

VII Escola do CBPF

Rio de Janeiro, 14 a 25 de julho de 2008





Fundamentos para Eletrônica e Sistemas de Medidas

Prof.: Geraldo Cernicchiaro

geraldo@cbpf.br

O curso pretende apresentar fundamentos físicos para se entender a eletrônica, e as bases de tecnologia moderna, a partir de elementos funcionais como amplificação, modulação, transmissão, demodulação e processamento de sinais elétricos, sem focar tecnicismos, nem sua implementação.

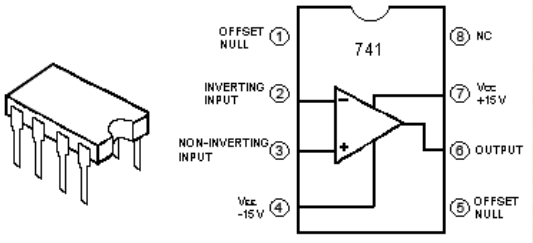
EMENTA

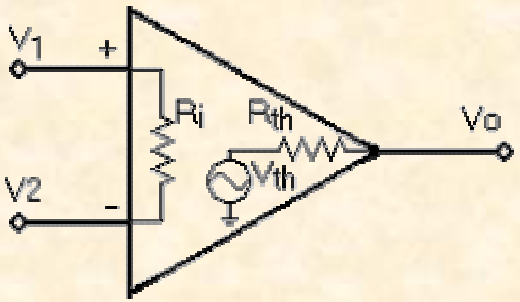
- Eletricidade básica.
- Codificação, transmissão, processamento e decodificação de informação e sinais elétricos.
- Transdutores e sensores.
- O mundo analógico e as válvulas.
- Amplificação, retificação, modulação e demodulação.
- O mundo digital e noções de álgebra de Boole.
- Medidas elétricas e ruído.
- Dispositivos de medida: ADCs, DACs, osciloscópios, etc.
- Técnicas experimentais: magnetometria, resistividade, etc.
- Aquisição de dados e interfaces.

Sumário

- **Aula 4**
  - **Amplificadores Operacionais**
  - **Operações analógicas**
  - **Amplificador Lock in**
  - **Controle PID**
  - **Digital**
  - **Álgebra de Boole**

Amplificadores Operacionais



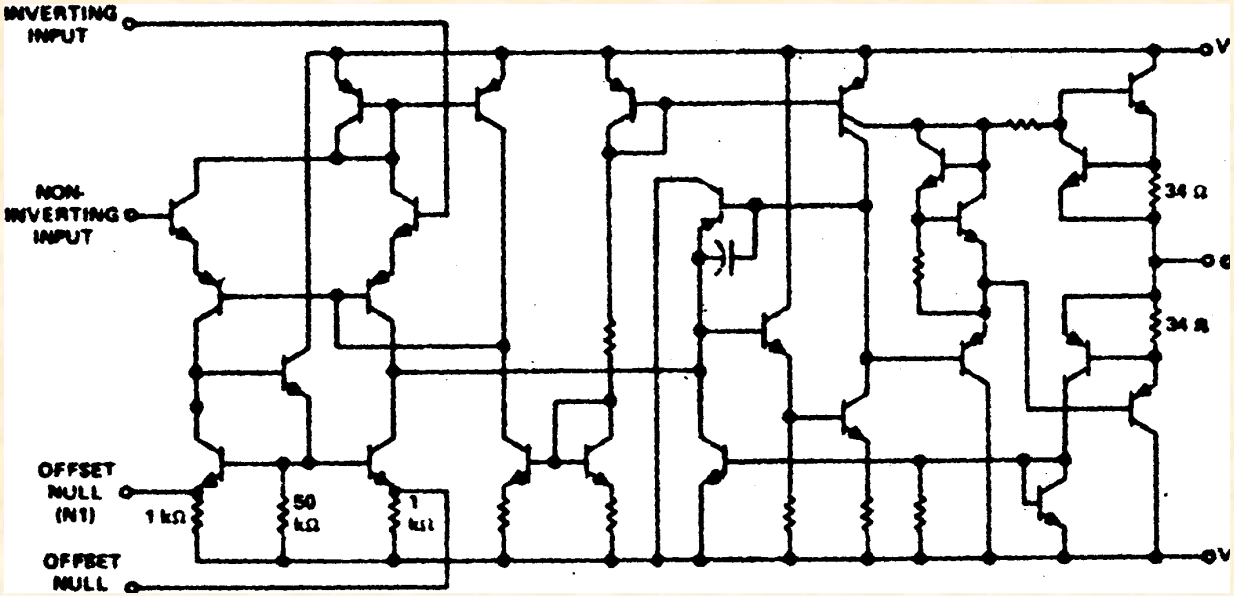


- Alta impedância de entrada (R_i ~10 MΩ)
- Baixa impedância de saída (R_{th} ~75 Ω)
- Alto ganho de Tensão a (741 ~ 100000)
- Possibilidade de operar como amplificador diferencial
- Alimentação simétrica

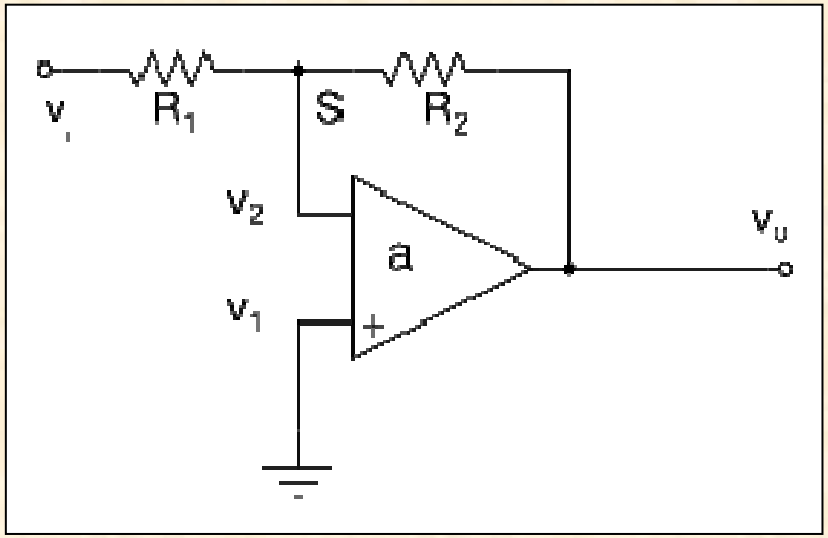
$V_{th} = a\ (V1 - V2)$

$R_o = R_{th}$

V_1 Entrada não inversora
V_2 Entrada inversora
V_o Tensão saida
Alimentação simétrica



Regras de ouro



- Alta impedância de entrada
- Quando conectado em uma configuração de realimentação negativa, o OpAmp irá tentar mudar a tensão de Vout de modo a deixar as tensões de entrada iguais.

