

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação

SEL 0412 Tecnologia Digital

Aula 6: Mapa de Karnaugh

Conteúdo:

- Mapa de Karnaugh com 3, 4, 5 e 6 Variáveis
- Condições Irrelevantes;

Profa. Luiza Maria Romeiro Codá

(luiza@sc.usp.br)

MAPA DE KARNAUGH

- É um método de simplificação gráfico criado por Edward Veitch (1952) e aperfeiçoado pelo engenheiro de telecomunicações Maurice Karnaugh;
- É uma representação gráfica da tabela verdade da função que está sendo analisada;
- Ele é utilizado para simplificar uma equação lógica ou para converter uma tabela verdade no seu circuito lógico correspondente;
- Agrupa mintermos adjacentes que diferem entre si apenas de uma variável;
- Elimina a dificuldade em obter a simplificação apenas utilizando teoremas booleanos;
- Teoricamente pode ser aplicado em circuitos de qualquer número de entradas, porém a utilidade prática vai até no máximo 6 variáveis.

MAPA DE KARNAUGH

- Apresenta as colunas e linhas adjacentes nomeadas de forma que sempre diferem somente em uma variável, ou seja $A.B.C$ e $A.\bar{B}.C$;
- A eliminação de variáveis é por termos adjacentes :

Exemplo: $A.B.C$ e $A.\bar{B}.C$

Elimina B porque os dois termos (produtos) difere apenas em B

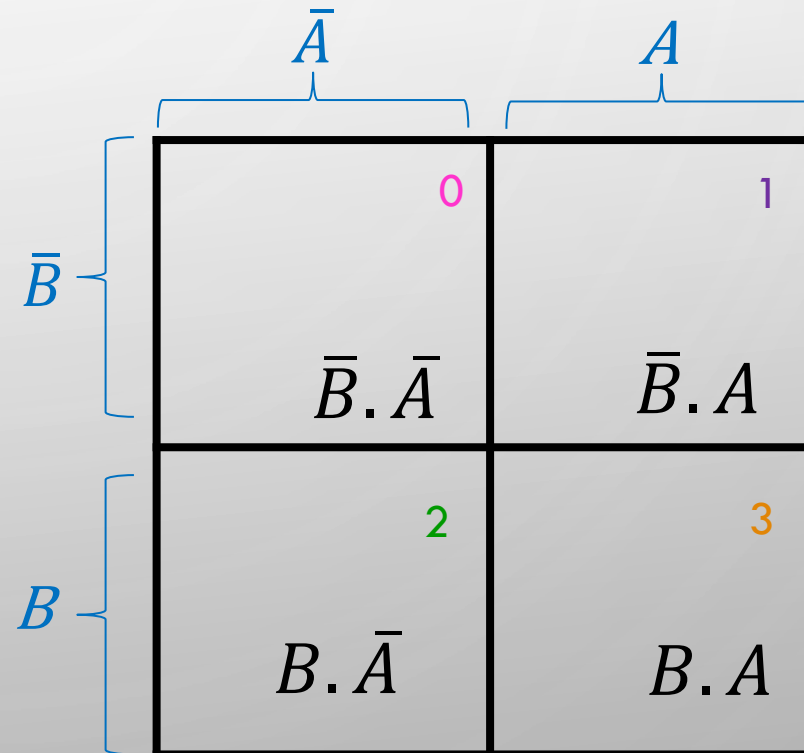
$$A.C (B + \bar{B}) = A.C$$

MAPA DE KARNAUGH

Com 2 variáveis terá $2^2 = 4$ células:

Representação por mintermos

Célula	B	A	S	mintermos
0	0	0		$\bar{B}.\bar{A}$
1	0	1		$\bar{B}.A$
2	1	0		$B.\bar{A}$
3	1	1		$B.A$

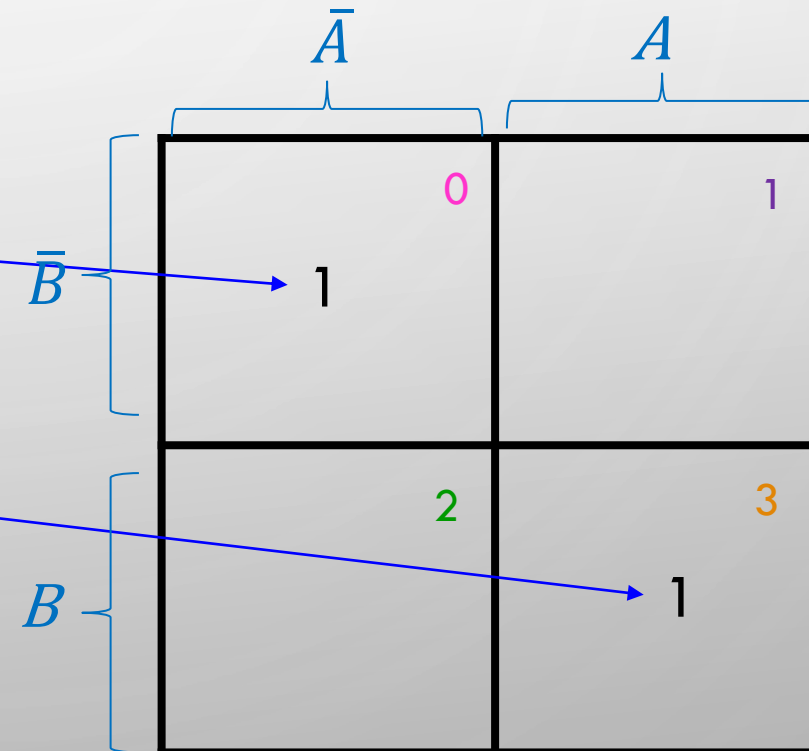


MAPA DE KARNAUGH

Com 2 variáveis terá $2^2 = 4$ células:

Expressão obtida com **mintermos** (forma canônica disjuntiva: soma de produtos) para a saída S :

Célula	B	A	S	mintermos
0	0	0	1	$\bar{B} \cdot \bar{A}$
1	0	1	0	$\bar{B} \cdot A$
2	1	0	0	$B \cdot \bar{A}$
3	1	1	1	$B \cdot A$

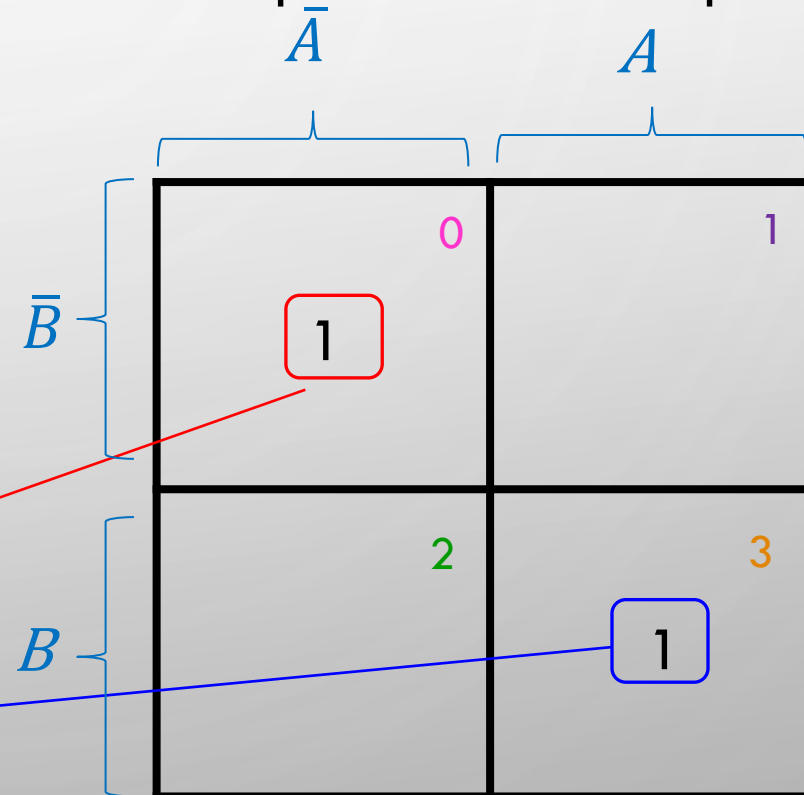


MAPA DE KARNAUGH

Com 2 variáveis terá $2^2 = 4$ células:

Expressão obtida com **mintermos** (forma canônica disjuntiva: soma de produtos)

Célula	B	A	S	mintermos
0	0	0	1	$\bar{B}.\bar{A}$
1	0	1	0	$\bar{B}.A$
2	1	0	0	$B.\bar{A}$
3	1	1	1	$B.A$



Função Simplificada:

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

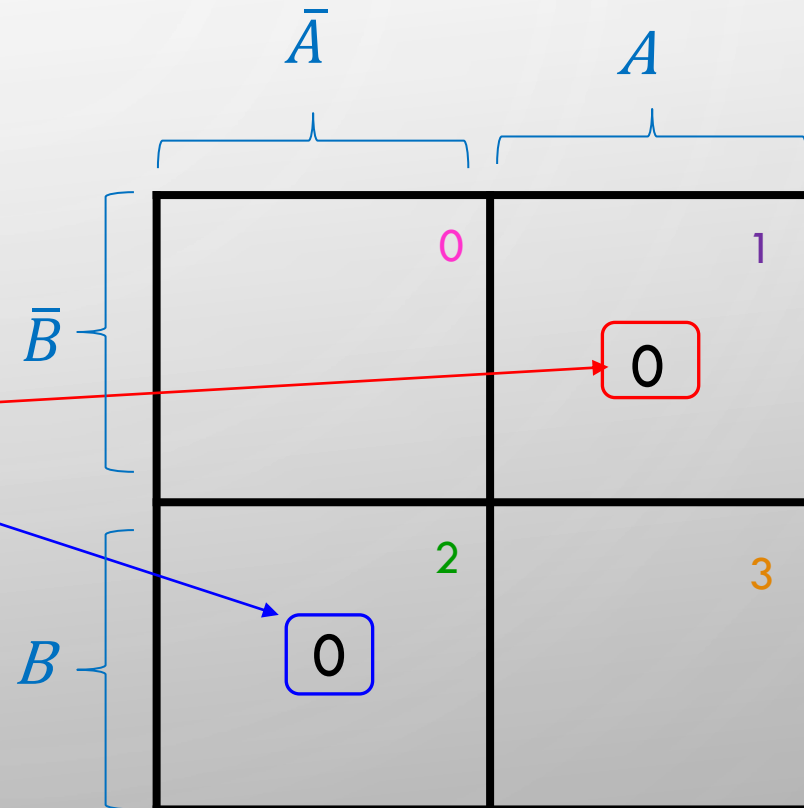
$$S = \overline{A \oplus B} = A \odot B$$

MAPA DE KARNAUGH

Com 2 variáveis terá $2^2 = 4$ células:

Expressão obtida com **maxtermos** (forma canônica disjuntiva: soma de produtos)

Célula	B	A	S	maxtermos
0	0	0	1	$B + A$
1	0	1	0	$B + \bar{A}$
2	1	0	0	$\bar{B} + A$
3	1	1	1	$\bar{B} + \bar{A}$



Função Simplificada:

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

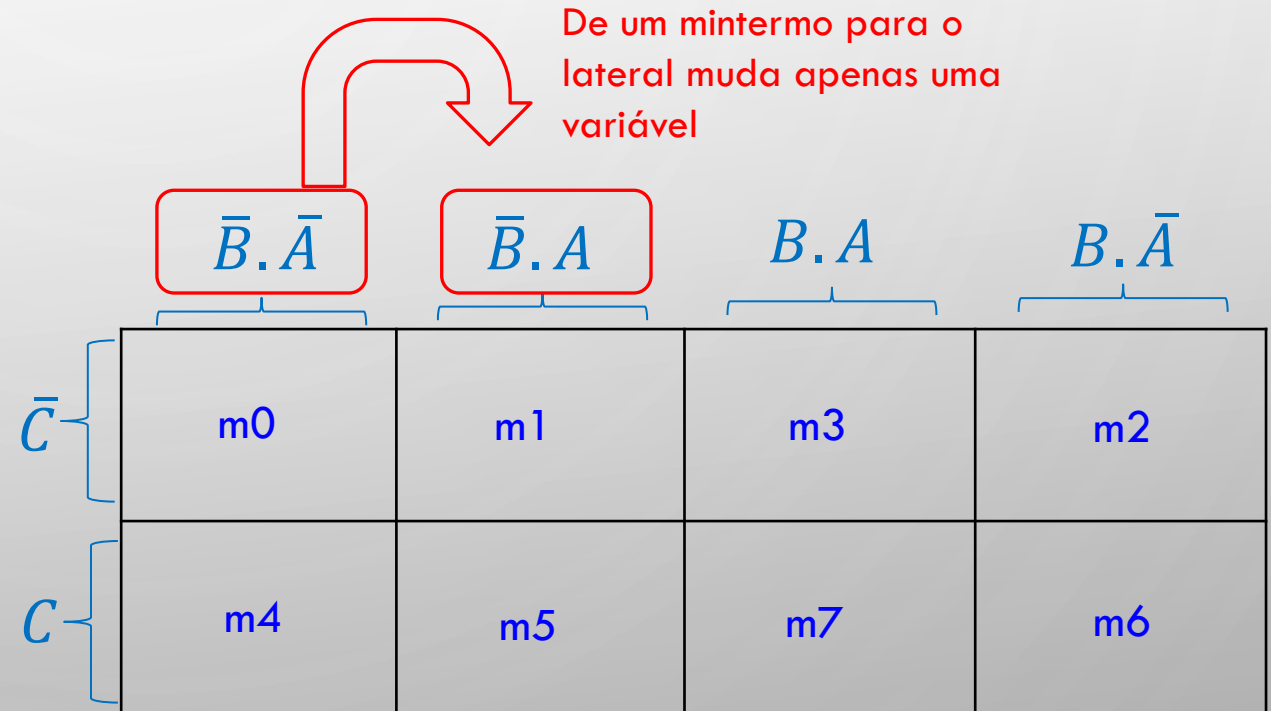
MAPA DE KARNAUGH

Com 3 variáveis terá $2^3 = 8$ células:

Colocação dos mintermos (soma de produtos) no Mapa

EXEMPLO 1

C	B	A	S	mintermos	mintermos
0	0	0	0	m0	$\bar{C}.\bar{B}.\bar{A}$
0	0	1	1	m1	$\bar{C}.\bar{B}.A$
0	1	0	0	m2	$\bar{C}.B.\bar{A}$
0	1	1	0	m3	$\bar{C}.B.A$
1	0	0	0	m4	$C.\bar{B}.\bar{A}$
1	0	1	1	m5	$C.\bar{B}.A$
1	1	0	0	m6	$C.B.\bar{A}$
1	1	1	1	m7	$C.B.A$



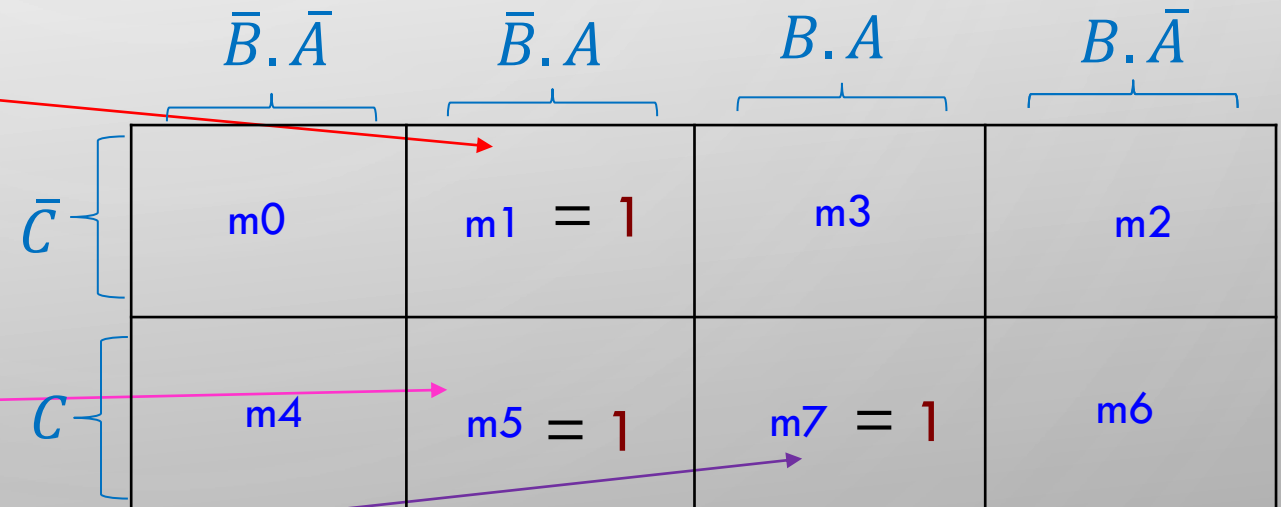
MAPA DE KARNAUGH

Com 3 variáveis terá $2^3 = 8$ células:

Expressão lógica da saída S obtida por **mintermos** (soma de produtos)

EXEMPLO 1

C	B	A	S	mintermos	mintermos
0	0	0	0	m0	$\bar{C}.\bar{B}.\bar{A}$
0	0	1	1	m1	$\bar{C}.\bar{B}.A$
0	1	0	0	m2	$\bar{C}.B.\bar{A}$
0	1	1	0	m3	$\bar{C}.B.A$
1	0	0	0	m4	$C.\bar{B}.\bar{A}$
1	0	1	1	m5	$C.\bar{B}.A$
1	1	0	0	m6	$C.B.\bar{A}$
1	1	1	1	m7	$C.B.A$



MAPA DE KARNAUGH

Com 3 variáveis terá $2^3 = 8$ células:

Expressão lógica S obtida por **mintermos** (soma de produtos)

EXEMPLO 1

Expressão sem simplificação:

$$S = m1 + m5 + m7$$

$$S = A.\bar{B}.\bar{C} + A.\bar{B}.C + A.B.C$$

$$S = A.\bar{B}.\bar{C} + A.\bar{B}.C + A.B.C$$

	$\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{B}.A$	$B.A$	$B.\bar{A}$
\bar{C}	m0	m1 = 1	m3	m2
C	m4	m5 = 1	m7 = 1	m6

MAPA DE KARNAUGH

Com 3 variáveis terá $2^3 = 8$ células:

Algoritmo:

1. Colocação de 1s nas posições respectivas

EXEMPLO 1

C	B	A	S	Mintermos
0	0	0	0	m0
0	0	1	1	m1
0	1	0	0	m2
0	1	1	0	m3
1	0	0	0	m4
1	0	1	1	m5
1	1	0	0	m6
1	1	1	1	m7

	$\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{B}.A$	$B.A$	$B.\bar{A}$
\bar{C}	m0	m1	m3	m2
C	m4	m5	m7	m6

MAPA DE KARNAUGH

Com 3 variáveis terá $2^3 = 8$ células:

Algoritmo:

1. Colocação de 1s nas posições respectivas

EXEMPLO 1

C	B	A	S	Mintermos
0	0	0	0	m0
0	0	1	1	m1
0	1	0	0	m2
0	1	1	0	m3
1	0	0	0	m4
1	0	1	1	m5
1	1	0	0	m6
1	1	1	1	m7

	$\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{B}.A$	$B.A$	$B.\bar{A}$
\bar{C}	m0	m1	m3	m2
C	m4	m5	m7	m6

MAPA DE KARNAUGH

Com 3 variáveis terá $2^3 = 8$ células:

Algoritmo:

1. Colocação de 1s nas posições respectivas

EXEMPLO 1

C	B	A	S	Mintermos
0	0	0	0	m0
0	0	1	1	m1
0	1	0	0	m2
0	1	1	0	m3
1	0	0	0	m4
1	0	1	1	m5
1	1	0	0	m6
1	1	1	1	m7

	$\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{B}.A$	$B.A$	$B.\bar{A}$
\bar{C}		1		
C		1	1	

MAPA DE KARNAUGH

Algoritmo:

Com 3 variáveis terá $2^3 = 8$ células:

2. Todos os 1s devem ser englobados pelo menos uma vez para obter a expressão;
3. Os 1s adjacentes devem ser agrupados em números de potência de 2^n , ou seja. 1,2,4,8,..

EXEMPLO 1

C	B	A	S	Mintermos
0	0	0	0	m0
0	0	1	1	m1
0	1	0	0	m2
0	1	1	0	m3
1	0	0	0	m4
1	0	1	1	m5
1	1	0	0	m6
1	1	1	1	m7

	$\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{B}.A$	$B.A$	$B.\bar{A}$
\bar{C}		1		
C		1	1	

Um agrupamento possível

Apresenta mintermos $\bar{B}.A.\bar{C}$ e $\bar{B}.A.C$

$\Rightarrow \bar{B}.A$ é termo em comum para os dois mintermos

MAPA DE KARNAUGH

Com 3 variáveis terá $2^3 = 8$ células:

Algoritmo:

2. Todos os 1s devem ser englobados pelo menos uma vez para obter a expressão;
3. Os 1s adjacentes devem ser agrupados em números de potência de 2^n , ou seja. 1,2,4,8,...

EXEMPLO 1

C	B	A	S	Mintermos
0	0	0	0	m0
0	0	1	1	m1
0	1	0	0	m2
0	1	1	0	m3
1	0	0	0	m4
1	0	1	1	m5
1	1	0	0	m6
1	1	1	1	m7

	$\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{B}.A$	$B.A$	$B.\bar{A}$
\bar{C}		1		
C		1	1	

$\bar{B}.A$

Esse 1 também deve ser agrupado
Esse mintermo é $C.B.A$

MAPA DE KARNAUGH

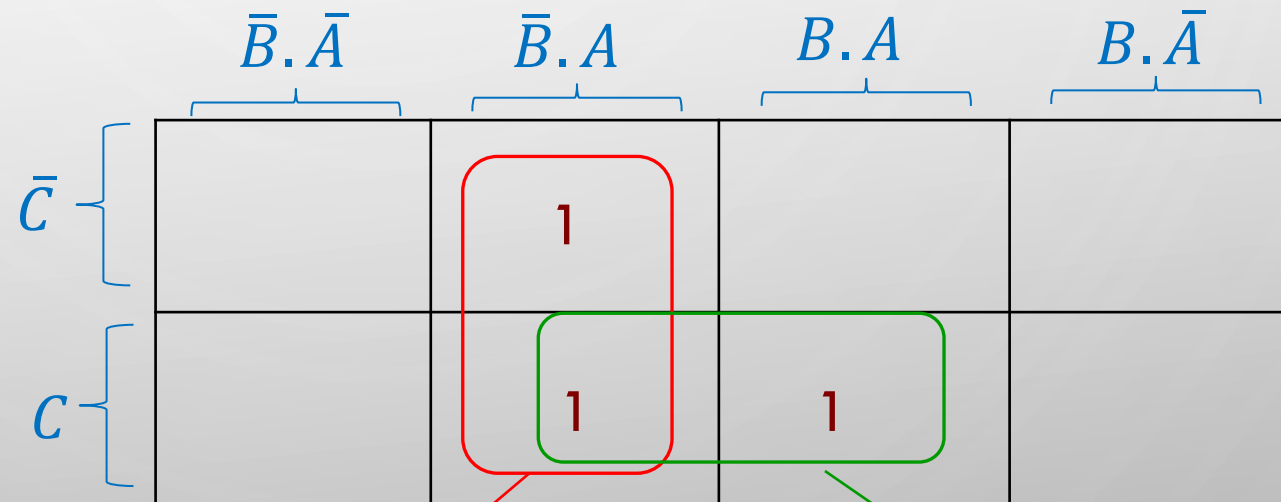
Algoritmo:

Com 3 variáveis terá $2^3 = 8$ células:

2. Todos os 1s devem ser englobados pelo menos uma vez para obter a expressão;
3. Os 1s adjacentes devem ser agrupados em números de potência de 2^n , ou seja. 1,2,4,8,...

