

Equipe abnT<sub>E</sub>X2

**Modelo Canônico de  
Trabalho Acadêmico com abnT<sub>E</sub>X2**

**Brasil**

**2014, v-1.9.2**



Equipe abnT<sub>E</sub>X2

# **Modelo Canônico de Trabalho Acadêmico com abnT<sub>E</sub>X2**

Modelo canônico de trabalho monográfico  
acadêmico em conformidade com as normas  
ABNT apresentado à comunidade de usuários  
L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X.

Universidade do Brasil – UBr  
Faculdade de Arquitetura da Informação  
Programa de Pós-Graduação

Orientador: Lauro César Araujo  
Coorientador: Equipe abnT<sub>E</sub>X2

Brasil  
2014, v-1.9.2

---

Equipe abnT<sub>E</sub>X2  
Modelo Canônico de  
Trabalho Acadêmico com abnT<sub>E</sub>X2/ Equipe abnT<sub>E</sub>X2. – Brasil, 2014, v-1.9.2-  
53 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Lauro César Araujo

Tese (Doutorado) – Universidade do Brasil – UBr  
Faculdade de Arquitetura da Informação  
Programa de Pós-Graduação, 2014, v-1.9.2.

1. Palavra-chave1. 2. Palavra-chave2. I. Orientador. II. Universidade xxx. III.  
Faculdade de xxx. IV. Título

CDU 02:141:005.7

---

# Errata

Elemento opcional da [ABNT](#) (2011, 4.2.1.2). Exemplo:

FERRIGNO, C. R. A. **Tratamento de neoplasias ósseas apendiculares com reimplantação de enxerto ósseo autólogo autoclavado associado ao plasma rico em plaquetas**: estudo crítico na cirurgia de preservação de membro em cães. 2011. 128 f. Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

| Folha | Linha | Onde se lê    | Leia-se      |
|-------|-------|---------------|--------------|
| 1     | 10    | auto-conclavo | autoconclavo |



Equipe abnT<sub>E</sub>X2

## **Modelo Canônico de Trabalho Acadêmico com abnT<sub>E</sub>X2**

Modelo canônico de trabalho monográfico  
acadêmico em conformidade com as normas  
ABNT apresentado à comunidade de usuários  
L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X.

Trabalho aprovado. Brasil, 24 de novembro de 2012:

---

**Lauro César Araujo**  
Orientador

---

**Professor**  
Convidado 1

---

**Professor**  
Convidado 2

Brasil  
2014, v-1.9.2





*Este trabalho é dedicado às crianças adultas que,  
quando pequenas, sonharam em se tornar cientistas.*



# Agradecimentos

Os agradecimentos principais são direcionados à Gerald Weber, Miguel Frasson, Leslie H. Watter, Bruno Parente Lima, Flávio de Vasconcellos Corrêa, Otavio Real Salvador, Renato Machnievscz<sup>1</sup> e todos aqueles que contribuíram para que a produção de trabalhos acadêmicos conforme as normas ABNT com L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X fosse possível.

Agradecimentos especiais são direcionados ao Centro de Pesquisa em Arquitetura da Informação<sup>2</sup> da Universidade de Brasília (CPAI), ao grupo de usuários *latex-br*<sup>3</sup> e aos novos voluntários do grupo *abnT<sub>E</sub>X2*<sup>4</sup> que contribuíram e que ainda contribuirão para a evolução do abnT<sub>E</sub>X2.

