

**Asignatura:** Electrónica y regulación automática  
**Especialidad:** Química, Materiales, Fabricación,  
 Organización, Máquinas, Construcción, Ing. Química  
**Publicación de notas (preacta):** 28/06/2010  
**Duración del examen:** 2h

**Fecha:** 17/06/2010  
**Convocatoria:** Junio

**Revisión:** 2/07/2010

### EJERCICIO 1. (3 puntos)

Se dispone de un sensor con una resistencia de salida de  $R_g = 50\text{K}\Omega$ . Cuando se aplica sobre este sensor una carga de valor  $30\text{K}\Omega$ , la corriente de salida máxima (valor de pico) del sensor en dicha carga es de  $0,625\ \mu\text{A}$ .

El sensor genera una señal alterna que actúa sobre un amplificador de corriente cuya salida se aplica sobre un dispositivo actuador.

Se pide:

- Dibuje los bloques que definen el circuito (sensor, amplificador, carga) con sus elementos internos (fuentes, impedancias, etc) incluyendo los condensadores de acoplamiento y la capacidad parásita del amplificador  $C_p$ .
- Calcule la corriente de cortocircuito del sensor.
- Sabiendo que al accionador se le debe suministrar una corriente 100 veces mayor que la de cortocircuito del sensor, y que la salida del amplificador no debe superar los 4 V de tensión, determinar la ganancia de corriente en cortocircuito y la resistencia de entrada del Actuador.
- Determinar las frecuencias de corte superior e inferior y dibujar el diagrama de Bode (Amplitud y fase).
- Con objeto de aumentar el ancho de banda en un 10%, se realimenta el circuito. Indique el tipo de realimentación más conveniente. Calcular los nuevos valores de Ancho de banda, Ganancia, Resistencia de Entrada y Salida del amplificador realimentado.

**NOTA:** El amplificador tiene una Resistencia de entrada  $R_e = 150\text{K}\Omega$  y una resistencia de salida  $R_s = 20\text{K}\Omega$ ; Las Capacidades de acoplamiento de entrada y salida son  $C_1 = 25/\pi\ \mu\text{F}$  y  $C_2 = 12,5/\pi\ \mu\text{F}$  respectivamente;  $C_p$  es  $2,5/\pi\ \text{nF}$

### EJERCICIO 2. (3 puntos)

En el circuito de la figura, dibuja las formas de onda de las tensiones  $u_2$ ,  $u_3$  y  $u_4$ , suponiendo que  $u_1$  es una señal cuadrada, de período 20ms. que varía entre  $-5\text{V}$  y  $+5\text{V}$  y con valor medio cero. Supóngase también que todos los componentes son ideales y que la tensión  $u_c(t=0) = 2,5\text{V}$ .

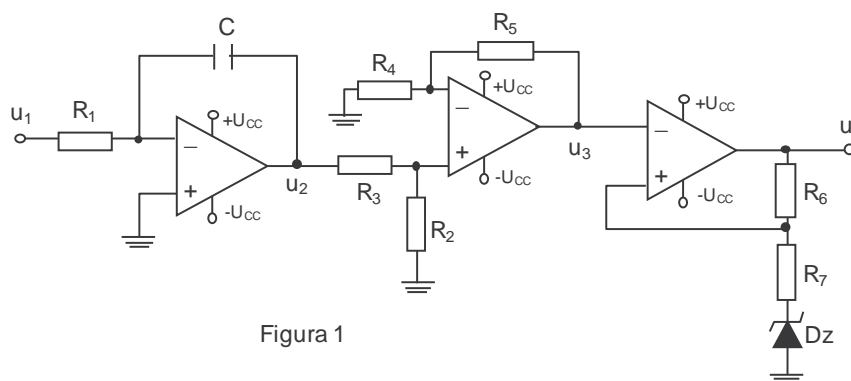


Figura 1

#### Datos:

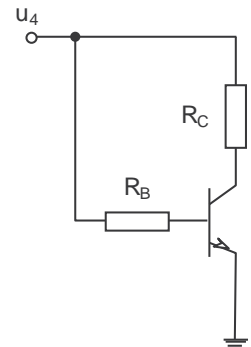
$u_1$  = cuadrada, varía entre  $\pm 5\text{V}$ , período 20ms, valor medio cero

$R_1 = 100\Omega$      $R_2 = 2\text{k}\Omega$      $R_3 = 2\text{k}\Omega$      $R_4 = 1\text{k}\Omega$      $R_5 = 5\text{k}\Omega$      $R_6 = 4\text{k}\Omega$      $R_7 = 1\text{k}\Omega$   
 $C = 100\mu\text{F}$      $D_z$  ideal     $U_z = 3\text{V}$      $\pm U_{cc} = \pm 15\text{V}$

A la salida  $u_4$  se conecta un circuito, como el mostrado en la figura 2.

