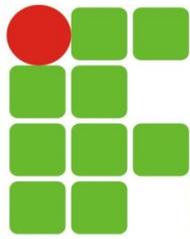


INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE  
Campus Santa Cruz

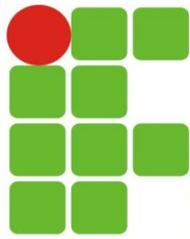
*MANUTENÇÃO DE  
PERIFÉRICOS  
Fontes chaveadas em  
Periféricos  
Aulas 04 e 05*



## Aula 04

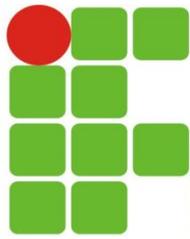
### Prática de Laboratório

### Estabilizadores



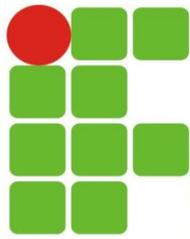
# Estabilizadores

- ✓ Surgiram na década de 1940
- ✓ Paliativo para os problemas com a rede elétrica, que prejudicavam a operação de aparelhos sensíveis, como rádios e TVs valvuladas.
- ✓ A função "estabilizar" a corrente, compensando variações na rede elétrica.
- ✓ Muito usados até a década de 1970
- ✓ Já caíram em desuso na maior parte do mundo
- ✓ A principal exceção é o Brasil.



# Componentes básicos

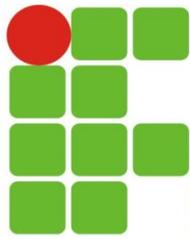
- ✓ Invólucro de plástico, uma placa de circuito e transformador
- ✓ Um seletor mecânico (um relê)
  - ✓ ajusta a tensão que possui alguns degraus lógicos (-12V, -6V +6V, +12V, etc.)
  - ✓ na medida do possível tenta usá-los para ajustar a tensão padrão de saída.
  - ✓ é quase sempre um relê mecânico ("clicks" do estabilizador)
  - ✓ demora muito tempo para fazer a seleção (reduções e picos de tensão)
  - ✓ não evita que picos de tensão da rede elétrica cheguem até a fonte
- ✓ Varistores e um fusível, que oferecem um nível básico de proteção.
  - ✓ mesmos componentes que você encontra em um filtro de linha.
- ✓ NBR 14373 (norma para estabilizadores de até 3 kVA)



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE  
Campus Santa Cruz

# Componentes básicos

✓ Placa de controle e autotrafo



# Tipos de estabilizadores

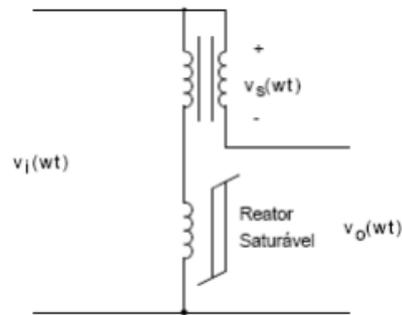


Figura 3 – Estabilizador a reator saturável

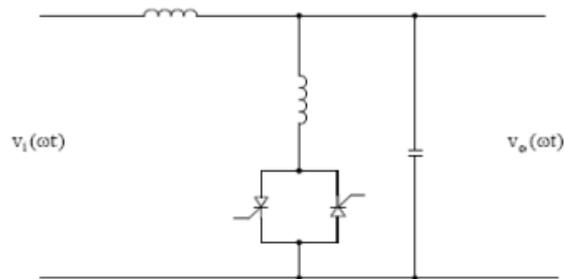


Figura 4 – Estabilizador a impedância variável

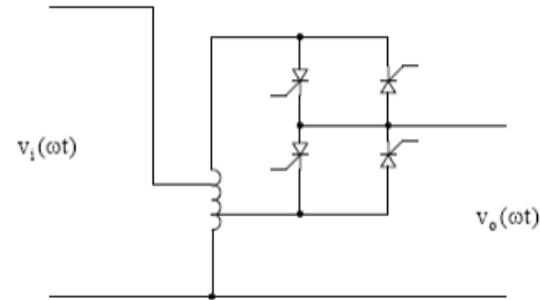
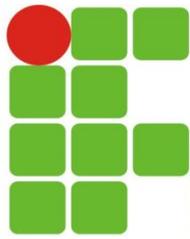
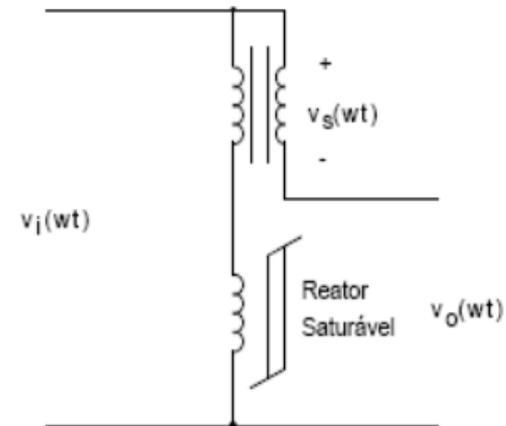


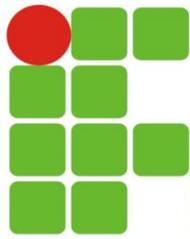
Figura 5 – Estabilizador com mudança de derivações de transformadores



# Reator Saturável

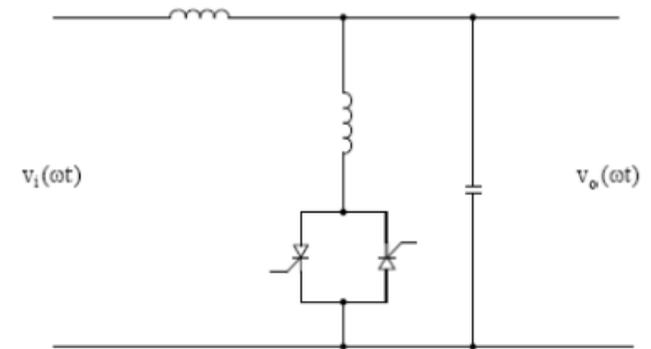
- ✓ Erro estático da ordem de 0,1%;
- ✓ Baixo conteúdo harmônico
- ✓ Robustez.



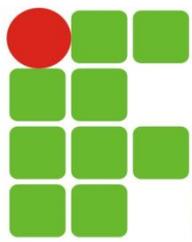


# Impedância variável

- ✓ VANTAGENS:
- ✓ Baixa THD;
- ✓ Baixo erro estático; Rápida resposta dinâmica.

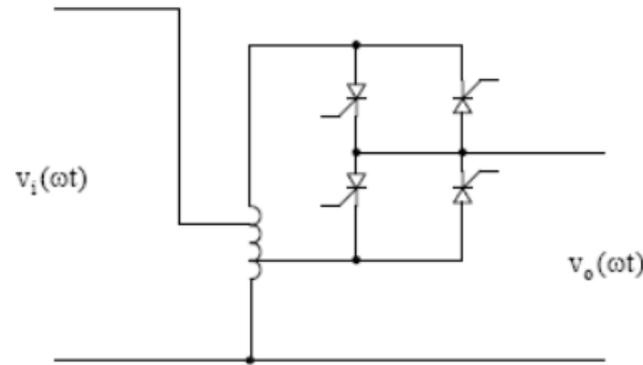


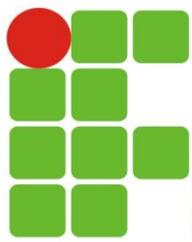
- ✓ DESVANTAGEM:
- ✓ Complexo circuito de controle exigindo grande sincronismo nos interruptores.



# Mudança de derivação de transformadores

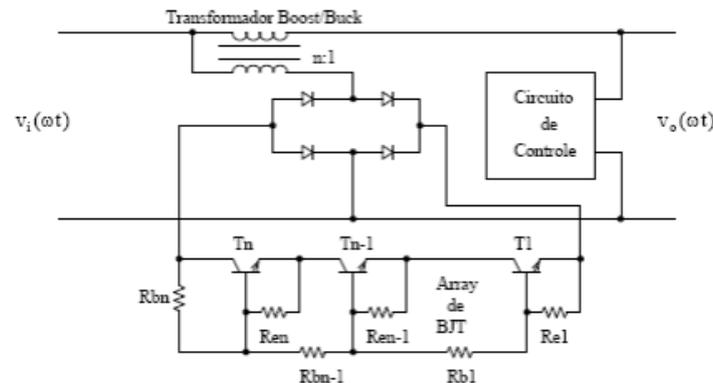
- ✓ O erro estático não é nulo em regime permanente o que acarretaria em um elevado custo para aumentar o número de derivações.