1. Nenhuma corrente irá fluir nas entradas.
2. As tensões, ou seja os potenciais em relação ao terra, nas duas entradas serão iguais.

$(v_i - v_2) / R_1 = (v_2 - v_o) / R_2$

$R_2 (v_i - v_2) = R_1 (v_2 - v_o)$.

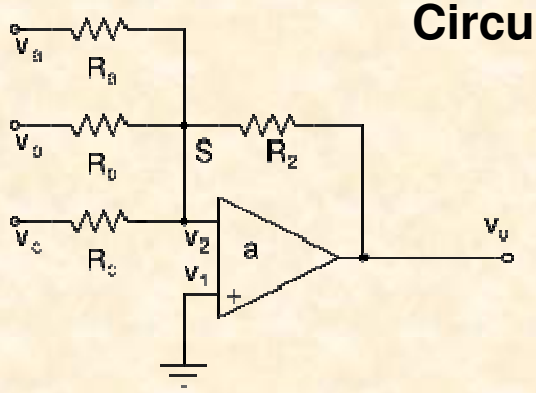
$v_o = a (v_1 - v_2) = -a v_2$, pois $v_1 = 0$.

$R_2 v_i + R_2 v_o / a = -R_1 v_o / a - R_1 v_o$.

$$v_o = -\frac{R_2}{R_1} v_i$$

Operações analógicas

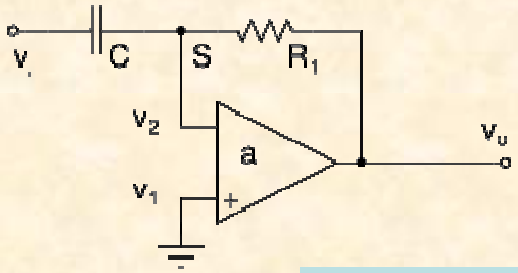
Circuito somador



$$v_a/R_a + v_b/R_b + v_c/R_c = -v_o/R_2$$

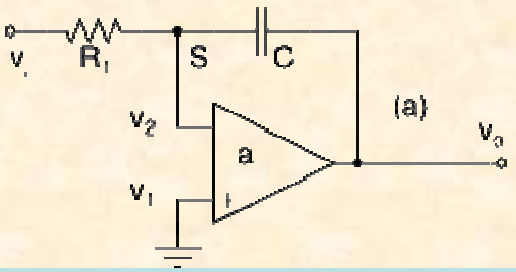
$$v_o = - R_2 \ (v_a/R_a + v_b/R_b + v_c/R_c)$$

