

# Circuitos Lógicos

Aula 16

[cruz@gta.ufrj.br](mailto:cruz@gta.ufrj.br) <http://gta.ufrj.br/~cruz>

# Na última aula

- Continuação de máquinas de estado
  - Projeto
    - Conceção
    - Simplificação
  - Implementação
- Lógica Programável
  - PLA
  - LUT
  - FPGA



# Na última aula

- Prova: dia 16 de novembro
- Lista 5: 14 de novembro
- Lista 6: 14 de novembro
- Lista 7: 21 de novembro
- Lista 8: 23 de novembro



# Hoje

- Paridade
- Temporização



# Hoje

- Paridade
- Temporização

## Atenção

Hoje teremos uma pequena carga  
de Física III e Cálculo II.

Pedimos desculpas pelo incômodo.

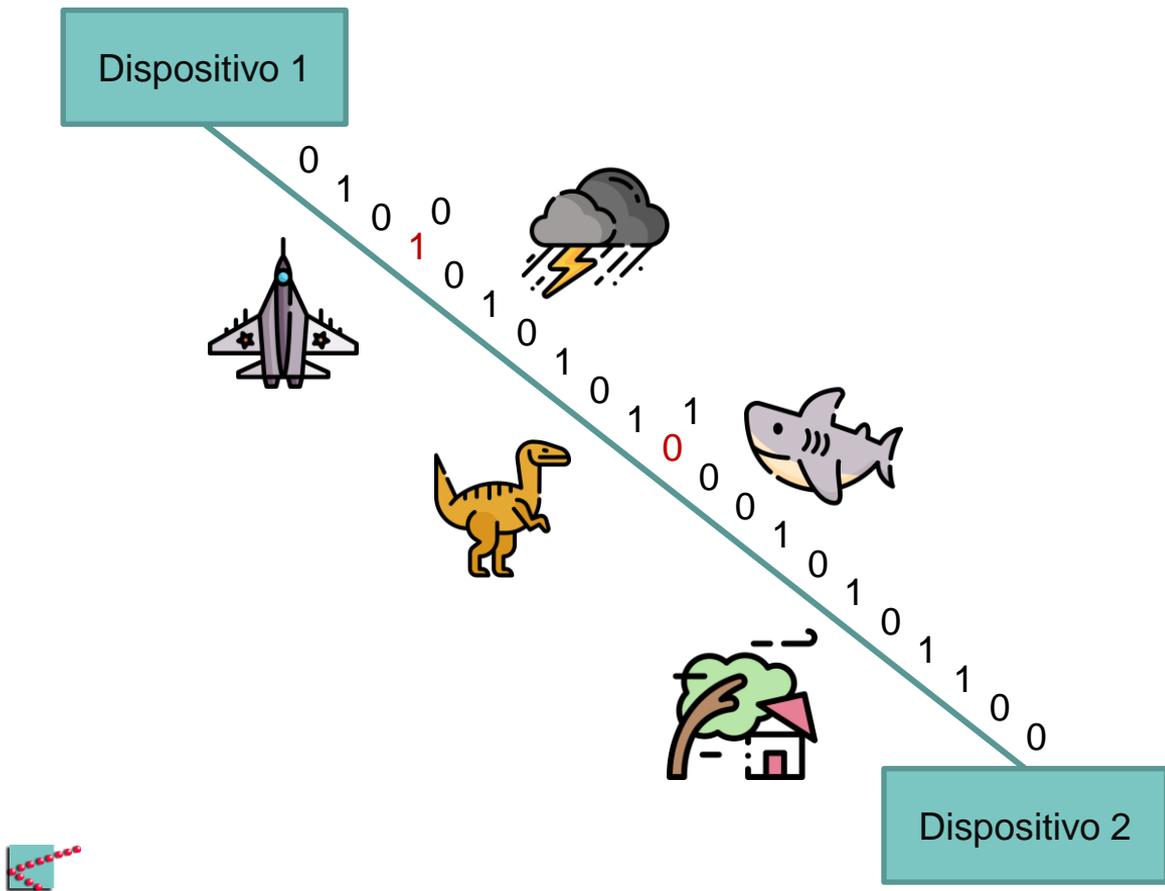


# Erros



# Cenário

- Bits são enviados entre dispositivos digitais
- Problemas podem acontecer
  - Pulso eletromagnético
  - Mau contato
  - ...
- Bits podem ser invertidos
  - O que era 1 vira 0
  - O que era 0 vira 1