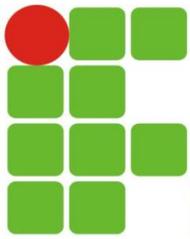




# Usando sequência de transistores

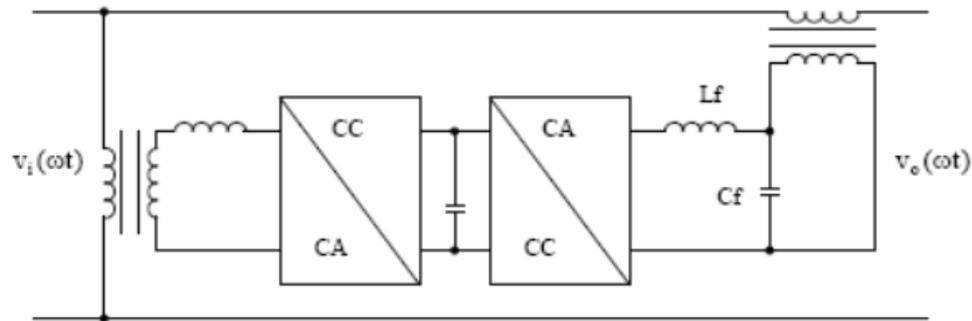
- ✓ THD praticamente nula;
- ✓ Alto custo;
- ✓ Funciona como abaixador e elevador de tensão.
- ✓ Baixo  $r_e$

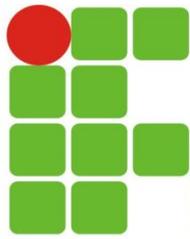




# Compensador de tensão

- ✓ Boa resposta dinâmica;
- ✓ Baixo THD;
- ✓ Baixo erro estático.

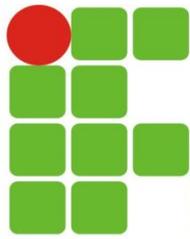




# Funcionamento

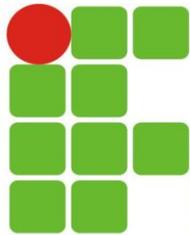
- ✓ A fase passa através de um anel de material magnético envolto com o fio - também conhecido como eletroímã simples ou bobina toroidal. As variações da corrente no fio provocam forças eletromagnéticas no eletroímã, atenuando a poluição proveniente da rede elétrica.





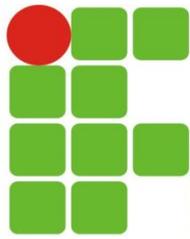
# Funcionamento

- ✓ A tensão elétrica entra no autotrafo através da fase e do neutro
- ✓ Quando a tensão da rede aumenta – Os reles 1 e 2 permanecem desligados e o TAP 5 do transformador é ligado a saída
- ✓ Quando a tensão de entrada diminui os reles comutam e o Pino 9 passa a alimentar a saída
- ✓ A placa é alimentada com 11V



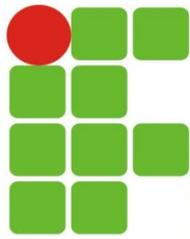
# Funcionamento

- ✓ Os diodos D1 a D4 e o capacitor são a fonte de alimentação; Alimentação do CI 1 é de 6,8 volts através do Zener.
- ✓ O divisor de tensão R10 e R13 e os trimpots de ajuste alimentam a entrada negativa dos comparadores
- ✓ Quando a tensão da rede varia, a entrada negativa do comparador aumenta ou diminui em relação a entrada positiva.
- ✓ Fazendo a saída do comparador ir para o nível lógico alto  $\pm 6V$  polarizando o transistor e acionando o relé.
- ✓ D5 e D6 eliminam os transientes e os capacitores seguintes 3 protegem os contatos dos relés



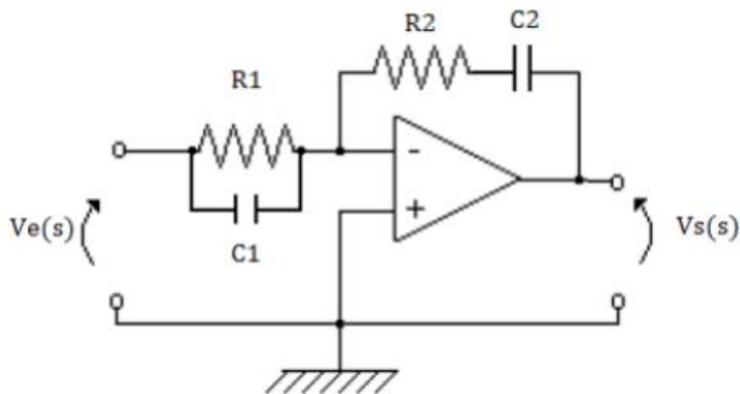
# Funcionamento

- ✓ Quatro capacitores e dois indutores completam o conjunto de filtragem, eliminando os transientes entre fase e terra e os ruídos entre fase e neutro.
- ✓ C11 protege contra sobre tensão.



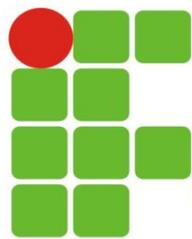
# Controlador PID

- ✓ Combina as vantagens dos controladores PI e PD:
- ✓ PI: precisão do sistema, erro nulo em regime permanente;
- ✓ PD: Aumenta a estabilidade relativa do sistema e torna a resposta mais rápida.



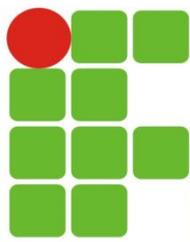
Função de transferência

$$G_c(s) = - \left[ \left( \frac{R_2}{R_1} + \frac{C_1}{C_2} \right) + R_2 C_1 s + \frac{1}{R_1 C_2} \right]$$



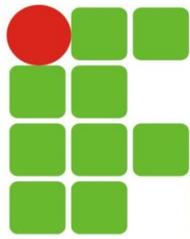
# Exemplo de ajuste de um estabilizador

- 5.1 Faça a inspeção visual da montagem, observando se não há soldas frias, se o transformador está bem fixado e o painel frontal também.
- 5.2 Verifique pelo código do transformador a voltagem e potência correspondente e coloque o fusível adequado. (consulte na lista de material EP e no esquema elétrico).
- 5.3 Ajuste a tensão da rede para 110 V ou 220 V de acordo com o aparelho.
- 5.4 Ligue o estabilizador e coloque um voltímetro na saída. Acione a chave liga e o LED deve acender. Ligue uma carga de 400 W na saída.
- 5.5 Ajuste a entrada para 120 (234) volts e ajuste o trimpot P1 da placa para obter 110 (217) volts na saída. Diminua a tensão de entrada para 117 (230) volts e o relé deve comutar a saída também para 117 (230) volts.
- 5.6 Diminua a tensão para 108 (207) volts na entrada e o relé deve comutar para 115 (223) volts na saída. Ajuste a tensão de entrada para 100 (188) volts e na saída devemos obter 108 (206) volts. Aumente a tensão a tensão de entrada até 129 (253) volts e na saída devemos obter 119 (233) volts.
- 5.7 Observe que na comutação dos relés eles não podem vibrar. Verifique na jig de teste se as fases de saída estão corretas.



