

Circuitos Lógicos

Aula 7

cruz@gta.ufrj.br <http://gta.ufrj.br/~cruz>

Na última aula

- Circuito somador
- Multiplexadores e demultiplexadores
- Codificadores e decodificadores
 - BCD para display 7 segmentos



Hoje

- Mapa de Karnaugh




**Lembrando do mesmo
exemplo de sempre...**



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 |



Mintermos

- Produto de **todas** as variáveis de um problema
 - Variáveis podem estar na sua forma complementar
 - Variáveis aparecem exatamente uma vez
- Cada mintermo é associado a uma determinada configuração das variáveis
 - Mintermo será obrigatoriamente **1** na configuração
 - Mintermo será obrigatoriamente **0** nas outras

Expressão deve ser um OR dos mintermos pra todas as configurações de variáveis que dão 1



| F | C | E | Mintermo |
|---|---|---|---------------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 0 | 0 | 1 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 0 | 1 | 0 | $\bar{F} \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 0 | 1 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot E$ |
| 1 | 0 | 0 | $F \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 1 | 0 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 1 | 1 | 0 | $F \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 1 | 1 | 1 | $F \cdot C \cdot E$ |



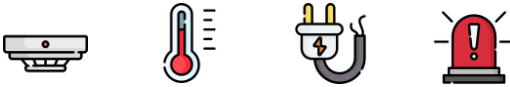
Alarme

- Alame deve ser acionado nos casos:

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

- Expressão fica:

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



| F | C | E | A | Mintermo |
|---|---|---|---|---------------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 0 | 0 | 1 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 0 | 1 | 0 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 0 | 1 | 1 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot E$ |
| 1 | 0 | 0 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 1 | 0 | 1 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 1 | 1 | 0 | 1 | $F \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 1 | 1 | 1 | 1 | $F \cdot C \cdot E$ |



Lembrando técnicas de simplificação



Simplificação de expressões

- Propriedade distributiva

$$A \cdot B + A \cdot C = A \cdot (B + C)$$

- Soma com o próprio inverso

$$\bar{A} + A = 1$$

- Multiplicação por 1

- $A \cdot 1 = A$

A e B podem ser expressões mais complexas!



Simplificação de expressões

- Propriedade distributiva

$$A \cdot B + A \cdot C = A \cdot (B + C)$$

$$S = \bar{A} \cdot B + A \cdot B$$

- Soma com o próprio inverso

$$\bar{A} + A = 1$$

$$S = B \cdot (A + \bar{A})$$

- Multiplicação por 1

- $A \cdot 1 = A$

$$S = B \cdot 1$$

$$S = B$$

A e B podem ser expressões mais complexas!



Resumo da história

$$\bar{A} \cdot B + A \cdot B = B$$

- Algumas somas podem ser facilmente simplificadas
 - Basta que mintermos tenham exatamente uma negação de diferença



Resumo da história

$$\bar{A} \cdot B + A \cdot B = B$$

- Algumas somas podem ser facilmente simplificadas
 - Basta que mintermos tenham exatamente uma negação de diferença



| F | C | E | A | Mintermo |
|---|---|---|---|---------------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 0 | 0 | 1 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 0 | 1 | 0 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 0 | 1 | 1 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot E$ |
| 1 | 0 | 0 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 1 | 0 | 1 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 1 | 1 | 0 | 1 | $F \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 1 | 1 | 1 | 1 | $F \cdot C \cdot E$ |



Exemplo de simplificação



$$\begin{aligned}
 A = & \\
 & (\bar{F} \cdot C \cdot \bar{E}) + \left. \begin{array}{l} (\bar{F} \cdot C \cdot E) + \\ (F \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}) + \\ (F \cdot \bar{C} \cdot E) + \end{array} \right\} (\bar{F} \cdot C) \\
 & (F \cdot C \cdot \bar{E}) + \left. \begin{array}{l} (F \cdot C \cdot E) \end{array} \right\} (F \cdot C)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A = & (\bar{F} \cdot C) + \\
 & (F \cdot \bar{C}) + \left. \begin{array}{l} (F \cdot C) \end{array} \right\} F \\
 A = & (\bar{F} \cdot C) + F
 \end{aligned}$$

| F | C | E | A | Mintermo |
|---|---|---|---|---------------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 0 | 0 | 1 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 0 | 1 | 0 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 0 | 1 | 1 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot E$ |
| 1 | 0 | 0 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 1 | 0 | 1 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 1 | 1 | 0 | 1 | $F \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 1 | 1 | 1 | 1 | $F \cdot C \cdot E$ |



Exemplo de simplificação



$$A =$$
$$\left. \begin{aligned} &(\bar{F} \cdot C) + \\ &(F \cdot \bar{C}) + \\ &(F \cdot C) \end{aligned} \right\} F$$

$$A = (\bar{F} \cdot C) + F$$

| F | C | E | A | Mintermo |
|---|---|---|---|---------------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 0 | 0 | 1 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 0 | 1 | 0 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 0 | 1 | 1 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot E$ |
| 1 | 0 | 0 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 1 | 0 | 1 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 1 | 1 | 0 | 1 | $F \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 1 | 1 | 1 | 1 | $F \cdot C \cdot E$ |



