

# Circuitos Lógicos

Aula 1

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

# Nesta apresentação

- Avisos
- Desenvolvimento de sistemas
- Apresentação da álgebra booleana
- Operações da álgebra booleana



# Avisos



# Página da disciplina

- Visitem a página da disciplina
  - Pelo menos 1 vez por semana
- Listas, material, links para outras páginas, circuitos e simulações

<https://www.gta.ufrj.br/~cruz/courses/eel280/>



# Desenvolvimento de sistemas e conceitos importantes

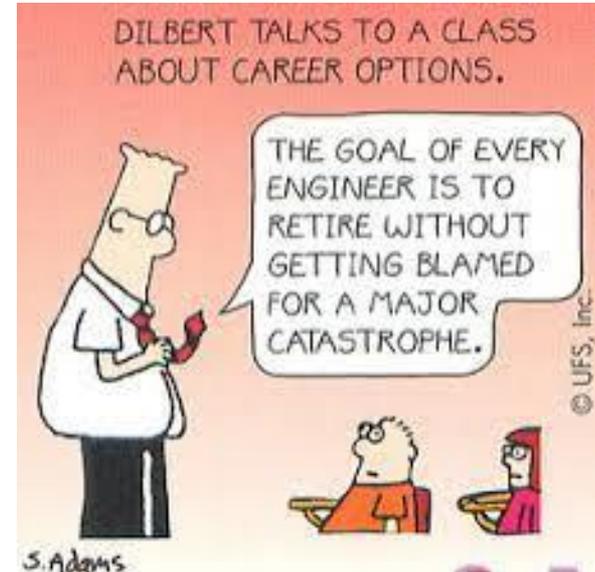


# O que é engenharia?

## Objetivo: resolver problemas

Projetar e produzir artefatos

- Matemática
- Física



# Aplicação

Uma forma de aplicar uma dada tecnologia.

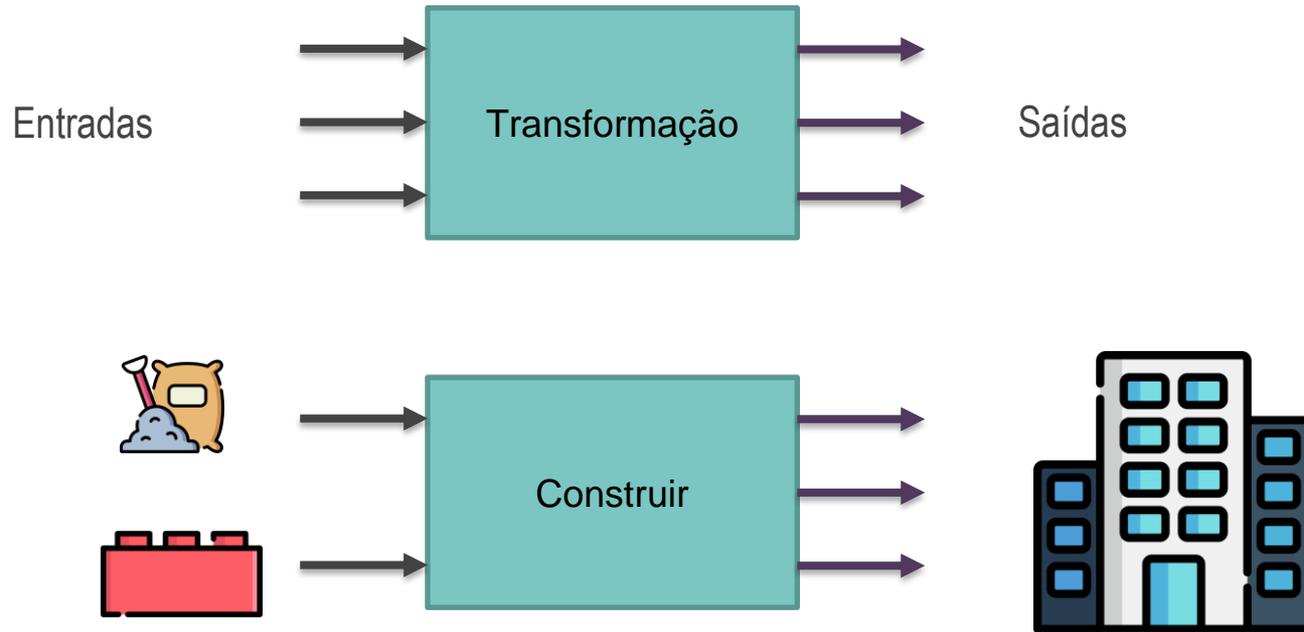
- Sensoriamento
- Tomada de decisão
- Controle automático

Cuidado com “aplicativo”



# Desenvolvimento de sistemas

O que é um sistema?



