

NOMBRE Y APELLIDOS:

GRUPO

## **INSTRUCCIONES PARA EL EXAMEN** (No se puntuarán las respuestas entregadas que no se ajusten a lo indicado en estas instrucciones)

- La duración total del examen **es de 3 horas**
- El examen consta de las instrucciones para la realización del mismo y **un caso de estudio dividido en 3 partes**, distribuidos en 4 hojas (7 páginas)
- La puntuación y tiempo estimado de realización se encuentran indicados en el título de cada parte del examen
- **Es obligatorio poner el nombre, apellidos y grupo** en el que el estudiante se encuentra matriculado **en esta primera hoja del enunciado del examen (INSTRUCCIONES), al comienzo del mismo.**
- Junto con el enunciado, **cada estudiante tendrá hojas en blanco** para contestar a **todas las partes del examen**, y para realizar operaciones en **sucio**. Todas estas hojas **tienen que tener incluidos el nombre, apellidos y grupo del estudiante, al comienzo del examen**
- **Todas las partes del examen se contestarán en hojas en blanco.** En la **parte 3** debe incluirse también obligatoriamente el **Diagrama de Bode** disponible al final del enunciado, con el nombre apellidos y grupo del estudiante, aunque esté en blanco.
- **Cada parte se contestará en hojas separadas**
- Al final del examen, el estudiante **DEBE ENTREGAR EL ENUNCIADO DEL EXAMEN y AL MENOS 1 HOJA POR CADA PARTE, CON EL TÍTULO DE LA PARTE Y SU RESPUESTA** (aunque esta respuesta quede en blanco)
- **EN TODAS LAS PREGUNTAS DEL EXAMEN ES OBLIGATORIA LA DEDUCCIÓN DE LAS RESPUESTAS** (NO ES VÁLIDA LA APLICACIÓN DIRECTA DE FÓRMULAS SIN DEDUCIR, SALVO LAS QUE SE INDIQUE EXPRESAMENTE EN EL ENUNCIADO) **Y LA JUSTIFICACIÓN DE TODAS LAS APROXIMACIONES QUE SE REALICEN** EN LOS CÁLCULOS QUE SE PIDEN.
- Se debe **contestar a cada pregunta de forma clara, limpia y ordenada**, evitando enmiendas y tachaduras en las respuestas que se entreguen.

NOMBRE Y APELLIDOS: GRUPO

Se desea diseñar un circuito de detección de voz. El objetivo del circuito es detectar sonido (en un rango de frecuencias). Este circuito es útil para ahorrar energía en dispositivos que deben escuchar permanentemente para detectar comandos por voz. El dispositivo de reconocimiento de comandos sólo se enciende cuando el detector de voz de se lo indica.

El diagrama de bloques del sistema se muestra en la figura 1, mientras que un ejemplo de funcionamiento se muestra en la figura 2. El sistema se compone de un micrófono, un amplificador de audio, un filtro pasabanda, un estimador de energía, un muestreador y un comparador. El sistema está alimentado mediante una batería y un regulador lineal.

