

uc3m

Universidad
Carlos III
de Madrid



Departamento
Tecnología
Electrónica

Fundamentos en Ingeniería Electrónica

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática, Tecnologías Industriales, Ingeniería Mecánica, Ingeniería de la Energía

Sesión 25: Implementación de convertidores A/D y D/A.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

<http://www.dte.uc3m.es>

dte
Departamento de
Tecnología

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Fundamentos de Ingeniería Electrónica y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002, Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

Sesión 25: Implementación de convertidores A/D y D/A.

1. Repaso de conceptos clave
2. Implementación del convertor digital-analógico
3. Implementación de convertidores analógico-digitales
4. Ejercicio de repaso

BIBLIOGRAFÍA

Thomas L. Floyd, Editorial: Pearson Prentice Hall
Fundamentos de sistemas digitales, 2006. (L/S 621.38.037.37 FLO)

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

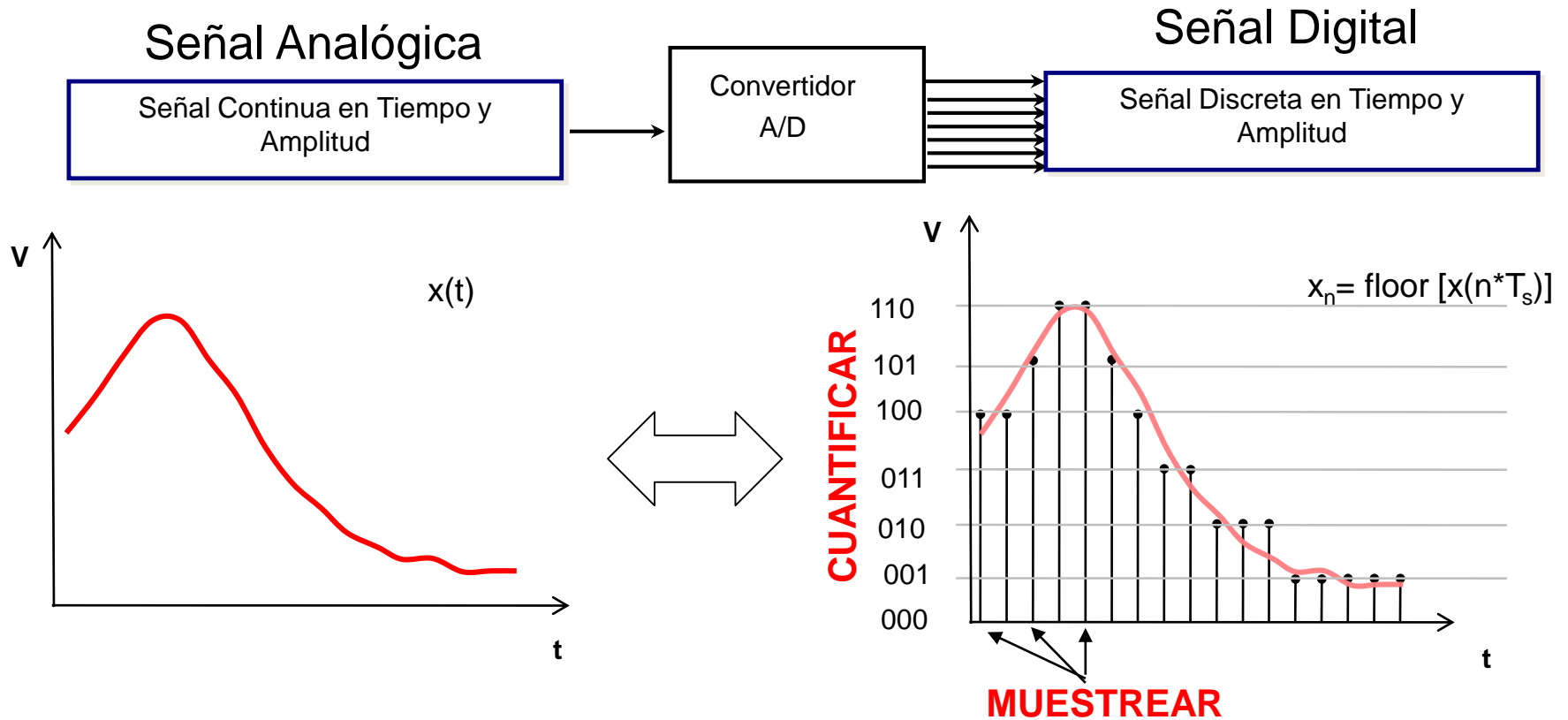
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

<http://www.dte.uc3m.es>

dte
Tecnología

1. Repaso de conceptos clave

Señales analógicas y digitales. Conversión.



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

<http://www.dte.uc3m.es>

dte Tecnología

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Fundamentos de la Constitución Española y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002, Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

2. Implementación del conversor digital-analógico

Conversor digital-analógico con ponderación binaria

Tensión de salida (V)

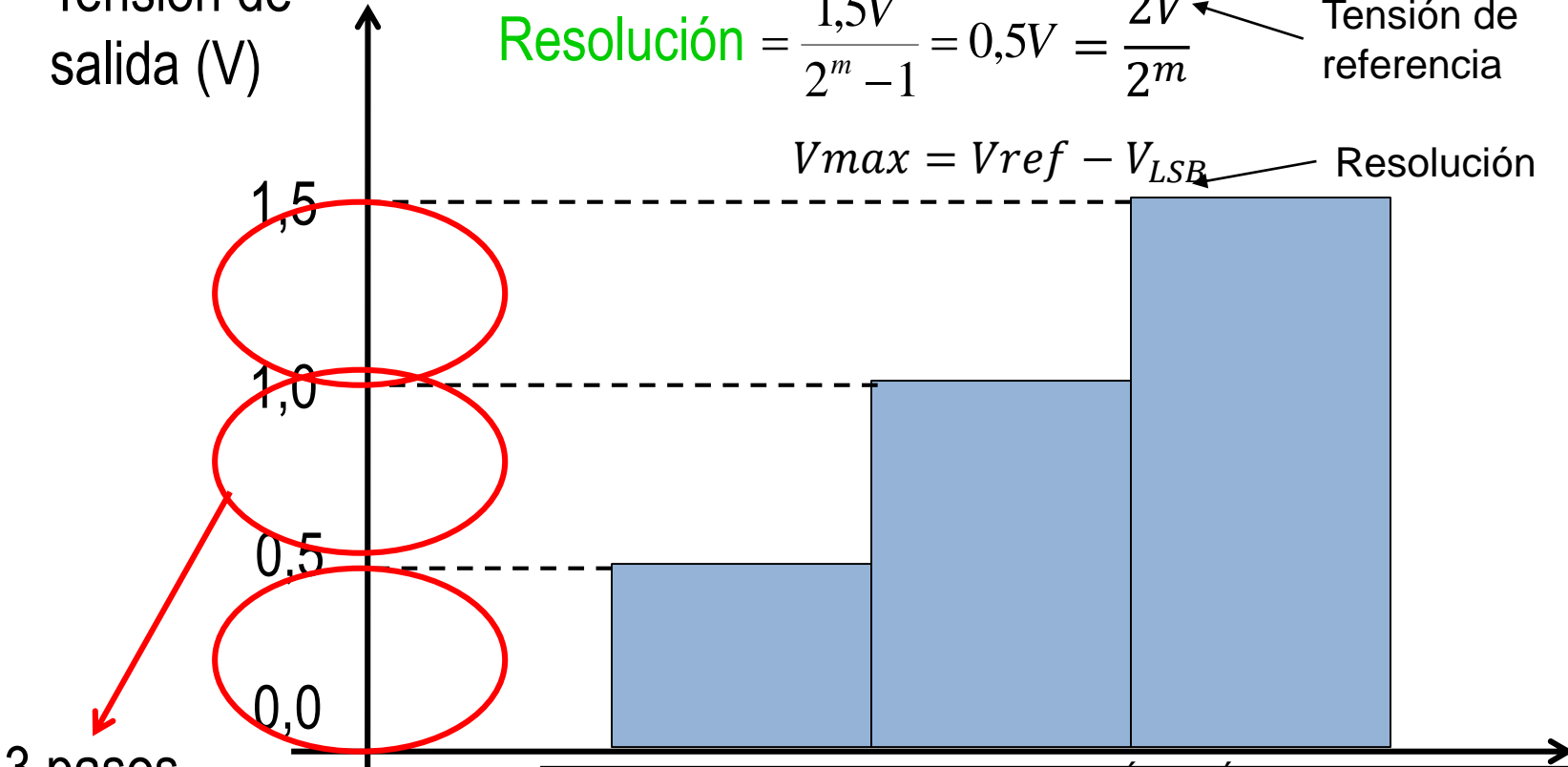
$$\text{Resolución} = \frac{1,5V}{2^m - 1} = 0,5V = \frac{2V}{2^m}$$

