

Caos determinístico e mapa logístico
num circuito RLD

FAP0214 Física Experimental IV

Manfredo Harri Tabacniks
IFUSP

Leituras sugeridas

Textos gerais sobre caos

<http://www.dfn.if.usp.br/~suaide/>

www.ifi.unicamp.br/~aguiar/Cursos/EscolaAvancadaCaos.ppt

<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol6/Num1/complexidade.pdf>

sunsite.dcc.uchile.cl/nuevo/ciencia/CienciaAIDia/volumen3/numero2/articulos/v3n2a4v1.PDF

Diagramas e Fractais

<http://spanky.triumf.ca/www/fractint/getting.html>

<http://www.thorsen.priv.no/services/mandelbrot/>

Plot de Feigenbaum e mapa logístico

<http://www.ies.co.jp/math/java/misc/chaosb/chaosb.html>

<http://www.pa.msu.edu/~bauer/applets/Chaos-Feigenbaum/feig.html>

Modelo do diodo e equação diferencial

<http://library.wolfram.com/webMathematica/Engineering/Circuit.jsp>

<http://webusers.physics.umn.edu/~rlua/programs/Mech/three/JDiode.html>

<http://webusers.physics.umn.edu/~rlua/chaos>

Mapa logístico

Motivação:

Seja X_n a população de uma determinada espécie na geração n .

A cada geração uma parte da população morre e filhotes nascem. O número de indivíduos na geração seguinte deve ser aproximadamente proporcional ao número de indivíduos na geração anterior:

$X_{n+1} = \mu X_n$ onde o parâmetro $\mu > 1$ representa a taxa de crescimento

Se a população fica muito grande pode faltar comida. Então a taxa de crescimento não pode ser constante. Substituímos μ por

$$\mu(1 - X_n/X_c)$$

onde X_c é o maior número de indivíduos que pode sobreviver com os recursos existentes.

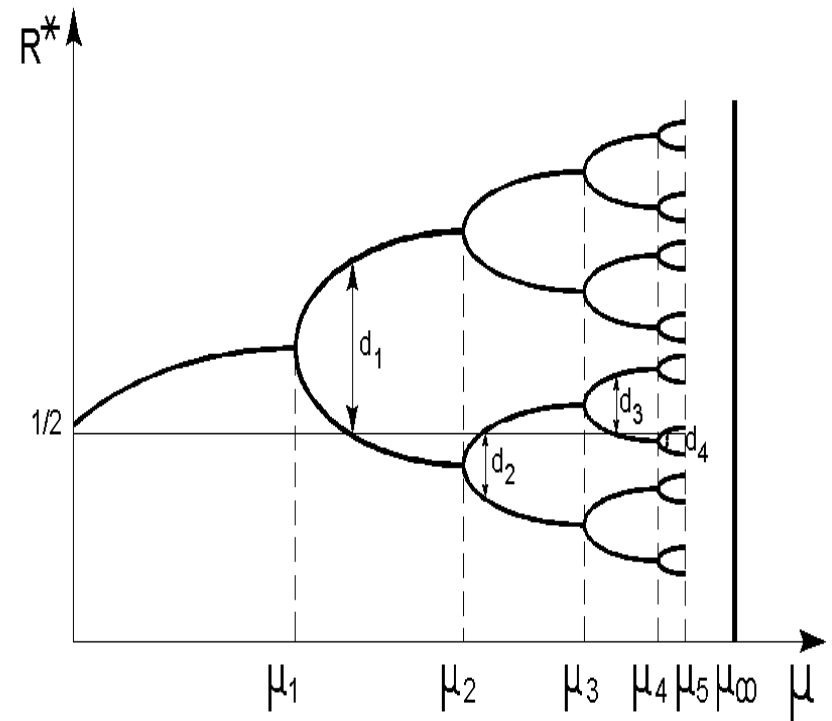
$$\frac{X_{n+1}}{X_c} = \mu \frac{X_n}{X_c} \left(1 - \frac{X_n}{X_c}\right) \qquad x_{n+1} = \mu x_n (1 - x_n)$$

Número de Feigenbaum

- Bifurcações de período
 - Rota mais comum para o caos (**cenário de Feigenbaum**)
 - Duplicação dos atratores