# Sistemas digitais

- Entradas digitais
  - Dois estados (V/F, 0/1, sim/não....)
- Saídas digitais
  - Dois estados (V/F, 0/1, sim/não....)
- Modelos digitais
  - Elementos do mundo real são representados com 0s e 1s
  - Comportamento é estimado com operações de lógica



# Circuitos lógicos

- Valores 0's e 1's são representados por tensões e correntes elétricas
- Operações lógicas são implementadas por chaveamento da corrente e transferência de tensão
  - Semicondutores fazem o chaveamento

Veremos mais sobre isso nas próximas aulas



# Desenvolvimento de sistemas

Definir entradas, saídas e processo de transformação



# Procedimento para desenvolver um sistema



Projeto



Implementação



Teste

Atenção: as fases podem se sobrepor



# Fase de projeto

## Obter um modelo

- Como o problema se comporta?
- Como podemos interferir?



# Fase de projeto

## Obter um modelo

- Como o problema se comporta?
- Como podemos interferir?

**Um modelo é uma forma de descrever  
o comportamento de um fenômeno.**



# Fase de projeto

## Obter um modelo

- Como o problema se comporta?
- Como podemos interferir?

**Um modelo é uma forma de descrever  
o comportamento de um fenômeno.**

**Um modelo matemático descreve  
o fenômeno em termos matemáticos**



# Matemática

## Ferramenta de abstração de problemas

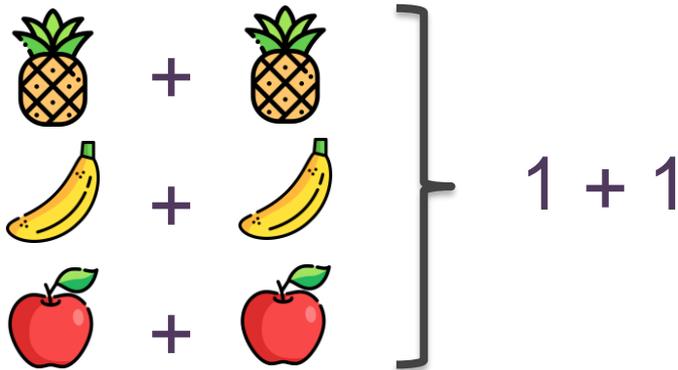
- Mas o que é abstração?



# Abstração

## Retirar complexidade de um problema

- Elementos do mundo real possuem infinitos aspectos
  - Cor, cheiro, textura, história.....
- Abstração representa um objeto por apenas alguns aspectos
  - Quantidade, volume, massa....
- Comportamento similar quando olhamos apenas alguns aspectos de elementos



# Matemática

## Ferramenta de abstração de problemas

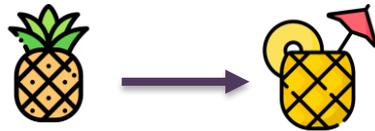
- Representar
  - Representação diferente
  - Interpretação diferente
- Operar
  - Simplificar a representação
  - Descobrir a solução para o problema (se existir)



# Modelar

## Transformar problema real em um modelo

- Observar um fenômeno
- Reunir os fatores importantes para aquele fenômeno
  - Variáveis de entrada
- Estabelecer o comportamento do fenômeno de acordo com as entradas
  - Matemática oferece estruturas que já têm comportamento conhecido
    - Modelar é representar um problema real com essas estruturas



1 abacaxi = 1l de suco  
de abacaxi



# Nível de abstração

## Alto nível vs Baixo nível

**Alto nível:** próximo do mundo das ideias

- Linguagem de programação
- Equação

**Baixo nível:** próximo da realidade concreta

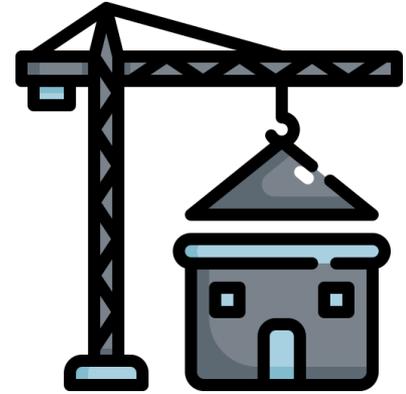
Circuito

Sinal elétrico



# Implementação

- Construir o artefato de acordo com o projeto
  - No nosso caso, construir um circuito lógico