Circuito diferenciador



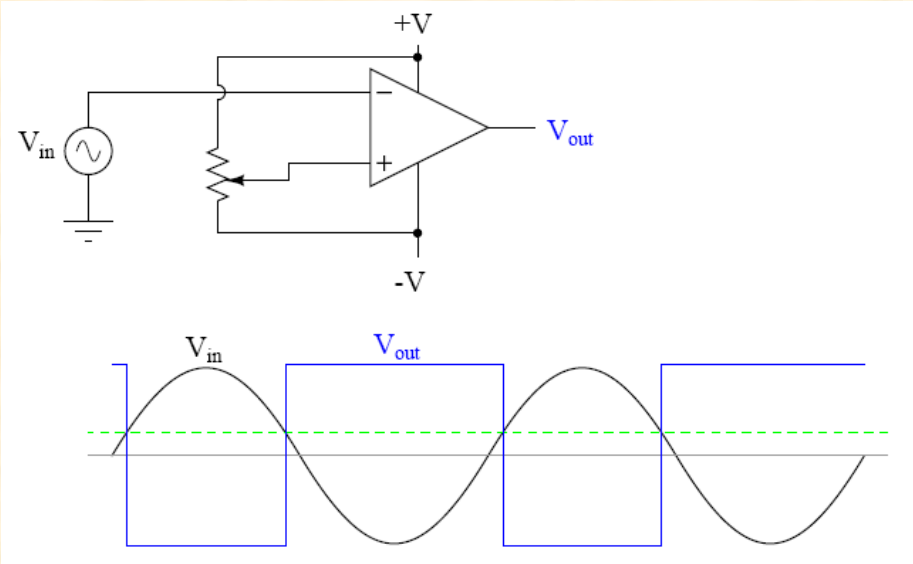
$$v_o = - R_1 \, C \, \frac{dv_i}{dt}$$

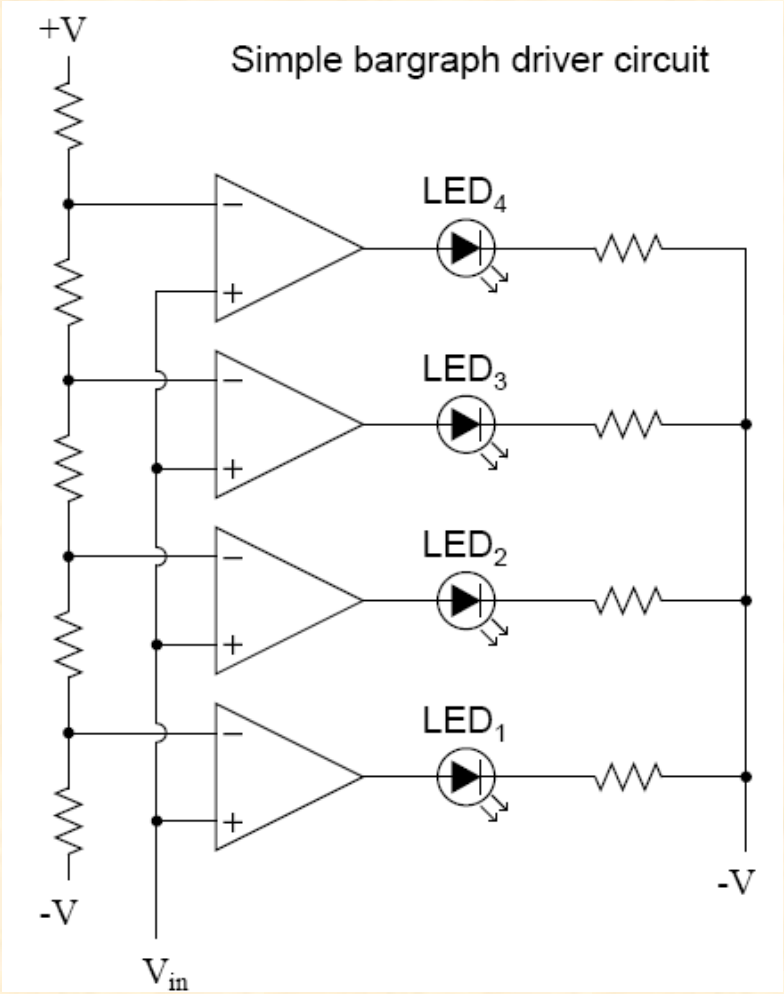
Circuito Integrador



$$v_o = - \int_0^t \frac{v_i}{RC} dt + c$$

Comparador



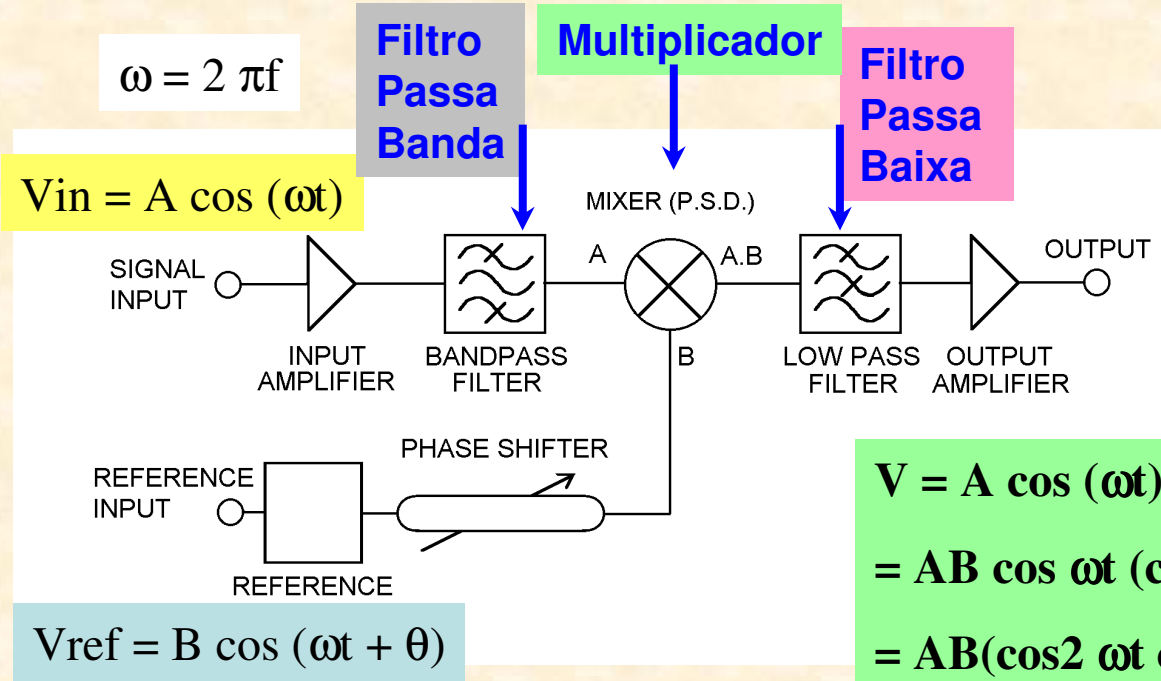


- Se abaixo de um determinado valor saída em nível alto alto

- Converte uma informação analógica em uma informação digital

Amplificador Lock in

$\omega = 2\,\pi f$





- Medida de sinal AC
- Detecção síncrona

- Amplifica o sinal que estiver com a mesma fase e freqüência do sinal de referência
- Funciona como um Filtro altamente seletivo

$$V = A\cos(\omega t) \cdot B\cos(\omega t + \theta)$$

$$= AB\cos\omega t(\cos\omega t\cos\theta - \sin\omega t\sin\theta)$$

$$= AB(\cos 2\omega t\cos\theta - \cos\omega t\sin\omega t\sin\theta)$$

$$= AB((\tfrac{1}{2} + \tfrac{1}{2}\cos 2\omega t)\cos\theta - \tfrac{1}{2}\sin 2\omega t\sin\theta)$$

