

# - TECNOLOGÍA INDUSTRIAL -

## BLOQUE 5: Sistemas automáticos de control. Programación de sistemas automáticos.

### ACTIVIDADES

#### SISTEMAS AUTOMÁTICOS

1. Responde a las siguientes cuestiones sobre los *sistemas de control de lazo abierto y lazo cerrado*.
  - a) Define brevemente ambos sistemas.
  - b) Dibuja sus diagramas funcionales (de bloques), indicado sus componentes.
2. Analiza la *verdad o falsedad* de las siguientes afirmaciones:
  - a) Un cilindro neumático es un comparador.
  - b) Un sensor capacitivo sirve para detectar sustancias no metálicas.
  - c) El elemento que se encarga de comparar una variable con el valor prefijado se llama captador.
  - d) Un tacómetro es un medidor de presión.
  - e) Un sistema de control de lazo abierto es muy sensible a las perturbaciones del proceso.
  - f) Un termopar es un transductor de temperatura.
  - g) Un sensor inductivo sirve para detectar sustancias no metálicas.
3. En relación con los sistemas de control:
  - a) Dibuje el diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado y comente, brevemente, la finalidad de cada uno de los bloques.
  - b) Indique la diferencia entre un sistema de control de lazo cerrado y otro de lazo abierto.
  - c) ¿Puede ser inestable un sistema realimentado?
4. ¿Qué es una perturbación? ¿Cómo responden ante este tipo de señales los sistemas de control de lazo abierto y cerrado? Razona la respuesta.
5. Completa adecuadamente las siguientes frases:
  - a) Las partes fundamentales de un sistema de control son: elementos de entrada, \_\_\_\_\_ y elementos de salida.
  - b) Los tipos de sistemas de control básicos son en bucle abierto y bucle \_\_\_\_\_.
  - c) Los \_\_\_\_\_ también reciben el nombre de detectores o sensores.
  - d) Un relé es un \_\_\_\_\_ de salida habitual de un sistema de control.
  - e) Los \_\_\_\_\_ son los encargados de mejorar la respuesta del sistema.
  - f) La representación de una máquina, sistema o proceso puede hacerse mediante un \_\_\_\_\_, de esta forma es más sencillo entender su funcionamiento.
  - g) El \_\_\_\_\_ es un componente electrónico que se utiliza habitualmente en rectificación de señales.

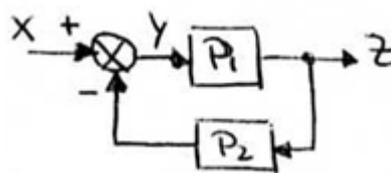
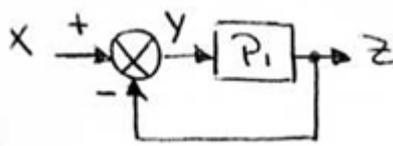
6. Describa el funcionamiento de un comparador. Indique una aplicación en donde dicho elemento se utilice en un esquema de control en lazo cerrado.
7. Explique el funcionamiento de un transductor de iluminación. Explique un sistema de control en lazo cerrado en el que pueda ser utilizado.
8. Explique el funcionamiento de un transductor de temperatura. Explique un sistema de control en lazo cerrado en el que pueda ser utilizado.
9. Observa las siguientes imágenes e indica cómo se llaman los siguientes elementos de un sistema de control: (1p.)



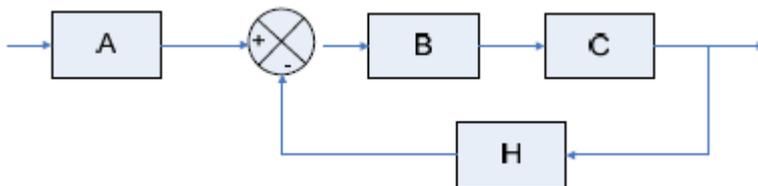
10. Halla la función de transferencia de los siguientes diagramas de bloques.

a) Realimentación directa

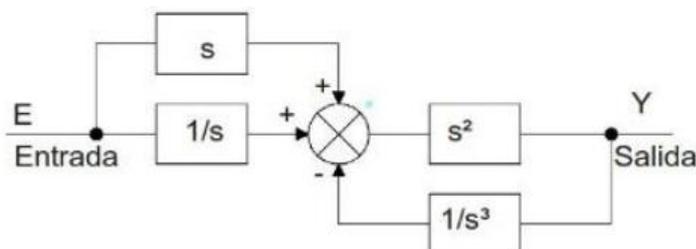
b) Realimentación indirecta



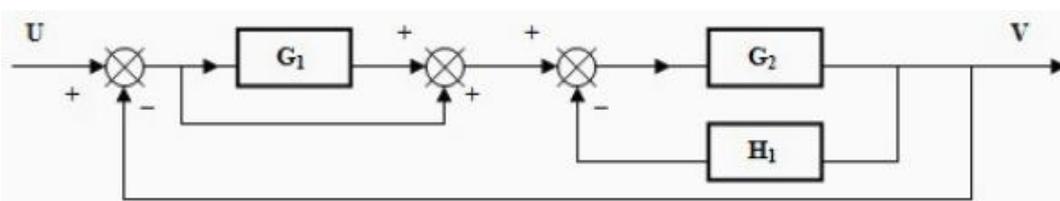
11. Halla la función de transferencia del siguiente diagrama de bloques.



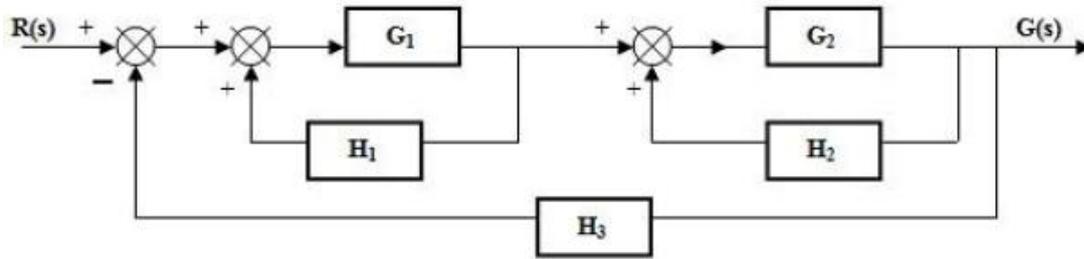
12. Calcular y simplificar la función de transferencia del siguiente circuito.



