

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN**

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA



PROYECTO FIN DE CARRERA

*GENERADOR DE EJERCICIOS VIA WEB PARA LA
ASIGNATURA DE CIRCUITOS INTEGRADOS*

**INGENIERÍA TÉCNICA DE TELECOMUNICACIÓN
ESPECIALIDAD SISTEMAS ELECTRÓNICOS**

MÁLAGA, 2009

Jesús Cobo Cobo

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN**

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

**Titulación: Ingeniería Técnica de Telecomunicación
Especialidad Sistemas Electrónicos.**

Reunido el tribunal examinador en el día de la fecha, constituido por:

D./D^a. _____

D./D^a. _____

D./D^a. _____

para juzgar el Proyecto Fin de Carrera titulado:

***GENERADOR DE EJERCICIOS VIA WEB PARA LA
ASIGNATURA DE CIRCUITOS INTEGRADOS***

del alumno/a D./D^a. ***Jesús Cobo Cobo***

dirigido por D./D^a. ***Francisco Javier González Cañete***

ACORDÓ POR _____ OTORGAR LA
CALIFICACIÓN DE _____

Y, para que conste, se extiende firmada por los componentes del tribunal, la presente diligencia

Málaga, a _____ de _____ de _____

El/La Presidente/a

El/La Vocal

El/La Secretario/a

Fdo.: _____ Fdo.: _____ Fdo.: _____

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN**

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

**GENERADOR DE EJERCICIOS VIA WEB PARA LA
ASIGNATURA DE CIRCUITOS INTEGRADOS**

REALIZADO POR:

Jesús Cobo Cobo

DIRIGIDO POR:

Francisco Javier González Cañete

DEPARTAMENTO DE: Tecnología Electrónica

TITULACIÓN: Ingeniería Técnica de Telecomunicación
Especialidad Sistemas Electrónicos

PALABRAS CLAVE: Applets Java, herramienta Web, circuitos integrados, rectificadores, comparadores, limitadores, amplificadores operacionales.

RESUMEN:

Teniendo en cuenta la importancia de Internet, como fuente de información, y los estudios pedagógicos actuales, que apuntan a Internet como una pieza fundamental en la enseñanza del futuro, se ha considerado muy oportuno la realización de este proyecto como una ayuda con la cuál, los alumnos de de la asignatura de Circuitos Integrados, impartida en la titulación de Ingeniería Técnica de Telecomunicación de la Universidad de Málaga, puedan poner en práctica los conocimientos teóricos adquiridos en clase. El proyecto consiste en una herramienta Web que generará de forma aleatoria ejercicios basados en el análisis de los circuitos rectificadores, disparadores, comparadores y limitadores usando amplificadores operacionales. El alumno podrá optar entre tres figuras de partida para resolver el problema, estas figuras son: el propio circuito, la gráfica de comportamiento de la tensión de salida en función de la tensión de entrada o la gráfica de la salida en función del tiempo. Junto a la figura seleccionada aparecerán los datos necesarios para poder resolver el ejercicio. Cuando el alumno considere que tiene el análisis completo podrá comprobar el resultado pulsando un botón creado para tal efecto, que muestra el resto de figuras y resultados numéricos.

Málaga, Junio de 2009.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Capítulo 1: Introducción	-1-
1.1 Visión general	-1-
1.2 Los Applets	-3-
1.3 Contenido de los capítulos	-3-
Capítulo 2: Teoría de los circuitos	-5-
2.1 Introducción	-5-
2.2 Rectificadores	-5-
2.2.1 Rectificadores de media onda	-5-
2.2.2 Rectificadores de onda completa	-14-
2.3 Disparadores Schmitt	-15-
2.3.1 Disparador Schmitt no inversor	-15-
2.3.2 Disparador Schmitt inversor	-18-
2.4 Comparadores	-21-
2.4.1 Comparador inversor	-21-
2.4.2 Comparador no inversor	-26-
2.5 Rectificadores	-29-
2.5.1 Limitador inversor	-29-
2.5.2 Limitador no inversor	-35-
Capítulo 3: Descripción de la herramienta	-39-
3.1 Visión general	-39-
3.2 Interfaz de usuario	-39-
3.3 Detalles de implementación	-51-
3.3.1 ¿Qué es Java?	-51-
3.3.2 Características de Java	-53-
3.3.3 Proceso de ejecución de un <i>applet</i> por un explorador <i>Web</i>	-55-
3.3.4 Detalles de la etiqueta <code><APPLET></code>	-56-
Capítulo 4: Funcionamiento de los applets	-59-

4.1 El <i>applet</i> Rectificador	-59-
4.1.1 Análisis general	-59-
4.1.2 Detalles de implementación	-60-
4.2 El <i>applet</i> Disparador Schmitt	-67-
4.2.1 Análisis general	-67-
4.2.2 Detalles de implementación	-68-
4.3 El <i>applet</i> Comparador	-71-
4.3.1 Análisis general	-71-
4.3.2 Detalles de implementación	-72-
4.4 El <i>applet</i> Limitador	-78-
4.4.1 Análisis general	-78-
4.4.2 Detalles de implementación	-79-
Capítulo 5: Conclusiones y líneas futuras	-85-
5.1 Conclusuiones	-85-
5.2 Líneas futuras	-86-
Bibliografía	-87-

Capítulo 1: Introducción

1.1 Visión general

El uso de Internet por un número cada vez más creciente de usuarios en el área de la educación ha llevado a que muchas instituciones, educadores e incluso empresas invirtieran recursos financieros con el objetivo de poner la Red a servicio de la educación. Por esto, en la actualidad los expertos en pedagogía ven Internet como una fuente de información imprescindible para la enseñanza y el aprendizaje. Actualmente Internet es accesible prácticamente para cualquier persona y su uso se ha transformado en algo habitual, ya sea para buscar información de algún tipo, mirar la cuenta de correo electrónico, hacer compras, trabajar,...

Teniendo en cuenta este avance en las nuevas tecnologías y los estudios pedagógicos realizados, se considera muy oportuno la creación de una herramienta Web fácil de usar y que ayude al alumno a desarrollar los conocimientos teóricos adquiridos en clase.

La herramienta Web desarrollada en este proyecto esta pensada para que los alumnos de la asignatura de Circuitos Integrados, impartida en la titulación de Ingeniería Técnica de Telecomunicación de la Universidad de Málaga, pongan en práctica sus conocimientos sobre la asignatura con la realización de ejercicios. Los ejercicios de los que se dispondrá en esta herramienta están basados en el análisis de los circuitos rectificadores, disparadores, comparadores y limitadores usando amplificadores operacionales.

De cada uno de estos circuitos se han considerado alguna de las posibles configuraciones que pueden presentar. Las configuraciones que se han considerado para la herramienta Web son:

- Rectificadores:
 - Rectificadores de media onda:
 - Caso 1. Rectificador inversor con salida positiva.
 - Caso 2. Rectificador inversor con salida negativa.
 - Rectificadores de onda completa.
- Disparadores de Schmitt:

- Disparador Schmitt no inversor.
- Disparador Schmitt inversor.
- Comparadores:
 - Comparador inversor:
 - Comparador inversor con diodos ideales.
 - Comparador inversor con diodos no ideales.
 - Comparador no inversor.
- Limitadores:
 - Limitador inversor:
 - Limitador inversor con diodos ideales.
 - Limitador inversor con diodos no ideales.
 - Limitador no inversor.

La generación de los ejercicios es totalmente aleatoria. El alumno elige antes de la generación del ejercicio el tipo de circuito y la figura a partir de la cuál quiere realizar el análisis del mismo. Las figuras entre las que puede elegir son: el propio circuito, la gráfica de comportamiento de la tensión de salida en función de la tensión de entrada o la gráfica de la salida en función del tiempo. Junto a la figura mostrada aparecerán los datos necesarios para poder resolver el ejercicio.

Cuando el alumno considere que tiene el análisis completo, podrá comprobar el resultado con la solución del ejercicio, ésta sólo se mostrará cuando el alumno lo considere oportuno pulsando el botón habilitado para tal efecto.

Para poder realizar dicha herramienta y hacer de ella una aplicación portable que pueda ser ejecutada en cualquier sistema operativo, a través de una conexión a Internet, se ha hecho uso de las ventajas que en este sentido ofrece el lenguaje de programación Java.

El resultado final es una serie de *applets*, uno por cada tipo de circuito. Todos los *applets* están dentro un *applet* global que será el que se muestre en el sitio Web.

En los capítulos siguientes se detallará cuál es el contenido de cada *applet* y su funcionamiento.

1.2 Los Applets.

El objetivo de los *applets* JAVA es el de funcionar desde dentro de páginas Web, con el objetivo de animar y enriquecer su contenido, o permitir la interactividad entre la página y el usuario.

La llamada a un *applet* está incorporada dentro del código HTML de la página Web.

Cuando un usuario consulta una página Web, si el navegador encuentra una etiqueta HTML que le indica que debe cargar un *applet* Java, descargará el *applet* desde el servidor Web y lo ejecuta en el ordenador del usuario.

Para la ejecución del *applet*, el navegador crea automáticamente una instancia de la clase principal del *applet*. Se podrá por lo tanto hacer funcionar varias veces y al mismo tiempo el mismo *applet* en el interior del navegador Web.

Contrariamente a una aplicación Java, un *applet* no es un programa autónomo. No puede ser ejecutado desde la línea de comandos a través del programa java del JDK.

Así pues, un *applet* solo puede ejecutarse desde un navegador Web compatible con Java (Mozilla, Internet Explorer, Google Chrome, Opera, Safari) y a su vez, ejecutarse en un equipo en el que este instalada la máquina virtual Java.

Al igual que una aplicación, un *applet* esta compuesto como mínimo de un archivo que contiene la clase principal, y a veces de otras clases dentro de archivos auxiliares.

1.3 Contenido de los capítulos.

A continuación de realiza una presentación de cada uno de los capítulos que componen esta memoria.

- **Capítulo 2: Teoría de los circuitos.**

En este capítulo se analiza de manera teórica cada uno de los circuitos que forman la herramienta desarrollada.

- **Capítulo 3: Descripción de la herramienta.**

En este capítulo se describe la interfaz de usuario del generador de ejercicios, indicándose cómo se han clasificado los ejercicios prácticos y la forma de navegar a través de él. También se detallan aspectos de la implementación.

- **Capítulo 4: *Funcionamiento de los Applets.***

En este capítulo se describirá con detalle la implementación de los distintos *applets* que componen la herramienta.

Cada uno de los *applets* que se verán en este capítulo realizan lo visto de forma teórica en el Capítulo 2. En este capítulo también se pueden observar los diagramas UML para las clases más destacadas de cada *applet*.

- **Capítulo 5: Conclusiones y líneas futuras.**

En este capítulo se hablará sobre las conclusiones obtenidas después de la realización del proyecto, así como de las posibles líneas de desarrollo futuro que puede tener el mismo.

Capítulo 2: *Teoría de los circuitos.*

2.1 *Introducción.*

Los circuitos que a continuación se van a estudiar son circuitos no lineales, que combinan diodos y amplificadores. La ventaja que presentan dichos circuitos es que los diodos pueden operar de manera más próxima a sus características ideales. Se consideran rectificadores, limitadores, comparadores y disparadores de Schmitt.

El objetivo es diseñar un sistema que cumpla con las especificaciones de entrada a la salida para una característica de transferencia en tensión no lineal instantánea. Las características son instantáneas ya que el circuito no contiene dispositivos para almacenamiento de energía (inductores o capacitores). La salida en un momento particular depende sólo del valor de la entrada.

2.2 *Rectificadores.*

Los rectificadores operan sobre una señal de entrada de manera tal que dependen del signo de la tensión de entrada instantánea. Se pueden diseñar ya sea para recortar la parte negativa (o positiva) de la señal o para proporcionar una salida que es el valor absoluto matemático de la entrada.

A continuación se van a analizar los tipos de rectificadores que se han incluido para la realización de la herramienta Web.

2.2.1 *Rectificadores de media onda*

Dentro de este apartado se estudian dos tipos de circuitos Rectificadores que son:

- Caso1.**Rectificador Inversor con salida positiva.
- Caso2.**Rectificador Inversor con salida negativa.

-**Caso1.**Inversor con salida positiva.

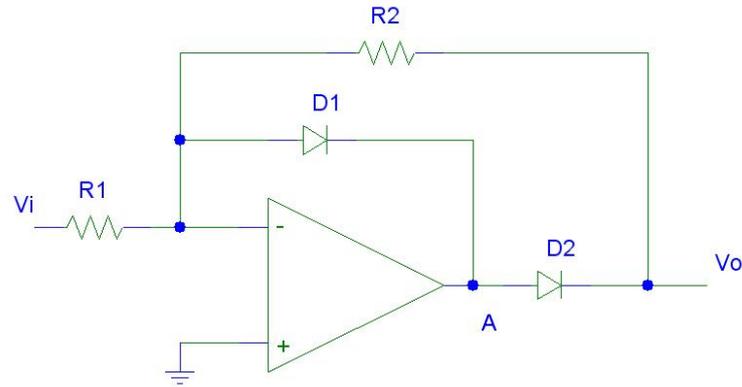


Figura 2.1 Rectificador Media Onda Caso1.

En la Figura 2.1 se tiene el Rectificador de media onda inversor con salida positiva. A continuación se analiza el circuito para obtener la expresión de la salida respecto a la entrada.

Suponemos $V_i = 0$ y $V_o = 0$.

- Para $V_i > 0 \rightarrow V_A \rightarrow -V_{sat} \rightarrow D1$ ON y $D2$ OFF, así que el circuito quedaría como el que se muestra en la Figura 2.2:

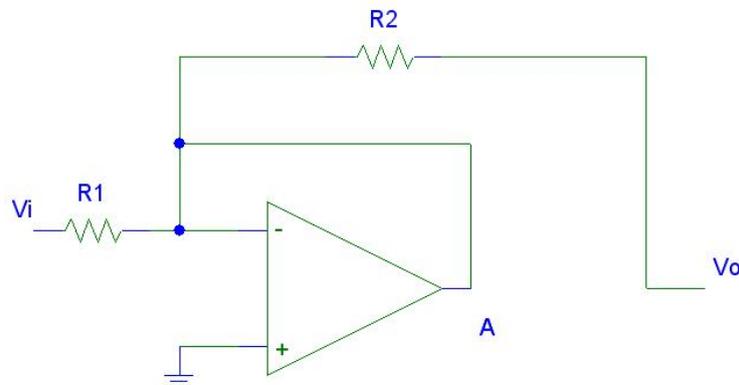


Figura 2.2 Caso 1 cuando $V_i > 0$.

Por lo que aplicando las condiciones del corto circuito virtual (estas condiciones a partir de aquí serán nombradas como ccv) se obtiene que la tensión a la salida sea cero. $V_o = 0$.

- Para $V_i < 0 \rightarrow V_A \rightarrow +V_{sat} \rightarrow D1$ OFF y $D2$ ON, así que el circuito quedaría como el que se muestra en la Figura 2.3:

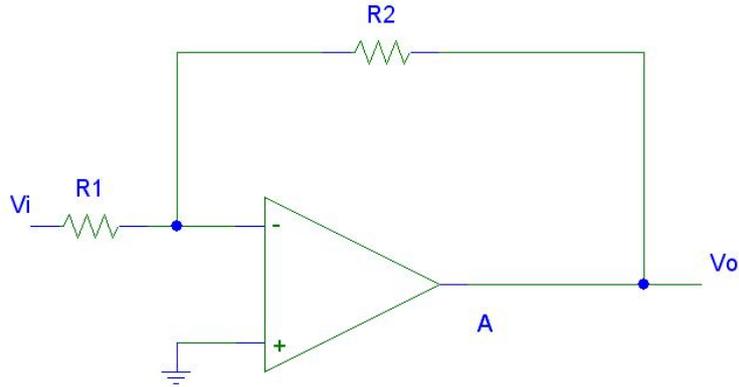


Figura 2.3 Caso 1 cuando $V_i < 0$.

Aplicando ccv obtenemos que la salida es la siguiente:

$$V_o = -\frac{R_2}{R_1} \cdot V_i$$

Donde su característica de transferencia será la mostrada en la Figura 2.4.

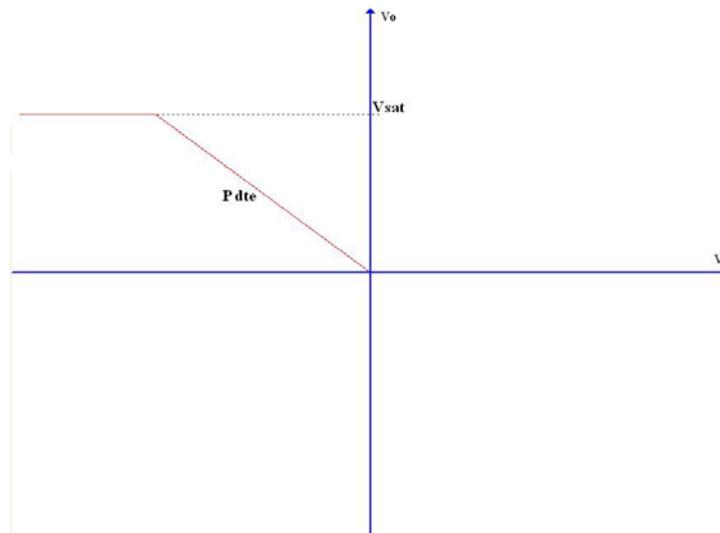


Figura 2.4 Característica de transferencia del Rectificador de Media Onda para el Caso 1.

en la que la pendiente es $-\frac{R_2}{R_1}$.

Si al circuito de la Figura 2.1 se le introduce una fuente de referencia se producirá un desplazamiento en el eje X de la característica de transferencia.

El circuito quedaría como el que se muestra en la Figura 2.4.

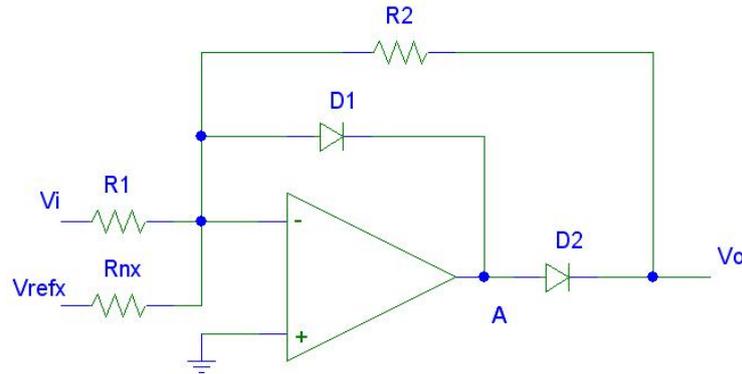


Figura 2.5 Rectificador Media Onda Caso1 con desplazamiento en el eje X.

$$V_- = Vi \cdot \frac{Rnx}{Rnx + R1} + V_{refx} \cdot \frac{R1}{Rnx + R1} = 0 \quad , \text{ por ccv se obtiene que}$$

$$Vi = -V_{refx} \frac{R1}{Rnx}$$

Ahora se obtendría a la salida:

$$\text{- Para } Vi > -V_{refx} \frac{R1}{Rnx} \Rightarrow V_A \rightarrow -V_{sat} \Rightarrow \text{D1 ON y D2 OFF} \Rightarrow Vo = 0$$

$$\text{- Para } Vi < -V_{refx} \frac{R1}{Rnx} \Rightarrow V_A \rightarrow +V_{sat} \Rightarrow \text{D1 OFF y D2 ON} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Vo = -Vi \frac{R2}{R1} - V_{refx} \frac{R2}{Rnx}$$

Por lo que la posición en el eje V_i de la característica de transferencia dependerá del signo de la tensión de referencia aplicada. En la Figura 2.6 se puede observar la característica de transferencia para signo positivo y en la Figura 2.7 para signo negativo.

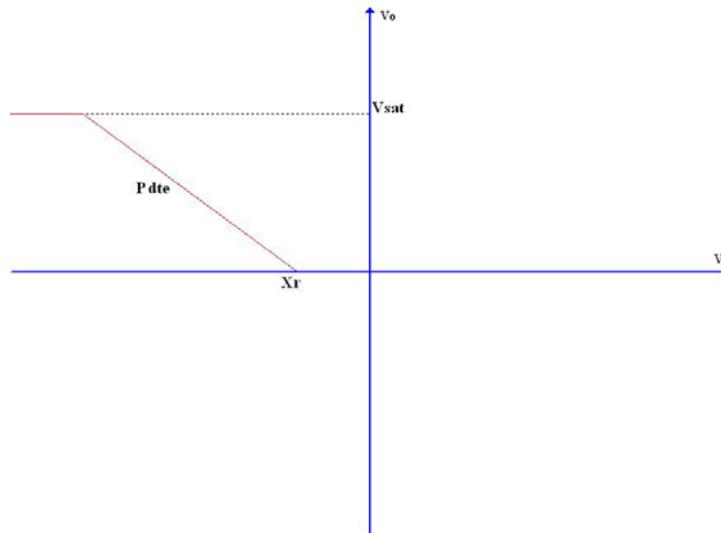


Figura 2.6 Característica de transferencia del Rectificador de Media Onda para el Caso 1 con desplazamiento en X y $V_{refx} > 0$.

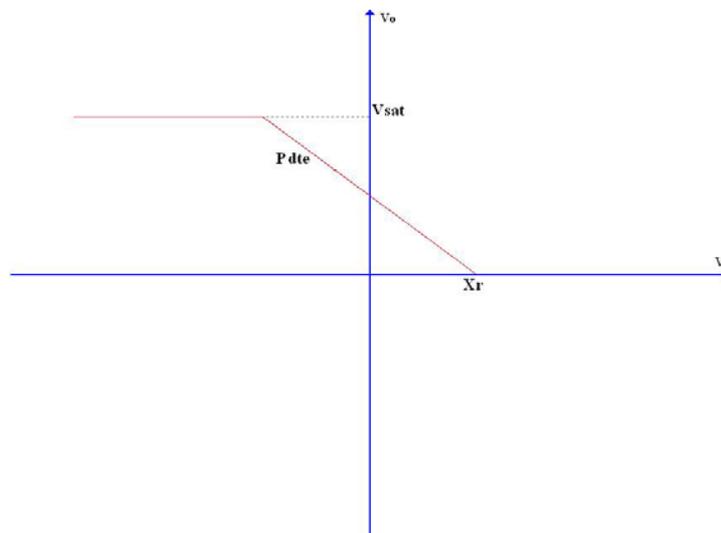


Figura 2.7 Característica de transferencia del Rectificador de Media Onda para el Caso 1 con desplazamiento en X y $V_{refx} < 0$.

Donde la pendiente sigue siendo la misma y el punto donde empieza la gráfica es el desplazamiento producido por la tensión de referencia V_{refx} . Este punto se ha llamado en la gráfica X_r su valor es:

$$X_r = -V_{refx} \frac{R_1}{R_{nx}}$$

También se puede introducir un desplazamiento en el eje Y, que provocaría el desplazamiento de la gráfica característica de transferencia sobre dicho eje.

En la Figura 2.8 se muestra como quedaría el circuito.

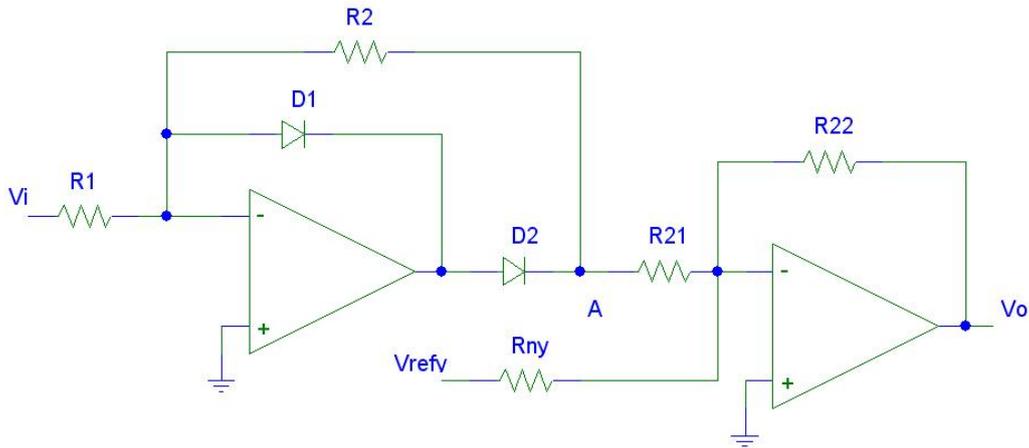


Figura 2.8 Rectificador Media Onda Caso1 con desplazamiento en el eje Y.

Los cálculos quedarían de la siguiente forma:

$$\text{Si } V_i > 0 \Rightarrow V_A = 0 \Rightarrow V_o = -V_{refy} \frac{R22}{Rny}$$

$$\text{Si } V_i < 0 \Rightarrow V_A = -\frac{R2}{R1} V_i \Rightarrow V_o = \frac{R22}{R21} \frac{R2}{R1} V_i - \frac{R22}{Rny} V_{refy}$$

Por lo que la posición en el eje V_o de la característica de transferencia dependerá del signo de la tensión de referencia aplicada. En la Figura 2.9 se tiene la característica de transferencia para signo positivo y en la Figura 2.10 para signo negativo.

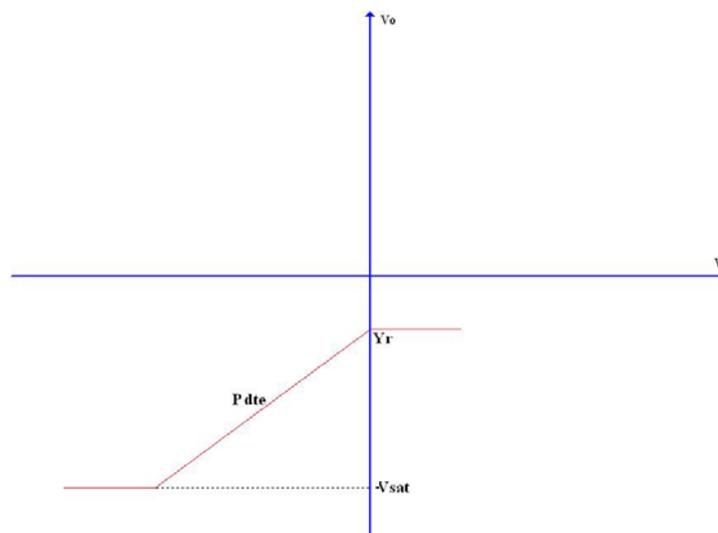


Figura 2.9 Característica de transferencia del Rectificador de Media Onda para el Caso 1 con desplazamiento en Y e $V_{refy} > 0$.

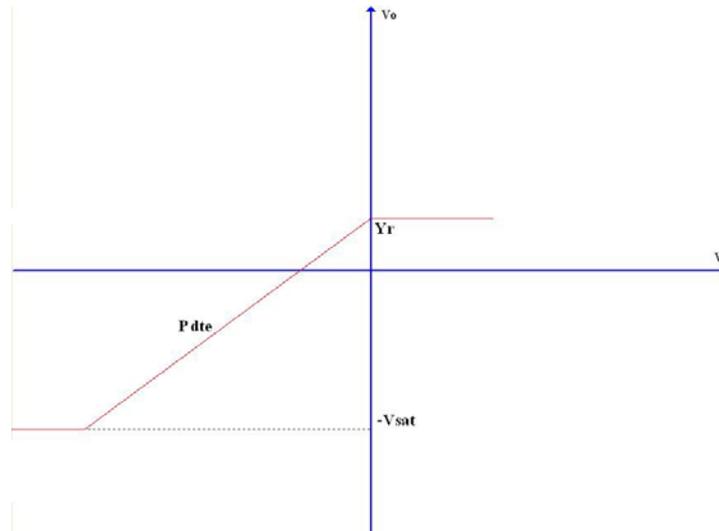


Figura 2.10 Característica de transferencia del Rectificador de Media Onda para el Caso 1 con desplazamiento en Y e $V_{refy} < 0$.