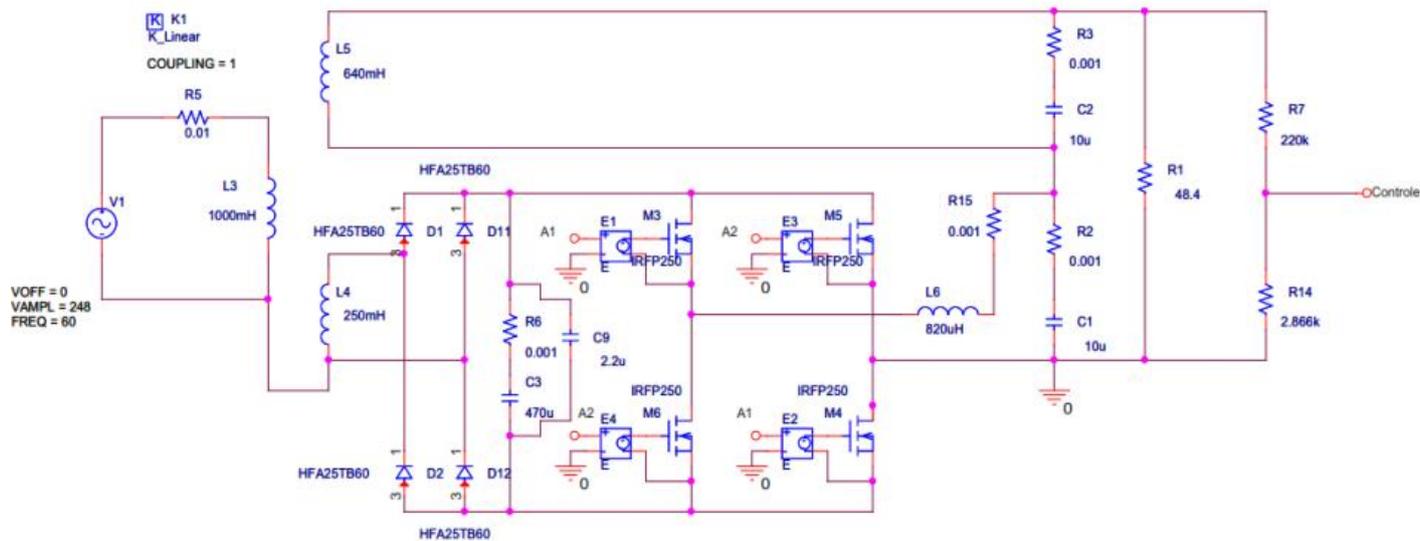
# Exemplo de dicas de manutenção

- ✓ Se o equipamento não acende o led – Verifique fusível, chave liga desliga e o transformador
- ✓ Se os relés não comutam ao variar o trimpot, ajuste a tensão na entrada 115V ou 220V e a tensão entre os terminais 3 e 4 da placa para 11 Vac. Se estiver correto meça a tensão de 7 Vdc entre os pinos 4 e 22 do Cl.
- ✓ Meça a tensão de 3,5 V nos pinos 2 e 6 do Cl.
- ✓ Varie o trimpot e meça a tensão no pino 5 do Cl. Se superior a do pino 6 ( 3,5 V) a saída do pino 7 deve estar em 6 V, e o relé um deve estar acionado.
- ✓ O mesmo vale para os pinos 3, 2, e 1 do Cl. Se os relés não acionar verifique os transistores e os relés.
- ✓ Se relé vibrar na comutação, C2 e ou C1 valores alterados.

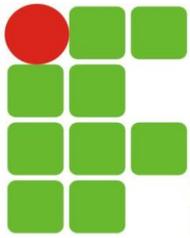


# Etapa de potência

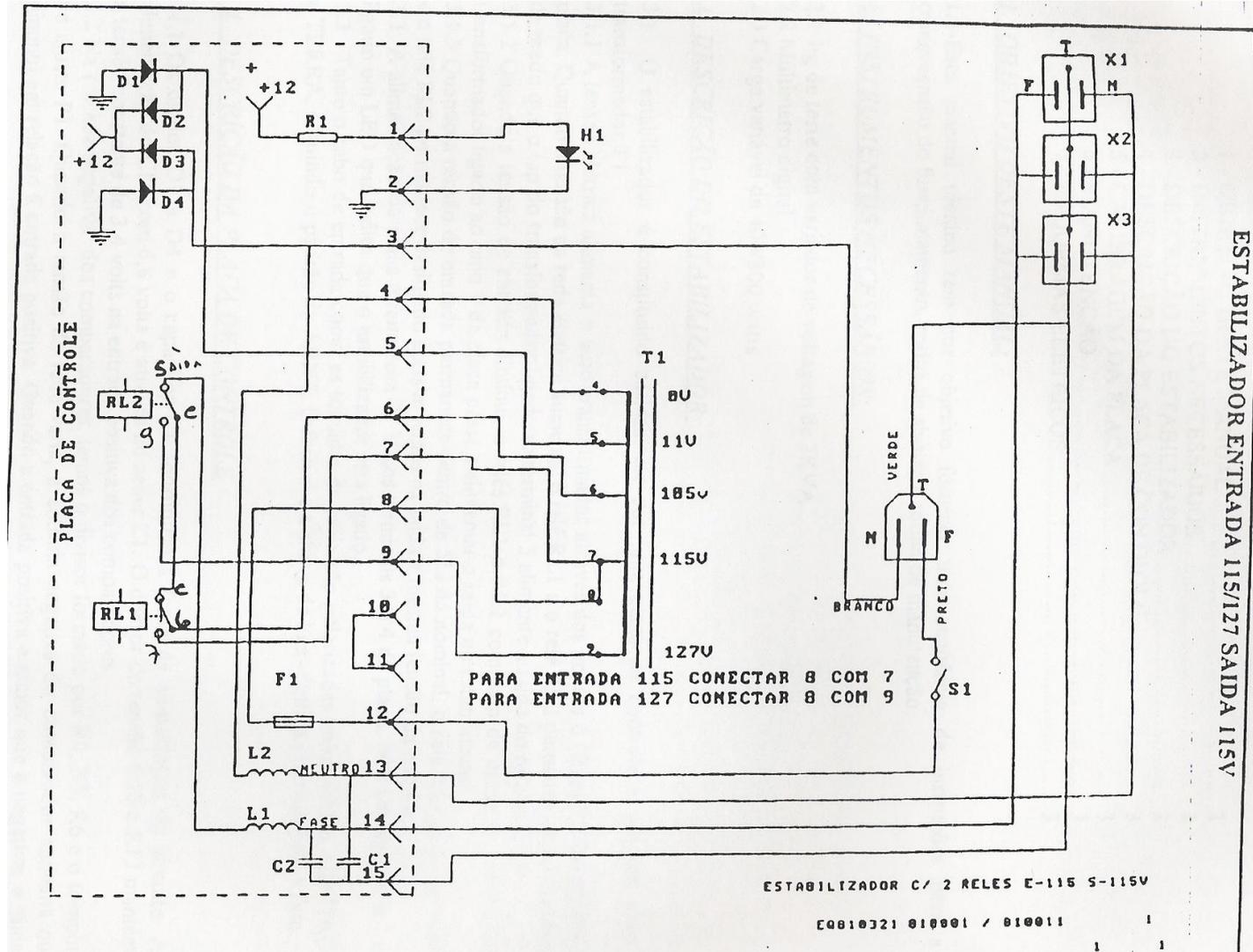
- ✓ Acionamento das chaves serão utilizados os circuitos drivers
- ✓ Comando para MOSFETs e IGBTs de potência'.