El transistor es ideal con  $\beta=20$ .

Calcular la relación que deben cumplir  $R_B$  y  $R_C$  para que el transistor no esté nunca saturado.



**EJERCICIO 3.** (1,5+2,5= 4 puntos)

3.A) Para la tabla de verdad dada :

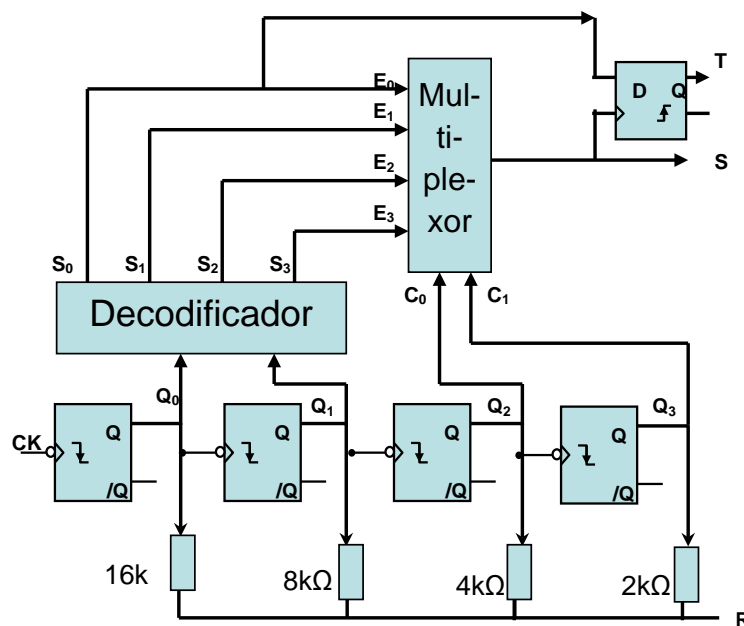
- a) Expresar la función F según la primera forma canónica
- b) Expresar la función F según la segunda forma canónica
- c) Función mínima como producto de sumas
- d) Implementación de la función mínima con puertas NAND
- e) Implementación de la función mínima con un decodificador
- f) Implementación de la función mínima con un multiplexor

A	B	C	D	F
0	0	0	0	1
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	0	1
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0

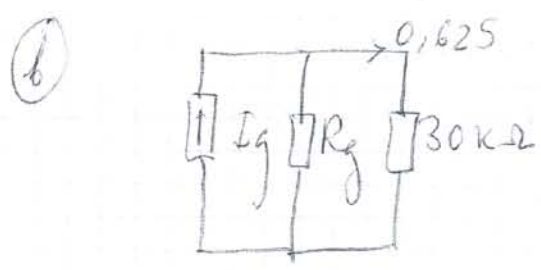
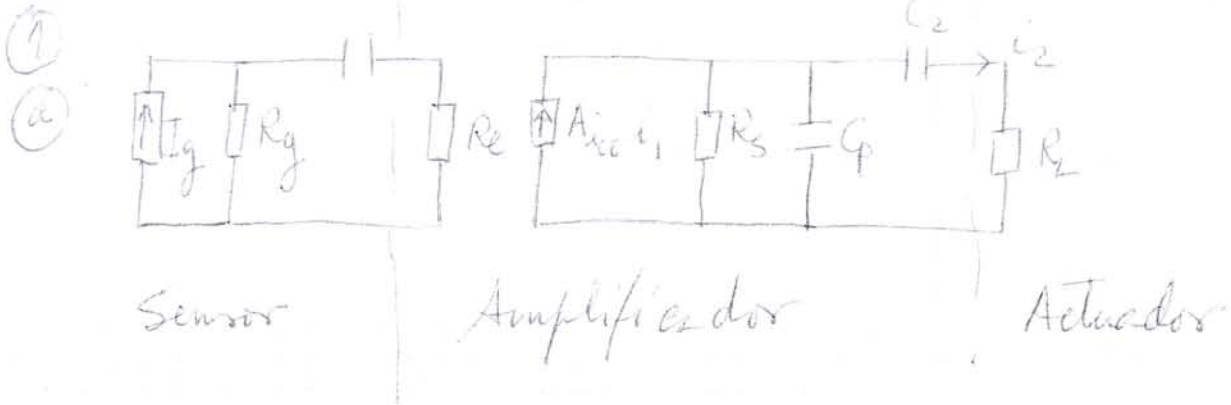
3.B) Para el circuito de la figura:

- a) indicar la evolución de S y T para los primeros 17 ciclos de la señal de reloj.
- b) Indicar la evolución de R para los primeros 8 ciclos de la señal de reloj

**Nota:** Todos los biestables se encuentran inicialmente a cero.



ERA (17/06/2010)



$$i_1 = I_g \cdot \frac{R_g}{R_g + 30}$$

$$I_g = 0,625 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{80k}{50k} = 1 \mu A$$

(c)

$$i_2 = A_{icc} \cdot I_g \cdot \frac{R_g}{R_g + R_e} \cdot \frac{R_s}{R_s + R_L}$$

$$i_2 R_L \leq 4V \Rightarrow R_L < \frac{4V}{100 \mu A} = 40k\Omega$$

$$i_2 = 100 I_g = 100 \mu A$$

Entonces  $A_{icc} = \frac{100}{\frac{50k}{50k+150k} \cdot \frac{20k}{20k+60k}} = 1200$

(d)

$$f_{cs} = \frac{1}{2\pi C_p \frac{R_s R_L}{R_s + R_L}} = 15 MHz$$

$$f_{ci_1} = \frac{1}{2\pi C_1 (R_g + R_e)} = 0,1 Hz ; f_{ci_2} = \frac{1}{2\pi C_2 (R_s + R_L)} = 0,67 Hz$$

Están muy cerca:  $f_{ci_T} = f_{ci} \frac{1}{\sqrt{2\sqrt{2}-1}} = 1,04 Hz$

(e) Ancho de Banda  $\approx f_{cs} = 15 \text{ MHz}$

Al realimentar:

$$f'_{cs} = f_{cs} (1 + A_i \beta) = 1,1 f_{cs}$$

$$1 + A_i \beta = 1,1$$

- El tipo de realimentación más conveniente es el de "corriente en paralelo", ya que de este modo se aumenta la resistencia de salida y se reduce la resistencia de entrada.

$$f'_{cs} = 1,1 \cdot 15 \cdot 10^6 = 16500 \text{ KHz} = 16,5 \text{ MHz}$$

- La ganancia  $A'_{icc}$  en cortocircuito es

$$A'_{icc} = \frac{A_{icc}}{1 + A_{icc} \beta} = \frac{1200}{1 + 1200 \cdot 125 \cdot 10^{-6} (*)} = 1043$$

$$A_i = \frac{i_2}{i_1} \Big|_{R_L=40k} \Rightarrow i_2 = A_{icc} \cdot i_1 \cdot \frac{R_S}{R_S + R_L}$$

$$A_i = A_{icc} \cdot \frac{R_S}{R_S + R_L} = 1200 \cdot \frac{40k}{80k} = 600$$

$$(*) \quad 1 + A_i \beta = 1,1 \Rightarrow \beta = \frac{0,1}{600} = 125 \cdot 10^{-6}$$

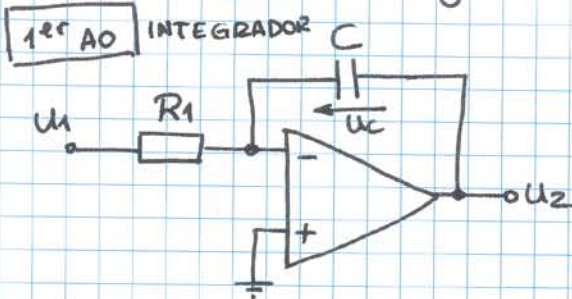
$$R'_e = \frac{R_e}{1 + A_i \beta} = \frac{150k}{1,1} = 136 \text{ k}\Omega$$

$$R'_s = R_s (1 + A_{icc} \beta) = 20k (1 + 1200 \cdot 125 \cdot 10^{-6}) = 23 \text{ k}\Omega$$