Exemplo de simplificação



$$A =$$
$$\left. \begin{aligned} &(\bar{F} \cdot C) + \\ &(F \cdot \bar{C}) + \\ &(F \cdot C) \end{aligned} \right\} F$$

$$A = (\bar{F} \cdot C) + F$$

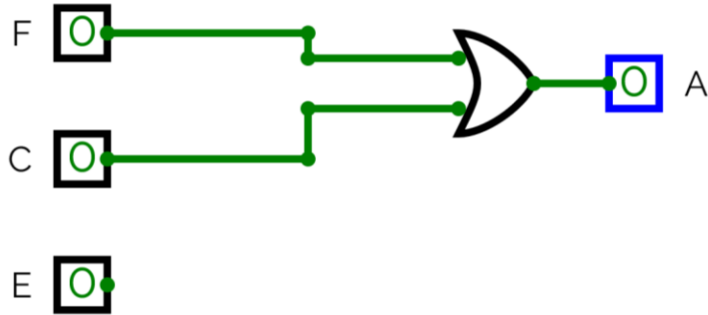
$$A = C + F$$

| F | C | E | A | Mintermo |
|---|---|---|---|---------------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 0 | 0 | 1 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 0 | 1 | 0 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 0 | 1 | 1 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot E$ |
| 1 | 0 | 0 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 1 | 0 | 1 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 1 | 1 | 0 | 1 | $F \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 1 | 1 | 1 | 1 | $F \cdot C \cdot E$ |



Circuito simplificado

$$A = C + F$$

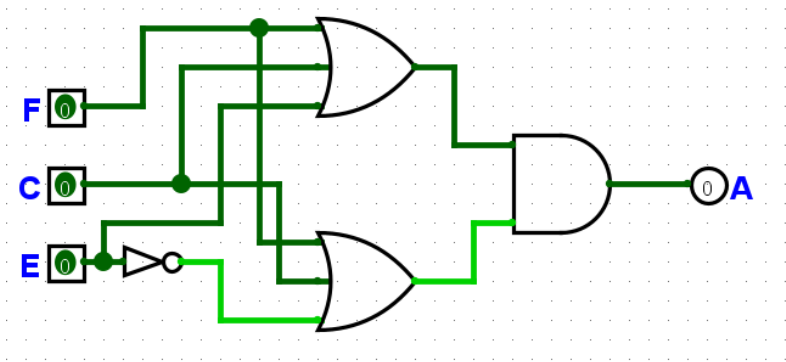


| F | C | E | A | Mintermo |
|---|---|---|---|---------------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 0 | 0 | 1 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 0 | 1 | 0 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 0 | 1 | 1 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot E$ |
| 1 | 0 | 0 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 1 | 0 | 1 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 1 | 1 | 0 | 1 | $F \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 1 | 1 | 1 | 1 | $F \cdot C \cdot E$ |

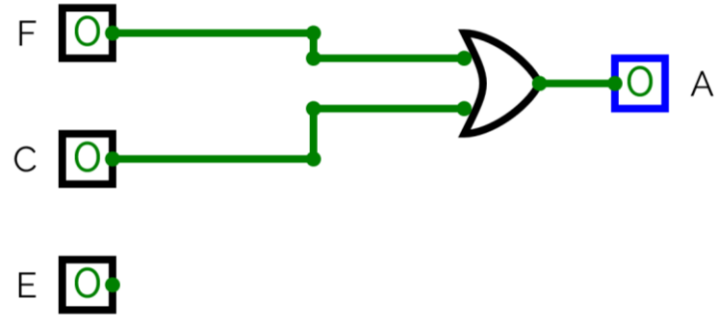


Comparando com o FNC:

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



$$A = C + F$$



Mapa de Karnaugh



Resumo da história (de novo)



- Algumas somas podem ser facilmente simplificadas
 - Basta que mintermos tenham exatamente uma negação de diferença

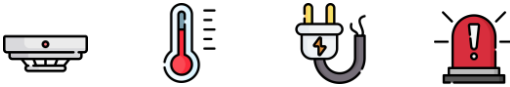
Se ordenarmos os mintermos de maneira inteligente, podemos visualizar melhor possibilidades de simplificação!

| F | C | E | A | Mintermo |
|---|---|---|---|---------------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 0 | 0 | 1 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 0 | 1 | 0 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 0 | 1 | 1 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot E$ |
| 1 | 0 | 0 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 1 | 0 | 1 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 1 | 1 | 0 | 1 | $F \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 1 | 1 | 1 | 1 | $F \cdot C \cdot E$ |



Ideia de simplificação

- Algumas somas podem ser facilmente simplificadas
 - Basta que mintermos tenham exatamente uma negação de diferença
 - Visualização será fácil se mintermos vizinhos tiverem apenas um bit de diferença



| F | C | E | A | Mintermo |
|---|---|---|---|---------------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 0 | 0 | 1 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 0 | 1 | 0 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 0 | 1 | 1 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot E$ |
| 1 | 0 | 0 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 1 | 0 | 1 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 1 | 1 | 0 | 1 | $F \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 1 | 1 | 1 | 1 | $F \cdot C \cdot E$ |



