

Física Experimental VI – 4300314

1º Semestre de 2017

Instituto de Física
Universidade de São Paulo

Professor: **Antonio Domingues dos Santos**

E-mail: adsantos@if.usp.br

Fone: **3091.6886**

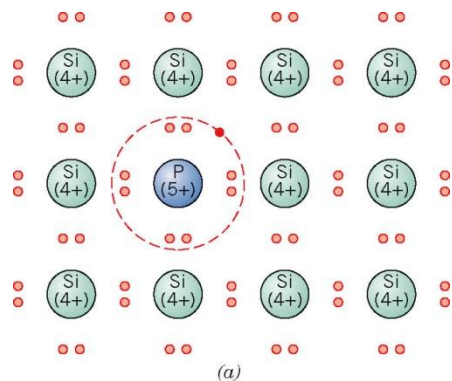
Semicondutores extrínsecos

Tipo n

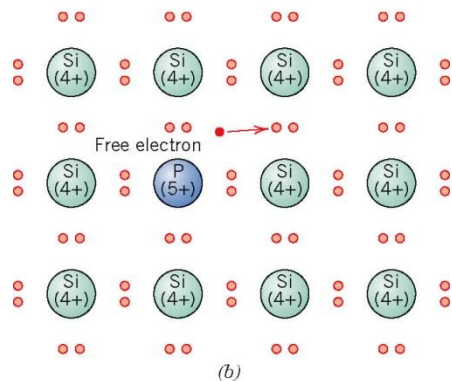
Condutividade

$$\sigma = n|e|\mu_e + p|e|\mu_b$$

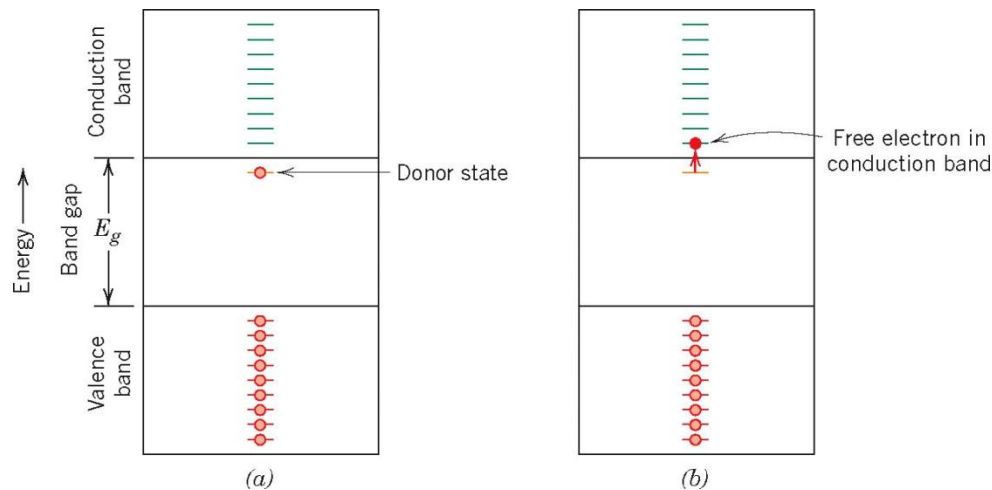
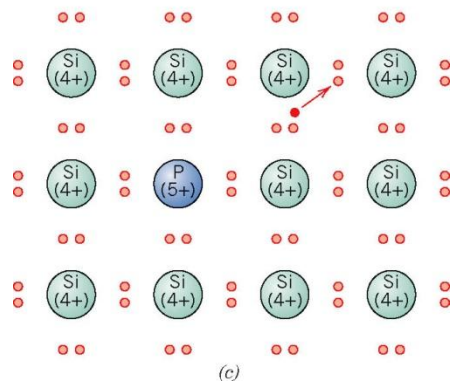
Por elétrons e buracos



Field ←



Field ←



Dispositivos Semicondutores

Transistor p-n-p

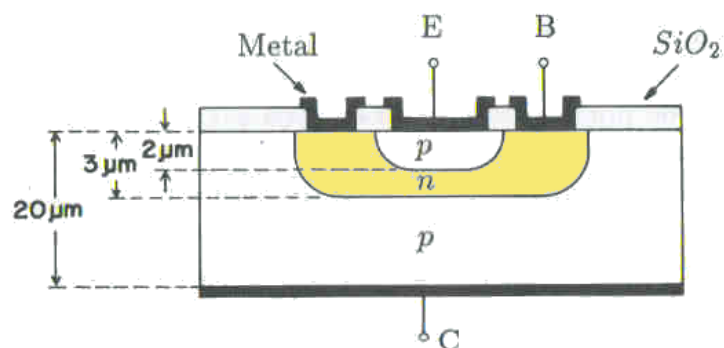


Figura 7.2: Estrutura planar do transistor bipolar de junção com algumas dimensões típicas. As letras E, B e C representam os terminais do emissor, da base e do coletor, respectivamente. As distâncias indicadas representam espessuras típicas.

