares de produtos para aquisição de dados de diferentes fabricantes mantendo total compatibilidade entre os mesmos. A compatibilidade é garantida graças as especificações mecânicas, elétricas e lógicas para interligação dos componentes.



“Instrumentos Virtuais”

“Interfaces Inteligentes”, etc (1/2)

- ✓ Tópico quente em alguns círculos ... Mas provavelmente a maneira como as pessoas naturalmente irão desenvolver novos sistemas de aquisição de dados em ambiente computadorizado
- ✓ Sensores: Qual deve ser o poder de processamento local e para que?
 - ✓ Controle local com perspectiva global?
- ✓ Comunicações: tirar vantagem da infraestrutura da rede/web e permanecer sendo capaz de manter as amarras de temporização nas relações entre os sistemas.

“Instrumentos Virtuais”

“Interfaces Inteligentes”, etc (2/2)

- ✓ Sistemas operacionais: SO tempo-real <-> UNIX <-> Sistemas baseados no Windows voltado para controle, hardware baratos.
- ✓ Software: interface de usuário gráfica, ambiente de programação de usuário gráfica, interfaces com superior funcionalidades para processamento de dados (Excel?), análises (Mathematica?), apresentação (pacotes de visualização de dados?), etc

Software é um instrumento (1/2)

- ✓ National Instruments: cartão de interfaces IEEE 488 -> software de aquisição IEEE 488 -> cartões DAC s -> software LabView diz que sim.
- ✓ “front ends de medição universal” estão por trás de todo o processo;
software será configurado e apresenta a saída como um “instrumento virtual”
- ✓ Keithley Instruments: instrumentos de medição de precisão para baixa voltagem e pequenas correntes -> interfaces para instrumentação IEEE 488 -> companhia de software e hardware de aquisição de DAC para PC diz não.
- ✓ O “instrumento universal” é sub-ótimo em qualquer aplicação

Software é um instrumento (2/2)

- ✓ Mel Siegel: sim e não.
 - ✓ Sistema prático típico, controle de processo industrial, requer 1000 medições a 6 bits de precisão/resolução e 1 medição a 24 bits precisão na resolução: sistema deve integrar ambas as necessidades!