---

<sup>1</sup> Os nomes dos integrantes do primeiro projeto abnT<sub>E</sub>X foram extraídos de <<http://codigolivre.org.br/projects/abntex/>>

<sup>2</sup> <<http://www.cpai.unb.br/>>

<sup>3</sup> <<http://groups.google.com/group/latex-br>>

<sup>4</sup> <<http://groups.google.com/group/abntex2>> e <<http://abntex2.googlecode.com/>>



*“Não vos amoldeis às estruturas deste mundo,  
mas transformai-vos pela renovação da mente,  
a fim de distinguir qual é a vontade de Deus:  
o que é bom, o que Lhe é agradável, o que é perfeito.  
(Bíblia Sagrada, Romanos 12, 2)*



# Resumo

Segundo a [ABNT \(2003, 3.1-3.2\)](#), o resumo deve ressaltar o objetivo, o método, os resultados e as conclusões do documento. A ordem e a extensão destes itens dependem do tipo de resumo (informativo ou indicativo) e do tratamento que cada item recebe no documento original. O resumo deve ser precedido da referência do documento, com exceção do resumo inserido no próprio documento. (...) As palavras-chave devem figurar logo abaixo do resumo, antecedidas da expressão Palavras-chave:, separadas entre si por ponto e finalizadas também por ponto.

**Palavras-chaves:** latex. abntex. editoração de texto.





# Abstract

This is the english abstract.

**Key-words:** latex. abntex. text editoration.



# Lista de ilustrações

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 – Número de espiras variando os parâmetros para um indutor de núcleo<br>de ar . . . . . | 34 |
| Figura 2 – Demonstração do choke na fonte ATX . . . . .  | 35 |



# Lista de tabelas

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 – Comparativo entre os tipos de capacitores. . . . . | 33 |
|---|----|



# Lista de abreviaturas e siglas

|        |  |
|--------|--|
| ABNT   | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| abnTeX | ABsurdas Normas para TeX                 |





# Lista de símbolos

|           |                            |
|-----------|----------------------------|
| $\Gamma$  | Letra grega Gama           |
| $\Lambda$ | Lambda                     |
| $\zeta$   | Letra grega minúscula zeta |
| $\in$     | Pertence                   |



# Sumário

|             |   |           |
|-------------|---|-----------|
|             | <b>Introdução</b>   | <b>27</b> |
| <b>1</b>    | <b>CAPÍTULO 1</b>   | <b>29</b> |
|             | <i>Em aplicações RF é mais comum empregar redes de realimentações utilizando somente tanques LC, devido ao alto fator de qualidade, além disso podendo assumir potências extremamente altas (ao contrário, por exemplo, de redes com amplificadores operacionais). Alguns desses osciladores são: oscilador LC MOS, royer e mazzilli.</i> |           |
| <b>1.1</b>  | <b>Oscilador LC MOS cruzado acoplado</b>  | <b>29</b> |
| <b>1.2</b>  | <b>Oscilador Royer</b>  | <b>29</b> |
| <b>1.3</b>  | <b>Oscilador Mazzilli</b>   | <b>30</b> |
| 1.3.1       | Modos de Operação   | 30        |
| 1.3.2       | Limitações do circuito  | 30        |
| 1.3.2.1     | Dependência da carga  | 30        |
| 1.3.2.2     | Resposta do Gate  | 30        |
| 1.3.2.3     | Alta voltagem no Gate   | 30        |
| 1.3.3       | Resistência do transistor   | 31        |
| <b>1.4</b>  | <b>Aquecimento por indução</b>  | <b>32</b> |
| 1.4.1       | Efeito skin   | 32        |
| 1.4.2       | Histerese   | 32        |
| 1.4.3       | Eficiência de aquecimento   | 32        |
| <b>1.5</b>  | <b>Transistores</b>   | <b>33</b> |
| <b>1.6</b>  | <b>Capacitores</b>  | <b>33</b> |
| <b>1.7</b>  | <b>Bobina de Trabalho</b>   | <b>34</b> |
| <b>1.8</b>  | <b>Choke</b>  | <b>34</b> |
| <b>1.9</b>  | <b>Diodo de recuperação rápida</b>  | <b>35</b> |
| <b>1.10</b> | <b>Fonte</b>  | <b>35</b> |
| <b>1.11</b> | <b>Montagem</b>   | <b>36</b> |
|             | <b>Conclusão</b>  | <b>37</b> |
|             | <b>Referências</b>  | <b>39</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>APÊNDICES</b>   | <b>41</b> |
| <b>APÊNDICE A – QUISQUE LIBERO JUSTO . . . . .</b>   | <b>43</b> |
| <b>APÊNDICE B – NULLAM ELEMENTUM URNA VEL IMPERDIET<br/>SODALES ELIT IPSUM PHARETRA LIGULA AC<br/>PRETIUM ANTE JUSTO A NULLA CURABI-<br/>TUR TRISTIQUE ARCU EU METUS . . . . .</b> | <b>45</b> |
| <b>ANEXOS</b>  | <b>47</b> |
| <b>ANEXO A – MORBI ULTRICES RUTRUM LOREM. . . . .</b>  | <b>49</b> |
| <b>ANEXO B – CRAS NON URNA SED FEUGIAT CUM SOCIIS NA-<br/>TOQUE PENATIBUS ET MAGNIS DIS PARTURI-<br/>ENT MONTES NASCETUR RIDICULUS MUS . . . .</b>                                 | <b>51</b> |
| <b>ANEXO C – FUSCE FACILISIS LACINIA DUI . . . . .</b>   | <b>53</b> |