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{(\mu_n - \mu_{n-1})}{(\mu_{n+1} - \mu_n)} = \delta$$

$$\delta = 4,6692016091029909....$$



Calculando o mapa logístico

- Dois métodos de cálculo

$$x_{n+1} = rx_n (1 - x_n)$$

- Excel

- Fazer uma planilha e observar como as gerações evoluem com os parâmetros iniciais

- Veja planilhas exemplo:

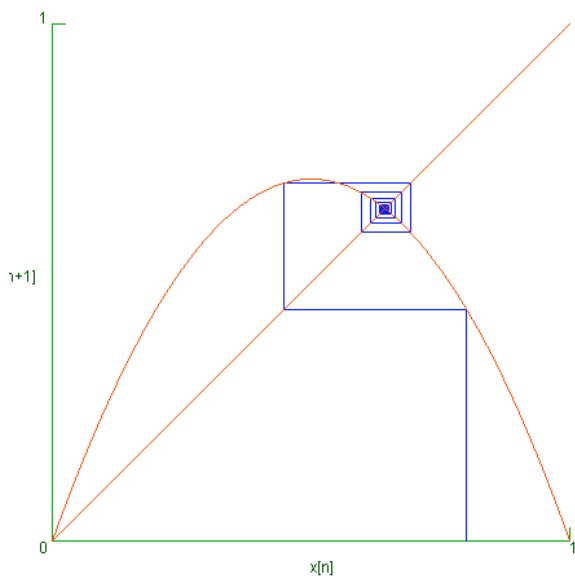
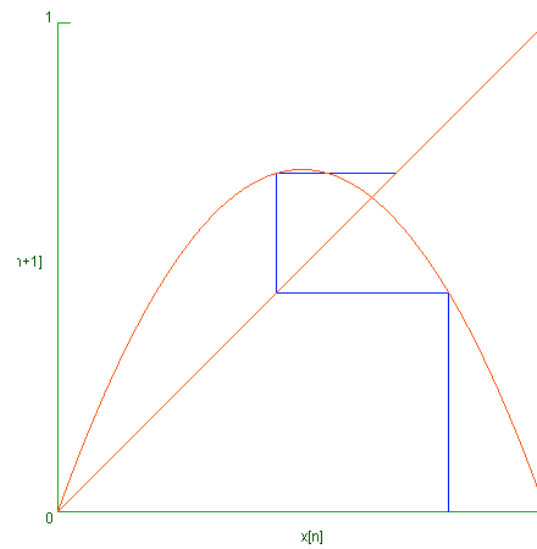
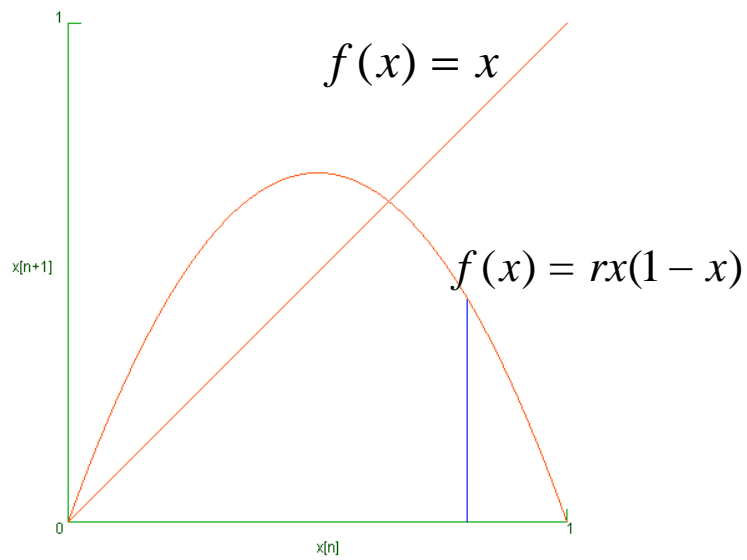
- <http://www.if.usp.br/manfredo/aulas/2008/caos1.xls>
 - <http://www.if.usp.br/manfredo/aulas/2008/caos2.xls>
 - <http://www.if.usp.br/manfredo/aulas/2008/caos3.xls>

- Método gráfico

- Diagrama de teia

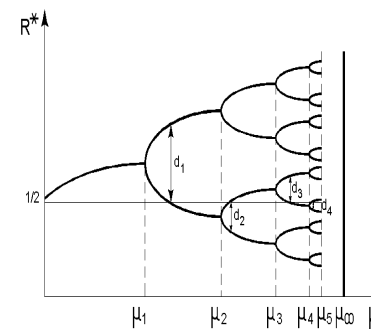
- Efeito visual mais direto mas depende de um pouco de habilidade gráfica 😊
 - Só por curiosidade...

