

Centro universitario UAEM Zumpango.



Humanismo que transforma

Ingeniería en Computación.

Semestre: Sexto

•Unidad de aprendizaje: Electrónica Digital(L41088)

Unidad de Competencia: *Unidad 3*

TEMA: 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 y 3.5

Docente: M. en C. Valentín Trujillo Mora

Zumpango de Ocampo, Septiembre de 2015.

Descripción del material



Humanismo que transforma

Se presentan un material de proyección visual para introducir con una mejor perspectiva al alumno, en los temas de la UA de **Electrónica Digital**, del sexto semestre de la Licenciatura en Ingeniero en Computación.

Con este material se busca que el alumno entienda la **introducción a los amplificadores operacionales (OPAMP's) y los comparadores.**

Justificación



Humanismo que transforma

La elaboración de este material es para apoyar más en la recopilación de conceptos, ideas y teorías de los temas desde **Descripción de los Amplificadores operacionales hasta los compradores** de la Unidad de Aprendizaje de: **Electrónica Digital**.

El presente material es de apoyo tanto para el profesor como para el alumno.

Propósito de la unidad de aprendizaje



Humanismo que transforma

Preparar al alumno en el conocimiento amplio del análisis y diseño de circuitos con FET y OPAMP y en su aplicación óptima en la solución de problemas reales a los que se enfrente durante su desarrollo profesional.

Estructura de la Unidad de Aprendizaje



Humanismo que transforma

• **Unidad de competencia 1.** Analizar y comprender la teoría del comportamiento del FET en corriente directa.

• **Unidad de competencia 2.** Analizar, plantear, diseñar y construir circuitos básicos y especiales con FET para su aplicación en diferentes contextos.

• **Unidad de competencia 3.** Diseñar, resolver y construir circuitos comparadores con el amplificador operacional y retroalimentación negativa.

• **Unidad de competencia 4.** Conocer el funcionamiento y aplicaciones de los ADC y los DAC.



Unidad de Competencia 3.

Habilidades.

- Analizar las diferentes configuraciones de circuitos con OPAMP's
- Deducir las ecuaciones descriptivas de los circuitos comparadores del OPAMP
- Construir circuitos con OPAMP's



Conocimientos

- 3.1.- Descripción y características básicas del OPAMP ideal.
- 3.2.- Funcionamiento del OPAMP real.
- 3.3.- Funcionamiento en lazo abierto.
- 3.4.- Circuitos comparadores: Detector de cruce por cero inversor, Detector de cruce por cero no inversor, Detector de nivel inversor, Detector de nivel no inversor.
- 3.5.- Circuitos comparadores con Histéresis: Con histéresis fija, Con histéresis variable, Con histéresis y referencia central fija y variable.

Estructura de la Unidad de Competencia 3



Humanismo que transforma

- 3.6.- Circuitos básicos con OPAMP en retroalimentación negativa: Amplificador inversor (Inversor, Sumador inversor, Promediador, Generador de Offset), Amplificador no inversor (No inversor, Seguidor, Sumador no inversor)
- 3.7.- Amplificador de instrumentación
- 3.8.- Circuitos especiales con OPAMP : Generadores de señal y Filtros, Diferenciador, Integrador, Teoría de filtros activos, Filtro pasa bajas, Filtro pasa altas, Filtro pasa banda y Filtro rechaza banda
- 3.9.- Osciladores y sabrán cómo funcionan.

Estructura de la Unidad de Competencia 3



Humanismo que transforma

Criterios de Desempeño

- Solución correcta de los problemas teórico prácticos planteados.
- Respuesta coherente de las preguntas teóricas.
- En el laboratorio, simular y diseñar un circuito amplificador para su aplicación en diferentes contextos

Descripción y Características básicas del OPAM ideal.



Humanismo que transforma

Descripción básicas de OPAMP.

Los amplificadores operacionales fueron diseñados con entradas bipolares o salidas complementarias MOS (metal – oxido – semiconductor), que a esto se le llamo BiMOS, son rápidos y tienen un mejor respuesta a la frecuencia que los amplificadores de propósito general.

