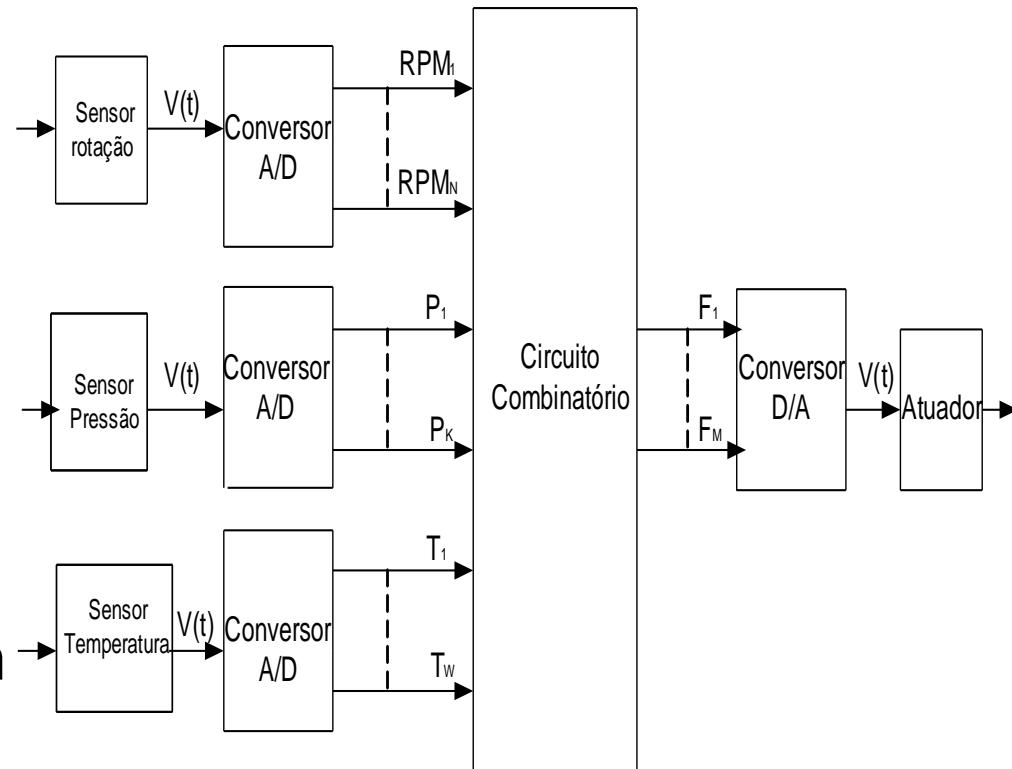


Exemplo: Circuito Combinatório

Um avião a jato emprega um sistema de monitoração da turbina com os valores de **rotação (rpm)**, **pressão (N/m^2)** e **temperatura ($^{\circ}C$)**. Há sensores de rotação, pressão e temperatura; conversor A/D para cada sensor; conversor D/A e um atuador.



Exemplo:Circuito Combinatório

Um avião a jato emprega um sistema de monitoração da turbina com os valores de **rotação (rpm)**, **pressão (N/m²)** e **temperatura (°C)**. *Sintetize um circuito combinatório que acende no painel uma luz de advertência quando a temperatura ultrapassar 93,3 °C e, a pressão for superior a 1,33 N/m² ou a rotação for inferior a 4800 rpm.*

Quando:

a velocidade for ≥ 4800 rpm \rightarrow **RPM=0**

a pressão for $< 1,33$ N/m² \rightarrow **P=0**

a temperatura for $< 93,3$ °C \rightarrow **T=0**

Definição e atribuição dos valores para as variáveis Booleanas

Exemplo: Circuito Combinatório

Um avião a jato emprega um sistema de monitoração da turbina com os valores de **rotação (rpm)**, **pressão (N/m²)** e **temperatura (°C)**. Sintetize um circuito combinatório que acende no painel uma luz de advertência quando a temperatura ultrapassar 93,3 °C e, a pressão for superior a 1,33 N/m² ou a rotação for inferior a 4800 rpm. (**Obs: as saídas dos sensores fornecem uma tensão compatível com uma tecnologia digital (família)**)