Calculando o mapa logístico: Diagrama de teia



- População atinge estabilidade
- População morre com o tempo
- População em estado caótico

Recolher os valores 'finais' de $x_{\infty}(r)$ e graficá-los contra r



Mapa logístico

Veja: www.ifi.unicamp.br/~aguiar/Cursos/EscolaAvancadaCaos.ppt

Página 13-16

Veja: <http://www.ies.co.jp/math/java/misc/chaosb/chaosb.html>

Depois de testar um pouco a página, recarregue-a, clique 3 vezes em “new message” e depois em “auto”. Note como é construído o diagrama de feigenbaum variando “a” e registrando os correspondentes valores de y (gráfico azul).

Um applet diferente que também constrói um mapa logístico.

<http://www.pa.msu.edu/~bauer/applets/Chaos-Feigenbaum/feig.html>

Veja as planilhas exemplo

<http://www.if.usp.br/manfredo/aulas/2008/caos1.xls>

<http://www.if.usp.br/manfredo/aulas/2008/caos2.xls>

<http://www.if.usp.br/manfredo/aulas/2008/caos3.xls>

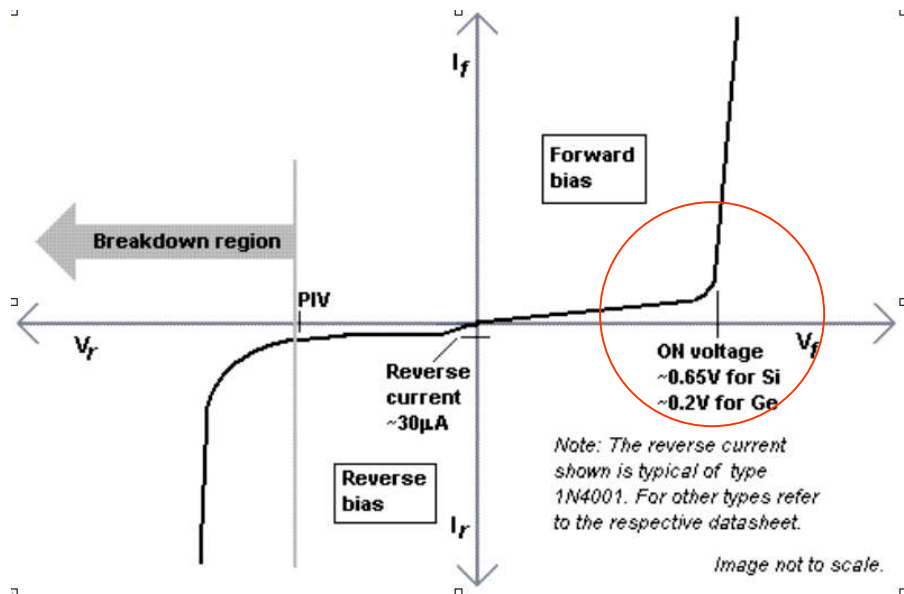
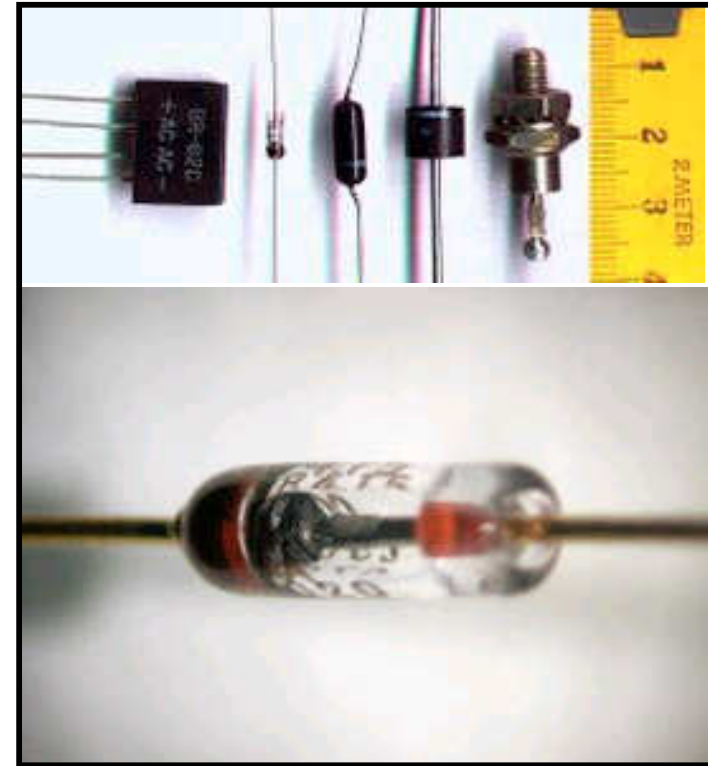
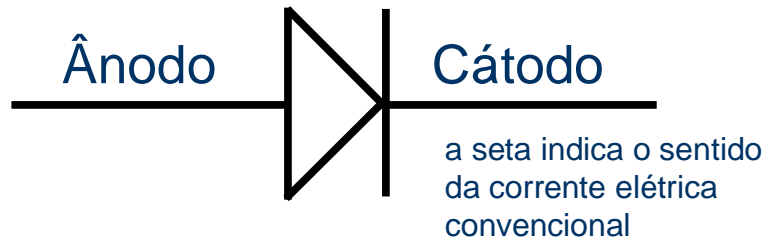
Objetivos