Donde la pendiente y punto hasta el que se produce el desplazamiento son:

$$Pdte = \frac{R22}{R21} \frac{R2}{R1} \quad ; \quad Yr = -V_{refy} \frac{R22}{Rny}$$

Si se introduce en el circuito tanto el desplazamiento en el eje X, como el desplazamiento en el eje Y, se obtendrá un circuito como el de la Figura 2.11 y los cálculos resultantes al calcular la salida serán:

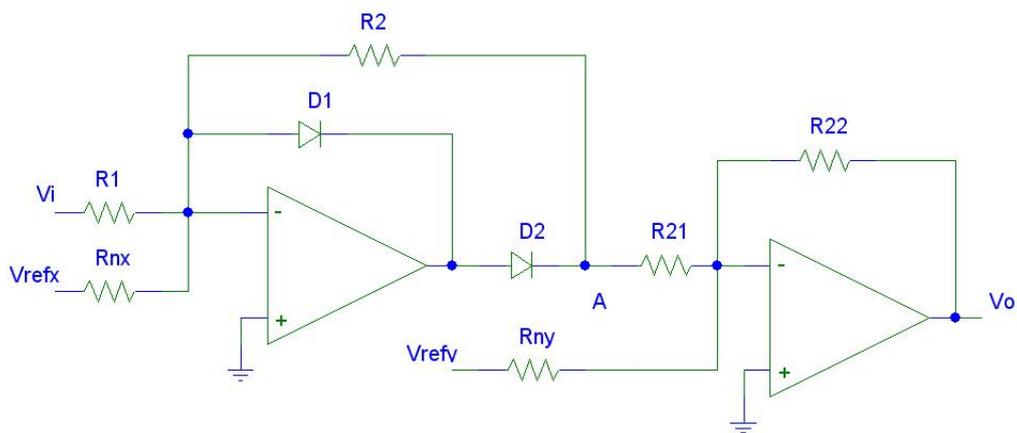


Figura 2.11 Rectificador Media Onda Caso1 con desplazamiento en X e Y.

$$V_A = \begin{cases} 0 & \text{si } Vi \geq -V_{refx} \frac{R1}{Rnx} \\ -\frac{R2}{R1} Vi - \frac{R2}{Rnx} V_{refx} & \text{si } Vi < -V_{refx} \frac{R1}{Rnx} \end{cases}$$

$$V_o = -\frac{R_{22}}{R_{21}}V_A - \frac{R_{22}}{R_{ny}}V_{refy} \text{ , despejando } V_A :$$

$$V_o = \begin{cases} -\frac{R_{22}}{R_{ny}}V_{refy} & \text{si } V_i \geq -V_{refx} \frac{R_1}{R_{nx}} \\ \frac{R_{22}}{R_{21}}\left(\frac{R_2}{R_1}V_i + \frac{R_2}{R_{nx}}V_{refx}\right) - \frac{R_{22}}{R_{ny}}V_{refy} & \text{si } V_i < -V_{refx} \frac{R_1}{R_{nx}} \end{cases}$$

Ahora el desplazamiento de la característica de transferencia se producirá tanto en el eje X como en el eje Y, dependiendo de los signos de las tensiones de referencia introducidas. En la Figura 2.12 se ve a modo de ejemplo lo que ocurre al introducir una tensión positiva en el eje X y una tensión negativa en el eje Y.

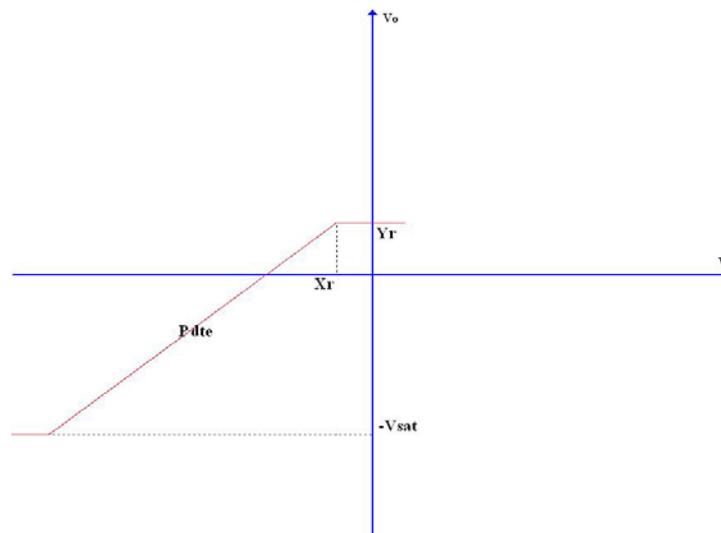


Figura 2.12 Característica de transferencia del Rectificador de Media Onda para el Caso 1 con desplazamiento en ambos ejes, y con $V_{refx} > 0$ y $V_{refy} < 0$.

El desplazamiento es similar al visto en los apartados anteriores, sólo que ahora se produce en los dos ejes.

-Caso2. Inversor con salida negativa.

Para este caso los cálculos son los mismos que para el Caso 1, la única diferencia está en las condiciones que ahora serán opuestas al Caso1, puesto que en este caso los diodos están en sentido opuesto al Caso1, por lo que cuando en el caso anterior un diodo estaba ON ahora estará OFF y cuando estaba OFF ahora estará ON.

Como ejemplo se analiza el Caso 2 para un circuito con desplazamiento en ambos ejes. Este circuito se muestra en la Figura 2.13.

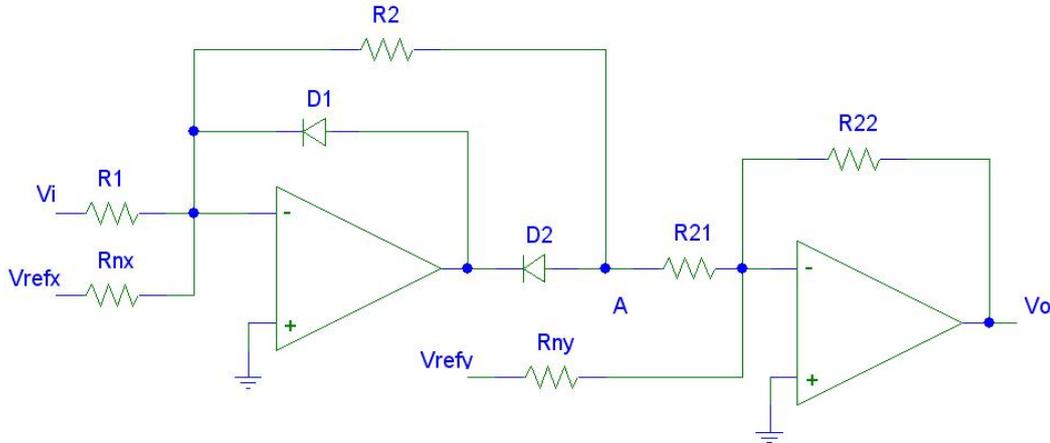


Figura 2.13 Rectificador Media Onda Caso2 con desplazamiento en X e Y.

$$V_A = \begin{cases} 0 & \text{si } Vi \leq -V_{refx} \frac{R1}{Rnx} \\ -\frac{R2}{R1} Vi - \frac{R2}{Rnx} V_{refx} & \text{si } Vi > -V_{refx} \frac{R1}{Rnx} \end{cases}$$

$$V_o = \begin{cases} -\frac{R22}{Rny} V_{refy} & \text{si } Vi \leq -V_{refx} \frac{R1}{Rnx} \\ \frac{R22}{R21} \left(\frac{R2}{R1} Vi + \frac{R2}{Rnx} V_{refx} \right) - \frac{R22}{Rny} V_{refy} & \text{si } Vi > -V_{refx} \frac{R1}{Rnx} \end{cases}$$

Ahora la característica de transferencia al introducir una tensión positiva en el eje X y una tensión negativa en el eje Y, será la que se muestra en la Figura 2.14.

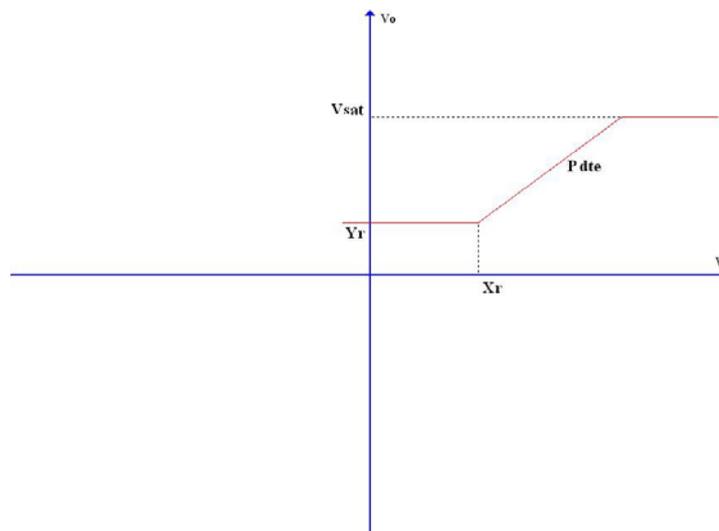


Figura 2.14 Característica de transferencia del Rectificador de Media Onda para el Caso 2 con desplazamiento en ambos ejes, y con $V_{refx} > 0$ y $V_{refy} < 0$.

2.2.2 Rectificadores de onda completa.

Un rectificador de onda completa produce una salida que es el valor absoluto de la señal de entrada. Hay varias formas de conseguir un rectificador de onda completa, como por ejemplo utilizando dos rectificadores de media onda. Uno de ellos opera sobre la parte positiva de la señal de entrada y el segundo sobre la parte negativa. Las salidas se suman con las polaridades apropiadas. Con este método se necesitarían tres amplificadores separados.

Existen métodos más simples para poder implementarlo, como el que se ha usado para la herramienta Web y que a continuación se procede a analizar.

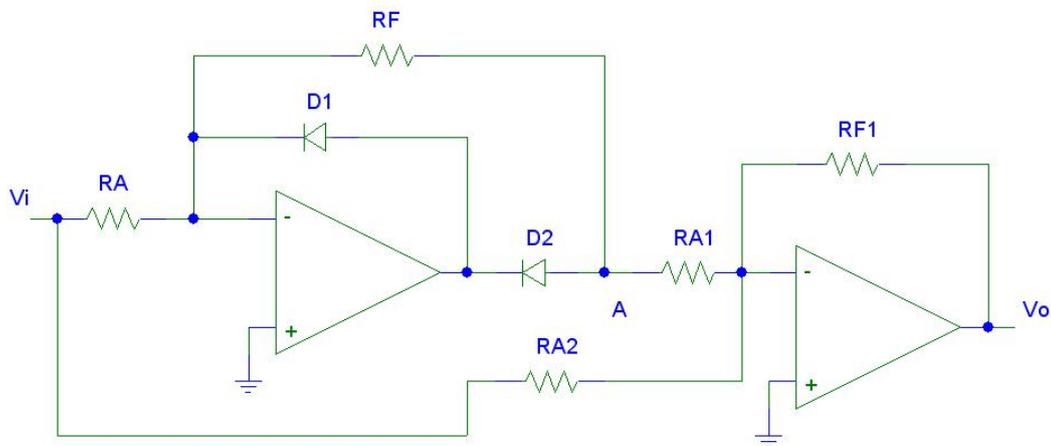


Figura 2.15 Rectificador de Onda Completa.

En la Figura 2.15 se muestra en circuito que se ha usado para este apartado, el análisis para dicho circuito es el siguiente:

$$\text{Si } V_i < 0 \Rightarrow V_A = 0$$

$$\text{Si } V_i > 0 \Rightarrow V_A = \frac{RF}{RA} V_i \Rightarrow V_o = -\frac{RF1}{RA1} V_A - \frac{RF1}{RA2} V_i \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \text{Para } V_i < 0 \Rightarrow V_o = -\frac{RF1}{RA2} V_i$$

$$\Rightarrow \text{Para } V_i > 0 \Rightarrow V_o = \left(\frac{RF}{RA} \cdot \frac{RF1}{RA1} - \frac{RF1}{RA2} \right) V_i$$

Donde su característica de transferencia será la mostrada en la Figura 2.16.

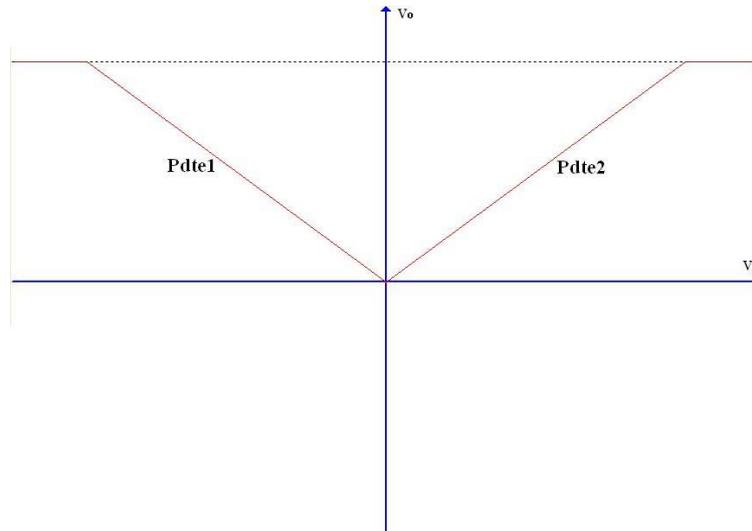


Figura 2.16 Característica de transferencia del Rectificador de Onda Completa.

Los valores de las pendientes son:

$$Pdte1 = -\frac{RF1}{RA2} \quad ; \quad Pdte2 = \frac{RF}{RA} \cdot \frac{RF1}{RA1} - \frac{RF1}{RA2}$$

2.3 Disparadores Schmitt.

Los disparadores Schmitt son una clase de comparador que utiliza retroalimentación positiva para acelerar el ciclo de conmutación. Esto aumenta la ganancia, por lo que se agudiza la transición entre los dos niveles de salida. La retroalimentación positiva mantiene al disparador en uno de los dos estados de saturación a menos que se aplique una entrada lo suficientemente grande para sobrepasar la retroalimentación.

A continuación se va a analizar los tipos de disparadores que se han incluido para la realización de la herramienta Web.

2.3.1 Disparador Schmitt no inversor.

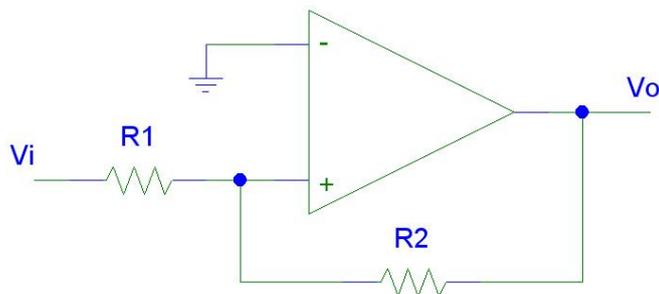


Figura 2.17 Disparador Schmitt No Inversor.

En la Figura 2.17 se puede ver el circuito de un disparador Schmitt no inversor. A continuación se verá el análisis de dicho circuito.

Como no hay realimentación negativa global no se puede aplicar ccv. La salida oscilará entre $\pm V_{sat}$. El cambio se producirá cuando $V_+ = V_-$.

$$V_+ = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_i + \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_o \quad ; \quad V_- = 0$$

De donde se obtiene que,
$$V_i = -V_o \frac{R_1}{R_2}$$

- Se supone que $V_i \gg 0$ y $V_+ > V_- \Rightarrow V_o \rightarrow +V_{sat}$ y el cambio se producirá cuando

$$V_i = -\frac{R_1}{R_2} \cdot (+V_{sat})$$

- Se supone que $V_i \ll 0$ y $V_+ < V_- \Rightarrow V_o \rightarrow -V_{sat}$ y el cambio se producirá cuando

$$V_i = \frac{R_1}{R_2} \cdot (-V_{sat})$$

La característica de transferencia quedaría de la forma que se muestra en la Figura 2.18.

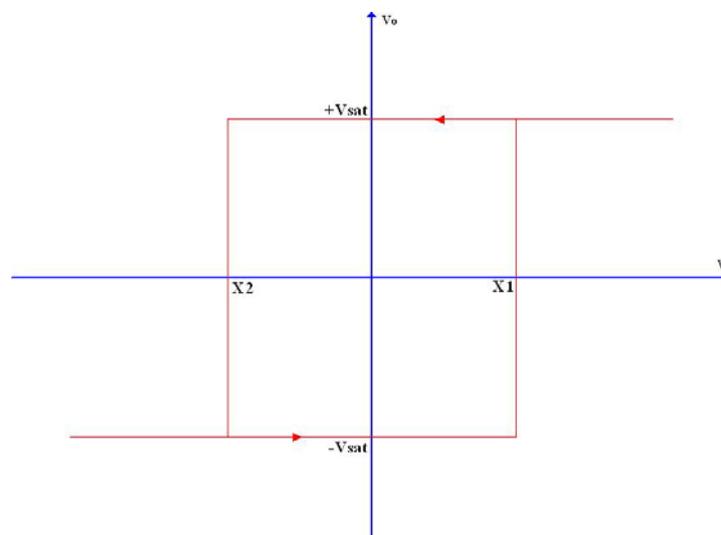


Figura 2.18 Característica de transferencia del Disparador No Inversor.

Donde $X_1 = \frac{R_1}{R_2} V_{sat}$ y $X_2 = -\frac{R_1}{R_2} V_{sat}$

Este circuito se comporta como un biestable, ya que la salida depende del estado anterior, por lo que podría ser usado para este fin. Otra aplicación del disparador Schmitt es como generador de onda cuadrada. Una señal continua de

desplazamiento lento en la entrada produce una salida que salta rápidamente entre dos niveles. El salto se produce cuando la entrada cruza el nivel de referencia. De esta forma se puede generar una señal pulsátil a partir de una entrada continua.

Si al circuito anterior se le añade una tensión de referencia tal como se muestra en la Figura 2.19, se producirá un desplazamiento de la característica de transferencia. Este desplazamiento será hacia la derecha ó hacia la izquierda dependiendo del signo de la tensión de referencia. A continuación se analiza el circuito al introducir la tensión de referencia.

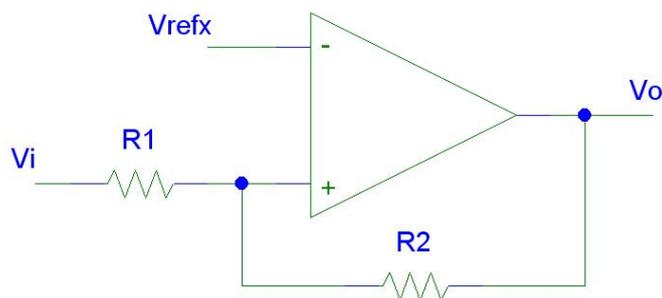


Figura 2.19 Disparador Schmitt No Inversor con Desplazamiento en X.

Las ecuaciones se derivan de manera similar a las anteriores. En la Figura 2.20 se puede ver la característica de transferencia para una tensión de referencia positiva y en la Figura 2.21 para una tensión de referencia negativa.

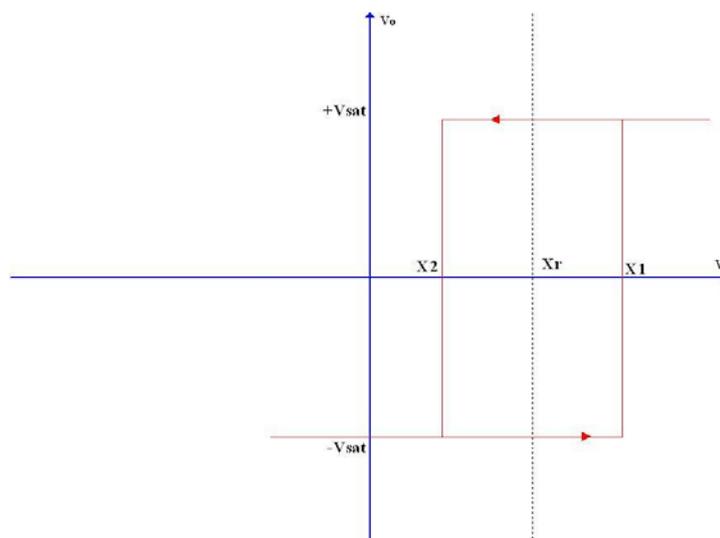


Figura 2.20 Característica de transferencia del Disparador No Inversor con desplazamiento en X y $V_{refx} > 0$.

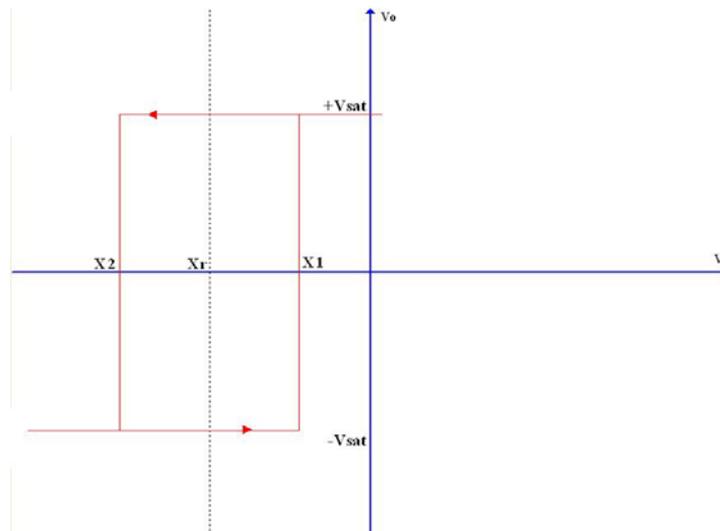


Figura 2.21 Característica de transferencia del Disparador No Inversor con desplazamiento en X y $V_{refx} < 0$.

Donde,

$$X1 = \frac{R1}{R2} V_{sat} + \left(1 + \frac{R1}{R2}\right) V_{refx}$$

$$X2 = -\frac{R1}{R2} V_{sat} + \left(1 + \frac{R1}{R2}\right) V_{refx}$$

$$Xr = \left(1 + \frac{R1}{R2}\right) V_{refx}$$

2.3.2 Disparador Schmitt inversor.

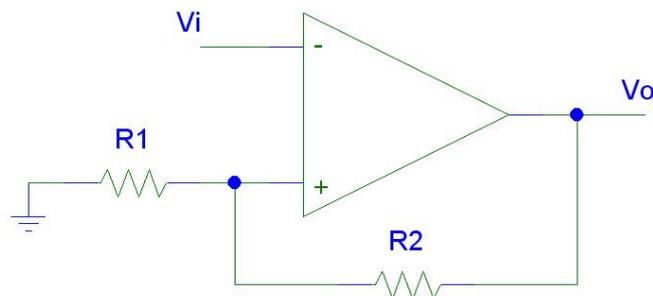


Figura 2.22 Disparador Schmitt Inversor.

En la Figura 2.22 se puede observar el circuito de un disparador Schmitt inversor. A continuación se vera el análisis de dicho circuito. Se analiza de forma similar a la aplicada en el apartado anterior.

$$V_+ = \frac{R1}{R1 + R2} V_o \quad ; \quad V_- = V_i$$

Los estados conmutan cuando las dos ecuaciones son iguales, de modo que

$$V_i = \frac{R1}{R1 + R2} V_o$$

- Se supone $V_i \gg 0$ y $V_+ < V_- \Rightarrow V_o = -V_{sat}$ y el cambio se producirá cuando

$$V_i = -\frac{R1}{R1 + R2} V_{sat}$$

- Se supone $V_i \ll 0$ y $V_+ > V_- \Rightarrow V_o = +V_{sat}$ y el cambio se producirá cuando

$$V_i = \frac{R1}{R1 + R2} V_{sat}$$

La característica de transferencia quedaría de como la mostrada en la Figura 2.23.

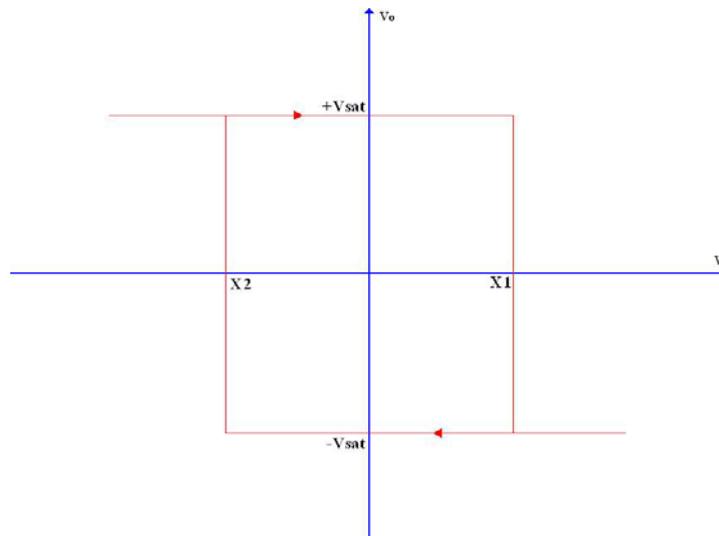


Figura 2.23 Característica de transferencia del Disparador Inversor.

Donde $X1 = \frac{R1}{R1 + R2} V_{sat}$ y $X2 = -\frac{R1}{R1 + R2} V_{sat}$.

Si al circuito anterior se le añade una tensión de referencia tal como se muestra en la Figura 2.24, se producirá un desplazamiento de la característica de transferencia, al igual que sucedió con el disparador Schmitt No Inversor.

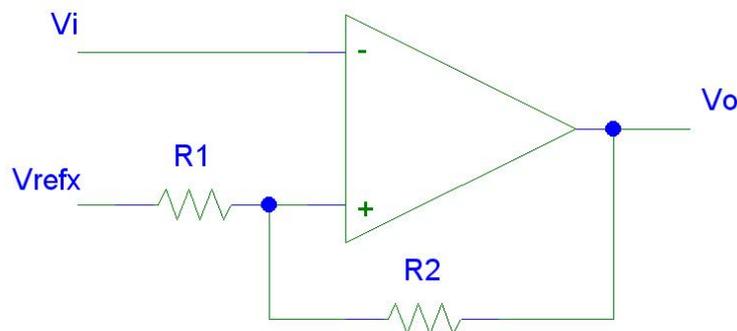


Figura 2.24 Disparador Schmitt Inversor con desplazamiento en X.

En la Figura 2.25 se puede ver la característica de transferencia para una tensión de referencia positiva y en la Figura 2.26 para una tensión de referencia negativa.

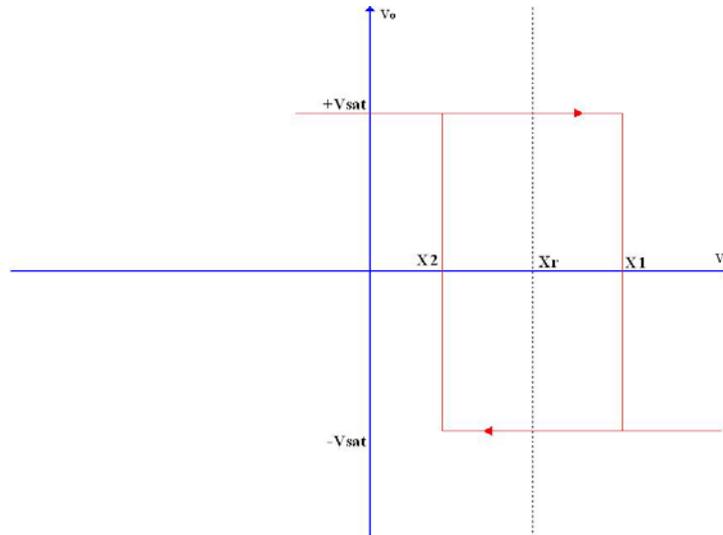


Figura 2.25 Característica de transferencia del Disparador Inversor con desplazamiento en X y $V_{refx} > 0$.

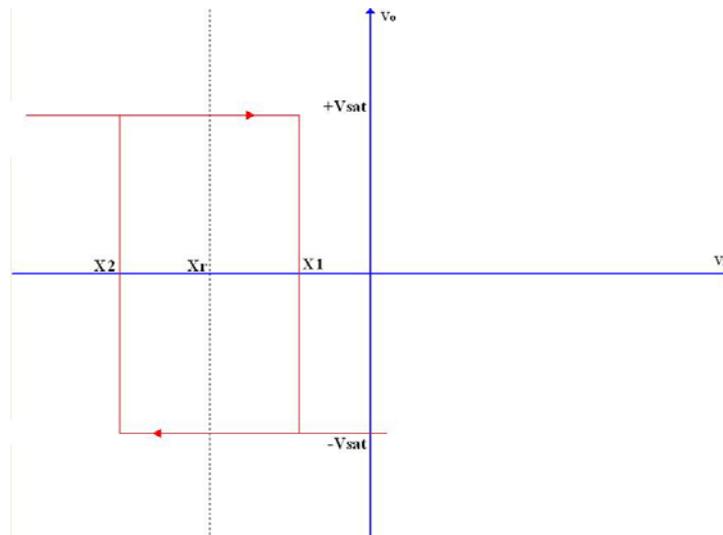


Figura 2.26 Característica de transferencia del Disparador Inversor con desplazamiento en X y $V_{refx} < 0$.