Se han diseñado encapsulados dobles y cuádruples, estos amplificadores operacionales comparten la misma fuente de voltaje y las mismas terminales de tierra.



Características básicas de OPAMP.

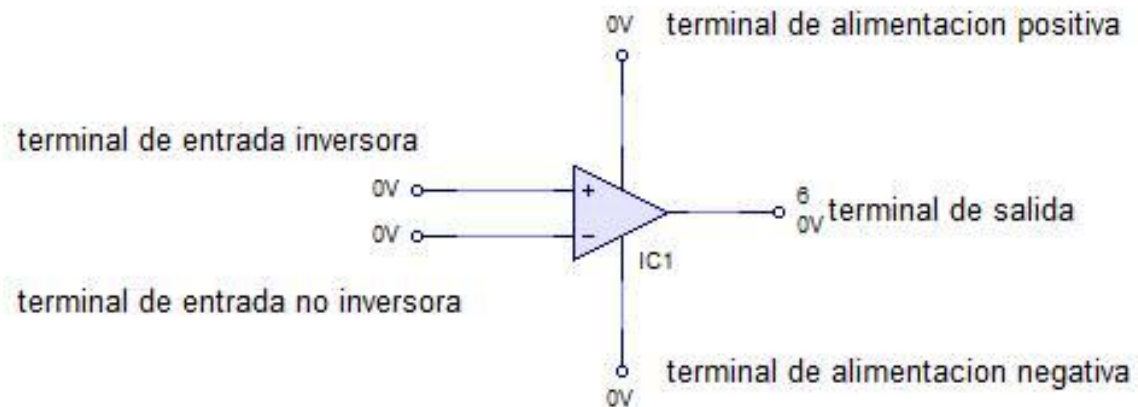
Los amplificadores operacionales poseen por lo menos cinco terminales que son las siguiente :

- Terminal de fuente positiva ($V_{cc} +V$) *terminal 7*.
- Terminal de fuente negativa ($VEE -V$) *termina 4*.
- Terminal de salida, *terminal 6*.
- Terminal de la entrada inversora, *terminal 2*.
- Terminal de la entrada no inversora, *terminal 3*.

Descripción y Características básicas del OPAM ideal.



Humanismo que transforma



Amplificador Operacional

Funcionamiento del OPAMP real



Humanismo que transforma

Un amplificador operacional consiste :

- Una etapa de entrada que tiene dos terminales
- Una etapa de salida que cuenta con una terminal
- Una etapa intermedia la conecta a la señal de salida de la etapa de entrada con la terminal de entrada de la etapa de salida.

Dependiendo de la amplificación de que se trate las señales de entrada V_+ V_- pueden ser positivas negativas o 0.