- Estudar o comportamento de um circuito RLD
 - Determinar a capacitância do Diodo $V_0 < 0,5V$
 - Determinar seu mapa logístico $V_0 > 3V$
 - Estimar o número de Feigenbaum

Metodologia

- Estudar um circuito RLC série ($L \sim 1\text{mHy}$ (azul), $C \sim 1\mu\text{F}$, $R \sim 1\Omega$)
 - Medir V_R e V_C com osciloscópio em modo XY em torno da frequência de ressonância.
 - Graficar V_C em função de $\omega = 2\pi f$. Ajustar um modelo teórico. Veja planilha exemplo em <http://www.if.usp.br/manfredo/aulas/2008/ajusterlc.xls>
- Substituir o capacitor pelo diodo. Mantendo a tensão do gerador $V_0 < 0,5V$ repetir o procedimento acima e determinar a capacitância do Diodo.
- Fazendo $V_0 > 3V$, observar $V_D \times V_R$ em modo XY e Yt no osciloscópio.
 - Mantendo V_0 fixo, determine as frequências em que ocorre duplicação de caminhos; Verifique se essas frequências de transição evoluem conforme previsto pelo número de Feigenbaum;
 - Agora, com mais cuidado, meça e grafique $V_{D\text{max}}$ em função de ω , nos intervalos de ω em que isso for possível.