Donde,

$$X1 = \frac{R1}{R1 + R2} V_{sat} + \frac{R2}{R1 + R2} V_{refx}$$

$$X2 = -\frac{R1}{R1 + R2} V_{sat} + \frac{R2}{R1 + R2} V_{refx}$$

$$Xr = \frac{R2}{R1 + R2} V_{refx}$$

2.4 Comparadores.

Con frecuencia es importante comparar dos tensiones para determinar cuál es mayor. Los comparadores comparan el valor de la tensión de entrada, con una tensión umbral.

Como es usual que los sistemas de control retroalimentados operen con la diferencia entre dos señales (invertida o no), los comparadores son ideales para estas aplicaciones. Las aplicaciones más importantes de los comparadores son:

- Conversión de señales sinusoidales en señales cuadradas.
- Detección de cruces por cero.

A continuación se va a analizar los tipos de comparadores que se han incluido para la realización de la herramienta Web.

2.4.1 Comparador inversor.

Se han considerado dos posibles casos de comparador inversor, dependiendo de si los diodos usados para la realización del circuito son ideales o no ideales.

- Comparador inversor con diodos ideales.

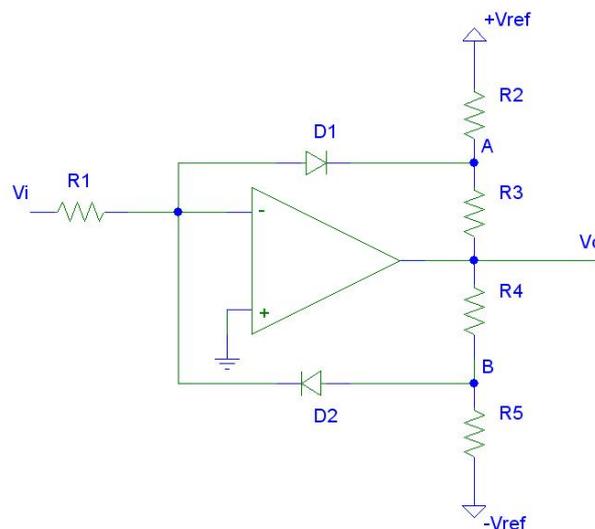


Figura 2.27 Comparador Inversor con diodos ideales.

En la Figura 2.27 se muestra este circuito comparador. Se analizará ahora su comportamiento:

- Si $V_i > 0, V_o \rightarrow -V_{sat} \Rightarrow V_A = 0, V_B < 0 \Rightarrow D1 \text{ ON y } D2 \text{ OFF}$

El circuito queda como el mostrado en la Figura 2.28.

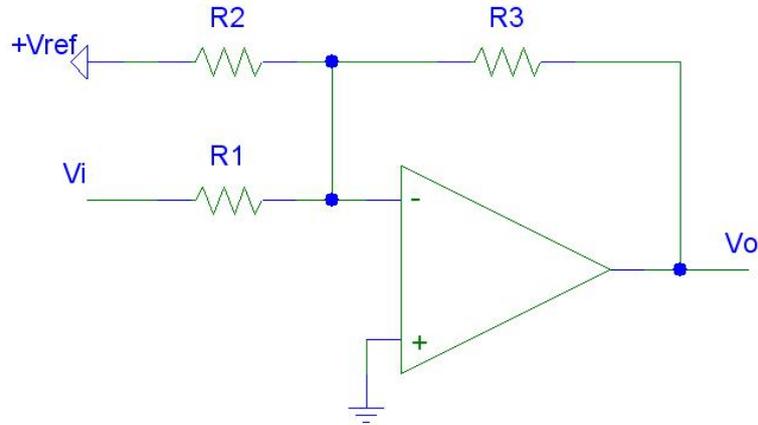


Figura 2.28 Comparador Inversor con diodos ideales con $V_i > 0$.

Donde,

$$V_o = -\left(\frac{R_3}{R_1}V_i + \frac{R_3}{R_2}V_{ref}\right)$$

- Si $V_i < 0, V_o \rightarrow +V_{sat} \Rightarrow V_A > 0, V_B = 0 \Rightarrow D1 \text{ OFF y } D2 \text{ ON}$

El circuito queda como el mostrado en la Figura 2.29.

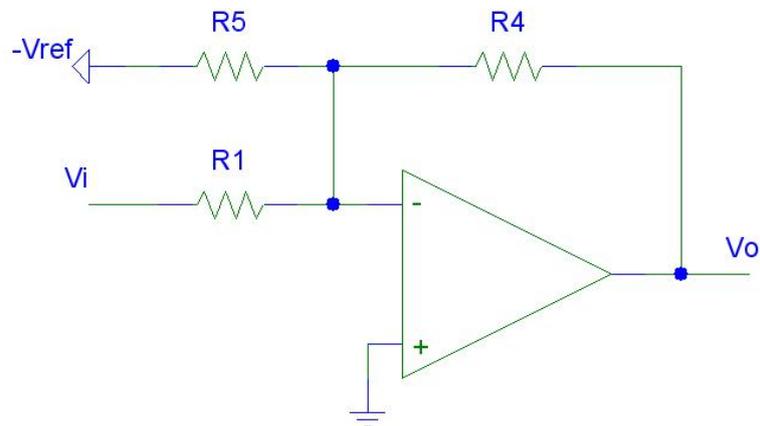


Figura 2.29 Comparador Inversor con diodos ideales con $V_i < 0$.

Donde,

$$V_o = -\left(\frac{R_4}{R_1}V_i - \frac{R_4}{R_5}V_{ref}\right)$$

Con estos resultados la característica de transferencia será similar a la mostrada en la Figura 2.30.

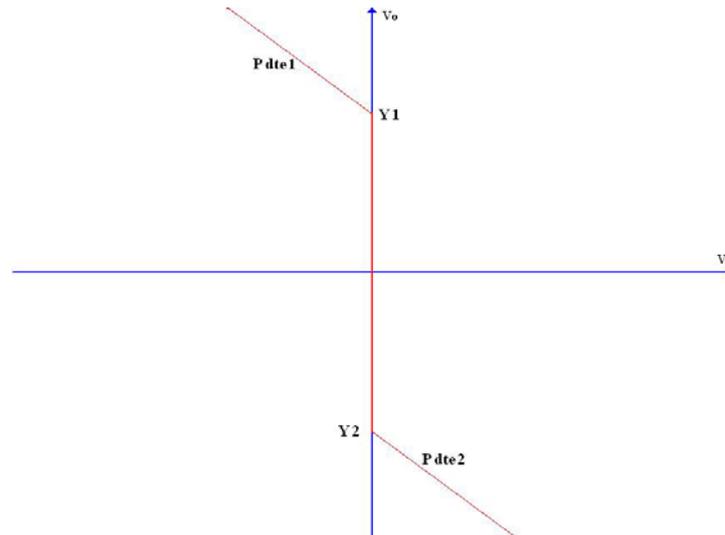


Figura 2.30 Característica de transferencia del Comparador Inversor.

En la que los puntos más significativos son:

$$Y1 = \frac{R4}{R5} V_{ref} \quad ; \quad Y2 = -\frac{R3}{R2} V_{ref}$$

$$Pdte1 = -\frac{R4}{R1} \quad ; \quad Pdte2 = -\frac{R3}{R1}$$

En nuestra herramienta se ha considerado que $R1 \gg R3$ y $R1 \gg R4$, por lo que las pendientes serán cero en los ejercicios propuestos.

Si al circuito se le aplica una tensión, tal y como se muestra en la Figura 2.31, se producirá un desplazamiento en el eje X de la característica de transferencia. Este desplazamiento será hacia la izquierda o hacia la derecha dependiendo del signo de la tensión que se aplique.

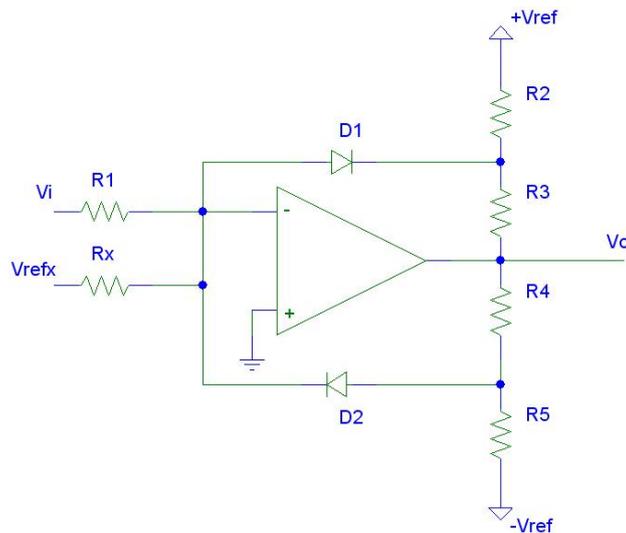


Figura 2.31 Comparador Inversor con diodos ideales y desplazamiento en X.

Los cálculos son similares a los vistos, sólo que ahora hay que añadir el desplazamiento que produce la incorporación de esta tensión.

El desplazamiento producido será:

$$V_i = -V_{refx} \frac{R1}{R_x}$$

Por lo que a la salida se tendrá,

- Si $V_i > -V_{refx} \frac{R1}{R_x} \Rightarrow V_o = -\left(\frac{R3}{R1}V_i + \frac{R3}{R2}V_{ref} + \frac{R3}{R_x}V_{refx}\right)$

- Si $V_i < -V_{refx} \frac{R1}{R_x} \Rightarrow V_o = -\left(\frac{R4}{R1}V_i - \frac{R4}{R5}V_{ref} + \frac{R4}{R_x}V_{refx}\right)$

En la Figura 2.32 se puede ver la característica de transferencia para una tensión de referencia positiva y en la Figura 2.33 para una tensión de referencia negativa.

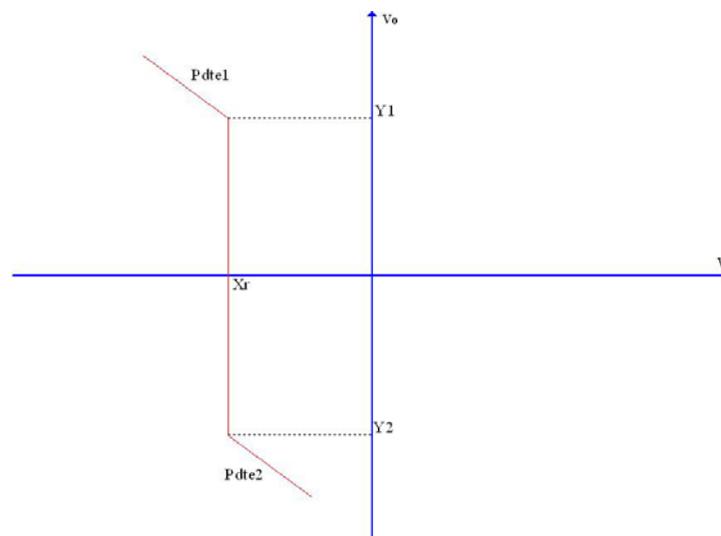


Figura 2.32 Característica de transferencia del Comparador Inversor con desplazamiento en X y $V_{refx} > 0$.

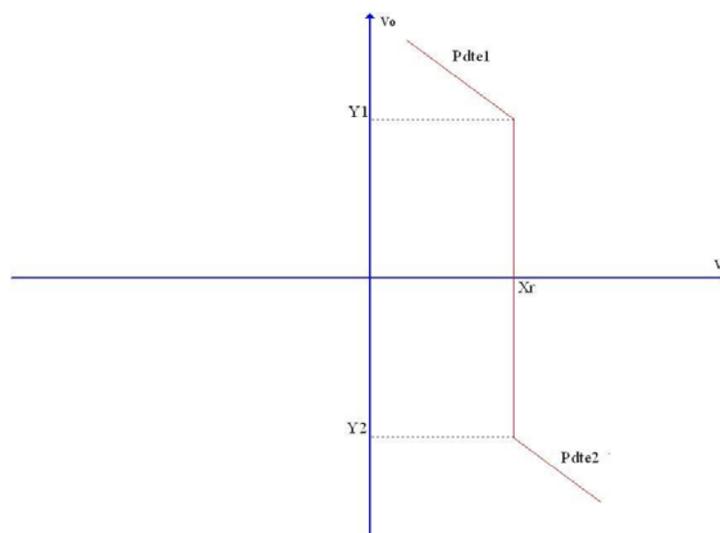


Figura 2.33 Característica de transferencia del Comparador Inversor con desplazamiento en X y $V_{refx} < 0$.

Donde los puntos Y1 e Y2 y las pendientes son las mismas que las vistas en el apartado anterior, y el punto al que se desplaza la característica de transferencia al introducir la tensión de referencia es:

$$Xr = -V_{refx} \left(\frac{R1}{Rx} \right)$$

- Comparador inversor con diodos No ideales.

Los cálculos son los mismos que los realizados para el comparador inversor con diodos ideales, sólo que ahora se tiene que introducir la tensión de los diodos. Los resultados que se obtienen, al introducir estas tensiones y haciendo las mismas suposiciones que en el apartado anterior, serán los siguientes:

- Cuando D1 ON $\Rightarrow V_A = -V_{\gamma1} \Rightarrow$ para $V_i \approx 0 \Rightarrow \frac{+V_{ref} + V_{\gamma1}}{R2} = \frac{-V_{\gamma1} - V_O}{R3} \Rightarrow$

$\Rightarrow V_O = -\left(\frac{R3}{R2} V_{ref} + \left(1 + \frac{R3}{R2} \right) V_{\gamma1} \right)$, donde $V_{\gamma1}$ es la tensión del diodo D1.

Este será el punto Y1 de la característica de transferencia.

- Cuando D2 ON $\Rightarrow V_B = -V_{\gamma2} \Rightarrow$ para $V_i \approx 0 \Rightarrow \frac{-V_{ref} + V_{\gamma2}}{R5} = \frac{V_{\gamma2} + V_O}{R4} \Rightarrow$

$\Rightarrow V_O = \left(-\frac{R4}{R5} V_{ref} + \left(1 + \frac{R4}{R5} \right) V_{\gamma2} \right)$, donde $V_{\gamma2}$ es la tensión del diodo D2.

Este será el punto Y2 de la característica de transferencia.

Usando diodos no ideales los límites aumentan debido a la tensión de los diodos.

El resultado de introducir una nueva tensión para desplazar la característica de transferencia en el eje X produce el mismo efecto que con los diodos ideales. Los cálculos son análogos a los realizados anteriormente introduciendo el efecto de las tensiones en los diodos.

2.4.2 Comparador no inversor con diodos ideales.

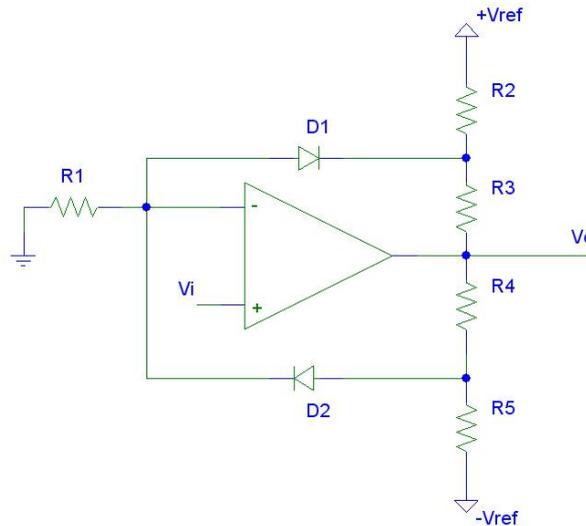


Figura 2.34 Comparador No Inversor.

En la Figura 2.34 se muestra el aspecto que tendrá el circuito comparador no inversor con diodos ideales. Se analizará ahora su comportamiento:

- Si $V_i > 0 \Rightarrow$ D1 OFF y D2 ON

El circuito queda como el mostrado en la Figura 2.35.

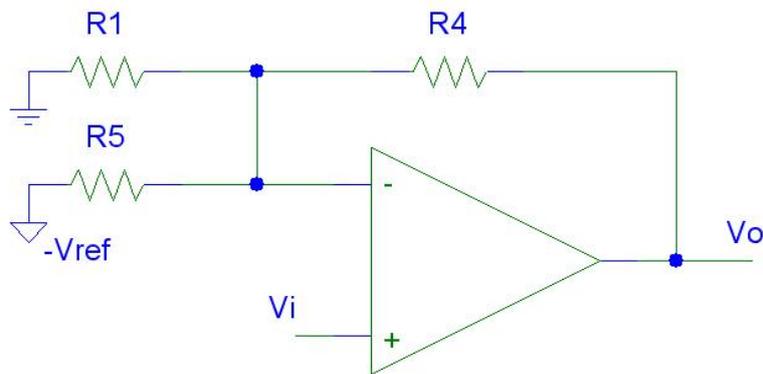


Figura 2.35 Comparador No Inversor con diodos ideales con $V_i > 0$.

Donde,

$$V_o = \frac{R_4}{R_5} V_{ref} + \left(1 + \frac{R_4}{R_5 // R_1} \right) V_i$$

- Si $V_i < 0 \Rightarrow$ D1 ON y D2 OFF

El circuito queda como el mostrado en la Figura 2.36.

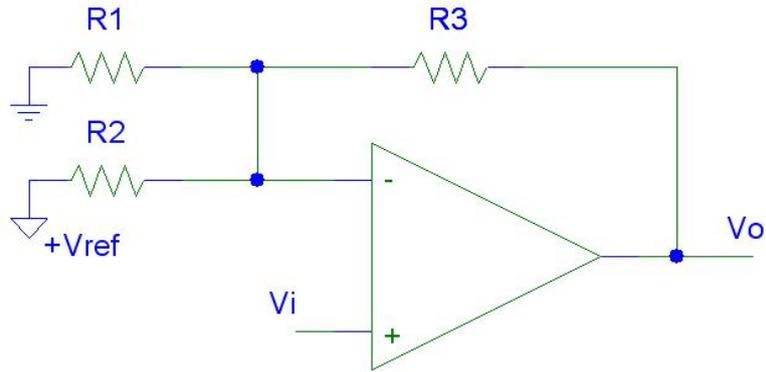


Figura 2.36 Comparador No Inversor con diodos ideales con $V_i < 0$.

Donde,

$$V_o = -\frac{R3}{R2} V_{ref} + \left(1 + \frac{R3}{R2 // R1}\right) V_i$$

Con estos resultados la característica de transferencia será similar a la mostrada en la Figura 2.37.

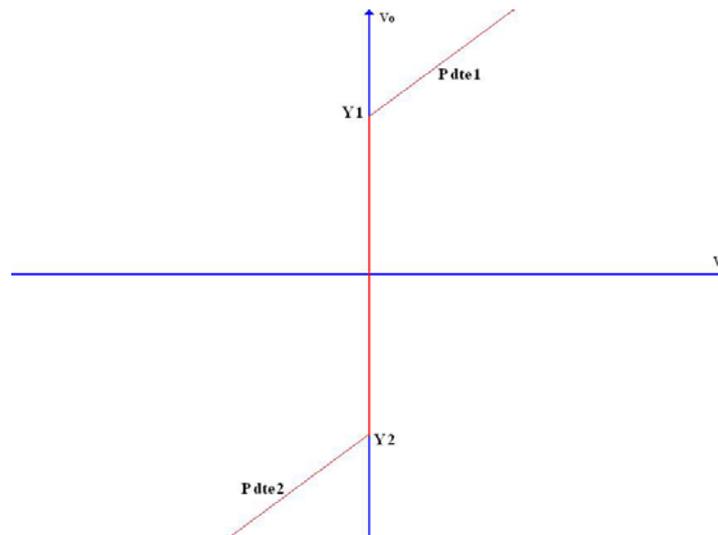


Figura 2.37 Característica de transferencia del Comparador No Inversor.

En la que los puntos más significativos son:

$$Y1 = \frac{R4}{R5} V_{ref} \quad ; \quad Y2 = -\frac{R3}{R2} V_{ref}$$

$$P\,dte1 = \left(1 + \frac{R4}{R5 // R1}\right) \quad ; \quad P\,dte2 = \left(1 + \frac{R3}{R2 // R1}\right)$$

Si al circuito se le aplica una tensión, tal y como se muestra en la Figura 2.38, se producirá un desplazamiento en el eje X de la característica de transferencia. Este desplazamiento será hacia la izquierda o hacia la derecha dependiendo del signo de la tensión que se aplique.

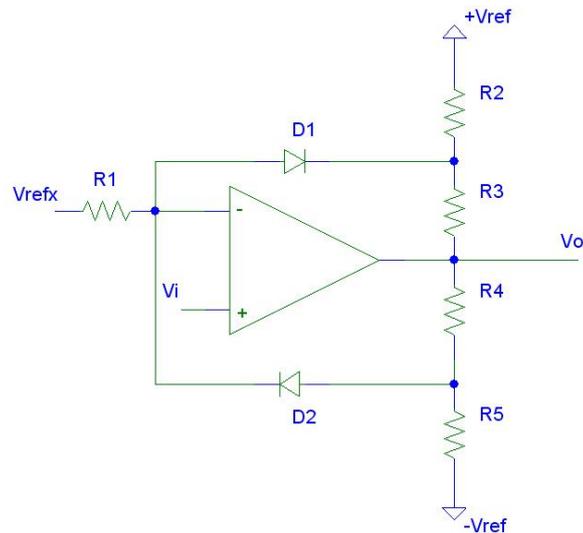


Figura 2.38 Comparador No Inversor con desplazamiento en X.

Los cálculos son similares a los vistos, sólo que ahora hay que añadir el desplazamiento que produce la incorporación de esta tensión.

- Si $V_i > 0 \Rightarrow V_o = \frac{R4}{R5} V_{ref} + \left(1 + \frac{R4}{R5 // R1}\right) V_i - \frac{R4}{R1} V_{refx}$
- Si $V_i < 0 \Rightarrow V_o = -\frac{R3}{R2} V_{ref} + \left(1 + \frac{R3}{R1 // R2}\right) V_i - \frac{R3}{R1} V_{refx}$

En la Figura 2.39 se puede ver la característica de transferencia para una tensión de referencia positiva y en la Figura 2.40 para una tensión de referencia negativa.

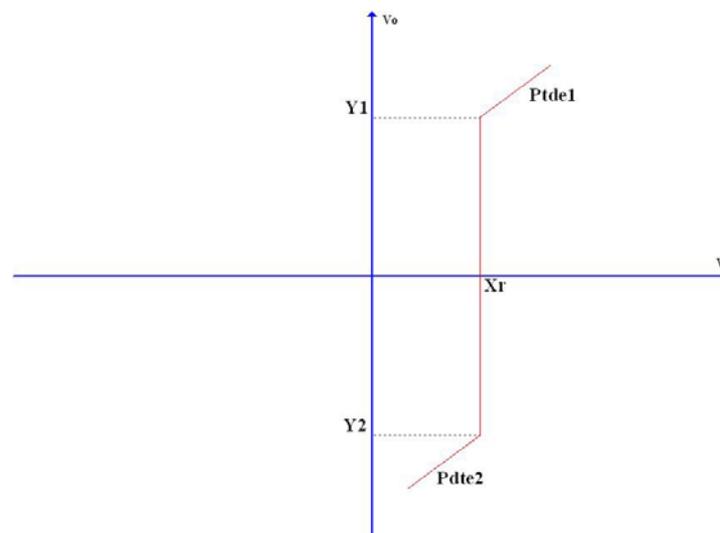


Figura 2.39 Característica de transferencia del Comparador No Inversor con desplazamiento en X y $V_{refx} > 0$.

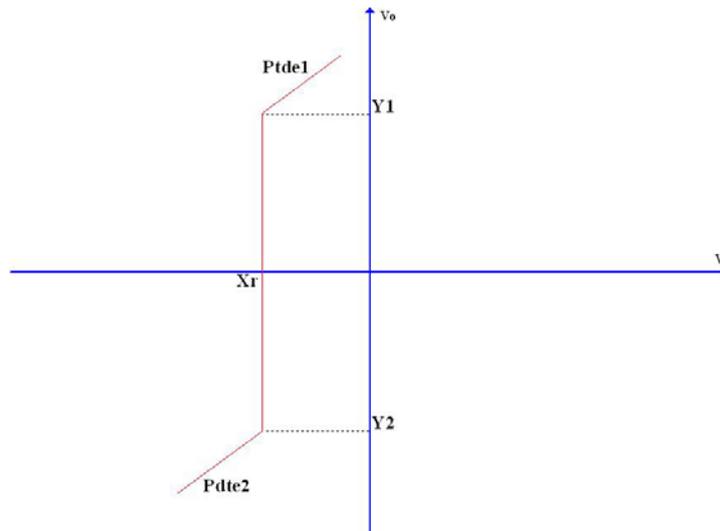


Figura 2.40 Característica de transferencia del Comparador No Inversor con desplazamiento en X y $V_{refx} < 0$.

2.5 Limitadores.

Un limitador, en su forma básica ideal, restringe una señal a estar por debajo (o arriba) de un valor específico particular (punto de ruptura). La señal de salida es proporcional a la entrada por debajo (o por arriba) de este punto de ruptura y permanece constante para entradas por arriba (o por abajo) de este valor.

Existe una amplia gama de variaciones del circuito limitador básico. De hecho, cualquier característica compuesta de dos rectas que se intersecan en un punto se puede considerar una forma de limitador y realizarse utilizando un diodo en la trayectoria de retroalimentación de un amplificador operacional.

Para la herramienta Web se han considerado los casos del limitador inversor y el limitador no inversor. En estas configuraciones se combinan los límites básicos superior e inferior.

2.5.1 Limitador inversor.

Se han considerado dos posibles casos de limitador inversor, dependiendo de si los diodos usados para la realización del circuito son ideales o no ideales.

- **Limitador inversor con diodos ideales.**

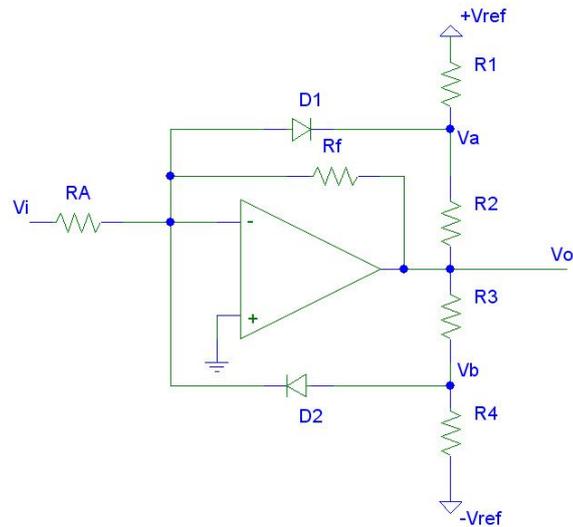


Figura 2.41 Limitador Inversor.

En la Figura 2.41 se muestra el circuito limitador inversor. A continuación se analizará su comportamiento:

-Si D1 OFF y D2 OFF

El circuito queda como el mostrado en la Figura 2.42.

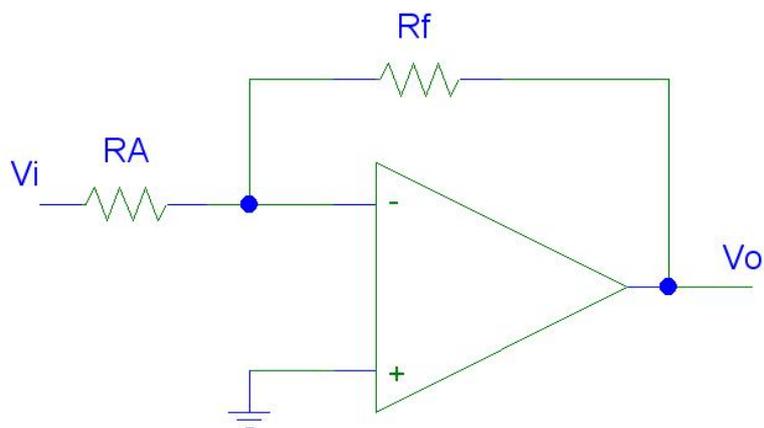


Figura 2.42 Limitador Inversor con diodos ideales con D1 OFF y D2 OFF.