Tensión máxima

Tensión de referencia

$$V_{max} = V_{ref} - V_{LSB}$$

Resolución



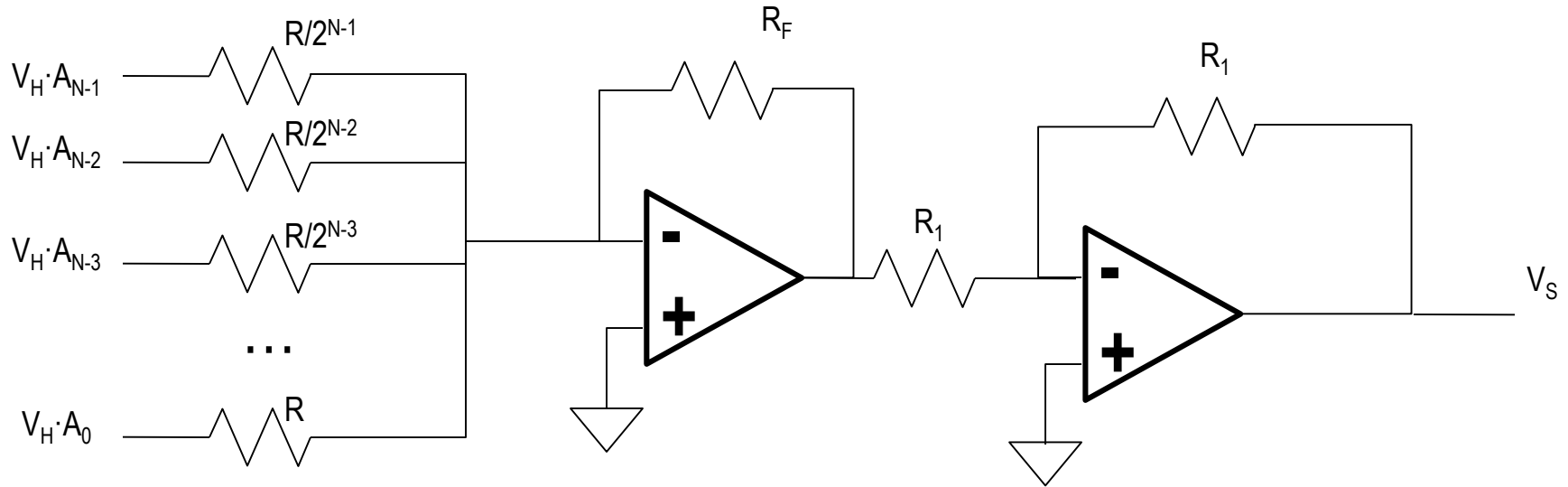
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

2. Implementación del conversor digital-analógico

Conversor digital-analógico con ponderación binaria SIN VREF



V_H = tensión correspondiente al nivel lógico "1"

$A_{N-1} \dots A_0$ = señal digital de entrada (palabra de N bits)

V_S = señal analógica de salida

$$V_S = R_F \cdot V_H \cdot \left(\frac{A_0}{R} + \dots + \frac{2^{N-3} \cdot A_{N-3}}{R} + \frac{2^{N-2} \cdot A_{N-2}}{2^{N-1} \cdot A_{N-1}} \right)$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

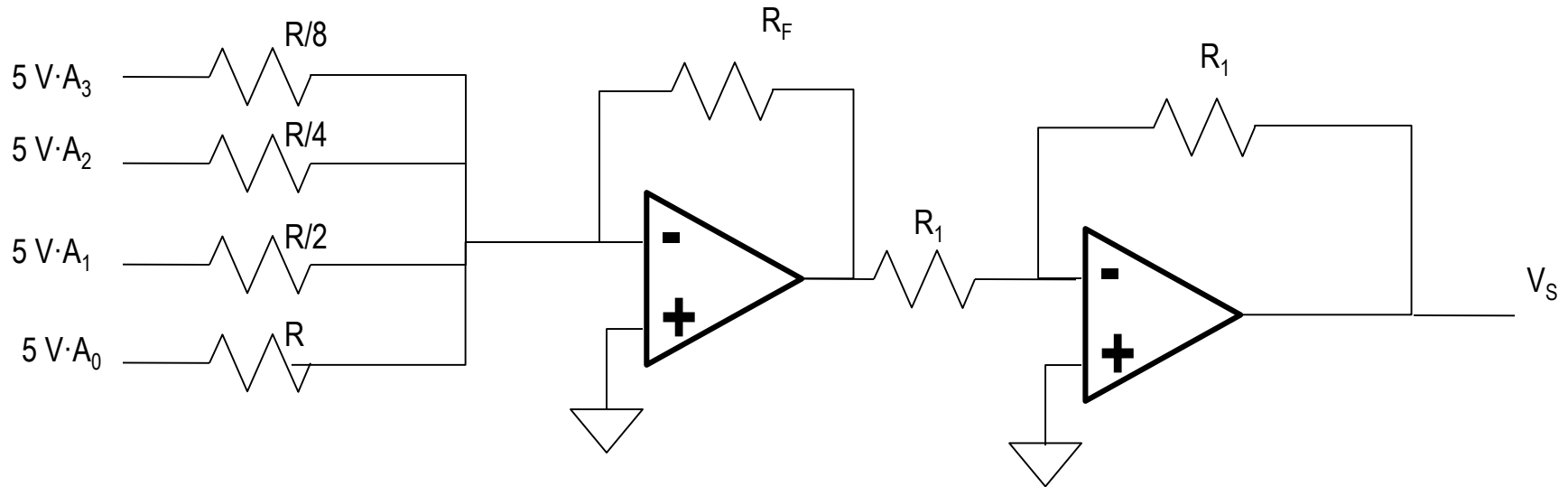
<http://www.dte.uc3m.es>

dte Tecnología

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

2. Implementación del conversor digital-analógico

Conversor digital-analógico con ponderación binaria de 4 bits SIN VREF



$A_3 \dots A_0$ = señal digital de entrada (palabra de N bits)

$$V_S = \frac{R_F \cdot 5V}{R} (A_0 + 2A_1 + 4A_2 + 8A_3)$$

V_S = señal analógica de salida

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

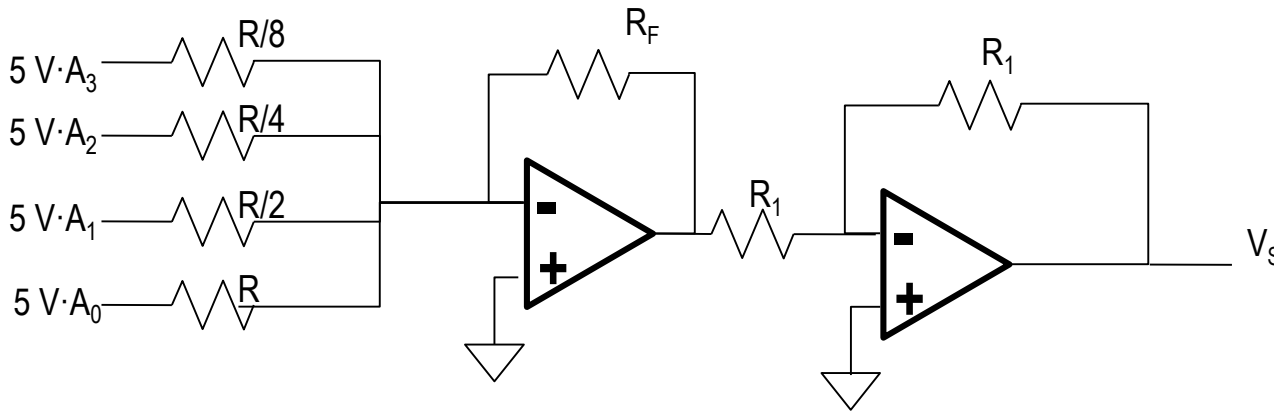
<http://www.dte.uc3m.es>

dte Tecnología

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

2. Implementación del conversor digital-analógico

Ejercicio 1: Calcule la tensión de salida en función del código de entrada al conversor.



$$R_F = \frac{R}{8}$$

$$V_s = \frac{5V}{8} (A_0 + 2A_1 + 4A_2 + 8A_3)$$

| A ₃ | A ₂ | A ₁ | A ₀ | V _s (V) |
|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 0 | 0 | 0 | 1 | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | |
| 0 | 1 | 0 | 0 | |
| 0 | 1 | 0 | 1 | |
| 0 | 1 | 1 | 0 | |
| 0 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | |
| 1 | 0 | 0 | 1 | |
| 1 | 0 | 1 | 0 | |
| 1 | 0 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 0 | 0 | |

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

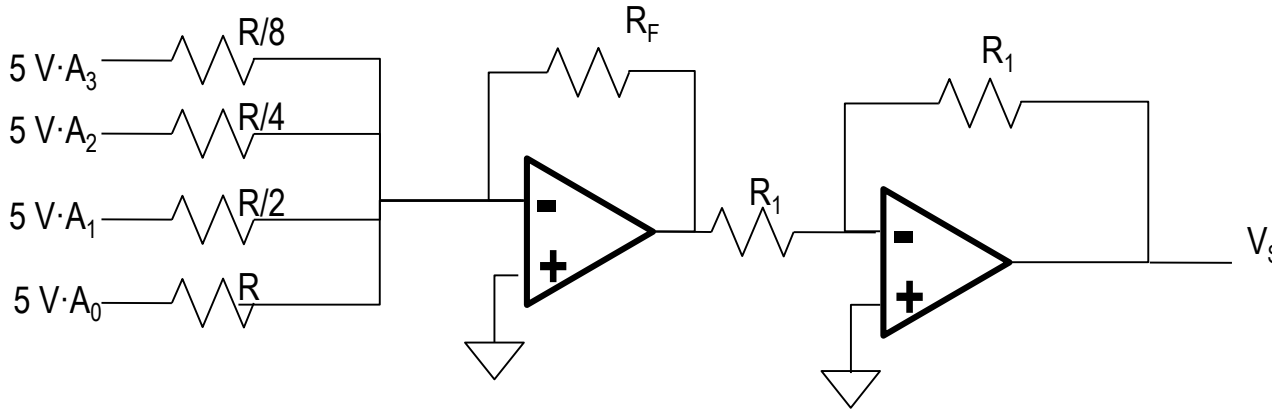
<http://www.dte.uc3m.es>

dte Tecnología

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

2. Implementación del conversor digital-analógico

Ejercicio 1: Calcule la tensión de salida en función del código de entrada al conversor.



$$R_F = \frac{R}{8}$$

$$V_s = \frac{5V}{8} (A_0 + 2A_1 + 4A_2 + 8A_3)$$

| A ₃ | A ₂ | A ₁ | A ₀ | V _s (V) |
|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0,625 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1,25 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1,875 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 2,5 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 3,125 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 3,75 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 4,375 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 5,625 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 6,25 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 6,875 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 7,5 |