EXEMPLO 1

C	B	A	S	Mintermos
0	0	0	0	m0
0	0	1	1	m1
0	1	0	0	m2
0	1	1	0	m3
1	0	0	0	m4
1	0	1	1	m5
1	1	0	0	m6
1	1	1	1	m7



$\bar{B}.A$

Para a expressão ser mais simples associar o 1 restante com o maior número de uns adjacentes. Esse agrupamento = $C.A$

$$S = \bar{B}.A + C.A$$

Expressão Simplificada

MAPA DE KARNAUGH

Com 3 variáveis terá $2^3 = 8$ células:

Algoritmo:

EXEMPLO 2

C	B	A	S	Mintermos
0	0	0	0	m0
0	0	1	0	m1
0	1	0	1	m2
0	1	1	1	m3
1	0	0	1	m4
1	0	1	0	m5
1	1	0	1	m6
1	1	1	1	m7

	$\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{B}.A$	$B.A$	$B.\bar{A}$
\bar{C}	m0	m1	m3	m2
C	m4	m5	m7	m6

MAPA DE KARNAUGH

Com 3 variáveis terá $2^3 = 8$ células:

Algoritmo:

1. Colocação de 1s nas posições respectivas

EXEMPLO 2

Célula	C	B	A	S
m0	0	0	0	0
m1	0	0	1	0
m2	0	1	0	1
m3	0	1	1	1
m4	1	0	0	1
m5	1	0	1	0
m6	1	1	0	1
m7	1	1	1	1

	$\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{B}.A$	$B.A$	$B.\bar{A}$
\bar{C}	m0	m1	m3	m2
C	m4	m5	m7	m6

MAPA DE KARNAUGH

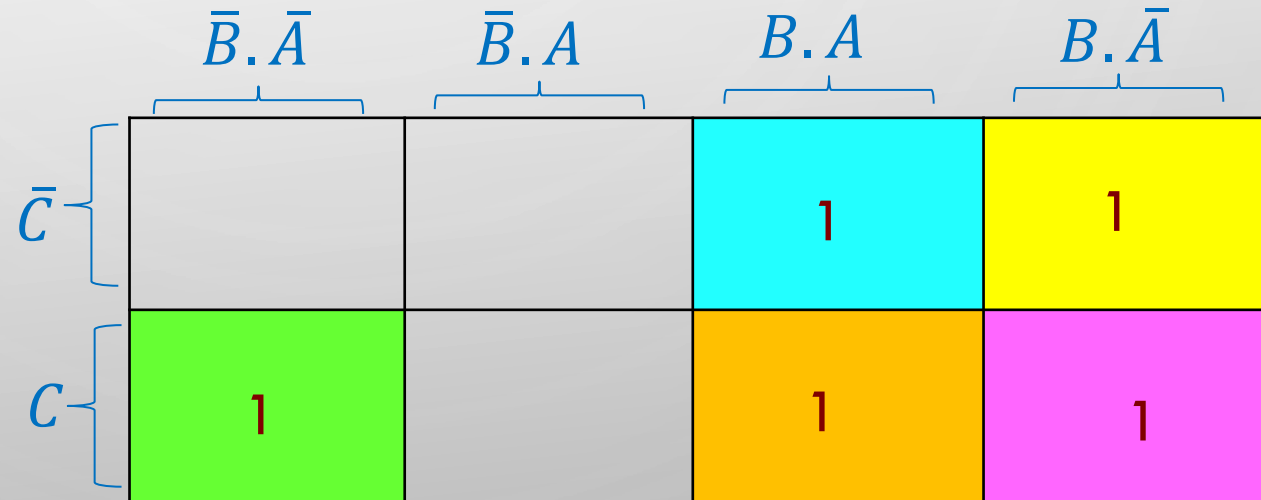
Com 3 variáveis terá $2^3 = 8$ células:

Algoritmo:

1. Colocação de 1s nas posições respectivas

EXEMPLO 2

Célula	C	B	A	S
m0	0	0	0	0
m1	0	0	1	0
m2	0	1	0	1
m3	0	1	1	1
m4	1	0	0	1
m5	1	0	1	0
m6	1	1	0	1
m7	1	1	1	1



MAPA DE KARNAUGH

Com 3 variáveis terá $2^3 = 8$ células:

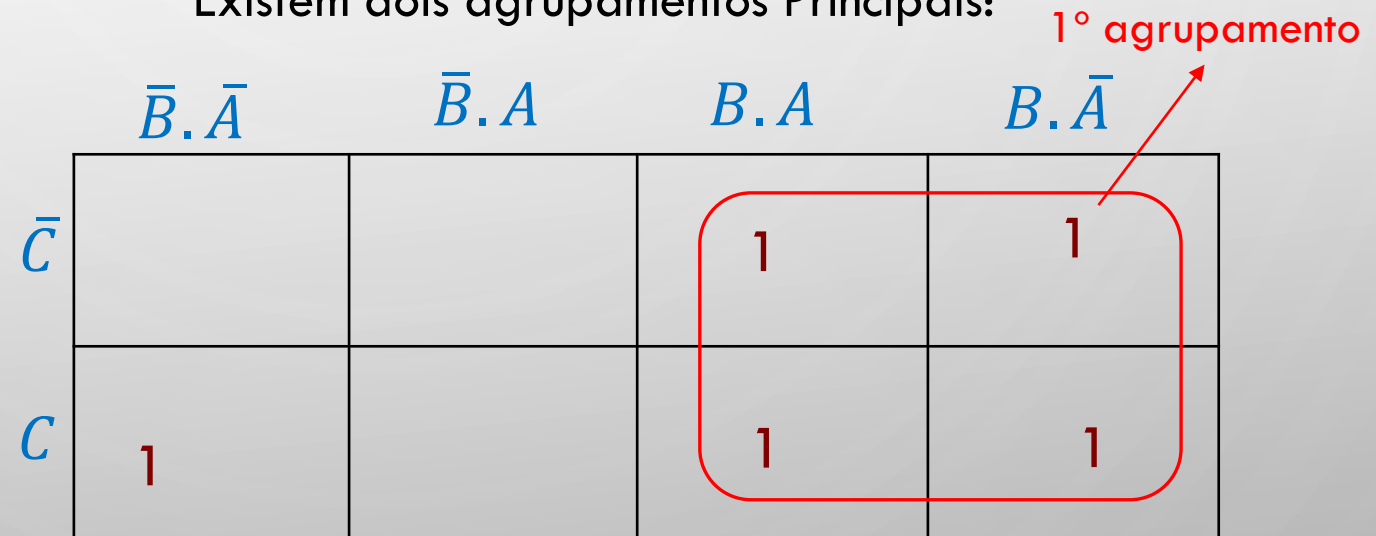
Algoritmo:

2. Todos os 1s devem ser englobados pelo menos uma vez para obter a expressão;
3. Os 1s adjacentes devem ser agrupados em números de potência de 2^n , ou seja. 1,2,4,8,...

EXEMPLO 2

Célula	C	B	A	S
m0	0	0	0	0
m1	0	0	1	0
m2	0	1	0	1
m3	0	1	1	1
m4	1	0	0	1
m5	1	0	1	0
m6	1	1	0	1
m7	1	1	1	1

Existem dois agrupamentos Principais:



- Agrupar o maior número de 1s possíveis
- Quantidade de variáveis do agrupamento: quatro 1s: $4 = 2^2$

Então, 2 variáveis eliminadas, restando apenas uma das 3 iniciais : B

MAPA DE KARNAUGH

Algoritmo: Com 3 variáveis terá $2^3 = 8$ células:

2. Todos os 1s devem ser englobados pelo menos uma vez para obter a expressão;
3. Os 1s adjacentes devem ser agrupados em números de potência de 2^n , ou seja. 1,2,4,8,...

EXEMPLO 2

Célula	C	B	A	S
m0	0	0	0	0
m1	0	0	1	0
m2	0	1	0	1
m3	0	1	1	1
m4	1	0	0	1
m5	1	0	1	0
m6	1	1	0	1
m7	1	1	1	1

Existem dois agrupamentos Principais:

	$\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{B}.A$	$B.A$	$B.\bar{A}$
\bar{C}			1	1
C	1		1	1

Mintermos:

$\bar{C}.B.\bar{A}$ $\bar{C}.B.A$ $C.B.\bar{A}$ $C.B.A$

B

Tem-se todas as combinações de A e C e apenas B é comum

MAPA DE KARNAUGH

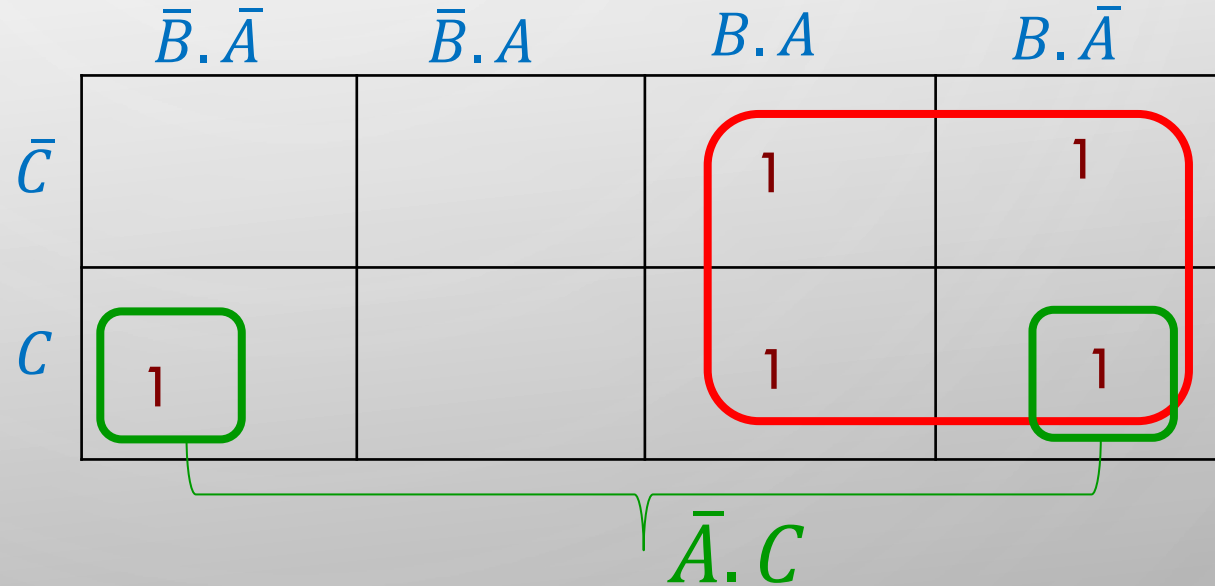
Algoritmo:

Com 3 variáveis terá $2^3 = 8$ células:

2. Todos os 1s devem ser englobados pelo menos uma vez para obter a expressão;
3. Os 1s adjacentes devem ser agrupados em números de potência de 2^n , ou seja. 1,2,4,8,...
4. Deve-se agrupar o maior número de 1s possível para obter uma maior simplificação.

EXEMPLO 2

Célula	C	B	A	S
m0	0	0	0	0
m1	0	0	1	0
m2	0	1	0	1
m3	0	1	1	1
m4	1	0	0	1
m5	1	0	1	0
m6	1	1	0	1
m7	1	1	1	1



- Quantidade de variáveis do agrupamento: dois 1s: $2 = 2^1$
Então, 1 variável eliminada das três, portanto a combinação deve apresentar 2 variáveis

MAPA DE KARNAUGH

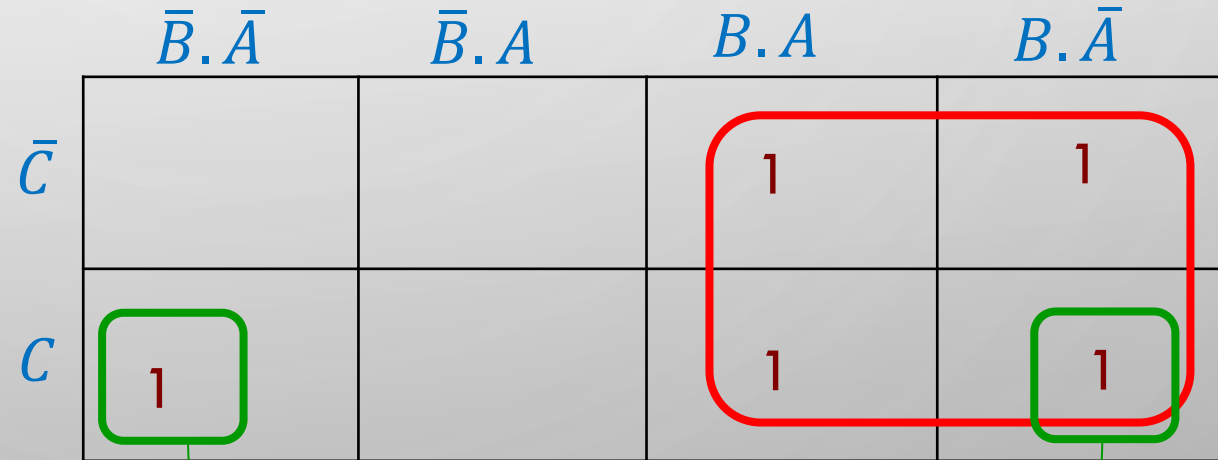
Com 3 variáveis terá $2^3 = 8$ células:

Algoritmo:

2. Todos os 1s devem ser englobados pelo menos uma vez para obter a expressão;
3. Os 1s adjacentes devem ser agrupados em números de potência de 2^n , ou seja. 1,2,4,8,..
4. Deve-se agrupar o maior número de 1s possível para obter uma maior simplificação;
5. Obter a expressão lógica

EXEMPLO 2

Célula	C	B	A	S
m0	0	0	0	0
m1	0	0	1	0
m2	0	1	0	1
m3	0	1	1	1
m4	1	0	0	1
m5	1	0	1	0
m6	1	1	0	1
m7	1	1	1	1



$$S = B + \bar{A}.C$$

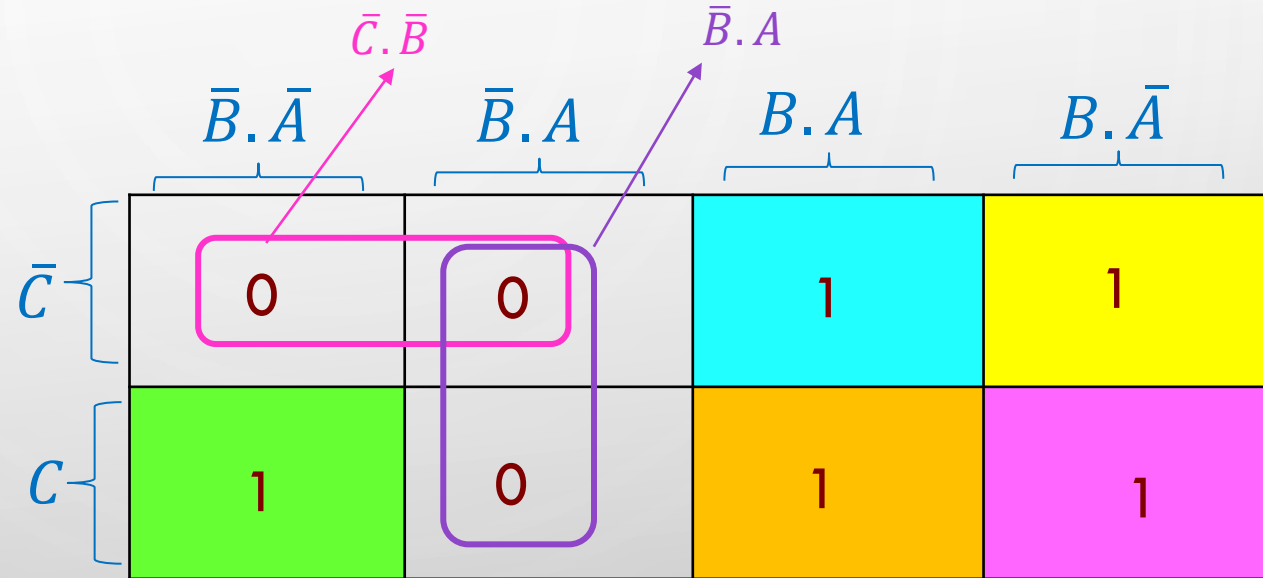
Expressão Simplificada

MAPA DE KARNAUGH

Associação de zeros

EXEMPLO 2

Célula	C	B	A	S
m0	0	0	0	0
m1	0	0	1	0
m2	0	1	0	1
m3	0	1	1	1
m4	1	0	0	1
m5	1	0	1	0
m6	1	1	0	1
m7	1	1	1	1



$$\bar{S} = \bar{B}.A + \bar{C}.B$$

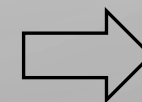
$$S = \overline{\bar{B}.A + \bar{C}.B} = \overline{(\bar{B}.A)}. \overline{\bar{C}.B} = (B + \bar{A}).(C + B)$$

Expressão Simplificada obtida com 1s

$$S = B + \bar{A}.C$$

$$S = B.C + B.B + \bar{A}.C + \bar{A}.B =$$

$$\left. \begin{array}{l} B + B.C = B \\ B + \bar{A}.B = B \end{array} \right\} \text{Identities} \\ \text{auxiliares}$$



$$S = B + \bar{A}.C$$

MAPA DE KARNAUGH

Exercício 1: dada a tabela verdade obter a expressão simplificada utilizando Mapa de Karnaugh

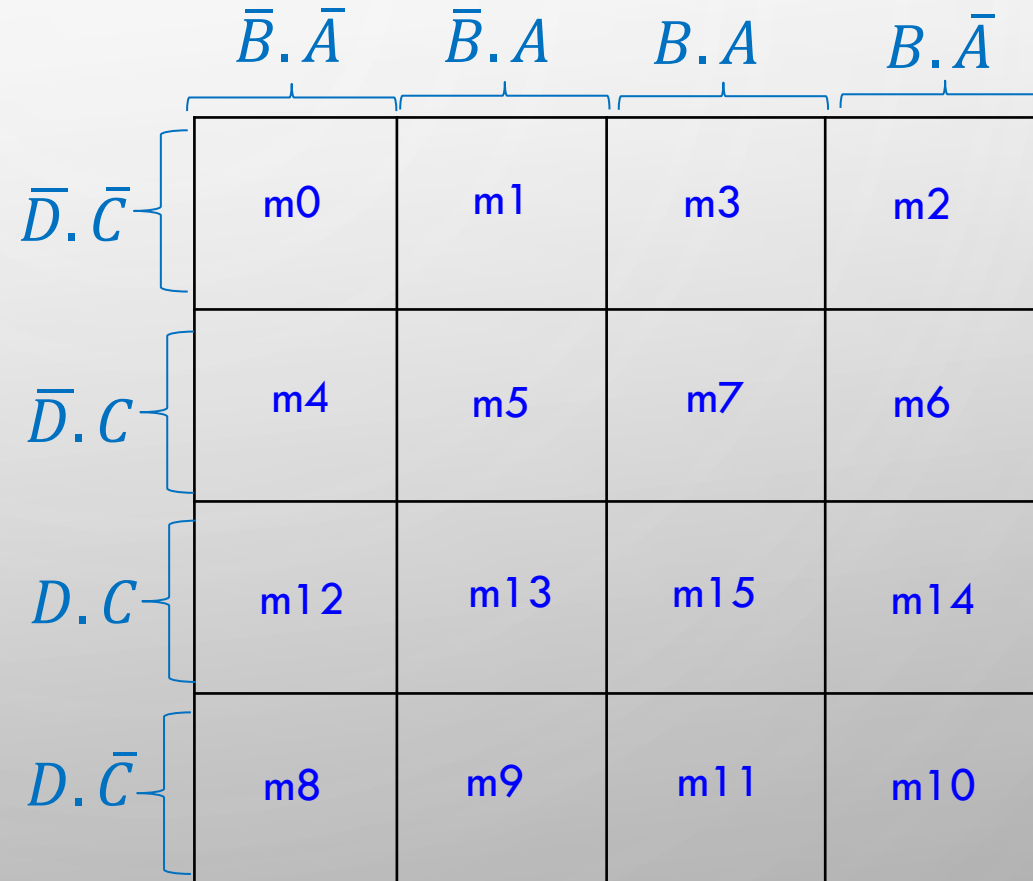
Célula	C	B	A	S
m0	0	0	0	0
m1	0	0	1	1
m2	0	1	0	1
m3	0	1	1	1
m4	1	0	0	0
m5	1	0	1	1
m6	1	1	0	1
m7	1	1	1	1

MAPA DE KARNAUGH

Com 4 variáveis terá $2^4 = 16$ células:

Colocação dos **mintermos** (soma de produtos) no Mapa:

Célula #	D	C	B	A	S	mintermos
0	0	0	0	0	0	m0
1	0	0	0	1	0	m1
2	0	0	1	0	0	m2
3	0	0	1	1	0	m3
4	0	1	0	0	0	m4
5	0	1	0	1	1	m5
6	0	1	1	0	0	m6
7	0	1	1	1	0	m7
8	1	0	0	0	0	m8
9	1	0	0	1	0	m9
10	1	0	1	0	1	m10
11	1	0	1	1	0	m11
12	1	1	0	0	0	m12
13	1	1	0	1	0	m13
14	1	1	1	0	0	m14
15	1	1	1	1	1	m15



MAPA DE KARNAUGH

Com 4 variáveis terá $2^4 = 16$ células:

EXEMPLO 1:

Expressão lógica obtida por **mintermos** (soma de produtos)
Inserir os 1s no Mapa de Karnaugh nas posições correspondentes aos mintermos

Célula #	D	C	B	A	S	mintermos
0	0	0	0	0	0	m0
1	0	0	0	1	0	m1
2	0	0	1	0	0	m2
3	0	0	1	1	0	m3
4	0	1	0	0	0	m4
5	0	1	0	1	0	m5
6	0	1	1	0	0	m6
7	0	1	1	1	0	m7
8	1	0	0	0	0	m8
9	1	0	0	1	0	m9
10	1	0	1	0	1	m10
11	1	0	1	1	0	m11
12	1	1	0	0	1	m12
13	1	1	0	1	1	m13
14	1	1	1	0	0	m14
15	1	1	1	1	0	m15

	$\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{B}.A$	$B.A$	$B.\bar{A}$
$\bar{D}.\bar{C}$				
$\bar{D}.C$				
$D.C$	m12=1	m13=1		
$D.\bar{C}$				m10=1

MAPA DE KARNAUGH

Com 4 variáveis terá $2^4 = 16$ células:

EXEMPLO 1: Expressão lógica obtida por **mintermos** (soma de produtos)
Agrupar o maior número de 1s adjacentes

Célula #	D	C	B	A	S	mintermos
0	0	0	0	0	0	m0
1	0	0	0	1	0	m1
2	0	0	1	0	0	m2
3	0	0	1	1	0	m3
4	0	1	0	0	0	m4
5	0	1	0	1	0	m5
6	0	1	1	0	0	m6
7	0	1	1	1	0	m7
8	1	0	0	0	0	m8
9	1	0	0	1	0	m9
10	1	0	1	0	1	m10
11	1	0	1	1	0	m11
12	1	1	0	0	1	m12
13	1	1	0	1	1	m13
14	1	1	1	0	0	m14
15	1	1	1	1	0	m15

	$\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{B}.A$	$B.A$	$B.\bar{A}$
$\bar{D}.\bar{C}$				
$\bar{D}.C$				
$D.C$	1	1		
$D.\bar{C}$				1

$D.C.\bar{B}$

Agrupamento de dois 1s : 2^1 exclui **uma** variável das quatro, portanto o termo deve apresentar 3 variáveis