Mapa de Karnaugh

| C | B | A | Mintermo |
|---|---|---|---------------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ |
| 0 | 0 | 1 | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot A$ |
| 0 | 1 | 0 | $\bar{C} \cdot B \cdot \bar{A}$ |
| 0 | 1 | 1 | $\bar{C} \cdot B \cdot A$ |
| 1 | 0 | 0 | $C \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ |
| 1 | 0 | 1 | $C \cdot \bar{B} \cdot A$ |
| 1 | 1 | 0 | $C \cdot B \cdot \bar{A}$ |
| 1 | 1 | 1 | $C \cdot B \cdot A$ |

| | | | | |
|--|---------------------------------------|--|--|--|
| | | | | |
| | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ | | | |
| | | | | |
| | | | | |



Mapa de Karnaugh

| C | B | A | Mintermo |
|---|---|---|---------------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ |
| 0 | 0 | 1 | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot A$ |
| 0 | 1 | 0 | $\bar{C} \cdot B \cdot \bar{A}$ |
| 0 | 1 | 1 | $\bar{C} \cdot B \cdot A$ |
| 1 | 0 | 0 | $C \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ |
| 1 | 0 | 1 | $C \cdot \bar{B} \cdot A$ |
| 1 | 1 | 0 | $C \cdot B \cdot \bar{A}$ |
| 1 | 1 | 1 | $C \cdot B \cdot A$ |

| | | | | |
|--|---------------------------------------|---------------------------------|--|--|
| | | | | |
| | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot A$ | | |
| | $C \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ | | | |
| | | | | |



Mapa de Karnaugh

| C | B | A | Mintermo |
|---|---|---|---------------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ |
| 0 | 0 | 1 | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot A$ |
| 0 | 1 | 0 | $\bar{C} \cdot B \cdot \bar{A}$ |
| 0 | 1 | 1 | $\bar{C} \cdot B \cdot A$ |
| 1 | 0 | 0 | $C \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ |
| 1 | 0 | 1 | $C \cdot \bar{B} \cdot A$ |
| 1 | 1 | 0 | $C \cdot B \cdot \bar{A}$ |
| 1 | 1 | 1 | $C \cdot B \cdot A$ |

| | | | | |
|--|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|--|
| | | | | |
| | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot A$ | $\bar{C} \cdot B \cdot A$ | |
| | $C \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ | $C \cdot \bar{B} \cdot A$ | | |
| | | | | |



Mapa de Karnaugh

| C | B | A | Mintermo |
|---|---|---|---------------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ |
| 0 | 0 | 1 | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot A$ |
| 0 | 1 | 0 | $\bar{C} \cdot B \cdot \bar{A}$ |
| 0 | 1 | 1 | $\bar{C} \cdot B \cdot A$ |
| 1 | 0 | 0 | $C \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ |
| 1 | 0 | 1 | $C \cdot \bar{B} \cdot A$ |
| 1 | 1 | 0 | $C \cdot B \cdot \bar{A}$ |
| 1 | 1 | 1 | $C \cdot B \cdot A$ |

| | | | | |
|--|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| | | | | |
| | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot A$ | $\bar{C} \cdot B \cdot A$ | $\bar{C} \cdot B \cdot \bar{A}$ |
| | $C \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ | $C \cdot \bar{B} \cdot A$ | $C \cdot B \cdot A$ | |
| | | | | |



Mapa de Karnaugh

| C | B | A | Mintermo |
|---|---|---|---------------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ |
| 0 | 0 | 1 | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot A$ |
| 0 | 1 | 0 | $\bar{C} \cdot B \cdot \bar{A}$ |
| 0 | 1 | 1 | $\bar{C} \cdot B \cdot A$ |
| 1 | 0 | 0 | $C \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ |
| 1 | 0 | 1 | $C \cdot \bar{B} \cdot A$ |
| 1 | 1 | 0 | $C \cdot B \cdot \bar{A}$ |
| 1 | 1 | 1 | $C \cdot B \cdot A$ |

| | | | | |
|--|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| | | | | |
| | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot A$ | $\bar{C} \cdot B \cdot A$ | $\bar{C} \cdot B \cdot \bar{A}$ |
| | $C \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ | $C \cdot \bar{B} \cdot A$ | $C \cdot B \cdot A$ | $C \cdot B \cdot \bar{A}$ |
| | | | | |



Mapa de Karnaugh

| C | B | A | Mintermo |
|---|---|---|---------------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ |
| 0 | 0 | 1 | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot A$ |
| 0 | 1 | 0 | $\bar{C} \cdot B \cdot \bar{A}$ |
| 0 | 1 | 1 | $\bar{C} \cdot B \cdot A$ |
| 1 | 0 | 0 | $C \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ |
| 1 | 0 | 1 | $C \cdot \bar{B} \cdot A$ |
| 1 | 1 | 0 | $C \cdot B \cdot \bar{A}$ |
| 1 | 1 | 1 | $C \cdot B \cdot A$ |

| | | | | |
|--|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| | | | | |
| | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot A$ | $\bar{C} \cdot B \cdot A$ | $\bar{C} \cdot B \cdot \bar{A}$ |
| | $C \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ | $C \cdot \bar{B} \cdot A$ | $C \cdot B \cdot A$ | $C \cdot B \cdot \bar{A}$ |
| | | | | |