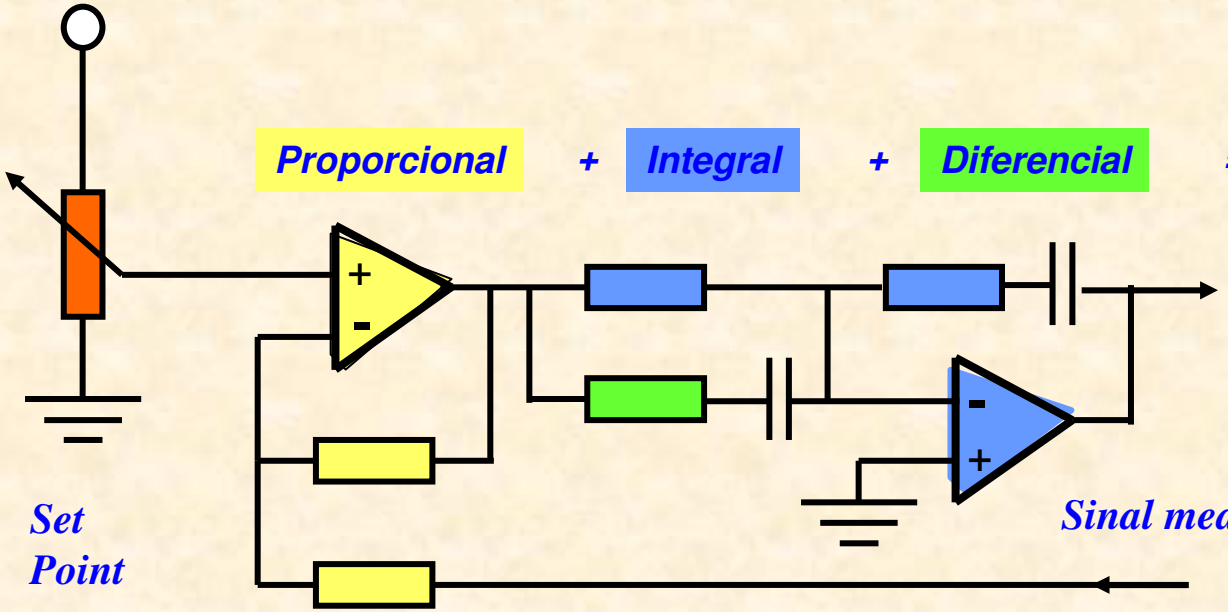
$$= \tfrac{1}{2}AB((1+\cos 2\omega t)\cos\theta - \sin 2\omega t\sin\theta)$$

$$= \tfrac{1}{2}AB(\cos\theta + \cos 2\omega t\cos\theta - \sin 2\omega t\sin\theta)$$

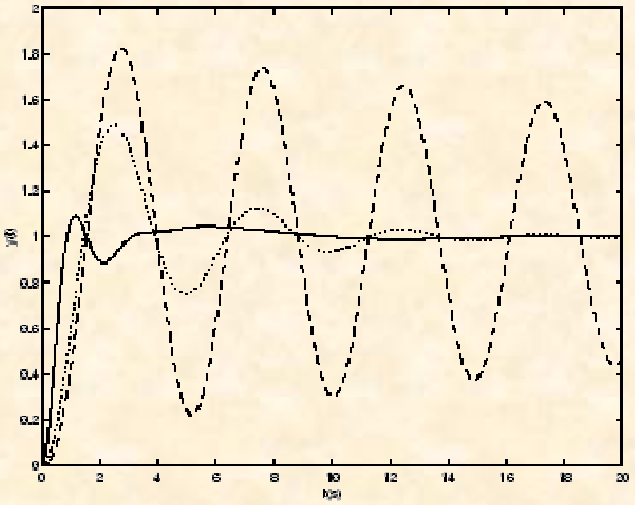
$$= \tfrac{1}{2}AB\cos\theta + \tfrac{1}{2}AB(\cos 2\omega t\cos\theta - \sin 2\omega t\sin\theta)$$