1

PROBLEMA 2 - EyRA - Junio 2010 -



$$\frac{u_1 - 0}{R_1} = -C \frac{du_2}{dt}$$

$$u_2 = \frac{-1}{R_1 C} \int_0^t u_1 \cdot dt$$

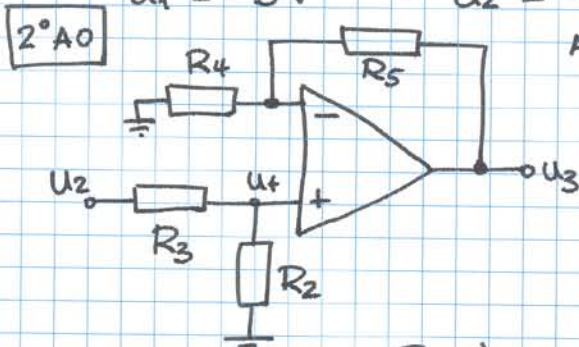
( $u_c \neq$ )  $u_2(t=0) = 2,5V$

$0 < t < 10 \text{ ms}$

$u_1 = 5V \rightarrow u_2 = 2,5 - 500t \text{ (V)}$

$10 \text{ ms} < t < 20 \text{ ms}$

$u_1 = -5V \rightarrow u_2 = -2,5 + 500t \text{ (V)}$



AMPLIFICADOR DE GANANCIA POSITIVA

$$u_+ = u_2 \frac{R_2}{R_2 + R_3} = 0,5 u_2$$

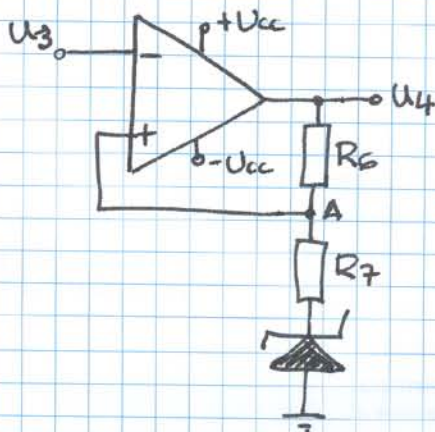
$$\frac{0 - u_+}{R_4} = \frac{u_+ - u_3}{R_5}$$

$$u_3 = u_+ \left( 1 + \frac{R_5}{R_4} \right) = u_2 \frac{R_2}{R_2 + R_3} \cdot \frac{R_4 + R_5}{R_4} = 3 \cdot u_2$$

$0 < t < 10 \text{ ms} : u_3 = 7,5 - 1500t$

$10 \text{ ms} < t < 20 \text{ ms} : u_3 = -7,5 + 1500t$

3er AO COMPARADOR CON HISTÉRESIS



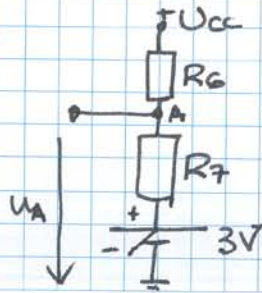
$u_4 = \pm U_{cc}$

Cuando  $u_4 = +U_{cc} = 15V$  el DZ podrá conducir en zona Zener

$$u_A = u_2 + u_{R7} =$$

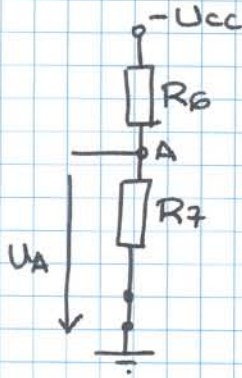
$$u_A = u_2 + \frac{U_{cc} - u_2}{R_6 + R_7} \cdot R_7$$