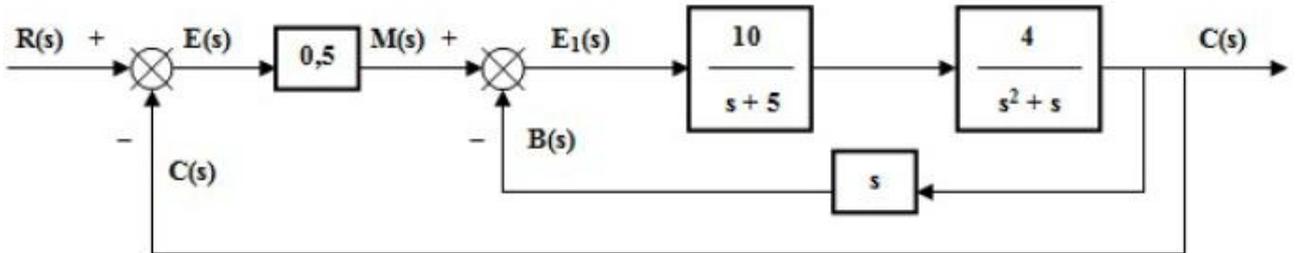
13. Halla la función de transferencia del sistema representado mediante el siguiente diagrama de bloques.



14. Halla la función de transferencia del sistema representado mediante el siguiente diagrama de bloques.



15. Reducir el diagrama de bloques de la figura y obtener la función de transferencia  $C(s) / R(s)$ .



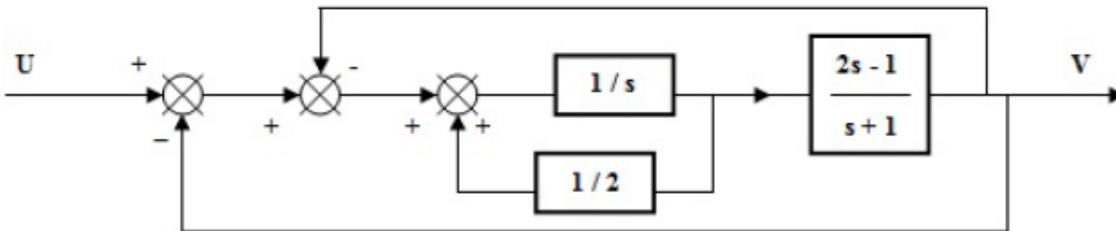
16. Represente el diagrama de bloques de un sistema con la siguiente función de transferencia:

$$\frac{Z}{X} = \frac{P_1 + P_2}{1 + (P_1 + P_2)}$$

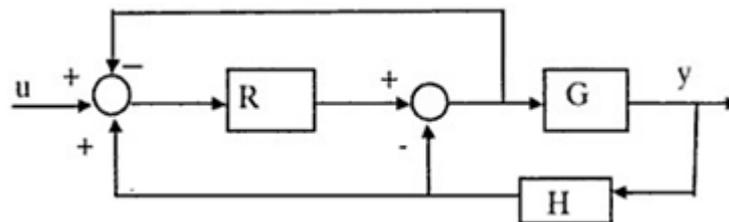
17. Dado el sistema de bloques de la figura:

- Obtenga la función de transferencia  $Z = f(Y)$ .
- Obtenga la función de transferencia  $Z = f(X)$ .

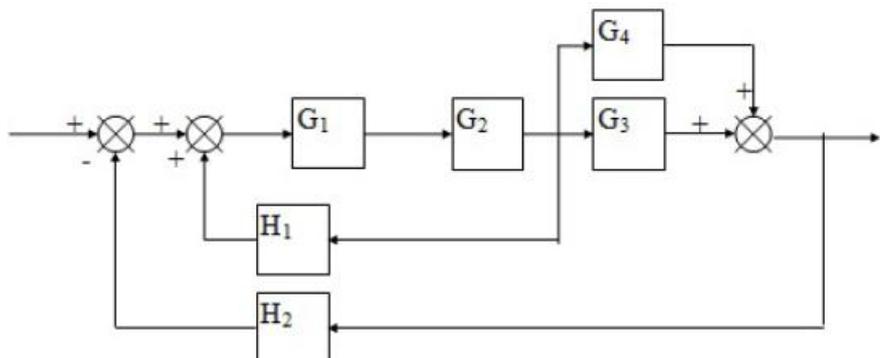
18. Simplificar el siguiente sistema de control hasta conseguir la función de transferencia.



19. Obtener por simplificación la función de transferencia entre  $u$  e  $y$  en el siguiente sistema:



20. Simplifica el siguiente diagrama de bloque de la figura, representando el diagrama simplificado de la función de transferencia total del sistema.



## ELECTRÓNICA DIGITAL

21. ¿Qué es una señal? Tipos de señales en un proceso.

22. Pasa a sistema binario los siguientes números expresados en base decimal: 130 y 74.

23. Pasa a decimal los siguientes números binarios: 100100011 y 10100. Justifica los resultados.

24. Dada la siguiente función lógica, construye su tabla de verdad.

$$S = \overline{A}BCD + \overline{A}B\overline{C}D + \overline{A}BC\overline{D} + \overline{A}BCD + ABC\overline{D} + \overline{A}BCD$$

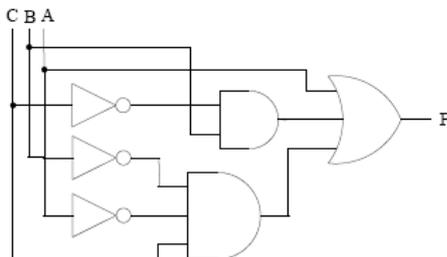
25. Dada la siguiente tabla de verdad obtén la función lógica que representa.