Mapa de Karnaugh

| C | B | A | Mintermo |
|---|---|---|---------------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ |
| 0 | 0 | 1 | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot A$ |
| 0 | 1 | 0 | $\bar{C} \cdot B \cdot \bar{A}$ |
| 0 | 1 | 1 | $\bar{C} \cdot B \cdot A$ |
| 1 | 0 | 0 | $C \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ |
| 1 | 0 | 1 | $C \cdot \bar{B} \cdot A$ |
| 1 | 1 | 0 | $C \cdot B \cdot \bar{A}$ |
| 1 | 1 | 1 | $C \cdot B \cdot A$ |

| | \bar{A} | A | | \bar{A} |
|--|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot A$ | $\bar{C} \cdot B \cdot A$ | $\bar{C} \cdot B \cdot \bar{A}$ |
| | $C \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ | $C \cdot \bar{B} \cdot A$ | $C \cdot B \cdot A$ | $C \cdot B \cdot \bar{A}$ |
| | | | | |



Mapa de Karnaugh

| C | B | A | Mintermo |
|---|---|---|---------------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ |
| 0 | 0 | 1 | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot A$ |
| 0 | 1 | 0 | $\bar{C} \cdot B \cdot \bar{A}$ |
| 0 | 1 | 1 | $\bar{C} \cdot B \cdot A$ |
| 1 | 0 | 0 | $C \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ |
| 1 | 0 | 1 | $C \cdot \bar{B} \cdot A$ |
| 1 | 1 | 0 | $C \cdot B \cdot \bar{A}$ |
| 1 | 1 | 1 | $C \cdot B \cdot A$ |

| | \bar{A} | A | | \bar{A} |
|-----------|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| \bar{C} | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot A$ | $\bar{C} \cdot B \cdot A$ | $\bar{C} \cdot B \cdot \bar{A}$ |
| C | $C \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ | $C \cdot \bar{B} \cdot A$ | $C \cdot B \cdot A$ | $C \cdot B \cdot \bar{A}$ |
| | \bar{B} | | B | |



Mapa de Karnaugh

| C | B | A | Mintermo |
|---|---|---|---------------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ |
| 0 | 0 | 1 | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot A$ |
| 0 | 1 | 0 | $\bar{C} \cdot B \cdot \bar{A}$ |
| 0 | 1 | 1 | $\bar{C} \cdot B \cdot A$ |
| 1 | 0 | 0 | $C \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ |
| 1 | 0 | 1 | $C \cdot \bar{B} \cdot A$ |
| 1 | 1 | 0 | $C \cdot B \cdot \bar{A}$ |
| 1 | 1 | 1 | $C \cdot B \cdot A$ |

| | \bar{A} | A | | \bar{A} |
|-----------|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| \bar{C} | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot A$ | $\bar{C} \cdot B \cdot A$ | $\bar{C} \cdot B \cdot \bar{A}$ |
| C | $C \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ | $C \cdot \bar{B} \cdot A$ | $C \cdot B \cdot A$ | $C \cdot B \cdot \bar{A}$ |
| | \bar{B} | | B | |



Mapa de Karnaugh

| C | B | A | Mintermo |
|---|---|---|---------------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ |
| 0 | 0 | 1 | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot A$ |
| 0 | 1 | 0 | $\bar{C} \cdot B \cdot \bar{A}$ |
| 0 | 1 | 1 | $\bar{C} \cdot B \cdot A$ |
| 1 | 0 | 0 | $C \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ |
| 1 | 0 | 1 | $C \cdot \bar{B} \cdot A$ |
| 1 | 1 | 0 | $C \cdot B \cdot \bar{A}$ |
| 1 | 1 | 1 | $C \cdot B \cdot A$ |

| | \bar{A} | A | | \bar{A} |
|-----------|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| \bar{C} | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot A$ | $\bar{C} \cdot B \cdot A$ | $\bar{C} \cdot B \cdot \bar{A}$ |
| C | $C \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ | $C \cdot \bar{B} \cdot A$ | $C \cdot B \cdot A$ | $C \cdot B \cdot \bar{A}$ |
| | \bar{B} | | B | |



Outra forma de ver

| C | B | A | Mintermo |
|---|---|---|---------------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ |
| 0 | 0 | 1 | $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot A$ |
| 0 | 1 | 0 | $\bar{C} \cdot B \cdot \bar{A}$ |
| 0 | 1 | 1 | $\bar{C} \cdot B \cdot A$ |
| 1 | 0 | 0 | $C \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$ |
| 1 | 0 | 1 | $C \cdot \bar{B} \cdot A$ |
| 1 | 1 | 0 | $C \cdot B \cdot \bar{A}$ |
| 1 | 1 | 1 | $C \cdot B \cdot A$ |

| | \bar{A} | A | | \bar{A} |
|-----------|-----------|---|---|-----------|
| \bar{C} | 0 | 1 | 3 | 2 |
| C | 4 | 5 | 7 | 6 |
| | \bar{B} | | B | |



Exemplo do alarme, com mapa de Karnaugh



O exemplo do alarme



- Numerar a tabela
 - Garantir que vizinhos tenham exatamente 1 bit de diferença

| | | | | |
|-----------|-----------|-----|-----|-----------|
| | \bar{E} | E | | \bar{E} |
| \bar{F} | 0 | 1 | 3 | 2 |
| F | 4 | 5 | 7 | 6 |
| | \bar{C} | | C | |



| Decimal | F | C | E | A | Mintermo |
|---------|---|---|---|---|---------------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 3 | 0 | 1 | 1 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot E$ |
| 4 | 1 | 0 | 0 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 5 | 1 | 0 | 1 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 6 | 1 | 1 | 0 | 1 | $F \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | $F \cdot C \cdot E$ |