O DIODO

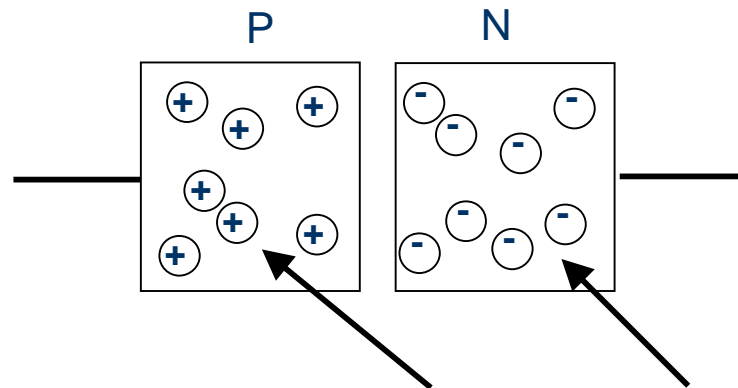


↔
diodo ~ capacitor

Bibliografia

<http://en.wikipedia.org/wiki/Diode#History>

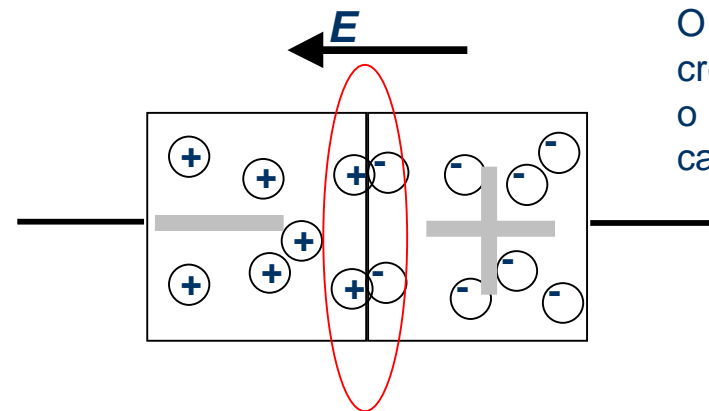
O DIODO SEMICONDUTOR de Si



Tome-se um semiconductor (Si) intrínseco (neutro)
Difundem-se impurezas...
...pentavalentes (As, P) para formar um Si tipo N e
...trivalentes (B ou Al) para formar Si tipo P.

“vacâncias” e elétrons relativamente livres para se mover, mas no todo os materiais são neutros.

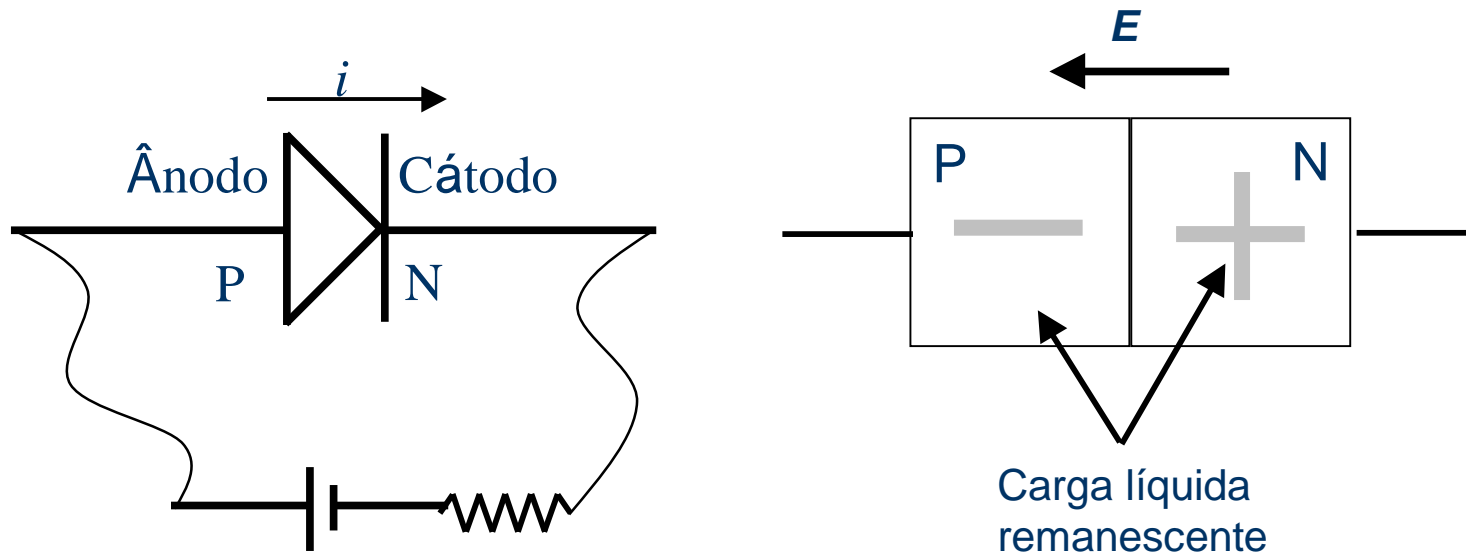
Ao conectar 2 semicondutores tipo P e tipo N alguns elétrons e vacâncias na interface se atraem e recombinaem criando uma região neutra (depletada = sem portadores de carga livres). O resultado é um saldo “+” do lado N e um saldo “-” do lado P. O saldo de cargas cria um campo elétrico no material.