# Implementação

- Construir o artefato de acordo com o projeto
  - No nosso caso, construir um circuito lógico

“O papel aceita tudo”

Se o projeto estiver ruim, a  
implementação provavelmente  
vai ficar péssima



# O caso dos circuitos lógicos

- Observamos um problema do mundo real
- Modelamos o problema como um problema de lógica binária
  - Álgebra booleana
- Projetamos um circuito que resolva o problema
- Implementamos o circuito



# Álgebra Booleana



# Motivação

- Problemas de entradas e saídas com 2 valores complementares possíveis
  - Verdadeiro/falso
  - 1/0
  - Sim/não
  - Existe/não existe
  - É/não é
  - ....



# Definição – o bit

- Menor unidade de informação possível
  - Verdadeiro/falso
  - 1/0
  - Sim/não
  - Existe/não existe
  - É/não é
  - ....

Abreviação para **B**inary **D**igit



# Representação – o bit

- Pode ser representado de várias formas
  - Graficamente (1/0, sim/não, V/F...)
  - Oticamente (luz acesa/luz apagada, azul/vermelho....)
  - Acusticamente (intensidade ou frequência de um som)
  - Eletricamente (intensidade ou frequência de uma corrente ou tensão)
  - Eletromagneticamente (intensidade ou frequência de um campo eletromagnético)
- No nosso caso
  - 5v = V, 1, sim...
  - 0v = F, 0, não...



# Exemplo

Um prédio possui um sistema de combate a incêndios contendo um sensor de fumaça (F), um sensor de calor (C) e um de pane elétrica (E). Além disso, possui um sistema de jatos de água (J) e um sistema de alarme (A).

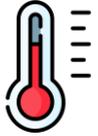
- Em caso de fumaça e calor, os jatos de água devem ser acionados;
- Em caso de calor, o alarme deve ser acionado;
- Em caso de fumaça, o alarme deve ser acionado;
- Em caso de pane elétrica, os jatos de água não podem ser acionados.

Quais são as entradas do problema?  
Quais são as saídas?  
Quais os estados de cada uma delas?  
É possível utilizar álgebra booleana?

F



C



E



J



A



# Exemplo

Um prédio possui um sistema de combate a incêndios contendo um sensor de fumaça (F), um sensor de calor (C) e um de pane elétrica (E). Além disso, possui um sistema de jatos de água (J) e um sistema de alarme (A).

- Em caso de fumaça e calor, os jatos de água devem ser acionados;
- Em caso de calor, o alarme deve ser acionado;
- Em caso de fumaça, o alarme deve ser acionado;
- Em caso de pane elétrica, os jatos de água não podem ser acionados.

 F	 C	 E	 J	 A
F	F	F		
F	F	V		
F	V	F		
F	V	V		
V	F	F		
V	F	V		
V	V	F		
V	V	V		



# Exemplo

Um prédio possui um sistema de combate a incêndios contendo um sensor de fumaça (F), um sensor de calor (C) e um de pane elétrica (E). Além disso, possui um sistema de jatos de água (J) e um sistema de alarme (A).

- Em caso de fumaça e calor, os jatos de água devem ser acionados;
- Em caso de calor, o alarme deve ser acionado;
- Em caso de fumaça, o alarme deve ser acionado;
- Em caso de pane elétrica, os jatos de água não podem ser acionados.

 F	 C	 E	 J	 A
F	F	F	F	F
F	F	V	F	F
F	V	F	F	V
F	V	V	F	V
V	F	F	F	V
V	F	V	F	V
V	V	F	V	V
V	V	V	F	V



# Exemplo – com 0's e 1's

Um prédio possui um sistema de combate a incêndios contendo um sensor de fumaça (F), um sensor de calor (C) e um de pane elétrica (E). Além disso, possui um sistema de jatos de água (J) e um sistema de alarme (A).

- Em caso de fumaça e calor, os jatos de água devem ser acionados;
- Em caso de calor, o alarme deve ser acionado;
- Em caso de fumaça, o alarme deve ser acionado;
- Em caso de pane elétrica, os jatos de água não podem ser acionados.

 F	 C	 E	 J	 A
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	1	0	0	1
0	1	1	0	1
1	0	0	0	1
1	0	1	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1



# Operadores

Operadores sobre variáveis A e B (ou mais variáveis).