Transistor bipolar

Corrente elétrica em um transistor

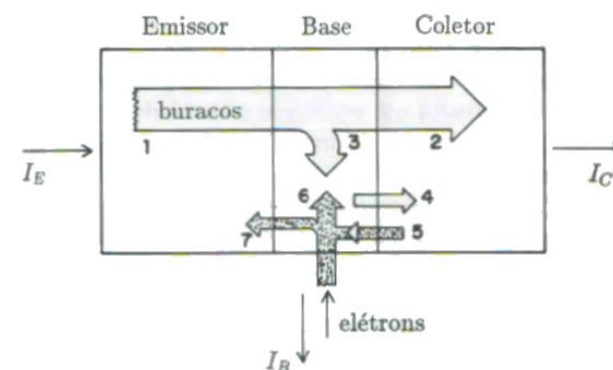
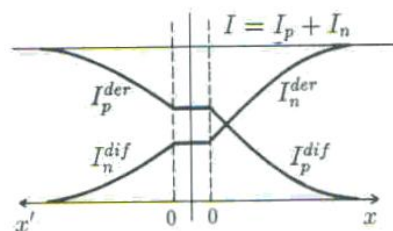
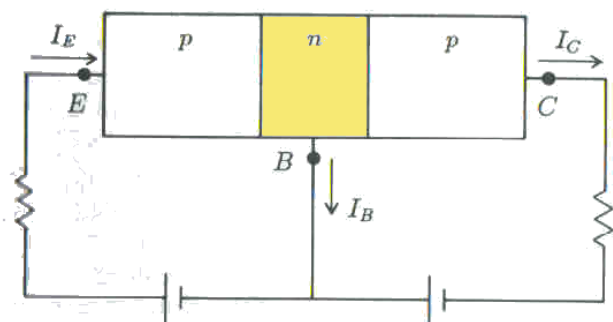
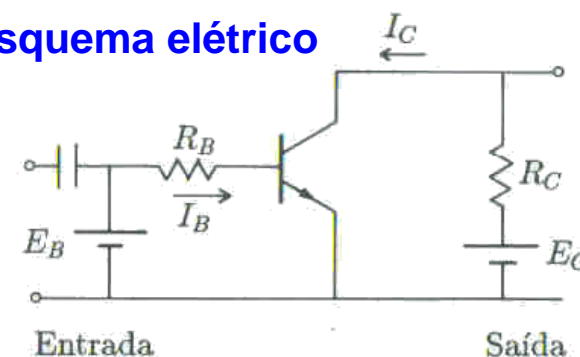


Figura 7.4: Ilustração do fluxo de elétrons e de buracos em transistor p-n-p: 1- Buracos em movimento de deriva no emissor; 2- Buracos que atingem o coletor em movimento de difusão; 3- Buracos que desaparecem na base por recombinação; 4 e 5- Buracos e elétrons gerados termicamente na base e que formam a corrente de saturação reversa da junção do coletor; 6- Elétrons que recombinaem com os buracos da componente 3; 7- Elétrons injetados da base para o emissor formando a corrente I_{E_n} .



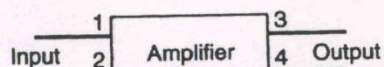
Correntes na região de depleção

Esquema elétrico



Amplificadores Operacionais

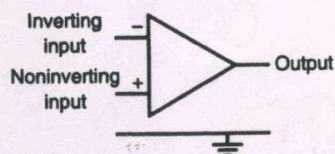
Amplificadores constituem-se nos mais importantes blocos usados em eletrônica analógica.



Malha aberta

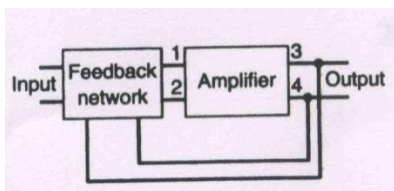
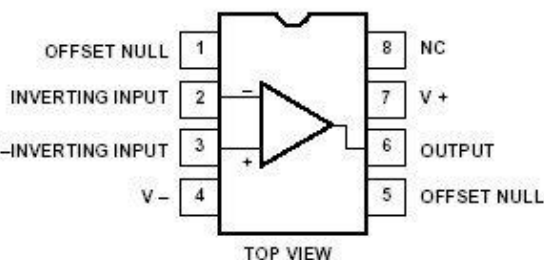
$$A = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$V_{out} = A \cdot (V_+ - V_-)$$



(a)

R 5



Malha fechada

Amp. Op. Modelo 741

Ganho $A \sim 10^5$ (ideal = ∞)

Impedância $2M\Omega$ (ideal = ∞)

Corrente interna $0,1\mu A$ (ideal = 0)

V offset 2mV (ideal = 0)

Rampeamento $0,5V/\mu s$

Resposta em frequência

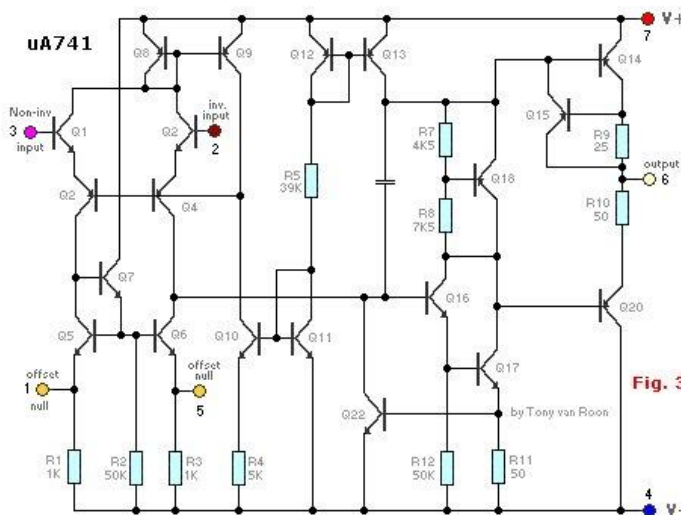
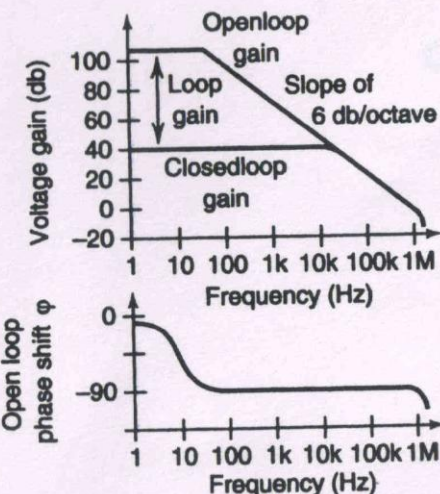