O campo elétrico, cresce até impedir o movimento de cargas.

Recombinação. Não há portadores de carga livres. Região isolante depletada de cargas móveis

O DIODO SEMICONDUTOR de Si



Polarização direta: Um potencial positivo no terminal P, reduz (e eventualmente reverte) o campo elétrico. O diodo conduz.

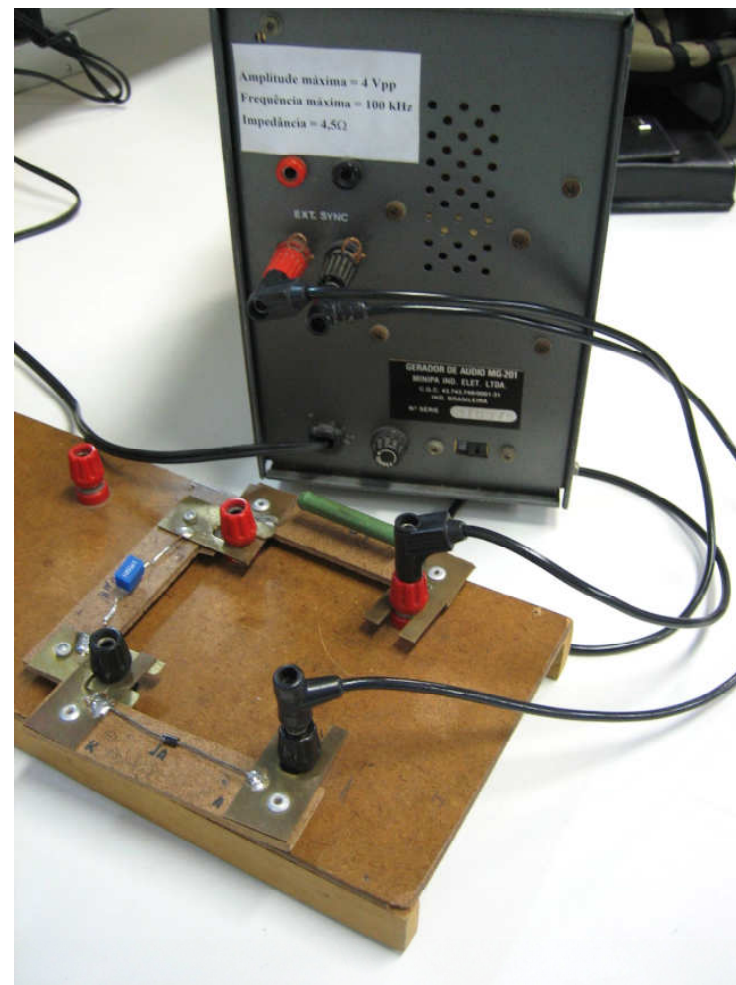
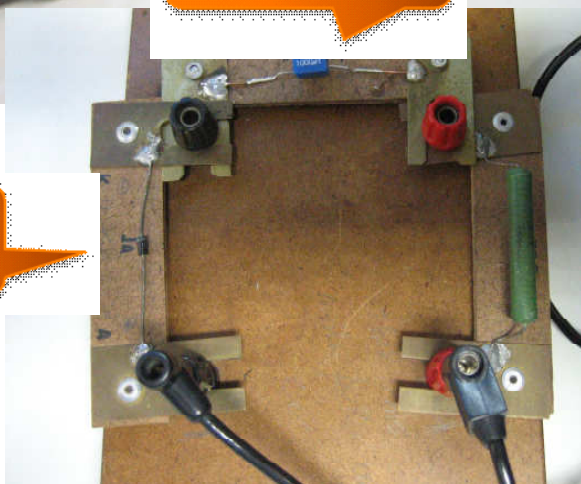
Polarização reversa: Um potencial negativo no terminal P, aumenta o campo elétrico e impede o movimento de cargas até eventual ruptura do dielétrico.

ATIVIDADES DA SEMANA (RLD)



INDUTOR

DIODO



MUDANDO DE X-T PARA X-Y

- ✂ Clicar o botão DISPLAY do osciloscópio
- ✂ Selecionar FORMATO no menu de tela