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

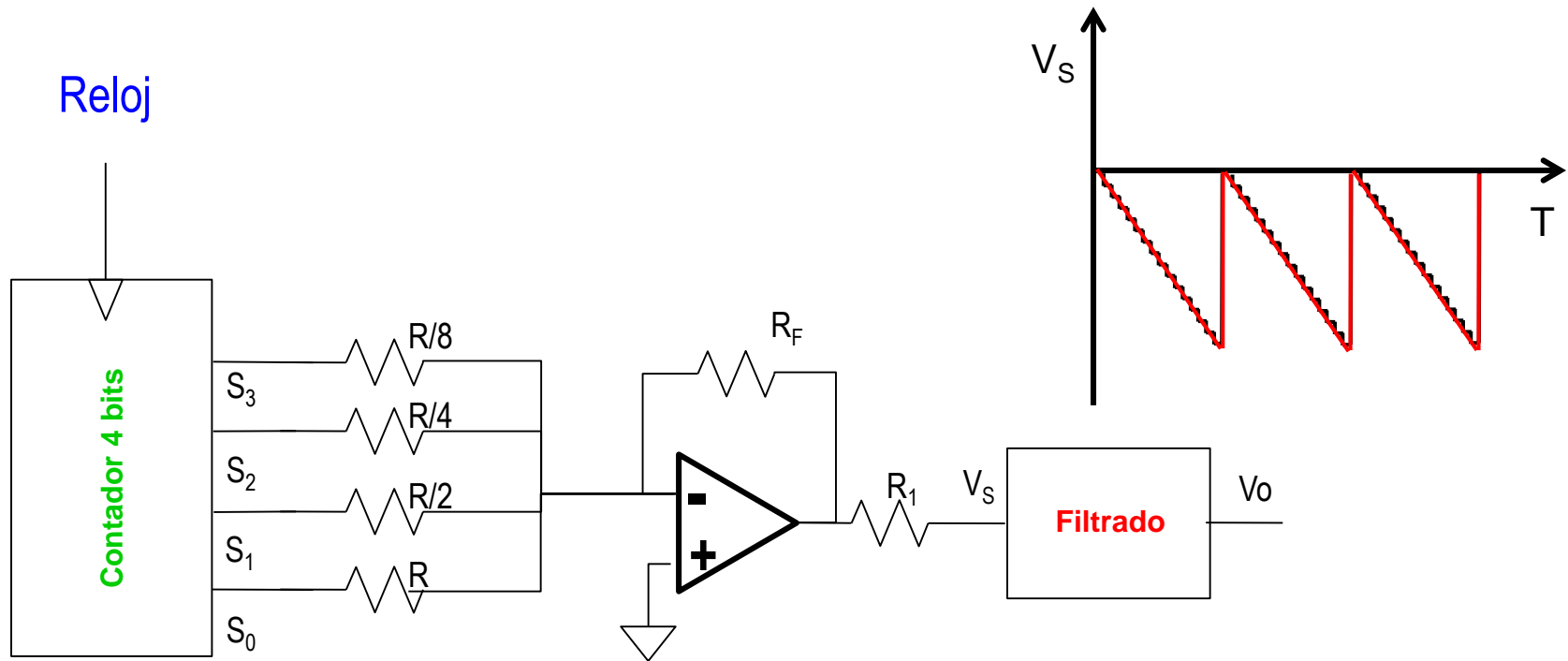
<http://www.dte.uc3m.es>

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002.

Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

2. Implementación del conversor digital-analógico

Conversor digital-analógico con ponderación binaria. Ejemplo de aplicación: generación de señales.



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

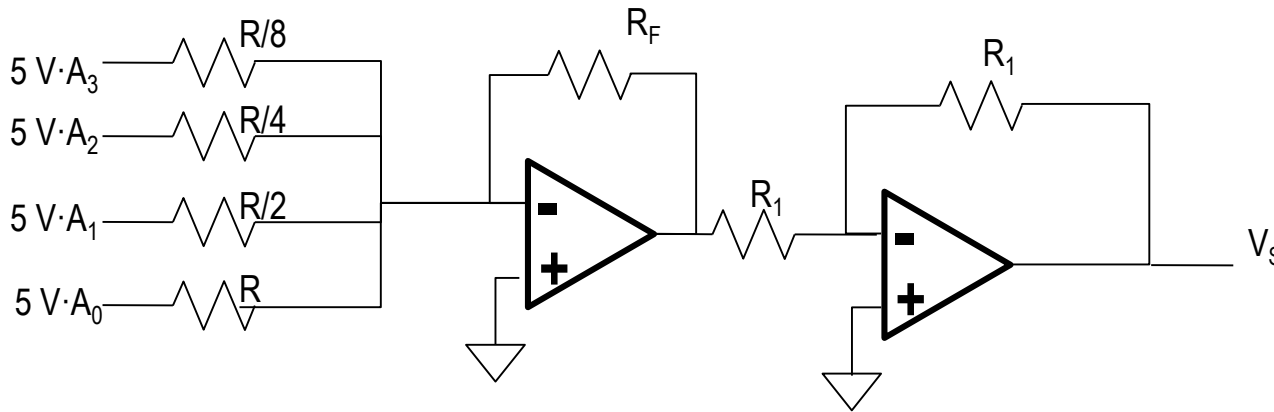
<http://www.dte.uc3m.es>

dte Tecnología

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002, Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

2. Implementación del conversor digital-analógico

Ejercicio 2: Diseñe un conversor digital-analógico con ponderación binaria de 4 bits con una resolución de 100 mV. Calcule el rango de tensiones de salida y la precisión del conversor.



**Para
trabajar
en casa**

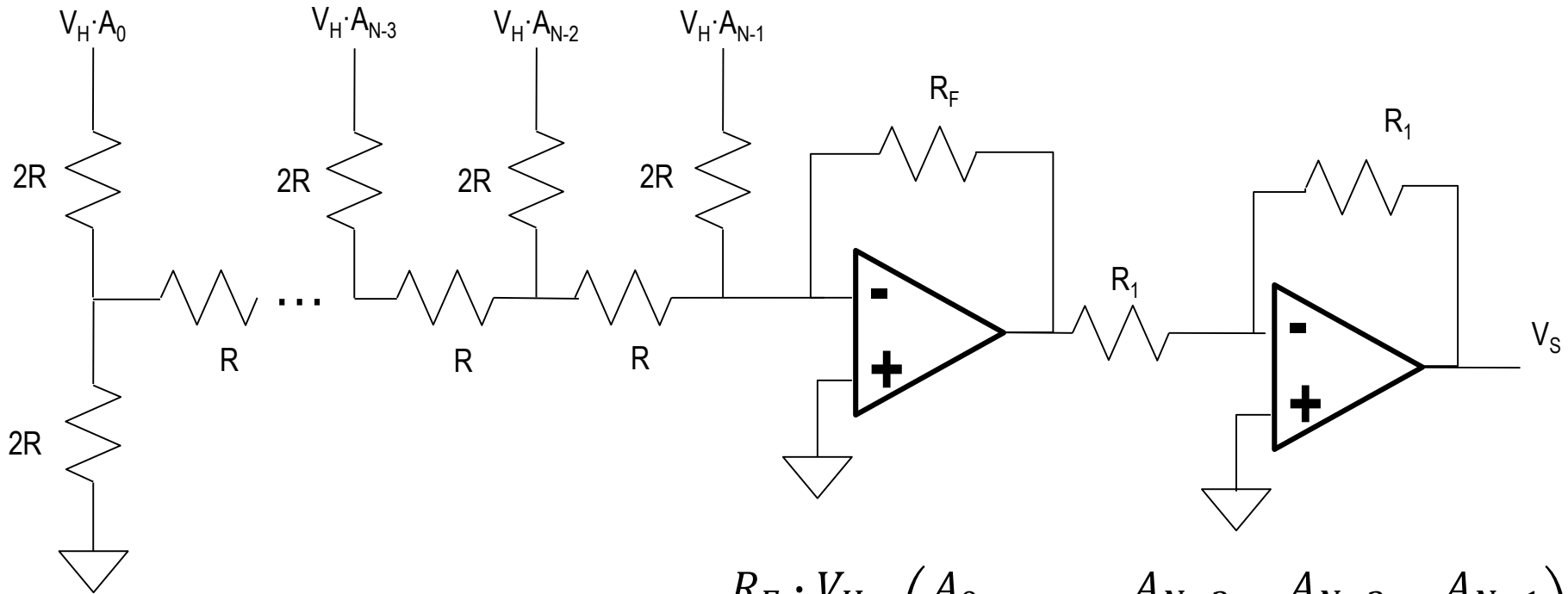
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

2. Implementación del conversor digital-analógico

Conversor digital-analógico de red R-2R SIN VREF



V_H = tensión correspondiente al nivel lógico "1"

$$V_S = \frac{R_F \cdot V_H}{R} \cdot \left(\frac{A_0}{2^N} + \dots + \frac{A_{N-3}}{8} + \frac{A_{N-2}}{4} + \frac{A_{N-1}}{2} \right)$$

A = señal digital de entrada (palabra de N bits)