# Exemplos de redundância

- Enviar a mesma informação duas vezes independente de erros
  - Pouco eficiente
  - Dobro do custo
- Codificar a informação com mais bits do que o necessário
  - Símbolos inexistentes indicam erro

A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>0</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>0</sub>
0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	1
0	1	0	1	0	1	0
0	1	1	0	0	1	1
1	0	0	0	1	0	0
1	0	1	1	1	0	1
1	1	0	1	1	1	0
1	1	1	0	1	1	1

Codificando 3 bits em 4 bits de forma a detectar vários tipos de erros



# Paridade de um conjunto de bits

- A paridade do número de 1's da mensagem original
- Paridade ímpar
  - 0 quando o nº de 1's é par
  - 1 quando o nº de 1's é ímpar
- Paridade par
  - 1 quando o nº de 1's é par
  - 0 quando o nº de 1's é ímpar

P	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>0</sub>
0	0	0	0
1	0	0	1
1	0	1	0
0	0	1	1
1	1	0	0
0	1	0	1
0	1	1	0
1	1	1	1

Paridade de cada um dos símbolos

Quase sempre usamos  
paridade ímpar



# Redundância por bit de paridade

- Na transmissão
  - Calculamos a paridade
  - Adicionamos o bit de paridade à mensagem
- Na recepção
  - Calculamos a paridade da mensagem recebida
  - Verificamos se é a mesma indicada pelo bit de paridade

P	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>0</sub>
0	0	0	0
1	0	0	1
1	0	1	0
0	0	1	1
1	1	0	0
0	1	0	1
0	1	1	0
1	1	1	1

Adicionando um bit de paridade



# Redundância por bit de paridade

- A inversão de um único bit pode ser detectada!
  - Com um único bit adicionado
- E se houver 2 inversões?
  - E 3?
  - E n?

P	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>0</sub>
0	0	0	0
1	0	0	1
1	0	1	0
0	0	1	1
1	1	0	0
0	1	0	1
0	1	1	0
1	1	1	1

Adicionando um bit de paridade

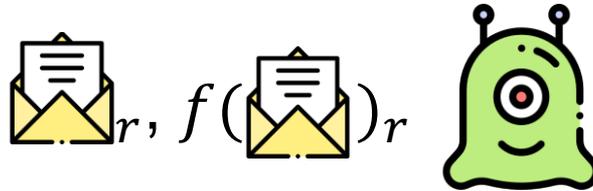


# Modelo geral para detecção de erros

- Transmissor transmite mensagem  $m$  junto com algum  $f(m)$



- Receptor recebe  $m_r$  e  $f(m)_r$ 
  - Calcula  $f(m_r)$
  - Compara  $f(m_r)$  com  $f(m)_r$ 
    - Se iguais, não detecta erro
    - Se diferentes, detecta erro



$$f(\text{envelope}_r) = f(\text{envelope})_r$$



# Adendo importante

- Detecção de erros
  - Muitas maneiras além da mostrada
    - Repetição
    - Codificação
    - Funções (Paridade, *Checksum*, CRC)



# Adendo importante – 2

- Detecção de erros
  - Mensagem é transmitida
    - Há erro na transmissão
  - Receptor é capaz de saber que houve erro
    - Receptor não é capaz de recuperar a mensagem original
  
- Correção de erros
  - Mensagem é transmitida
    - Há erro na transmissão
  - Receptor é capaz de saber *qual* erro aconteceu
    - Receptor é capaz de recuperar a mensagem original