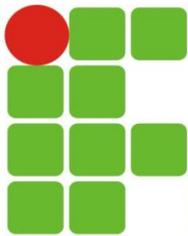




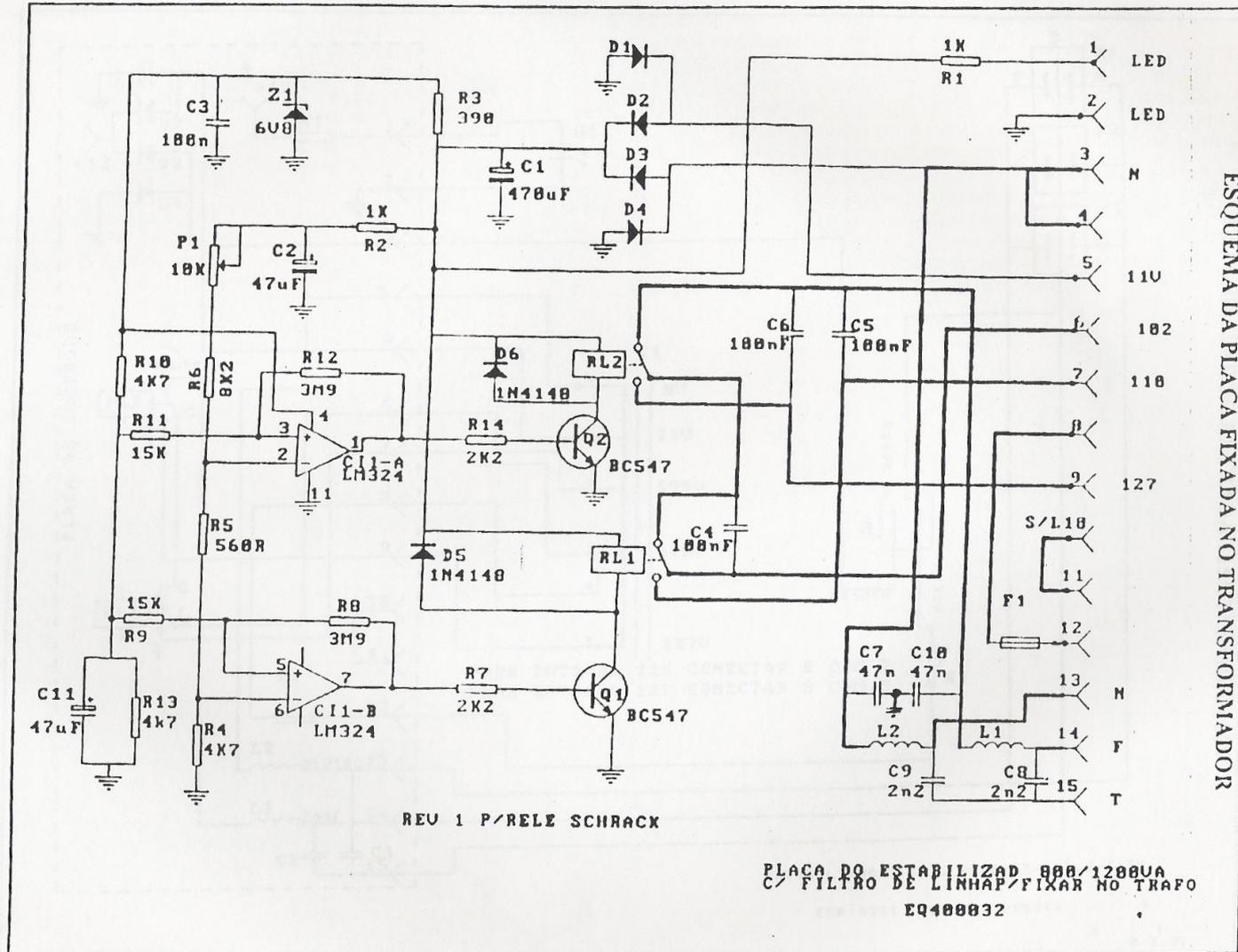


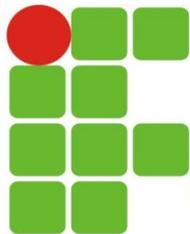
# ESQUEMA ELÉTRICO



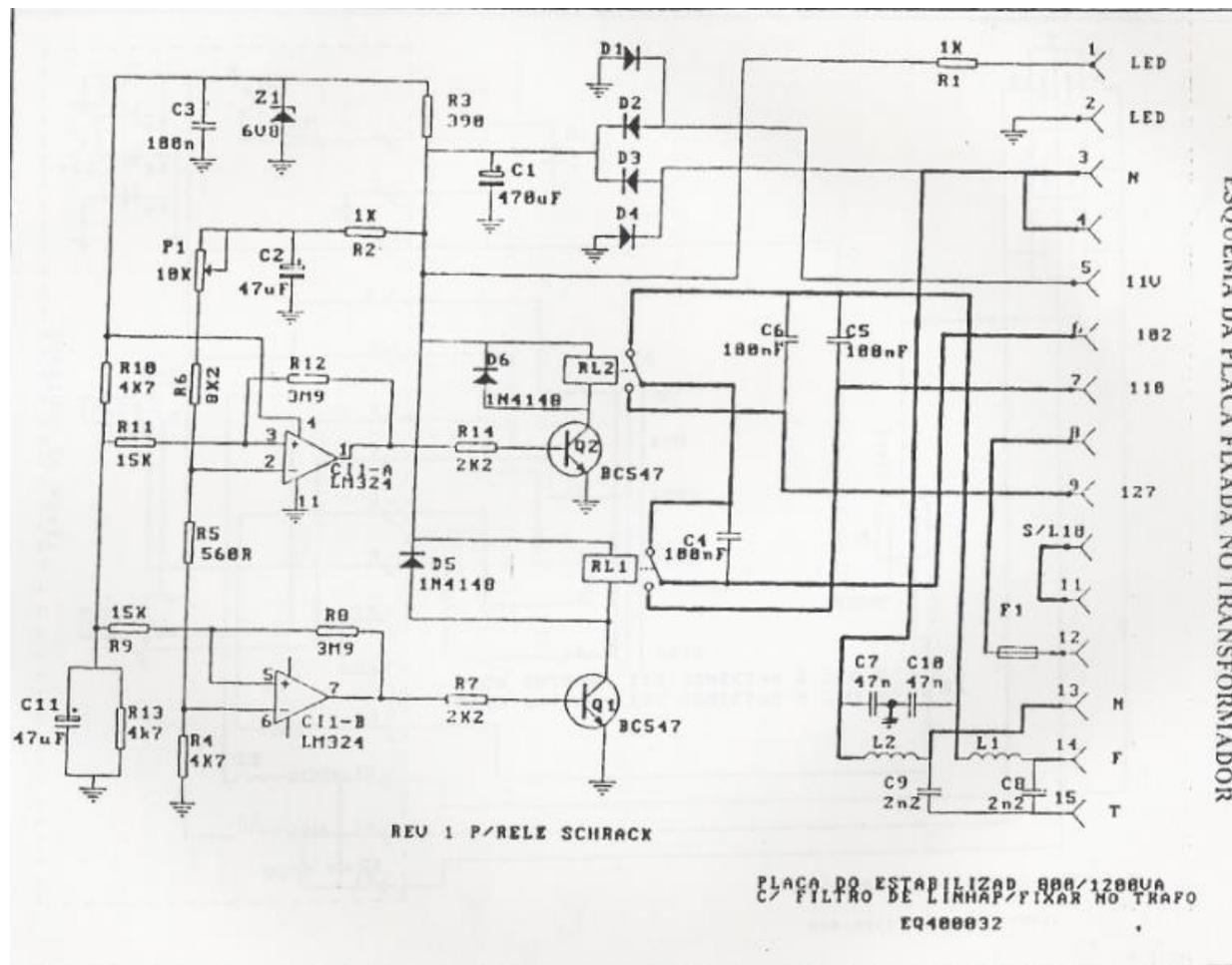


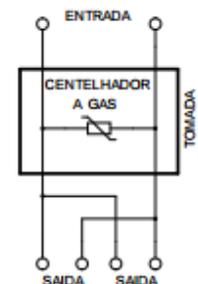
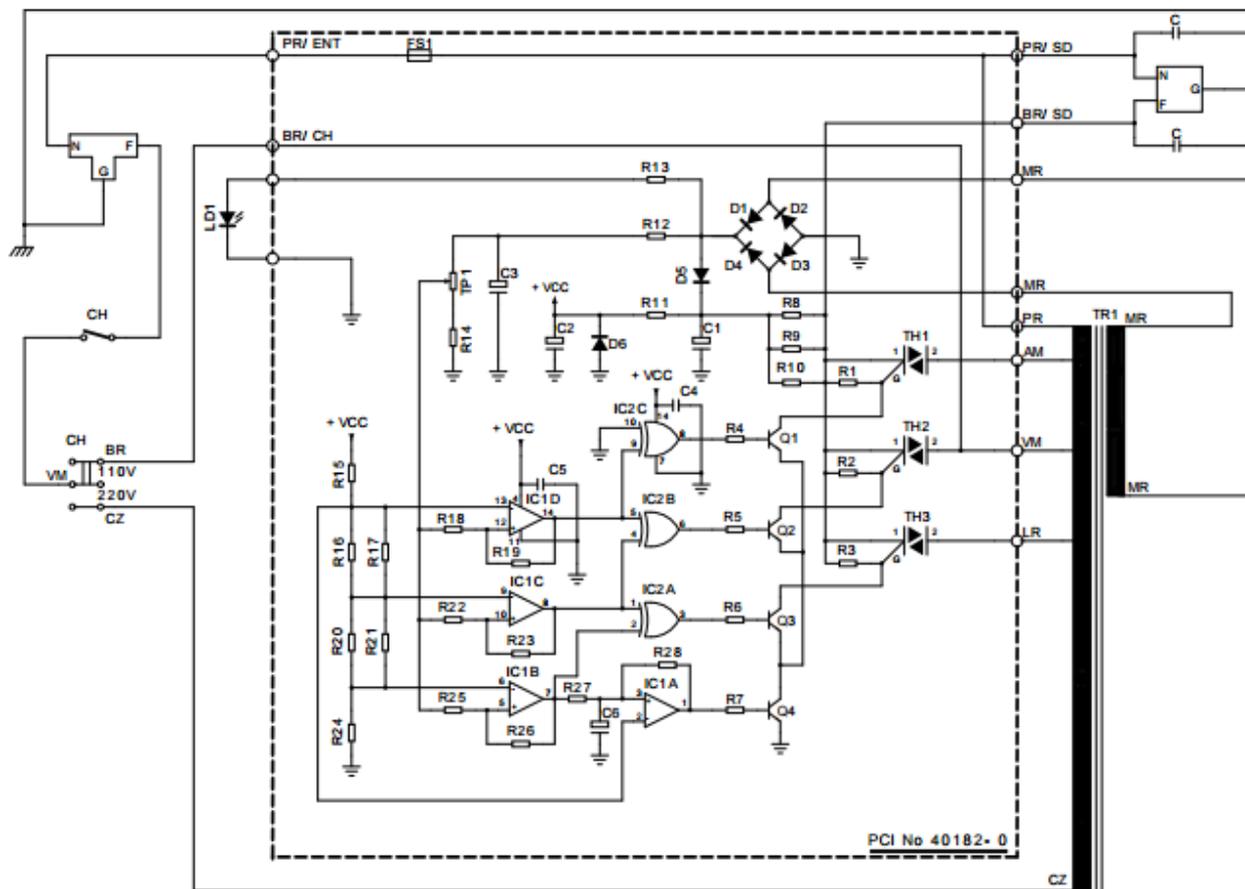
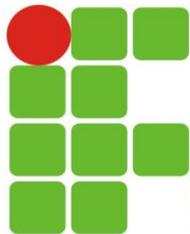
# ESQUEMA ELETRÔNICO



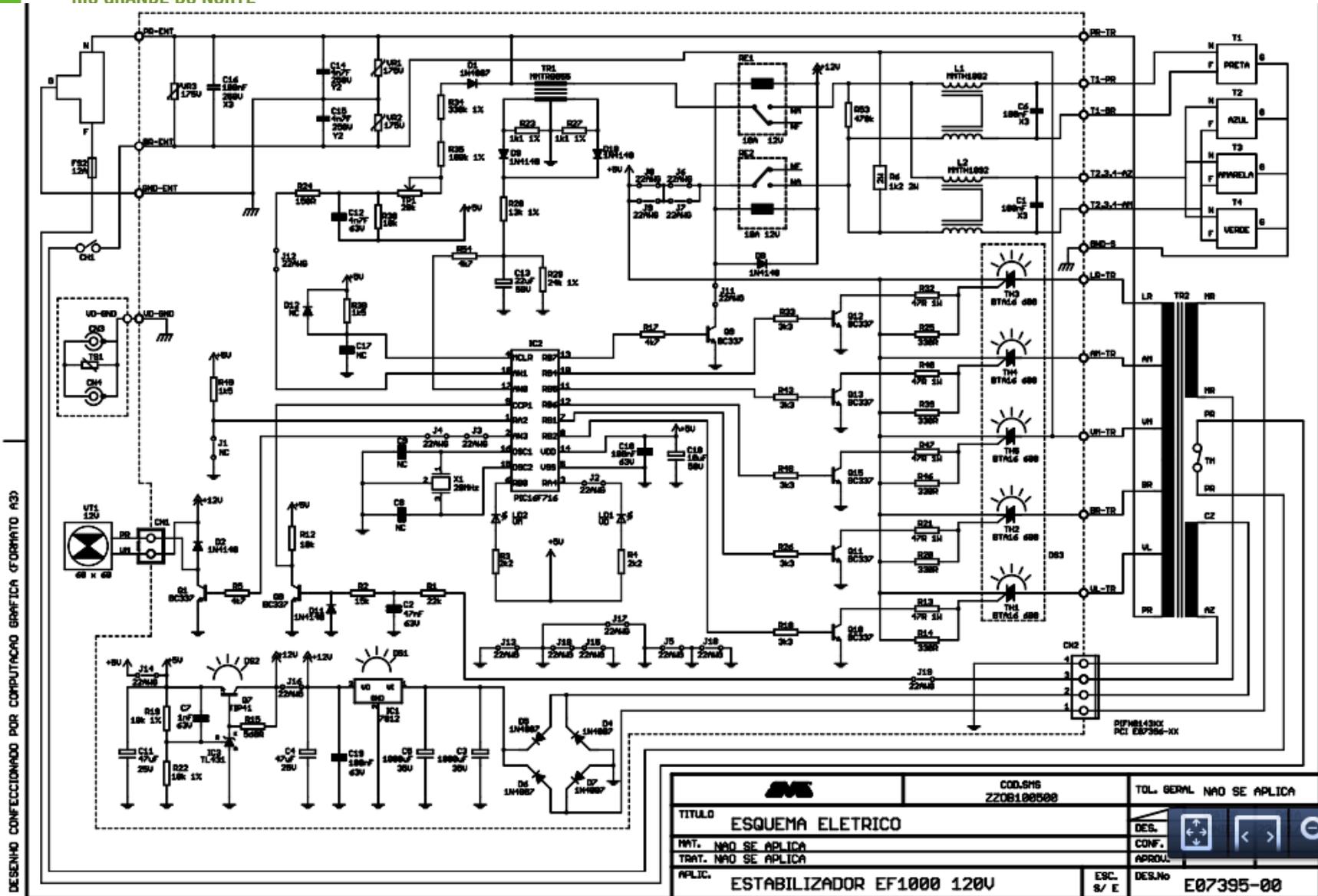
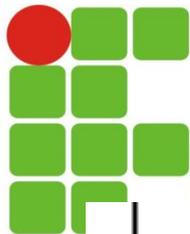


# Placa fixada no transformador



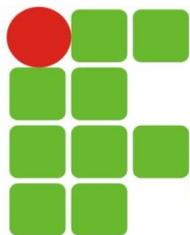


SMS		COD. SMS		TOL. GERAL	
TITULO ESQUEMA ELETRICO FAX NET				VISTOS	
DES.				OSVALDO	
DATA				16.01.96	
MAT.				CONF.	
TRAT.				APROV.	
APLIC. AVR 1000Bi FAX NET				ESC. S/ E	
DES.No				E.A3.0137.0	



DESENHO CONFECCIONADO POR COMPUTADOR GRÁFICO (FORMATO A3)

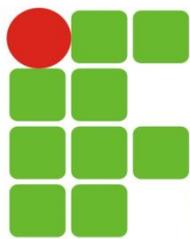
		COD.SHS 2208108500	TOL. GERAL NAO SE APLICA
TITULO ESQUEMA ELETRICO			DES.
FMT. NAO SE APLICA			CONF.