MAPA DE KARNAUGH

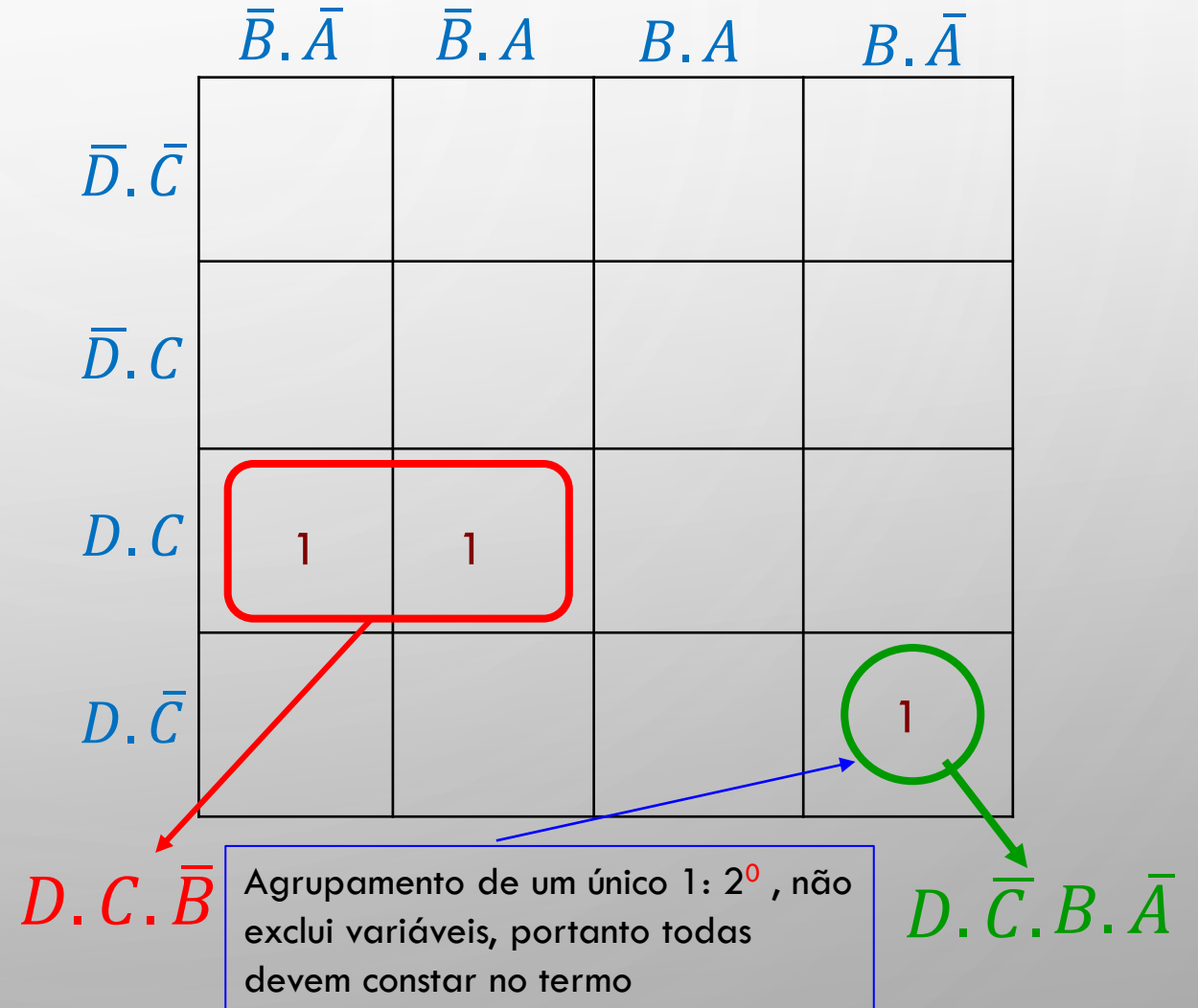
Com 4 variáveis terá $2^4 = 16$ células:

Expressão lógica obtida por **mintermos** (soma de produtos)

Agrupar o maior número de 1s adjacentes

EXEMPLO 1:

Célula #	D	C	B	A	S	mintermos
0	0	0	0	0	0	m0
1	0	0	0	1	0	m1
2	0	0	1	0	0	m2
3	0	0	1	1	0	m3
4	0	1	0	0	0	m4
5	0	1	0	1	0	m5
6	0	1	1	0	0	m6
7	0	1	1	1	0	m7
8	1	0	0	0	0	m8
9	1	0	0	1	0	m9
10	1	0	1	0	1	m10
11	1	0	1	1	0	m11
12	1	1	0	0	1	m12
13	1	1	0	1	1	m13
14	1	1	1	0	0	m14
15	1	1	1	1	0	m15



MAPA DE KARNAUGH

Com 4 variáveis terá $2^4 = 16$ células:

Expressão lógica obtida por **mintermos** (soma de produtos)

Obter a expressão simplificada

EXEMPLO 1:

Célula #	D	C	B	A	S	mintermos
0	0	0	0	0	0	m0
1	0	0	0	1	0	m1
2	0	0	1	0	0	m2
3	0	0	1	1	0	m3
4	0	1	0	0	0	m4
5	0	1	0	1	0	m5
6	0	1	1	0	0	m6
7	0	1	1	1	0	m7
8	1	0	0	0	0	m8
9	1	0	0	1	0	m9
10	1	0	1	0	1	m10
11	1	0	1	1	0	m11
12	1	1	0	0	1	m12
13	1	1	0	1	1	m13
14	1	1	1	0	0	m14
15	1	1	1	1	0	m15

	$\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{B}.A$	$B.A$	$B.\bar{A}$
$\bar{D}.\bar{C}$				
$\bar{D}.C$				
$D.C$	1	1		
$D.\bar{C}$				1

Expressão Simplificada

$$S = D.C.\bar{B} + D.\bar{C}.B.\bar{A}$$

MAPA DE KARNAUGH

Com 4 variáveis terá $2^4 = 16$ células:

EXEMPLO 2: Inserir os 1s no Mapa de Karnaugh nas posições correspondentes aos mintermos

Célula #	D	C	B	A	S	mintermos
0	0	0	0	0	0	m0
1	0	0	0	1	0	m1
2	0	0	1	0	1	m2
3	0	0	1	1	1	m3
4	0	1	0	0	0	m4
5	0	1	0	1	0	m5
6	0	1	1	0	1	m6
7	0	1	1	1	1	m7
8	1	0	0	0	0	m8
9	1	0	0	1	0	m9
10	1	0	1	0	1	m10
11	1	0	1	1	1	m11
12	1	1	0	0	0	m12
13	1	1	0	1	0	m13
14	1	1	1	0	1	m14
15	1	1	1	1	1	m15

	$\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{B}.A$	$B.A$	$B.\bar{A}$
$\bar{D}.\bar{C}$			1	1
$\bar{D}.C$			1	1
$D.C$			1	1
$D.\bar{C}$			1	1

MAPA DE KARNAUGH

Com 4 variáveis terá $2^4 = 16$ células:

EXEMPLO 2: Agrupamento de 1s e Obtenção da expressão Lógica simplificada

Expressão Simplificada:

$$S = B$$

Agrupamento de oito 1s: 2^3 , portanto exclui **três** variáveis, então o termo deve apresentar uma variável.

	$\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{B}.A$	$B.A$	$B.\bar{A}$
$\bar{D}.\bar{C}$			1	1
$\bar{D}.C$			1	1
$D.C$			1	1
$D.\bar{C}$			1	1

MAPA DE KARNAUGH

Com 4 variáveis terá $2^4 = 16$ células:

EXEMPLO 2:

Obtenção da expressão Lógica simplificada
Caso não sejam associados o maior número de uns possíveis, a expressão obtida não é a mais simplificada

Expressão Obtida::

$$S = \bar{D}.B + D.B$$

Utilizando as propriedades da álgebra de Boole, obtém-se a expressão simplificada do slide anterior

$$Z = \bar{D}.B + D.B = B.(\bar{D} + D) = B$$

	$\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{B}.A$	$B.A$	$B.\bar{A}$
$\bar{D}.\bar{C}$			1	1
$\bar{D}.C$			1	1
$D.C$			1	1
$D.\bar{C}$			1	1

MAPA DE KARNAUGH

Com 4 variáveis terá $2^4 = 16$ células:

EXEMPLO 3:

	$\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{B}.A$	$B.A$	$B.\bar{A}$
$\bar{D}.\bar{C}$	1			1
$\bar{D}.C$	1			1
$D.C$	1			1
$D.\bar{C}$	1			1

MAPA DE KARNAUGH

Com 4 variáveis terá $2^4 = 16$ células:

Agrupamento de 1s e Obtenção da expressão Lógica simplificada

EXEMPLO 3:

Expressão Simplificada:

$$S = \bar{A}$$

	$\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{B}.A$	$B.A$	$B.\bar{A}$
$\bar{D}.\bar{C}$	1			1
$\bar{D}.C$	1			1
$D.C$	1			1
$D.\bar{C}$	1			1

\bar{A}

MAPA DE KARNAUGH

Com 4 variáveis terá $2^4 = 16$ células:

EXEMPLO 4: Agrupamento de 1s e Obtenção da expressão Lógica simplificada

Expressão Simplificada:

$$S = \bar{C} \cdot \bar{A}$$

	$\bar{B} \cdot \bar{A}$	$\bar{B} \cdot A$	$B \cdot A$	$B \cdot \bar{A}$
$\bar{D} \cdot \bar{C}$	1			1
$\bar{D} \cdot C$				
$D \cdot C$				
$D \cdot \bar{C}$	1			1

MAPA DE KARNAUGH

Com 4 variáveis terá $2^4 = 16$ células:

EXEMPLO 5: Agrupamento de 1s e Obtenção da expressão Lógica simplificada

Expressão Simplificada:

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

	$\bar{B} \cdot \bar{A}$	$\bar{B} \cdot A$	$B \cdot A$	$B \cdot \bar{A}$
$\bar{D} \cdot \bar{C}$	1			1
$\bar{D} \cdot C$		1	1	
$D \cdot C$		1	1	
$D \cdot \bar{C}$	1			1

MAPA DE KARNAUGH

Com 4 variáveis terá $2^4 = 16$ células:

EXEMPLO 6: Agrupamento de 1s e Obtenção da expressão Lógica simplificada

Expressão Simplificada:

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

	$\bar{B} \cdot \bar{A}$	$\bar{B} \cdot A$	$B \cdot A$	$B \cdot \bar{A}$
$\bar{D} \cdot \bar{C}$		1		
$\bar{D} \cdot C$		1	1	1
$D \cdot C$	1	1	1	
$D \cdot \bar{C}$			1	

MAPA DE KARNAUGH

Com 4 variáveis terá $2^4 = 16$ células:

EXEMPLO 6: Agrupamento de 1s e Obtenção da expressão Lógica simplificada

A Expressão:

$$S = \bar{D}.\bar{B}.A + \bar{D}.C.B + D.C.\bar{B} + D.B.A + C.A$$

Está correta! Porém, não é a mais simplificada!!!

O agrupamento em vermelho repete 1s que já foram agrupados, sem existir nenhum que não pertence a grupo algum. Portanto, esse termo $C.A$ é redundante.

	$\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{B}.A$	$B.A$	$B.\bar{A}$
$\bar{D}.\bar{C}$		1		
$\bar{D}.C$		1	1	1
$D.C$	1	1	1	
$D.\bar{C}$			1	

MAPA DE KARNAUGH

Com 4 variáveis terá $2^4 = 16$ células:

EXEMPLO 7: Agrupamento de 1s e Obtenção da expressão Lógica simplificada

Expressão Simplificada:

$$S = D.\bar{A} +$$

	$\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{B}.A$	$B.A$	$B.\bar{A}$
$\bar{D}.\bar{C}$				
$\bar{D}.C$		1	1	
$D.C$	1	1		1
$D.\bar{C}$	1	1	1	1

$D.\bar{A}$

MAPA DE KARNAUGH

Com 4 variáveis terá $2^4 = 16$ células:

EXEMPLO 7: Agrupamento de 1s e Obtenção da expressão Lógica simplificada

Expressão Simplificada:

$$S = D.\bar{A} + D.\bar{C} +$$

Nesse caso os 1s circulos em azul já tinham sido agrupados na expressão $D.\bar{A}$ e foram novamente utilizados para agrupar o maior número de 1s adjacentes e obter a expressão em verde $D.\bar{C}$

	$\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{B}.A$	$B.A$	$B.\bar{A}$
$\bar{D}.\bar{C}$				
$\bar{D}.C$		1	1	
$D.C$	1	1		1
$D.\bar{C}$	1	1	1	1

$D.\bar{C}$ →

MAPA DE KARNAUGH

Com 4 variáveis terá $2^4 = 16$ células:

EXEMPLO 7: Agrupamento de 1s e Obtenção da expressão Lógica simplificada

Expressão Simplificada:

$$S = D.\bar{A} + D.\bar{C} + D.\bar{B} +$$

Nesse caso os 1s em azul correspondem a 1s que já foram pegos na expressão $D.\bar{A}$, mas são repetidos para associar o maior número de 1s e agrupar 1s que ainda não foram adicionados (no caso o 1 circulado por laranja).

	$\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{B}.A$	$B.A$	$B.\bar{A}$
$\bar{D}.\bar{C}$				
$\bar{D}.C$		1	1	
$D.C$	1	1		1
$D.\bar{C}$	1	1	1	1

$D.\bar{B}$ ←

MAPA DE KARNAUGH

Com 4 variáveis terá $2^4 = 16$ células:

EXEMPLO 7: Agrupamento de 1s e Obtenção da expressão Lógica simplificada

Expressão Simplificada:

$$S = D.\bar{A} + D.\bar{C} + D.\bar{B} + \bar{D}.C.A$$

	$\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{B}.A$	$B.A$	$B.\bar{A}$
$\bar{D}.\bar{C}$				
$\bar{D}.C$		1	1	
$D.C$	1	1		1
$\bar{D}.C.A$	1	1	1	1

Diagram illustrating the Karnaugh map for the function S. The map is a 4x4 grid with columns labeled $\bar{B}.\bar{A}$, $\bar{B}.A$, $B.A$, and $B.\bar{A}$, and rows labeled $\bar{D}.\bar{C}$, $\bar{D}.C$, $D.C$, and $\bar{D}.C.A$. The cells containing 1s are grouped into four regions: a cyan group covering $\bar{D}.C$ for $\bar{B}.A$ and $B.A$; a purple group covering $D.C$ for $\bar{B}.\bar{A}$ and $\bar{B}.A$; a pink group covering $D.C$ for $B.\bar{A}$; and a green group covering $\bar{D}.C.A$ for all four columns. An arrow points from the label $\bar{D}.C.A$ to the green group.