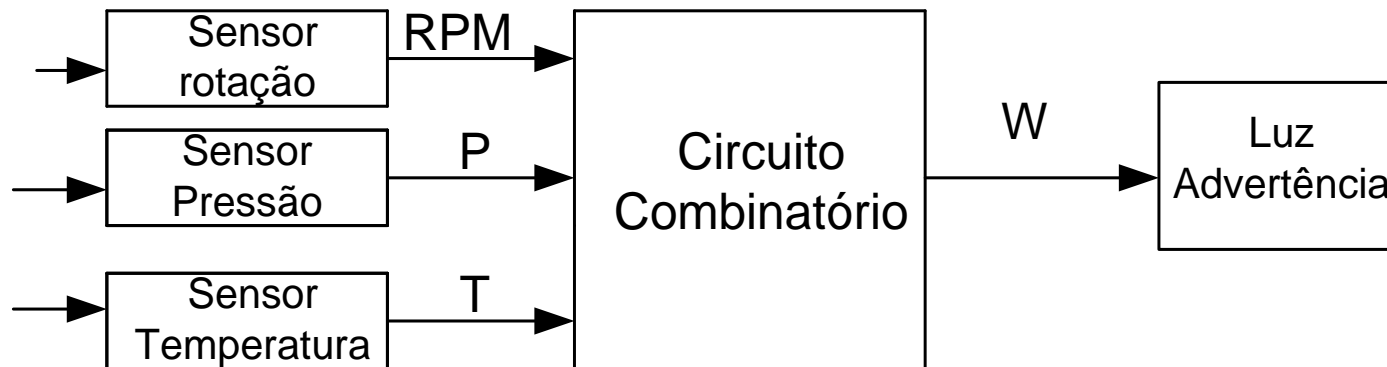
Quando:

a velocidade for ≥ 4800 rpm \rightarrow RPM=0

a pressão for $< 1,33$ N/m² \rightarrow P=0

a temperatura for $< 93,3$ °C \rightarrow T=0

Variável Booleana de saída: $W=1$ luz acesa e $W=0$ luz apagada



Exemplo: Circuito Combinatório

Um avião a jato emprega um sistema de monitoração da turbina com os valores de **rotação (rpm)**, **pressão** (N/m^2) e **temperatura** ($^{\circ}\text{C}$). Sintetize um circuito combinatório que acende no painel uma luz de advertência quando a temperatura ultrapassar $93,3^{\circ}\text{C}$ e, a pressão for superior a $1,33 \text{ N/m}^2$ ou a rotação for inferior a 4800 rpm.

Quando:

a velocidade for $\geq 4800 \text{ rpm}$
→ $\text{RPM}=0$

a pressão for $< 1,33 \text{ N/m}^2$
→ $\text{P}=0$

a temperatura for $< 93,3^{\circ}\text{C}$
→ $\text{T}=0$

Tabela Verdade

RPM	P	T	W
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

Exemplo: Circuito Combinatório

RPM, P e T \rightarrow são variáveis booleanas de entrada.

Tabela Verdade

Função canônica SOP

$$W = \text{RPM}' P T + \text{RPM} P' T + \text{RPM} P T$$

Mintermo $\text{RPM} P' T \rightarrow P'$ é um **literal** \rightarrow é a variável ou o seu complemento

A função W tem 9 literais

RPM	P	T	W
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

Exemplo: Circuito Combinatório

Função canônica POS

$$W = (RPM + P + T) \cdot (RPM + P + T') \cdot (RPM + P' + T) \cdot (RPM' + P + T) \cdot (RPM' + P' + T)$$

RPM, P e T \rightarrow são variáveis booleanas de entrada.

Maxtermo $RPM + P + T \rightarrow$ RPM, P e T são literais

W tem 15 literais

Tabela Verdade

RPM	P	T	W
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

Realização física dos operadores: Portas Lógicas

Operadores básicos:

a) *Função AND*

IF ($\forall A_i=1$, onde $1 \leq i \leq N$)

então $F=1$

caso contrário $F=0$

b) *Função OR*

IF ($\exists A_i=1$, onde $1 \leq i \leq N$)