Donde,
$$V_o = -\frac{R_f}{R_A} V_i \quad (1)$$

- Si D1 ON y D2 OFF

El circuito queda como el mostrado en la Figura 2.43.

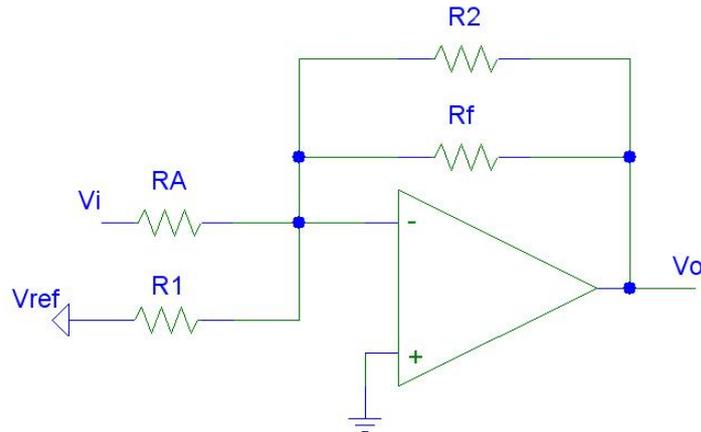


Figura 2.43 Limitador Inversor con diodos ideales con D1 ON y D2 OFF.

Donde,
$$V_o = -\frac{R_f // R_2}{R_A} V_i - \frac{R_f // R_2}{R_1} V_{ref} \quad (2)$$

- Si D1 OFF y D2 ON

El circuito queda como el mostrado en la Figura 2.44.

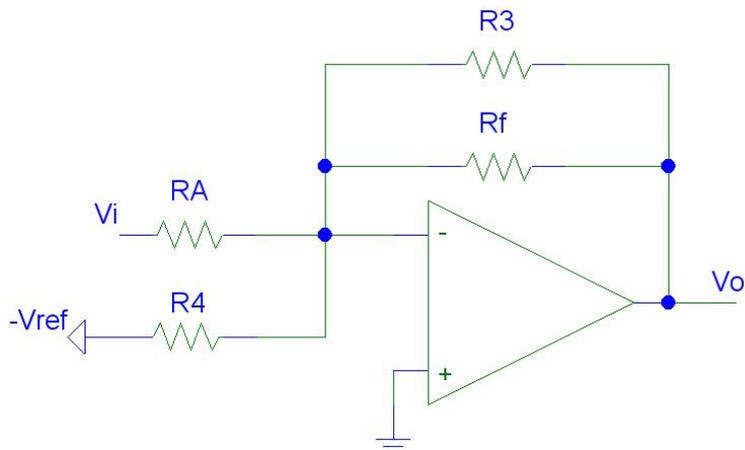


Figura 2.44 Limitador Inversor con diodos ideales con D1 OFF y D2 ON.

Donde,
$$V_o = -\frac{R_f // R_3}{R_A} V_i + \frac{R_f // R_3}{R_4} V_{ref} \quad (3)$$

Con estos resultados la característica de transferencia queda como la mostrada en la Figura 2.45.

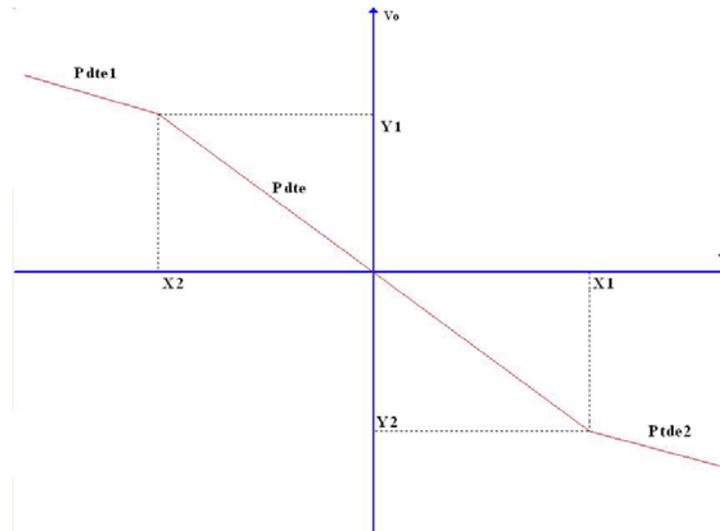


Figura 2.45 Característica de transferencia del Limitador Inversor.

En la que los puntos más significativos son:

$$Y1 = \frac{Rf // R3}{R4} V_{ref} \quad ; \quad Y2 = -\frac{Rf // R2}{R1} V_{ref}$$

Si se igualan las expresiones (1) y (2), y se despeja Vi, se obtiene el punto X2.

$$X2 = -\frac{RA}{Rf} \left(-\frac{Rf // R2}{RA} Vi - \frac{Rf // R2}{R1} V_{ref} \right)$$

Si se igualan las expresiones (1) y (3), y se despeja Vi, se obtiene el punto X1.

$$X1 = -\frac{RA}{Rf} \left(-\frac{Rf // R3}{RA} Vi + \frac{Rf // R3}{R4} V_{ref} \right)$$

Las pendientes serán:

$$Pdte = -\frac{Rf}{RA} \quad ; \quad Pdte1 = -\frac{Rf // R3}{RA} \quad ; \quad Pdte2 = -\frac{Rf // R2}{RA}$$

En los ejercicios generados por la aplicación se ha considerado que:

$$RA \gg R2, R3 \text{ y } RF \gg R2, R3 \Rightarrow Pdte1 \text{ y } Pdte2 = 0.$$

Si al circuito se le aplica una tensión de referencia en continua, tal y como se muestra en la Figura 2.46, se producirá un desplazamiento en el eje X de la característica de transferencia. Este desplazamiento será hacia la izquierda o hacia la derecha dependiendo del signo de la tensión que se aplique.

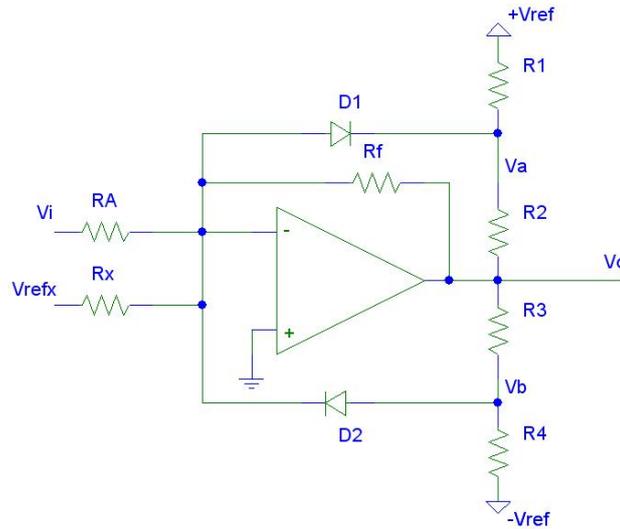


Figura 2.46 Limitador Inversor con desplazamiento en el eje X.

El desplazamiento producido será:

$$V_- = -\frac{ViRx + V_{refx}RA}{Rx + RA} = 0 \Rightarrow Vi = -V_{refx} \frac{RA}{Rx}$$

En la Figura 2.47 se puede ver la característica de transferencia para una tensión de referencia positiva y en la Figura 2.48 para una tensión de referencia negativa.

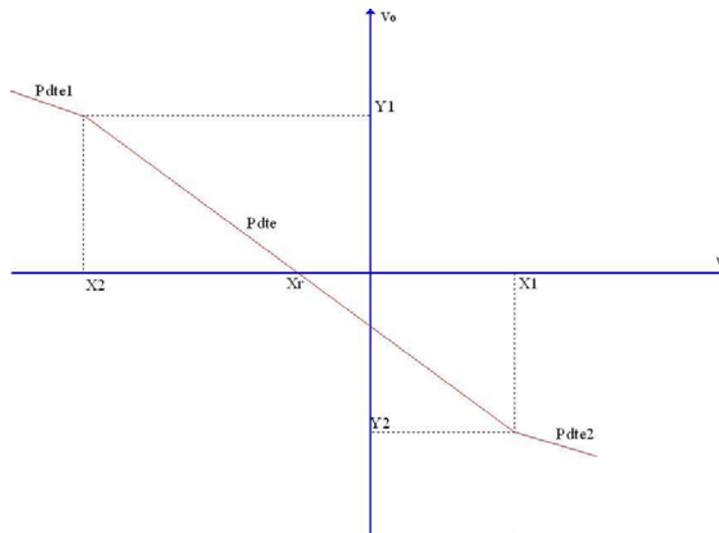


Figura 2.47 Característica de transferencia del Limitador Inversor con desplazamiento en X y $V_{refx} > 0$.

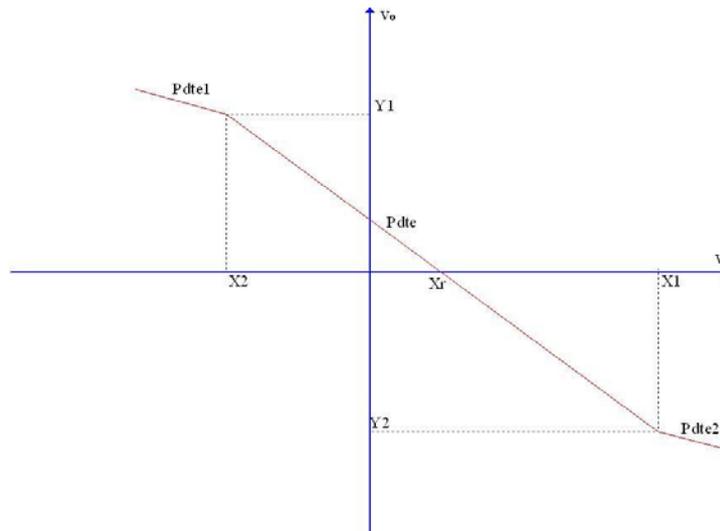


Figura 2.48 Característica de transferencia del Limitador Inversor con desplazamiento en X y $V_{ref} < 0$.

- Limitador inversor con diodos No ideales.

Los cálculos son los mismos que los que se han realizado para el comparador inversor con diodos ideales, sólo que ahora se tendrá que introducir la tensión de los diodos. Los resultados obtenidos al introducir estas tensiones y manteniendo las suposiciones anteriores son los siguientes:

- Si D1 OFF y D2 OFF $\Rightarrow V_O = -\frac{R_f}{R_A} V_i$ (1)

- Si D1 ON y D2 OFF $\Rightarrow V_A = \frac{V_{ref} R_2 + V_O R_1}{R_1 + R_2} = -V_{\gamma 1} \Rightarrow$

$\Rightarrow V_O = -V_{\gamma 1} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) - V_{ref} \frac{R_2}{R_1}$ (2), donde $V_{\gamma 1}$ es la tensión del diodo D1.

- Si D1 OFF y D2 ON $\Rightarrow V_B = \frac{-V_{ref} R_3 + V_O R_4}{R_3 + R_4} = V_{\gamma 2} \Rightarrow$

$\Rightarrow V_O = -V_{\gamma 2} \left(1 + \frac{R_3}{R_4} \right) - V_{ref} \frac{R_3}{R_4}$ (3), donde $V_{\gamma 2}$ es la tensión del diodo D2.

La característica de transferencia queda del mismo modo que con los diodos ideales, sólo que ahora los puntos más significativos de la misma son distintos debido a la tensión introducida por los diodos.

Los puntos más significativos son:

$$Y1 = -V_{\gamma 2} \left(1 + \frac{R3}{R4} \right) - V_{ref} \frac{R3}{R4}; \quad Y2 = -V_{\gamma 1} \left(1 + \frac{R2}{R1} \right) - V_{ref} \frac{R2}{R1}$$

Si se igualan las expresiones (1) y (3), y se despeja V_i , se obtiene el punto X2.

$$X2 = -\frac{RA}{Rf} \left(-V_{\gamma 2} \left(1 + \frac{R3}{R4} \right) - V_{ref} \frac{R3}{R4} \right)$$

Si se igualan las expresiones (1) y (2), y se despeja V_i , se obtiene el punto X1.

$$X1 = -\frac{RA}{Rf} \left(-V_{\gamma 1} \left(1 + \frac{R2}{R1} \right) - V_{ref} \frac{R2}{R1} \right)$$

El resultado de introducir una nueva tensión para desplazar la característica de transferencia en el eje X produce el mismo efecto que con los diodos ideales. Los cálculos son análogos a los realizados anteriormente introduciendo el efecto de las tensiones en los diodos.

2.5.2 Limitador no inversor.

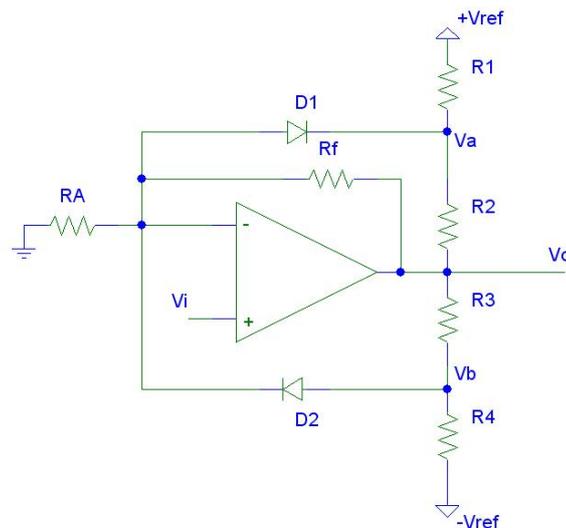


Figura 2.49 Limitador No Inversor.

Sólo se ha considerado el caso del limitador no inversor con diodos ideales. El circuito para dicho caso es el que se muestra en la Figura 2.49.

-Si D1 OFF y D2 OFF

El circuito queda como el mostrado en la Figura 2.50.

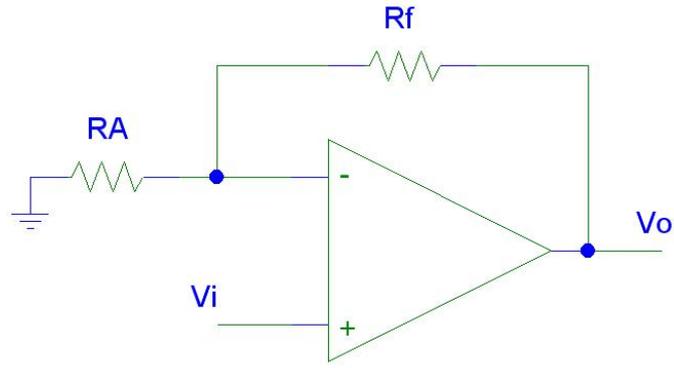


Figura 2.50 Limitador No Inversor con D1 OFF y D2 OFF.

Donde $V_o = \left(1 + \frac{R_f}{R_A}\right) V_i$ (1)

- Si D1 ON y D2 OFF

El circuito queda como el mostrado en la Figura 2.51.

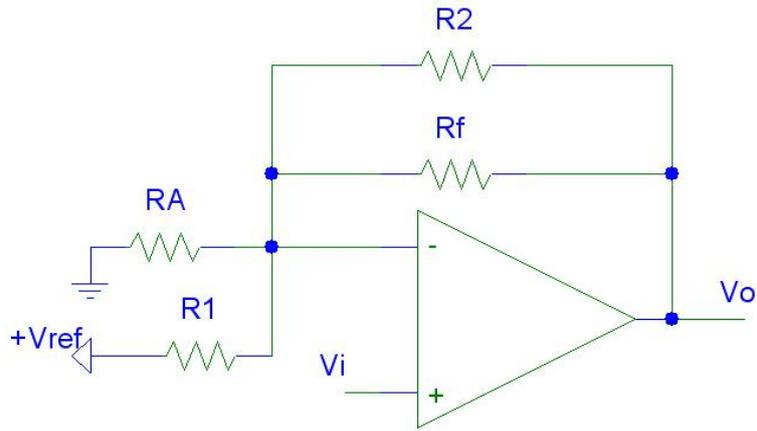


Figura 2.51 Limitador No Inversor con D1 ON y D2 OFF.

Donde, $V_o = \left(1 + \frac{R_f // R_2}{R_A // R_1}\right) V_i - \frac{R_f // R_2}{R_1} V_{ref}$ (2)

- Si D1 OFF y D2 ON

El circuito queda como el mostrado en la Figura 2.52.

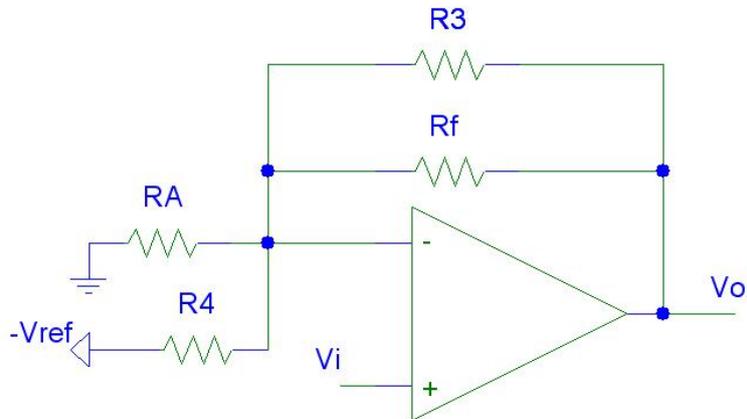


Figura 2.52 Limitador No Inversor con D1 OFF y D2 ON.

Donde,
$$V_o = \left(1 + \frac{R_f // R3}{RA // R4}\right) V_i + \frac{R_f // R3}{R4} V_{ref} \quad (3)$$

Con estos resultados la característica de transferencia queda como la mostrada en la Figura 2.53.

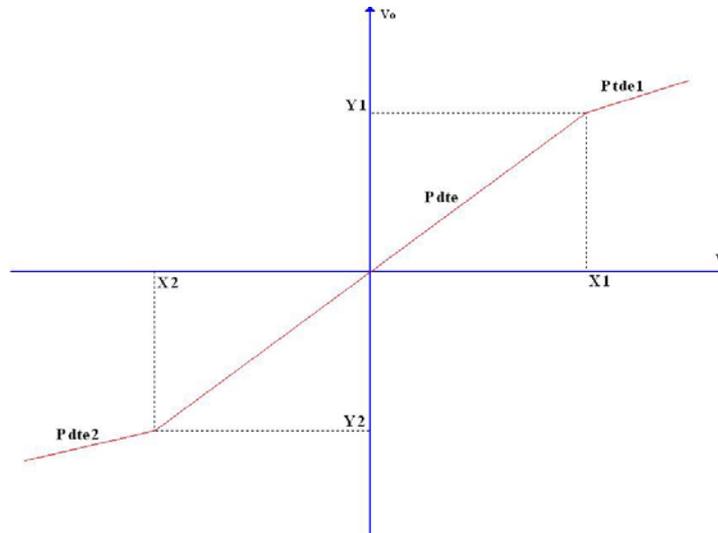


Figura 2.53 Característica de transferencia del Limitador No Inversor.

En la que los puntos más significativos son:

$$Y1 = \frac{R_f // R3}{R4} V_{ref} \quad ; \quad Y2 = -\frac{R_f // R2}{R1} V_{ref}$$

Si se igualan las expresiones (1) y (2), y se despeja Vi, se obtiene el punto X2.

$$X2 = \left(\left(1 + \frac{R_f // R2}{RA // R1}\right) V_i - \frac{R_f // R2}{R1} V_{ref} \right) / \left(1 + \frac{R_f}{RA}\right)$$

Si se igualan las expresiones (1) y (3), y se despeja Vi, se obtiene el punto X1.

$$X1 = \left(\left(1 + \frac{R_f // R3}{RA // R4}\right) V_i + \frac{R_f // R3}{R4} V_{ref} \right) / \left(1 + \frac{R_f}{RA}\right)$$

Las pendientes serán:

$$P_{dte} = 1 + \frac{R_f}{RA} \quad ; \quad P_{dte1} = 1 + \frac{R_f // R3}{RA // R4} \quad ; \quad P_{dte2} = 1 + \frac{R_f // R2}{RA // R1}$$

Para este circuito no se ha considerado el caso de tener desplazamiento en el eje X.

Capítulo 3: Descripción de la herramienta.

3.1 Visión general.

Como ya se dijo en la Introducción, la herramienta consta de un sitio Web que contiene un *applet* global. Dentro de este *applet* está cada uno de los *applets* realizados para cada uno de los circuitos vistos en el Capítulo 2.

El sitio Web ha sido creado con la mayor claridad posible, de manera que pueda ser usado fácilmente por cualquier usuario.

3.2 Interfaz de usuario.

En la Figura 3.1 se puede ver el resultado del *applet* global una vez ejecutado. El circuito Rectificador de media onda será el que aparezca de inicio al ejecutarse el *applet*.

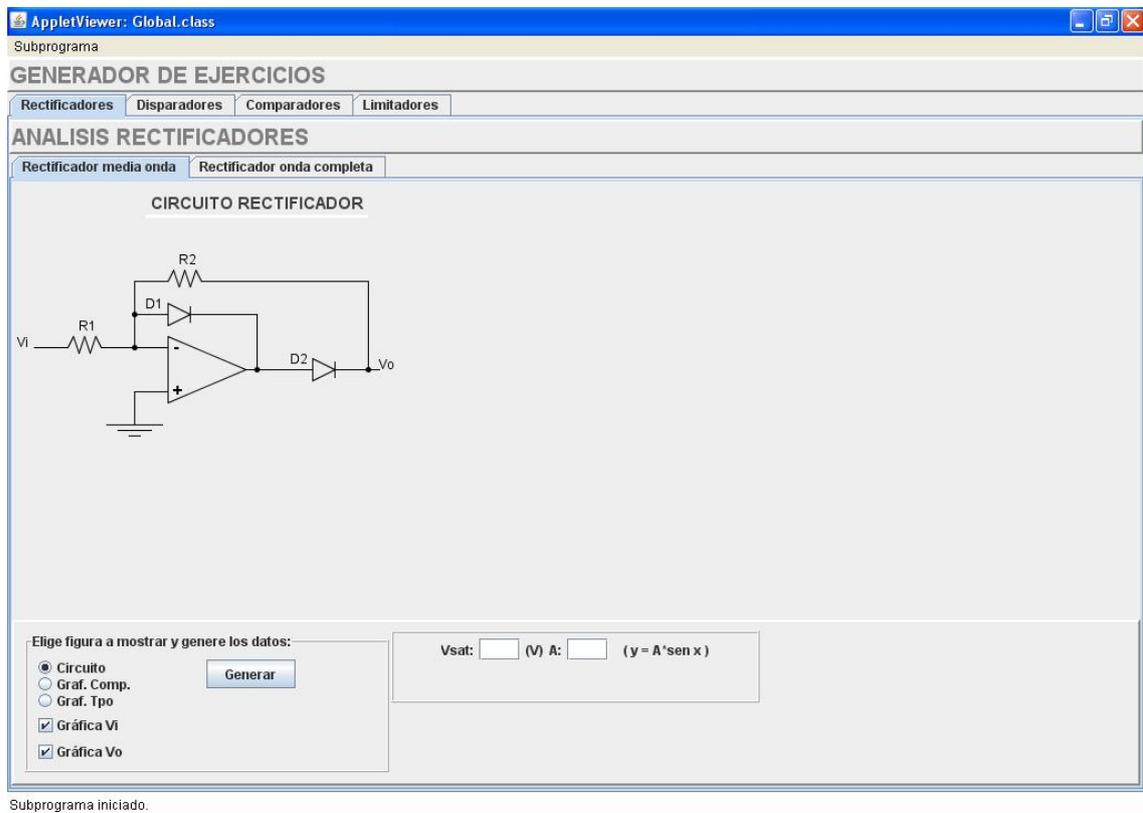


Figura 3.1 Resultado de ejecutar el *applet* global.

A continuación se verá su funcionamiento de forma general:

Como se puede apreciar, se dispone de una serie de pestañas, de las que cada una corresponde a uno de los circuitos. Al pulsar sobre las pestañas aparece en la pantalla el caso práctico correspondiente al circuito seleccionado (Marcado con (1) en la Figura 3.2), donde a modo de ejemplo se ha seleccionado el circuito Comparador Inversor. Una vez se esté ante el circuito deseado se marca la figura que quiera que se muestre, por defecto esta seleccionado el circuito (Marcado con (2) en la Figura 3.2), este circuito puede cambiar al generarse el ejercicio, para mostrar el circuito correspondiente en función de los datos generados de forma aleatoria. Esta figura se mostrará en la parte izquierda y la derecha quedará reservada para la solución del ejercicio.

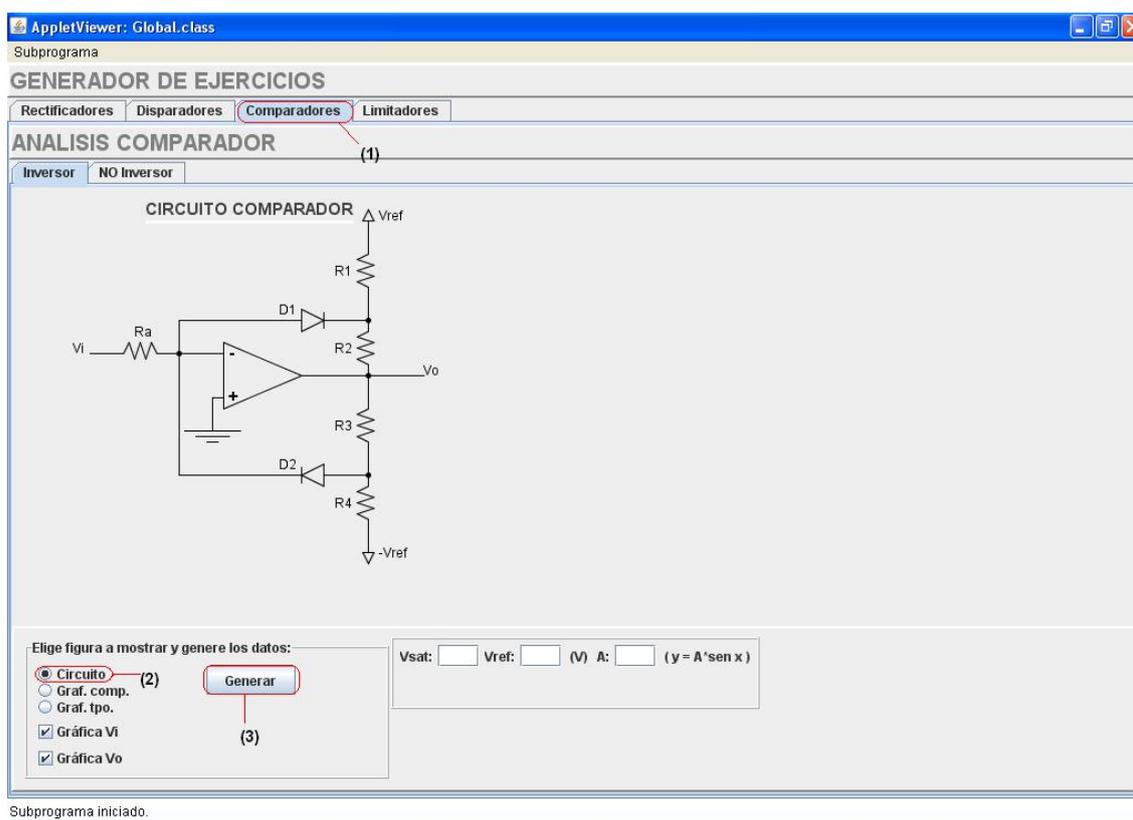


Figura 3.2 Selección de la pestaña del circuito Comparador.

Cuando se tenga seleccionada la figura que el usuario quiere ver para la realización del ejercicio, se pulsará el botón “Generar” (Marcado con (3) en la Figura 3.2) para obtener los datos, que son totalmente aleatorios, con los que el

usuario deberá resolver el ejercicio. El botón “Generar” pasará a llamarse “Solución” una vez pulsado en la generación de los datos.