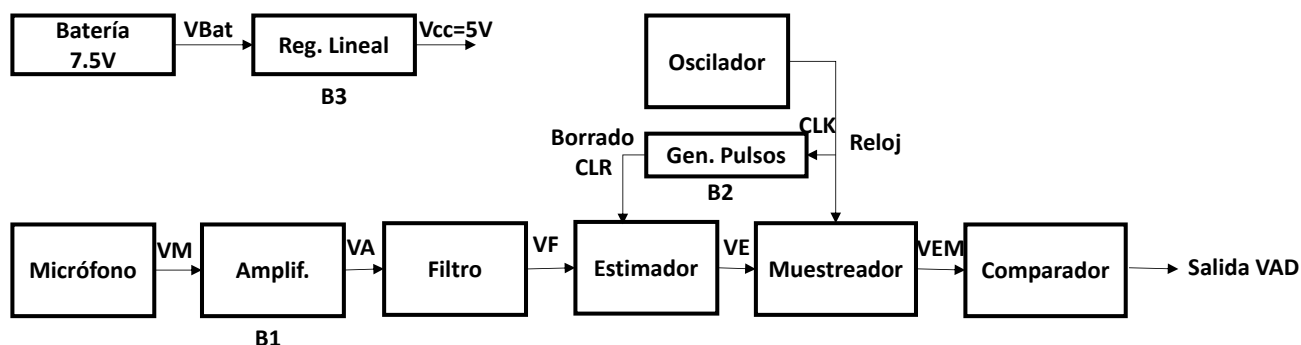


Figura 1. Diagrama de Bloques del sistema electrónico

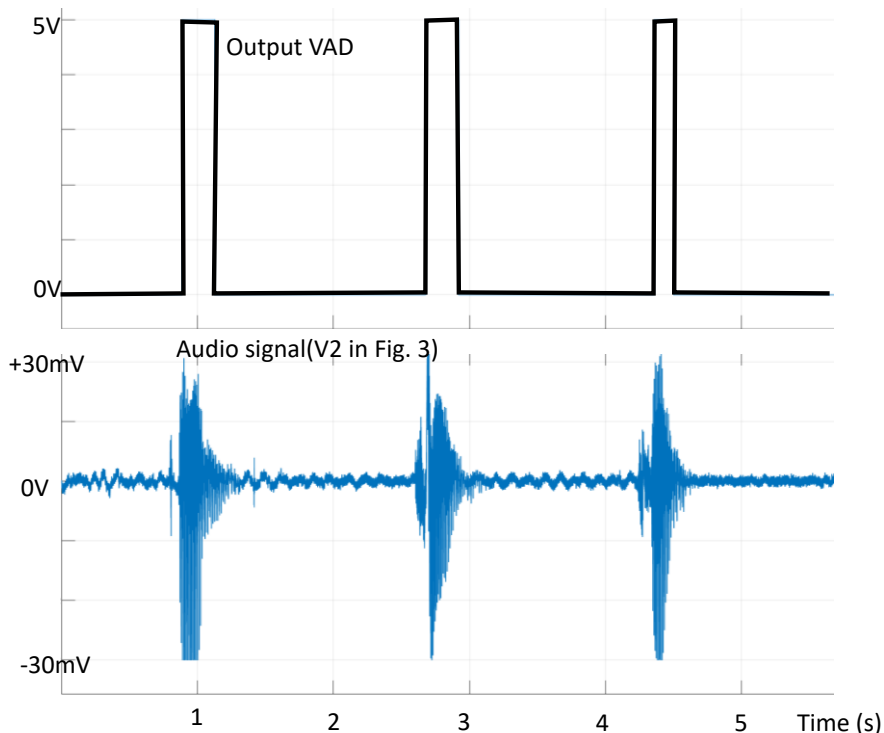


Figura 2. Ilustración de funcionamiento

El funcionamiento del circuito es el siguiente. El micrófono es de tipo MEMS (un tipo de sensor) y proporciona una salida en tensión (VM). Dicha tensión se compone de una componente constante de 2V y una componente alterna proporcional a la presión de sonido detectada. Consideramos que ofrecerá una tensión máxima de 60mV pico a pico. Su modelo de Thevenin se encuentra en la figura 3. Esta onda de tensión es aplicada a un amplificador con acople en AC. Posteriormente la onda de tensión pasa por un filtro pasabanda entre 300Hz y 6.8kHz. La salida del filtro VF se hace pasar por un rectificador de precisión para calcular el valor absoluto, y

NOMBRE Y APELLIDOS:	GRUPO
---------------------	-------

posteriormente pasa por una celda integradora. El resultado de integrar el valor absoluto durante un tiempo determinado se usa como estimador de energía (aunque no sea el valor verdadero de energía). Este valor de tensión,  $V_E$ , se captura con la ayuda de un reloj. El flanco de bajada del reloj es usado para genera un pulso de corta duración que borra la estimación de energía, cortocircuitando el condensador de la celda de integración. De esta forma se estima la energía en ventanas temporales consecutivas. Se ha establecido la duración de la ventana en 16ms. Ese será el periodo de la onda de reloj CLK, mientras que el pulso de borrado durará 1ms (Ton de CLR). Tras el registro de la estimación se ha colocado un simple comparador.