então $F=1$

caso contrário $F=0$

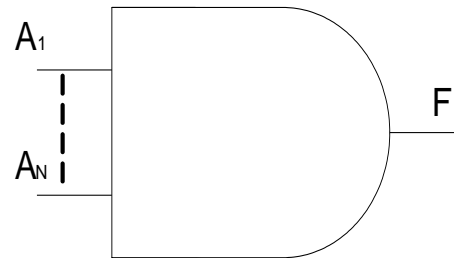
c) *Função NOT*

IF $A=0$

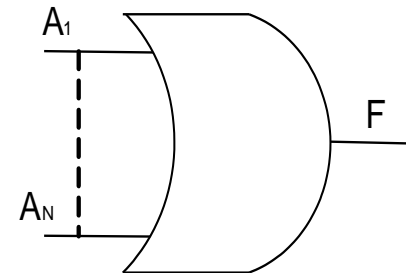
então $F=1$

caso contrário $F=0$

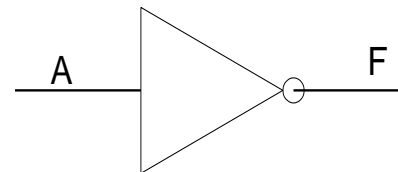
Portas básicas:



Função AND



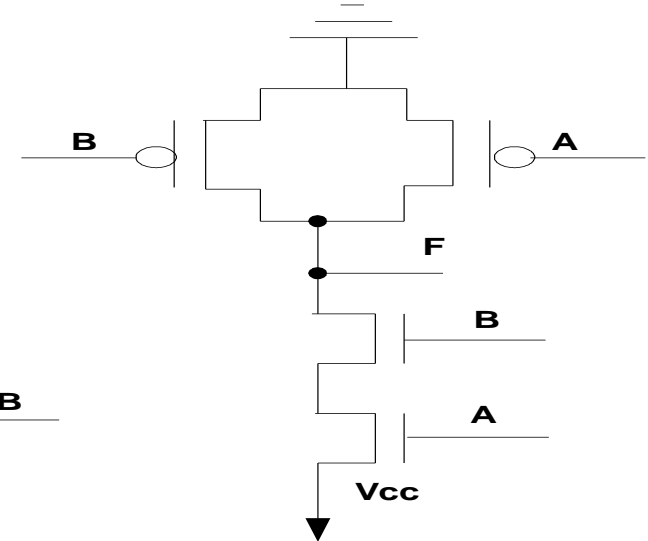
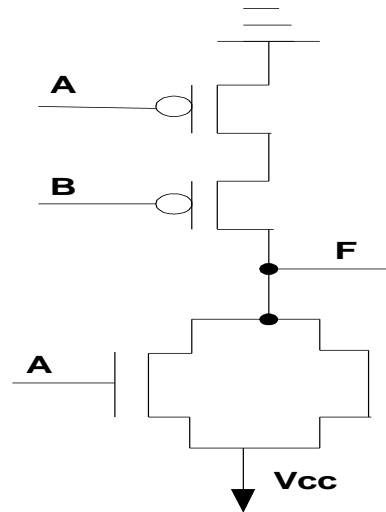
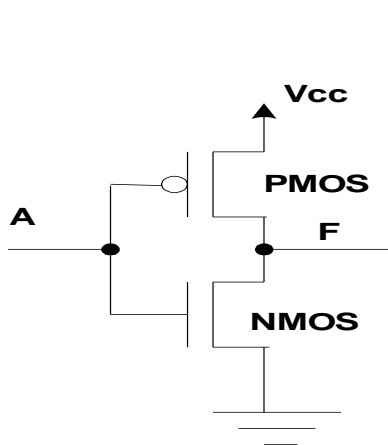
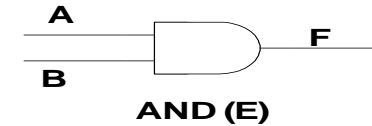
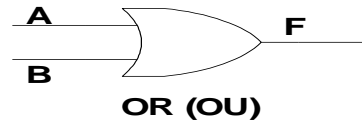
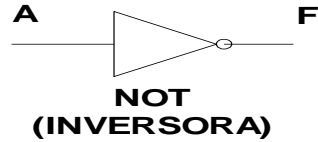
Função OR



Função NOT

Realização física dos operadores: Portas Lógicas

OPERADORES LÓGICOS ◊ PORTAS ◊ CIRCUITOS MOS



TRANSISTORES MOS ◊ PMOS e NMOS

Obs: Os transistores NMOS alimentado com V_{cc} e PMOS aterrado não é uma configuração usual (alimentação contrária que é usual)