Fig. 3

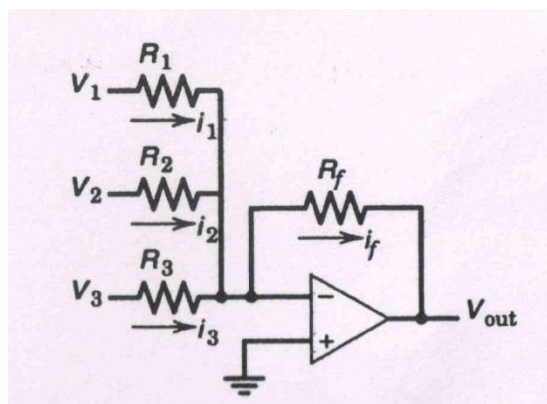


=>

Alguns usos de Amplificadores Operacionais

Idealmente: ($A = \infty$, $i_i = 0$)

Amplificador somador

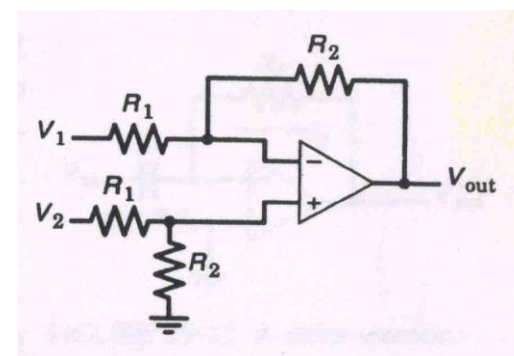


$$i = i_1 + i_2 + i_3$$

$$i_1 = \frac{V_1}{R_1}, \dots$$

$$V_{out} = -\frac{R_f}{R_1} \cdot V_1 - \frac{R_f}{R_2} \cdot V_2 - \frac{R_f}{R_3} \cdot V_3$$

Amplificador de diferença

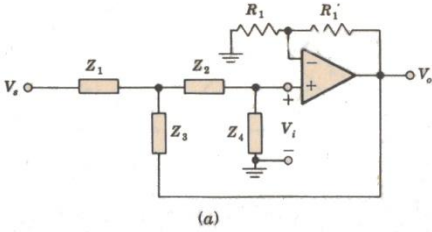


$$V_+ = V_2 \frac{R_2}{R_1 + R_2} = V_-$$

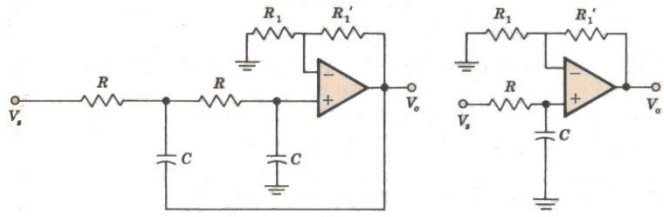
$$\frac{V_1 - V_+}{R_1} = \frac{V_+ - V_{out}}{R_2}$$

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1} (V_2 - V_1)$$

Eficiência dos Filtros



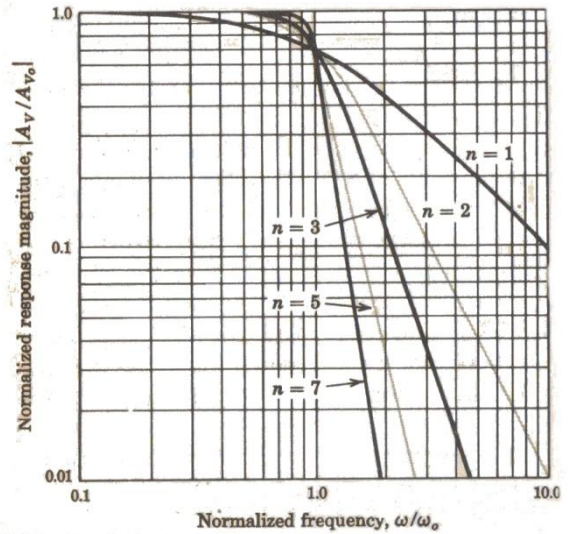
(a)



(b)

(c)

Fig. 16-18 (a) Generalized active-filter prototype. (b) Second-order low-pass section. (c) First-order low-pass section.



Butterworth low-pass filter frequency response.

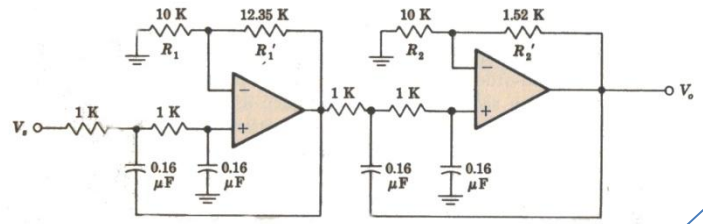


Fig. 16-19 Fourth-order Butterworth low-pass filter with $f_o = 1$ kHz.

Filtro Ressonante (passa-banda estreito)