$u_A = 5,4V$



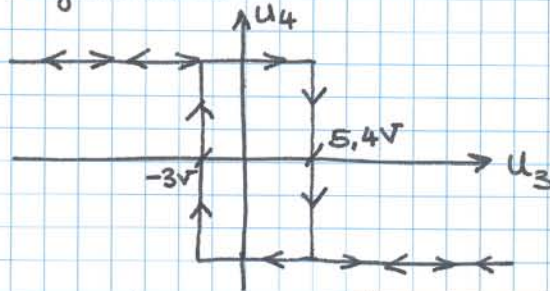
2

Cuando directa  $u_4 = -U_{cc} = -15V$  el D2 conducirá en directa

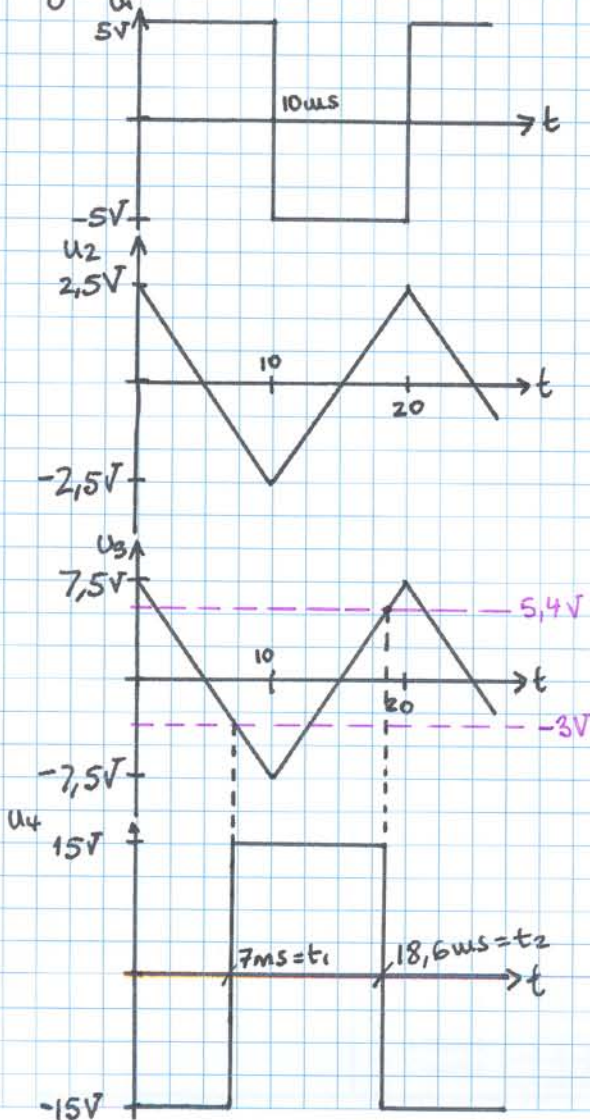


$$U_A = -U_{cc} \frac{R_7}{R_7 + R_6} = -3V$$

El comportamiento de este bloque es el siguiente



Las formas de onda resultantes son las siguientes:



Para calcular los tiempos  $t_1$  y  $t_2$ :

$$7,5 - 1500 \cdot t_1 = -3$$

$$t_1 = 7ms$$

$$-7,5 + 1500 t_2 = 5,4$$

$$t_2 = 8,6\mu s$$

$$t_2 = 18,6\mu s$$

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIEROS INDUSTRIALES



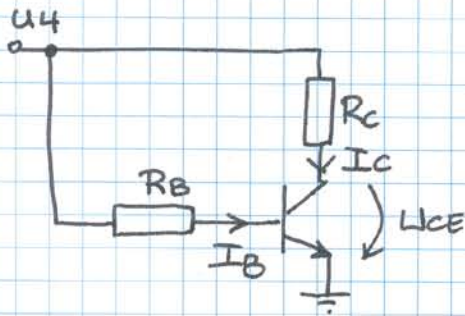
DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA,  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
E INFORMÁTICA INDUSTRIAL

DIVISIÓN DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA (DIE)

---



③



Cuando  $u_4 = -U_{cc}$  el transistor estará en corte.

Cuando  $u_4 = +U_{cc}$  el transistor podrá estar en zona activa o saturación.