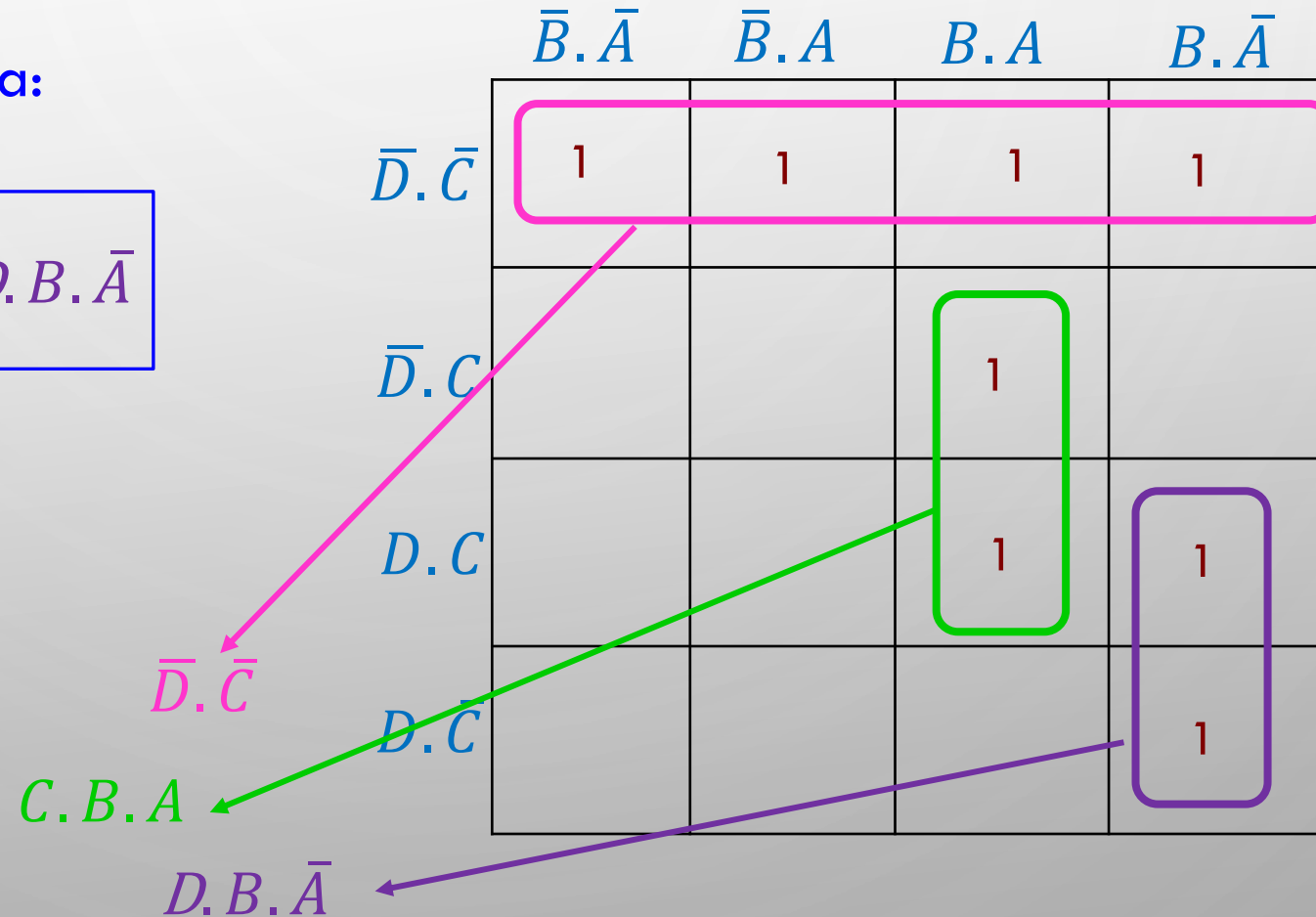
MAPA DE KARNAUGH

Com 4 variáveis terá $2^4 = 16$ células:

EXEMPLO 8: Agrupamento de 1s e Obtenção da expressão Lógica simplificada

Expressão Simplificada:

$$S = \bar{D}.\bar{C} + C.B.A + D.B.\bar{A}$$



MAPA DE KARNAUGH

Com 4 variáveis terá $2^4 = 16$ células:

EXEMPLO 9: Agrupamento de 1s e Obtenção da expressão Lógica simplificada

Mesma tabela do Exemplo 8,
porém com o 1 em **vermelho** a
mais

	$\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{B}.A$	$B.A$	$B.\bar{A}$
$\bar{D}.\bar{C}$	1	1	1	1
$\bar{D}.C$			1	
$D.C$			1	1
$D.\bar{C}$	1			1

MAPA DE KARNAUGH

Com 4 variáveis terá $2^4 = 16$ células:

EXEMPLO 9: Agrupamento de 1s e Obtenção da expressão Lógica simplificada

Expressão Simplificada:

$$S = \bar{D}.\bar{C} + C.B.A + D.B.\bar{A} + \bar{C}.\bar{A}$$

Mesma expressão do Exemplo 8

	$\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{B}.A$	$B.A$	$B.\bar{A}$
$\bar{D}.\bar{C}$	1	1	1	1
$\bar{D}.C$			1	
$D.C$			1	1
$D.\bar{C}$	1			1

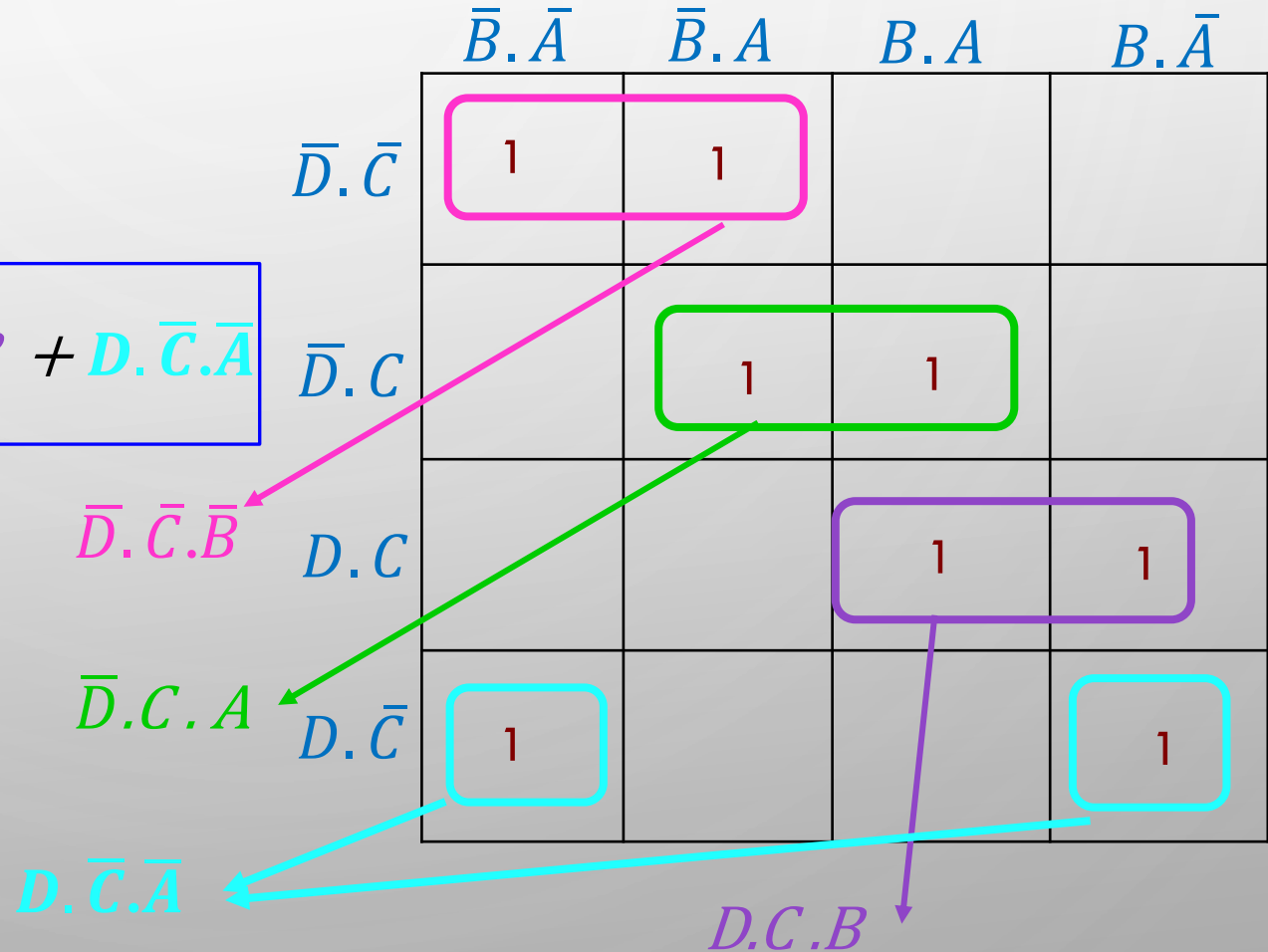
$\bar{C}.\bar{A}$

MAPA DE KARNAUGH

EXEMPLO 10: Agrupamento de 1s e Obtenção da expressão Lógica simplificada
Com 4 variáveis terá $2^4 = 16$ células:

Expressão Simplificada:

$$S = \bar{D}.\bar{C}.\bar{B} + \bar{D}.C.A + D.C.B + D.\bar{C}.\bar{A}$$



MAPA DE KARNAUGH

EXEMPLO 11: Agrupamento de 1s e Obtenção da expressão Lógica simplificada
Com 4 variáveis terá $2^4 = 16$ células:

Expressão Simplificada:

$$S = \bar{D}.\bar{C}.\bar{B} + \bar{D}.C.A + D.\bar{C}.B.\bar{A}$$

	$\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{B}.A$	$B.A$	$B.\bar{A}$
$\bar{D}.\bar{C}$	1	1		
$\bar{D}.C$		1	1	
$D.C$				
$D.\bar{C}$				1

$\bar{D}.\bar{C}.\bar{B}$

$\bar{D}.C.A$

$D.\bar{C}.B.\bar{A}$

Agrupamento de um 1 : 2^0 , portanto não exclui nenhuma variável, então o termo deve apresentar quatro variáveis.