A	B	C	S
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

26. Realiza el circuito digital que cumpla la siguiente función lógica:

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

27. Dado el siguiente circuito digital obtener su función lógica (F).



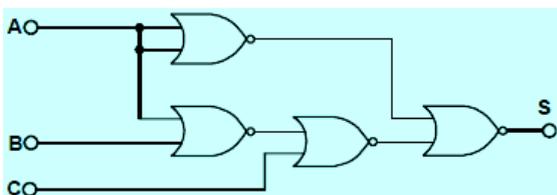
28. Un circuito lógico posee tres entradas,  $a$ ,  $b$  y  $c$  y una salida  $S$ . El circuito pondrá a su salida un 1 lógico cuando las entradas  $b$  y  $c$  valgan 1 o cuando  $b$  y  $a$  valgan cero. (2p.)

a) Construye su tabla de verdad.

b) Expresa su función lógica

29. La “conmutada” es uno de los circuitos eléctricos más utilizados en las instalaciones de vivienda. Obtén la tabla de verdad, la función lógica y el circuito lógico que representaría a dicho circuito.

30. Dado el siguiente esquema, obtenga la función de salida (S) y simplifíquela.



31. Simplificar por el método de Karnaugh la siguiente expresión:

$$S = \bar{c} \cdot d + a \cdot \bar{b} \cdot c \cdot \bar{d} + a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} \cdot \bar{d} + a \cdot b \cdot \bar{c} \cdot \bar{d} + b \cdot c \cdot d$$

32. Simplificar la siguiente función lógica y obtener su circuito electrónico con el menor número de puertas:

$$F = \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c + a \cdot c + b \cdot c$$

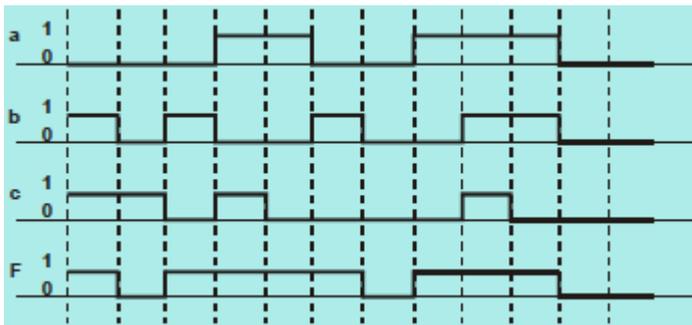
33. Dada la siguiente función:

$$S = \bar{a} \cdot \bar{b} + \bar{a} \cdot \bar{c} + a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + \bar{a} \cdot b$$

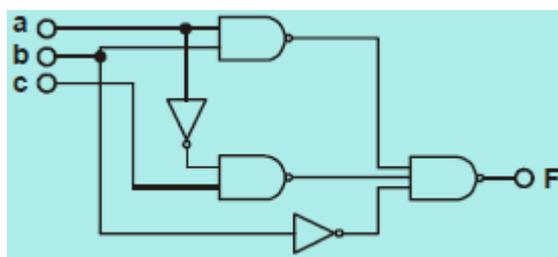
- Obtener su forma canónica como suma de productos.
- Obtener su expresión más simplificada.
- Realizar la función lógica resultante empleando sólo puertas NAND.

34. Un sistema de alarma está constituido por cuatro detectores  $a$ ,  $b$ ,  $c$  y  $d$ . La alarma debe dispararse cuando se activen tres o cuatro detectores. Si se activan sólo dos detectores su disparo es indiferente. La alarma nunca debe dispararse si se activa un solo detector o ninguno. Por último y por razones de seguridad, se deberá activar si  $a = 0$ ,  $b = 0$ ,  $c = 0$  y  $d = 1$ . Diseñe un circuito de control para esta alarma con el menor número posible de puertas lógicas.

35. Partiendo del cronograma de la figura, diseñe un circuito lógico que lo cumpla, con el menor número posible de puertas lógicas.



36. Partiendo del circuito de la figura, obtener la ecuación de la función implementada, simplificarla y realizarla de nuevo con el menor número de puertas lógicas.



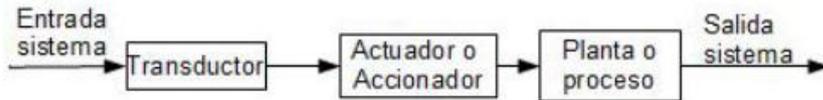
## SOLUCIONARIO

1. a) Los sistemas de control pueden ser:

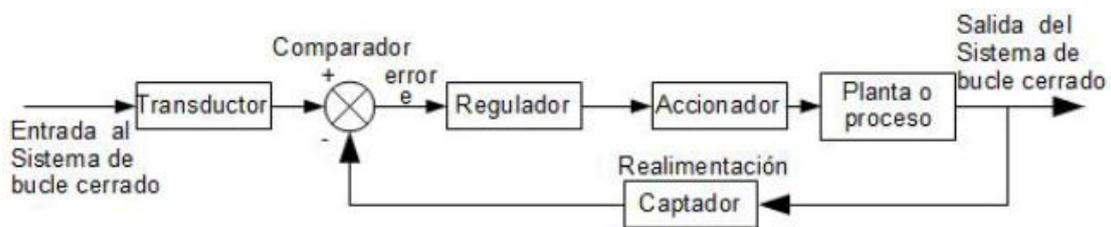
De bucle abierto o lazo abierto. Un sistema de control de bucle abierto es aquél en el que la señal de salida no influye sobre la señal de entrada.