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

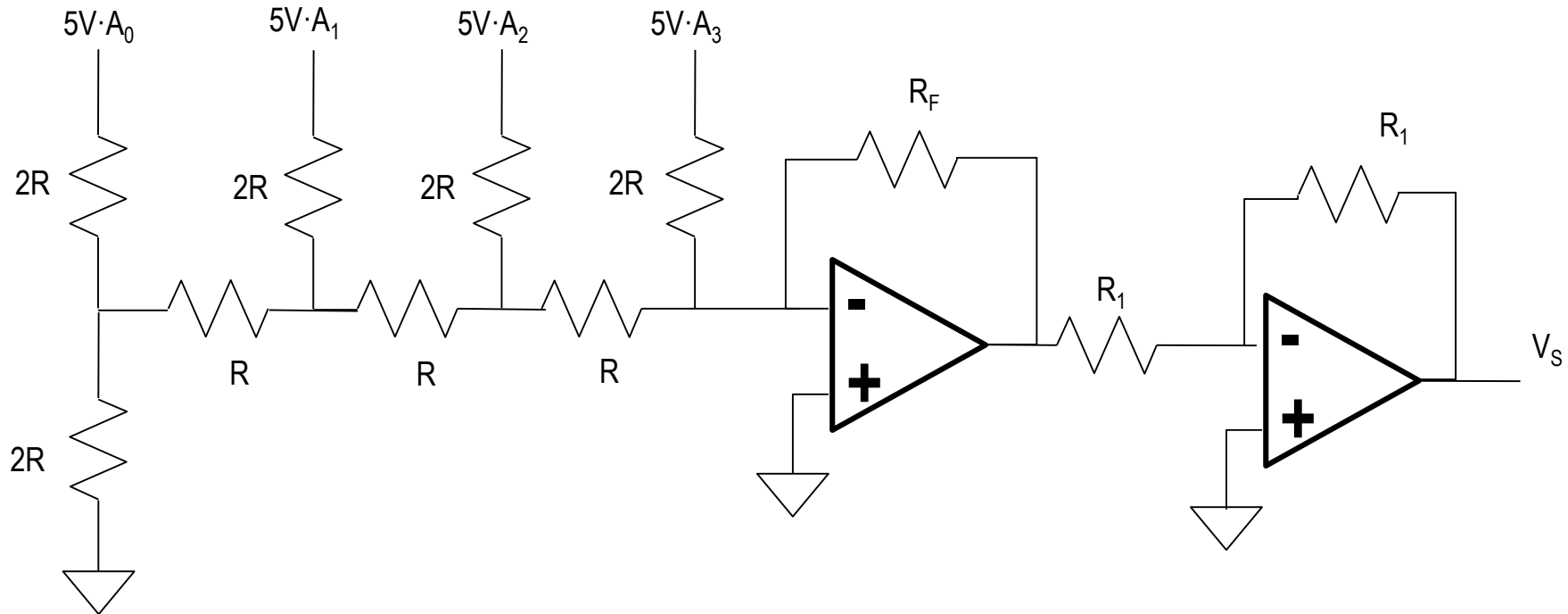
<http://www.dte.uc3m.es>

dte Tecnología

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

2. Implementación del conversor digital-analógico

Conversor digital-analógico de red R-2R de 4 bits SIN VREF



$A_3...A_0$ = señal digital de entrada (palabra de N bits)

$$V_S = \frac{R_F \cdot 5V}{R} \cdot \left(\frac{A_0}{16} + \frac{A_1}{8} + \frac{A_2}{4} + \frac{A_3}{2} \right)$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

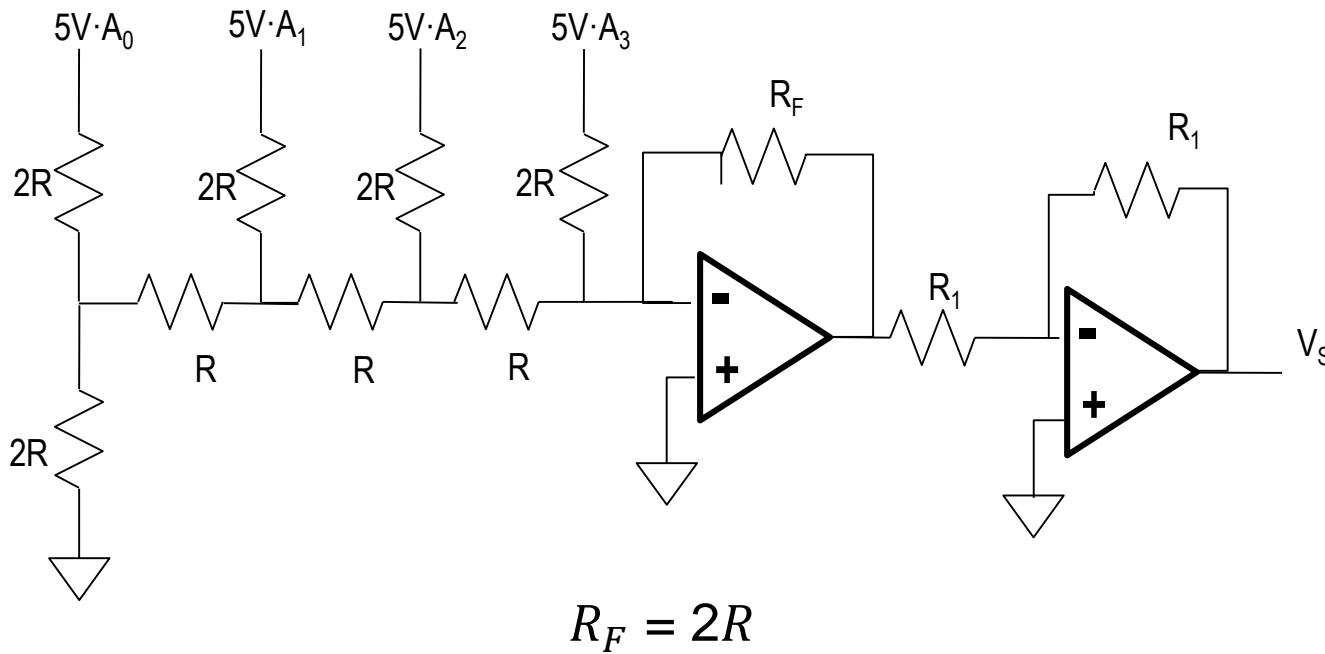
<http://www.dte.uc3m.es>

dte Tecnología

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

2. Implementación del conversor digital-analógico

Ejercicio 3: Calcule la tensión de salida en función del código de entrada al conversor.



| A ₃ | A ₂ | A ₁ | A ₀ | V _s (V) |
|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 0 | 0 | 0 | 1 | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | |
| 0 | 1 | 0 | 0 | |
| 0 | 1 | 0 | 1 | |
| 0 | 1 | 1 | 0 | |
| 0 | 1 | 1 | 1 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | |
| 1 | 0 | 0 | 1 | |
| 1 | 0 | 1 | 0 | |
| 1 | 0 | 1 | 1 | |
| 1 | 1 | 0 | 0 | |

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

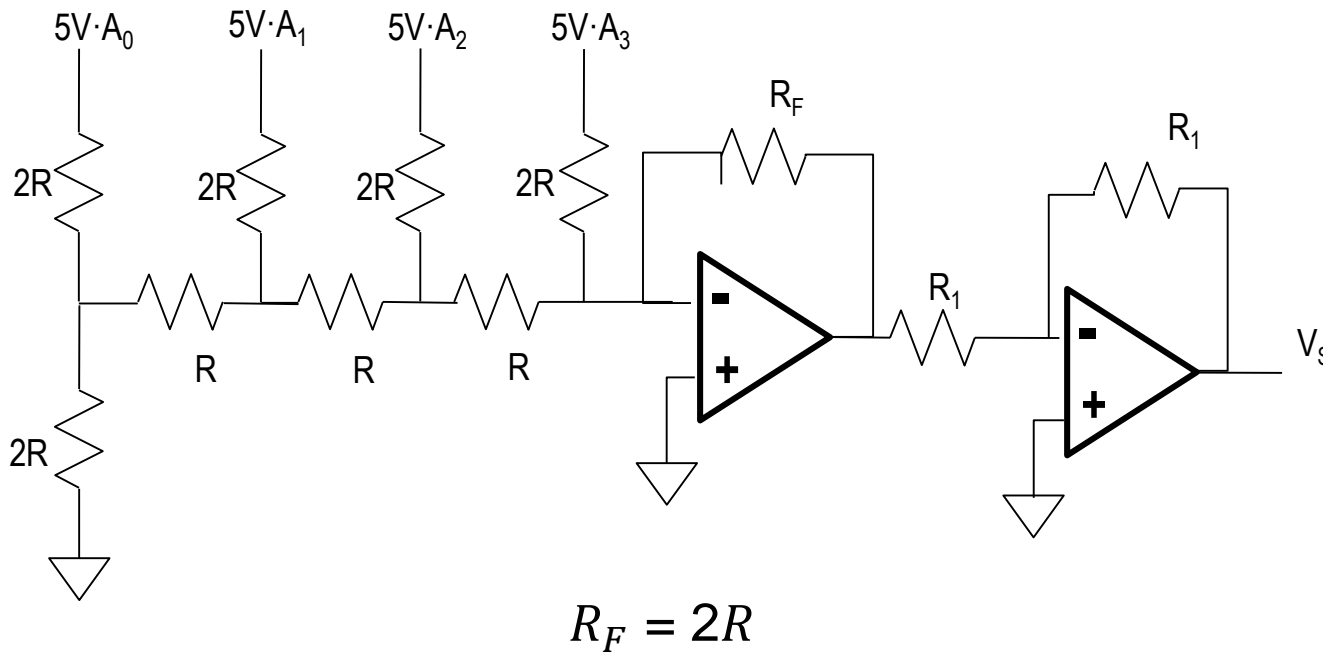
<http://www.dte.uc3m.es>

Fundamentos de Ingeniería de Electrónica

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

2. Implementación del conversor digital-analógico

Ejercicio 3: Calcule la tensión de salida en función del código de entrada al conversor.



| A ₃ | A ₂ | A ₁ | A ₀ | V _s (V) |
|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0,625 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1,25 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1,875 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 2,5 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 3,125 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 3,75 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 4,375 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 5,625 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 6,25 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 6,875 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 7,5 |