# Introdução



# 1 Capítulo 1

*Em aplicações RF é mais comum empregar redes de realimentações utilizando somente tanques LC, devido ao alto fator de qualidade, além disso podendo assumir potências extremamente altas (ao contrário, por exemplo, de redes com amplificadores operacionais). Alguns desses osciladores são: oscilador LC MOS, royer e mazzilli.*

## 1.1 Oscilador LC MOS cruzado acoplado

Neste tipo de oscilador, os transistores estão em classe A, fornecendo energia ao tanque LC, que consome devido a sua não idealidade. Neste caso, a energia que o transistor injeta no tanque, deve ser maior ou igual que a resistência de perda total do circuito. O fator de qualidade deste circuito é:

$$Q = \frac{2\pi fL}{R_p} \quad (1.1)$$

E o  $g_m$  é:

$$g_m = \frac{i_D}{V_{GS} - V_t} \quad (1.2)$$

Para que ocorra uma oscilação:

$$\frac{1}{g_m} \geq \frac{2\pi fL}{Q} \quad (1.3)$$

É importante notar que, mesmo que o circuito seja instável e os transistores entrem em corte e saturação, a tensão na saída continuará próxima de uma senoide perfeita quanto maior for o fator de qualidade do tanque. Uma das grandes desvantagens desse circuito deve-se ao fato de que são poucos os MOSFETs que sustentam uma tensão de gate maior que 20V, limitando assim a potência do circuito.

## 1.2 Oscilador Royer

Em 1954, George Royer patenteou o oscilador Royer, um circuito auto ressonante, simples e com pouco uso de componentes. Como a maioria dos osciladores, ele utiliza um tanque LC para a oscilação. A grande vantagem deste circuito deve-se ao fato do terceiro enrolamento estar conectado à base dos transistores. Isto garante que um transistor estará cortado enquanto o outro estiver ativo, diminuindo bastante o consumo energético do circuito.

## 1.3 Oscilador Mazzilli

O oscilador Mazzilli é uma derivação do oscilador Royer com o LC MOS. A grande diferença neste circuito está no circuito presente no gate, para assegurar o baixo consumo energético e o chaveamento em ZVS sem ter que utilizar um terceiro enrolamento no indutor. Mazzilli usa uma combinação, retirando energia de  $V_{in}$  (como no Royer) e no entanto ligando os gates por um diodo ao dreno oposto. Com isso, suprimos o problema de tensão que existia no LC MOS e continuamos a utilizar MOSFET ao invés de BJT, podendo assim, garantir alta frequência na oscilação.