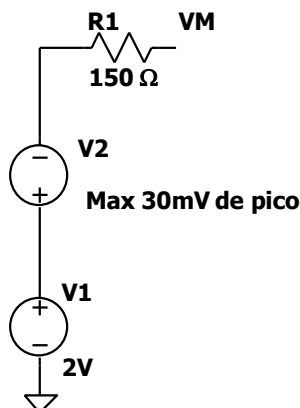


Figura 3. Equivalente Thevenin del micrófono

### PARTE 1 (80 minutos, 5 puntos)

**Análisis del amplificador de audio (Bloque B1 en Figura 1) para amplificar la señal VM generada por el micrófono analógico.**

**DATOS:**

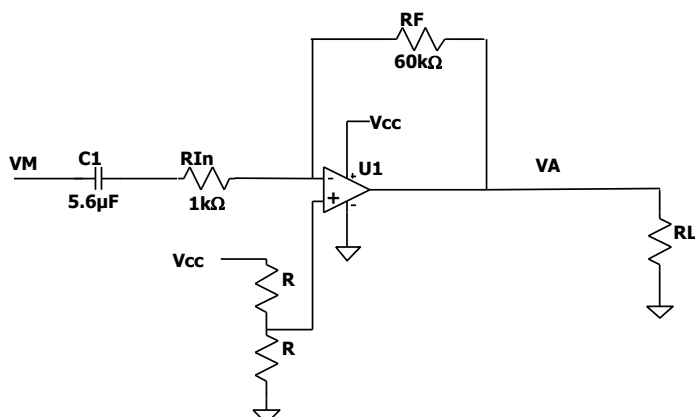


Figura 4. Amplificador de audio

- $R=100\text{k}\Omega$ ,  $V_{cc}=5\text{V}$ ,  $R_L=100\text{k}\Omega$
- Las características del amplificador operacional  $U_1$  son las siguientes:
  - Resistencia de entrada a frecuencias medias:  $R_{iU1} = 10\text{M}\Omega$

NOMBRE Y APELLIDOS:	GRUPO
---------------------	-------

- Resistencia de salida a frecuencias medias:  $R_{oU1} = 200\Omega$
- Función de transferencia del amplificador operacional en lazo abierto:

$$A_v(jf) = \frac{10^4}{\left(1 + \frac{jf}{100\text{kHz}}\right) \cdot \left(1 + \frac{jf}{5\text{MHz}}\right)^2}$$

**Se pide que conteste razonadamente a las siguientes preguntas. Considere para todos los apartados que la impedancia de C1 a las frecuencias de interés es 0.**

**PARTE A1. 2.5 puntos**

1. Dibuje el circuito equivalente en pequeña señal a frecuencias medias del amplificador realimentado incluyendo la carga y el generador de entrada de la figura 3. Identifique el tipo de realimentación del amplificador y determine los parámetros de la red  $\beta$  de realimentación.
2. Dibuje el circuito equivalente de la red  $A'$ , y calcule sus parámetros característicos a frecuencias medias: Resistencia de entrada,  $R_{iA'}$ , resistencia de salida,  $R_{oA'}$ , y ganancia  $A'_m$
3. Determine la ganancia  $V_A/V_M$  a frecuencias medias.
4. Teniendo en cuenta que se van a filtrar las frecuencias por encima de 6.8 kHz, calcule el producto GBW y Slew Rate mínimos de U1. Considere que  $A_v(jf)$  es una función de primer orden con un solo polo para este apartado. Si no ha calculado los apartados anteriores considere una ganancia de -60V/V.