De bucle cerrado o lazo cerrado. Sistemas de control en bucle cerrado son aquéllos en los que la señal de salida se realimenta hacia la entrada, de manera que la señal de salida condiciona la acción de control.

b) Sistema de lazo abierto



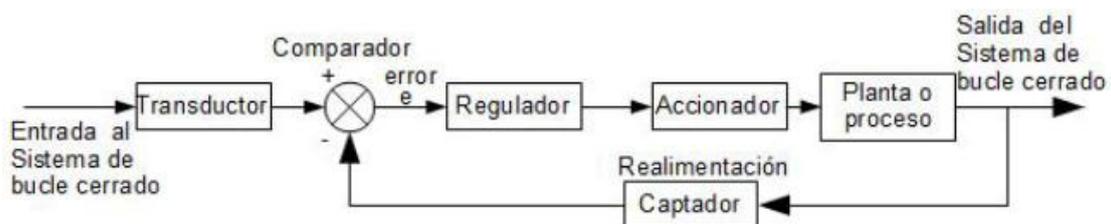
Sistema de lazo cerrado



2. **Soluciones:**

- No, porque le llega una sola señal para que avance o retroceda el vástago, es un actuador.
- Sí, un sensor capacitivo sirve para detectar sustancias no metálicas, porque detecta la variación de ese dieléctrico entre sus placas.
- No, porque un captador es un sensor y el elemento que compara dos señales se llama comparador.
- No, porque es un medidor de velocidad, ya que detecta el giro del rotor de un motor.
- No, porque no le afectan, ya que no tiene elemento de realimentación que las detecte.
- Sí, porque al estar dos soldaduras a distintas temperaturas se genera una diferencia de potencial (efecto Seebeck).
- No, porque a las sustancias no metálicas no les afectan la variación de los campo magnético.

3. a) Sistema de lazo cerrado



- **Selector de referencia (transductor):** este elemento convierte la señal de mando o entrada del sistema en una magnitud similar a la que obtenemos del elemento de realimentación para que puedan ser comparadas entre sí.

- **Comparador:** nos compara la señal que sale del selector de referencia con la del elemento de realimentación y nos da la señal de error o señal activa.
- **Elemento de realimentación (captador):** nos informa de lo que ocurre en la salida y esta señal la transforma en una señal que sea comparable con la salida del selector de referencia.
- **El regulador:** es el “cerebro” del sistema de control, adapta la señal de error para que pueda activar al *accionador* que actúa sobre la *planta o proceso* en el sentido de corregir cualquier posible alejamiento de la salida prevista o deseada.
- **El actuador o accionador:** inicia su funcionamiento la recibir la señal del regulador y realiza un trabajo sobre la planta o proceso.
- **Planta o proceso:** es el sistema que queremos controlar.

b) Los *sistemas de control de lazo cerrado* se definen como aquellos en los que la señal de salida tiene efecto sobre la acción de control. En los de *lazo abierto* la señal de salida no tiene efecto sobre la acción de control.

c) Sí puede ser inestable, siempre que la amplitud de las oscilaciones a la respuesta de una perturbación se mantenga constante o aumente.

4. **Perturbaciones:** son todas las señales indeseadas que actúan de forma adversa en el funcionamiento del sistema. Pueden ser internas o externas y constituyen una entrada.

En los sistemas de lazo abierto no responden, porque en ningún momento les afecta la variación de la señal de salida.

En los de lazo cerrado variando la señal que le llega al actuador, para corregir la desviación que se ha producido en la señal de salida.

5. a) elementos de control; b) cerrado; c) transductores; d) elemento; e) reguladores; f) diagrama de bloques; g) diodo.

6. Un comparador es un dispositivo capaz de verificar si dos señales son iguales, en tal caso, su salida es nula, y en caso contrario es la diferencia. Este elemento se utiliza en los sistemas automáticos de control en lazo cerrado para realimentar la señal de salida, modificada o no, y verificarla con la señal de entrada, modificada o no.

7. Los transductores de iluminación son dispositivos capaces de transformar la radiación luminosa en una magnitud eléctrica (resistencia, corriente), y que también pueden ser utilizadas como transductores indirectos de otras magnitudes físicas como posición, velocidad angular, etc. Ejemplos de estos transductores son los LDR, fotodiodos y fototransistores, que pueden ser utilizados en el marco de la puerta del garaje que proporciona la seguridad de que no se cierre cuando hay un objeto que obstaculiza la señal entre el emisor y el receptor.

8. Transductores de temperatura son los dispositivos con los cuales se puede convertir la variación de valor óhmico de un sensor térmico en una señal proporcional de corriente. Por ejemplo en el caso del sensor de temperatura es utilizado como captador en la realimentación de su sistema de calefacción.



Primer bloque:  $1 + G_1$

Segundo bloque:  $G_2 / (1 + G_2 \cdot H_1)$

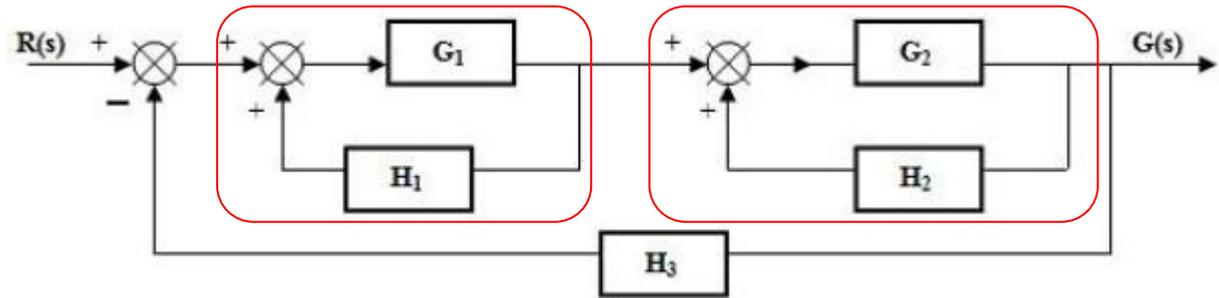
Asociación serie:  $G_2 \cdot (1 + G_1) / (1 + G_2 \cdot H_1) = (G_2 \cdot G_1 + G_2) / (1 + G_2 \cdot H_1)$

Realimentación directa:  $[(G_2 \cdot G_1 + G_2) / (1 + G_2 \cdot H_1)] / 1 + [(G_2 \cdot G_1 + G_2) / (1 + G_2 \cdot H_1)] =$