### 1.3.1 Modos de Operação

Esse conversor possui quatro modos de operação. O primeiro dele consiste no dreno das duas chaves aterrados. Como eles estão ligados cruzado, isto garante que a chave 1 está cortada e a 2 ativa. Durante esta operação o capacitor é completamente descarregado. Depois disso a chave 1 é cortada e é a vez da chave 2 está ativa. Assim há a geração de uma corrente que irá percorrer o tanque LC e irá descarregar na chave ativa. Quando a voltagem no dreno 1 retorna para zero, ocorre o chaveamento das duas chaves. Assim como no modo de operação 1 o capacitor está completamente descarregado, e o indutor carrega totalmente a corrente em posição oposta. E finalmente, o modo 4 que ocorre exatamente o mesmo evento que o modo 2, no entanto, na chave 1.

### 1.3.2 Limitações do circuito

#### 1.3.2.1 Dependência da carga

Durante a transferência de potência a carga é refletida para o primário, e aparece em paralelo com o tanque LC, e com isso a frequência de oscilação é dependente da carga em uso, gerando uma perda maior.

#### 1.3.2.2 Resposta do Gate

Quando a frequência de oscilação é baixa, este fator não é crucial. No entanto, com o aumento de frequência, já que o gate é um capacitor, a constante RC deve ser levada em conta.

#### 1.3.2.3 Alta voltagem no Gate

Outro problema é a alta voltagem presente no gate. Este problema é facilmente mitigado adicionando um zener com uma tensão ligeiramente abaixo da tensão de breakdown do gate, embora cause uma perda maior na resistência do gate.



### 1.3.3 Resistência do transistor

Quando o transistor está descarregando o capacitor, toda a corrente gerada no circuito passa através dele, havendo a necessidade de optar por um MOSFET que possua a menor resistência possível quando ele estiver ativo, afim de manter a menor perda possível no transistor, e garantir que ele não esquente demais.

## 1.4 Aquecimento por indução

### 1.4.1 Efeito skin

### 1.4.2 Histerese

### 1.4.3 Eficiência de aquecimento

A primeira abordagem para realizar a montagem experimental foi construir uma placa de circuito impresso com o circuito do Mazzilli. Porém, o circuito planejado drenaria uma corrente de 30A e oscilaria numa frequência em torno de 400kHz. Utilizando [1] para calcular qual deveria ser o tamanho da trilha, chegamos a valores que não seriam práticos. Portanto a ideia era fazer a montagem em outro material e fazer as ligações por cabos que se usam em instalação elétrica, garantindo assim o funcionamento adequado. Para isto, foi feita a montagem experimental em cima de uma placa de madeira, que é um péssimo condutor, funcionando como um ótimo isolante.

## 1.5 Transistores

Para podermos atender os requisitos citados em [1] foi necessário a escolha de um IRFP250N, onde podemos conferir suas especificações [2] na tabela X.

Tabela 1 – Características do IRFP250N

|                    | Parâmetro                  | Valor    | Unidade |
|--------------------|----------------------------|----------|---------|
| $I_{DM\acute{a}x}$ | Corrente contínua de Dreno | 30       | A       |
| $P_{DM\acute{a}x}$ | Dissipação de potência     | 214      | W       |
| $V_{GS}$           | Tensão de gate para source | $\pm 20$ | V       |

Fonte: International Rectifier

Nota: Os valores máximos são para uma temperatura de  $25^{\circ}C$ .

## 1.6 Capacitores

Outro problema prático é que o capacitor deve ser apolar, pois o sinal excursionado nele ora é positivo, ora é negativo. Além disto, a corrente AC que passa está na ordem de dezenas de amperes, havendo a necessidade de realizar associações em paralelo para dividir a corrente entre os componentes até um valor aceitável. A 1 mostra os materiais que são comumente fabricados o capacitor. Podemos observar que o melhor material para agir em conjunto com um circuito que irá oscilar em alta frequência, com uma alta tensão e maior fator de qualidade possível, é o polipropileno. No projeto, foi utilizado 3 capacitores, modelo XXXX [3].