Realização física dos operadores: Portas Lógicas

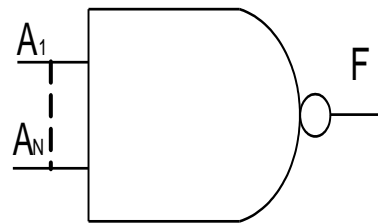
Outros operadores : Portas Universais:

a) *Função NOR*

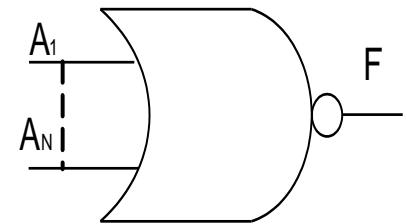
IF ($\exists A_i=1$, onde $1 \leq i \leq N$)

então $F=0$

caso contrário $F=1$



Função NAND



Função NOR

b) *Função NAND*

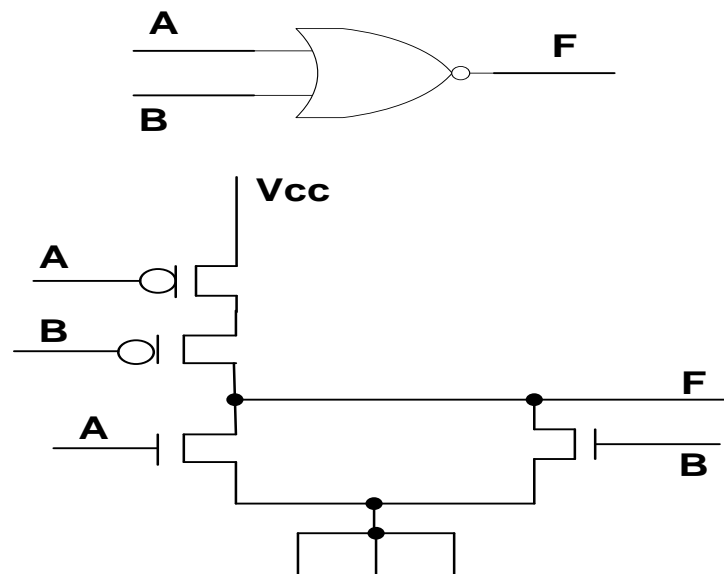
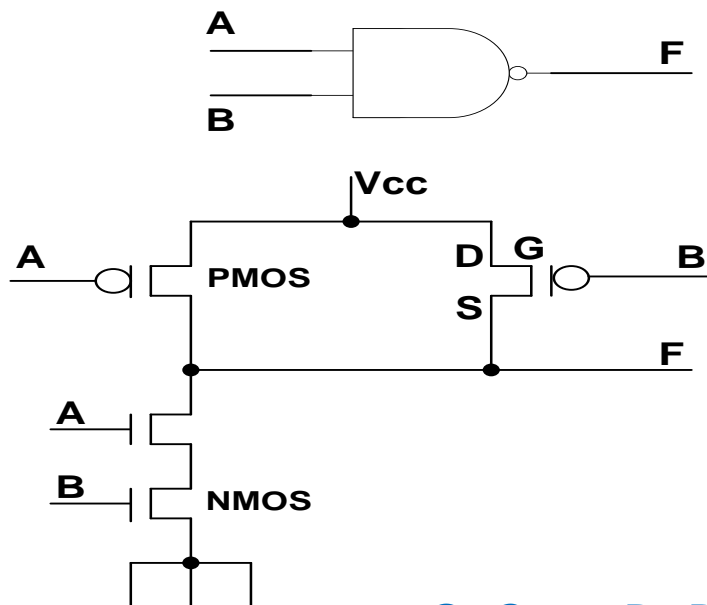
IF ($\exists A_i=0$, onde $1 \leq i \leq N$)

então $F=1$

caso contrário $F=0$

Realização física dos operadores: Portas Lógicas

Portas universais: NAND e NOR



G: Gate; D: Drain; S: Source

Transistor PMOS: satura (fecha chave) com zero no gate (entrada)

Transistor NMOS: satura (fecha chave) com hum no gate (entrada)

Transistor PMOS: corte (abre chave) com hum no gate (entrada)

Transistor NMOS: corte (abre chave) com zero no gate (entrada)