- NOT (negação, não,  $\bar{A}$ ,  $\neg$ ,  $\sim$ )
- AND (conjunção, e,  $A \cdot B$ ,  $\wedge$ , &)
- OR (disjunção, ou,  $A + B$ ,  $\vee$ , ||)
- XOR(ou exclusivo,  $A \oplus B$ )



# Not

- Recebe uma variável
- Inverte a variável

$A$	$\bar{A}$
0	1
1	0



# AND

- Recebe duas ou mais variáveis.
- Retorna 1 se e somente se **todas** as entradas são 1.

<i>B</i>	<i>A</i>	<i>A · B</i>
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



# OR

- Recebe duas ou mais variáveis.
- Retorna 1 quando **pelo menos uma** das entradas é 1.

<i>B</i>	<i>A</i>	<i>A + B</i>
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



# XOR

- Recebe duas ou mais variáveis.
- Retorna 1 quando **exatamente uma** das entradas é 1.

$B$	$A$	$A \oplus B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0



# Voltando ao exemplo

Um prédio possui um sistema de combate a incêndios contendo um sensor de fumaça (F), um sensor de calor (C) e um de pane elétrica (E). Além disso, possui um sistema de jatos de água (J) e um sistema de alarme (A).

- Em caso de fumaça e calor, os jatos de água devem ser acionados;
- Em caso de calor, o alarme deve ser acionado;
- Em caso de fumaça, o alarme deve ser acionado;
- Em caso de pane elétrica, os jatos de água não podem ser acionados.

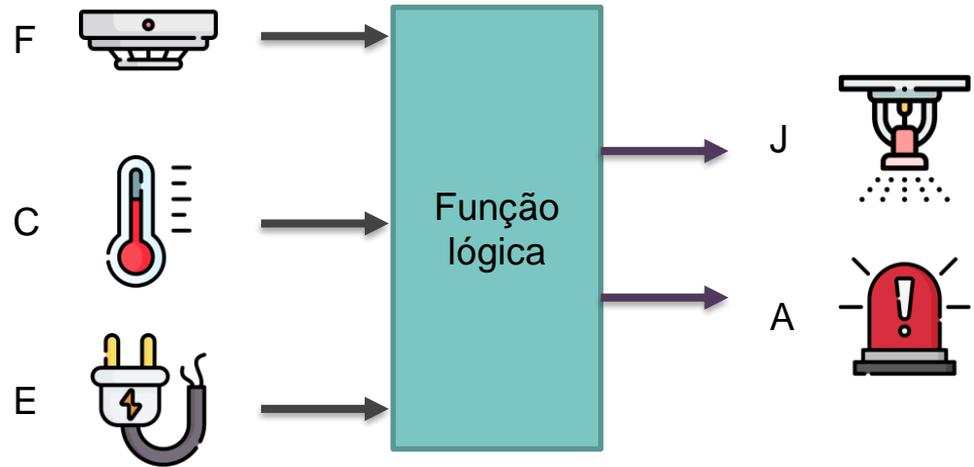


F	C	E	J	A
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	1	0	0	1
0	1	1	0	1
1	0	0	0	1
1	0	1	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1



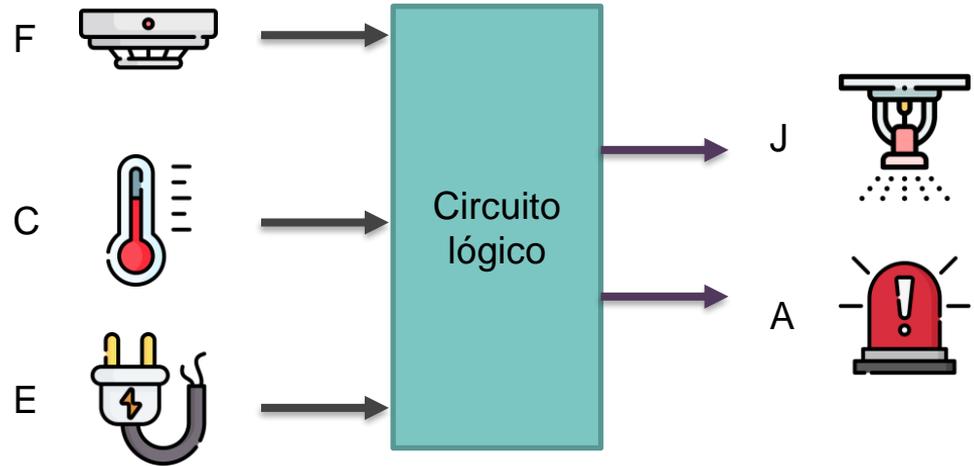
# Exemplo – um sistema digital

- Entradas podem ser 0's ou 1's
- Saídas podem ser 0's ou 1's
- Saídas são expressas por funções lógicas das entradas



# Exemplo – circuitos lógicos

- Entradas podem ser 0's ou 1's
- Saídas podem ser 0's ou 1's
- Saídas são expressas por funções lógicas das entradas
- Podemos usar correntes e tensões elétricas para representar 0's e 1's
- Podemos usar semicondutores para implementar funções lógicas



# Os jatos de água

Um prédio possui um sistema de combate a incêndios contendo um sensor de fumaça (F), um sensor de calor (C) e um de pane elétrica (E). Além disso, possui um sistema de jatos de água (J) e um sistema de alarme (A).