O exemplo do alarme



- Inserir na tabela os valores da saída

| | \bar{E} | | E | | \bar{E} | |
|-----------|-----------|---|-----|---|-----------|---|
| \bar{F} | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 1 |
| F | 4 | 1 | 5 | 1 | 6 | 1 |
| | \bar{C} | | | | C | |



| Decimal | F | C | E | A | Mintermo |
|---------|---|---|---|---|---------------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 3 | 0 | 1 | 1 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot E$ |
| 4 | 1 | 0 | 0 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 5 | 1 | 0 | 1 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 6 | 1 | 1 | 0 | 1 | $F \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | $F \cdot C \cdot E$ |

O exemplo do alarme



- Agrupar as saídas 1
 - Grupos de 1, 2, 4, ou 8
 - Potências de 2
 - Formas retangulares
 - 1×1, 1×2, 1×4, 2×1, 2×2, 2×4

| | \bar{E} | | E | | \bar{E} | | | |
|-----------|-----------|---|-----|---|-----------|---|---|---|
| \bar{F} | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 1 | 2 | 1 |
| F | 4 | 1 | 5 | 1 | 7 | 1 | 6 | 1 |
| | \bar{C} | | | | C | | | |



| Decimal | F | C | E | A | Mintermo |
|---------|---|---|---|---|---------------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 3 | 0 | 1 | 1 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot E$ |
| 4 | 1 | 0 | 0 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 5 | 1 | 0 | 1 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 6 | 1 | 1 | 0 | 1 | $F \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | $F \cdot C \cdot E$ |

O exemplo do alarme



- Agrupar as saídas 1
 - Formas retangulares
 - 1×1, 1×2, 1×4, 2×1, 2×2, 2×4
 - Maiores possíveis
 - Pode haver interseção

| | \bar{E} | | E | | \bar{E} | | | |
|-----------|-----------|---|-----|---|-----------|---|---|---|
| \bar{F} | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 1 | 2 | 1 |
| F | 4 | 1 | 5 | 1 | 7 | 1 | 6 | 1 |
| | \bar{C} | | | | C | | | |



| Decimal | F | C | E | A | Mintermo |
|---------|---|---|---|---|---------------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 3 | 0 | 1 | 1 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot E$ |
| 4 | 1 | 0 | 0 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 5 | 1 | 0 | 1 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 6 | 1 | 1 | 0 | 1 | $F \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | $F \cdot C \cdot E$ |

O exemplo do alarme



- Agrupar as saídas 1
 - Formas retangulares
 - 1×1, 1×2, 1×4, 2×1, 2×2, 2×4
 - Maiores possíveis
 - Pode haver interseção

| | \bar{E} | | E | | \bar{E} | |
|-----------|-----------|---|-----|---|-----------|---|
| \bar{F} | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 1 |
| F | 4 | 1 | 5 | 1 | 7 | 1 |
| | \bar{C} | | | | C | |



| Decimal | F | C | E | A | Mintermo |
|---------|---|---|---|---|---------------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 3 | 0 | 1 | 1 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot E$ |
| 4 | 1 | 0 | 0 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 5 | 1 | 0 | 1 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 6 | 1 | 1 | 0 | 1 | $F \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | $F \cdot C \cdot E$ |

O exemplo do alarme



- 2×2
- Mintermos
 - $\bar{F} \cdot C \cdot E$,
 - $\bar{F} \cdot C \cdot \bar{E}$,
 - $F \cdot C \cdot E$ e
 - $F \cdot C \cdot \bar{E}$

| | \bar{E} | | E | | \bar{E} | |
|-----------|-----------|---|-----|---|-----------|---|
| \bar{F} | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 1 |
| F | 4 | 1 | 5 | 1 | 7 | 1 |
| | \bar{C} | | | | C | |



| Decimal | F | C | E | A | Mintermo |
|---------|---|---|---|---|---------------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 3 | 0 | 1 | 1 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot E$ |
| 4 | 1 | 0 | 0 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 5 | 1 | 0 | 1 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 6 | 1 | 1 | 0 | 1 | $F \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | $F \cdot C \cdot E$ |

O exemplo do alarme



- 2x2
 - Mintermos
 - $\bar{F} \cdot C \cdot E$,
 - $\bar{F} \cdot C \cdot \bar{E}$,
 - $F \cdot C \cdot E$ e
 - $F \cdot C \cdot \bar{E}$
- } $(\bar{F} \cdot C)$
} $(F \cdot C)$

| | \bar{E} | | E | | \bar{E} | |
|-----------|-----------|---|-----|---|-----------|---|
| \bar{F} | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 1 |
| F | 4 | 1 | 5 | 1 | 7 | 1 |
| | \bar{C} | | | | C | |



| Decimal | F | C | E | A | Mintermo |
|---------|---|---|---|---|---------------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 3 | 0 | 1 | 1 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot E$ |
| 4 | 1 | 0 | 0 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 5 | 1 | 0 | 1 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 6 | 1 | 1 | 0 | 1 | $F \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | $F \cdot C \cdot E$ |