Realização física dos operadores: Portas Lógicas

Outros operadores : Portas de Equivalência:

a) *Função XOR*

IF número de 1's em (A_1, \dots, A_N) for ímpar

então $F=1$

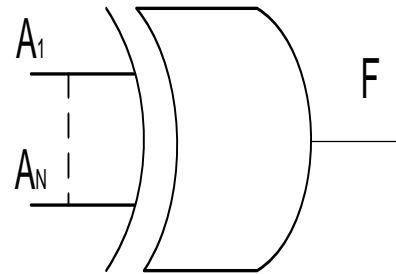
caso contrário $F=0$

b) *Função XNOR*

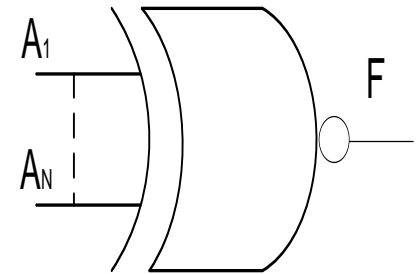
IF número de 1's em (A_1, \dots, A_N) for par

então $F=1$

caso contrário $F=0$



Função XOR
(OU-exclusivo)



Função XNOR
(Não -OU-exclusivo)

Operadores Símbolos

Para duas entradas:

- a) Função AND $\rightarrow F=A.B$
- b) Função OR $\rightarrow F=A+B$
- c) Função NOT $\rightarrow F=A'$
- d) Função NAND $\rightarrow F=(A.B)'=A\uparrow B$
- e) Função NOR $\rightarrow F=(A+B)'=A\downarrow B$
- f) Função XOR $\rightarrow F=A\oplus B$
- g) Função XNOR $\rightarrow F=(A\oplus B)'=A\ominus B$

Outras Operações Lógicas

Existem 2^{2^n} funções Booleanas com n variáveis binárias.

Para duas variáveis, existem 16 funções Booleanas e as funções E e OU são apenas duas dessas 16 funções

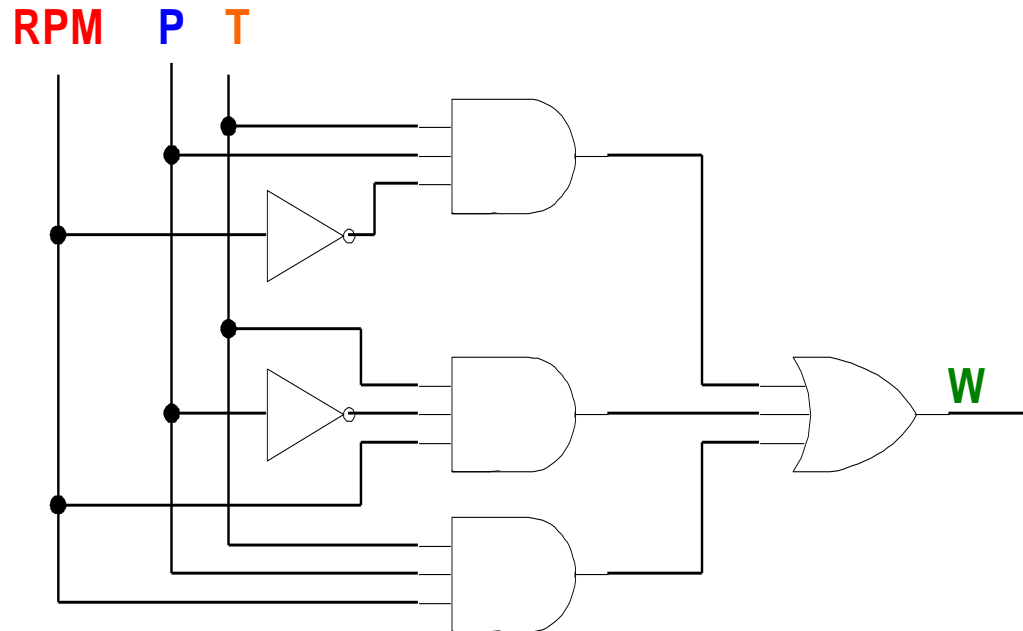
Nome (x,y)	Expressão algébrica	Comentário
Zero	$F_0 = 0$	Constante 0
Um	$F_1 = 1$	Constante 1
E (x.y)	$F_2 = xy$	x=y=1
OU (x+y)	$F_3 = x + y$	x ou y
NOR (x↓y)	$F_4 = (x + y)'$	Não-OU
NAND (x↑y)	$F_5 = (xy)'$	Não E
XOR (x⊕y)	$F_6 = xy' + x'y$	x ou y, mas não ambos
Equivalência (x⊕y)'	$F_7 = xy + x'y'$	x igual a y
Inibição (x/y)	$F_8 = xy'$	x mas não y
Inibição (y/x)	$F_9 = x'y$	y mas não x
Transferência	$F_{10} = x$	x
Transferência	$F_{11} = y$	y
Complemento y'	$F_{12} = y'$	Não y
Complemento x'	$F_{13} = x'$	Não x
Implicação $x \subset y$	$F_{14} = x + y'$	Se y, então x
Implicação $x \supset y$	$F_{15} = x' + y$	Se x, então y