- Em caso de fumaça e calor, os jatos de água devem ser acionados;
- Em caso de calor, o alarme deve ser acionado;
- Em caso de fumaça, o alarme deve ser acionado;
- Em caso de pane elétrica, os jatos de água não podem ser acionados.



F	C	E	J	A
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	1	0	0	1
0	1	1	0	1
1	0	0	0	1
1	0	1	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1



# Os jatos de água

Um prédio possui um sistema de combate a incêndios contendo um sensor de fumaça (F), um sensor de calor (C) e um de pane elétrica (E). Além disso, possui um sistema de jatos de água (J) e um sistema de alarme (A).

- Em caso de fumaça e calor, os jatos de água devem ser acionados;
- Em caso de calor, o alarme deve ser acionado;
- Em caso de fumaça, o alarme deve ser acionado;
- Em caso de pane elétrica, os jatos de água não podem ser acionados.



F	C	E	J	A
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	1	0	0	1
0	1	1	0	1
1	0	0	0	1
1	0	1	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1



# Os jatos de água

- Mecanismo deve ser acionado quando:
  - $F = 1; C = 1; E = 0$  simultaneamente
- Usando uma operação AND, sabemos que
  - $F \cdot C \cdot E = 1$  quando  $F, C$  e  $E = 1$



F	C	E	J	A
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	1	0	0	1
0	1	1	0	1
1	0	0	0	1
1	0	1	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1



# Os jatos de água

- Mecanismo deve ser acionado quando:
  - $F = 1; C = 1; E = 0$  simultaneamente
- Usando uma operação AND, sabemos que
  - $F \cdot C \cdot E = 1$  quando F, C e E = 1
- Solução: negar o E
  - Jatos de água devem ser acionados quando  $F \cdot C \cdot \bar{E} = 1$

F	C	E	J	A
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	1	0	0	1
0	1	1	0	1
1	0	0	0	1
1	0	1	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1



# O alarme

■ Alarme deve ser acionado em muitos casos:

- $\bar{F} \cdot C \cdot \bar{E}$
- $\bar{F} \cdot C \cdot E$
- $F \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$
- $F \cdot \bar{C} \cdot E$
- $F \cdot C \cdot \bar{E}$
- $F \cdot C \cdot E$

F	C	E	J	A
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	1	0	0	1
0	1	1	0	1
1	0	0	0	1
1	0	1	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1

# O alarme

- Alarme deve ser acionado em muitos casos:
  - $\bar{F} \cdot C \cdot \bar{E}$
  - $\bar{F} \cdot C \cdot E$
  - $F \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$
  - $F \cdot \bar{C} \cdot E$
  - $F \cdot C \cdot \bar{E}$
  - $F \cdot C \cdot E$
- Alarme acionado quando pelo menos uma das expressões acima for verdade



F	C	E	J	A
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	1	0	0	1
0	1	1	0	1
1	0	0	0	1
1	0	1	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1

# O alarme

- Alarme deve ser acionado em muitos casos:

- $\bar{F} \cdot C \cdot \bar{E}$
- $\bar{F} \cdot C \cdot E$
- $F \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$
- $F \cdot \bar{C} \cdot E$
- $F \cdot C \cdot \bar{E}$
- $F \cdot C \cdot E$

- Alarme acionado quando pelo menos uma das expressões acima for verdade

$$(\bar{F} \cdot C \cdot \bar{E}) + (\bar{F} \cdot C \cdot E) + (F \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}) + (F \cdot \bar{C} \cdot E) + (F \cdot C \cdot \bar{E}) + (F \cdot C \cdot E)$$



# Conclusão

- Resolver problemas construindo artefatos
- Construir sistemas com método
  - Projeto
  - Implementação
  - Teste
- Projeto começa com modelo
  - Modelo booleano pode ajudar



# Próxima aula

- Equações de lógica podem ser “calculadas” pela eletrônica
- Sugestão:
  - Vídeo do manual do mundo (no site)



# 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)