# Circuito de detecção de paridade



# Tabela verdade

- N° de 1s é par
  - $P = 0$
  
- N° de 1s é ímpar
  - $P = 1$

$A_2$	$A_1$	$A_0$	P
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1



# Mapa de Karnaugh

- Vizinhos são sempre diferentes!
- Meio óbvio
  - Queremos detectar inversão única de bits

	$\overline{A_0}$	$A_0$		$\overline{A_0}$
$\overline{A_2}$	0 0	1 1	3 0	2 1
$A_2$	4 1	5 0	7 1	6 0
	$\overline{A_1}$		$A_1$	

$A_2$	$A_1$	$A_0$	P
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1



# Equações

$$P = A_0 \cdot \overline{A_1} \cdot \overline{A_2} + \overline{A_0} \cdot A_1 \cdot \overline{A_2} + \overline{A_0} \cdot \overline{A_1} \cdot A_2 + A_0 \cdot A_1 \cdot A_2$$

- XOR vai resolver nosso problema

$$P = (A_0 \oplus A_1) \oplus A_2$$

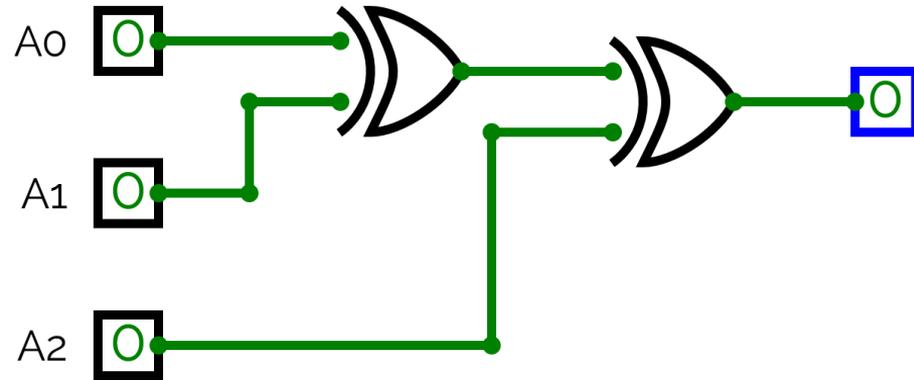
- Ordem dos parênteses não importam

	$\overline{A_0}$	$A_0$		$\overline{A_0}$
$\overline{A_2}$	0 0	1 1	3 0	2 1
$A_2$	4 1	5 0	7 1	6 0
	$\overline{A_1}$		$A_1$	



# Circuito

- Extremamente simples

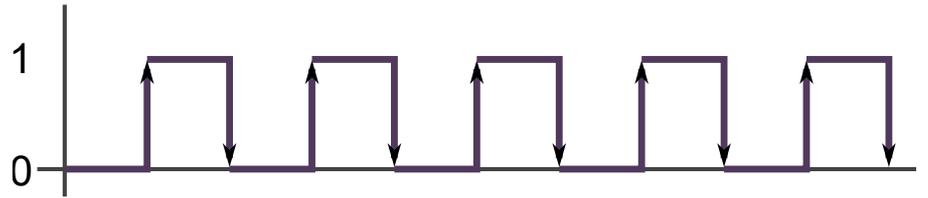


# Temporização



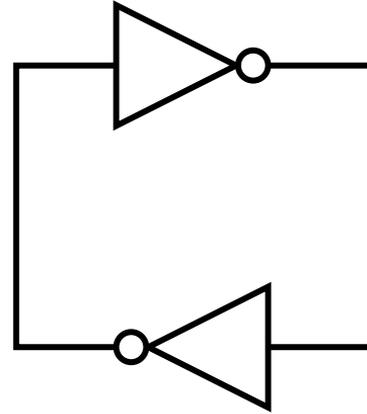
# Gerador de clock

- Oscilador
- Valores sucessivos de 0s e 1s
- Periodização
  - Período  $t$
  - Frequência  $f$
  - $f = 1/t$
- Duty cycle de 50%
  - Tempo em 1 = tempo em 0