TRAT. NAO SE APLICA			APROV.
APLIC. ESTABILIZADOR EF1000 120V			ESC. S/ E DES.No E07395-00



# Componentes do estabilizador

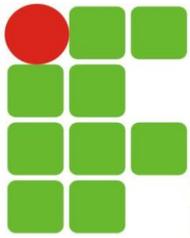
## LISTA DE COMPONENTES PARA MONTAGEM DO ESTABILIZADOR 2 TAPS

	componente	unidade	qtidade	custo
1	Resistor 1K / - 1/4W		10	
2	Resistor 390Ω / - 1/4W		10	
3	Resistor 4K7 / - 1/4W		10	
4	Resistor 560Ω / - 1/4W		10	
5	Resistor 8K2 / - 1/4W		10	
6	Resistor 2K2 / - 1/4W		10	
7	Resistor 3M9 / - 1/4W		4	
8	Resistor 15K / - 1/4W		10	
9	Trimpot horizontal 10k		2	
10	Diodo 1N 4003 ou equivalente		6	
11	Diodo 1N 4148		4	
12	Diodo zener 6V8 – 1/4W		2	
13	LED 10 mA vermelho 5mm		2	
14	Transistor BC547C ou BC547B		2	
15	CI LM 324		1	
16	Capacitor 47 nF		2	
17	Capacitor 100 nF		4	
18	Capacitor eletrolítico 47 μF / 16V		3	
19	Capacitor eletrolítico 470 μF / 25V		2	
20	Fusível de vidro 2AG 8A		2	
21	Conectores KRE 2 vias		4	