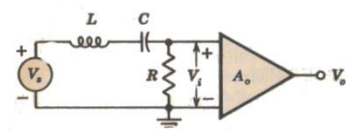
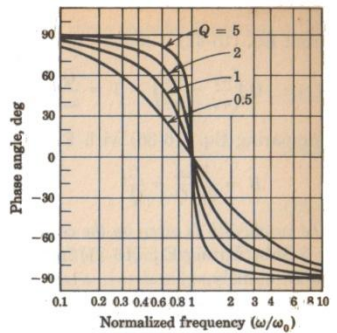
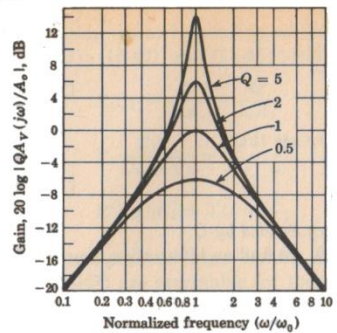
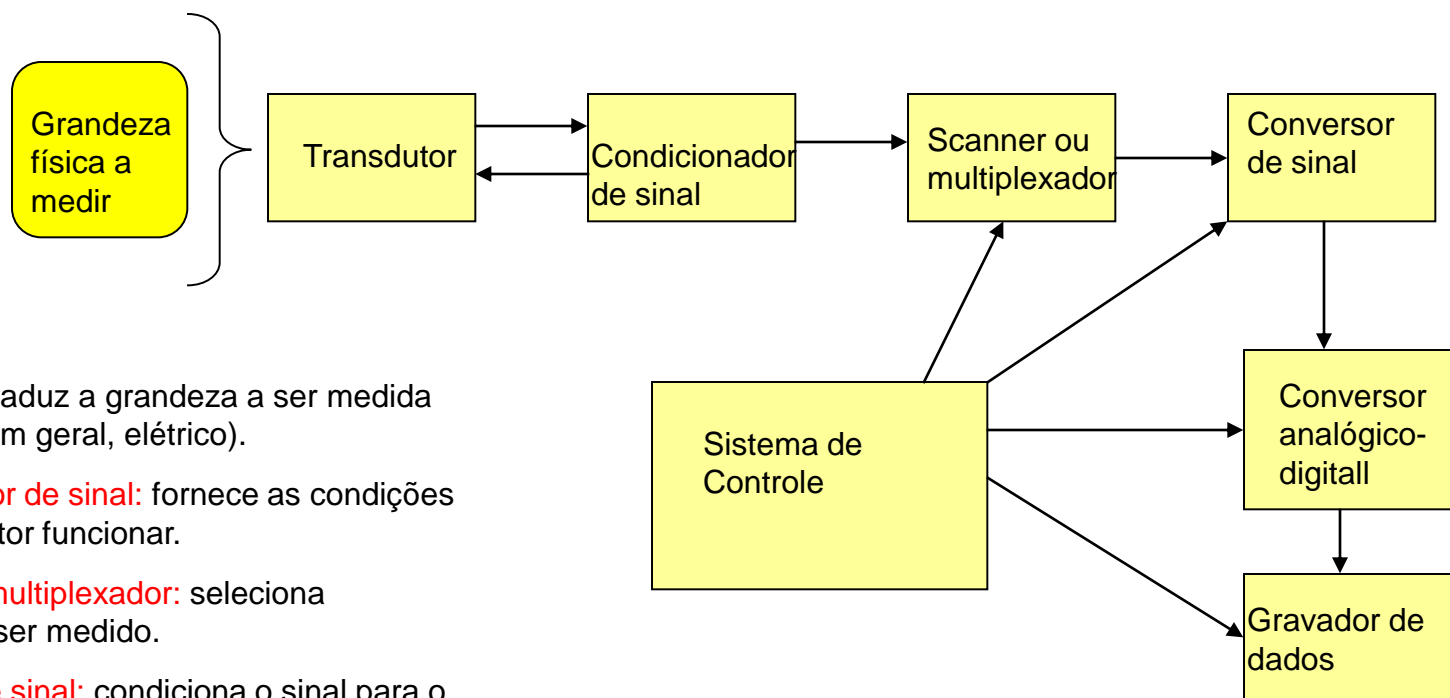


Fig. 16-21 A resonant circuit.



Sinais, medidas, ruídos, ...

Sistema genérico de aquisição de dados experimentais

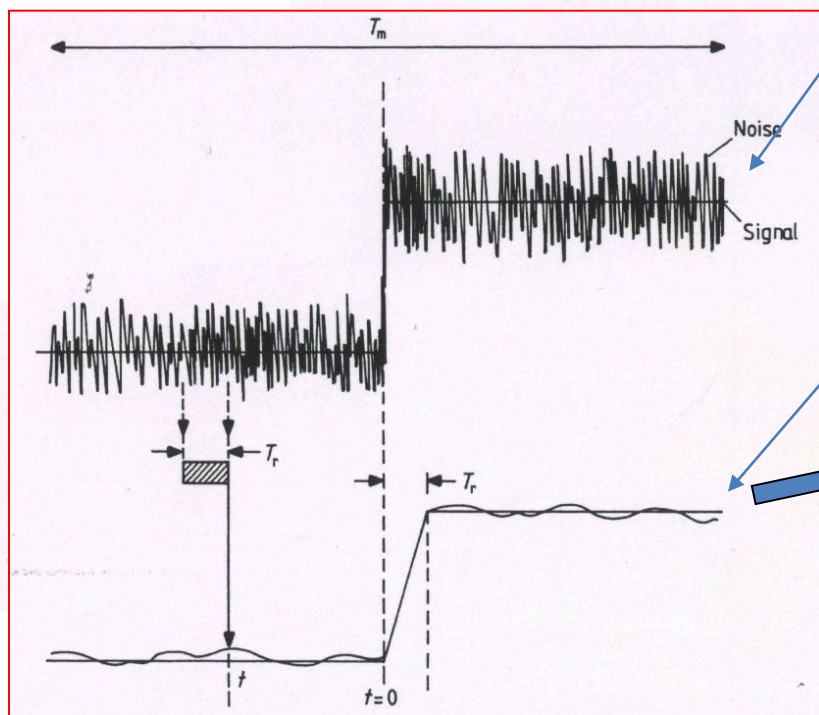
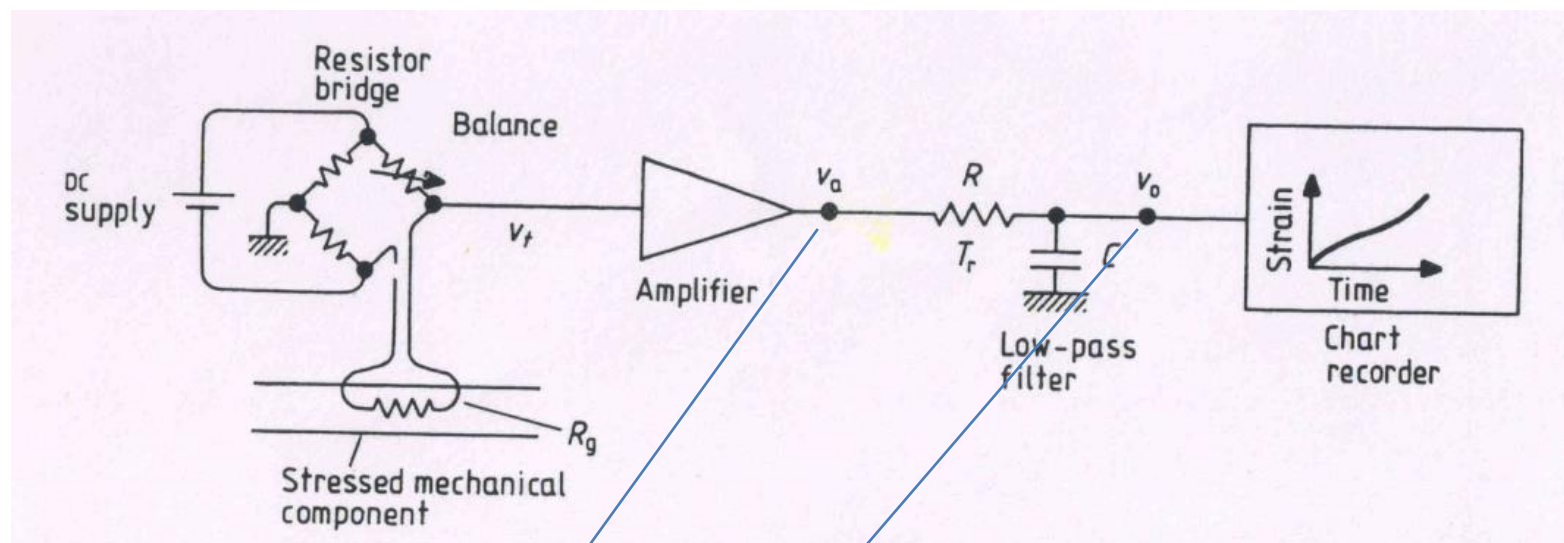