MAPA DE KARNAUGH

Exercício 2: Dado o Mapa de Karnaugh, obter a expressão simplificada

	$\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{B}.A$	$B.A$	$B.\bar{A}$
$\bar{D}.\bar{C}$			1	
$\bar{D}.C$	1		1	1
$D.C$	1			1
$D.\bar{C}$			1	

MAPA DE KARNAUGH

Com 5 variáveis terá $2^5 = 32$ células:

	$\bar{C}.\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{C}.\bar{B}.A$	$\bar{C}.B.A$	$\bar{C}.B.\bar{A}$	$C.B.\bar{A}$	$C.B.A$	$C.\bar{B}.A$	$C.\bar{B}.\bar{A}$
$\bar{E}.\bar{D}$		1	1	1	1			1
$\bar{E}.D$		1	1	1	1		1	1
$E.D$	1	1		1	1		1	
$E.\bar{D}$	1			1	1			

MAPA DE KARNAUGH

Com 5 variáveis terá $2^5 = 32$ células:

Agrupando o maior número de 1s

$\bar{E} \cdot \bar{C} \cdot A$

	$\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$	$\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot A$	$\bar{C} \cdot B \cdot A$	$\bar{C} \cdot B \cdot \bar{A}$	$C \cdot B \cdot \bar{A}$	$C \cdot B \cdot A$	$C \cdot \bar{B} \cdot A$	$C \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$
$\bar{E} \cdot \bar{D}$		1	1	1	1			1
$\bar{E} \cdot D$		1	1	1	1		1	1
$E \cdot D$	1	1		1	1		1	
$E \cdot \bar{D}$	1			1	1			

MAPA DE KARNAUGH

Com 5 variáveis terá $2^5 = 32$ células:

Agrupando o maior número de 1s

$\bar{E} \cdot \bar{C} \cdot A$

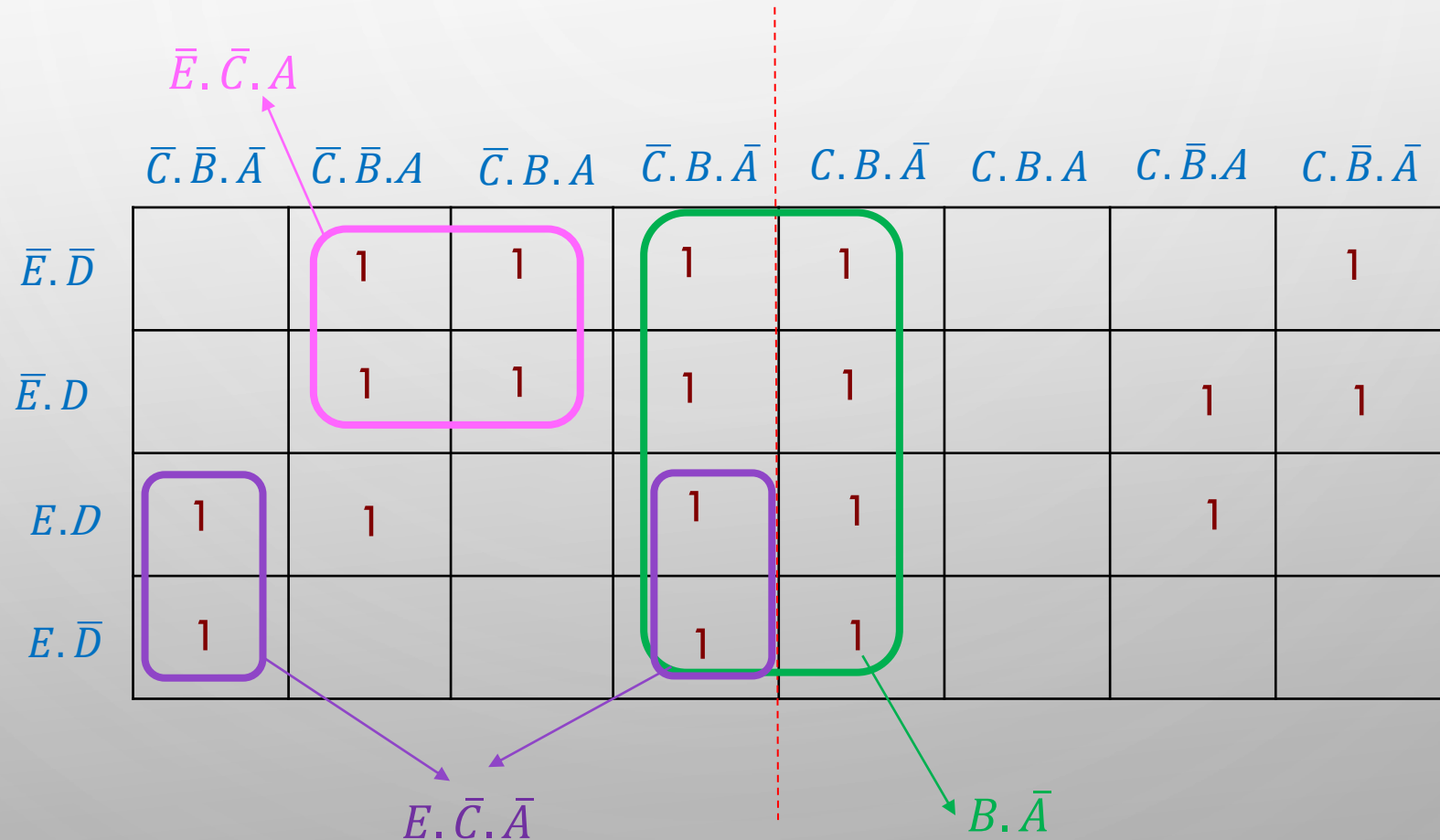
	$\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$	$\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot A$	$\bar{C} \cdot B \cdot \bar{A}$	$\bar{C} \cdot B \cdot A$	$C \cdot B \cdot \bar{A}$	$C \cdot B \cdot A$	$C \cdot \bar{B} \cdot A$	$C \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$
$\bar{E} \cdot \bar{D}$		1	1	1	1			1
$\bar{E} \cdot D$		1	1	1	1		1	1
$E \cdot D$	1	1		1	1		1	
$E \cdot \bar{D}$	1			1	1			

$B \cdot \bar{A}$

MAPA DE KARNAUGH

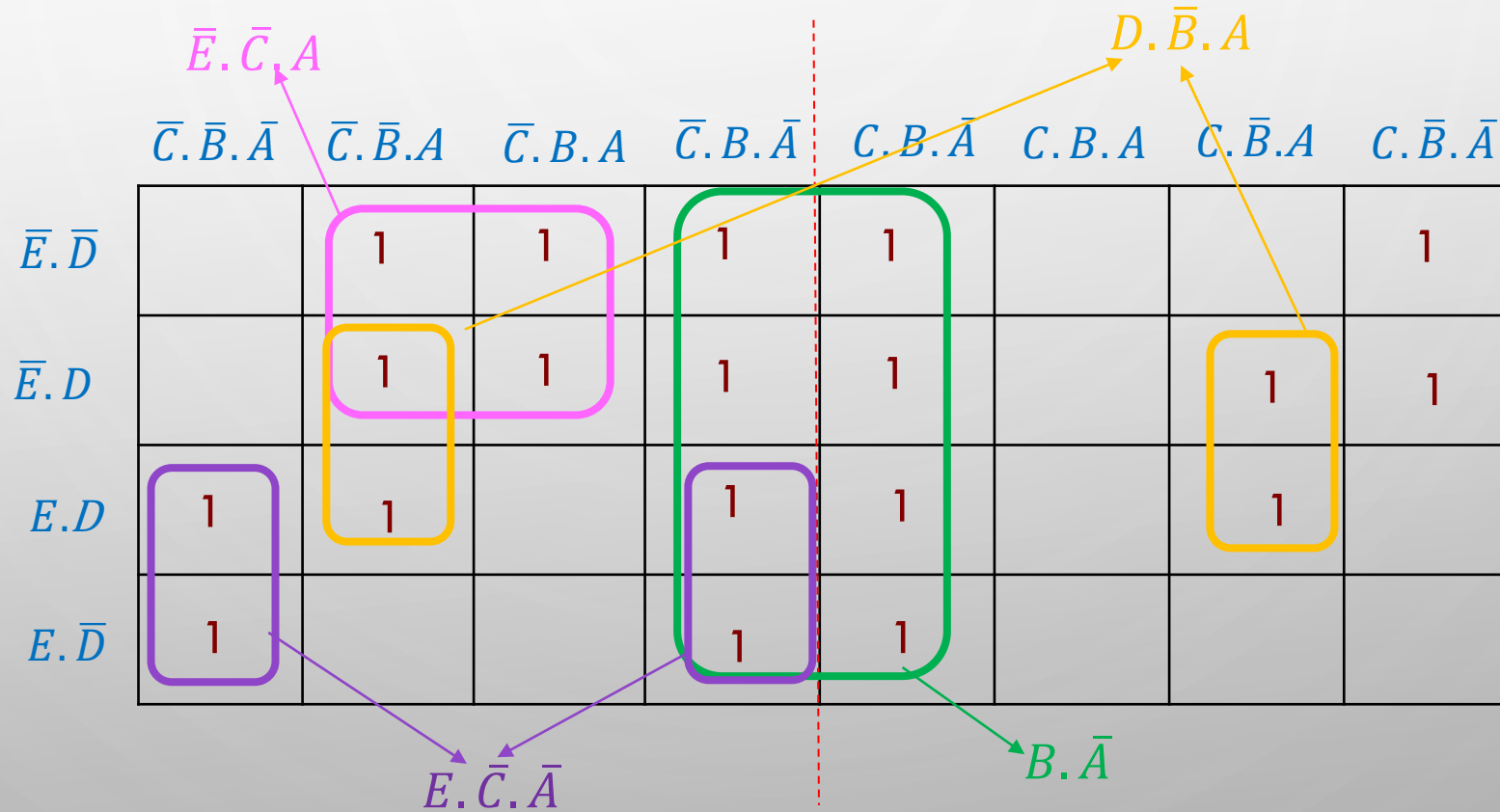
Com 5 variáveis terá $2^5 = 32$ células:

Agrupando o maior número de 1s



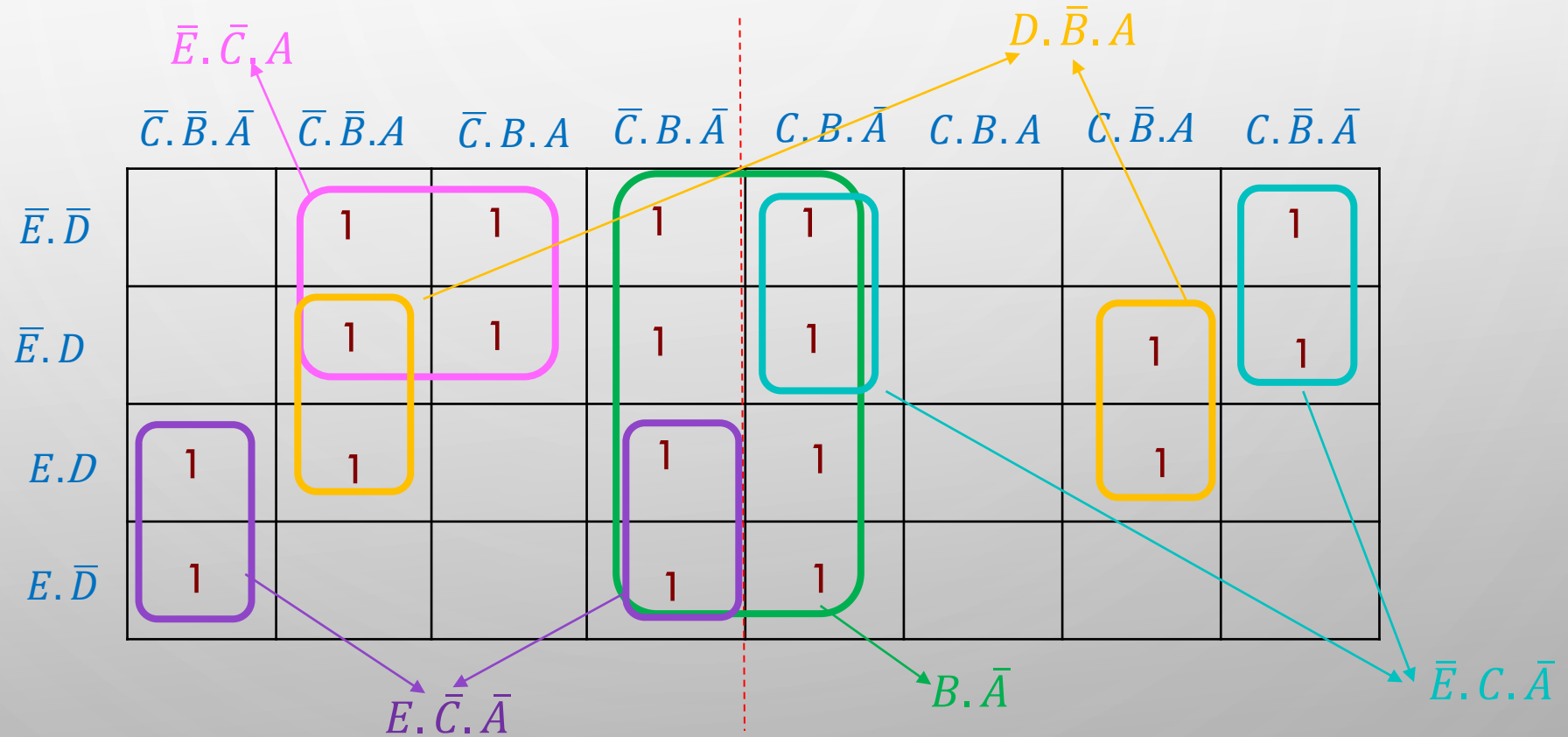
MAPA DE KARNAUGH

Com 5 variáveis terá $2^5 = 32$ células:
Agrupando o maior número de 1s



MAPA DE KARNAUGH

Com 5 variáveis terá $2^5 = 32$ células:
Agrupando o maior número de 1s



$$S = \bar{E}.\bar{C}.A + B.\bar{A} + E.C.\bar{A} + D.\bar{B}.A + \bar{E}.C.\bar{A}$$