Funcionamiento del OPAMP real



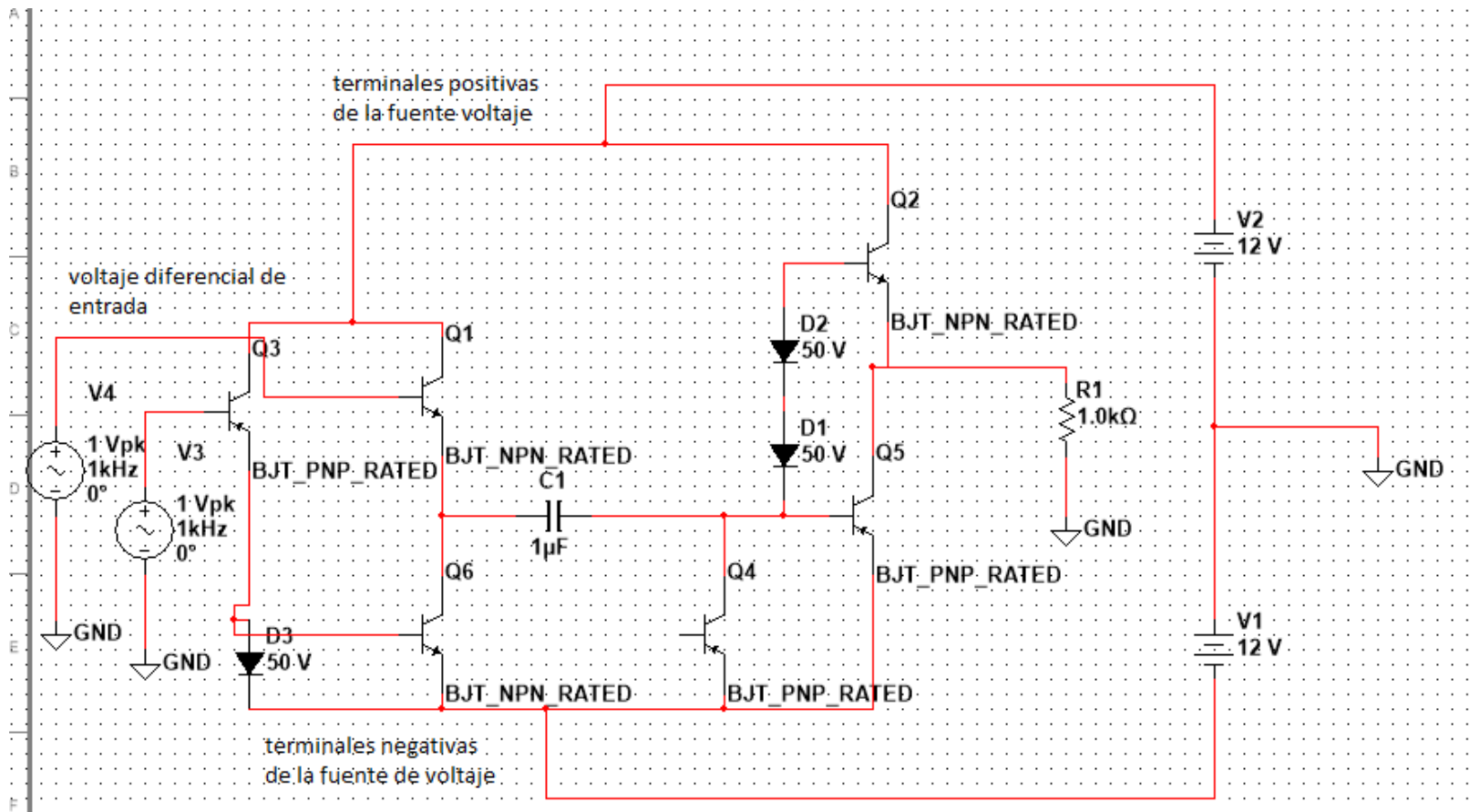
Humanismo que transforma

- Etapa de entrada amplificador diferencial.
 - Se conoce como amplificador diferencial su impedancia es elevada y su voltaje es grande.
- Etapa intermedia desplazado de nivel.
 - En esta etapa se llevan acabo dos funciones
 1. Consiste en desplazar el nivel de voltaje en la salida del amplificador diferencial asta el valor necesario.
 2. Permite que pase la señal de entrada casi sin modificación y convertirse en una señal de entra de la etapa de salida.
- Etapa de salida.
 - La salida mas común en la configuración del control pnp y npn.

Funcionamiento del OPAMP real



Humanismo que transforma



Funcionamiento del Amplificador Operacional

Funcionamiento de lazo abierto



Humanismo que transforma

Se conoce como la ganancia de voltaje de lazo abierto porque las posibles conexiones de retroalimentación desde la terminal de salida a las terminales de entrada se han dejado abiertas. En consecuencia V_o se puede expresar de la siguiente manera.