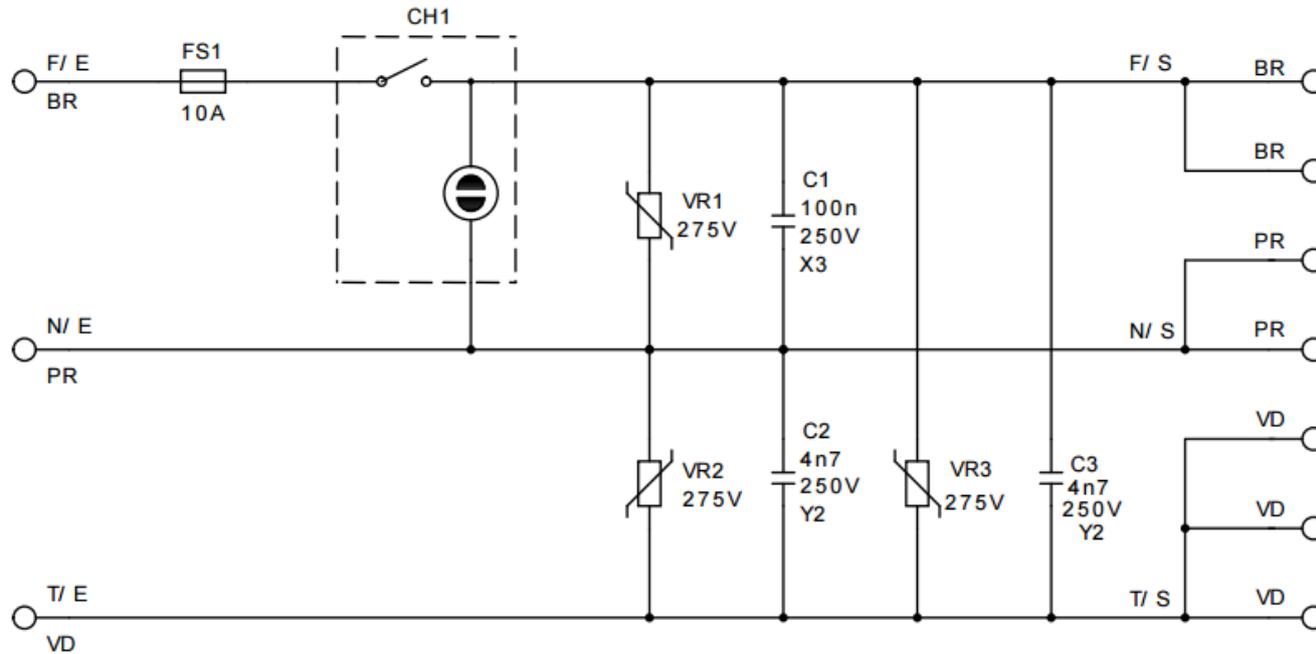


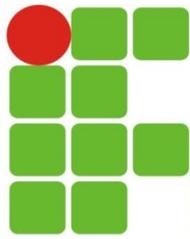
# Estabilizadores X Filtro de Linha

- ✓ O estabilizador desperdiça mais de 6% de toda a energia que passa por ele. O filtro de linha não.
- ✓ O filtro de linha é mais barato, já que não utiliza o transformador e o relê.
- ✓ O filtro de linha é um dispositivo passivo, que não produz as variações de tensão criadas pelo seletor do estabilizador.
- ✓ Os estabilizadores suportam cargas de 300 a 600 VA, nos filtros de linha a única limitação são os 8, 10 ou 15 amperes do fusível.
- ✓ Os estabilizadores reduzem a tensão de saída quando ligados em uma tomada de 220V.



# Filtro de linha



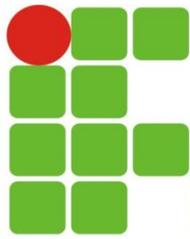


# Módulo Isolador

- ✓ É um estabilizador que utiliza transformadores isolados (combinados com um disjuntor nos modelos mais caros).
- ✓ Muitas vezes oferecido como um substituto ao aterramento
- ✓ Oferece alguma proteção e faz com que os micros não dê chance de substituir o aterramento
- ✓ Custo e desperdício de 10% da energia.

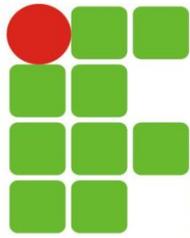


Is não  
ete do  
, não



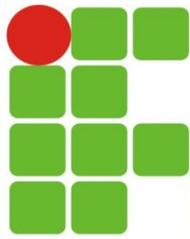
## Aula 05

# Fonte chaveadas em Periféricos



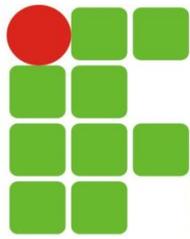
# Fonte linear

- ✓ partindo-se de uma fonte CC não regulada, apresenta como características:
  - ✓ boa regulação
  - ✓ razoável resposta a transitórios.
  - ✓ baixa eficiência
    - ✓ a diferença entre a tensão de entrada e a tensão da carga recai sobre o elemento regulador, normalmente um transistor.
    - ✓ a corrente da carga é igual a corrente que atravessa o elemento regulador - elevada dissipação de potência sobre o transistor.



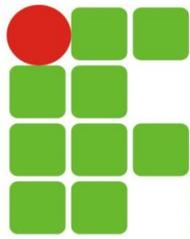
# Fonte linear

- ✓ Conclusão:
- ✓ É praticamente inviável a construção de fontes de tensão (principalmente as de valor ajustável) de potência considerável (acima de algumas dezenas de Watts) utilizando esta técnica.



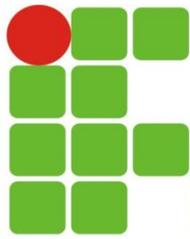
# Retificadores

- ✓ Outra alternativa é o uso de retificadores controláveis (conversão CA/CC).
- ✓ elevada eficiência.
- ✓ necessária o uso de filtros de saída, tipicamente do tipo LC (passa-baixas).
- ✓ os elementos de filtragem são de valor elevado e volumosos.
  - ✓ a frequência da ondulação é baixa
- ✓ A resposta dinâmica a transitórios é lenta devido à resposta do filtro.



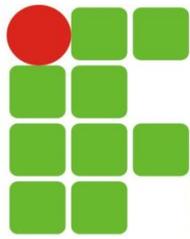
# Fonte chaveada

- ✓ Associa alta eficiência com valores reduzidos de elementos de filtragem são as fontes chaveadas.
- ✓ O elemento regulador é um transistor que trabalha como chave,
  - ✓ não trabalha na região linear.
- ✓ elevada a frequência de chaveamento
  - ✓ elementos do filtro de saída reduzidos,
  - ✓ obtenção de elevadas densidades de potência.
- ✓ Modulação por Largura de Pulso (MLP, ou PWM - Pulse Width Modulation),



# Fonte chaveada

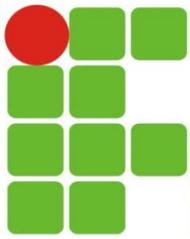
- ✓ Uma fonte chaveada caracteriza-se pelo fluxo de potência gerado, controlado e regulado por meio de um dispositivo de comutação.