La condición para que no esté saturado es:

$$U_{ce} > 0$$

$$U_{cc} = R_B I_B + U_{BE} \quad \text{ideal}$$

$$I_B = \frac{U_{cc}}{R_B}$$

$$U_{cc} = R_C \cdot I_C + U_{ce} = R_C \cdot \beta I_B + U_{ce} = \frac{R_C}{R_B} U_{cc} \beta + U_{ce}$$

↑  
z. activa

$$U_{BE} = U_{cc} \left( 1 - \frac{R_C}{R_B} \cdot \beta \right)$$

$$U_{ce} > 0 \rightarrow \frac{R_C}{R_B} \beta > 1$$

$$\frac{R_B}{R_C} > \beta = 20$$



3. A)

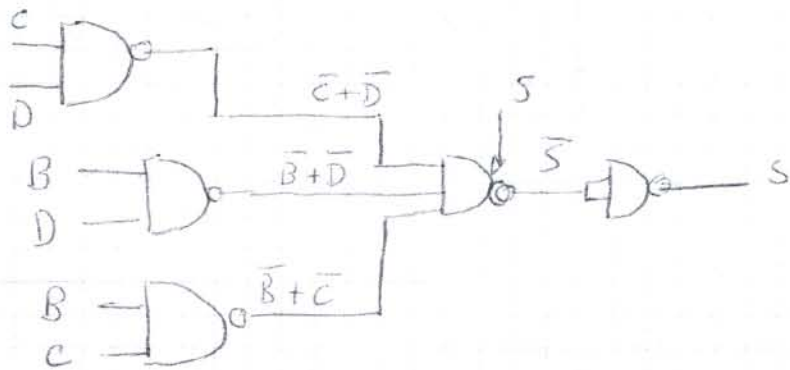
a)  $F = \bar{A}\bar{B}\bar{C}\bar{D} + \bar{A}\bar{B}C\bar{D} + \bar{A}B\bar{C}\bar{D} + \bar{A}BC\bar{D} + A\bar{B}\bar{C}\bar{D} + A\bar{B}C\bar{D} + AB\bar{C}\bar{D} + ABC\bar{D}$

b)

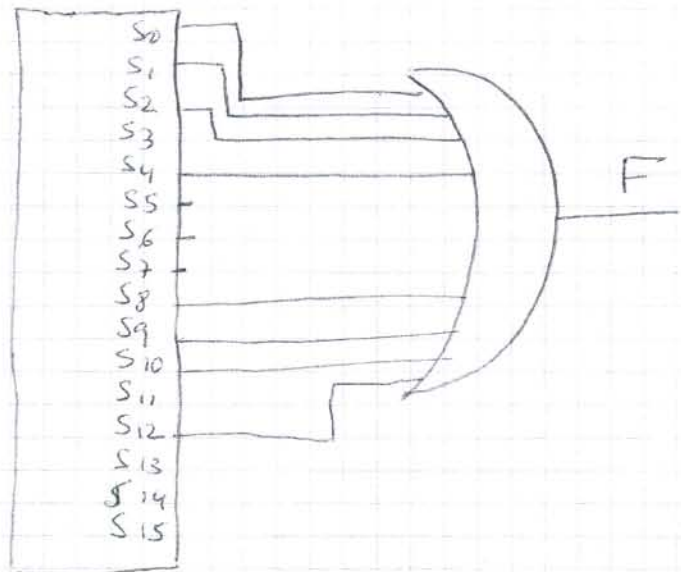
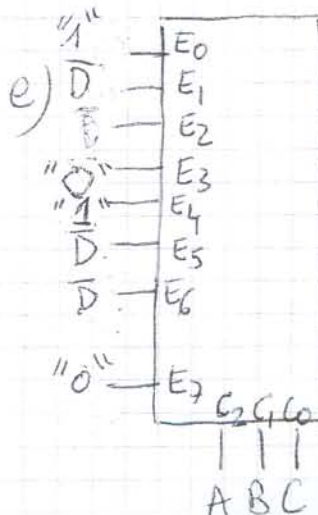
		AB			
		00	01	11	10
CD	00	1	1	1	1
	01	1	0	0	1
	11	0	0	0	0
	10	1	0	0	1