**F.T. =  $V(s) / U(s) = (G_2 \cdot G_1 + G_2) / (1 + G_2 \cdot H_1 + G_2 \cdot G_1 + G_1) =$**

**$= G_2 \cdot (1 + G_1) / 1 + G_2 \cdot H_1 + G_2 \cdot (1 + G_1)$**

**14. Solución:**



Primer bloque:  $G_1 / (1 + G_1 \cdot H_1)$

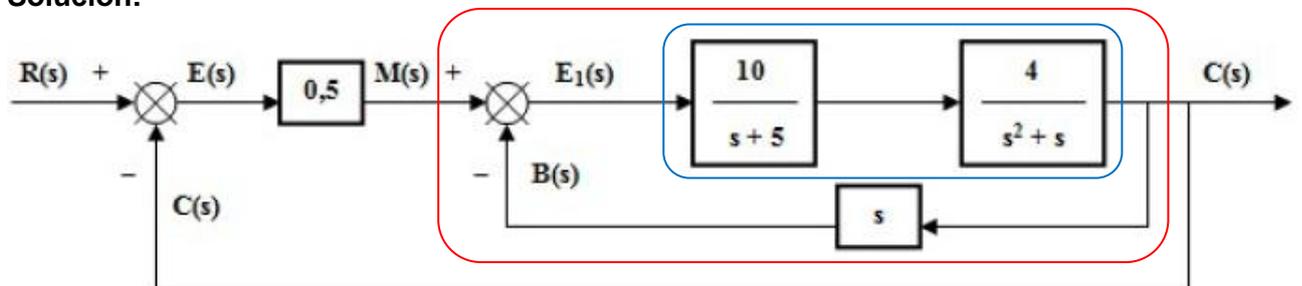
Segundo bloque:  $G_2 / (1 + G_2 \cdot H_2)$

Asociación serie:  $G_2 \cdot G_1 / (1 + G_1 \cdot H_1) \cdot (1 + G_2 \cdot H_2) = A$

Realimentación indirecta:  $A / 1 + A \cdot H_3$

$$\frac{G_1 \cdot G_2}{(1 - G_1 \cdot H_1) \cdot (1 - G_2 \cdot H_2) + G_1 \cdot G_2 \cdot H_3} = \frac{G(s)}{R(s)} = \text{F.T.}$$

**15. Solución:**



Asociación serie (1):  $40 / (s + 5) \cdot (s^2 + s) = A$

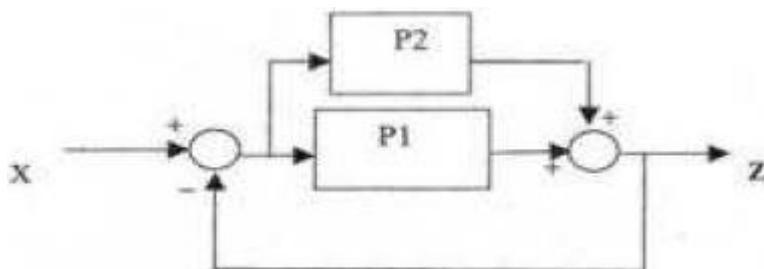
Realimentación indirecta:  $A / 1 + A \cdot s = 40 / (s + 5) \cdot (s^2 + s) + 40s = B$

Asociación serie (2):  $0,5 \cdot B = 20 / (s + 5) \cdot (s^2 + s) + 40s = C$

Realimentación directa:  $C / 1 + C = 20 / (s + 5) \cdot (s^2 + s) + 40s + 20 = 20 / s^3 + 6s^2 + 45s + 20$

**F.T. =  $C(s) / R(s) = 20 / s^3 + 6s^2 + 45s + 20 = 20 / s \cdot (s^2 + 6s + 45) + 20$**

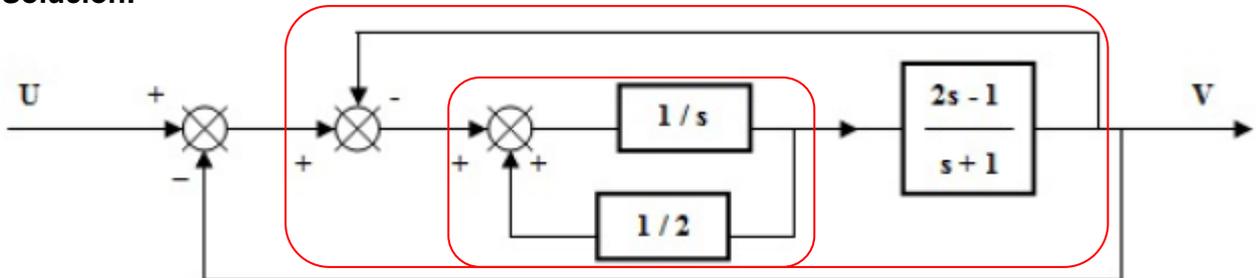
**16. Una posible solución sería esta:**



17. a) 
$$\frac{Z}{Y} = P_2 \cdot \frac{P_5}{1 + P_5 \cdot P_6}$$

b) 
$$\frac{Z}{X} = \frac{P_1 \cdot \frac{P_2}{1 + P_2 \cdot P_3 \cdot P_4} \cdot \frac{P_5}{1 + P_5 \cdot P_6}}{1 + P_7 \cdot P_1 \cdot \frac{P_2}{1 + P_2 \cdot P_3 \cdot P_4} \cdot \frac{P_5}{1 + P_5 \cdot P_6}}$$

18. Solución:



Realimentación indirecta:  $(1/s) / 1 - [(1/s) \cdot 1/2] = (1/s) / (2s - 1)/2s = 2 / (2s - 1)$

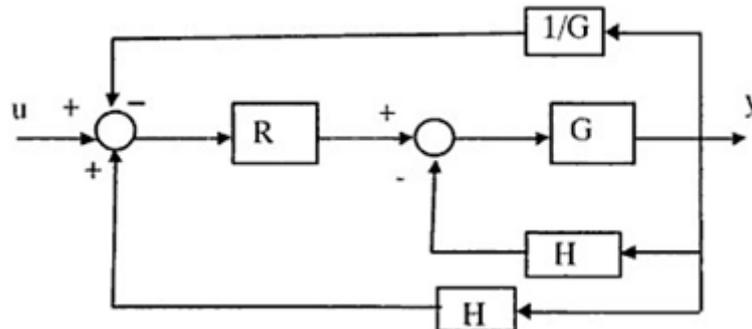
Asociación serie:  $[2 / (2s - 1)] \cdot [(2s - 1) / (s + 1)] = 2 / s + 1$