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

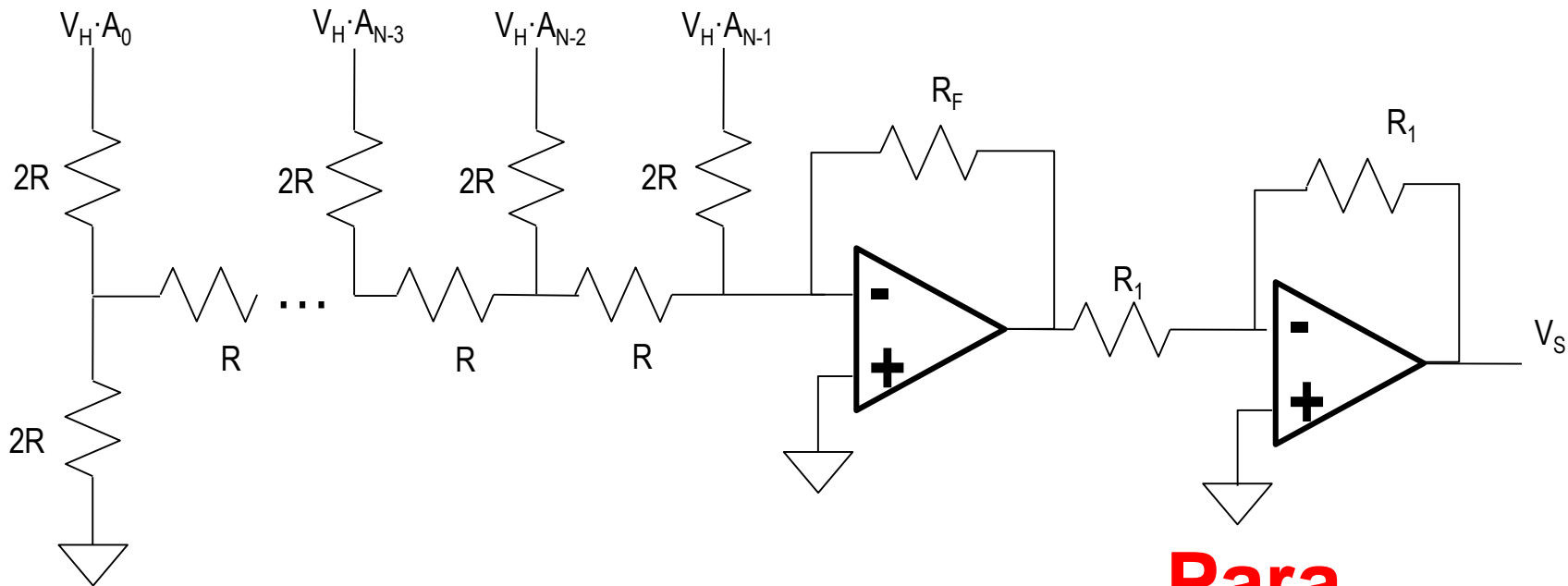
<http://www.dte.uc3m.es>

dte Tecnología

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

2. Implementación del conversor digital-analógico

Ejercicio 4: Diseñe un conversor digital-analógico de red R-2R de 6 bits con una tensión máxima de salida de 3,5 V. ¿Cuál es la resolución del conversor? Calcule la tensión de salida para los códigos 010011 y 101100.



Para

trabajar

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

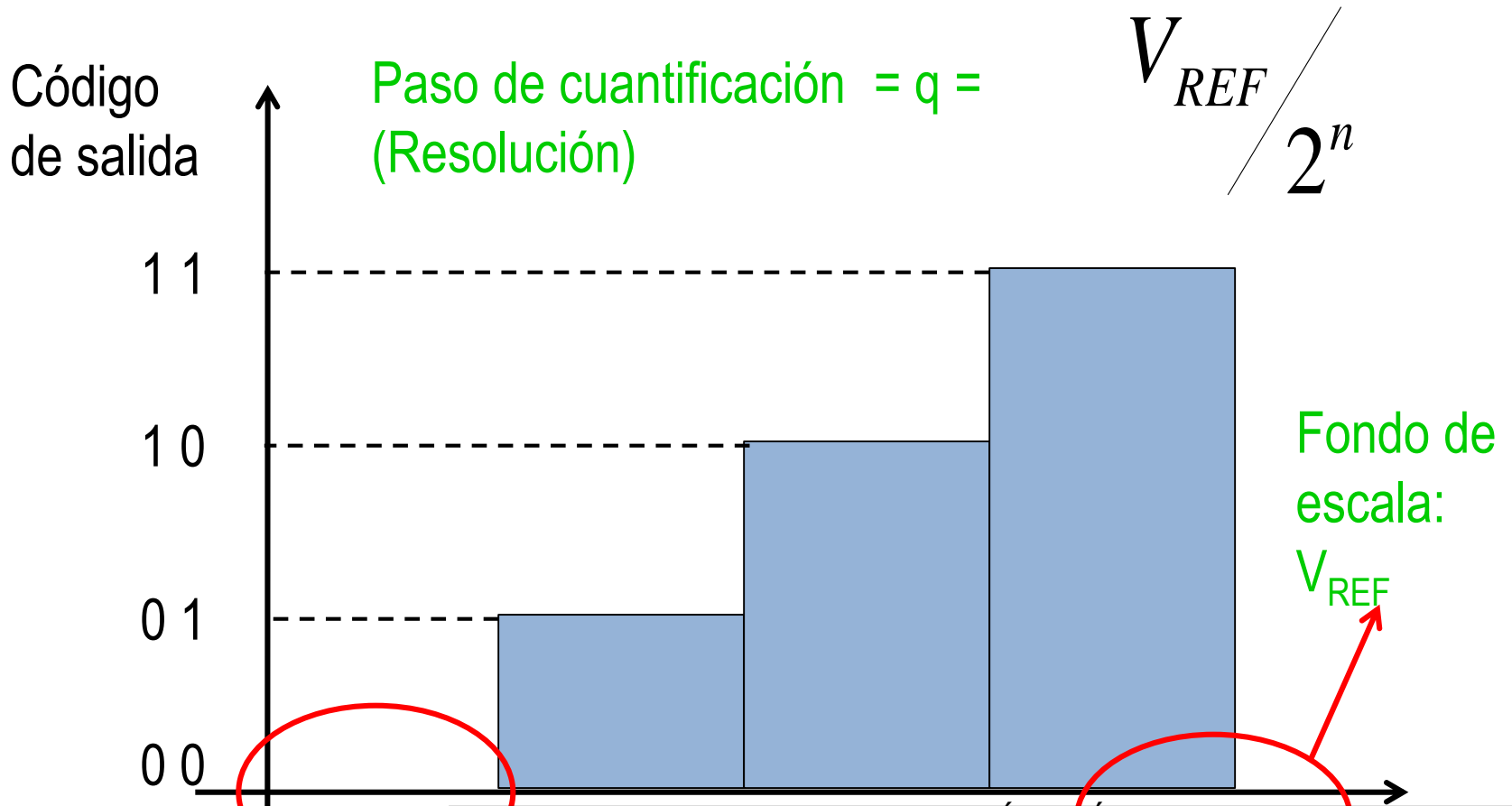
Cartagena99

<http://www.dte.uc3m.es>

dte Tecnología

3. Implementación de conversores analógico-digitales

Conversor analógico-digital de dos bits



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

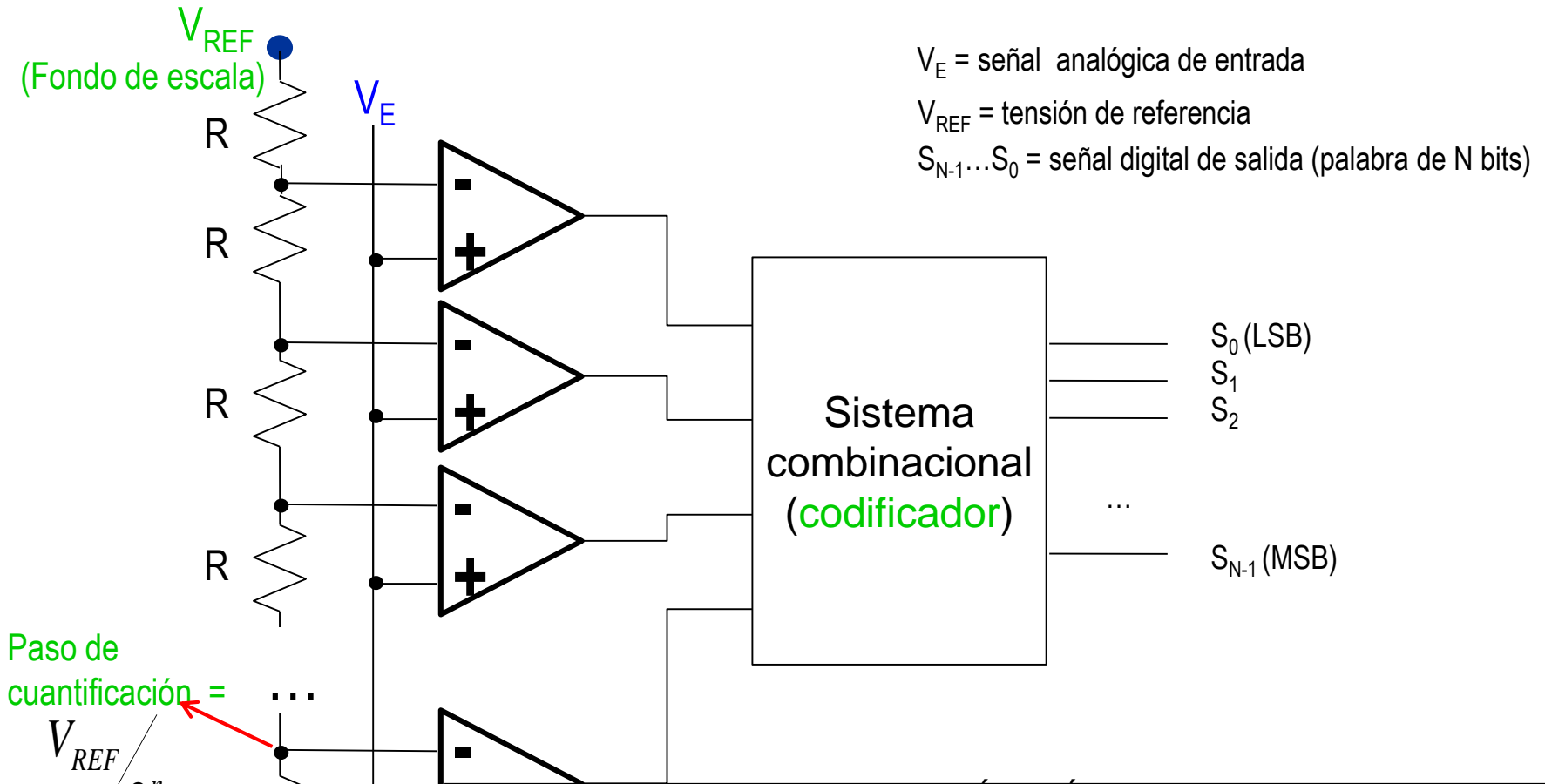
<http://www.dte.uc3m.es>

dte Tecnología

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002, Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