En la Figura 3.3 se muestra un ejercicio con los valores generados.

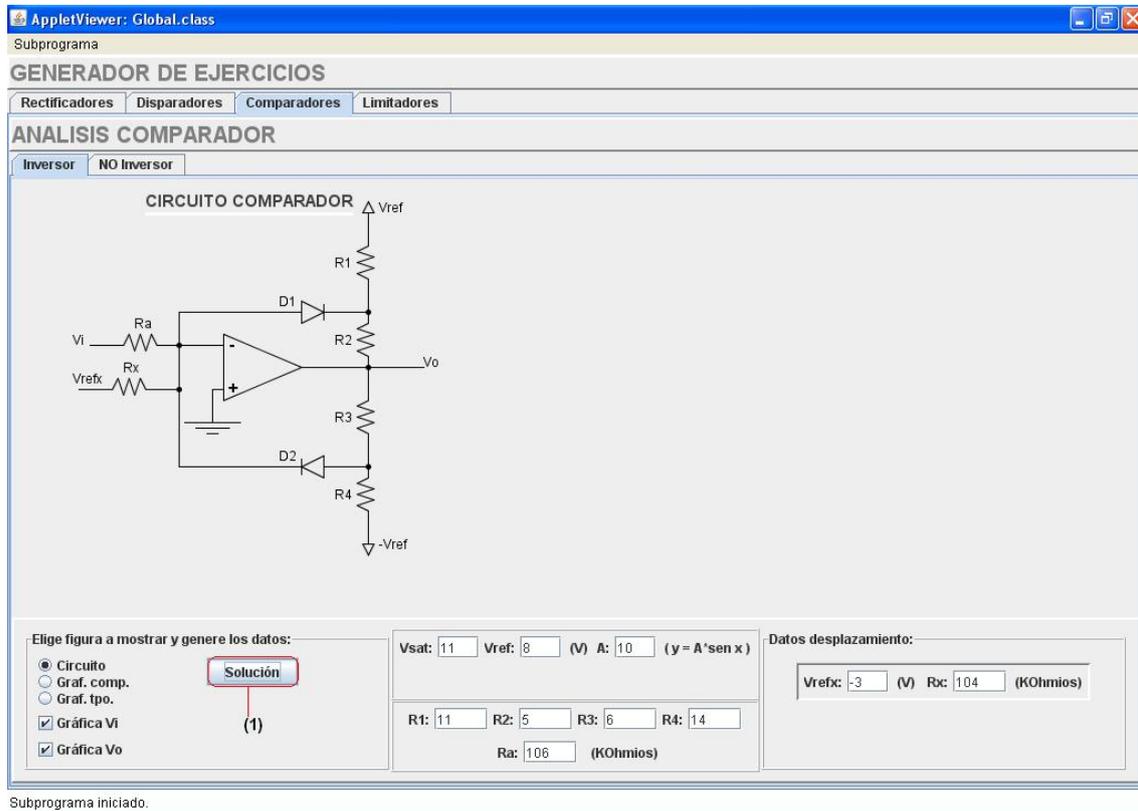


Figura 3.3 Resultado de pulsar el botón “Generar”.

Cuando el alumno haya resuelto el ejercicio se pulsará el botón “Solución” (Marcado con (1) en la Figura 3.3) con lo que se obtendrá el resultado. La solución será mostrada en un panel en la parte derecha como antes se ha mencionado, este panel esta compuesto por dos pestañas. Cada una de estas pestañas contendrá una de las figuras no seleccionadas en el momento de generar el ejercicio, y por supuesto los resultados numéricos. Al pulsar el botón para obtener la solución del ejercicio el botón volverá a llamarse “Generar” y el *applet* estará preparado para la generación de un nuevo ejercicio, en el que la figura de partida para la realización del nuevo ejercicio será la seleccionada en el ejercicio previo u otra si se selecciona una opción distinta antes de pulsar el botón “Generar” (Figura 3.4).

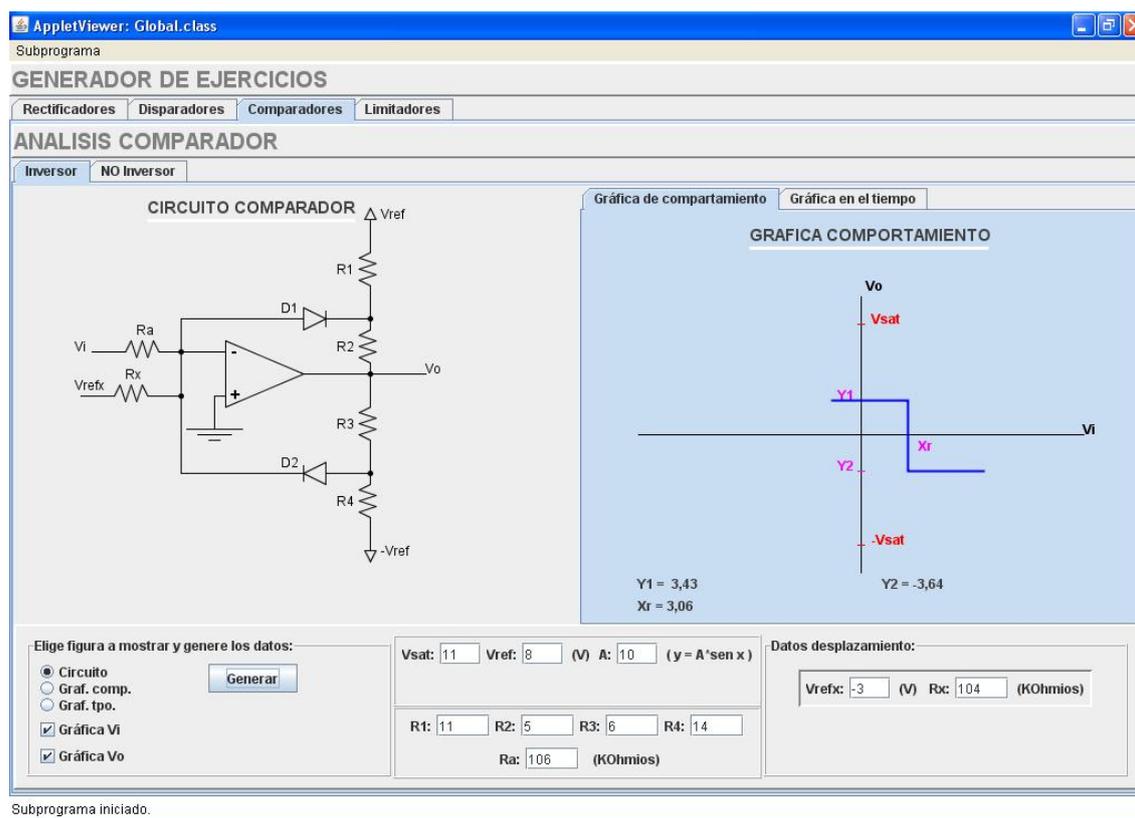


Figura 3.4 Resultado de pulsar el botón “Solución”.

Si se selecciona la pestaña “Gráfica en el tiempo” como figura sobre la que realizar el ejercicio o una vez obtenida ésta como parte de la solución, tenemos la opción de visualizar sólo la señal a la salida o sólo la señal a la entrada o ambas a la vez, marcando la casilla (Marcado con (1) en la Figura 3.5) correspondiente a la señal que deseamos ver.

En la Figura 3.5 se puede observar la pestaña de la solución correspondiente a la “Gráfica en el tiempo”, que es la parte de la solución que no se muestra en la Figura 3.4. En la Figura 3.4 lo que se muestra es la parte de la solución correspondiente a la “Gráfica de comportamiento”.

Donde se pueden apreciar los valores más significativos de la gráfica de comportamiento de la señal de salida en función de la señal de entrada. El significado de cada uno de estos valores se explica más adelante.

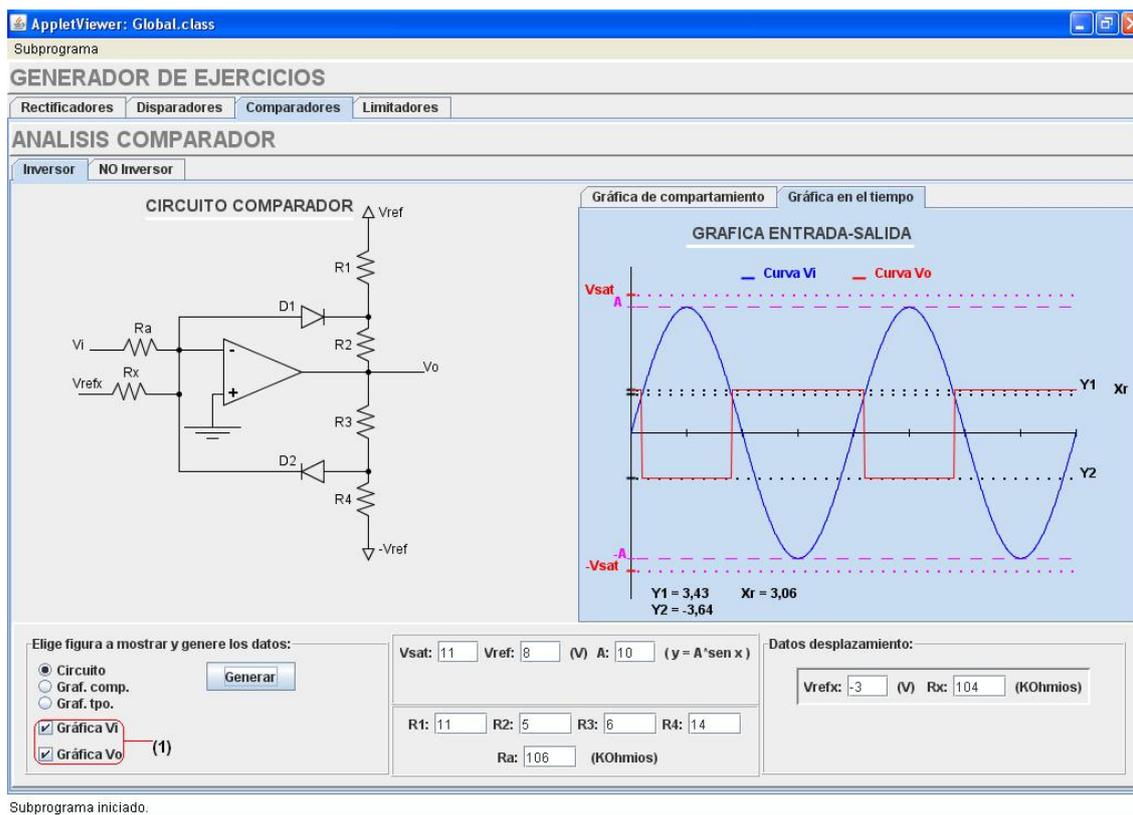


Figura 3.5 Vemos la segunda pestaña de la solución.

El funcionamiento es el mismo para todos los circuitos, excepto para los Rectificadores de onda completa y los Limitadores no inversores, en los que no habrá opción de seleccionar la figura, ya que en la herramienta Web sólo se ha contemplado una opción de funcionamiento para dichos circuitos. Por lo que se mostrará de inicio en ambos caso el circuito y la solución estará formada por la gráfica de comportamiento y la gráfica en el tiempo.

De forma general para cada uno de los circuitos disponibles se vera a continuación los datos que se proporcionan para la realización del ejercicio en función de la figura seleccionada y los datos una vez obtenida la solución del ejercicio.

- Rectificadores.
 - Rectificador de media onda.

Dentro de esta pestaña se pueden dar ejercicios pertenecientes al Caso1 o al Caso 2 de los rectificadores de media onda.

Los datos que se muestran para la realización del ejercicio junto a la figura del circuito son:

Tensiones:

- V_{sat} → Amplitud de la tensión de saturación.
- A → Amplitud de la tensión de entrada.
- V_{refx} → Tensión de desplazamiento en el eje X, si hay desplazamiento en dicho eje.
- V_{refy} → Tensión de desplazamiento en el eje Y, si hay desplazamiento en dicho eje.

Resistencias (en $K\Omega$):

- $R1$ y $R2$.
- R_{nx} → Si hay desplazamiento en el eje X.
- R_{ny} , $R21$ y $R22$ → Si hay desplazamiento en el eje Y:

Los datos que se muestran para la realización del ejercicio junto a la figura de gráfica de comportamiento de la tensión de salida en función de la tensión de entrada son:

- V_{sat} → Amplitud de la tensión de saturación.
- A → Amplitud de la tensión de entrada.
- P_{dte} → Pendiente de la curva de característica.
- X_s → Tensión de entrada para la cuál la curva de característica alcanza la V_{sat} .
- X_r → Valor del desplazamiento producido en el eje X, si hay desplazamiento en dicho eje.
- Y_r → Valor del desplazamiento producido en el eje Y, si hay desplazamiento en dicho eje.

Los datos que se muestran para la realización del ejercicio junto a la figura de la gráfica de la salida en función del tiempo son:

- V_{sat} → Amplitud de la tensión de saturación.
- A → Amplitud de la tensión de entrada.
- MAX → Tensión de pico máxima de la señal de salida en función del tiempo.
- MIN → Tensión de pico mínima de la señal de salida en función del tiempo.

- X_r → Valor del desplazamiento producido en el eje X, si hay desplazamiento en dicho eje.
- Y_r → Valor del desplazamiento producido en el eje Y, si hay desplazamiento en dicho eje.

Una vez que el usuario considere completo su análisis obtendrá los datos restantes, los que no se le mostraban con la figura que seleccionó de partida, al pulsar el botón “Solución.”

- Rectificador de onda completa.

Dentro de esta pestaña sólo se ha considerado un tipo de circuito, por lo que el usuario no podrá seleccionar la figura a mostrar, esta será por defecto el circuito.

Los datos que se tendrán de partida junto al circuito son:

Tensiones:

- V_{sat} → Amplitud de la tensión de saturación.
- A → Amplitud de la tensión de entrada.

Resistencias (en $K\Omega$):

- R_A , R_{A1} , R_{A2} , R_F y R_{F1} .

Los datos de la solución son los siguientes:

- Los datos de la solución de la gráfica de comportamiento de la señal de salida en función de la señal de entrada son:

- $pdte1$ → Pendiente negativa de la curva de característica.
- $pdte2$ → Pendiente positiva de la curva de característica.
- X_{s1} → Tensión de entrada para la cuál la pendiente negativa alcanza la tensión de saturación.
- X_{s2} → Tensión de entrada para la cuál la pendiente positiva alcanza la tensión de saturación.

- Los datos de la solución de la gráfica de la salida en función del tiempo son:

- MAX → Tensión de pico máxima de la señal de salida en función del tiempo.
- MIN → Tensión de pico mínima de la señal de salida en función del tiempo.

- Disparadores de Schmitt.

Dentro de esta pestaña al generar un ejercicio, el usuario se puede encontrar ante un disparador Schmitt inversor o un disparador Schmitt no inversor.

Los datos que se muestran para la realización del ejercicio junto a la figura del circuito son:

Tensiones:

- V_{sat} → Amplitud de la tensión de saturación.
- A → Amplitud de la tensión de entrada.
- V_{refx} → Tensión de desplazamiento en el eje X, si hay desplazamiento en dicho eje.

Resistencias (en $K\Omega$):

- R_1 y R_2 .

Los datos que se muestran para la realización del ejercicio junto a la figura de gráfica de comportamiento de la tensión de salida en función de la tensión de entrada son:

- V_{sat} → Amplitud de la tensión de saturación.
- A → Amplitud de la tensión de entrada.
- X_a → Tensión de entrada para la cuál la curva de característica pasa de positiva a negativa en el disparador Schmitt no inversor, para el caso inversor sería al contrario.
- X_b → Tensión de entrada para la cuál la curva de característica pasa de negativa a positiva en el disparador Schmitt no inversor, para el caso inversor sería al contrario.
- X_i → Valor del desplazamiento producido en el eje X, si hay desplazamiento en dicho eje.

Los datos que se muestran para la realización del ejercicio junto a la figura de gráfica de la salida en función del tiempo son:

- X_a → Tensión de entrada para la cuál la señal de salida en función del tiempo va hacia $-V_{sat}$ en el disparador Schmitt no inversor, para el caso inversor sería al contrario.
- X_b → Tensión de entrada para la cuál la señal de salida en función del tiempo va hacia $+V_{sat}$ en el disparador Schmitt no inversor, para el caso inversor sería al contrario.

Una vez que el usuario considere completo su análisis obtendrá los datos restantes, los que no se le mostraban con la figura que seleccionó de partida, al pulsar el botón “Solución.”

- Comparadores.

- Comparador inversor.

Dentro de esta pestaña se pueden dar ejercicios de comparadores inversores con diodos ideales o con diodos no ideales.

Los datos que se muestran para la realización del ejercicio junto a la figura del circuito son:

Tensiones:

- V_{sat} → Amplitud de la tensión de saturación.
- A → Amplitud de la tensión de entrada.
- V_{ref} → Tensión de referencia.
- V_g → Tensión de los diodos, si los diodos son no ideales.
- V_{refx} → Tensión de desplazamiento en el eje X, si se hay desplazamiento en dicho eje.

Resistencias (en $K\Omega$):

- R_1 , R_2 , R_3 , R_4 y R_a . En el caso del comparador con diodos no ideales R_a sólo se tiene si hay desplazamiento en X.
- R_{nx} . Si se produce desplazamiento en el eje X.

Los datos que se muestran para la realización del ejercicio junto a la figura de gráfica de comportamiento de la tensión de salida en función de la tensión de entrada son:

- V_{sat} → Amplitud de la tensión de saturación.
- A → Amplitud de la tensión de entrada.
- V_{ref} → Tensión de referencia.
- Y_1 → Tensión máxima de la señal de salida.
- Y_2 → Tensión mínima de la señal de salida.
- V_g → Tensión de los diodos, si los diodos son no ideales.
- X_r → Valor del desplazamiento producido en el eje X, se hay desplazamiento en dicho eje.

Los datos que se muestran para la realización del ejercicio junto a la figura de gráfica de la salida en función del tiempo son los mismos que los

mostrados en la gráfica de comportamiento de la señal de salida en función de la señal de entrada.

Una vez que el usuario considere completo su análisis obtendrá los datos restantes, los que no se le mostraban con la figura que seleccionó de partida, al pulsar el botón “Solución.”

- Comparador no inversor.

Dentro de esta pestaña sólo se ha considerado un tipo de circuito, que es el comparador inversor con diodos ideales, pero este podrá o no tener desplazamiento.

Los datos que se tendrán de partida junto al circuito son:

Tensiones:

- V_{sat} → Amplitud de la tensión de saturación.
- A → Amplitud de la tensión de entrada.
- V_{ref} → Tensión de referencia.
- V_{refx} → Tensión de desplazamiento en el eje X, si se hay desplazamiento en dicho eje.

Resistencias (en $K\Omega$):

- R_1 , R_2 , R_3 , R_4 y R_A .

Los datos que se muestran para la realización del ejercicio junto a la figura de gráfica de comportamiento de la tensión de salida en función de la tensión de entrada son:

- V_{sat} → Amplitud de la tensión de saturación.
- A → Amplitud de la tensión de entrada.
- V_{ref} → Tensión de referencia.
- Y_1 → Tensión máxima de la señal de salida.
- Y_2 → Tensión mínima de la señal de salida.
- $pdte1$ y $pdte2$.
- X_r → Valor del desplazamiento producido en el eje X, si hay desplazamiento en dicho eje.

Los datos que se muestran para la realización del ejercicio junto a la figura de gráfica de la salida en función del tiempo son:

- MAX → Tensión de pico máxima de la señal de salida en función del tiempo.
- MIN → Tensión de pico mínima de la señal de salida en función del tiempo.
- Xr → Valor del desplazamiento producido en el eje X, si hay desplazamiento en dicho eje.

Una vez que el usuario considere completo su análisis obtendrá los datos restantes, los que no se le mostraban con la figura que seleccionó de partida, al pulsar el botón “Solución.”

- Limitadores.

- Limitador inversor.

Dentro de esta pestaña se pueden dar ejercicios de limitadores inversores con diodos ideales o con diodos no ideales.

Los datos que se muestran para la realización del ejercicio junto a la figura del circuito son:

Tensiones:

- V_{sat} → Amplitud de la tensión de saturación.
- A → Amplitud de la tensión de entrada.
- V_{ref} → Tensión de referencia.
- V_g → Tensión de los diodos, si los diodos son no ideales.
- V_{refx} → Tensión de desplazamiento en el eje X, si hay desplazamiento en dicho eje.

Resistencias (en KΩ):

- R1, R2, R3, R4, Rf y Ra.
- Rx. Si hay desplazamiento en el eje X.

Los datos que se muestran para la realización del ejercicio junto a la figura de gráfica de comportamiento de la tensión de salida en función de la tensión de entrada son:

- V_{sat} → Amplitud de la tensión de saturación.
- A → Amplitud de la tensión de entrada.
- V_{ref} → Tensión de referencia.
- Pdte → Pendiente de la curva de característica.

- Y1 → Tensión máxima de la señal de salida.
- Y2 → Tensión mínima de la señal de salida.
- X1 → Tensión de entrada para la cuál la pendiente alcanza el valor de Y1.
- X2 → Tensión de entrada para la cuál la pendiente alcanza el valor de Y2.
- Vg → Tensión de los diodos, si los diodos son no ideales.
- Xr → Valor del desplazamiento producido en el eje X, si hay desplazamiento en dicho eje.

Los datos que se muestran para la realización del ejercicio junto a la figura de gráfica de la salida en función del tiempo son:

- Vsat → Amplitud de la tensión de saturación.
- A → Amplitud de la tensión de entrada.
- V_{ref} → Tensión de referencia.
- Y1 → Tensión máxima de la señal de salida.
- Y2 → Tensión mínima de la señal de salida.
- Vg → Tensión de los diodos, si los diodos son no ideales.
- Xr → Valor del desplazamiento producido en el eje X, si hay desplazamiento en dicho eje.

Una vez que el usuario considere completo su análisis obtendrá los datos restantes, los que no se le mostraban con la figura que seleccionó de partida, al pulsar el botón “Solución.”

- Limitador no inversor.

Dentro de esta pestaña sólo se ha considerado un tipo de circuito, por lo que el usuario no podrá seleccionar la figura a mostrar, esta será por defecto el circuito. El circuito es el limitador no inversor con diodos ideales.

Los datos que se tendrán de partida junto al circuito son:

Tensiones:

- Vsat → Amplitud de la tensión de saturación.
- A → Amplitud de la tensión de entrada.
- V_{ref} → Tensión de referencia.

Resistencias (en K Ω):

- R1, R2, R3, R4, Rf y Ra.

Los datos de la solución son los siguientes:

- Los datos de la solución de la gráfica de comportamiento de la señal de salida en función de la señal de entrada son:

- Pdte, Pdte1 y Pdte2.
- Y1, Y2.
- X1, X2.

- Los datos de la solución de la gráfica de la salida en función del tiempo son:

- MAX → Tensión de pico máxima de la señal de salida en función del tiempo.
- MIN → Tensión de pico mínima de la señal de salida en función del tiempo.

3.3 Detalles de la implementación.

3.3.1 ¿Qué es Java?

SUN caracteriza Java diciendo que es simple, orientado a objetos, distribuido, interpretado, robusto, seguro, independiente de las arquitecturas hardware, portable, multitarea y dinámico. En el siguiente punto se explicará brevemente cada una de estas características.

Aparte de estas características, que describen bastante bien el lenguaje de programación Java y hacen de él una herramienta realmente potente, Java presenta muchas características que lo diferencian de lenguajes similares como C++, empezando por las posibilidades de ejecución.

Básicamente un programa en Java puede ejecutarse como:

- Stand Alone: Aplicación independiente.
- *Applet*: Una aplicación especial que se ejecuta en el navegador del cliente.

La aplicación Java que se ha llevado a cabo en este proyecto, está constituida por un sitio *Web* que contiene un *applet* que a su vez engloba los distintos *applets* creados para cada circuito. A lo largo del siguiente capítulo se describirá el contenido y funcionamiento de la aplicación, así como de cada uno de estos *applets*.

- Servlet: Una aplicación especial sin Interfaz que se ejecuta en un servidor.

Un proyecto realizado en Java nunca parte de cero, ya que este lenguaje ya parte con un gran número de clases implementadas, incluidas de manera gratuita en su entorno de desarrollo. Estas clases realizan un gran número de tareas que permiten al desarrollador centrarse en las características principales de su propio proyecto, sin tener que preocuparse por la implementación de estas clases.

Sun distribuye gratuitamente desde su página web, al entorno de desarrollo Java se llama con alguna de las siguientes siglas: JDK, SDK o J2SE. Este paquete incluye el API de Java, que son las clases que ya vienen implementadas. También incluye el compilador de Java y lo que permite a Java funcionar en cualquier equipo: el JRE (Java Runtime Environment).

El JRE hace funcionar programas Java en cualquier ordenador, introduciendo algunos elementos necesarios para su correcto funcionamiento. El elemento principal que se instala es la Máquina Virtual de Java y los plugins necesarios para el/los navegador/es instalados en nuestro sistema. El JRE también se puede descargar independientemente del entorno de desarrollo, pues se distribuye en un paquete llamado J2RE.

¿Y que es la Máquina Virtual de Java? Java está pensado para ser independiente de la arquitectura sobre la que funcione y la manera que tiene Java para conseguirlo es a través de la emulación de una máquina software sobre la que funcionan los programas compilados con Java. Es decir, un programa compilado con Java no tiene código comprensible por ningún procesador, ese código solo lo entiende la Máquina virtual de Java y lo traduce a código que si pueda ser comprensible por el procesador sobre el que funciona y además lo puede hacer funcionar sobre el sistema operativo sobre el que está

instalada. Por tanto lo único dependiente del Hardware es la máquina virtual, pues tiene que conocer lo que tiene por debajo para llevar a cabo la traducción, pero los programas en java siempre pueden funcionar sobre una maquina virtual esté donde esté instalada.

3.3.2 Características de Java.

Lenguaje simple

La sintaxis de Java es similar a la del lenguaje C o C++, pero eliminan algunas características que los hacen complejos, confusos y poco seguros. Como por ejemplo: la imposibilidad de que el programador gestione los punteros, falta de herencia múltiple,... Además, Java dispone de un sistema llamado recogida de basura, que se ocupa de la destrucción automática de los objetos que ya no se utilizan, con el fin de liberar memoria. Java también permite el manejo de excepciones (errores de ejecución).

Orientado a objetos

Java es un lenguaje de programación orientado a objetos concebido sobre el modelo de otros lenguajes orientados a objetos (sobre todo C++), pero sin ninguno de sus defectos. Las ventajas de la programación orientada a objetos son: un mejor dominio de la complejidad, ya que divide un problema complejo en una serie de pequeños problemas, y una reutilización más simple así como mejores correcciones y evolución. Java está provisto de un conjunto de clases que permiten manipular todo tipo de objetos.

Distribuido

Java se distribuye con los protocolos de acceso a la red, como TCP/IP, UDP, HTTP o FTP. Esto permite realizar desarrollos en arquitectura cliente/servidor, para acceder a los datos de una máquina remota. De este modo es posible llamar desde una aplicación a objetos situados en otras máquinas de la red.

Interpretado

Un programa Java no se ejecuta, es interpretado por la máquina virtual o JVM (Java Virtual Machine), lo que hace que sea un poco más lento. Sin embargo, este hecho aporta ventajas, especialmente el no estar obligado a recompilar un programa Java para cambiarlo de sistema, siendo tan sólo necesario poseer la máquina virtual Java propia de cada uno de los sistemas.

Robusto

En Java el tipo de los es estricto, tanto en la compilación como en la ejecución. Además, la gestión de los punteros es realizada en su totalidad por Java, sin que el programador tenga medio alguno de acceder a ella, lo que evita la posibilidad de sobrescribir datos en memoria de forma inoportuna.

Seguro

El código es verificado en la compilación, y también por el intérprete en el momento de la ejecución, lo que permite evitar los “cuelgues” del sistema.

Independiente de las arquitecturas de hardware

El compilador de Java no produce ningún código específico para el tipo de entorno. De hecho, el compilador produce código Java que es independiente de la plataforma. Basta con disponer de la máquina virtual adecuada a la plataforma para poder ejecutar un programa Java.