- **Transdutor:** traduz a grandeza a ser medida em um sinal (em geral, elétrico).
- **Condicionador de sinal:** fornece as condições para o transdutor funcionar.
- **Scanner ou multiplexador:** seleciona instrumento a ser medido.
- **Conversor de sinal:** condiciona o sinal para o ADC.
- **Gravador de dados:** armazena as informações.
- **Sistema de controle:** Gerencia todas as atividades.

Digital ou Analógico ?

Sinais, medidas, ruídos, . . .

Extração do sinal, frente ao ruído:



Ruído branco (aleatório) e filtro passa-baixas:

Ruído branco:

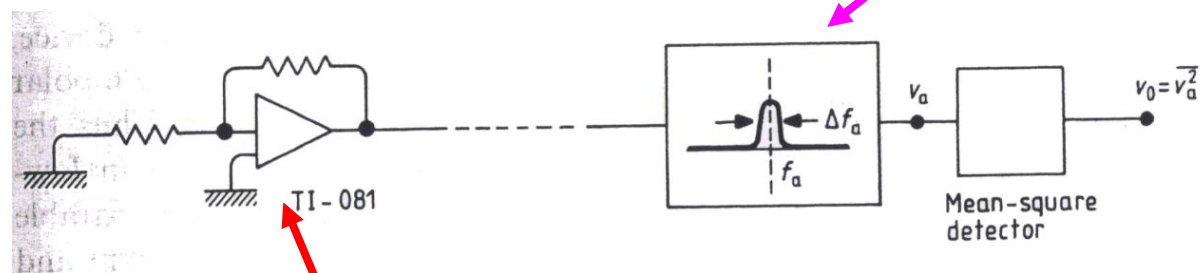
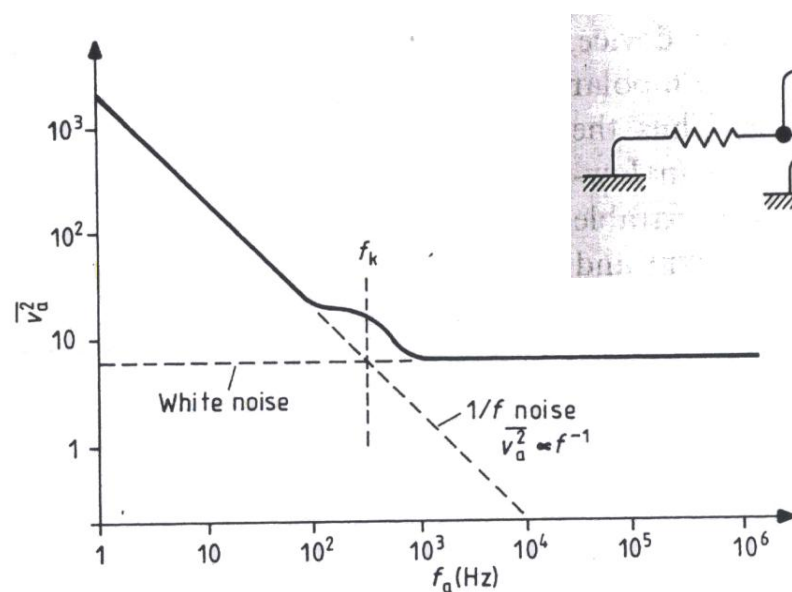
$$\tilde{v}_n \propto T_r^{-1/2}$$

Sinais, medidas, ruídos, ...

Ruído 1/f

Ruído branco tem um espectro que independe da frequência.

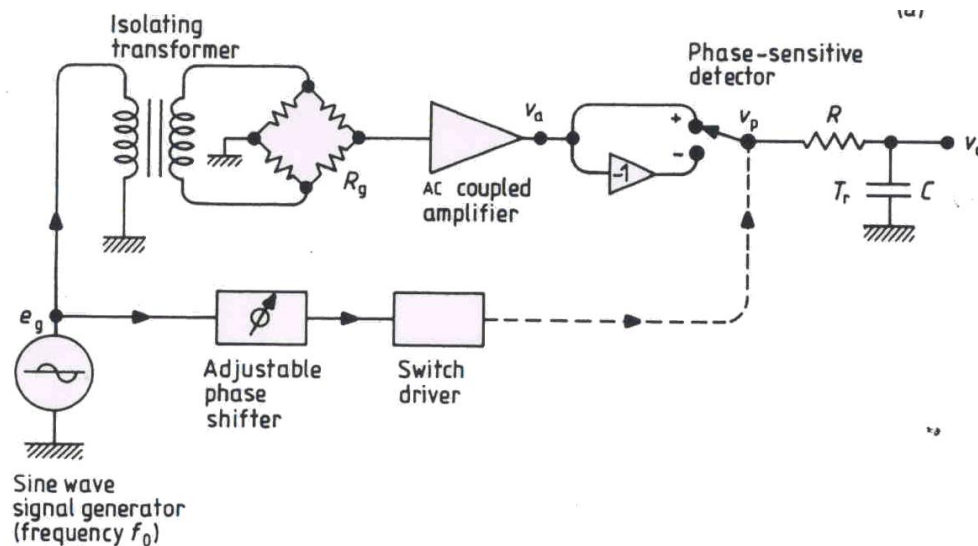
Ruído 1/f é inversamente proporcional à frequência



Ruído 1/f vem de defeitos superficiais.