**PARTE A2. 2.5 puntos**

5. Represente el diagrama asintótico de Bode de  $A'(jf)$ . Si no ha calculado  $A'(jf)$  dibuje el diagrama de Bode de  $A_v(jf)$ .
6. Demuestre que el amplificador realimentado es inestable. Si ha dibujado el diagrama de Bode de  $A_v(jf)$ , considere la estabilidad de realimentar el amplificador operacional en configuración no inversora con una ganancia de 30dB
7. Compense el amplificador para obtener un margen de fase de 45° usando la técnica de polo dominante. Calcule el GBW obtenido. Discuta si el amplificador es adecuado para la aplicación.
8. Considere ahora que C1 tiene un valor no despreciable en las frecuencias de interés. Indique la influencia de C1 en el modelo de pequeña señal de la red  $A'$  y en el análisis de estabilidad realizado.

**Nota:** El alumno debe utilizar las plantillas para la representación de los diagramas de Bode, que se proporcionan al final del enunciado del examen. El alumno deberá entregar la hoja de los diagramas de Bode, con su nombre, apellidos y grupo de matrícula.

NOMBRE Y APELLIDOS:

GRUPO

## PARTE 2 (20 minutos, 2.5 puntos)

**Análisis y diseño del generador de pulsos (Bloque B2).** Se va a usar un integrado 555 con el esquema de la siguiente figura:

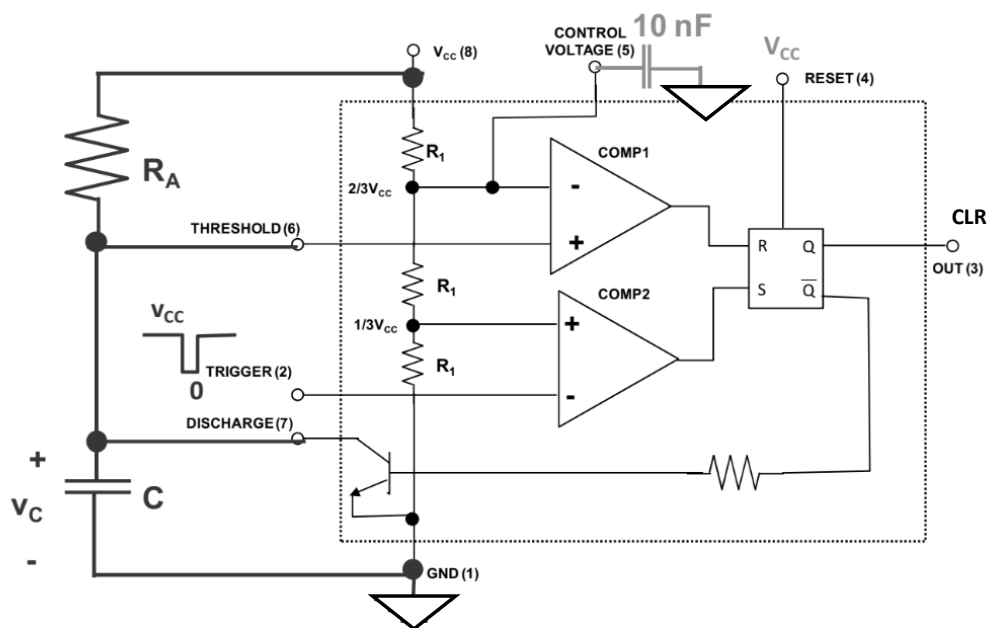


Figura 5. Generador de pulsos de borrado

El integrado 555 se corresponde con la línea punteada. Se muestra también la numeración de los pines, y el esquema básico interno del integrado. La entrada de es una onda rectangular de periodo 16ms ( generada a partir de CLK), y se conecta al pin "Trigger". El pulso generado (señal de borrado CLR) se extrae del pin "Out".