Portable

Los tipos de datos primarios de Java tienen el mismo tamaño, sea cual sea la plataforma de desarrollo. Las bibliotecas de clases estándar de Java facilitan la escritura de código, que puede portarse fácilmente de una plataforma a otra sin adaptación alguna.

Potente

Si bien es cierto que un programa Java es interpretado, lo que hace que sea más lento que un ejecutable, Java incorpora un proceso de optimización de

la interpretación del código, llamado JIT (Just In Time) que permite obtener las mismas prestaciones de los programas escritos en lenguaje C++.

Multitarea

Java permite desarrollar aplicaciones que comporten la ejecución simultánea de varios threads (o procesos ligeros). Esto permite disminuir el tiempo de respuesta y aumentar la velocidad de las aplicaciones.

Dinámico

En Java, el programador no tiene que realizar la edición de los enlaces (tarea obligatoria en C++). Es, por tanto, posible realizar la modificación de una o varias clases sin tener que realizar una actualización de las modificaciones para el conjunto del programa. La verificación de la existencia de las clases se hace en el momento de la compilación, y la llamada del código de dichas clases se hace tan sólo en el momento de la ejecución del programa. Dicho procedimiento permite tener ejecutables que consumen poco memoria.

Produce *applets*

Java puede ser usado para crear dos tipos de programas: aplicaciones independientes y *applets*. Las aplicaciones independientes se comportan como cualquier otro programa escrito en cualquier lenguaje, como por ejemplo el navegador de Web HotJava, escrito íntegramente en Java. Por su parte, las *applets* son pequeños programas que aparecen embebidos en las páginas Web, como aparecen los gráficos o el texto, pero con la capacidad de ejecutar acciones muy complejas, como animar imágenes, establecer conexiones de red, presentar menús y cuadros de diálogo para luego emprender acciones, etc.

3.3.3 Proceso de ejecución de un applet por un explorador Web.

Un explorador Web compatible con Java, cuando se encuentra con una etiqueta `<APPLET>` dentro de un documento HTML, dará una serie de pasos:

1. El explorador reservará espacio en el documento para mostrar el *applet*. Se utilizarán los parámetros WIDTH y HEIGHT para determinar las dimensiones de dicho espacio.
2. El explorador leerá los parámetros que se encuentren dentro de las etiquetas <PARAM>.
3. Se inicia la Máquina Virtual de Java y se pide que cargue e inicie el parámetro. El *applet* accede a los nombres y valores que se encuentran dentro de las etiquetas <PARAM>.
4. La Máquina Virtual crea una copia del *applet* y la ejecuta. Para ello se basa en el contenido del archivo *class*.
5. El explorador llama al método *init* del *applet* para que éste se inicie por sí solo.
6. La Máquina Virtual llama al método *start* del *applet* en el momento en que está listo para iniciar el proceso. También llama al método *paint* para dibujar el *applet* dentro de la ventana del explorador.
7. Siempre que se tenga que volver a dibujar el *applet*, el explorador volverá a llamar al método *paint*.
8. El explorador llamará al método *stop* cuando el usuario acceda a otro documento HTML.
9. El explorador llamará al método *destroy* cuando quiera eliminar al *applet* de la memoria.

3.3.4 Detalles de la etiqueta <APPLET>.

Para el caso concreto de este tutorial, en ninguno de los *applets* ha sido necesario el uso de parámetros para iniciar los mismos. Por tal motivo no se ha usado la etiqueta <PARAM>.

Por otra parte, es preciso reseñar que en ciertos navegadores o sistemas la etiqueta *APPLET* no es reconocida o actúa de manera incorrecta, por lo que ha sido preciso utilizar otra que haga la misma función. Este problema se resuelve realizando una conversión de dichas etiquetas a una etiqueta de tipo OBJECT o EMBED. Dicha aplicación se denomina “HTML

Converter”, y una vez que se le pasa como parámetro una ruta, automáticamente busca en la misma toda página HTML que contenga la etiqueta *APPLET* sustituyéndola por una de tipo OBJECT o EMBED. Ambas etiquetas, dependiendo del tipo navegador que cargue el *applet*, se encarga de arrancar el plugin de JAVA en el navegador. Y en el caso de no existir el mismo, solicitar al usuario la instalación de la Máquina Virtual de Java.

Este tipo de etiquetas han sido diseñadas para funcionar en navegadores desarrollados para sistemas operativos como Windows (98, NT, XP, etc...), Linux y versiones de sistemas operativos Solaris. Los navegadores que actualmente soportan dichas etiquetas son Mozilla, Internet Explorer, Google Chrome, Opera o Safari.

Capítulo 4: *Funcionamiento de los applets.*

4.1 *El applet Rectificador.*

4.1.1 *Análisis general.*

El objetivo de este *applet* es proporcionar al alumno ejercicios sobre el rectificador de media onda y onda completa. En el mismo podemos distinguir dos pestañas principales y en cada una de ellas un tipo de rectificador. Los tipos de rectificadores son:

- *Rectificador media onda.*

Dentro de esta pestaña los ejercicios generados pueden pertenecer tanto al Caso 1 como al Caso 2 pertenecientes a los rectificadores de media onda (Figura 4.1). Por defecto se muestra de inicio el Caso 1.

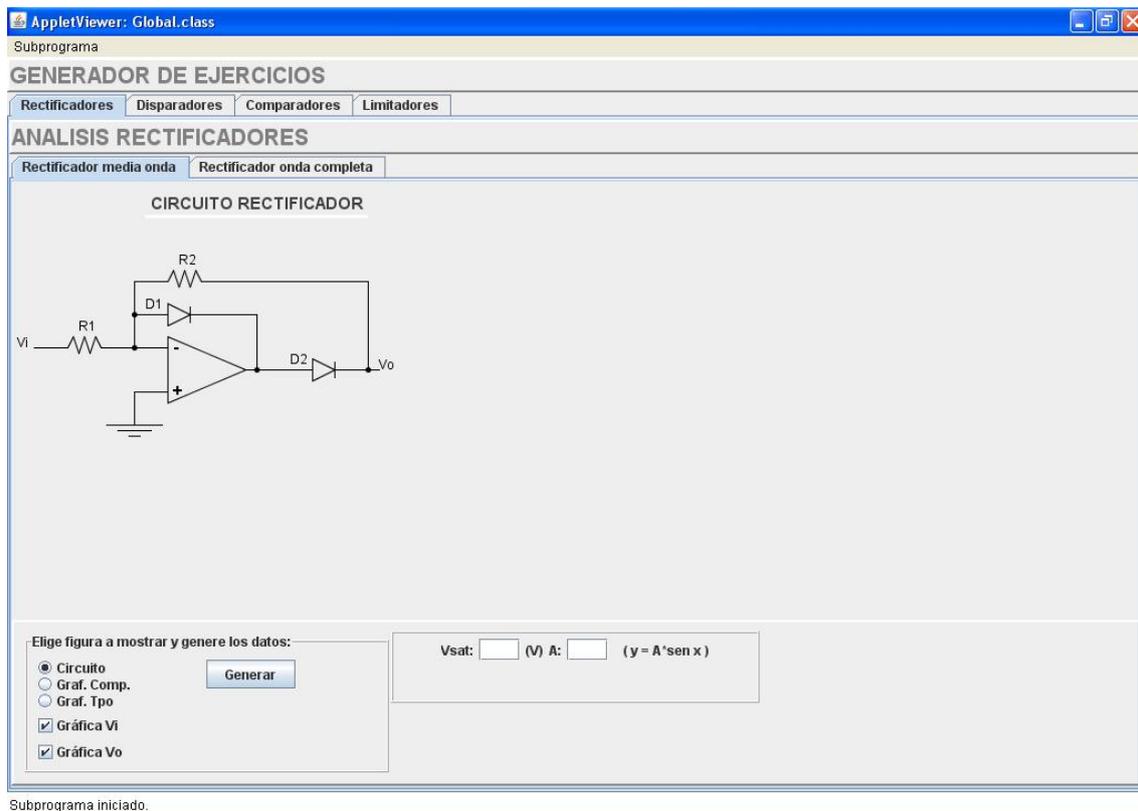


Figura 4.1 Interfaz del *applet* Rectificador. Pestaña Rectificador de media onda.

- *Rectificador onda completa.*

En esta pestaña solo se generan ejercicios del Caso 0. Y debido a que no se ha introducido desplazamiento al circuito, no se producen variaciones en el dibujo del circuito. Teniendo en cuenta esto, se deja la figura del circuito como parte fija y las gráficas como solución. Así que el alumno en esta pestaña no tendrá la opción de seleccionar la figura (Figura 4.2).

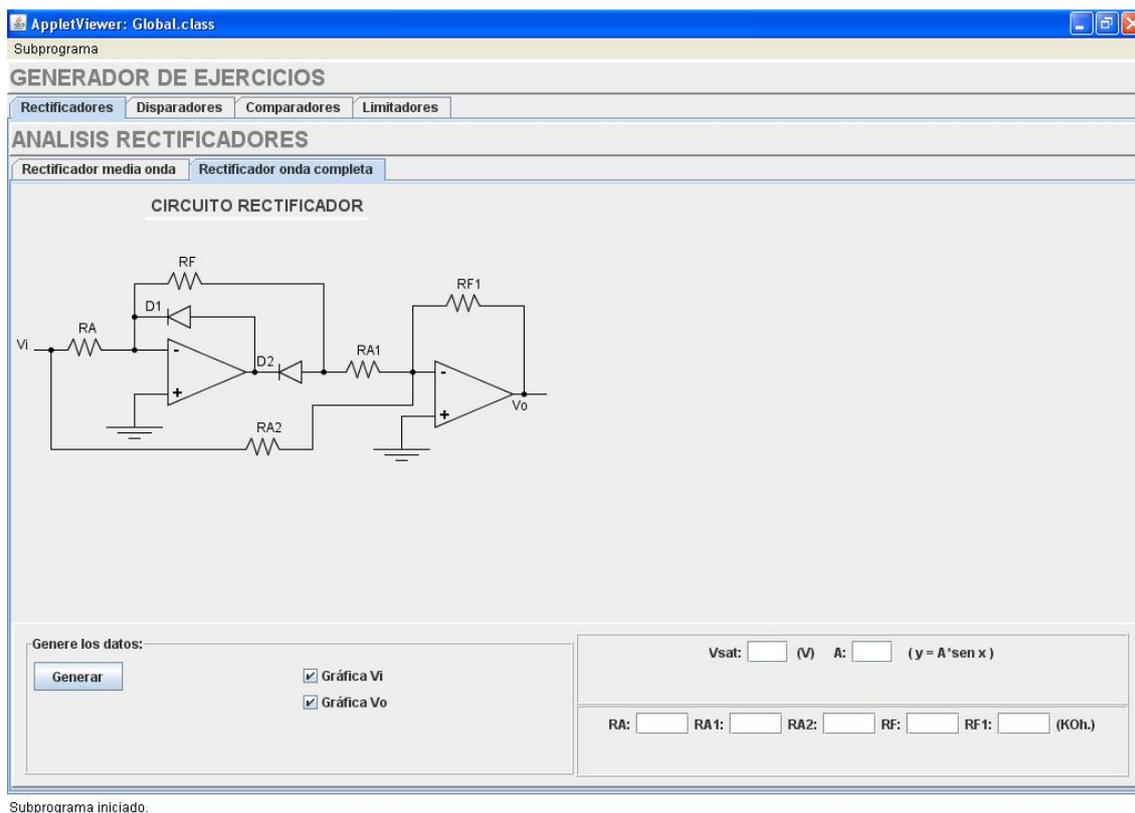


Figura 4.2 Interfaz del *applet* Rectificador. Pestaña Rectificador de onda completa.

El funcionamiento de cada pestaña es el mismo que el explicado en el Capítulo 3, apartado 3.1 Interfaz de usuario.

4.1.2 Detalles de la implementación.

En la Figura 4.3 se tiene el diagrama UML para este *applet*. Como se ha visto en el apartado anterior el *applet* consta de 2 pestañas, para las cuales se han creado dos clases para cada una. Estas clases serán las encargadas de realizar los dibujos, mostrar los resultados y los datos del ejercicio.

Hay una tercera clase, que se ha realizado de forma general para todos los *applets*, consiguiendo de esta forma reducir el tamaño de la aplicación. Esta clase es la encargada de almacenar los datos que se generan y las selecciones realizadas por el alumno. A esta clase se le ha dado el nombre de Datos. El resto de clases usadas en este *applet* son las siguientes:

- Rectificador Media Onda:
 - **AreaDibujoR**
 - **PControlC1**
- Rectificador Onda Completa:
 - **AreaDibujoROC**
 - **PControlOC0**

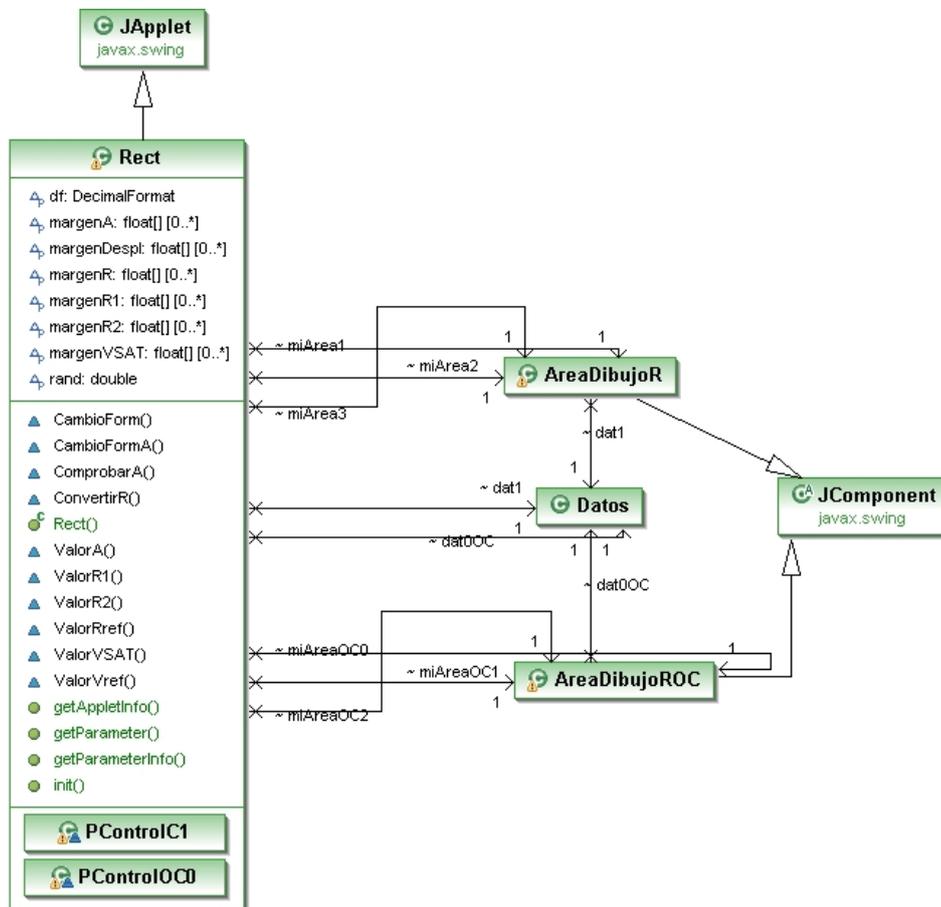


Figura 4.3 Diagrama UML de la clase Rect, correspondiente al *applet* Rectificador.

A continuación se explica el funcionamiento de las distintas clases usadas y se mostraran los principales diagramas UML.

- **Clase Datos :**

Esta clase se usa para almacenar todos los valores que se crean al generar un ejercicio y también los valores de las selecciones realizadas por el alumno. Se creará una instancia de dicha clase para cada caso.

Esta instancia será usada por las clases PControlC1 y PControlOC0 para almacenar los datos generados y los datos de los resultados, y por las clases AreaDibujor y AreaDibujorOC0 para hacer los cálculos y las figuras que correspondan. En la Figura 4.4 se muestra el diagrama UML para esta clase.

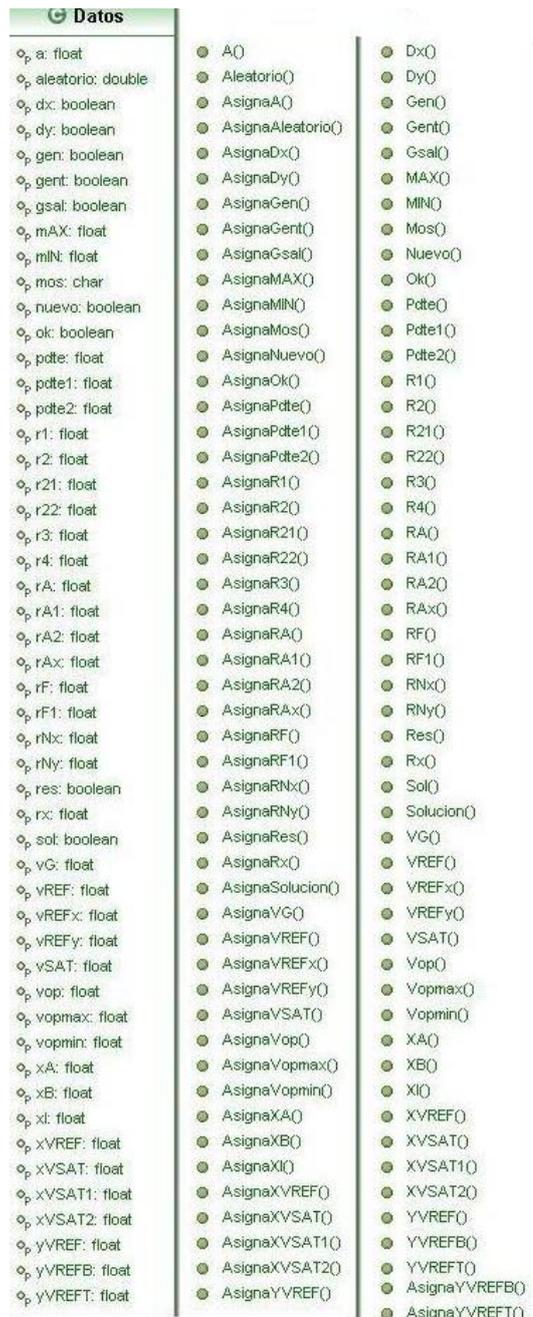


Figura 4.4 Diagrama UML de la clase Datos.

• **Clase AreaDibujor :**

Esta clase es la que realiza los dibujos de las distintas figuras en el caso del Rectificador de media onda. Dentro de esta clase se crea una instancia de la clase Datos que será la que proporcione los datos necesarios para obtener los resultados y poder hacer el dibujo correspondiente en cada caso. En la Figura 4.5 se puede ver el diagrama UML para dicha clase.

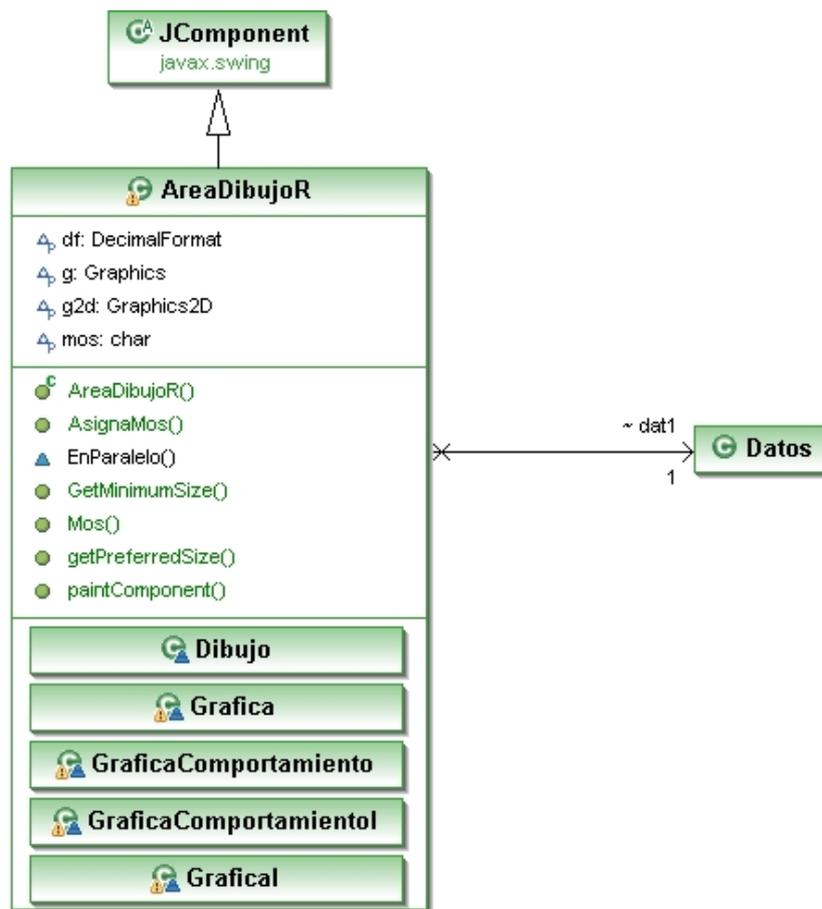


Figura 4.5 Diagrama UML de la clase AreaDibujorR.

Dentro de las clases que se ocupan de realizar los cálculos y dibujos se tiene una serie de subclasses que son las encargadas de realizar el dibujo que corresponda. Estas subclasses son: Dibujo, GraficaComportamiento, Grafica, GraficaComportamientol y Grafical.

A continuación se comentará de manera genérica las funciones de las subclasses que se encuentran dentro de la clase AreaDibujorR y de la clase AreaDibujorROC.

- Clase Dibujo:

La clase Dibujo es usada por las clases AreaDibujoR y AreaDibujoROC. Cada una de ellas tiene una clase Dibujo propia. Esta clase es la encargada de representar el esquema del circuito rectificador que corresponda. Usa métodos contenidos en la clase AreaDibujo que corresponda, que permiten el dibujo de los distintos componentes que forman el circuito rectificador (resistencias, diodos, etc).

- Clases GraficaComportamiento y GraficaComportamientol:

La clase GraficaComportamiento es usada por las clases AreaDibujoR y AreaDibujoROC. Cada clase dispone de una subclase GraficaComportamiento propia, que se usará para dibujar gráficamente el comportamiento del rectificador. Si se esta dentro de la pestaña "*Rectificador media onda*", esta subclase dibujará el comportamiento del rectificador de media onda para el Caso 1 y si se esta en la pestaña "*Rectificador onda completa*" representará la gráfica de comportamiento para el circuito rectificador de onda completa para el Caso 0, que es el que se ha contemplado en la realización de esta herramienta.

La clase GraficaComportamientol es subclase únicamente de la clase AreaDibujoR y representará en caso de que corresponda la gráfica de comportamiento para los rectificadores de media onda para el Caso 2.

Para la realización de las gráficas, estas clases tendrán presente los datos que se hayan generado al seleccionar el ejercicio. También mostrarán por pantalla los valores más significativos que definen la gráfica de comportamiento.

- Clase Grafica y Grafical:

Como ya se comentó para la clase Dibujo y GraficaComportamiento, la clase Grafica es una subclase con un funcionamiento similar para cada una de las AreaDibujo, necesarias para la implementación del *applet*. De manera genérica comentar que dicha clase se encarga de calcular y dibujar la curva de salida obtenida ante una curva de entrada sinusoidal, teniendo presente la curva de comportamiento de cada rectificador, en función de la pestaña seleccionada. En la pestaña "*Rectificador media onda*" mostrará la curva de salida para el rectificador de media onda Caso 1, y en la pestaña "*Rectificador*

onda completa” mostrará la curva de salida del rectificador de onda completa Caso 0. La clase Grafical es una subclase de la clase AreaDibujoR que representa la curva de salida de los rectificadores de media onda para el Caso 2.

- **Clase PControlC1:**

Esta clase se encarga de realizar el control de las selecciones realizadas por el usuario para decidir qué figura mostrar en la pestaña “*Rectificador media onda*”. También se encarga del control de la generación de datos y la solución del ejercicio propuesto.

En la generación de los datos de todos los circuitos realizados para esta aplicación hay que tener en cuenta algunas restricciones que se han hecho con el fin de obtener unas gráficas coherentes y unos resultados no demasiado abultados, de modo que quede un ejercicio lo más claro posible para el alumno que se enfrente a su realización. A partir de aquí veremos en la clase PControl de cada circuito las restricciones que se han considerado.

Las restricciones para el rectificador de media onda son:

- En todos los circuitos se ha considerado que la $V_{sat} > A$.
- $R_2 > R_1$, así conseguimos que los valores de la pendiente no sean demasiado pequeños, siendo mayores a 1 o menores a (-1) dependiendo del caso.
- $A < X_s$, esto hace que la tensión a la salida en la gráfica del tiempo no llegue a saturarse.
- $R_{ny}, R_{21} \text{ y } R_{22} \gg R_1 \text{ y } R_2$, del orden de 100 veces mayor, se mantiene un valor de pendiente razonable cuando hay desplazamiento en Y.

- **Clase AreaDibujoROC :**

Esta clase realiza los dibujos de las distintas figuras en el caso del Rectificador de onda completa. Dentro de esta clase se crea una instancia de la clase Datos que será la que proporcione los datos necesarios para obtener los resultados y poder hacer el dibujo correspondiente en cada caso. En la Figura 4.6 se puede ver el diagrama UML para dicha clase.

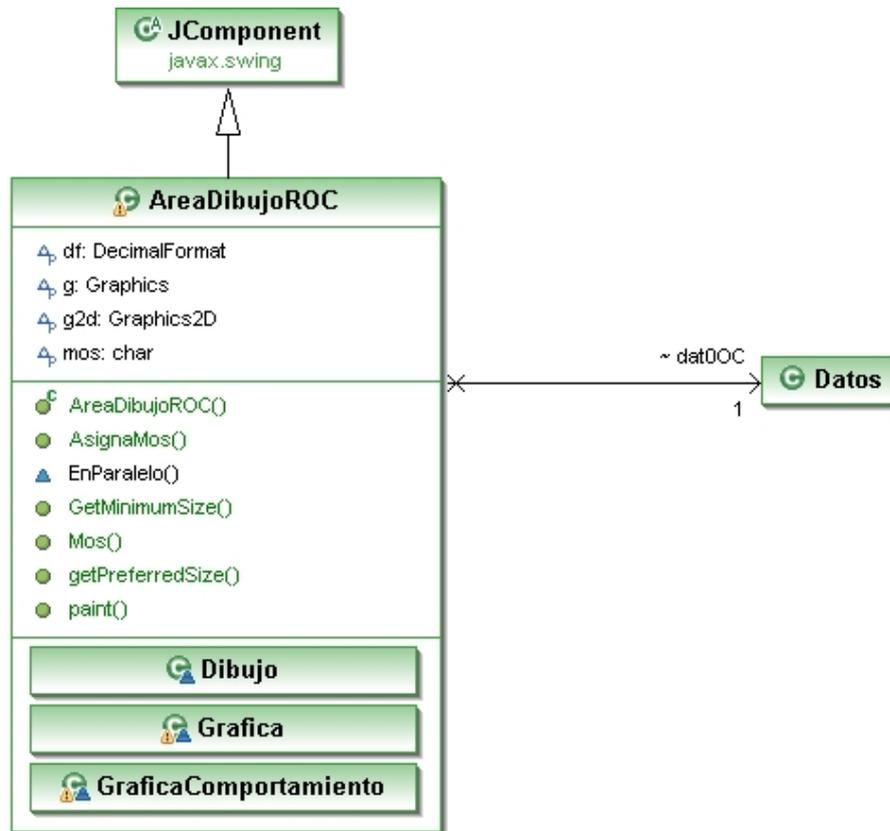


Figura 4.6 Diagrama UML de la clase AreaDibujoROC.

Las subclases: Dibujo, GraficaComportamiento y Grafica, fueron explicadas en el punto anterior. Su función es la misma en todos los *applets*.

● **Clase PControlOC0:**

Esta clase se encarga de hacer el control de las selecciones realizadas por el usuario para decidir qué figura mostrar en la pestaña “*Rectificador onda completa*”. También se encarga del control de la generación de datos y la solución del ejercicio propuesto.