Voltaje de entrada = voltaje diferencial de entrada X ganancia en el lazo abierto

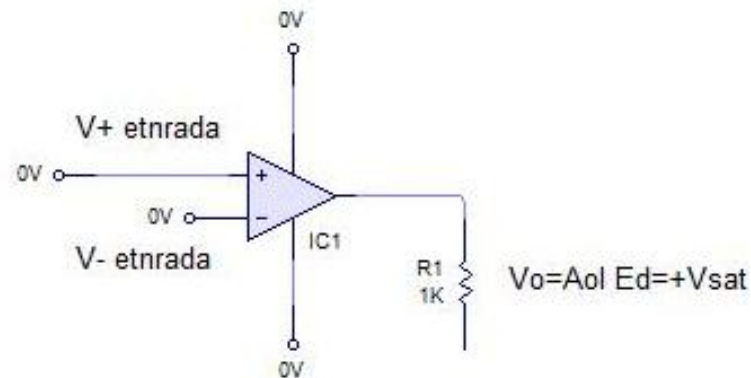
$$V_o = E_d A_{ol}$$

Funcionamiento de lazo abierto



Humanismo que transforma

a) V_o es positivo cuando la entrada (+) es mas positiva que la entrada (-)(por enzima de este). $E_d = (+)$.

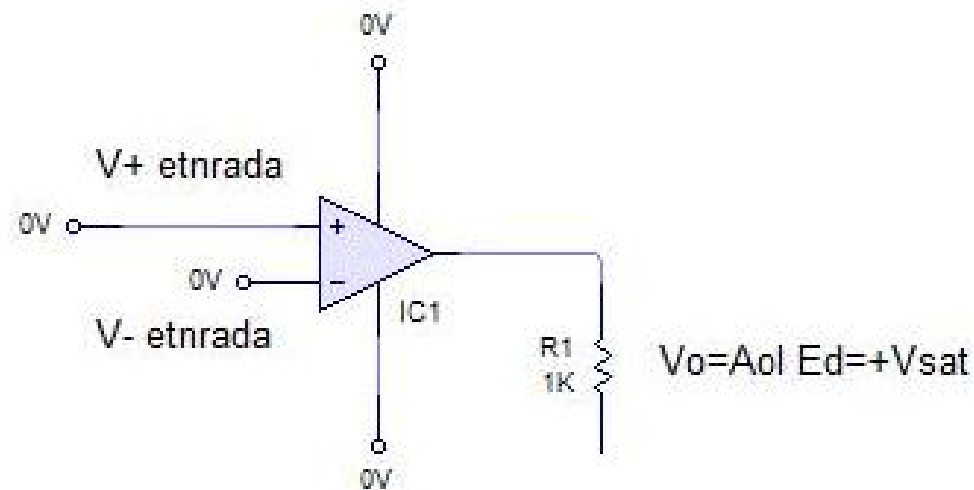


Funcionamiento de lazo abierto



Humanismo que transforma

b) V_o es negativa cuando la entrada (+) es menos positiva que la entrada (-) (por abajo de este). $E_d = (-)$.



Funcionamiento de lazo abierto



Humanismo que transforma

Para una fuente de voltaje de $\pm 15\text{ V}$, los voltajes de saturación estarán alrededor de $\pm 13\text{ v}$, para que el amplificador operacional actúe como tal E_d debe limitarse a un voltaje máximo de $65\mu\text{V}$.

$$E_{d_{max}} = \frac{+V_{sat}}{A_{ol}} = \frac{13\text{V}}{200,000} = 65\mu\text{V}$$
$$-E_{d_{max}} = \frac{-V_{sat}}{A_{ol}} = \frac{-13\text{V}}{200,000} = -65\mu\text{V}$$

Circuitos Comparadores



Humanismo que transforma

Detectores no inversor crucé por cero.