O exemplo do alarme



■ 2x2

■ Mintermos

- $\bar{F} \cdot C \cdot E$,
 - $\bar{F} \cdot C \cdot \bar{E}$,
 - $F \cdot C \cdot E$ e
 - $F \cdot C \cdot \bar{E}$
- $\left. \begin{array}{l} \bar{F} \cdot C \cdot E \\ \bar{F} \cdot C \cdot \bar{E} \end{array} \right\} (\bar{F} \cdot C)$
- $\left. \begin{array}{l} F \cdot C \cdot E \\ F \cdot C \cdot \bar{E} \end{array} \right\} (F \cdot C)$
- $\left. \begin{array}{l} (\bar{F} \cdot C) \\ (F \cdot C) \end{array} \right\} C$

| | \bar{E} | | E | | \bar{E} | | | |
|-----------|-----------|---|-----|---|-----------|---|---|---|
| \bar{F} | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 1 | 2 | 1 |
| F | 4 | 1 | 5 | 1 | 7 | 1 | 6 | 1 |
| | \bar{C} | | | | C | | | |



| Decimal | F | C | E | A | Mintermo |
|---------|---|---|---|---|---------------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 3 | 0 | 1 | 1 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot E$ |
| 4 | 1 | 0 | 0 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 5 | 1 | 0 | 1 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 6 | 1 | 1 | 0 | 1 | $F \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | $F \cdot C \cdot E$ |

O exemplo do alarme



■ 2x2

■ Mintermos

- $\bar{F} \cdot C \cdot E$,
 - $\bar{F} \cdot C \cdot \bar{E}$,
 - $F \cdot C \cdot E$ e
 - $F \cdot C \cdot \bar{E}$
- $\left. \begin{array}{l} \bar{F} \cdot C \cdot E \\ \bar{F} \cdot C \cdot \bar{E} \end{array} \right\} (\bar{F} \cdot C)$
 $\left. \begin{array}{l} F \cdot C \cdot E \\ F \cdot C \cdot \bar{E} \end{array} \right\} (F \cdot C)$
 $\left. \begin{array}{l} (\bar{F} \cdot C) \\ (F \cdot C) \end{array} \right\} C$

| | \bar{E} | | E | | \bar{E} | | | |
|-----------|-----------|---|-----|---|-----------|---|---|---|
| \bar{F} | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 1 | 2 | 1 |
| F | 4 | 1 | 5 | 1 | 7 | 1 | 6 | 1 |
| | \bar{C} | | | | C | | | |



| Decimal | F | C | E | A | Mintermo |
|---------|---|---|---|---|---------------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 3 | 0 | 1 | 1 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot E$ |
| 4 | 1 | 0 | 0 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 5 | 1 | 0 | 1 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 6 | 1 | 1 | 0 | 1 | $F \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | $F \cdot C \cdot E$ |

O exemplo do alarme



- 1×4

| | \bar{E} | | E | | \bar{E} | |
|-----------|-----------|---|-----|---|-----------|---|
| \bar{F} | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 1 |
| F | 4 | 1 | 5 | 1 | 7 | 1 |
| | \bar{C} | | | | C | |



| Decimal | F | C | E | A | Mintermo |
|---------|---|---|---|---|---------------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 3 | 0 | 1 | 1 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot E$ |
| 4 | 1 | 0 | 0 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 5 | 1 | 0 | 1 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 6 | 1 | 1 | 0 | 1 | $F \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | $F \cdot C \cdot E$ |

O exemplo do alarme



- 1×4
 - Mintermos
 - $F \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$,
 - $F \cdot \bar{C} \cdot E$,
 - $F \cdot C \cdot E$ e
 - $F \cdot C \cdot \bar{E}$
- $\left. \begin{array}{l} \text{ } \\ \text{ } \end{array} \right\} (F \cdot \bar{C})$
 $\left. \begin{array}{l} \text{ } \\ \text{ } \end{array} \right\} (F \cdot C)$

| | \bar{E} | | E | | \bar{E} | | | |
|-----------|-----------|---|-----|---|-----------|---|---|---|
| \bar{F} | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 1 | 2 | 1 |
| F | 4 | 1 | 5 | 1 | 7 | 1 | 6 | 1 |
| | \bar{C} | | | | C | | | |



| Decimal | F | C | E | A | Mintermo |
|---------|---|---|---|---|---------------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 3 | 0 | 1 | 1 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot E$ |
| 4 | 1 | 0 | 0 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 5 | 1 | 0 | 1 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 6 | 1 | 1 | 0 | 1 | $F \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | $F \cdot C \cdot E$ |

O exemplo do alarme



- 1×4

- Mintermos

- $F \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$,
 - $F \cdot \bar{C} \cdot E$,
 - $F \cdot C \cdot E$ e
 - $F \cdot C \cdot \bar{E}$
- $\left. \begin{array}{l} (F \cdot \bar{C}) \\ (F \cdot C) \end{array} \right\} F$

| | \bar{E} | | E | | \bar{E} | | | |
|-----------|-----------|---|-----|---|-----------|---|---|---|
| \bar{F} | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 1 | 2 | 1 |
| F | 4 | 1 | 5 | 1 | 7 | 1 | 6 | 1 |
| | \bar{C} | | | | C | | | |



| Decimal | F | C | E | A | Mintermo |
|---------|---|---|---|---|---------------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 3 | 0 | 1 | 1 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot E$ |
| 4 | 1 | 0 | 0 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 5 | 1 | 0 | 1 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 6 | 1 | 1 | 0 | 1 | $F \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | $F \cdot C \cdot E$ |