Tabela 2 – Comparativo entre os tipos de capacitores.

| Tipo          | Polaridade | Potência | Escala  | ESR         | Frequência de Operação |
|---------------|------------|----------|---------|-------------|------------------------|
| Cerâmica      | Não        | Baixa    | $\mu F$ | Baixo       | Alta                   |
| Poliestireno  | Não        | Alta     | $pF$    | Baixo       | Muito Alta             |
| Poliéster     | Não        | Alta     | $\mu F$ | Baixo       | Muito Alta             |
| Polipropilêno | Não        | Alta     | $\mu F$ | Muito baixo | Muito Alta             |
| Eletrolítico  | Não*       | Alta     | $F$     | Alta        | Baixa                  |

Fonte: Wikipédia

Nota: : uma medida de não idealidade do componente que mede o valor da resistência em série com o mesmo para uma determinada frequência.

Anotações: \* Existem os capacitores eletrolíticos bipolares porém não possuem capacitâncias tão altas.

## 1.7 Bobina de Trabalho

## 1.8 Choke

Utilizando a fórmula aproximada de Wheeler [], adaptado em [], para ficar em metros e Henrys, temos que a fórmula explícita para o cálculo da indutância é:

$$L = \mu_0 \frac{\pi r^2 n^2}{h + 0.9r} \quad (1.4)$$

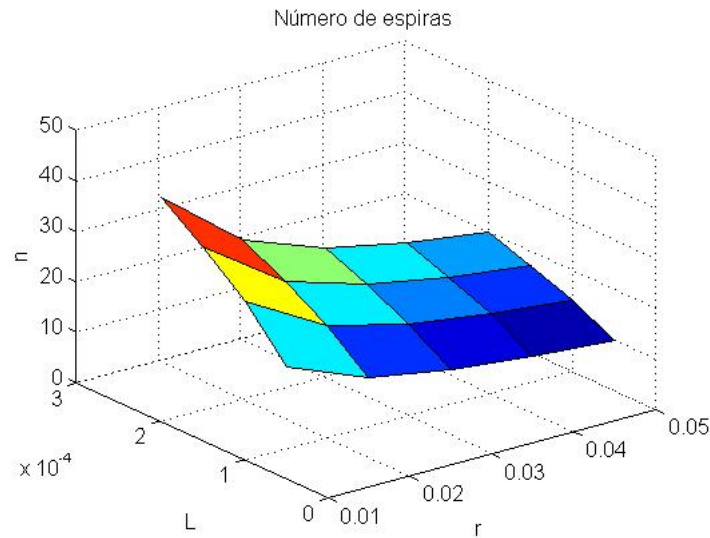
Onde  $L$  é a indutância desejada,  $\mu_0$  é a permeabilidade no ar,  $r$  o raio da seção de reta do indutor,  $n$  o número de espiras e  $h$  a altura da bobina. Variando os parâmetros  $r$ ,  $h$  e  $L$ , considerando  $h = 1.5r$ , temos a Figura 1.

Podemos observar que para uma bobina pequena temos que aumentar exponencialmente o número de espiras, além de tomar todo o cuidado para termos um espaçamento e seção de reta uniforme em cada espira. Para sanar o problema, recorreremos ao uso de choques com núcleo de ferrite, comumente encontrado em fontes chaveadas. O ferrite possui como característica alta permeabilidade magnética, baixa condutividade elétrica (prevenindo correntes parasitas) e baixa perda em alta frequência, garantido assim um menor  $n$  e consequentemente um menor tamanho de choque. Encontramos a bobina em uma fonte ATX, muito utilizada em computadores (ver Figura 2).

## 1.9 Diodo de recuperação rápida

O diodo que realiza o chaveamento do transistor no momento certo, ajudando a descarregar a base, deve poder responder na mesma velocidade de chaveamento necessária no circuito, com isso utilizamos o diodo BYV26A, que tem como principais aplicações, inversores em alta frequência e fontes chaveadas.