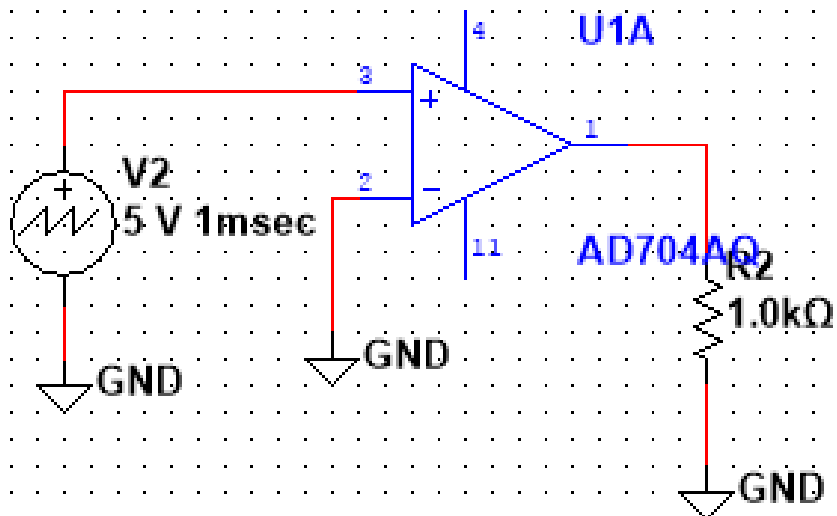
Funciona como comparador. Su entrada (+) constara el voltaje E_i con un voltaje de $0V (V_{ref} = 0V)$. Cuando E_i es mayor que la V_{ref} V_o es igual a $+V_{sat}$. Esto se debe a que e voltaje de entrada (+) es mas positivo que el voltaje de entrada(-).

A continuación se presenta el circuito para ser explicado

Circuitos Comparadores



Humanismo que transforma



No inversor crucé por cero

Circuitos Comparadores



Humanismo que transforma

Detectores inversor cruce por cero.

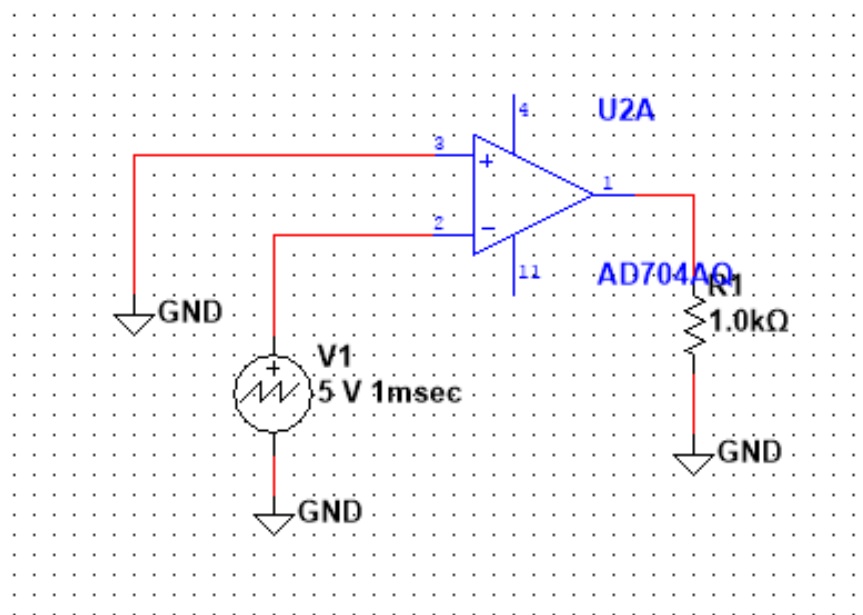
Este circuito es un detector inversor de cruce por cero. Las formas de onda V_o en función del tiempo y V_o en función de E_d pueden explicarse mediante lo siguiente:

- Si E_i esta por encima de V_{ref} V_o es igual a $-V_{sat}$
- V_o realiza una transición hacia lo negativo y pasa de V_{sat} a $-V_{sat}$

Circuitos Comparadores



Humanismo que transforma



Inversor Cruce por cero

Circuitos Comparadores



Humanismo que transforma

Detector no inversor .