$$= \tfrac{1}{2}AB\cos\theta + \tfrac{1}{2}AB\cos(2\omega t + \theta)$$

Controle Proporcional Integral Diferencial



$$u(t) = K(e(t) + \frac{1}{T_i}\int_0^t e(\tau)d\tau + T_d\frac{de(t)}{dt})$$



Critérios de sintonia

Critérios simples

Off-set : **c**

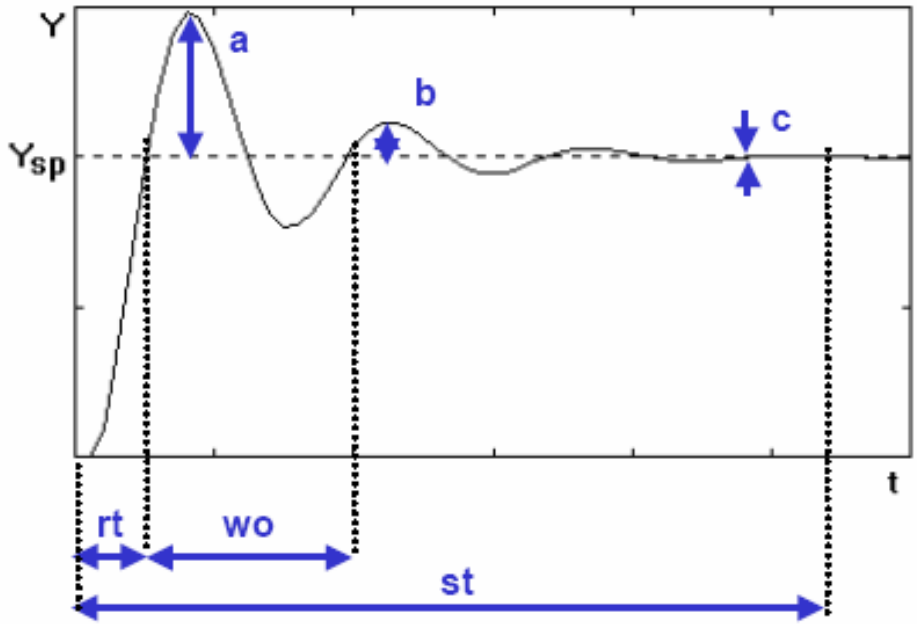
Overshoot : **a**

Tempo de elevação : **rt**

Tempo de assentamento : **st**

Razão de queda(decay ratio) : **b/a**

Freqüência de oscilação: 1/**wo**



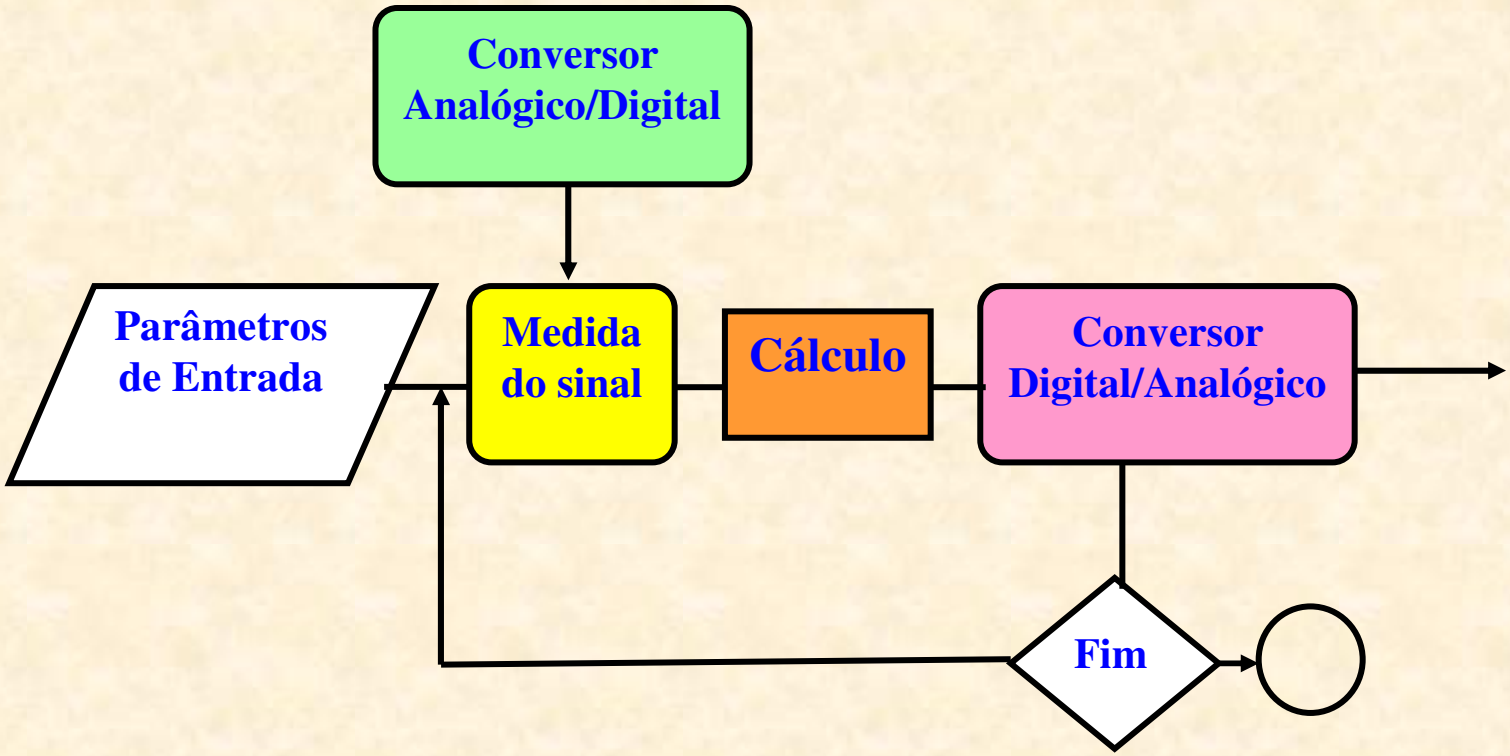
Critérios de desempenho do erro integral

ISE (Integral of Square Error):

IAE (Integral of Absolute Error):

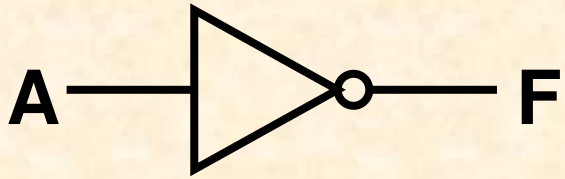
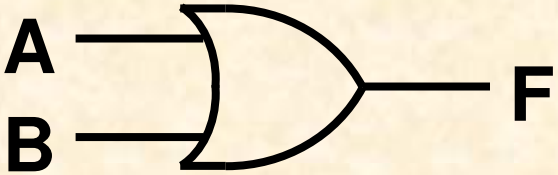
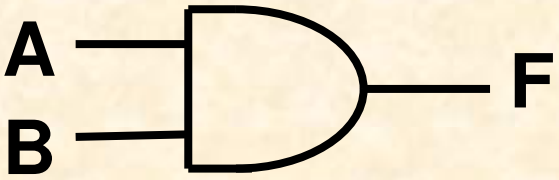
ITAE (Integral of Time-weighted Absolute Error):

Controle PID Digital

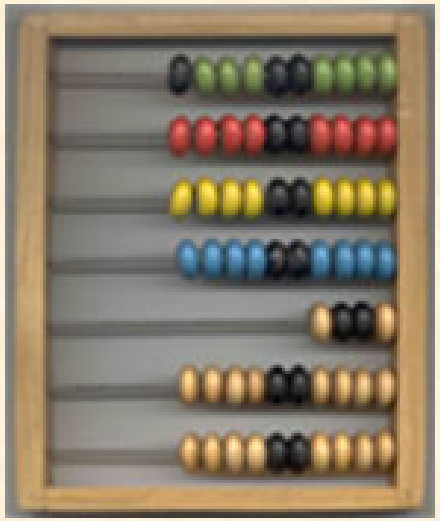


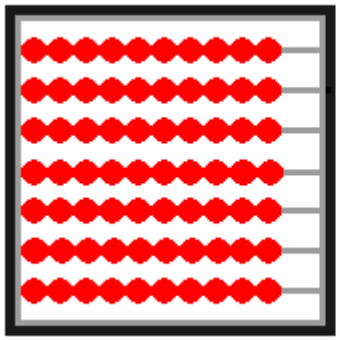
Álgebra de Boole



Nome	Símbolo	Notação	Tabela Verdade
"NOT"		$F = \overline{A}$	A F 0 1 1 0
"OR"		$F = A+B$	A B F 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1
"AND"		$F = A \cdot B$	A B F 0 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 1

Código binário

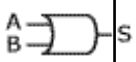
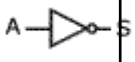
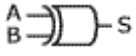
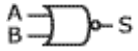
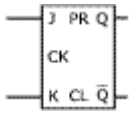
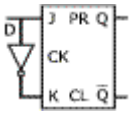
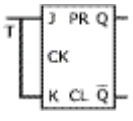




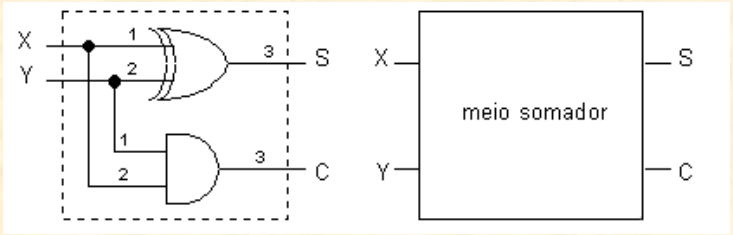
valor	128	64	32	16	8	4	2	1
código	0	1	0	0	0	0	0	1