O exemplo do alarme



- Os dois

$$F + C$$

| | \bar{E} | | E | | \bar{E} | |
|-----------|-----------|---|-----|---|-----------|---|
| \bar{F} | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 1 |
| F | 4 | 1 | 5 | 1 | 7 | 1 |
| | \bar{C} | | | | C | |



| Decimal | F | C | E | A | Mintermo |
|---------|---|---|---|---|---------------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | $\bar{F} \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 3 | 0 | 1 | 1 | 1 | $\bar{F} \cdot C \cdot E$ |
| 4 | 1 | 0 | 0 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot \bar{E}$ |
| 5 | 1 | 0 | 1 | 1 | $F \cdot \bar{C} \cdot E$ |
| 6 | 1 | 1 | 0 | 1 | $F \cdot C \cdot \bar{E}$ |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | $F \cdot C \cdot E$ |

Procedimento formalizado



Procedimento do mapa de Karnaugh

- Montar o mapa (tabela)
 - Atenção à ordem
- Colocar na tabela os 1
- Agrupar os 1
 - Maiores grupos possíveis
 - Pode haver interseção
 - Agrupamento não pode pertencer a outro
- Somar as variáveis de cada agrupamento

| | \bar{A} | A | | \bar{A} |
|-----------|-----------|-----|-----|-----------|
| \bar{C} | 0 | 1 | 3 | 2 |
| C | 4 | 5 | 7 | 6 |
| | \bar{B} | | B | |



Notação mais comum



Notação habitual

| | \bar{A} | A | | \bar{A} |
|-----------|-----------|-----|-----|-----------|
| \bar{C} | 0 | 1 | 3 | 2 |
| C | 4 | 5 | 7 | 6 |
| | \bar{B} | | B | |

| | | B A | | | |
|---|---|-----|----|----|----|
| | | 00 | 01 | 11 | 10 |
| C | 0 | 0 | 1 | 3 | 2 |
| | 1 | 4 | 5 | 7 | 6 |



Mapa de Karnaugh com mais variáveis



Mapa de Karnaugh – 4 variáveis

- Nova variável (D) é incluída
 - Novas células incluídas
- Propriedade deve ser mantida
 - Células vizinhas diferem de 1 bit



Mapa de Karnaugh – 4 variáveis

- Nova variável (D) é incluída
 - Novas células incluídas
- Propriedade deve ser mantida
 - Células vizinhas diferem de 1 bit

| | \bar{A} | A | | \bar{A} | |
|-----------|-----------|-----|-----|-----------|-----------|
| \bar{C} | 0 | 1 | 3 | 2 | \bar{D} |
| C | 4 | 5 | 7 | 6 | |
| C | 12 | 13 | 15 | 14 | D |
| \bar{C} | 8 | 9 | 11 | 10 | |
| | \bar{B} | | B | | |



Mapa de Karnaugh – 5 variáveis

- Nova variável (E) é incluída
 - Novas células incluídas
- Propriedade deve ser mantida
 - Células vizinhas diferem de 1 bit
- Um novo mapa é adicionado!

| \bar{E} | \bar{A} | A | | \bar{A} | |
|-----------|-----------|-----|-----|-----------|-----------|
| \bar{C} | 0 | 1 | 3 | 2 | \bar{D} |
| C | 4 | 5 | 7 | 6 | |
| C | 12 | 13 | 15 | 14 | D |
| \bar{C} | 8 | 9 | 11 | 10 | |
| | \bar{B} | | B | | |

| E | \bar{A} | A | | \bar{A} | |
|-----------|-----------|-----|-----|-----------|-----------|
| \bar{C} | 16 | 17 | 19 | 18 | \bar{D} |
| C | 20 | 21 | 23 | 22 | |
| C | 28 | 29 | 31 | 30 | D |
| \bar{C} | 24 | 25 | 27 | 26 | |
| | \bar{B} | | B | | |



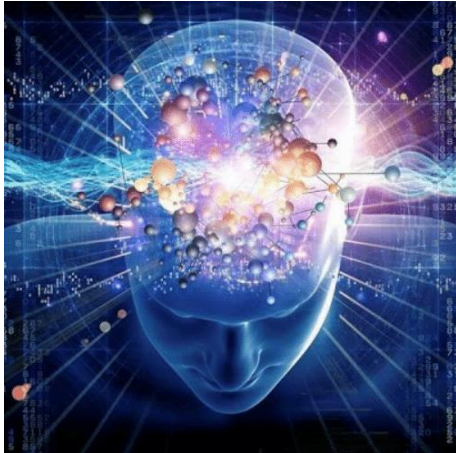
Mapa de Karnaugh – 6 variáveis

- Começa a ficar impraticável

| | | B 0 | | | | 1 | | | | |
|---|----|--------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | A 0 | | | | 1 | | | | |
| 0 | EF | CD | | | | EF | CD | | | |
| | | 00 | 01 | 11 | 10 | | 00 | 01 | 11 | 10 |
| | 00 | 0 | 1 | 3 | 2 | 00 | 16 | 17 | 19 | 18 |
| | 01 | 4 | 5 | 7 | 6 | 01 | 20 | 21 | 23 | 22 |
| | 11 | 12 | 13 | 15 | 14 | 11 | 28 | 29 | 31 | 30 |
| | 10 | 8 | 9 | 11 | 10 | 10 | 24 | 25 | 27 | 26 |
| 1 | EF | CD | | | | EF | CD | | | |
| | | 00 | 01 | 11 | 10 | | 00 | 01 | 11 | 10 |
| | 00 | 32 | 33 | 35 | 34 | 00 | 48 | 49 | 51 | 50 |
| | 01 | 36 | 37 | 39 | 38 | 01 | 52 | 53 | 55 | 54 |
| | 11 | 44 | 45 | 47 | 46 | 11 | 60 | 61 | 63 | 62 |
| | 10 | 40 | 41 | 43 | 42 | 10 | 56 | 57 | 59 | 58 |