3. Implementación de conversores analógico-digitales

Convertor analógico-digital flash o paralelo



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

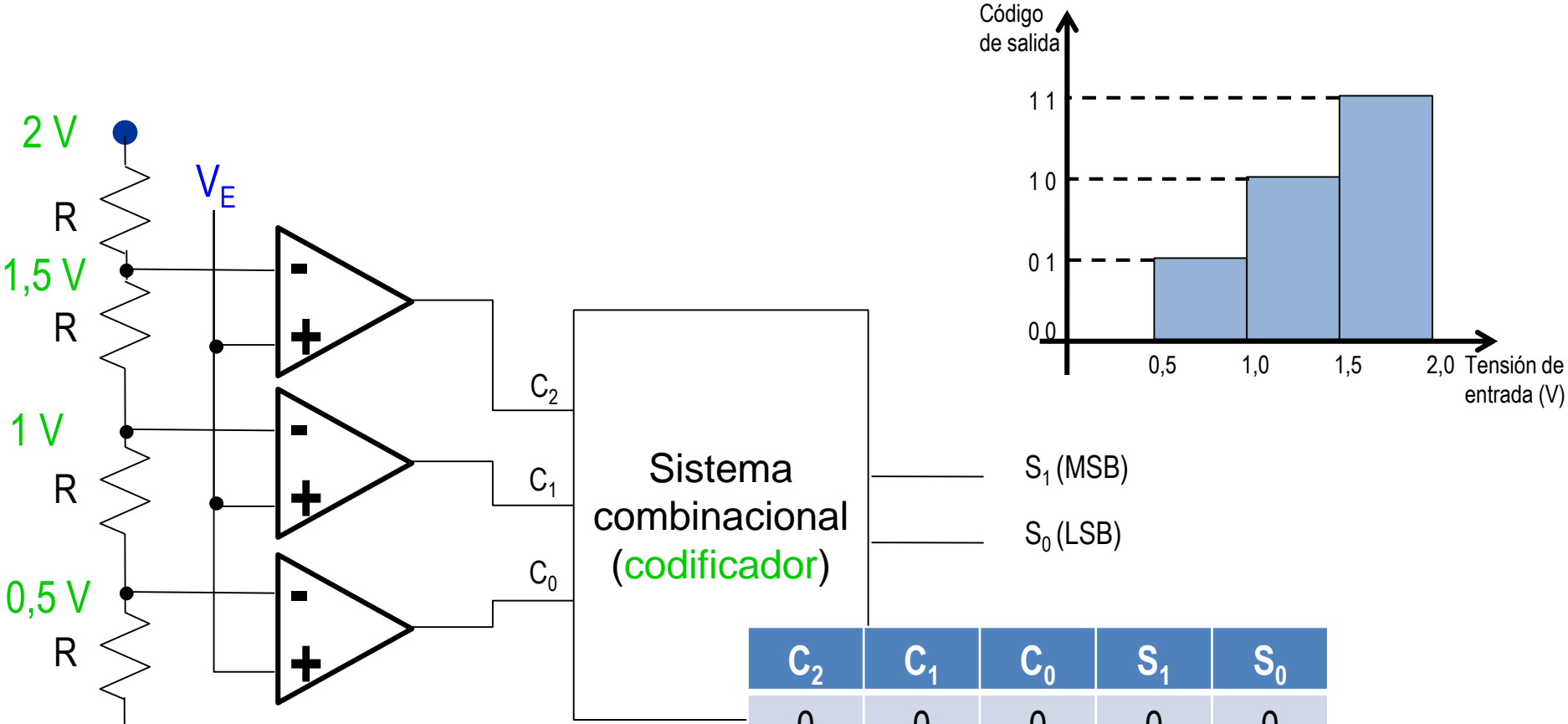
<http://www.dte.uc3m.es>

dte Tecnología

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002, Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

3. Implementación de conversores analógico-digitales

Convertor analógico-digital flash o paralelo de 2 bits



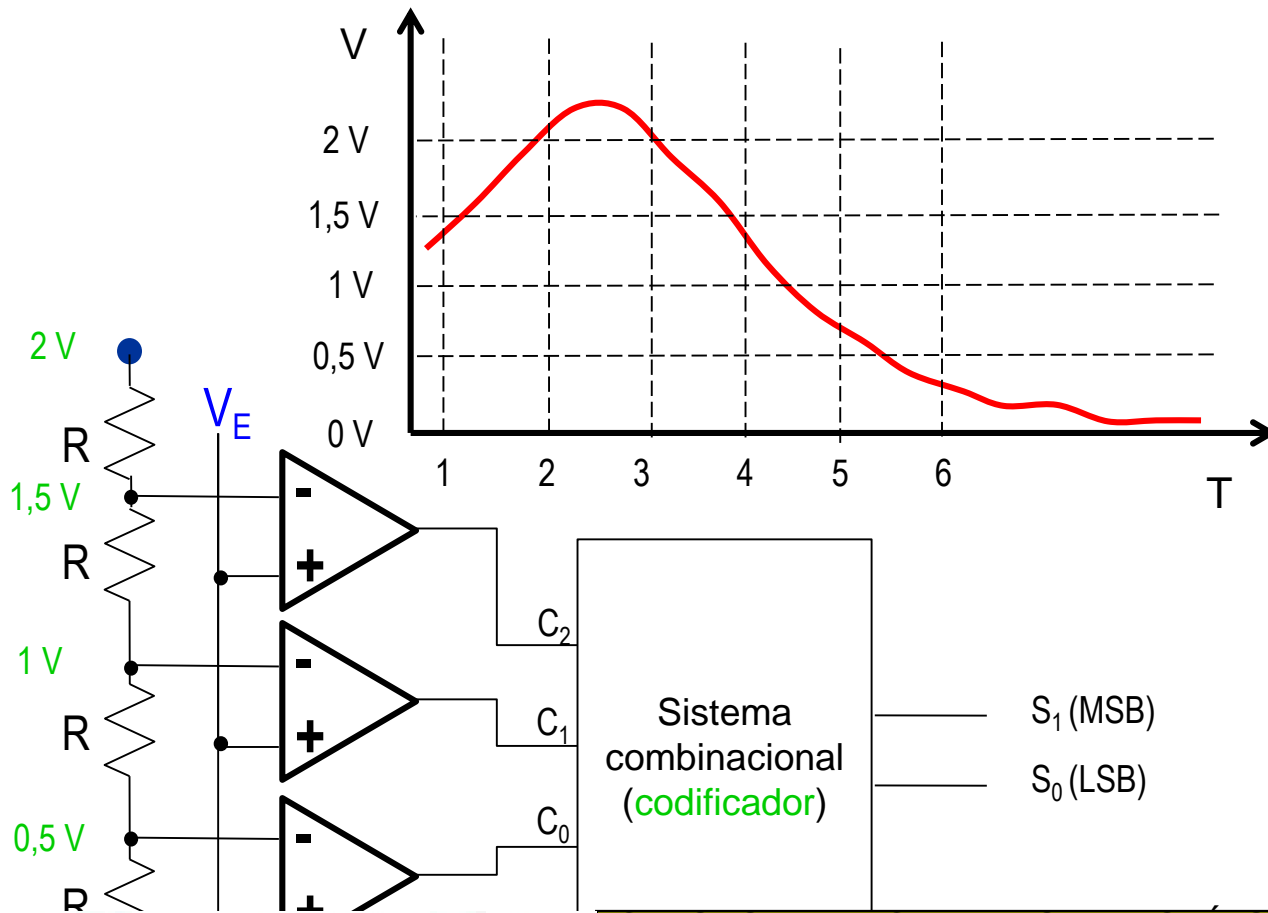
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



3. Implementación de conversores analógico-digitales

Ejercicio 5: Rellene la siguiente tabla



| T | C ₂ | C ₁ | C ₀ | S ₁ | S ₀ |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |

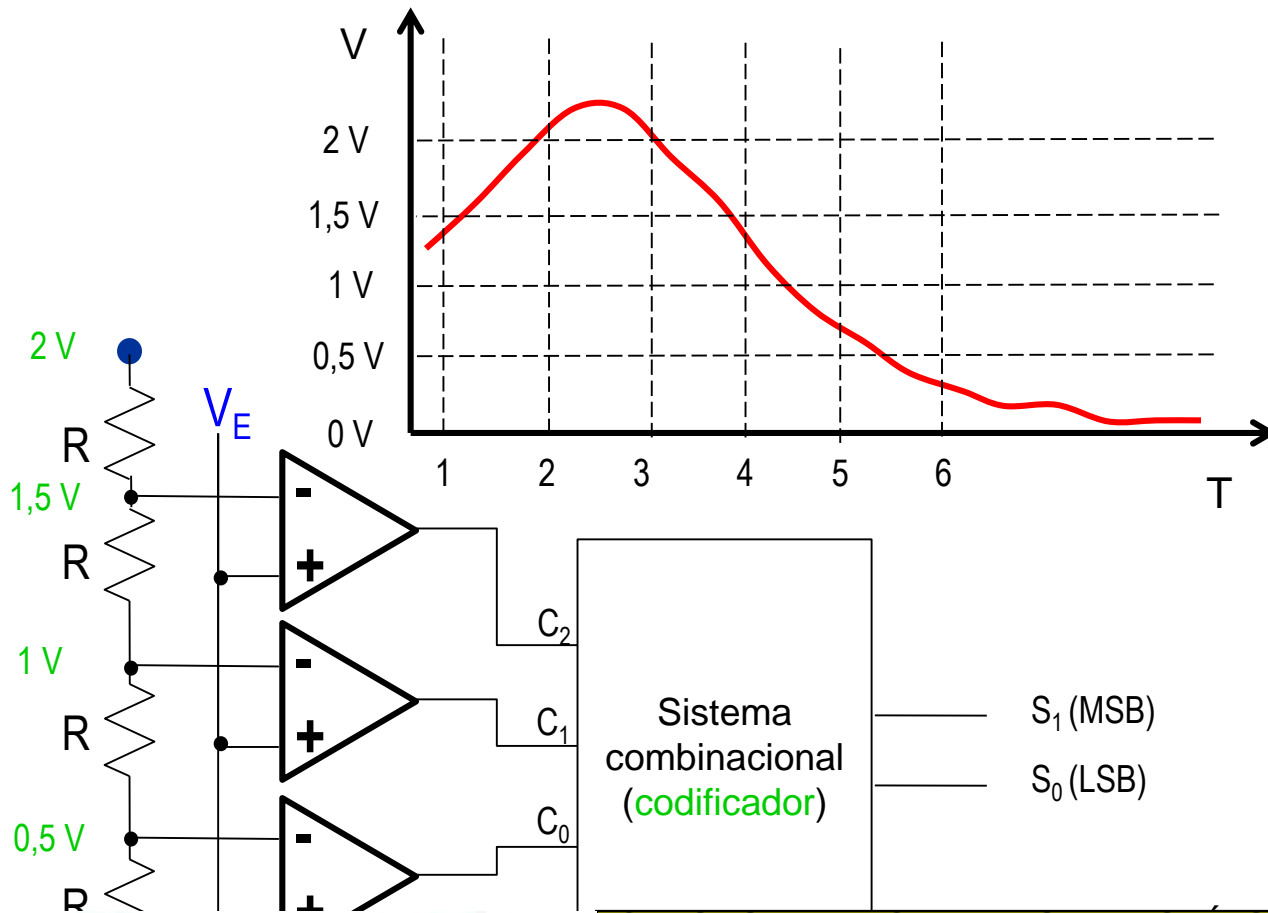
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