•Operações Aritméticas (Adição; Subtracção; Multiplicação; Divisão;)

Blocos lógicos elementares

Nome	E (AND)	OU (OR)	NÃO (NOT)	OU exclusivo (XOR)	NÃO E (NAND)	NÃO OU (NOR)	Flip-Flop JK	Flip-Flop D	Flip-Flop T
Símbolo									
Notação	S = A . B	S = A + B	S = A	S = A ⊕ B	S = (A . B)	S = (A + B)	-	-	-
	A B S 0 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 1	A B S 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1	A S 0 1 1 0	A B S 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 0	A B S 0 0 1 0 1 1 1 0 1 1 1 0	A B S 0 0 1 0 1 0 1 0 0 1 1 0	J K Q 0 0 Qa 0 1 0 1 0 1 1 1 Qa	D Q 0 0 1 1	T Q 0 Qa 1 Qa

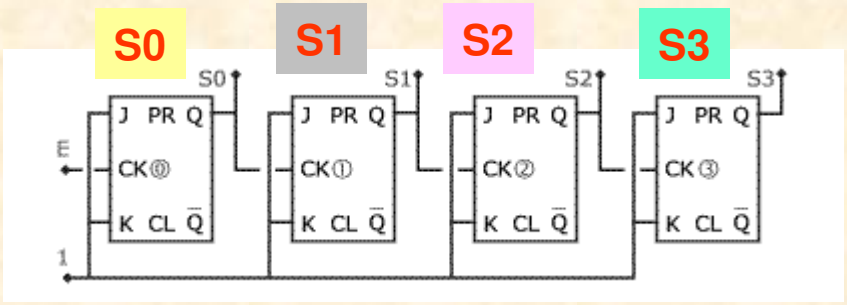
Bloco somador



X	Y	S	C
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

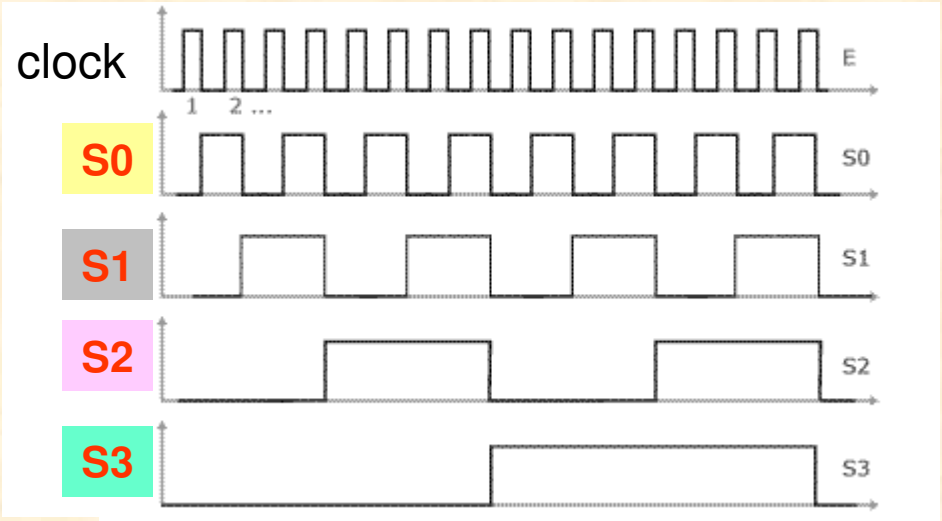
S = X ⊕ Y
E a saída de "vai um" é a função E:
C = X . Y

Contador



Contador assíncrono básico

E	S3	S2	S1	S0
nada	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	1	0	1	0
11	1	0	1	1
12	1	1	0	0