Realimentación directa (1):  $(2 / s + 1) / [1 + (2 / s + 1)] = 2 / s + 3$

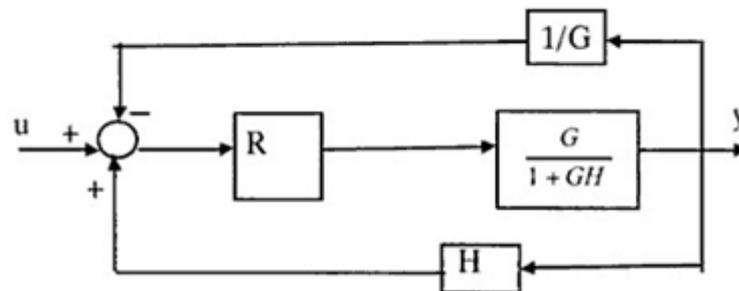
Realimentación directa (2):  $(2 / s + 3) / [1 + (2 / s + 3)] = 2 / s + 5$

$V(s) / U(s) = 2 / s + 5$

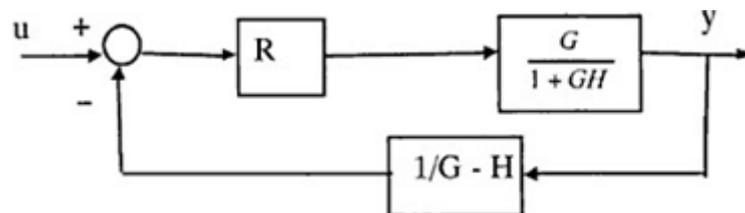
19. En primer lugar se traslada un nodo de bifurcación de la entrada de G a la salida de G:



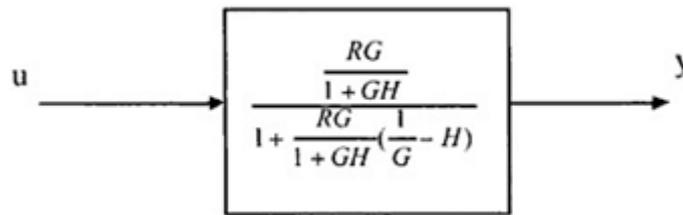
A continuación se simplifica el bucle de realimentación interno:



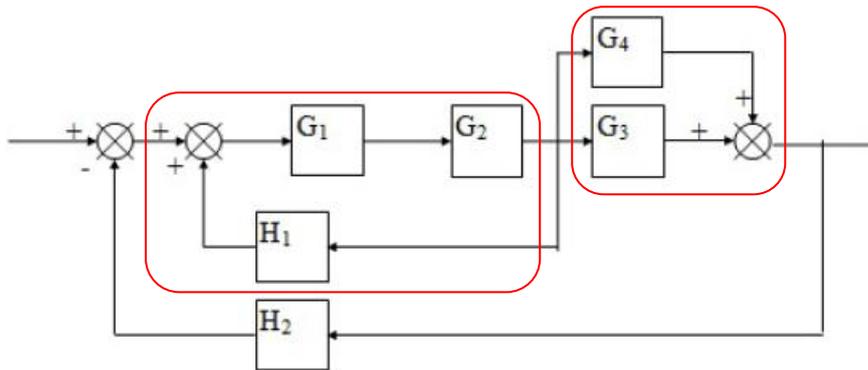
Se unen los dos bloques que están en paralelo:



Por último se asocian en serie los dos bloques de arriba y se simplifica el bucle de realimentación:



**20. Solución:**



En primer lugar sumamos los bloques  $G_3$  y  $G_4 \rightarrow G_3 + G_4$

En segundo lugar unimos en serie los bloques  $G_1$  y  $G_2$  y resolvemos la realimentación indirecta (1)  $\rightarrow$

$$\frac{G_1 \cdot G_2}{1 - G_1 \cdot G_2 \cdot H_1}$$

Seguidamente asociamos en serie los bloques anteriores  $\rightarrow \frac{G_1 \cdot G_2 \cdot (G_3 + G_4)}{1 - G_1 \cdot G_2 \cdot H_1}$

Por último resolvemos la realimentación indirecta (2)  $\rightarrow \frac{G_1 \cdot G_2 \cdot (G_3 + G_4)}{1 - G_1 \cdot G_2 \cdot H_1} \cdot \frac{1}{1 - \frac{G_1 \cdot G_2 \cdot (G_3 + G_4)}{1 - G_1 \cdot G_2 \cdot H_1} \cdot H_2}$

Simplificando nos queda  $\rightarrow \frac{G_1 \cdot G_2 \cdot (G_3 + G_4)}{1 - G_1 \cdot G_2 \cdot H_1 + G_1 \cdot G_2 \cdot (G_3 + G_4) \cdot H_2}$

**21.** Llamamos señal a la información que representa una determinada magnitud física (velocidad, aceleración, tensión, corriente eléctrica, caudal, etc.) y su evolución. Normalmente esta señal depende del tiempo.

**Señales analógica y digitales**

- a) Señales analógicas. Son aquellas en el que la variable observada es una función continua del tiempo. Por ello puede tomar un número infinito de valores entre dos puntos.
- b) Señales digitales. Son aquellas en las que la magnitud observada toma solo valores discretos, generalmente codificables según un código.