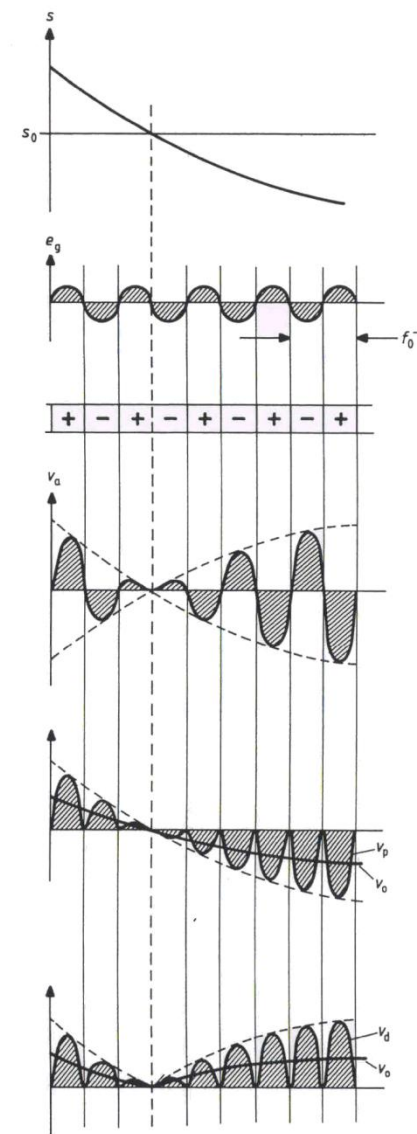
Dispositivos semicondutores frequentemente dependem de interfaces e superfícies.

Métodos de Deteção Síncrona (ou Métodos de Deteção Sensíveis à fase)



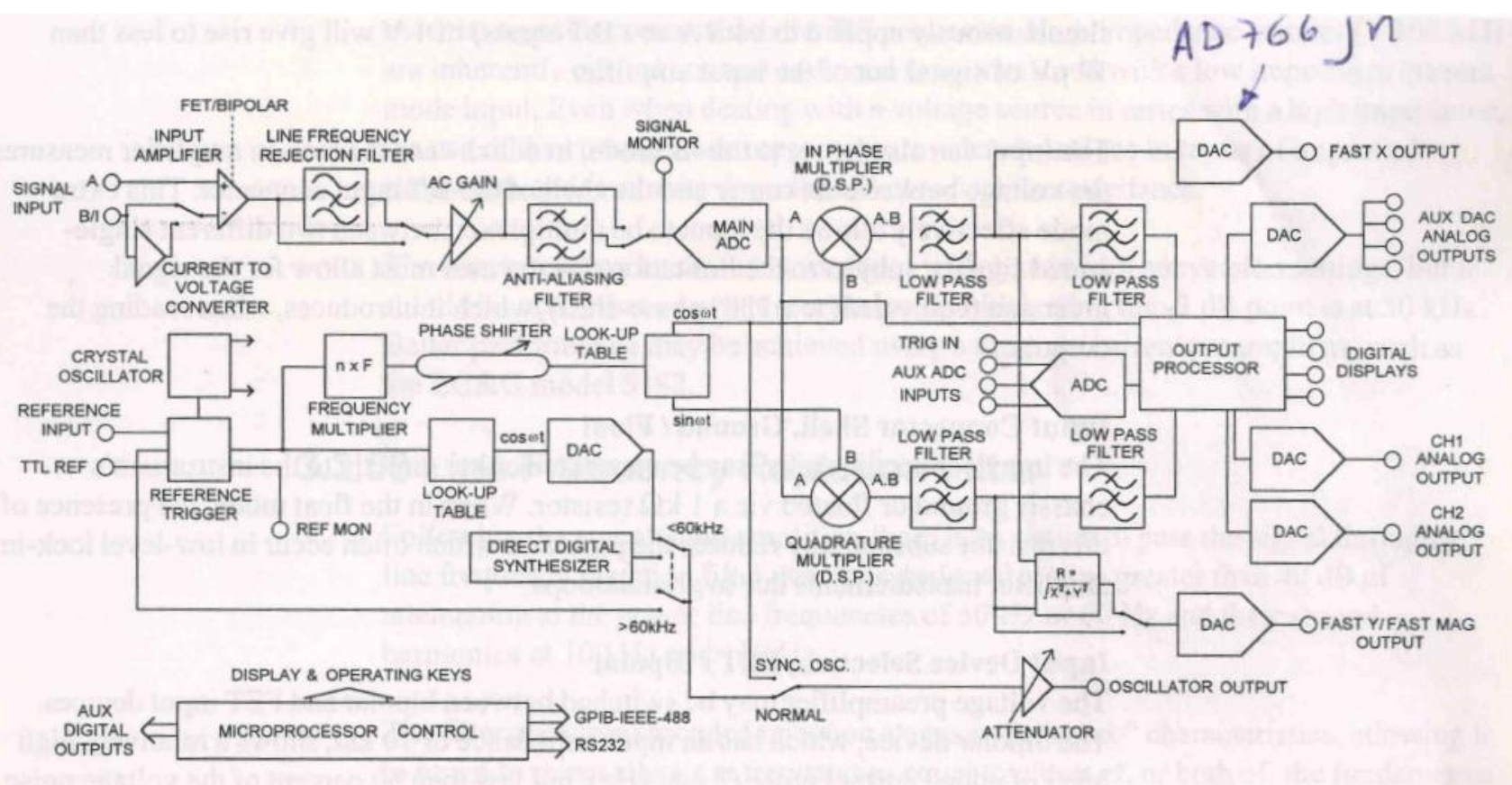
Necessariamente é um método de corrente alternada (AC).