MAPA DE KARNAUGH

Exercício 3 (para casa): Dado o Mapa de Karnaugh com 5 variáveis, obter a expressão simplificada

	$\bar{C}.\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{C}.\bar{B}.A$	$\bar{C}.B.A$	$\bar{C}.B.\bar{A}$	$C.B.\bar{A}$	$C.B.A$	$C.\bar{B}.A$	$C.\bar{B}.\bar{A}$
$\bar{E}.\bar{D}$	1							1
$\bar{E}.D$		1	1			1	1	
$E.D$		1	1		1	1	1	
$E.\bar{D}$	1							1

MAPA DE KARNAUGH

Com 6 variáveis terá $2^6 = 64$ células:

	$\bar{C}.\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{C}.\bar{B}.A$	$\bar{C}.B.A$	$\bar{C}.B.\bar{A}$	$C.B.\bar{A}$	$C.B.A$	$C.\bar{B}.A$	$C.\bar{B}.\bar{A}$
$\bar{F}.\bar{E}.\bar{D}$							1	
$\bar{F}.\bar{E}.D$	1			1	1			1
$\bar{F}.E.D$	1			1	1			1
$\bar{F}.E.\bar{D}$	1	1					1	1
$F.E.\bar{D}$			1					
$F.E.D$	1			1	1			1
$F.\bar{E}.D$	1			1	1			1
$F.\bar{E}.\bar{D}$	1	1	1	1	1	1	1	1

MAPA DE KARNAUGH

Com 6 variáveis terá $2^6 = 64$ células:

	$\bar{C}.\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{C}.\bar{B}.A$	$\bar{C}.B.A$	$\bar{C}.B.\bar{A}$	$C.B.\bar{A}$	$C.B.A$	$C.\bar{B}.A$	$C.\bar{B}.\bar{A}$
$\bar{F}.\bar{E}.\bar{D}$							1	
$\bar{F}.\bar{E}.D$	1			1	1			1
$\bar{F}.E.D$	1			1	1			1
$\bar{F}.E.\bar{D}$	1	1					1	1
$F.E.\bar{D}$			1					
$F.E.D$	1			1	1			1
$F.\bar{E}.D$	1			1	1			1
$F.\bar{E}.\bar{D}$	1	1	1	1	1	1	1	1

Agrupamento de dezesseis 1s: 2^4 , portanto exclui **quatro** variáveis, então o termo deve apresentar duas variáveis.

$$S = D.\bar{A} +$$

MAPA DE KARNAUGH

Com 6 variáveis terá $2^6 = 64$ células:

	$\bar{C}.\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{C}.\bar{B}.A$	$\bar{C}.B.A$	$\bar{C}.B.\bar{A}$	$C.B.\bar{A}$	$C.B.A$	$C.\bar{B}.A$	$C.\bar{B}.\bar{A}$
$\bar{F}.\bar{E}.\bar{D}$							1	
$\bar{F}.\bar{E}.D$	1			1	1			1
$\bar{F}.E.D$	1			1	1			1
$\bar{F}.E.\bar{D}$	1	1					1	1
$F.E.\bar{D}$			1					
$F.E.D$	1			1	1			1
$F.\bar{E}.D$	1			1	1			1
$F.\bar{E}.\bar{D}$	1	1	1	1	1	1	1	1

Agrupamento de oito 1s: 2^3 , portanto exclui **três** variáveis, então o termo deve apresentar três variáveis.

$$S = D.\bar{A} + F.\bar{E}.\bar{D}$$

$F.\bar{E}.\bar{D}$

MAPA DE KARNAUGH

Com 6 variáveis terá $2^6 = 64$ células:

	$\bar{C}.\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{C}.\bar{B}.A$	$\bar{C}.B.A$	$\bar{C}.B.\bar{A}$	$C.B.\bar{A}$	$C.B.A$	$C.\bar{B}.A$	$C.\bar{B}.\bar{A}$
$\bar{F}.\bar{E}.\bar{D}$							1	
$\bar{F}.\bar{E}.D$	1			1	1			1
$\bar{F}.E.D$	1			1	1			1
$\bar{F}.E.\bar{D}$	1	1					1	1
$F.E.\bar{D}$			1					
$F.E.D$	1			1	1			1
$F.\bar{E}.D$	1			1	1			1
$F.\bar{E}.\bar{D}$	1	1	1	1	1	1	1	1

Agrupamento de quatro 1s: 2^2 , portanto exclui **duas** variáveis, então o termo deve apresentar quatro variáveis.

$$S = D.\bar{A} + F.\bar{E}.\bar{D} + \bar{F}.E.\bar{D}.\bar{B}$$

MAPA DE KARNAUGH

Com 6 variáveis terá $2^6 = 64$ células:

	$\bar{C}.\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{C}.\bar{B}.A$	$\bar{C}.B.A$	$\bar{C}.B.\bar{A}$	$C.B.\bar{A}$	$C.B.A$	$C.\bar{B}.A$	$C.\bar{B}.\bar{A}$
$\bar{F}.\bar{E}.\bar{D}$							1	
$\bar{F}.\bar{E}.D$	1			1	1			1
$\bar{F}.E.D$	1			1	1			1
$\bar{F}.E.\bar{D}$	1	1					1	1
$F.E.\bar{D}$			1					
$F.E.D$	1			1	1			1
$F.\bar{E}.D$	1			1	1			1
$F.\bar{E}.\bar{D}$	1	1	1	1	1	1	1	1

$\bar{E}.\bar{D}.C.\bar{B}.A$

Agrupamento de dois 1s: 2^1 , portanto exclui **uma** variável, então o termo deve apresentar cinco variáveis.

$$S = D.\bar{A} + F.\bar{E}.\bar{D} + \bar{F}.E.\bar{D}.\bar{B} + \bar{E}.\bar{D}.C.\bar{B}.A$$

MAPA DE KARNAUGH

Com 6 variáveis terá $2^6 = 64$ células:

	$\bar{C}.\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{C}.\bar{B}.A$	$\bar{C}.B.A$	$\bar{C}.B.\bar{A}$	$C.B.\bar{A}$	$C.B.A$	$C.\bar{B}.A$	$C.\bar{B}.\bar{A}$
$\bar{F}.\bar{E}.\bar{D}$							1	
$\bar{F}.\bar{E}.D$	1			1	1			1
$\bar{F}.E.D$	1			1	1			1
$\bar{F}.E.\bar{D}$	1	1					1	1
$F.E.\bar{D}$			1					
$F.E.D$	1			1	1			1
$F.\bar{E}.D$	1			1	1			1
$F.\bar{E}.\bar{D}$	1	1	1	1	1	1	1	1

$F.\bar{D}.\bar{C}.B.A$

Agrupamento de dois 1s: 2^1 , portanto exclui **uma** variável, então o termo deve apresentar cinco variáveis.

$$S = D.\bar{A} + F.\bar{E}.\bar{D} + \bar{F}.E.\bar{D}.\bar{B} + \bar{E}.\bar{D}.C.\bar{B}.A + F.\bar{D}.\bar{C}.B.A$$

MAPA DE KARNAUGH

Condições Irrelevantes (Estados DON'T CARE)

- Combinações que nunca ocorrem
- Combinações que não interessam
- Estado Irrelevante ou don't care é representado por X;
- Qualquer valor a saída pode assumir '0' ou '1' não afeta a solução;
- A escolha do valor que a saída vai assumir pode ajudar na simplificação da expressão

Com 4 variáveis terá $2^4 = 16$ células:

	$\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{B}.A$	$B.A$	$B.\bar{A}$
$\bar{D}.\bar{C}$	1	1	X	
$\bar{D}.C$	X	1	1	X
$D.C$	X			
$D.\bar{C}$	1	X		

MAPA DE KARNAUGH

Condições Irrelevantes (Estados DON'T CARE)

Com 4 variáveis terá $2^4 = 16$ células:

- Considera-se que os X no quadrado pink seja nível '1' para melhor simplificação

$\bar{D} \cdot \bar{B}$

	$\bar{B} \cdot \bar{A}$	$\bar{B} \cdot A$	$B \cdot A$	$B \cdot \bar{A}$
$\bar{D} \cdot \bar{C}$	1	1	X	
$\bar{D} \cdot C$	X	1	1	X
$D \cdot C$	X			
$D \cdot \bar{C}$	1	X		

MAPA DE KARNAUGH

Condições Irrelevantes (Estados DON'T CARE)

Com 4 variáveis terá $2^4 = 16$ células:

- Considera-se que os X no quadrado **pink** seja nível '1' para melhor simplificação
- Considera-se que os X no quadrado **verde** seja nível '1' para melhor simplificação;

	$\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{B}.A$	$B.A$	$B.\bar{A}$
$\bar{D}.\bar{B}$	1	1	X	
$\bar{D}.C$	X	1	1	X
$\bar{B}.\bar{A}$	X			
$D.C$	X			
$D.\bar{C}$	1	X		

MAPA DE KARNAUGH

Condições Irrelevantes (Estados DON'T CARE)

Com 4 variáveis terá $2^4 = 16$ células:

- Considera-se que os X no quadrado **pink** seja nível '1' para melhor simplificação;
- Considera-se que os Xs no retângulo **verde** seja nível '1' para melhor simplificação;
- Considera-se que os X no quadrado **roxo** seja nível '1' para melhor simplificação

	$\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{B}.A$	$B.A$	$B.\bar{A}$
$\bar{D}.A$	1	1	X	
$\bar{D}.\bar{C}$	X	1	1	X
$\bar{D}.B$	X			
$D.C$	1	X		
$\bar{D}.\bar{C}$				

1ª Opção

$$s = \bar{D}.\bar{B} + \bar{B}.\bar{A} + \bar{D}.A$$

	$\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{B}.A$	$B.A$	$B.\bar{A}$
$\bar{D}.\bar{C}$	1	1	X	
$\bar{D}.B$	X	1	1	X
$\bar{D}.C$	X			
$D.C$	1	X		
$\bar{D}.\bar{C}$				

2ª Opção

$$s = \bar{D}.\bar{B} + \bar{B}.\bar{A} + \bar{D}.C$$

MAPA DE KARNAUGH

Condições Irrelevantes (Estados DON'T CARE)

Com 4 variáveis terá $2^4 = 16$ células:

- Escolha incorreta: a simplificação não fica otimizada pois deve-se sempre associar o maior número de 1s possíveis

	$\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{B}.A$	$B.A$	$B.\bar{A}$
$\bar{D}.\bar{B}$	1	1	X	
$\bar{D}.C$	X	1	1	X
$\bar{B}.\bar{A}$	X			
$D.C$	X			
$D.\bar{C}$	1	X		

MAPA DE KARNAUGH

Condições Irrelevantes:

Exemplo 1: Dado o Mapa de Karnaugh obter a expressão simplificada

Resolução:

	$\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{B}.A$	$B.A$	$B.\bar{A}$
\bar{C}	X	1	1	1
C	X	X	0	X

	$\bar{B}.\bar{A}$	$\bar{B}.A$	$B.A$	$B.\bar{A}$
\bar{C}	X	1	1	1
C	X	X	0	X

$$S = \bar{C}$$

MAPA DE KARNAUGH

Exercício 4: Dada a Tabela verdade, obter a expressão simplificada, utilizando o Mapa de Karnaugh

D	C	B	A	S
0	0	0	0	X
0	0	0	1	0
0	0	1	0	1
0	0	1	1	X
0	1	0	0	1
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	0	1	1
1	0	1	0	X
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	X
1	1	1	0	0
1	1	1	1	1

REFERÊNCIAS:

Tocci, R.J; Widmer. N. S; Moss, G. L. “ Sistemas Digitais : princípios e aplicações” 11^ª. Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011

Capuano, F. G; Idoeta, I. V. “ Elementos de Eletrônica Digital” 40^ª. Ed. São Paulo : Érica, 2008

REFERÊNCIAS : SLIDES DO PROF. DR. JOÃO PAULO CARMO

https://www.youtube.com/watch?v=jzR0kYsay2U&list=PLXyWBo_coJnMYO9Na3t-oYsc2X4kPJBWf&index=9

<https://www.youtube.com/watch?v=x1owz7y1o98&list=RDCMUc7r5aH7a-SuN7yGxiRWdQ&index=3>

https://pt.wikipedia.org/wiki/Mintermo_e_Maxtermo

<https://hangarmma.com.br/blog/porta-logica/>

FIM