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

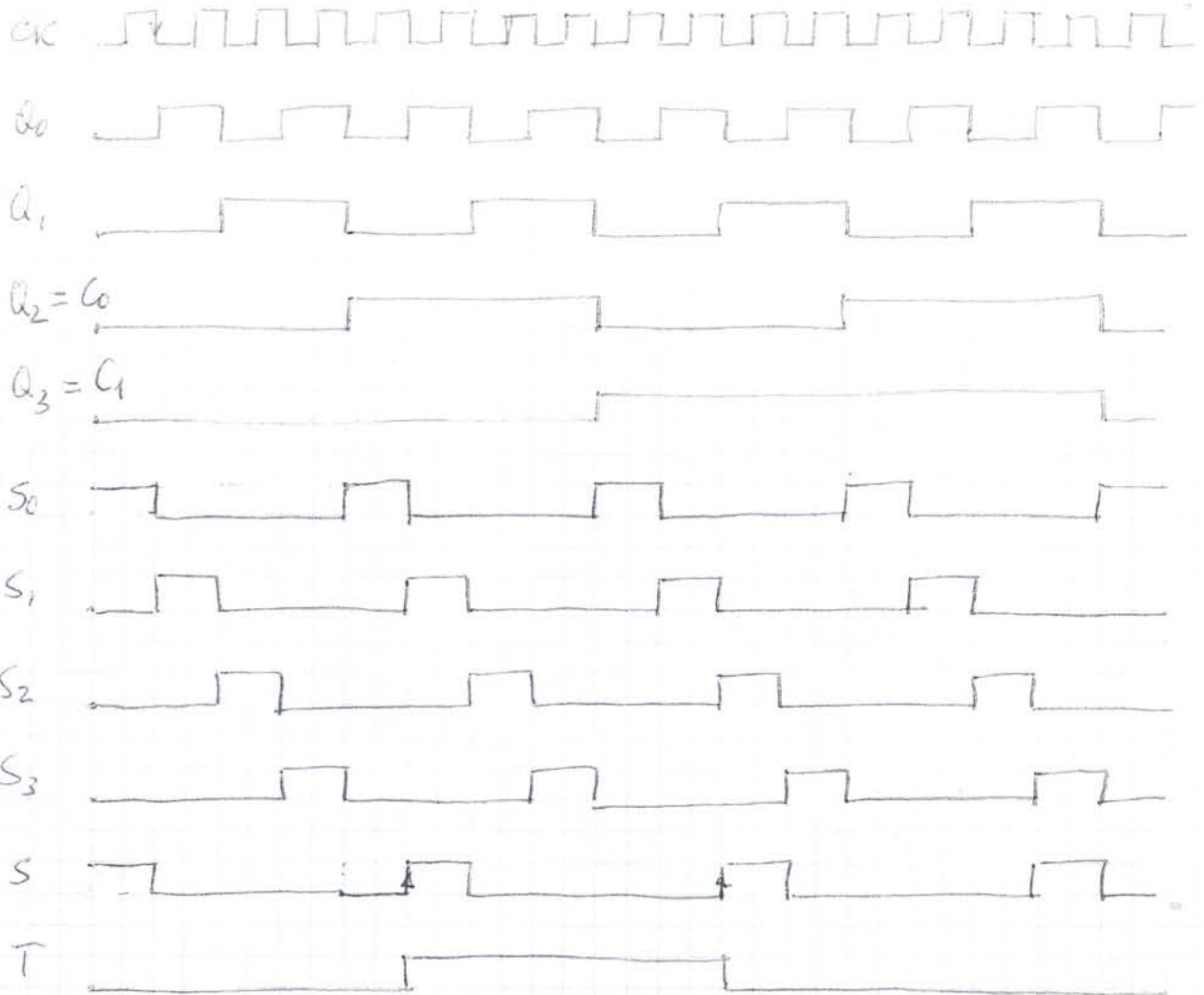
c)



d)

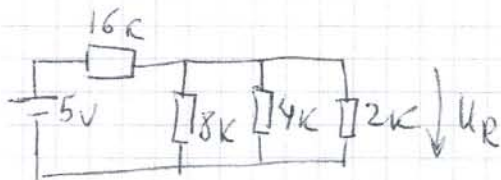


3B



Para el cálculo de  $U_R$ : Si  $Q_0 = Q_1 = Q_2 = Q_3 = 0 \Rightarrow U_R = 1$

Si  $Q_0 = 1; Q_1 = Q_2 = Q_3 = 0$  entonces el circuito equivalente es el dibujado



$$R_{eq} = 8k // 4k // 2k = \frac{8}{7} k\Omega$$

$$U_R = \frac{8/7}{16 + 8/7} \cdot 5V = \frac{5}{15} = \frac{1}{3} V$$

Se trata de una señal analógica, de amplitud relacionada directamente con el valor digital.