Veamos ahora las restricciones que se han considerado para el circuito rectificador de onda completa.

- $RF1 > RA2$, así se obtienen valores para $pdte1$ no demasiado grandes.
- RF y $RF1 > RA$ y $RA1$, así se obtienen valores para $pdte2$ no demasiado grandes.
- $Xs1 < A < Xs2$, de este modo que la señal de salida en función del tiempo se sature, aunque se darán algunos casos.

4.2 El applet Disparador Schmitt

4.2.1 Análisis general.

El objetivo de este *applet* es proporcionar al alumno ejercicios sobre las distintas configuraciones del Disparador Schmitt. Este *applet* no consta de más pestañas, al entrar en el global dentro de la pestaña correspondiente al Disparador Schmitt se tendrán dos posibilidades de ejercicio cuando se pulse el botón generar, que son:

- Disparador Schmitt Inversor.
- Disparador Schmitt No Inversor.

Al entrar dentro de esta pestaña se mostrará por defecto la configuración del Disparador Schmitt Inversor, como se puede apreciar en la Figura 4.7.

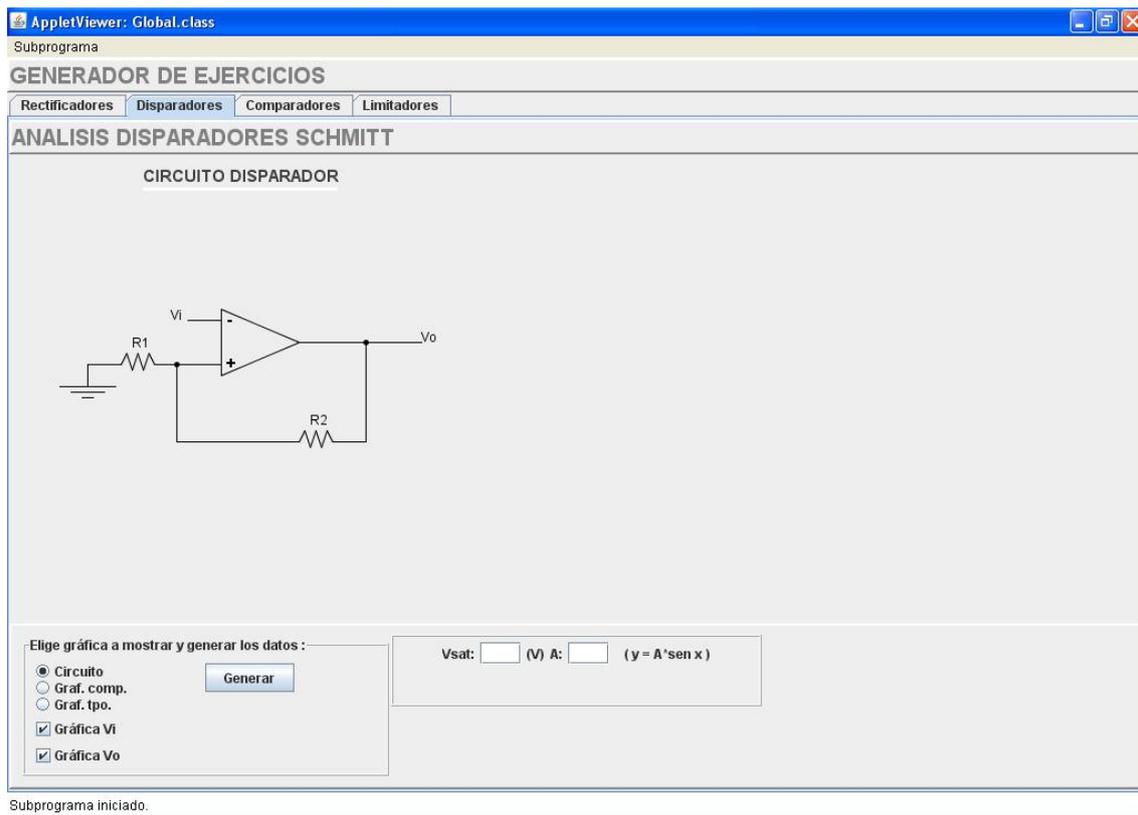


Figura 4.7 Interfaz del *applet* Disparador. Pestaña Disparadores.

El funcionamiento es el mismo que el explicado en el Capítulo 3, apartado 3.1 Interfaz de usuario.

4.2.2 Detalles de la implementación.

En la Figura 4.8 se tiene el diagrama UML para este *applet*. Como se ha visto en el apartado anterior, el *applet* no consta más que de la pestaña principal, para la que se han creado dos clases. Estas clases son las encargadas de realizar los dibujos, mostrar los resultados y los datos del ejercicio.

Hay una tercera clase, que se ha realizado de forma general para todos los *applets*, como ya se comentó en el apartado de los rectificadores. Esta clase es la encargada de almacenar los datos que se generan y las selecciones realizadas por el usuario. A esta clase se le ha dado el nombre de Datos. El diagrama UML de esta clase se puede ver en la Figura 4.4, y su funcionamiento esta explicado en el apartado dedicado al *applet* rectificador.

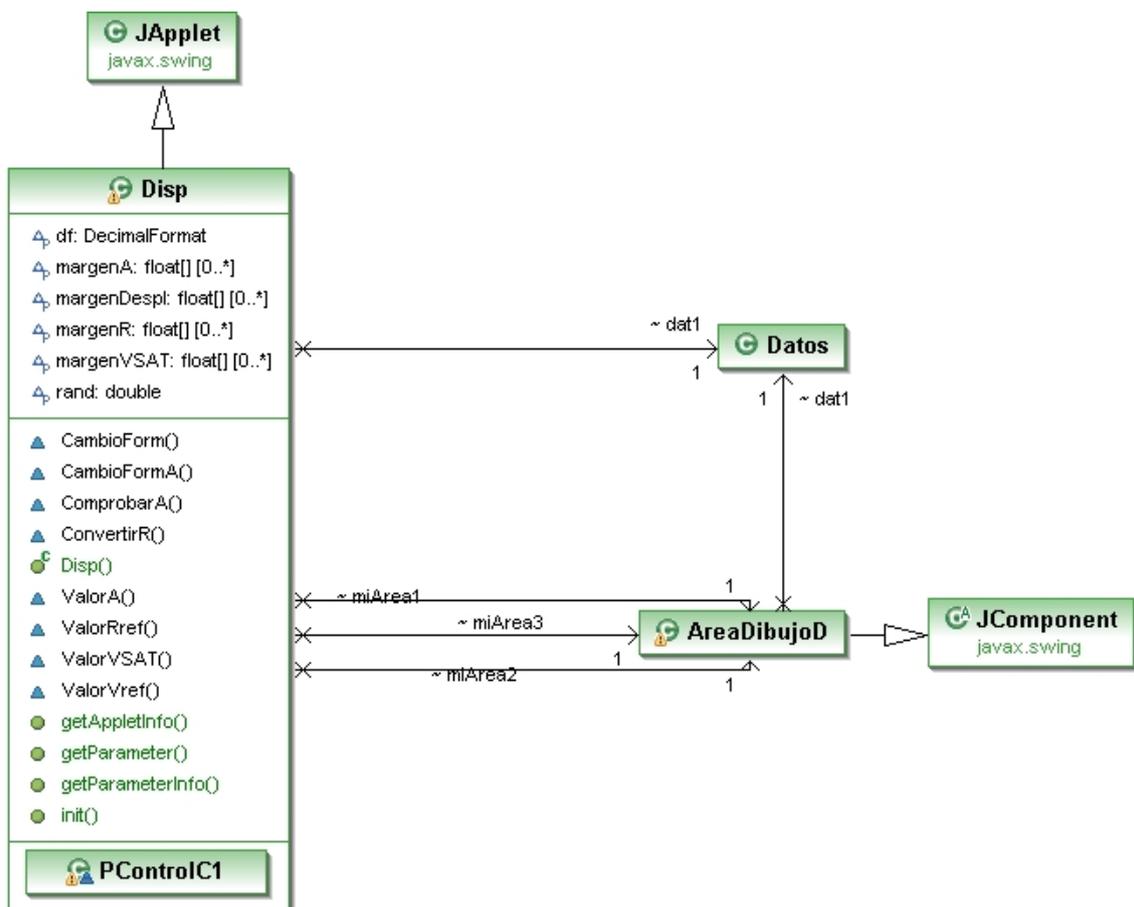


Figura 4.8 Diagrama UML de la clase Disp, correspondiente al *applet* Disparador.

A continuación se explicará el funcionamiento de las distintas clases usadas y se mostrarán los principales diagramas UML.

• **Clase AreaDibujod :**

Esta clase es la que realiza los dibujos de las distintas figuras que pueden darse dentro de la pestaña. Dentro de esta clase se crea una instancia de la clase Datos que será la que proporcione los datos necesarios para obtener los resultados y poder hacer el dibujo correspondiente en cada caso. En la Figura 4.9 se puede ver el diagrama UML para dicha clase.

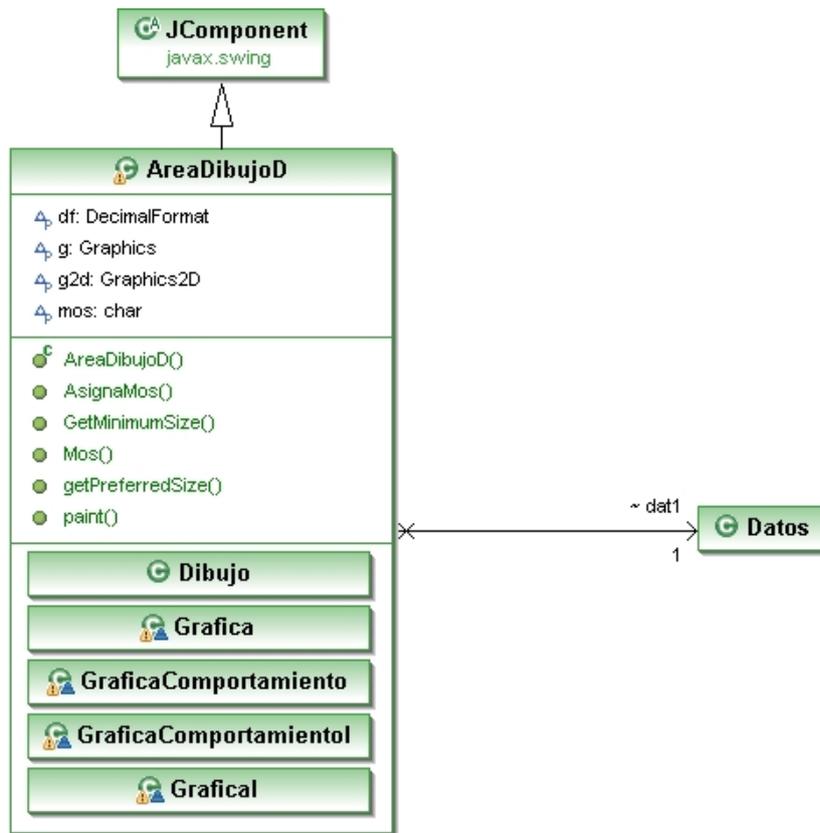


Figura 4.9 Diagrama UML de la clase AreaDibujod.

Dentro de esta clase se tiene una serie de subclases que son las encargadas de realizar el dibujo de la figura que corresponda. Estas subclases son: Dibujo, GraficaComportamiento, Grafica, GraficaComportamientoI y Grafical.

A continuación se comenta de manera genérica las funciones de las subclases que se encuentran dentro de la clase AreaDibujod.

- Clase Dibujo:

Esta clase es la encargada de representar el esquema del circuito disparador que corresponda. Usa métodos contenidos en la clase AreaDibujoD que permiten realizar el dibujo de los distintos componentes que forman el circuito disparador(resistencias, diodos, etc).

- Clases GraficaComportamiento y GraficaComportamientoI:

La clase GraficaComportamiento se usa para dibujar gráficamente el comportamiento del disparador Schmitt No Inversor.

La clase GraficaComportamientoI se usa para dibujar gráficamente el comportamiento del disparador Schmitt Inversor.

Para la realización de las gráficas, estas clases tendrán presente los datos que se hayan generado al seleccionar el ejercicio. También mostrará por pantalla los valores más significativos que definen la gráfica de comportamiento.

- Clase Grafica y Grafical:

De manera genérica comentar que clase Grafica se encarga de calcular y dibujar la curva de salida obtenida ante una curva de entrada sinusoidal, teniendo presente la curva de comportamiento de los disparadores No Inversores. La clase Grafical tiene un funcionamiento igual al de la clase Grafica, pero esta nos mostrará la curva de salida para los disparadores Inversores.

• Clase PControlC1:

Esta clase se encarga de realizar el control de las selecciones realizadas por el usuario para decidir que figura mostrar. También se encarga del control de la generación de datos y la solución del ejercicio propuesto.

Veamos ahora las restricciones que se han considerado para el circuito disparador de Schmitt.

- $A > X_a$ y X_b , así evitamos la saturación total de la señal de salida en función del tiempo.

4.3 El applet Comparador.

4.3.1 Análisis general.

El objetivo de este *applet* es proporcionar al alumno ejercicios sobre distintos tipos de comparadores. En el mismo se pueden distinguir dos pestañas principales y en cada una de ellas un tipo de comparador. Los tipos de comparadores considerados son:

- *Comparador Inversor.*

Dentro de esta pestaña los ejercicios generados pueden ser de dos tipos dependiendo de si los diodos usados en el circuito tienen características ideales o no. Si no son ideales se incluye en los cálculos la tensión de los diodos (Figura 4.10). Por defecto se muestra de inicio el circuito comparador inversor con diodos ideales.

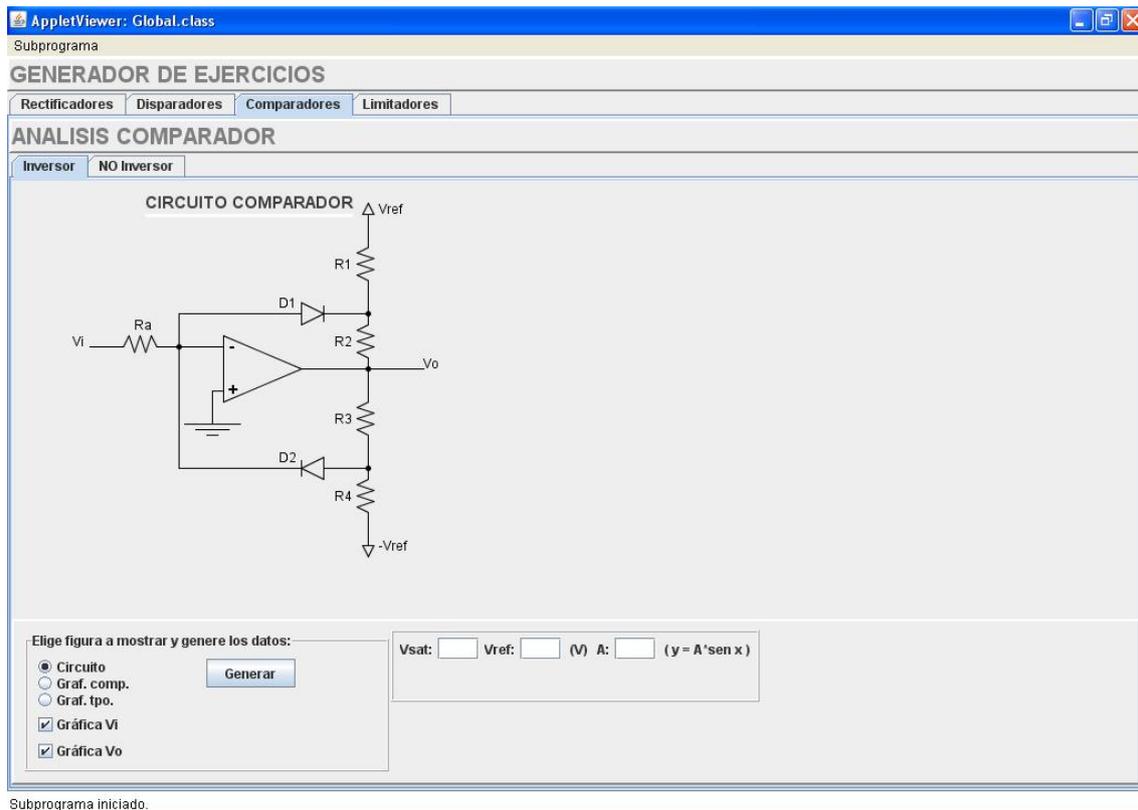


Figura 4.10 Interfaz del *applet* Comparador. Pestaña Comparador Inversor.

- *Comparador No Inversor.*

Todos los ejercicios que se generan en esta pestaña se han considerado que tienen diodos ideales. Su imagen de inicio será la que se muestra en la Figura 4.11.

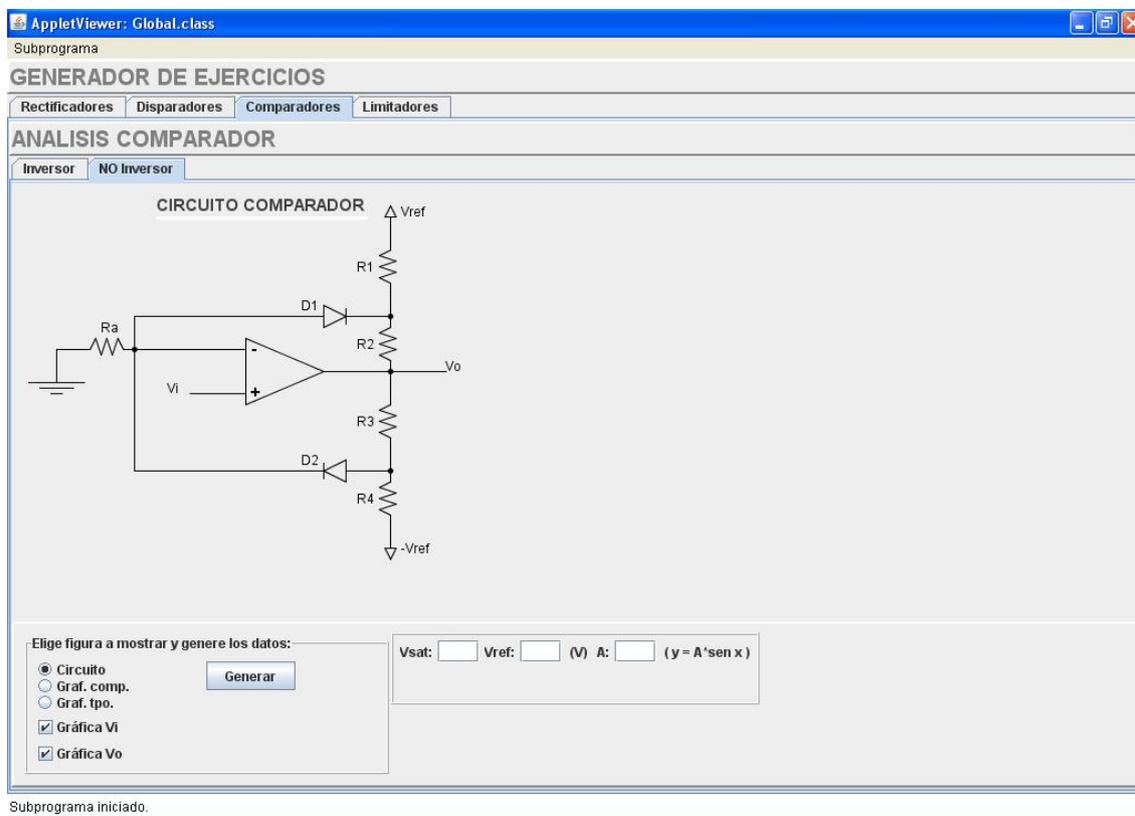


Figura 4.11 Interfaz del *applet* Comparador. Pestaña Comparador No Inversor.

El funcionamiento de cada pestaña es el mismo que el explicado en el Capítulo 3, apartado 3.1 Interfaz de usuario.

4.3.2 Detalles de la implementación.

En la Figura 4.12 se tiene el diagrama UML para este *applet*. Como se vio en el apartado anterior el *applet* consta de 2 pestañas, para las cuales se han creado dos clases para cada una. Estas clases son las encargadas de realizar los dibujos, mostrar los resultados y los datos del ejercicio.

Hay una tercera clase, que se ha realizado de forma general para todos los *applets*, como ya se comentó en el apartado de los rectificadores. Esta clase es la encargada de almacenar los datos que se generan y las selecciones realizadas por el alumno. A esta clase se le ha dado el nombre de Datos. El

diagrama UML de esta clase se puede ver en la Figura 4.4 y su funcionamiento esta explicado en el apartado dedicado al *applet* rectificador. El resto de clases usadas en este *applet* son las siguientes:

- Comparador Inversor:
 - **AreaDibujoC**
 - **PControlC1**
- Comparador No Inversor:
 - **AreaDibujoCN**
 - **PControlC3**

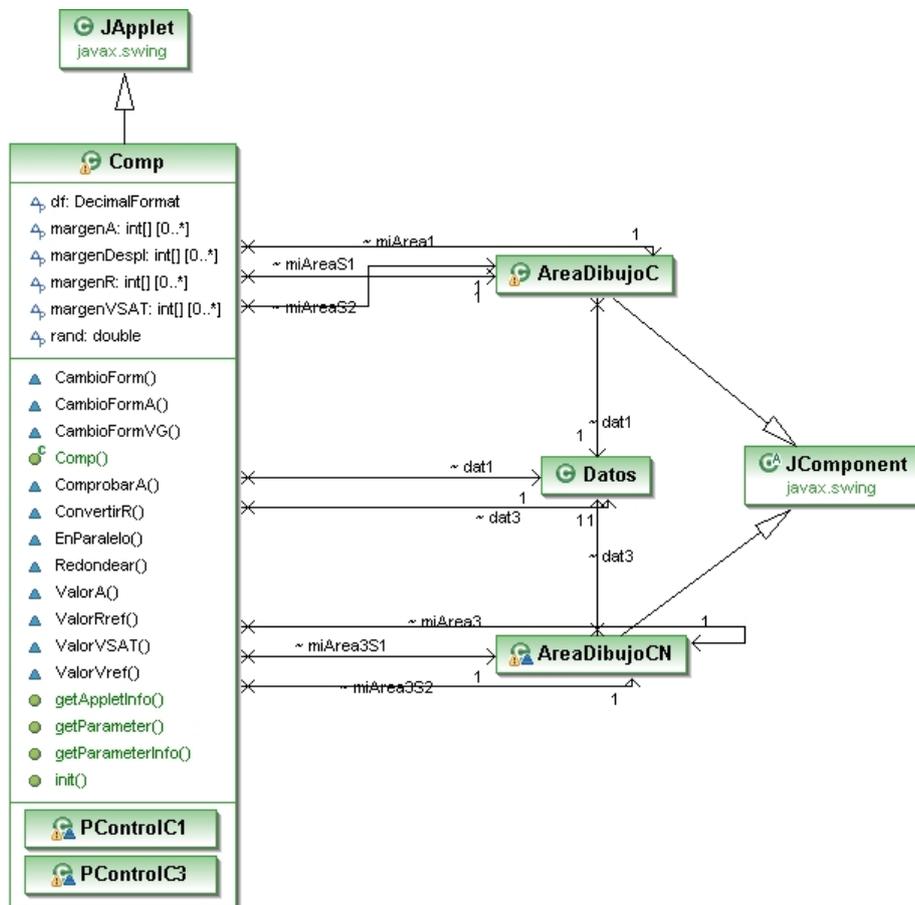


Figura 4.12 Diagrama UML de la clase Comp, correspondiente al *applet* Comparador.

A continuación se explica el funcionamiento de las distintas clases usadas y se mostrarán sus respectivos diagramas UML.

• **Clase AreaDibujoC :**

Esta clase es la que realiza los dibujos de las distintas figuras en el caso del Comparador Inversor. Dentro de esta clase se crea una instancia de la clase Datos que será la que proporcione los datos necesarios para obtener los resultados y poder hacer el dibujo correspondiente en cada caso. En la Figura 4.13 se puede ver el diagrama UML para dicha clase.

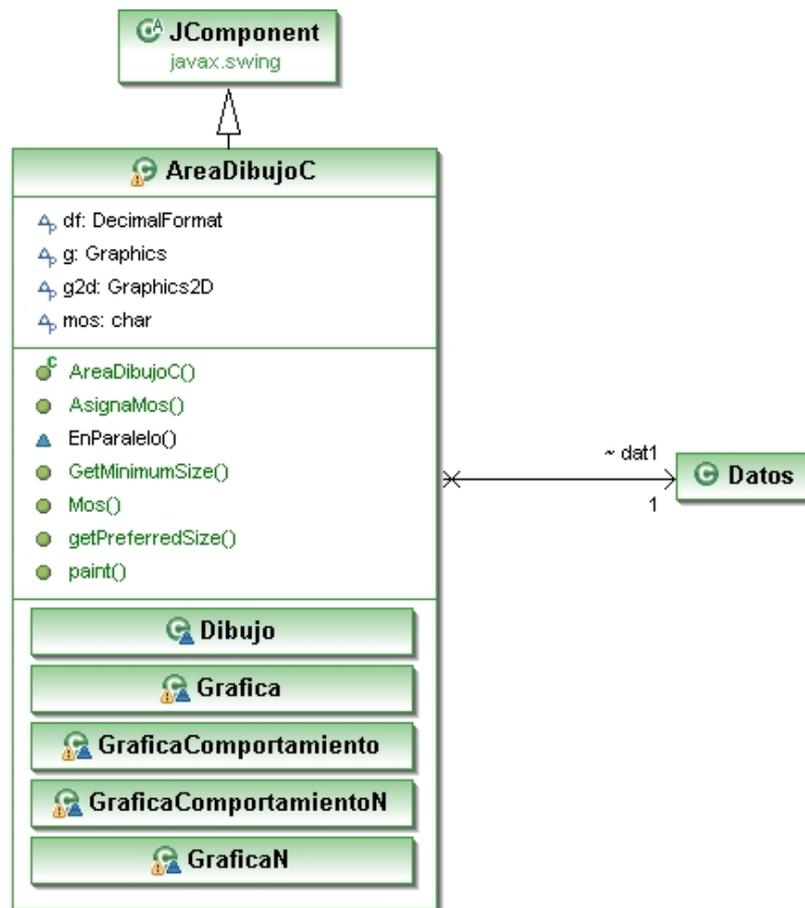


Figura 4.13 Diagrama UML de la clase AreaDibujoC.

Dentro de las clases que se ocupan de realizar los cálculos y dibujos se tienen una serie de subclasses que son las encargadas de realizar el dibujo que corresponda. Estas subclasses son: Dibujo, Grafica, GraficaComportamiento, GraficaComportamientoN y GraficaN.

A continuación se comenta de manera genérica las funciones de las subclasses que se encuentran dentro de la clase AreaDibujoC y de la clase AreaDibujoCN.

- Clase Dibujo:

La clase Dibujo es usada por las clases AreaDibujoC y AreaDibujoCN. Cada una de ellas tiene una clase Dibujo propia. Esta clase es la encargada de representar el esquema del circuito comparador que corresponda. Usa métodos contenidos en la clase AreaDibujo que corresponda, que permiten el dibujo de los distintos componentes que forman el circuito comparador (resistencias, diodos, etc).

- Clases GraficaComportamiento y GraficaComportamientoN:

La clase GraficaComportamiento es usada por las clases AreaDibujoC y AreaDibujoCN. Cada clase dispone de una subclase GraficaComportamiento propia, que se usa para dibujar gráficamente el comportamiento del comparador. Si se está dentro de la pestaña "*Inversor*", esta subclase dibujará el comportamiento del comparador inversor con diodos ideales y si se está en la pestaña "*No Inversor*" representa la gráfica de comportamiento para el circuito comparador no inversor con diodos ideales, que es el que se ha contemplado en la realización de esta herramienta.

La clase GraficaComportamientoN es subclase únicamente de la clase AreaDibujoC y representa en caso de que corresponda la gráfica de comportamiento para los comparadores inversores con diodos no ideales.

Para la realización de las gráficas, estas clases tendrán presente los datos que se hayan generado al seleccionar el ejercicio. También mostrará por pantalla los valores más significativos que definen la gráfica de comportamiento.