Implementação: Função lógica

Função canônica SOP

Circuito lógico

$$W = \text{RPM}' P T + \text{RPM} P' T + \text{RPM} P T$$



Implementação: Função lógica

Função canônica POS

$$W = (RPM + P + T) \cdot (RPM + P + T') \cdot (RPM + P' + T) \cdot (RPM' + P + T) \cdot (RPM' + P' + T)$$

Fan-in → número de entradas de uma porta

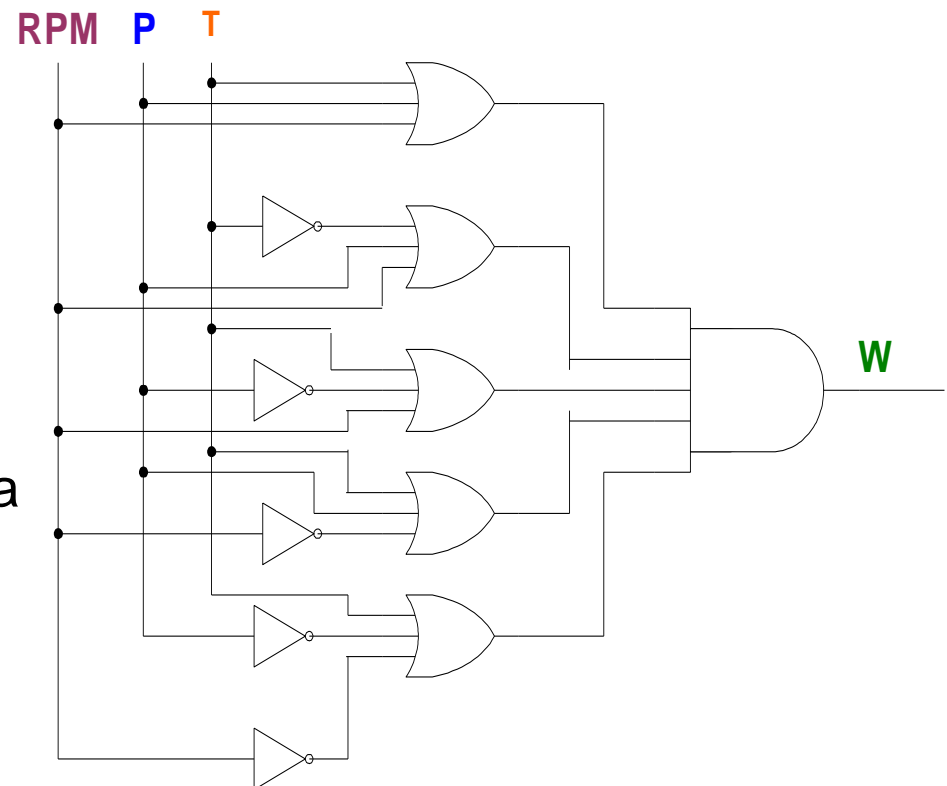
fan-in=5 → AND

fan-in=3 → OR

Fan-out → número de saídas de uma porta

Portas OR → fan-out=1

Circuito lógico



Minimização Lógica: Álgebra

a) $W = RPM P' T + RPM' P T + RPM P T$
 $W = RPM T (P' + P) + P T (RPM' + RPM)$
 $W = RPM T + P T = T (RPM + P)$

(3 literais, 2 portas com fan-in=2)

b) $F = A_3' A_2' A_1 + A_3' A_2 A_1 + A_3 A_2' A_1 + A_3 A_2 A_1$
 $F = A_3' A_1 (A_2' + A_2) + A_3 A_1 (A_2' + A_2)$
 $F = A_3' A_1 + A_3 A_1 = A_1 (A_3' + A_3) = A_1$
(1 literal e zero portas)

Minimização da função → não há um procedimento no uso da álgebra Booleana