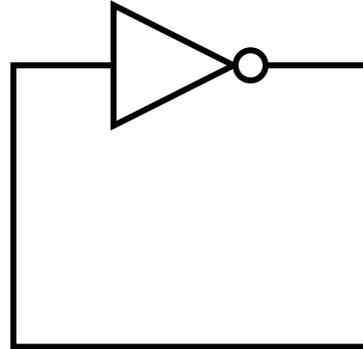
# Realimentação positiva

- Ciclo de portas
  - Reforçam o valor uma das outras
    - Pode ter uma ou mais portas



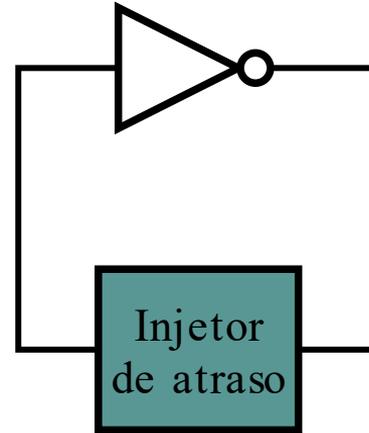
# Realimentação negativa

- Ciclo de portas
  - Invertem o valor uma das outras
    - Pode ter uma ou mais portas
  - Resultado depende das condições elétricas da porta
    - Estabilidade em 0,5  $V_{cc}$
    - Estabilidade em 0
    - Estabilidade em 1



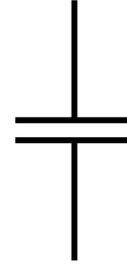
# Realimentação negativa com atraso

- Saída assume um valor
- Entrada recebe o valor com um atraso
- Saída assume valor inverso
- Entrada recebe novo valor com um atraso
- Saída assume valor inverso
- Entrada recebe o valor com um atraso
- .....



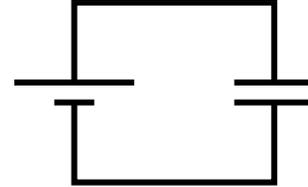
# O capacitor

- Duas placas condutoras separadas por um isolante
- Armazena energia na forma de campo elétrico
  - Carga
- Funciona como uma pilha recarregável muito simples
  - Descarrega rápido
  - Carrega rápido



# O capacitor

- Carrega quando ligado em uma fonte
  - Rápido
- Mantém a tensão quando a fonte vai embora
  - Por um curto período de tempo
- Descarrega “sozinho”
  - Na DRAM comercial, demora 1/16s

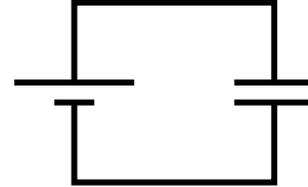


# Capacitância

- Propriedade do capacitor de acumular carga
  - Carga armazenada de acordo com a tensão

$$C = \frac{q}{V}$$

- Medida em Farads



# Resistência, tensão e corrente

- Tensão é a energia potencial elétrica entre dois pontos [Volts]
  - Tendência de elétrons irem de um ponto a outro
  - Energia por carga