É necessário modular o “sinal” de interesse através de uma onda senoidal de alta frequência (f_0).



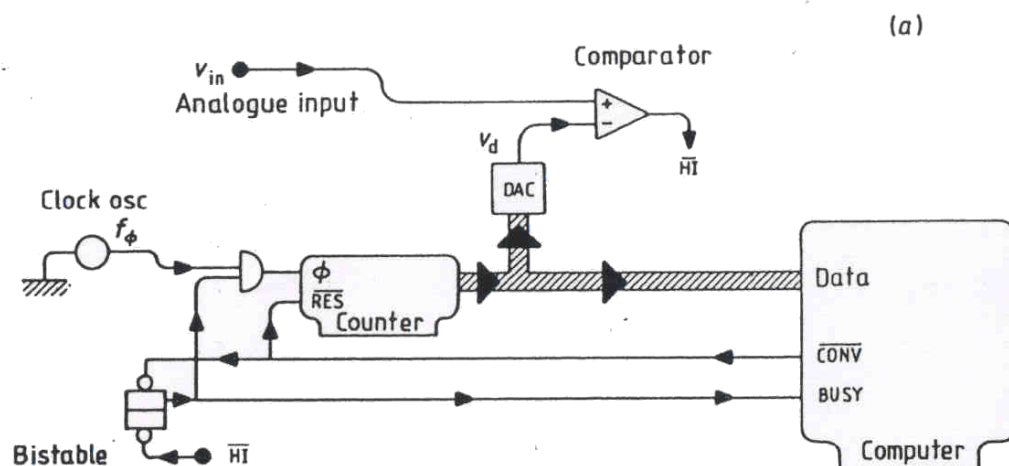
Métodos de Deteção Síncrona (ou Métodos de Deteção Sensíveis à fase)

“Lock-in Amplifiers” Comerciais - Digitais



Ruído e Digitalização

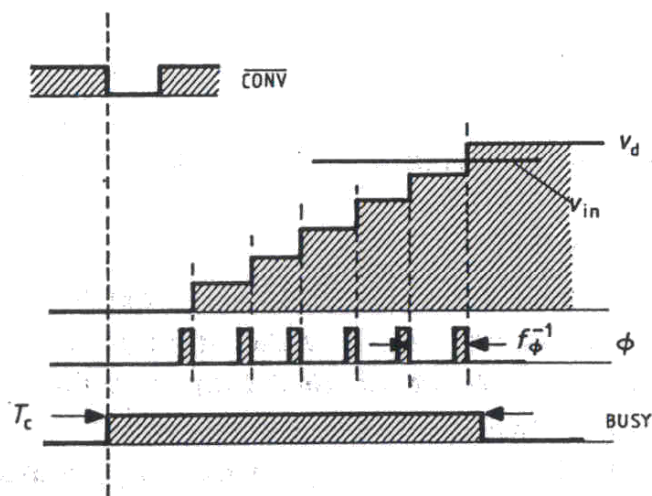
Conversor Analógico-Digital (ADC)



1) Tipo “Contador”

O contador soma +1 a cada pulso do “clock”.

Quando $V_d > V_{in}$, para-se a contagem e armazena-se o dado.



Para 8 bits e $f = 1$ MHz, o tempo máximo de amostragem é

$$T_c = 1 \mu s \cdot 2^8 = 256 \mu s$$

Digital Signal Processor (DSP)



Specifications

- 16 bits fixed point TMS320VC5402 DSP @ 100 MHz
- USB data throughput: 0.5 Mb/s

Memory

- 16K words on-chip (DSP) dual-access RAM, mapped in data space and program space
- 64K words external 1-wait-state static RAM, mapped in data space

Analog I/Os

- Eight 16 bits sigma-delta analog inputs, sampling at up to 80Ks/s (22Ks/s with anti-aliasing filters); Dynamic range ≈ 10 V
- Eight 16 bits sigma-delta analog outputs, sampling at up to 80Ks/s (22Ks/s with anti-aliasing filters); Dynamic range ≈ 2.5 V



Figure 2-2

"Bikeman at DSPWorld 1997" Photo: Cory Roy

Comunicação de dados

Instrumentação ↔ computador

GPIB

Software comercial Labview
(linguagem objeto)