3. Implementación de conversores analógico-digitales

Ejercicio 5: Rellene la siguiente tabla



| T | C ₂ | C ₁ | C ₀ | S ₁ | S ₀ |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 4 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

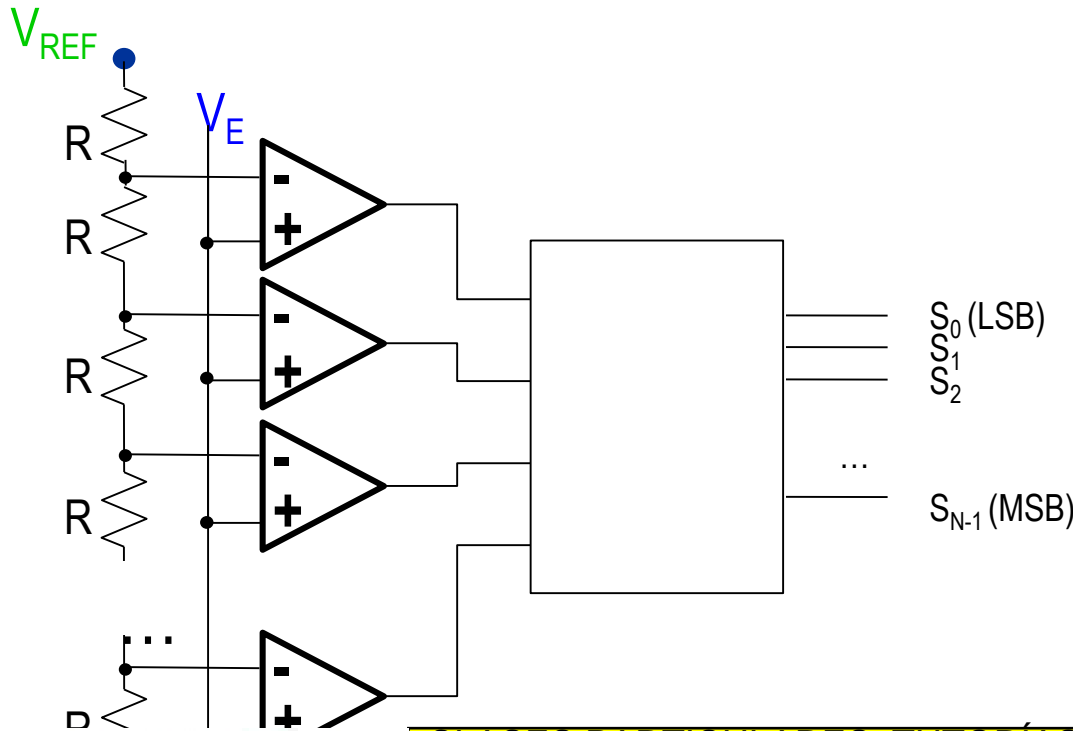
Cartagena99

<http://www.dte.uc3m.es>

dte Tecnología

3. Implementación de conversores analógico-digitales

Ejercicio 6: Diseñe un conversor analógico-digital flash de 3 bits con una tensión de referencia de 5 V. Calcule los umbrales de comparación y proporcione la tabla de verdad del codificador.



**Para
trabajar
en casa**

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

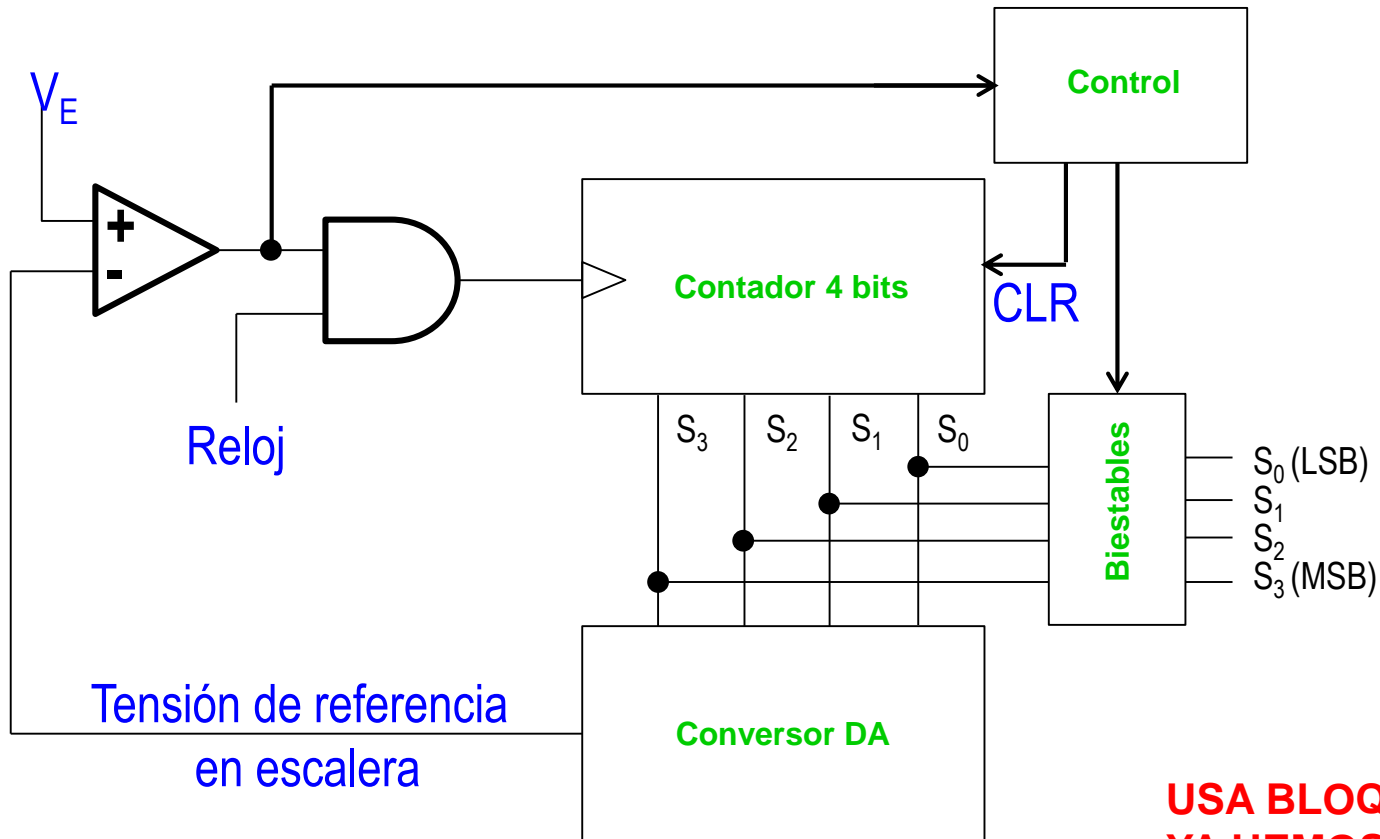
<http://www.dte.uc3m.es>

dte Tecnología

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002, Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

3. Implementación de conversores analógico-digitales

Convertor analógico-digital de rampa en escalera



USA BLOQUES QUE YA HEMOS

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

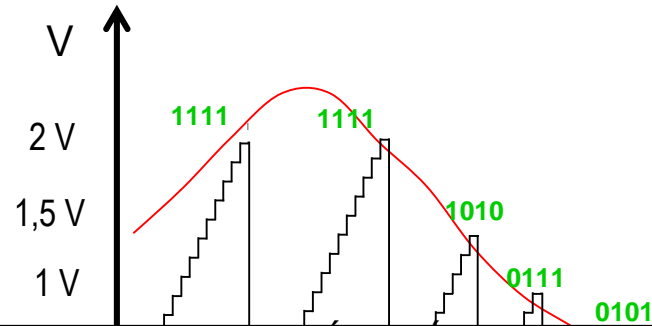
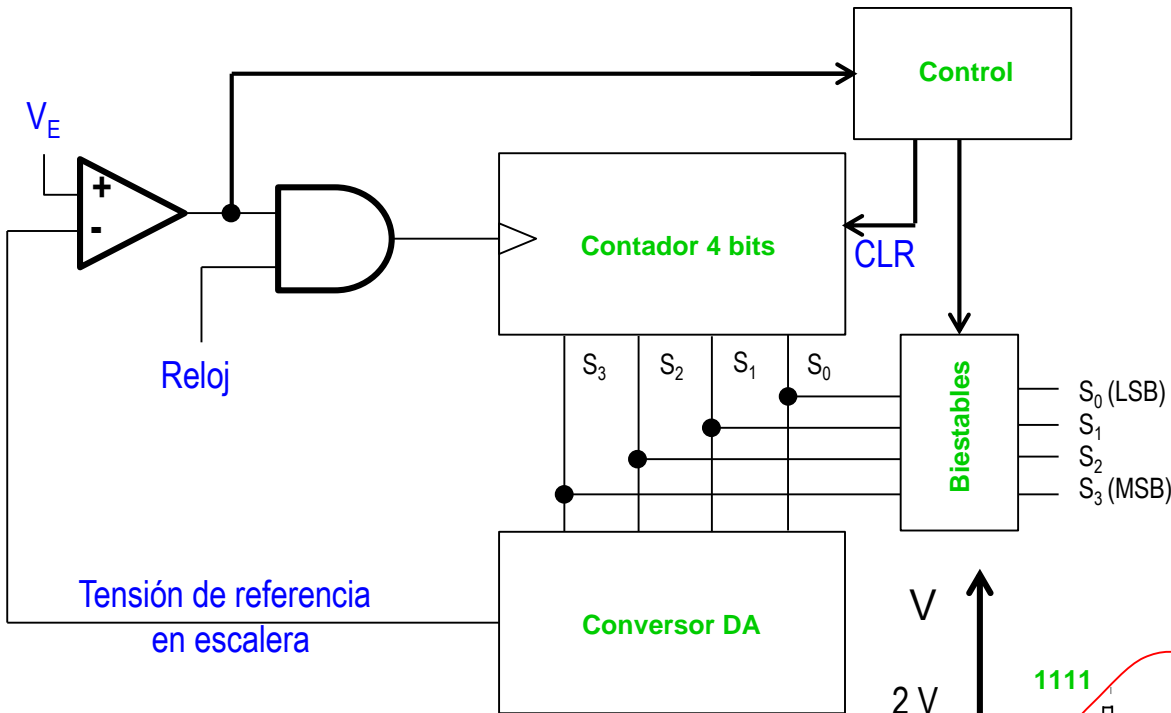
Cartagena99