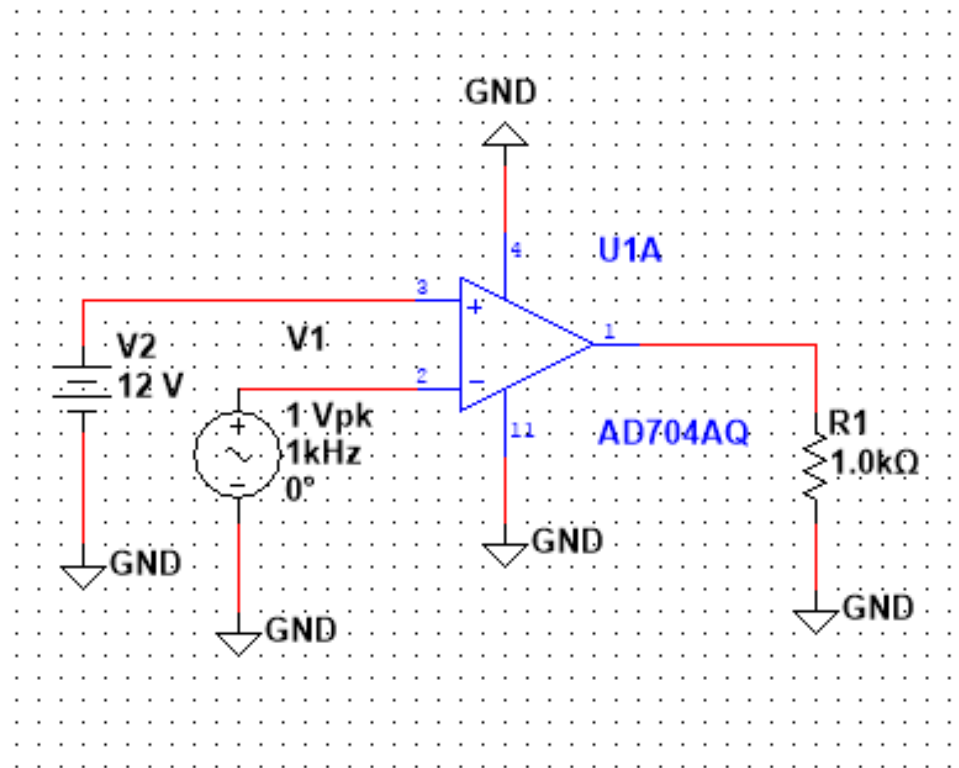
Un detector no inversor se aplica un voltaje de referencia V_{ref} , a una de las terminales del amplificador operacional. De esta manera esta conectado como un comparador para registrar el voltaje positivo.

A continuación se presenta el circuito para ser explicado

Circuitos Comparadores



Humanismo que transforma



Detector no inversor

Circuitos Comparadores

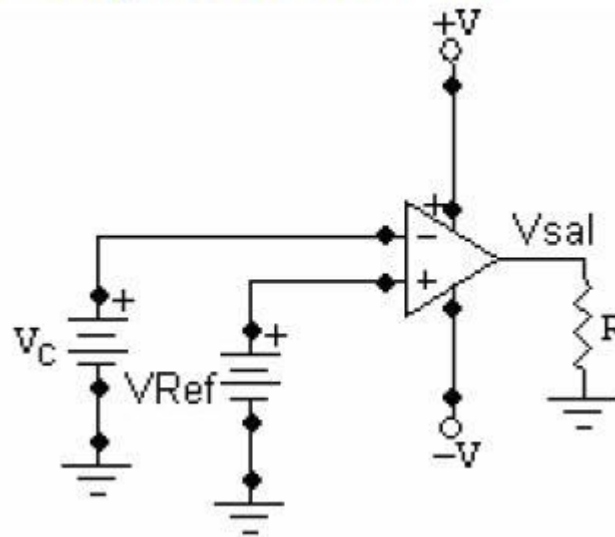


Humanismo que transforma

Detector inversor

Este circuito detecta cuando la señal de entrada E_i cruza hacia voltaje negativo, $-V_{ref}$. Si E_i es mayor que V_{ref} , $V_0 = +V_{sat}$.

Comparador Inversor



Circuitos comparadores de histéresis



Humanismo que transforma

Histéresis.

Es una técnica estándar que sirve para mostrar el comportamiento de un comparador por medio de una sola grafica.