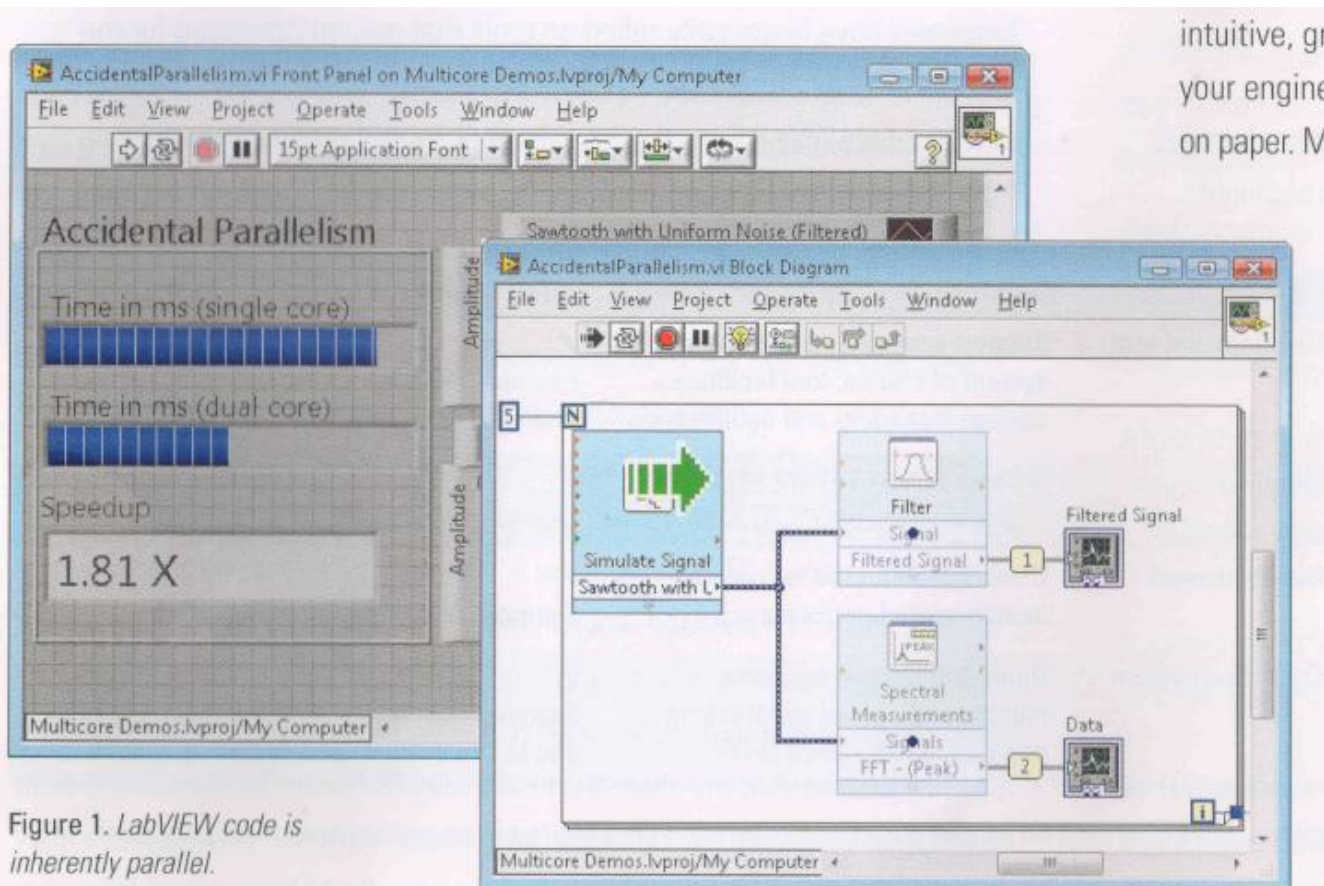


Figure 1. LabVIEW code is inherently parallel.

Drivers dos equipamentos fornecidos pelos respectivos fabricantes.

Sistemas de Contrôles de Processos

Exemplos cotidianos

Manter um carro na estrada

monitora-se: a trajetória/ velocidade/ tráfego

atua-se: sobre volante/ acelerador/ freio

controla-se: a trajetória

segurança: guard-rails/ muretas

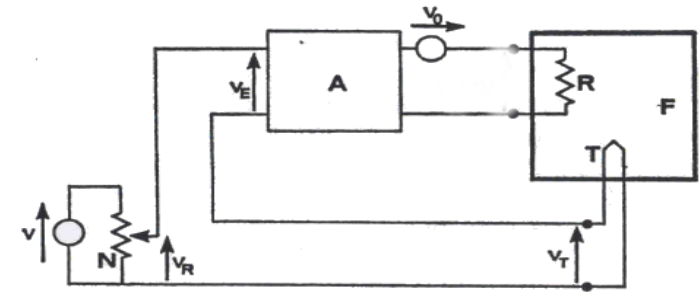
Tomar uma ducha quente

monitora-se: temperatura/ vazão da água

atua-se: sobre as torneiras

controla-se: a temperatura (e vazão, se der)

segurança: box maior que o jato da ducha



Controle de orçamento

monitora-se: o saldo bancário

atua-se: sobre desembolsos

controla-se: o orçamento

segurança: poupança?

Altitude de vôo de um avião

monitora-se: tudo

atua-se: sobre manche, etc.

controla-se: a altitude

segurança: . . .

FFT Submenu

Os comandos neste submenu suportam a apresentação, edição e processamento no domínio de frequências. Eles são baseados em uma implementação da (contribuição de Arlo Reeves).

FFT

Calcula a transformada de Fourier e apresenta o seu espectro de potência. A imagem no domínio de frequências é guardada como 32-bit float FHT. Os comandos neste submenu, como *Inverse FFT*, operam sobre a 32-bit FHT e não sobre o espectro de potências(8-bit).

Todos os outros comandos do ImageJ agem sobre o espectro de potências.

Inverse FFT

Calcula a transformada inversa de Fourier. É possível filtrar ou mascarar partes da imagem com a transformada e então através da transformada inversa, produzir uma imagem com as frequências de interesse ou então com a supressão das frequências marcadas. Use os comandos fill/clear para indicar as seleções. Áreas pretas (pixel value=0) causam a supressão das frequências e áreas brancas (pixel value=255) indicam áreas a serem mantidas. Use apenas branco ou preto para indicar a seleção.



Original image

Power spectrum with mask that filters low frequencies

Result of inverse transform

Power spectrum with mask that passes low frequencies

Result of inverse transform

1) Critério de Notas

A avaliação do curso se dará através da média das notas de

Elaboração do Projeto,

Desenvolvimento do Projeto,

Trabalho Escrito e

Seminário

que serão realizados ao longo do semestre.

2) Projetos de Experimentos

- Laboratórios didáticos

experimentos com Lock-in (foto-elétrico, Franck-Hertz, Lei de Malus, efeito Hall e resistividade, efeito Faraday/Kerr, curva I-V de diodo, efeito magnetoótico, ...)

experimentos com controladores de processos PID

- Espaço InovaLab

- Experimentos Clássicos

- e, outras boas ideias que vocês tiverem ...

3) Elaboração dos Projetos

- Resumo
- Proponentes
- Introdução e motivação
- Justificativa tecnico-científica
(facilidade de operação, melhores resultados, flexibilidade, ...)
- Detalhamento do projeto
- Orçamento