$$V = \frac{\text{Energia}}{q}$$

- Corrente [Ampère]
  - Quantidade de carga que passa em um ponto, por tempo

$$i = \frac{q}{t}$$

- Resistência [Ohm]
  - Oposição à passagem de corrente por um corpo

$$V = Ri$$

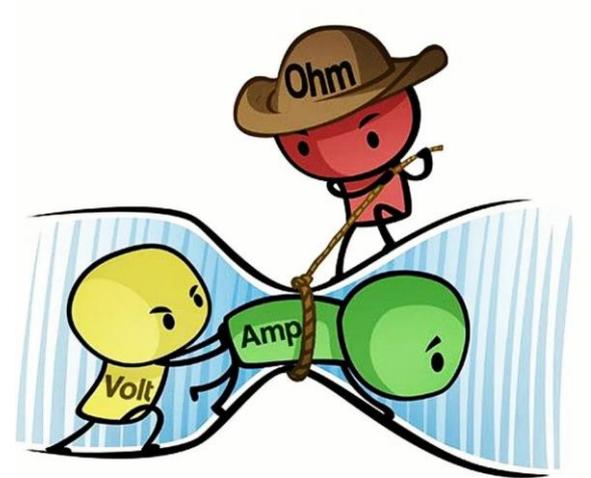
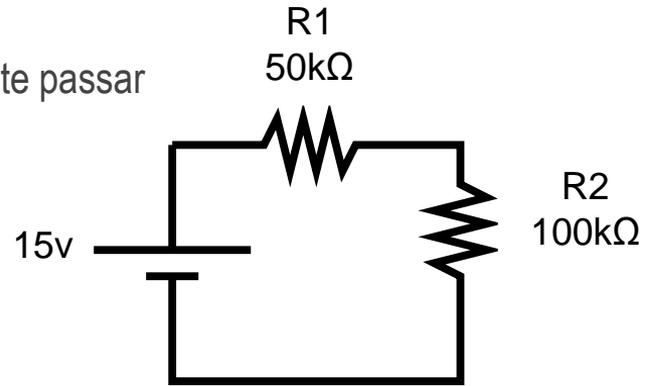


Imagem retirada de  
r/DamnUEngineering



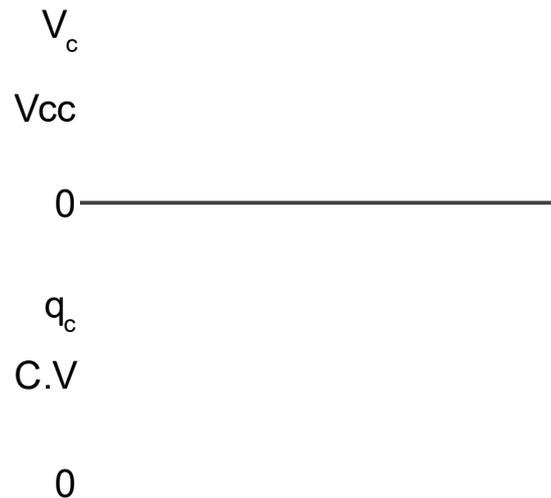
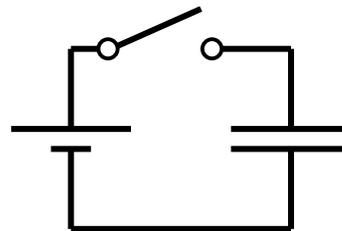
# Resistência, tensão e corrente

- Carga vai perdendo energia para completar um caminho
  - A cada resistência, perda de energia
- Tensão é maior entre dois pontos onde é “difícil” pra corrente passar
  - Gasto maior de energia
- Tensão é zero quando não há resistência
- Se não há corrente
  - Tensão é máxima sobre a parte aberta do circuito
  - Tensão é zero em todo o resto



# Capacitância

- Chave fecha
- Toda a tensão cai sobre o capacitor
  - Capacitor está “livre” e age como um condutor de resistência zero
- Capacitor armazena *imediatamente* toda a carga possível
  - Capacitor fica “cheio” e age como isolante