Siempre que un circuito cambia de un estado al otro con cierta señal y luego regresa del segundo al primer estado con una señal de entrada diferente , se dice que el circuito presenta histéresis.

En el caso del comparador con retroalimentación positiva se muestra la siguiente formula :

$$V_h = V_{ut}V_{lt}$$

Circuitos comparadores de histéresis



Humanismo que transforma

Histéresis fija.

La resistencia de retroalimentación positiva de la salida a la entrada (+) indica presencia de histéresis en el circuito. E_i se aplica a través de R de modo que el circuito es un no inversor. El voltaje referencial V_{Ref} se aplica a la entrada del (-) del amplificador operacional.

Le voltaje de histéresis se expresa de la siguiente manera .

$$V_H = V_{UT} - V_{LT} = \frac{(+V_{sat}) - (-V_{sat})}{n}$$

Circuitos comparadores de histéresis



Humanismo que transforma

Histéresis fija.

El valor promedio de V_{UT} y V_{LT} se le denomina valor central se encuentra mediante la siguiente ecuación

$$V_{ctr} = \frac{V_{UT} + V_{LT}}{2} = V_{ref} \left(1 + \frac{1}{n}\right)$$

Circuitos comparadores de histéresis



Humanismo que transforma

Histéresis variable.

Si se intercambia E_i el resultado es detector de nivel de voltaje inverso con hiperémesis son por lo tanto:

$$V_{UT} = \frac{n}{n+1} (V_{ref}) + \frac{V_{sat}}{n+1}$$

$$V_{UT} = \frac{n}{n+1} (V_{ref}) - \frac{V_{sat}}{n+1}$$

$$V_{crt} = \frac{V_{UT} + V_{LT}}{2} \left(\frac{v}{n+1} \right) + V_{ref}$$

$$V_{UT} = V_{UT} - V_{LT} = \frac{(+V_{sat}) - (-V_{sat})}{n+1}$$

Circuitos comparadores de histéresis



Humanismo que transforma

Histéresis y referencia central fija y variable.

El voltaje central V_{ctr} está determinado por la resistencia mR como por el voltaje de referencia el cual puede ser de alimentación $+V -V$. El voltaje del amplificador operacional es utilizado para reducir la cantidad de componentes. El voltaje de histéresis V_H está determinado por la resistencia nR , entonces V_H puede ajustarse independientemente de V_{ctr} .

Circuitos comparadores de histéresis



Humanismo que transforma

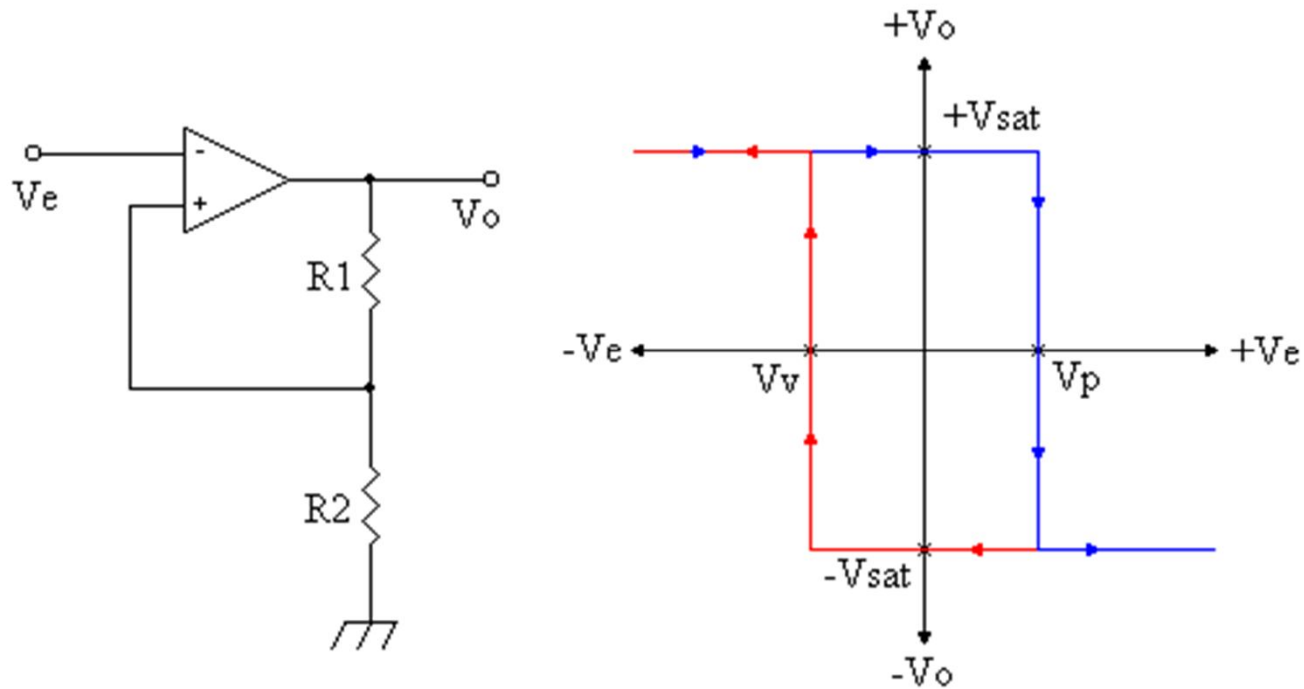
Histéresis y referencia central fija y variable.