Divisão de freqüência

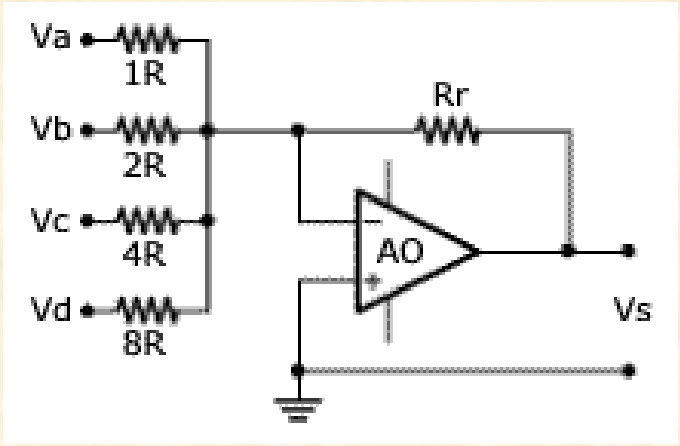
Código ASCII

Dec	Hx	Oct	Char	Dec	Hx	Oct	Html	Chr	Dec	Hx	Oct	Html	Chr	Dec	Hx	Oct	Html	Chr
0	0	000	NUL (null)	32	20	040		Space	64	40	100	@	@	96	60	140	`	`
1	1	001	SOH (start of heading)	33	21	041	!	!	65	41	101	A	A	97	61	141	a	a
2	2	002	STX (start of text)	34	22	042	"	"	66	42	102	B	B	98	62	142	b	b
3	3	003	ETX (end of text)	35	23	043	#	#	67	43	103	C	C	99	63	143	c	c
4	4	004	EOT (end of transmission)	36	24	044	$	$	68	44	104	D	D	100	64	144	d	d
5	5	005	ENQ (enquiry)	37	25	045	%	%	69	45	105	E	E	101	65	145	e	e
6	6	006	ACK (acknowledge)	38	26	046	&	&	70	46	106	F	F	102	66	146	f	f
7	7	007	BEL (bell)	39	27	047	'	'	71	47	107	G	G	103	67	147	g	g
8	8	010	BS (backspace)	40	28	050	(	(	72	48	110	H	H	104	68	150	h	h
9	9	011	TAB (horizontal tab)	41	29	051	)	)	73	49	111	I	I	105	69	151	i	i
10	A	012	LF (NL line feed, new line)	42	2A	052	*	*	74	4A	112	J	J	106	6A	152	j	j
11	B	013	VT (vertical tab)	43	2B	053	+	+	75	4B	113	K	K	107	6B	153	k	k
12	C	014	FF (NP form feed, new page)	44	2C	054	,	,	76	4C	114	L	L	108	6C	154	l	l
13	D	015	CR (carriage return)	45	2D	055	-	-	77	4D	115	M	M	109	6D	155	m	m
14	E	016	SO (shift out)	46	2E	056	.	.	78	4E	116	N	N	110	6E	156	n	n
15	F	017	SI (shift in)	47	2F	057	/	/	79	4F	117	O	O	111	6F	157	o	o
16	10	020	DLE (data link escape)	48	30	060	0	0	80	50	120	P	P	112	70	160	p	p
17	11	021	DC1 (device control 1)	49	31	061	1	1	81	51	121	Q	Q	113	71	161	q	q
18	12	022	DC2 (device control 2)	50	32	062	2	2	82	52	122	R	R	114	72	162	r	r
19	13	023	DC3 (device control 3)	51	33	063	3	3	83	53	123	S	S	115	73	163	s	s
20	14	024	DC4 (device control 4)	52	34	064	4	4	84	54	124	T	T	116	74	164	t	t
21	15	025	NAK (negative acknowledge)	53	35	065	5	5	85	55	125	U	U	117	75	165	u	u
22	16	026	SYN (synchronous idle)	54	36	066	6	6	86	56	126	V	V	118	76	166	v	v
23	17	027	ETB (end of trans. block)	55	37	067	7	7	87	57	127	W	W	119	77	167	w	w
24	18	030	CAN (cancel)	56	38	070	8	8	88	58	130	X	X	120	78	170	x	x
25	19	031	EM (end of medium)	57	39	071	9	9	89	59	131	Y	Y	121	79	171	y	y
26	1A	032	SUB (substitute)	58	3A	072	:	:	90	5A	132	Z	Z	122	7A	172	z	z
27	1B	033	ESC (escape)	59	3B	073	;	;	91	5B	133	[	[	123	7B	173	{	{
28	1C	034	FS (file separator)	60	3C	074	<	<	92	5C	134	\	\	124	7C	174			|
29	1D	035	GS (group separator)	61	3D	075	=	=	93	5D	135	]	]	125	7D	175	}	}
30	1E	036	RS (record separator)	62	3E	076	>	>	94	5E	136	^	^	126	7E	176	~	~
31	1F	037	US (unit separator)	63	3F	077	?	?	95	5F	137	_	_	127	7F	177	&#127;	DEL

Source: www.LookupTables.com

Conversor Digital-Analógico tipo R-2nR

$$Vs = -Rr \left[(Va/R) + (Vb/2R) + (Vc/4R) + (Vd/8R) \right]$$



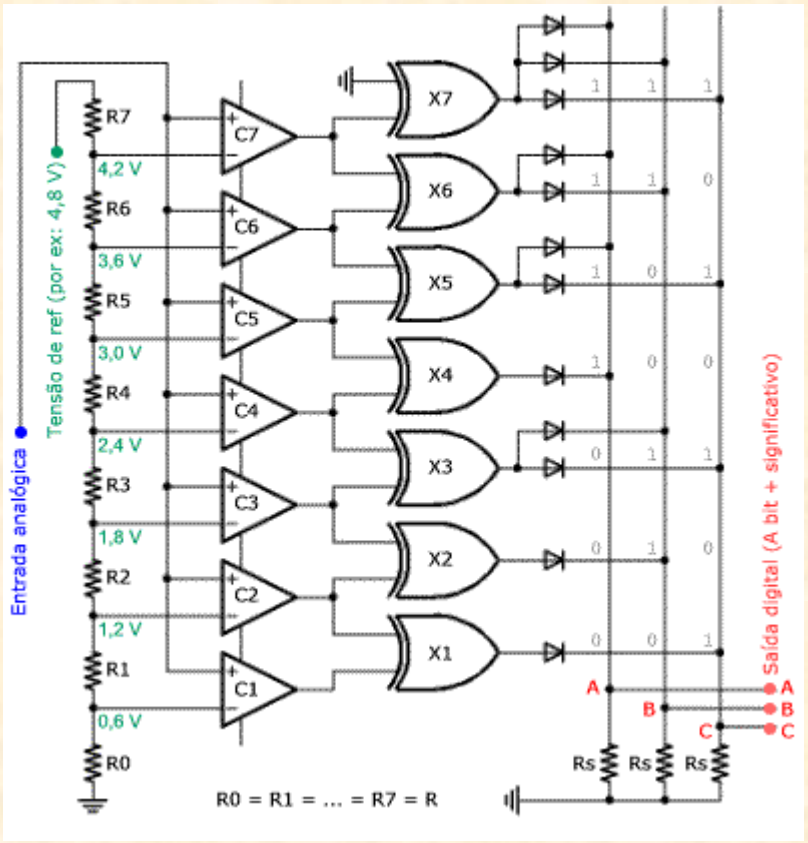
A (Va)	B (Vb)	C (Vc)	D (Vd)	|Vs| (V)
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0,625
0	0	1	0	1,25
0	0	1	1	1,875
0	1	0	0	2,5
0	1	0	1	3,125
0	1	1	0	3,75
0	1	1	1	4,375
1	0	0	0	5
1	0	0	1	5,625
1	0	1	0	6,25
1	0	1	1	6,875
1	1	0	0	7,5
1	1	0	1	8,125
1	1	1	0	8,75
1	1	1	1	9,375