Mapa de Karnaugh – 7 variáveis

- Não dá, só se tiver 4ª dimensão!



| \bar{E} | \bar{A} | A | | \bar{A} | |
|-----------|-----------|-----|-----|-----------|-----------|
| \bar{C} | 0 | 1 | 3 | 2 | \bar{D} |
| C | 4 | 5 | 7 | 6 | |
| C | 12 | 13 | 15 | 14 | D |
| \bar{C} | 7 | 9 | 11 | 10 | |
| | \bar{B} | | B | | |

| E | \bar{A} | A | | \bar{A} | |
|-----------|-----------|-----|-----|-----------|-----------|
| \bar{C} | 16 | 17 | 19 | 18 | \bar{D} |
| C | 20 | 21 | 23 | 22 | |
| C | 28 | 29 | 31 | 30 | D |
| \bar{C} | 24 | 25 | 27 | 26 | |
| | \bar{B} | | B | | |

Codificadores e decodificadores



Definição geral

- Codificador transforma dados 'naturais' em sua versão binária
- Decodificador transforma dados binários em sua versão 'natural'

Algumas vezes o natural também é binário!



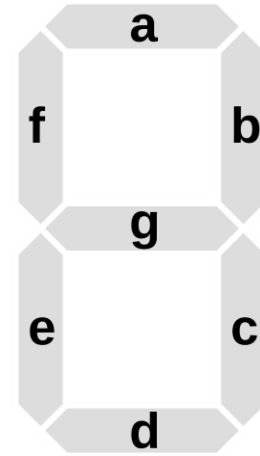
Circuitos codificadores e decodificadores

- Capazes de *traduzir* de um código binário para outro
- Exemplos
 - Sinal-magnitude para complemento de 2
 - Complemento de 2 para sinal-magnitude
 - ASCII para binário
 - Binário para ASCII
 - BCD para display 7 segmentos
 - Hexadecimal para display 7 segmentos

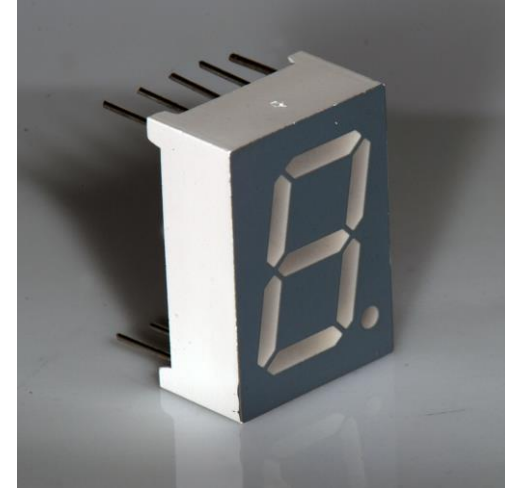


Display 7 segmentos

- Leds organizados em 8
- Leds nomeados a, b, c, d, e, f, g
- GND comum
- Terminal para cada um dos leds

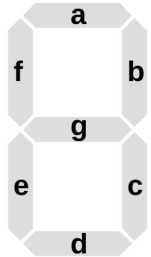
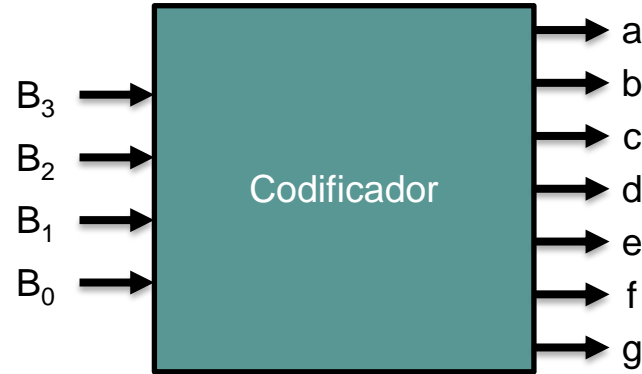


Imagens retiradas da Wikipedia



Codificador BCD – 7 segmentos

- Recebe 4 variáveis
 - Representam um número de 4 bits
- Codifica o número para exibição em um display de 7 segmentos



Não tem jeito

- Tabela verdade pra cada uma das variáveis de saída
 - 2^4 configurações cada
- Algumas vão poder reaproveitar entradas de outras



Considerações finais

- Mapa de Karnaugh é a melhor ferramenta de minimização
 - Porém, só funciona para até 6 variáveis – e já fica complicado
- Técnicas de software são usadas
 - Mesmo princípio
 - Eliminar variáveis que aparecem em sua forma direta e complementada



Créditos

Os ícones desta apresentação foram feitos por Freepic e retirados de www.flaticon.com.





GTA / UFRJ

GRUPO DE TELEINFORMÁTICA E AUTOMAÇÃO

www.gta.ufrj.br