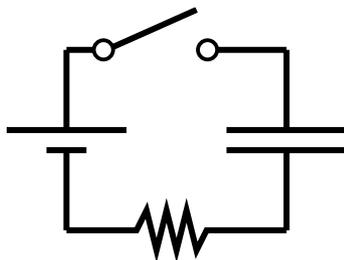


# Circuito RC série

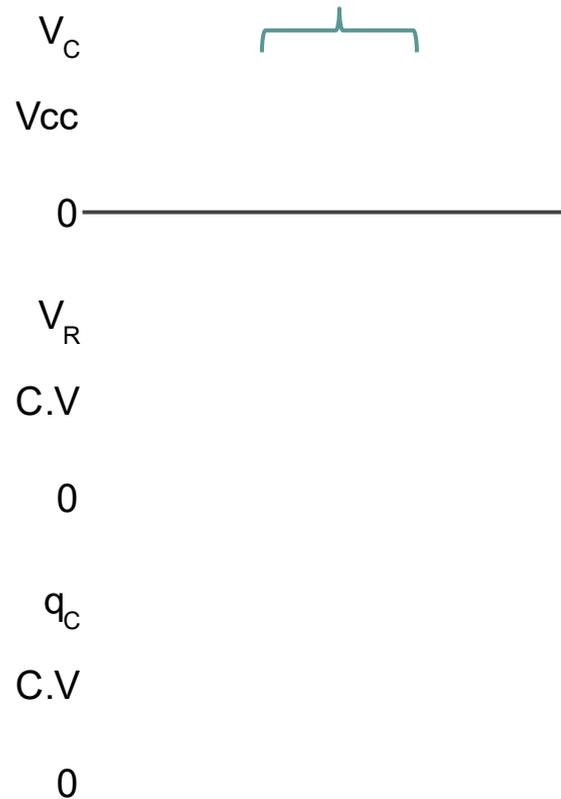
- Chave fecha
- Resistor limita a quantidade de carga que passa por ele

$$i = \frac{q}{t}$$

- Capacitor demora um tempo para carregar
  - Tempo proporcional à capacitância e à resistência

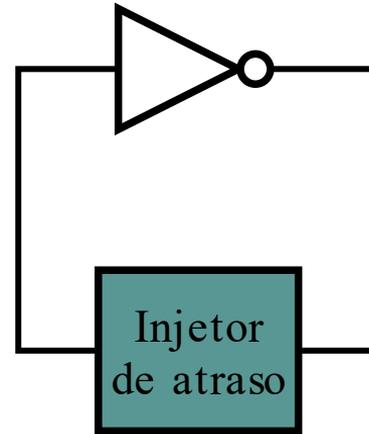


Tempo de carga pode ser usado como atraso!



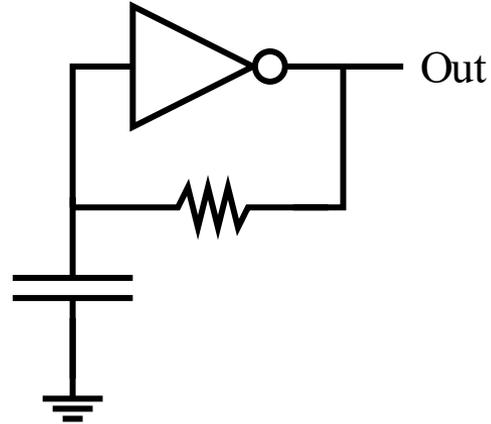
# Realimentação negativa com atraso

- Usar circuito RC para atrasar a realimentação



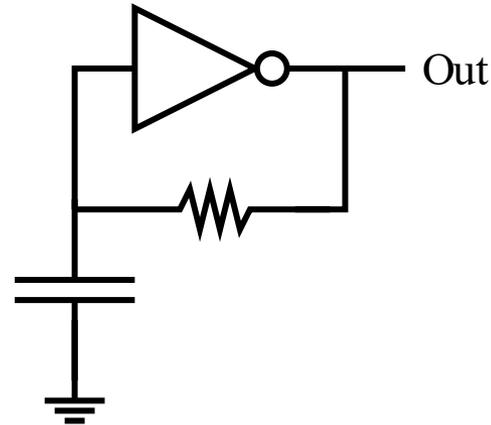
# Realimentação negativa com atraso

- Usar circuito RC para atrasar a realimentação
- Tensão da saída vai ser “atrasada” antes de chegar na entrada