# Linear X Chaveada

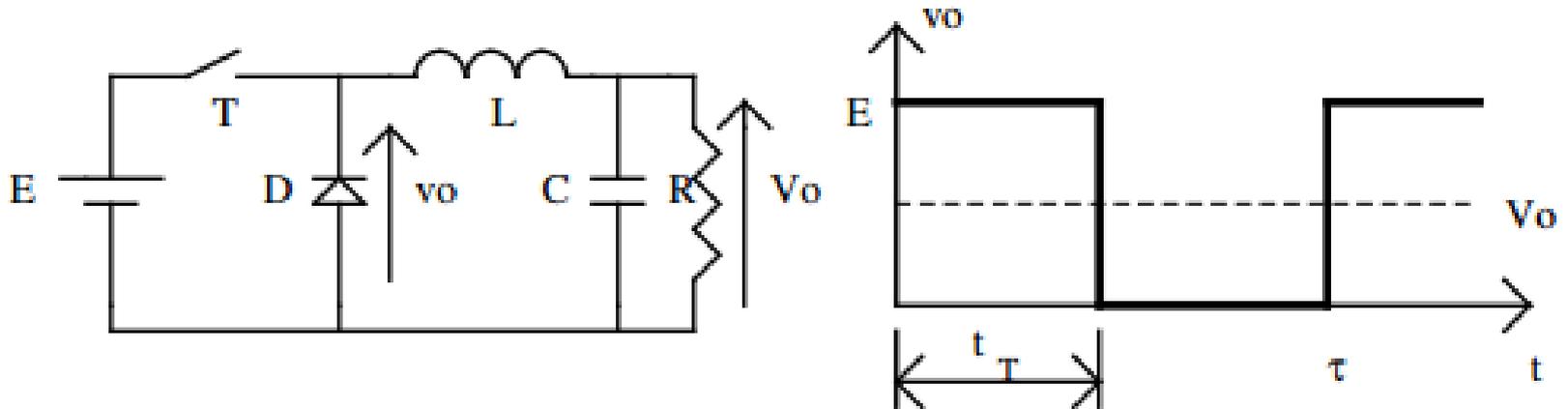
- ✓ Teoricamente, considerando dispositivos de comutação ideais, a eficiência das fontes chaveadas é 100%, enquanto o valor típico para fontes lineares é 50%.

	Tipo Chaveado	Tipo Linear
Rendimento	80% a 95%	25% a 50%
Ondulação (para iguais capacitores)	20 mV a 50 mV	5 mV
Peso	2 kW/kg	0,5 kW/kg
Volume	10 cm <sup>3</sup> /W	50 cm <sup>3</sup> /W
Interferência eletromagnética	alta	desprezível
Rejeição a Transientes	alta	baixa

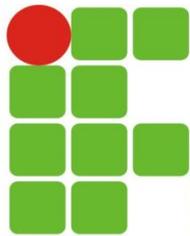


# PWM

- ✓ Modulação por largura de pulso
- ✓ abaixador de tensão (ou "buck").

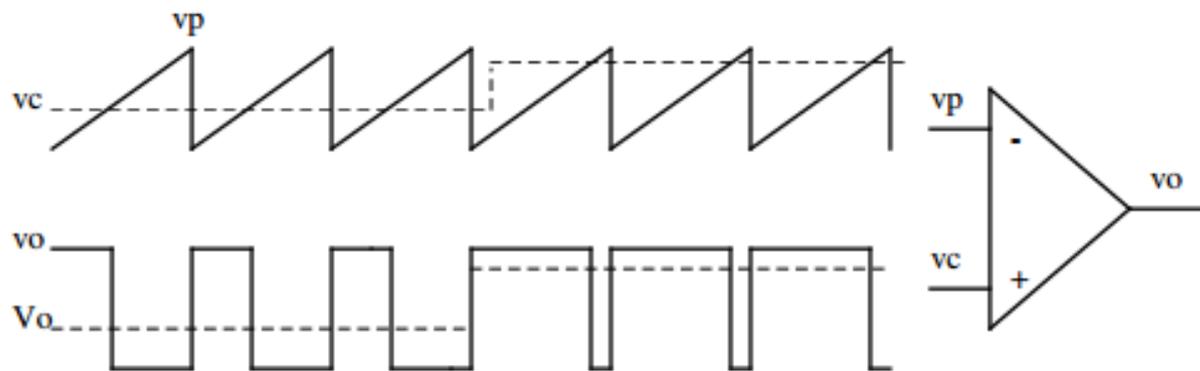


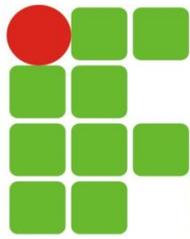
- ✓ Corte ou saturação
- ✓ tensão média de saída depende período de chaveamento.
- ✓ largura de pulso - intervalo de condução dividido pelo período de chaveamento.



# PWM

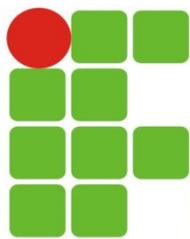
- ✓ opera-se com frequência constante, variando-se o tempo em que a chave permanece ligada.
- ✓ O sinal de comando é obtido, geralmente, pela comparação de um sinal de controle (modulante) com uma onda periódica (portadora) como, por exemplo, uma onda "dente-de-serra".





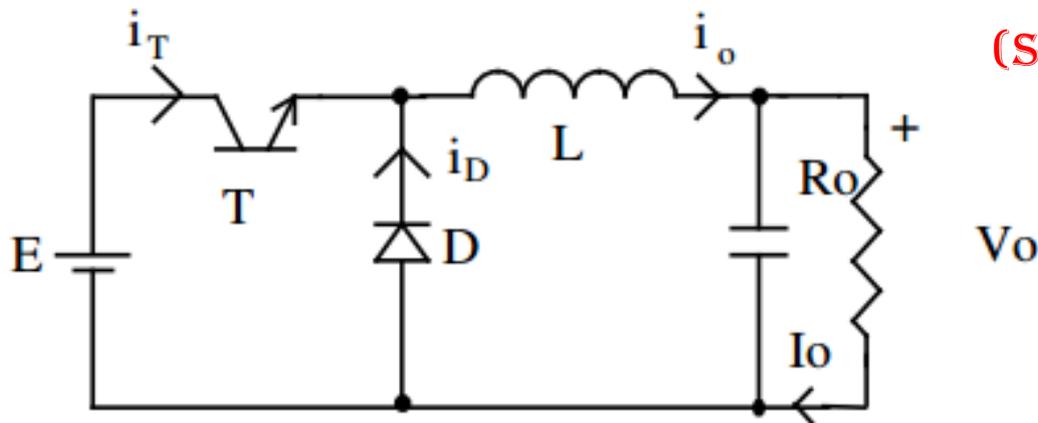
# PWM

- ✓ Para que a relação entre o sinal de controle e a tensão média de saída seja linear, como desejado, a portadora deve apresentar:
  - ✓ uma variação linear
  - ✓ sua frequência deve ser, pelo menos, dez vezes maior do que a modulante,
    - ✓ deve ser fácil filtrar o valor médio do sinal modulado
  - ✓ sobre a carga deve ficar uma tensão contínua proporcional à tensão de controle ( $v_c$ ).

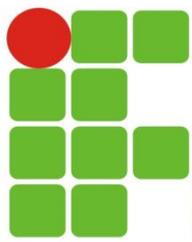


# Conversor abaixador de tensão

- ✓ A tensão de entrada é recortada pela chave
- ✓ o capacitor de saída grande o suficiente para supor  $V_o$  constante
- ✓ transistor conduzindo (diodo cortado),
  - ✓ energia da fonte  $\Rightarrow$  o indutor (cresce  $i_o$ ) e para o capacitor (quando  $i_o > V_o/R$ ).
- ✓ Transistor desligado, o diodo conduz  $\Rightarrow$  corrente do indutor.