**22.**  $130_{(10)} = 10000010_{(2)} ; 74_{(10)} = 1001010_{(2)}$

**23.**  $100100011_{(2)} = 291_{(10)} \rightarrow 1 \cdot 2^8 + 0 \cdot 2^7 + 0 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$

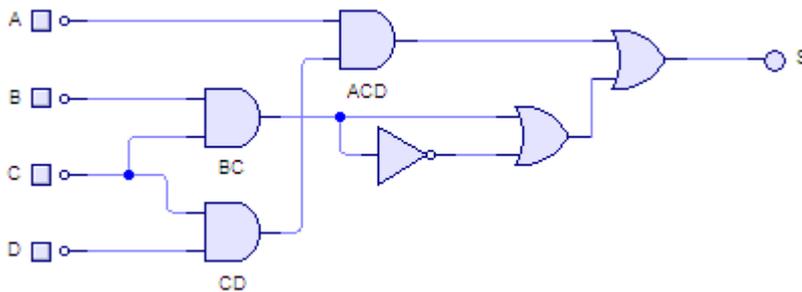
$10100_{(2)} = 20_{(10)} \rightarrow 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0$

**24.** Tabla de verdad

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

25.  $S = \bar{a}\bar{b}c + \bar{a}bc + a\bar{b}\bar{c} + ab\bar{c} + abc$

26. Circuito digital



27.  $F = A + \bar{A}\bar{B}C + B\bar{C}$

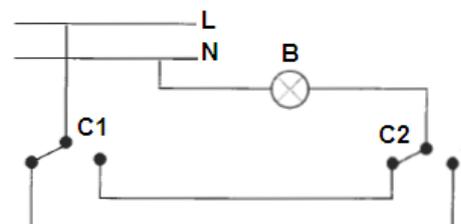
28. a) Tabla de verdad

A	B	C	S
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

b) Función lógica  $\rightarrow S = \overline{abc} + \overline{abc} + \bar{a}bc + abc$

29. Lo primero que haremos para obtener su tabla de verdad es definir el comportamiento de cada uno de los elementos de la conmutada. Veamos para ello el esquema eléctrico de dicho circuito.

Denominamos estado "1" al que le corresponde a la luz encendida y estado "0" cuando está apagada. Designamos "0" y "1" a los estados de los conmutadores  $C_1$  y  $C_2$  cuando están conectados hacia dentro y hacia



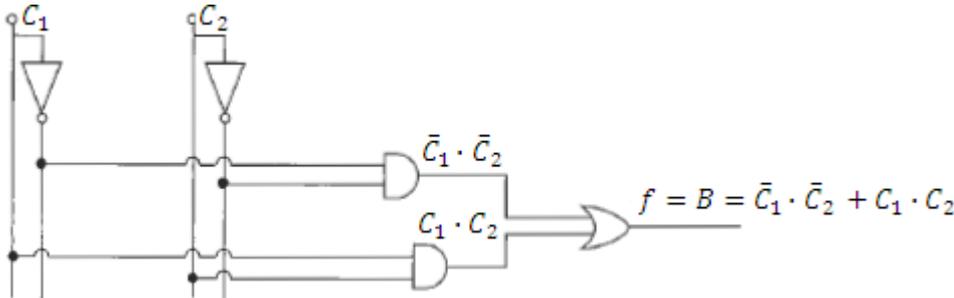
afuera, respectivamente.

Tabla de verdad

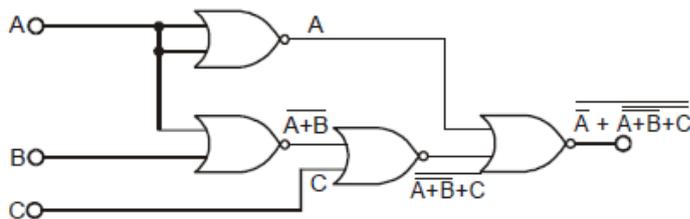
C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	B
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Función lógica:  $f = B = \bar{C}_1 \cdot \bar{C}_2 + C_1 \cdot C_2$

Circuito lógico:



30. Sobre el circuito vamos obteniendo las operaciones efectuadas a través de las puertas, hasta llegar a la salida.



Obtenida la función la simplificamos algebraicamente

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

$$= A \cdot (\overline{A \cdot B} + C) = A \cdot \overline{A \cdot B} + A \cdot C = A \cdot C$$

31. Obtenemos la expresión canónica y realizamos el mapa de Karnaugh para cuatro variables:

$$S = \bar{c} \cdot d + a \cdot \bar{b} \cdot c \cdot \bar{d} + a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} \cdot \bar{d} + a \cdot b \cdot \bar{c} \cdot \bar{d} + b \cdot c \cdot d$$

$$S = \bar{c} \cdot d \cdot (a + \bar{a}) \cdot (b + \bar{b}) + a \cdot \bar{b} \cdot c \cdot \bar{d} + a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} \cdot \bar{d} + a \cdot b \cdot \bar{c} \cdot \bar{d} + b \cdot c \cdot d \cdot (a + \bar{a})$$

$$S = a \cdot b \cdot \bar{c} \cdot d + \bar{a} \cdot b \cdot \bar{c} \cdot d + a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} \cdot d + \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} \cdot d + a \cdot \bar{b} \cdot c \cdot \bar{d} + a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} \cdot \bar{d} +$$

$$+ a \cdot b \cdot \bar{c} \cdot \bar{d} + \bar{a} \cdot b \cdot c \cdot d + a \cdot b \cdot c \cdot d$$

cd \ ab	00	01	11	10
00		1		
01		1	1	
11	1	1	1	
10	1	1		1

La función simplificada es:  $S = \bar{c} \cdot d + a \cdot \bar{c} + b \cdot d + a \cdot \bar{b} \cdot \bar{d}$

32. Lo primero que haremos será obtener la expresión canónica y la simplificamos por el método de Karnaugh.

$$F = \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c + a \cdot c + b \cdot c$$

$$F = \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c + a \cdot c(b + \bar{b}) + b \cdot c(a + \bar{a})$$

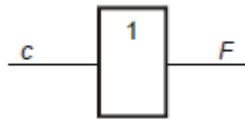
$$F = \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c + a \cdot b \cdot c + a \cdot \bar{b} \cdot c + a \cdot b \cdot c + \bar{a} \cdot b \cdot c$$

Como  $a \cdot b \cdot c + a \cdot b \cdot c = a \cdot b \cdot c$ , la función canónica queda  $F = \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c + a \cdot b \cdot c + a \cdot \bar{b} \cdot c + \bar{a} \cdot b \cdot c$

El mapa de Karnaugh será el siguiente:

Con lo cual la función será:  $F = c$

Y el circuito es:



	bc	00	01	11	10
a	0		1	1	
	1		1	1	

33. a) Obtenemos su función canónica como suma de productos.

$$S = \bar{a} \cdot \bar{b} + \bar{a} \cdot \bar{c} + a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + \bar{a} \cdot b$$

$$S = \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot (c + \bar{c}) + \bar{a} \cdot \bar{c} \cdot (b + \bar{b}) + a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + \bar{a} \cdot b \cdot (c + \bar{c})$$

$$S = \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c + \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + \bar{a} \cdot b \cdot \bar{c} + \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + \bar{a} \cdot b \cdot c + \bar{a} \cdot b \cdot \bar{c}$$

$$S = \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c + \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + \bar{a} \cdot b \cdot \bar{c} + a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + \bar{a} \cdot b \cdot c$$

b) Situamos los términos de la función y simplificamos por Karnaugh (cuadrículas de tres).