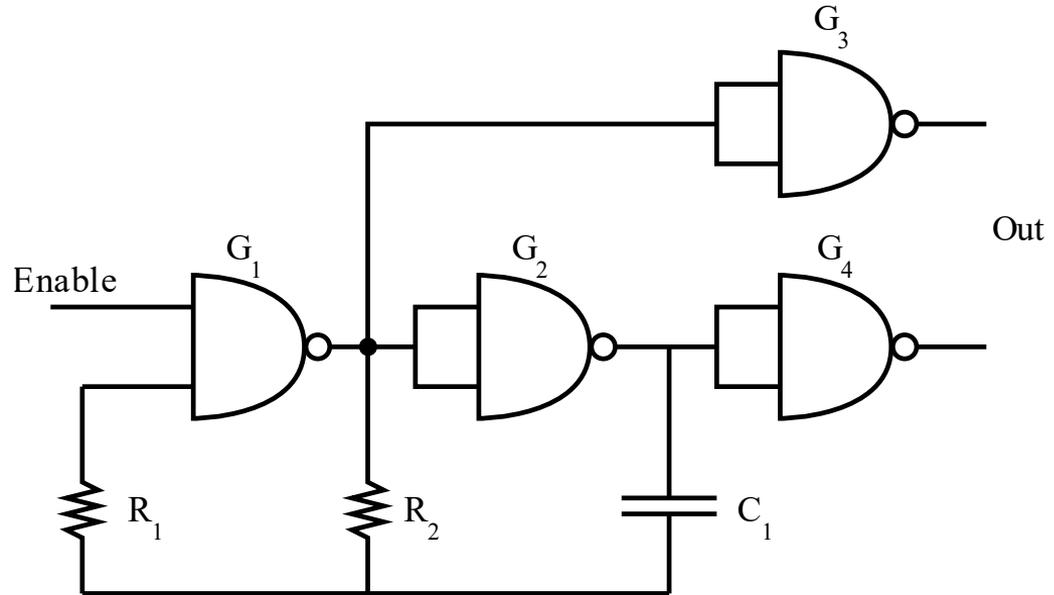
# Realimentação negativa com atraso

- Usar circuito RC para atrasar a realimentação
- Tensão da saída vai ser “atrasada” antes de chegar na entrada
- Essa configuração não funciona tão bem



# Realimentação negativa com atraso

- $G_3$  e  $G_4$  apenas server de buffer
- $G_1$  e  $G_2$  sempre em estados inversos
- $C_1$  carrega com a corrente das saídas de  $G_1$  e  $G_2$
- $R_2$  limita a corrente de carga
- $Período = 2,2 R_2 C_1$



# Disclaimer

- Nos clocks são utilizados osciladores de cristal
- Muito mais precisos
- Muito mais estáveis ao ambiente
  - Temperatura
  - Pressão
  - Variações de tensão



# Laboratório

- **Montar** um circuito para fazer um oscilador
  - Aprender o que é um osciloscópio



# Circuito RC série

- “Mas professor, o que acontece entre o início e o fim da carga do capacitor??”