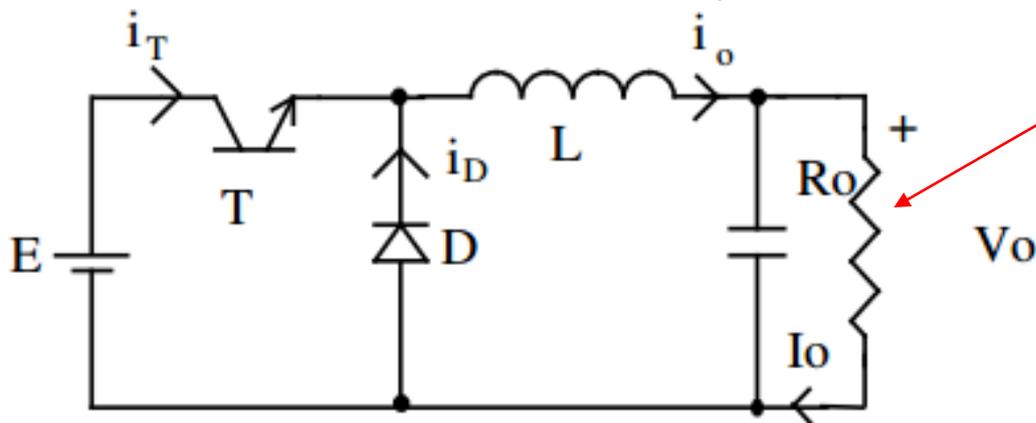


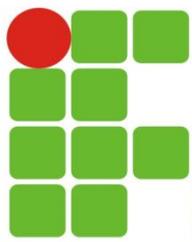
(STEP-DOWN OU BUCK):  $V_o < E$



# Conversor abaixador de tensão

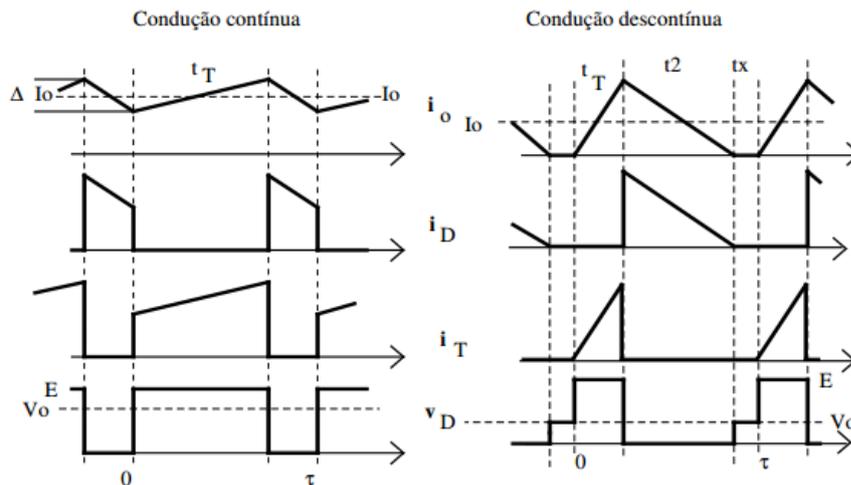
- ✓ A energia armazenada em  $L$  é entregue ao capacitor e à carga.
- ✓ Enquanto o valor instantâneo da corrente pelo indutor for maior do que a corrente da carga, a diferença carrega o capacitor.
- ✓ Quando a corrente for menor, o capacitor se descarrega, mantendo constante " $i_o$ ".
- ✓ *estamos supondo fixa a tensão  $V_o$ .*

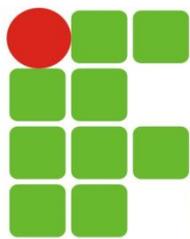




# Conversor abaixador de tensão

- ✓ **Modo contínuo**
  - ✓ *Se a corrente pelo indutor não vai a zero durante a condução*
- ✓ **Modo descontinuo**
  - ✓ *Caso contrário*
- ✓ **Prefere-se operar no modo contínuo**
  - ✓ *a relação entre as tensões de entrada e de saída dependerá apenas da largura de pulso*

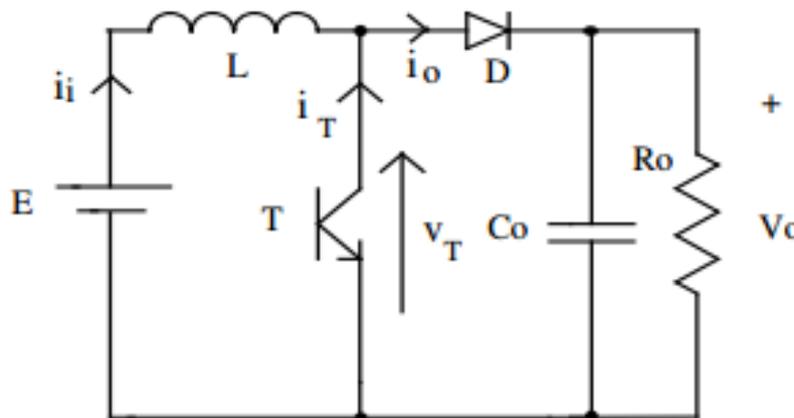




# Conversor elevador de tensão

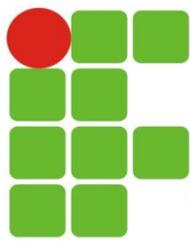
(STEP-UP OU BOOST):  $V_o > E$

- ✓ Transistor ligado
- ✓ a tensão  $E$  é aplicada ao indutor
- ✓ diodo fica reversamente polarizado (pois  $V_o > E$ ).
- ✓ Acumula energia em  $L$ , será enviada ao capacitor e à carga quando  $T$  desligar.
- ✓ A corrente de saída,  $i_o$ , é sempre pulsada, enquanto  $i_i$ , pode ser contínua ou descontínua.



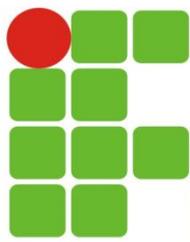
Quando T conduz:  $v_L = E$  (durante  $t_T$ )  
Quando D conduz:  $v_L = -(V_o - E)$  (durante  $\tau - t_T$ )

Quando T conduz:  $v_L = E$ , (durante  $t_T$ )  
Quando D conduz:  $v_L = -(V_o - E)$ , durante  $(\tau - t_T - t_x)$



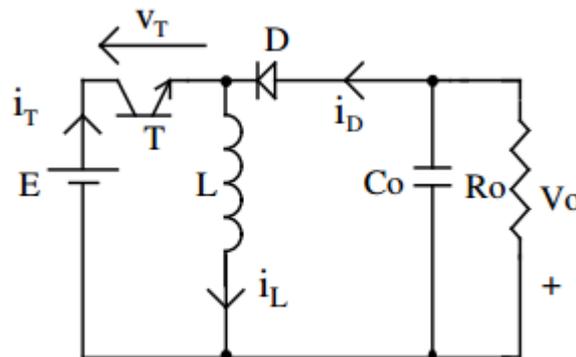
# Conversor elevador de tensão

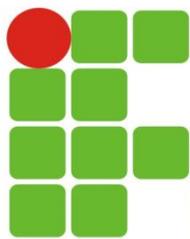
- ✓ Embora, teoricamente, quando o ciclo de trabalho tende à unidade a tensão de saída tenda para infinito, na prática, os elementos parasitas e não ideais do circuito (como as resistências do indutor e da fonte) impedem o crescimento da tensão acima de um certo limite, no qual as perdas se tornam maiores do que a energia transferida pelo indutor para a saída.



# Conversor abaixador-elevador (buck-boost)

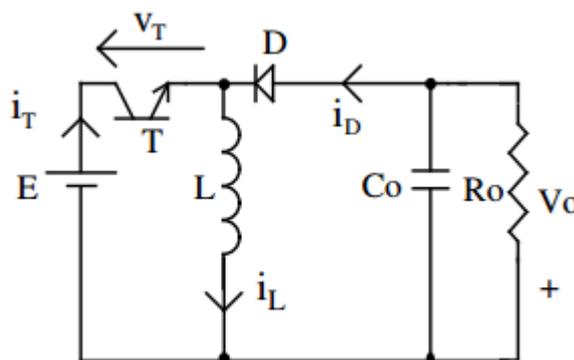
- ✓ a tensão de saída tem polaridade oposta à da tensão de entrada.
- ✓ Transistor é ligado
  - ✓ transfere-se energia da fonte para o indutor.
  - ✓ O diodo não conduz e o capacitor alimenta a carga.





# Conversor abaixador-elevador (buck-boost)

- ✓ Transistor desligado
- ✓ continuidade da corrente do indutor se faz pela condução do diodo.
- ✓ a energia armazenada em  $L$  é entregue ao capacitor e à carga. Tanto a corrente de entrada quanto a de saída são pulsadas.



### Modo de condução contínua (no indutor)

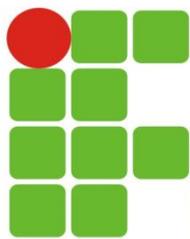
Quando T conduz:  $v_L = E$ , (durante  $t_T$ )

Quando D conduz:  $v_L = -V_o$ , (durante  $\tau - t_T$ )

### Modo de condução descontínua

Quando T conduz:  $v_L = E$ , (durante  $t_T$ )

Quando D conduz:  $v_L = -V_o$ , durante  $(\tau - t_T - t_x)$



# CI - acionamento e controle

## ✓ Circuito Integrado LM3524