Se pide que conteste razonadamente a las siguientes preguntas:

9. Demuestre que se obtiene en "Out" un pulso a nivel alto cuya duración sólo depende del producto  $R_A C$ . Obtenga una ecuación para calcular la duración del pulso.
10. Suponga  $R_A = 1\text{k}\Omega$ . Calcule C para que la duración del pulso sea 1ms
11. Represente las ondas "Trigger",  $V_C$  y CLR acotando los valores de tiempo y tensión más significativos. ¿Qué características se necesitan en el ciclo de trabajo de la onda "Trigger"?
12. Proponga un circuito para generar un reloj del 50% de ciclo de trabajo y explique su funcionamiento. No es necesario detallar los valores de los componentes.

NOMBRE Y APELLIDOS:

GRUPO

**PARTE 3 (20 minutos, 2.5 puntos)**

**Análisis del sistema de alimentación (Bloque B3).**

**DATOS:** Esquema de partida del regulador lineal,  $V_{BE}=0.7V$

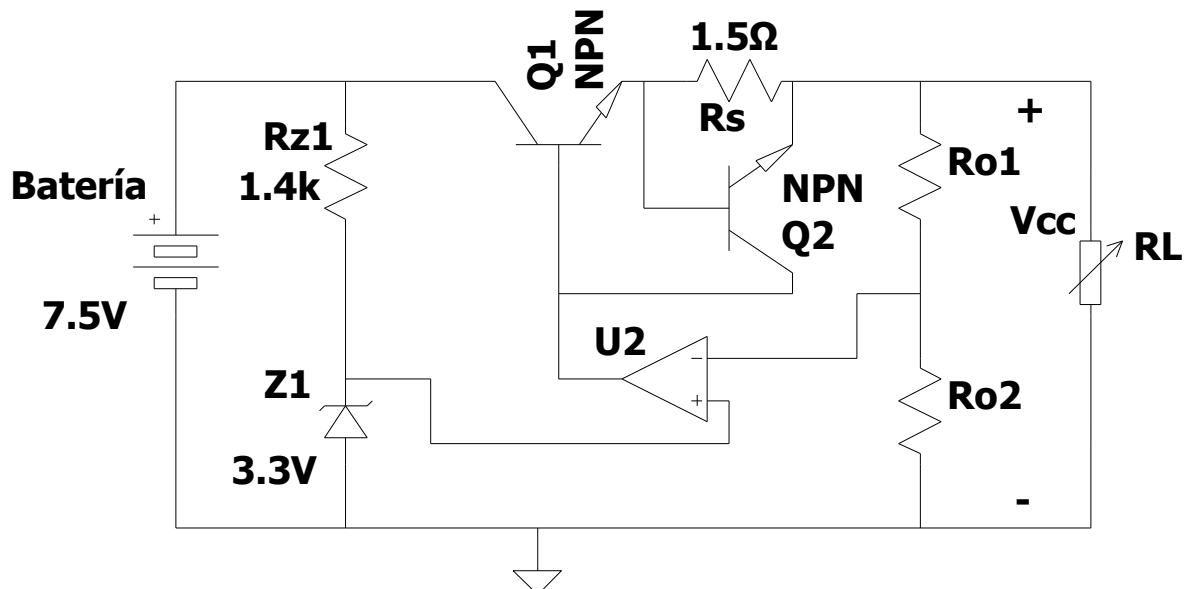


Figura 6. Sistema de alimentación

**Se pide que conteste razonadamente a las siguientes preguntas:**

13. Calcular las resistencias  $R_{o1}$  y  $R_{o2}$ , para que la tensión a la salida del regulado,  $V_{cc}$ , sean los 5V requeridos.
14. Calcular la corriente que circula por el Zener y la potencia que disipa.
15. Calcular la máxima corriente que puede entregarse a la carga  $R_L$ .
16. Calcular la potencia disipada en  $Q1$  en las condiciones de corriente máxima y  $V_{cc}=5V$ .
17. Calcular el rendimiento del regulador de tensión lineal.
18. Indique y describa otro sistema de alimentación con mejor rendimiento.

NOMBRE Y APELLIDOS:

GRUPO

A full-page view of a blank sheet of graph paper. The grid consists of small squares formed by thin black lines. There are 20 columns and 20 rows of squares, creating a total of 400 square units. The margins are uniform on all sides.