$$V_C(t) = V \left( 1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$$

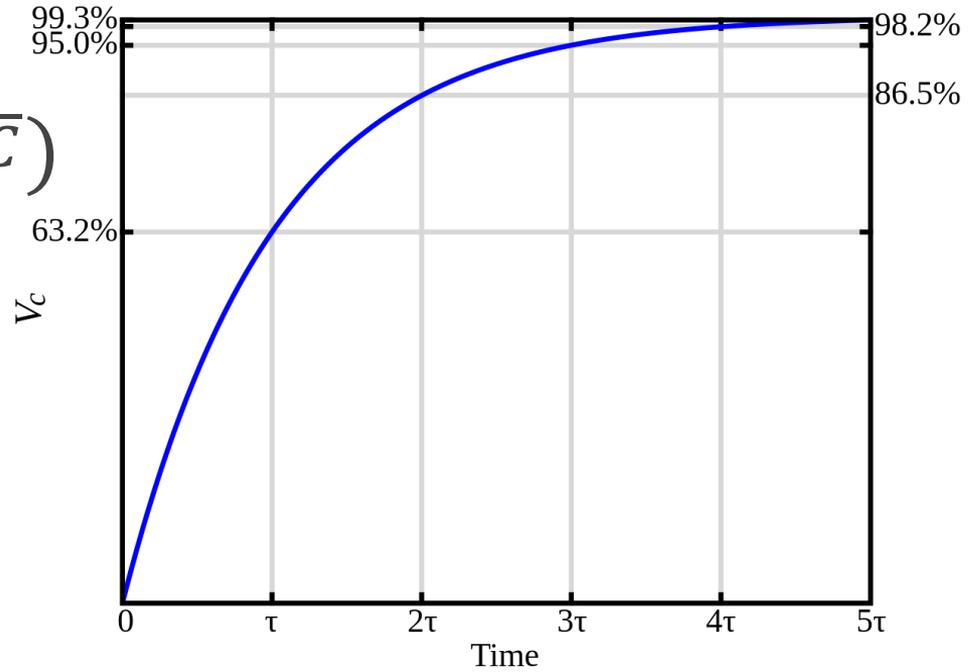


Imagem retirada da wikipedia



$$V_R(t) = V e^{-\frac{t}{RC}}$$

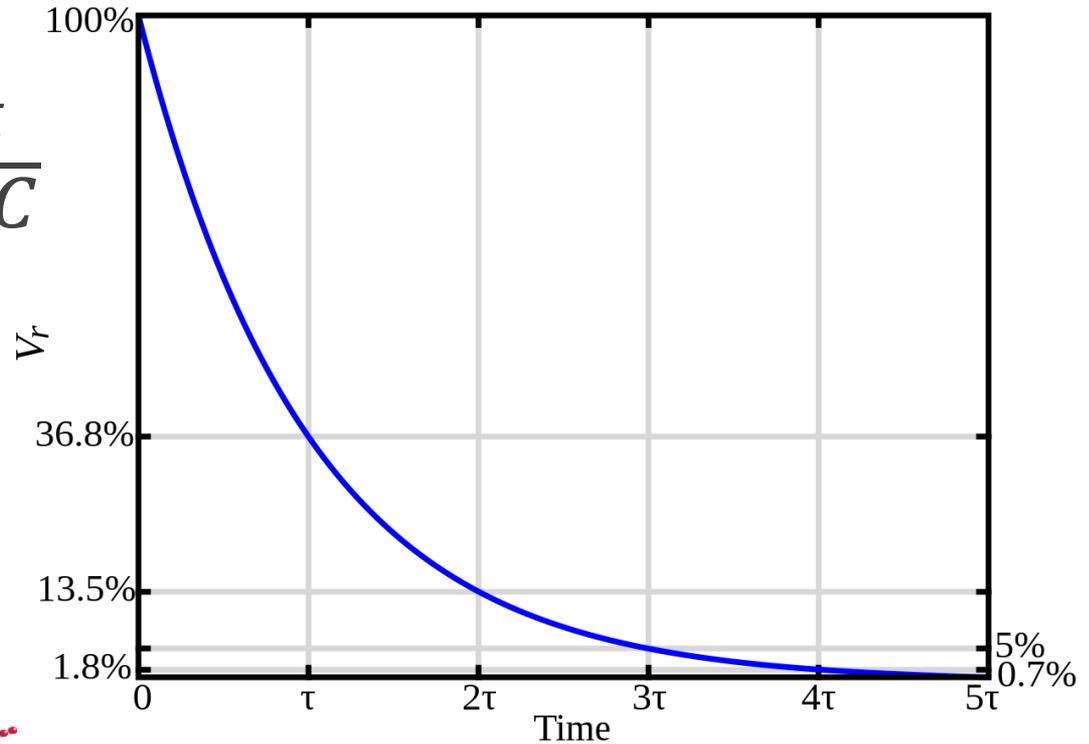


Imagem retirada da wikipedia

# Conclusão

- Comunicação pode ter erros
  - Detectar erros
  - Corrigir erros
- É importante saber contar o tempo
  - Geradores de clock



# Próxima aula

- Comparação
- Comunicação com estados



# Créditos

Os ícones desta apresentação foram feitos por Freepic e retirados de [www.flaticon.com](http://www.flaticon.com)





**GTA / UFRJ**

GRUPO DE TELEINFORMÁTICA E AUTOMAÇÃO

[www.gta.ufrj.br](http://www.gta.ufrj.br)