$$V_{UT} = \frac{-V_{sat}}{n} - \frac{V_{ref}}{m}$$
$$V_{LT} = \frac{-V_{ref}}{m} - \frac{+V_{sat}}{n}$$
$$V_H = V_{UT} - V_{LT} = \frac{(+V_{sat}) - (-V_{sat})}{n}$$
$$V_{ctr} = \frac{V_{UT} + V_{LT}}{2} = \frac{V_{ref}}{m} - \frac{+V_{sat} + V_{sat}}{2n}$$

Circuitos comparadores de histéresis



Humanismo que transforma

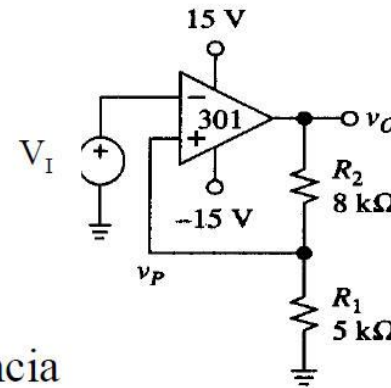


Circuitos comparadores de histéresis



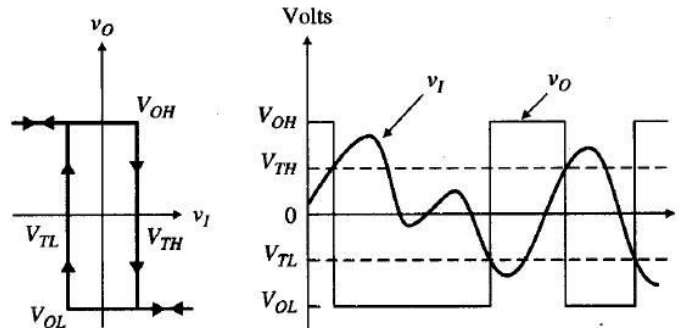
Humanismo que transforma

Circuito



Función de transferencia

$$V_{TH} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{OH} \quad V_{TL} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{OL}$$



Bibliografía



Humanismo que transforma

- Coughlin, Robert F. – Driscoll, Frederick F. "AMPLIFICADORES OPERACIONALES Y CIRCUITOS INTEGRADOS LINEALES". Prentice Hall / Pearson
- Neamen, Donald A. "ANÁLISIS Y DISEÑO DE CIRCUITOS ELECTRÓNICOS". Mc. Graw Hill, Tomos I y II.
- Rashid, Muhammad H. "CIRCUITOS MICROELECTRÓNICOS. ANÁLISIS Y DISEÑO". Thomson.