$$| Vs | = 0/1 + 0/2 + 0/4 + 5/8 = 0{,}625 \text{ V.}$$

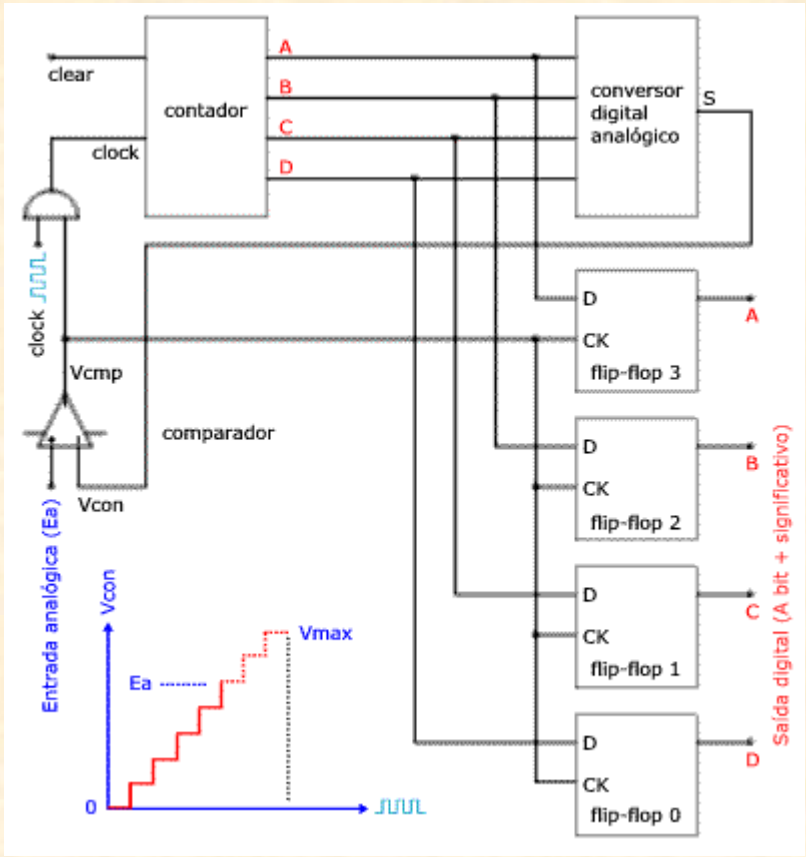
⋮

$$| Vs | = 0/1 + 0/2 + 5/4 + 0/8 = 1{,}250.$$

Conversor Analógico Digital - ADC



Conversor tipo paralelo



Conversor tipo rampa digital

Terminologia Digital

- Byte; Bit; Palavra
- Código (Binário; BCD; ASCII)
- Hardware; Software;
- Linguagem de Alto Nível; Linguagem Assembly; Linguagem Máquina
- Compilador; Interpretador; Assembler
- CPU - “Central Processing Unit”
- Barramento (Endereço; Dados; Control2)
- ALU - Unidade Aritmética e Lógica
- Vírgula fixa; Vírgula flutuante (Mantissa; Base; Expoente)
- Instrução; Programa
- Ciclo de instrução (Busca; Decodificação; Execução)
- Conjunto de instruções

Bibliografia

• *Experimental Principles and Methods Below 1K.*
Lounasmaa, O.V. (Academic Press: London and New York)

• *The Art of Electronics.*
P. Horowitz, W. Hill. (Cambridge University Press.)

• *Basic Electronics for Scientists.*
J. J. Brophy. (McGraw-Hill Kogakusha Ltda.)

• *Numerical Recipes on C.*
W.P.Press, S.A.Teukolky., W.T.Vetterling, B.P. Flannery.
(Cambridge University Press)

• *Experimental Pulse NMR A Nuts and Bolts Approach*
E. Fukushima, S. B.W. Roeder. (Addison-Wesley Publishing Company)

CBPF | CENTRO BRASILEIRO DE PESQUISAS FÍSICAS

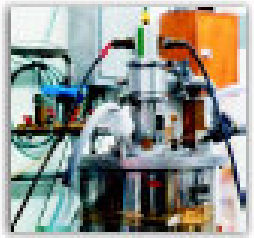


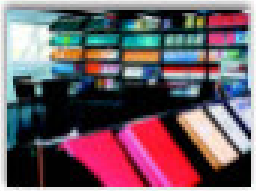
MESTRADO

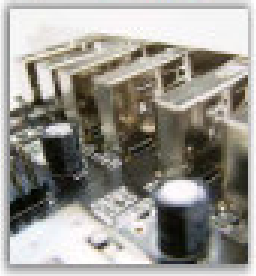
EM INSTRUMENTAÇÃO CIENTÍFICA

PROFISSIONALIZANTE EM FÍSICA

Formação interdisciplinar de recursos humanos qualificados para instrumentação, em ambiente de pesquisa de fronteira, voltado à inovação tecnológica e à física aplicada







ÁREAS DE ATUAÇÃO

- APLICAÇÕES EM RAIOS-X
- AUTOMAÇÃO DE EXPERIMENTOS
- CRIOGENIA
- DETECÇÃO DE PARTÍCULAS
- PROCESSAMENTO DE SINAIS E IMAGENS
- COMPUTAÇÃO DE ALTO DESEMPENHO
- TÉCNICAS EXPERIMENTAIS EM MAGNETISMO
- NANOSCOPIA

PROGRAMA PARA 2006/2007

SEGUNDO SEMESTRE 2006

- MECÂNICA QUÂNTICA APLICADA
- METROLOGIA
- MÉTODOS EXPERIMENTAIS E SISTEMAS DE MEDIDAS
- COMPUTAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ALTO DESEMPENHO

PRIMEIRO SEMESTRE 2007

- ELETRÔNICA ANALÓGICA E DIGITAL
- PROCESSAMENTO DIGITAL DE SINAIS E IMAGENS
- MAGNETISMO APLICADO

Inscrições abertas até ▸ **27 DE JULHO DE 2006**
Data do exame de admissão ▸ **31 DE JULHO DE 2006**

INFORMAÇÕES E INSCRIÇÕES ▸ www.cbpf.br/instrumentacao

CBPF

Ministério da Ciência e Tecnologia
GOVERNO FEDERAL

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas • CBPF/MCT
Coordenação de Instrumentação Científica • CIC
Rua Dr. Xavier Sigaud, 150, 2oAn • 22290-180 •
Rio de Janeiro • RJ, Brasil • Email: instrumentacao@cbpf.br •
Tels: +55 (21) 2141-7168/2141-7101 • Fax: +55 (21) 2141-7100