<http://www.dte.uc3m.es>

dte Tecnología

3. Implementación de conversores analógico-digitales

Convertor analógico-digital de rampa en escalera



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

<http://www.dte.uc3m.es>

dte Tecnología

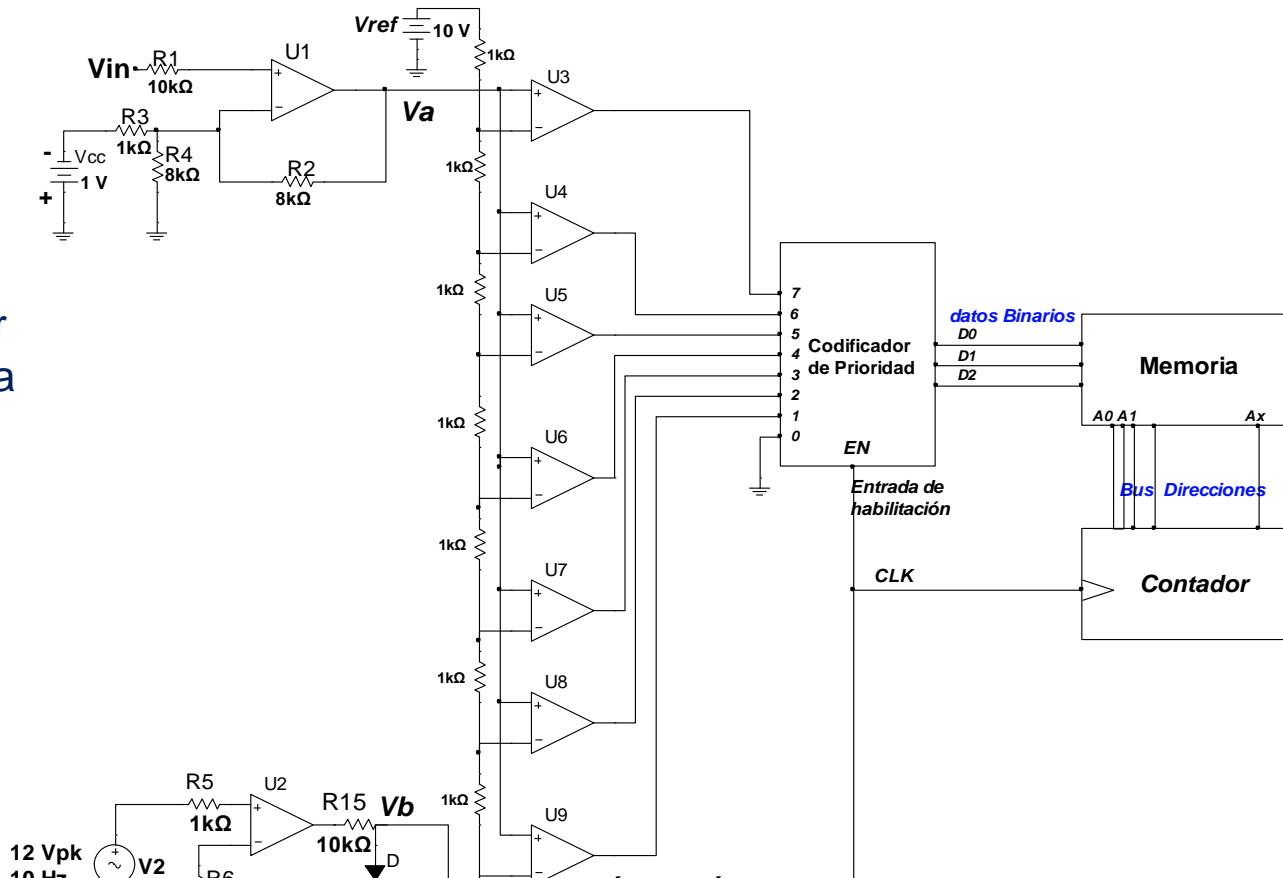
www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002, Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

4. Ejercicio de repaso

Ejercicio 7 (Examen extraordinario 2017/18):

La ESA estudia instalar el circuito de la figura en la estación meteorológica del próximo Rover marciano. El objetivo del diseño es tomar 10 muestras por segundo de la temperatura en superficie, en el rango de -80°C a $+20^{\circ}\text{C}$. El sistema analógico de medida proporciona una señal V_{in} de -0.8V a $+0.2\text{V}$, correspondientes a las temperaturas -80°C a $+20^{\circ}\text{C}$.

Verifique las siguientes



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

<http://www.dte.uc3m.es>

dte Tecnología

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

4. Ejercicio de repaso

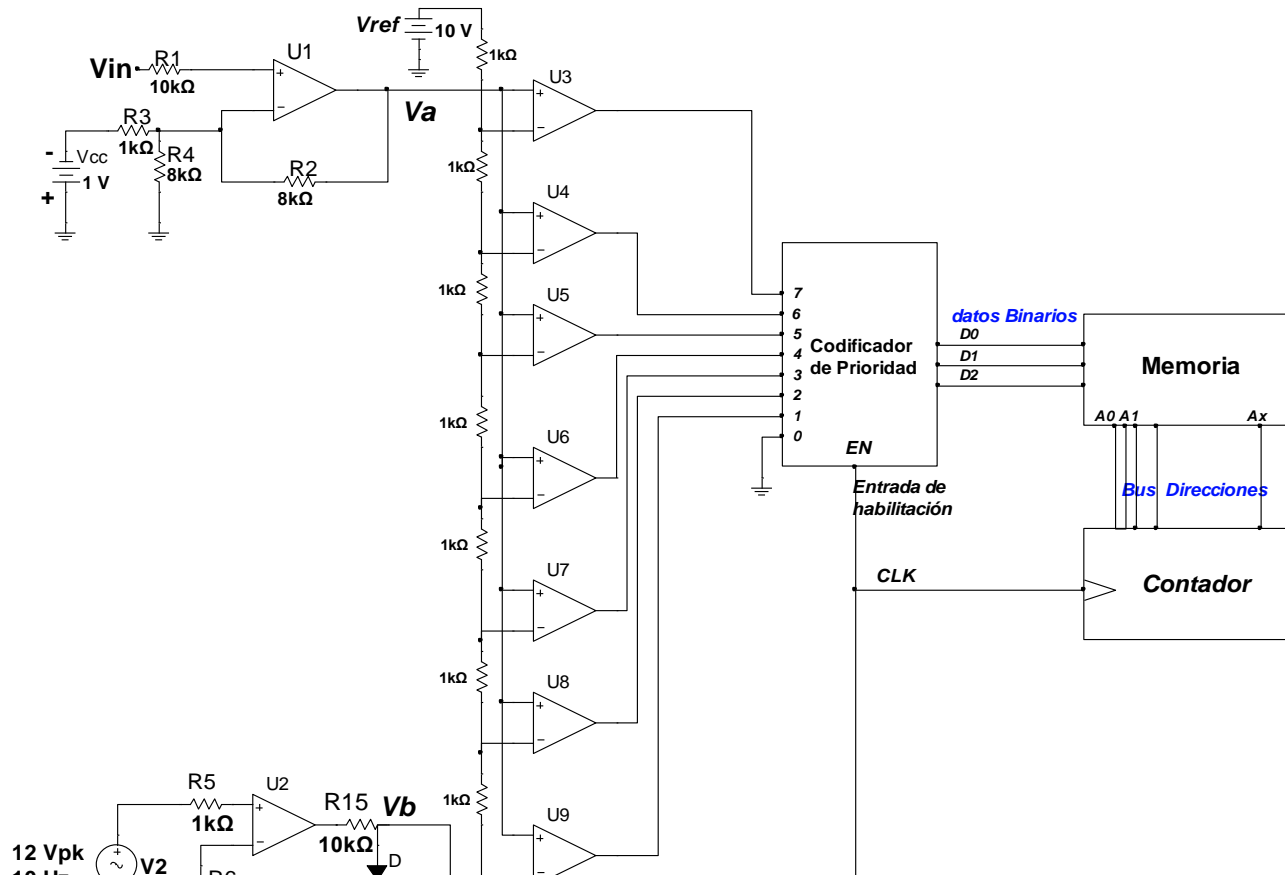
1) Calcule V_a .

2) Dibuje la señal de salida de U2 en el punto V_b .

• Considere a partir de ahora que $V_a = (T/10) + 8$, donde T es la temperatura.

3) Sabiendo que cada muestra ocupa un byte, halle la capacidad de memoria mínima necesaria para almacenar las muestras correspondientes 4 días marcianos (354568 s).

4) ¿Cuál es la resolución del convertor A/D?



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