Figura 1 – Número de espiras variando os parâmetros para um indutor de núcleo de ar



O raio está variando de 1 a 5cm, enquanto a indutância varia de 50 a 200  $\mu H$

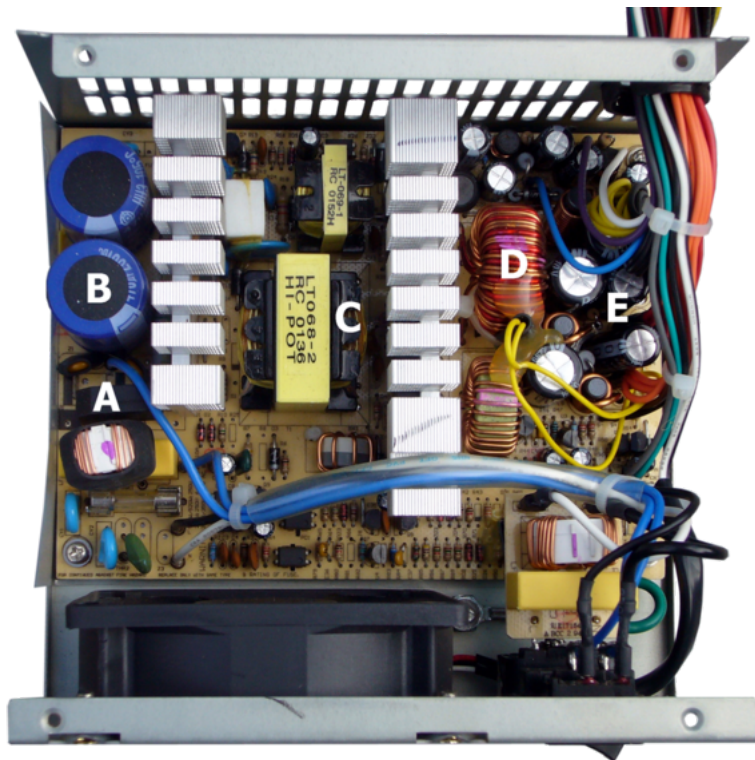
## 1.10 Fonte

Um dos fatores cruciais do projeto é a fonte de alimentação. Ela deve ser capaz de fornecer uma energia de NNNW, uma corrente de XXXXA e ideal seria uma tensão regulada. No entanto, como o projeto em si é uma prova de conceito, não foi possível conseguir uma fonte de tensão regulável. Por fim, utilizamos uma bateria de chumbo, modelo XXXX, de XXXXXXAh. (ver foto)

## 1.11 Montagem

Utilizamos solda de estanho e fios de  $XXmm^2$  e  $XXmm^2$  para a parte de baixa e alta tensão, respectivamente. A montagem final pode ser conferida na figura XX.

Figura 2 – Demonstração do choke na fonte ATX



Observe o choke, marcado com a letra 'D', de uma fonte ATX com núcleo de ferrite enrolado com várias espiras. Fonte: Wikipedia.

## Conclusão





## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6028*: Resumo - apresentação. Rio de Janeiro, 2003. 2 p. Citado na página [13](#).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 14724*: Informação e documentação — trabalhos acadêmicos — apresentação. Rio de Janeiro, 2005. 9 p. Citado na página [39](#).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 14724*: Informação e documentação — trabalhos acadêmicos — apresentação. Rio de Janeiro, 2011. 15 p. Substitui a Ref. [ABNT \(2005\)](#). Citado na página [3](#).



## Apêndices



## APÊNDICE A – Quisque libero justo



APÊNDICE B – Nullam elementum urna vel  
imperdiet sodales elit ipsum pharetra ligula ac  
pretium ante justo a nulla curabitur tristique  
arcu eu metus





## Anexos



ANEXO A – Morbi ultrices rutrum lorem.



ANEXO B – Cras non urna sed feugiat cum  
sociis natoque penatibus et magnis dis  
parturient montes nascetur ridiculus mus



## ANEXO C – Fusce facilisis lacinia dui