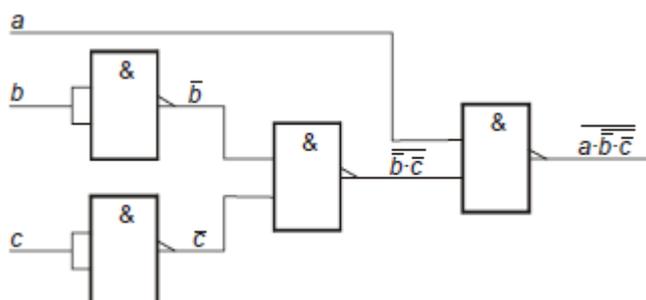
	bc	00	01	11	10
a	0	1	1	1	1
	1	1			

La función obtenida es:  $S = \bar{a} + \bar{b} \cdot \bar{c}$

c) Transformamos la función para ser realizada con puertas NAND

$$S = \bar{a} + \bar{b} \cdot \bar{c} = \overline{\overline{\bar{a} + \bar{b} \cdot \bar{c}}} = \overline{\overline{\bar{a}} \cdot \overline{\bar{b} \cdot \bar{c}}} = \overline{a \cdot \overline{\bar{b} \cdot \bar{c}}}$$

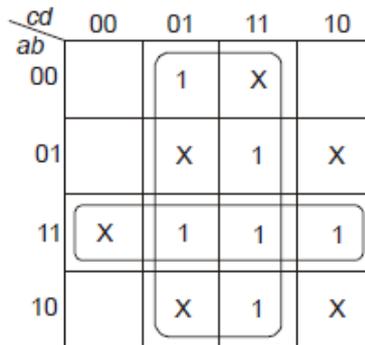
y el circuito que obtenemos será



34. Realizamos la tabla de verdad basándonos en las condiciones iniciales.

a	b	c	d	S
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	0
0	0	1	1	X
0	1	0	0	0
0	1	0	1	X
0	1	1	0	X
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	0	1	X
1	0	1	0	X
1	0	1	1	1
1	1	0	0	X
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1

A continuación la simplificamos por el método de Karnaugh

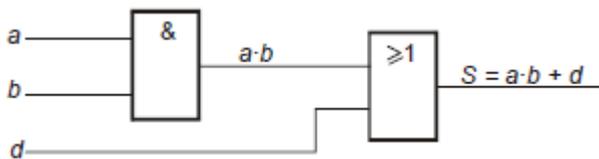


Solo utilizaremos los términos indiferentes necesarios para la simplificación.

De los agrupamientos anteriores se deduce la siguiente función lógica

$$S = d + a \cdot b$$

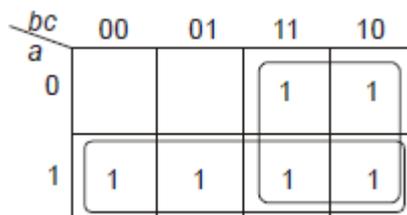
El circuito resultante será



35. Realizamos primero su tabla de verdad, partiendo de los datos del cronograma.

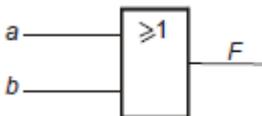
a	b	c	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

Simplificamos a continuación por el método de Karnaugh.

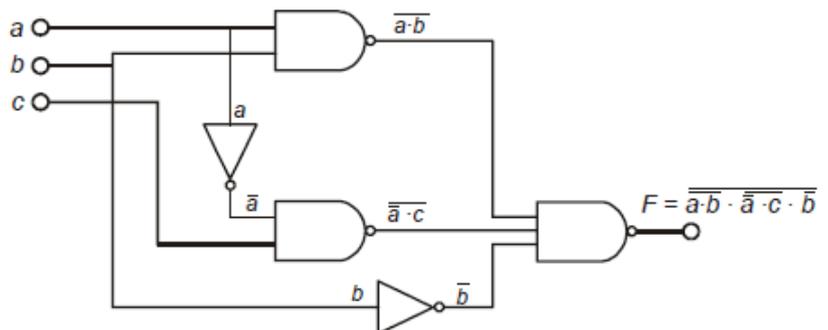


La función lógica resultante será:  $F = a + b$ .

El circuito lógico será por tanto:



36. Sobre el circuito vamos obteniendo las operaciones efectuadas a través de las puertas, hasta llegar a la salida.



Obtenida la función la simplificamos algebraicamente

$$F = \overline{a \cdot b \cdot \bar{a} \cdot c \cdot \bar{b}} = \overline{a \cdot b} + \overline{\bar{a} \cdot c} + \bar{b} = a \cdot b + \bar{a} \cdot c + b = b \cdot (a+1) + \bar{a} \cdot c$$

$$F = b + \bar{a} \cdot c$$

Si simplificamos por Karnaugh, obteniendo primeramente la función canónica, resultará

$$F = a \cdot b + \bar{a} \cdot c + b = a \cdot b \cdot (c + \bar{c}) + \bar{a} \cdot c \cdot (b + \bar{b}) + b \cdot (a + \bar{a}) \cdot (c + \bar{c})$$

$$F = a \cdot b \cdot c + \bar{a} \cdot b \cdot c + \bar{a} \cdot b \cdot \bar{c} + a \cdot b \cdot \bar{c} + \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c$$

bc	00	01	11	10
a				
0		1	1	1
1			1	1

Obteniendo el mismo resultado

$$F = b + \bar{a} \cdot c$$

El circuito lógico que resultaría sería