- Clase Grafica y GraficaN:

Como ya se comentó para la clase Dibujo y GraficaComportamiento, la clase Grafica es una subclase con un funcionamiento similar para cada una de las AreaDibujo necesarias para la implementación del *applet*. De manera genérica comentar que dicha clase se encarga de calcular y dibujar la curva de salida obtenida ante una curva de entrada sinusoidal, teniendo presente la curva de comportamiento de cada comparador, en función de la pestaña seleccionada. En la pestaña "*Inversor*" mostrará la curva de salida para el

comparador inversor con diodos ideales, y en la pestaña “*No Inversor*” mostrará la curva de salida del comparador no inversor con diodos ideales.

La clase GraficaN es una subclase de la clase AreaDibujoC que representará la curva de salida de los comparadores inversores con diodos no ideales.

- **Clase PControlC1:**

Esta clase se encarga de realizar el control de las selecciones realizadas por el usuario para decidir que figura mostrar en la pestaña “*Inversor*”. También se encarga del control de la generación de datos y la solución del ejercicio propuesto.

Veamos ahora las restricciones que se han considerado para el circuito comparador inversor.

- R_2 y $R_3 < R_1$ y R_4 , de modo que Y_1 e $Y_2 < V_{sat}$, así no saturamos la señal de salida en función del tiempo.
- $R_a \gg R_2$ y R_3 , del orden de 100 veces. Esta condición se ha hecho para obtener pendientes de valor 0, ya que no han sido consideradas para este circuito.

- **Clase AreaDibujoCN :**

Esta clase es la que realiza los dibujos de las distintas figuras en el caso del Comparador no inversor con diodos ideales. Dentro de esta clase se crea una instancia de la clase Datos que será la que proporcione los datos necesarios para obtener los resultados y poder hacer el dibujo correspondiente en cada caso. En la Figura 4.14 podemos ver el diagrama UML para dicha clase.

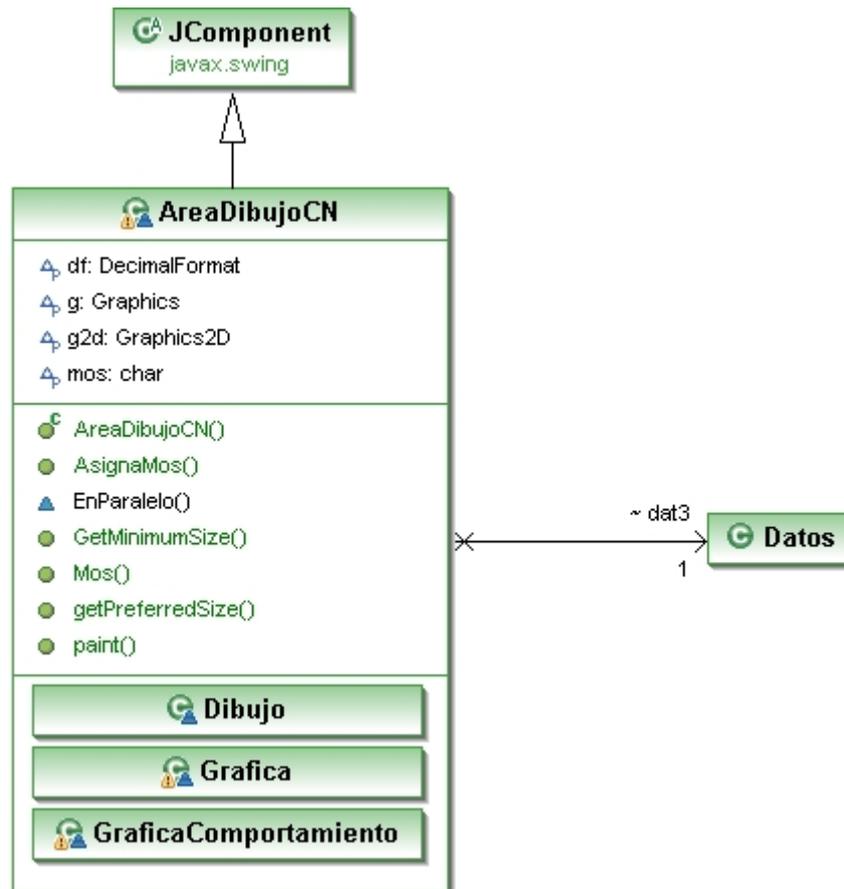


Figura 4.14 Diagrama UML de la clase AreaDibujoCN.

Las subclases: Dibujo, GraficaComportamiento y Grafica, están explicadas en el punto anterior, clase AreaDibujoC. Su función será la misma en todos los *applets*.

- **Clase PControl3:**

Esta clase se encarga de realizar el control de las selecciones realizadas por el usuario para decidir que figura mostrar en la pestaña “No Inversor”. También se encarga del control de la generación de datos y la solución del ejercicio propuesto.

Veamos ahora las restricciones que se han considerado para el circuito comparador no inversor.

- $R2$ y $R3 < R1$ y $R4$, de modo que $Y1$ e $Y2 < V_{sat}$, así no saturamos la señal de salida en función del tiempo.

4.4 El applet Limitador.

4.4.1 Análisis general.

El objetivo de este *applet* es proporcionar al alumno ejercicios sobre los distintos tipos de limitadores. En el mismo se pueden distinguir dos pestañas principales y en cada una de ellas un tipo de limitador. Los tipos de limitadores considerados son:

- *Limitador Inversor.*

Dentro de esta pestaña los ejercicios generados pueden ser de dos tipos dependiendo de si los diodos usados en el circuito tienen características ideales o no. Si no son ideales se incluye en los cálculos la tensión de los diodos (Figura 4.15). Por defecto se muestra de inicio el circuito limitador inversor con diodos ideales.

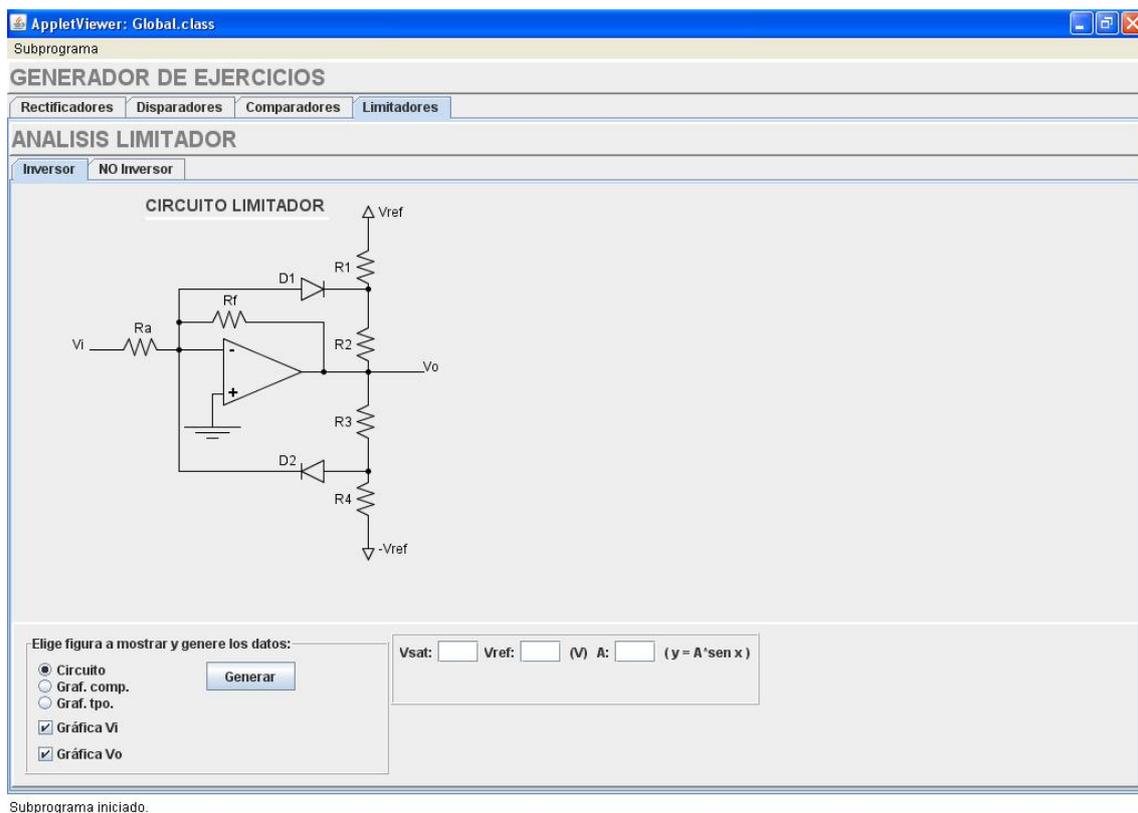


Figura 4.15 Interfaz del *applet* Limitador. Pestaña Limitador Inversor.

- *Limitador No Inversor.*

Todos los ejercicios que se generan en esta pestaña se han considerado que tienen diodos ideales. Su imagen de inicio será la que se muestra en la Figura 4.16.

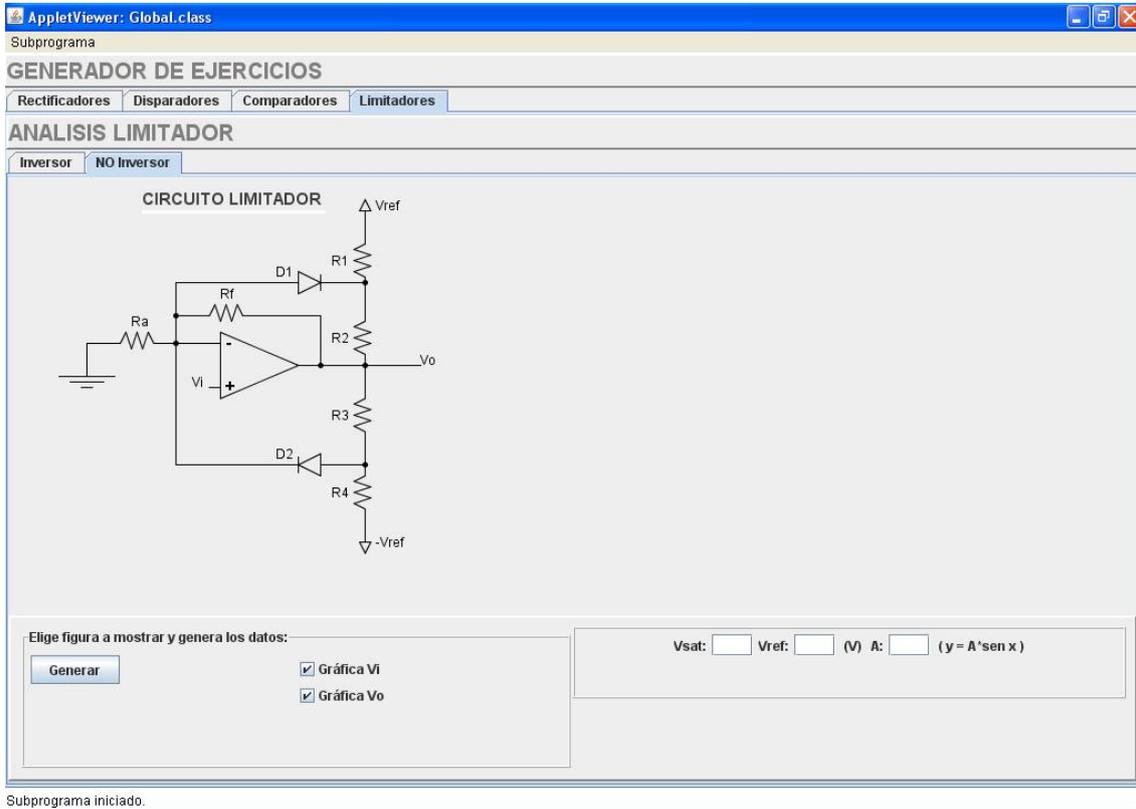


Figura 4.16 Interfaz del *applet* Limitador. Pestaña Limitador No Inversor.

El funcionamiento de cada pestaña es el mismo que el explicado en el Capítulo 3, apartado 3.1 Interfaz de usuario.

4.4.2 Detalles de la implementación.

En la Figura 4.17 se tiene el diagrama UML para este *applet*. Como se vio en el apartado anterior el *applet* consta de 2 pestañas, para las cuales se han creado dos clases para cada una. Estas clases son las encargadas de realizar los dibujos, mostrar los resultados y los datos del ejercicio.

Hay una tercera clase, que se ha realizado de forma general para todos los *applets*, como ya se comentó en el apartado de los rectificadores. Esta clase es la encargada de almacenar los datos que se generan y las selecciones

realizadas por el alumno. A esta clase se le ha dado el nombre de Datos. El diagrama UML de esta clase se puede ver en la Figura 4.4. El resto de clases usadas en este *applet* son las siguientes:

- Limitador Inversor:
 - AreaDibujoL
 - PControlC1
- Limitador No Inversor:
 - AreaDibujoLN
 - PControlC3

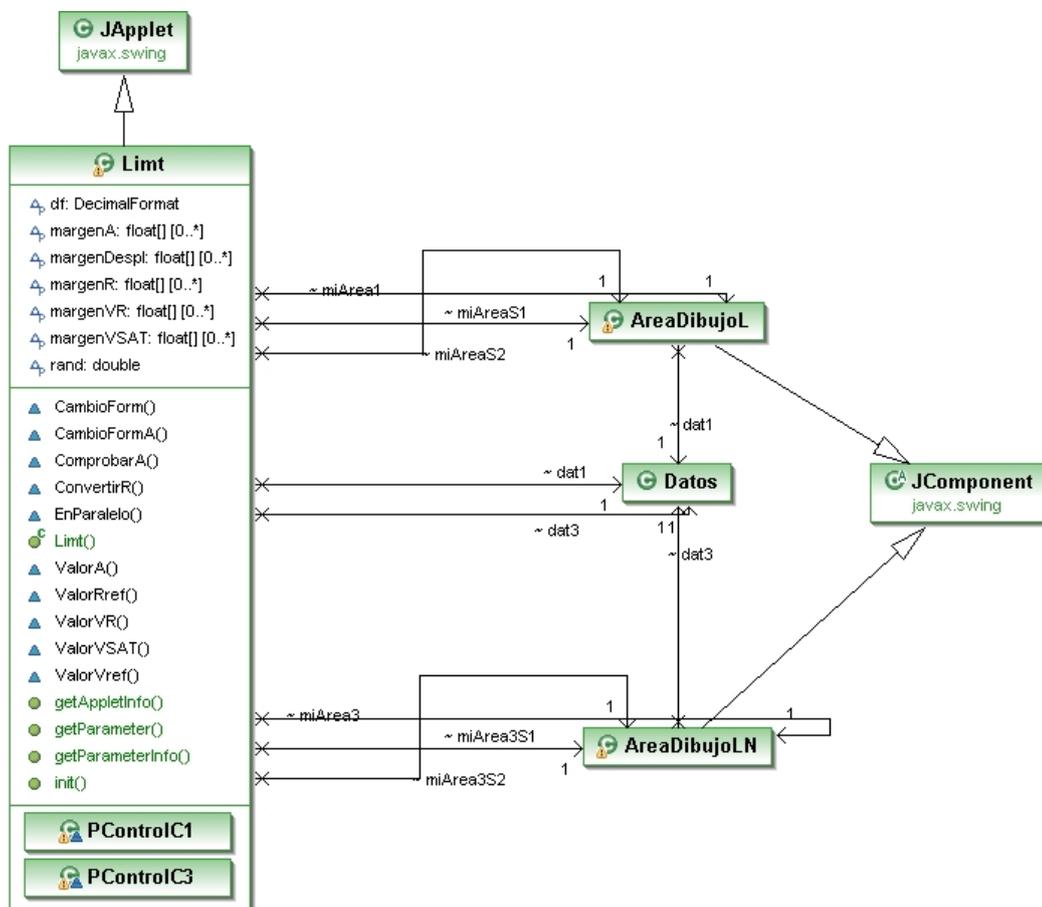


Figura 4.17 Diagrama UML de la clase Limt, correspondiente al *applet* Limitador.

A continuación se explicará el funcionamiento de las distintas clases usadas y se mostrarán sus respectivos diagramas UML.

• **Clase AreaDibujol :**

Esta clase es la que realiza los dibujos de las distintas figuras en el caso del Limitador Inversor. Dentro de esta clase se crea una instancia de la clase Datos que será la que proporcione los datos necesarios para obtener los resultados y poder hacer el dibujo correspondiente en cada caso. En la Figura 4.18 se puede ver el diagrama UML para dicha clase.

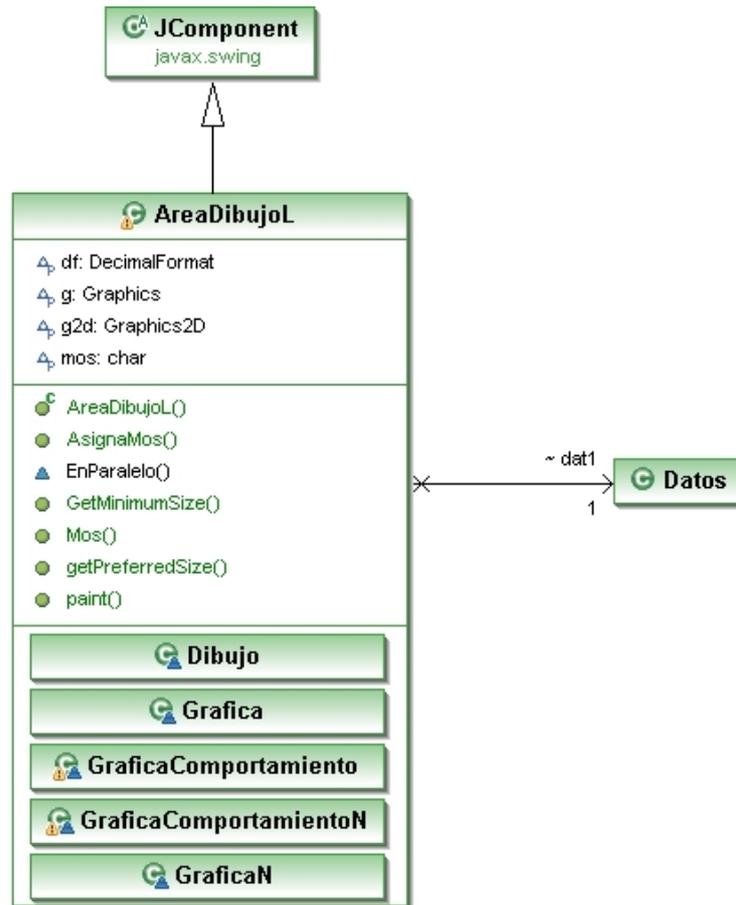


Figura 4.18 Diagrama UML de la clase AreaDibujol.

Dentro de las clases que se ocupan de realizar los cálculos y dibujos se tienen una serie de subclasses que son las encargadas de realizar el dibujo que corresponda. Estas subclasses son: Dibujo, Grafica, GraficaComportamiento, GraficaComportamientoN y GraficaN.

A continuación se comentará de manera genérica las funciones de las subclases que se encuentran dentro de la clase AreaDibujoL y de la clase AreaDibujoLN.

- Clase Dibujo:

La clase Dibujo es usada por las clases AreaDibujoL y AreaDibujoLN. Cada una de ellas tiene una clase Dibujo propia. Esta clase es la encargada de representar el esquema del circuito limitador que corresponda. Usa métodos contenidos en la clase AreaDibujo que corresponda, que permiten el dibujo de los distintos componentes que forman el circuito limitador (resistencias, diodos, etc).

- Clases GraficaComportamiento y GraficaComportamientoN:

La clase GraficaComportamiento es usada por las clases AreaDibujoL y AreaDibujoLN. Cada clase dispone de una subclase GraficaComportamiento propia, que se usará para dibujar gráficamente el comportamiento del limitador. Si se esta dentro de la pestaña “*Inversor*”, esta subclase nos dibujará el comportamiento del limitador inversor con diodos ideales y si se esta en la pestaña “*No Inversor*” representará la gráfica de comportamiento para el circuito limitador no inversor con diodos ideales, que es el que se ha contemplado en la realización de esta herramienta.

La clase GraficaComportamientoN es subclase únicamente de la clase AreaDibujoL y representará en caso de que corresponda la gráfica de comportamiento para los limitadores inversores con diodos no ideales.

Para la realización de las gráficas estas clases tendrán presente los datos que se hayan generado al seleccionar el ejercicio. También mostrará por pantalla los valores más significativos que definen la gráfica de comportamiento.

- Clase Grafica y GraficaN:

Como ya se comentó para la clase Dibujo y GraficaComportamiento, la clase Grafica es una subclase con un funcionamiento similar para cada una de las AreaDibujo necesarias para la implementación del *applet*. De manera genérica comentar que dicha clase se encarga de calcular y dibujar la curva de salida obtenida ante una curva de entrada sinusoidal, teniendo presente la curva de comportamiento de cada limitador, en función de la pestaña

seleccionada. En la pestaña "*Inversor*" mostrará la curva de salida para el limitador inversor con diodos ideales, y en la pestaña "*No Inversor*" mostrará la curva de salida del limitador no inversor con diodos ideales.

La clase GraficaN es una subclase de la clase AreaDibujol que representará la curva de salida de los limitadores inversores con diodos no ideales.

- **Clase PControlC1:**

Esta clase se encarga de realizar el control de las selecciones realizadas por el usuario para decidir que figura mostrar en la pestaña "*Inversor*". También se encarga del control de la generación de datos y la solución del ejercicio propuesto.

Veamos ahora las restricciones que se han considerado para el circuito limitador inversor.

- R_a y R_f , serán del orden de 100 veces mayor que el resto de resistencia. Esta condición se ha hecho para obtener pendientes de valor 0, ya que no han sido consideradas para este circuito.

- **Clase AreaDibujolN :**

Esta clase es la que realiza los dibujos de las distintas figuras en el caso del Limitador no inversor con diodos ideales. Dentro de esta clase se crea una instancia de la clase Datos que será la que proporcione los datos necesarios para obtener los resultados y poder hacer el dibujo correspondiente en cada caso.

En la Figura 4.19 se puede ver el diagrama UML para dicha clase.

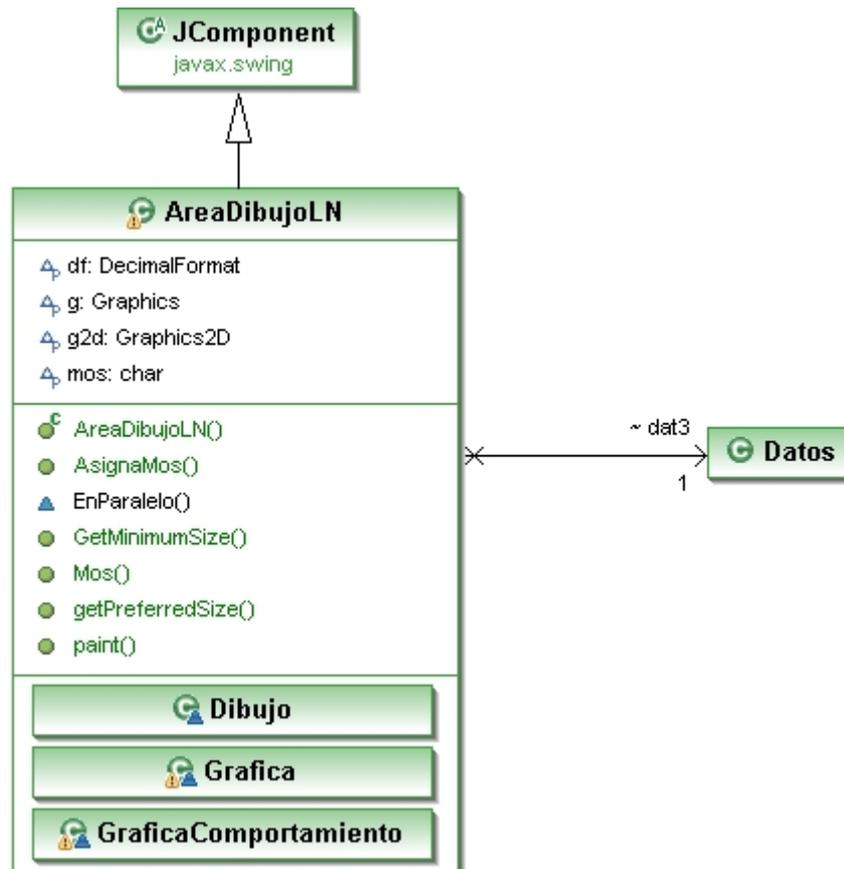


Figura 4.19 Diagrama UML de la clase AreaDibujoLN.

Las subclases: Dibujo, GraficaComportamiento y Grafica, están explicadas en el punto anterior, clase AreaDibujoL. Su función será la misma en todos los *applets*.

- **Clase PControlC3:**

Esta clase se encarga de realizar el control de las selecciones realizadas por el usuario para decidir que figura mostrar en la pestaña “No Inversor”. También se encarga del control de la generación de datos y la solución del ejercicio propuesto.

Veamos ahora las restricciones que se han considerado para el circuito limitador no inversor.

- Ra mayor que el resto de resistencias, para conseguir siempre una pendiente con valor entorno a 1.

Capítulo 5: Conclusiones y líneas futuras.

5.1 Conclusiones.

La idea principal de este proyecto es la de realizar una herramienta Web de carácter pedagógico, que sea útil para los alumnos de la asignatura de Circuitos Integrados, impartida en la titulación de Ingeniero Técnico de Telecomunicación de la Universidad de Málaga.

Esta herramienta tiene libre acceso desde Internet, por lo que podrá ser usada por cualquier usuario con conexión a Internet. El objetivo de dicha herramienta es que el alumno pueda poner en práctica los conocimientos teóricos adquiridos en clase mediante la realización de ejercicios prácticos. Los ejercicios que esta herramienta proporciona al alumno están basados en el análisis de los circuitos rectificadores, disparadores, comparadores y limitadores usando amplificadores operacionales. La generación de los ejercicios es totalmente aleatoria. El alumno selecciona el tipo de circuito que quiere analizar y la figura a partir de la cuál quiere realizar el ejercicio. Las figuras entre las que puede elegir son: el propio circuito, la gráfica de comportamiento de la tensión de salida en función de la tensión de entrada o la gráfica de la salida en función del tiempo. Junto a la figura seleccionada y una vez generado el ejercicio aparecerán los datos necesarios para poder resolverlo. Cuando el alumno lo considere oportuno puede obtener la solución, en la que se muestran las figuras no seleccionadas y los datos más significativos de cada una.

Con este fin, y teniendo en cuenta mi experiencia como alumno en dicha asignatura, he intentado implementar una herramienta amena y fácil de manejar, con la que cumplir los objetivos propuestos en este proyecto.

Tras la realización de este proyecto, se puede comprobar que los objetivos iniciales se han cumplido y se ha creado una herramienta totalmente práctica en la que se han tenido en cuenta los estudios pedagógicos actuales, en los que se apunta a Internet como una herramienta básica en la educación actual.

5.2 *Líneas futuras.*

La herramienta creada en este proyecto está abierta a posibles cambios y mejoras en el futuro, con el objetivo de conseguir una herramienta más completa.

A continuación se sugieren algunas posibles modificaciones:

- Añadir alguna configuración nueva a los circuitos ya implementados. Como por ejemplo, introducir desplazamientos en los rectificadores de onda completa y en los limitadores no inversores.
- Añadir más circuitos al *applet* global, pertenecientes a otros temas del temario de la asignatura. Como por ejemplo, respuesta en frecuencia, diseño de circuitos con amplificadores operacionales, etc.
- Ampliar el número de opciones de las que dispone el usuario. Como por ejemplo, mostrar todas las figuras simultáneamente.

Estas son algunas de las posibles modificaciones que considera oportunas el autor de la herramienta. Aunque las modificaciones más importantes serán las que expongan los usuarios cuando empiecen a usar la herramienta, ya que serán sin duda los más beneficiados con las posibles mejoras que se le hagan a este proyecto.

Bibliografía.

Libros:

- Diseño electrónico. Circuitos y Sistemas.
C. J. Savant, M. S. Roden, G. L. Carpenter, 2ª edición, Addison Wesley Iberoamérica. 2000.
- Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales: teoría y aplicación/ James M. Fiore.
Fiore, James M.
Thomson, D.L. 2002
- Java 2: manual de usuario y tutorial.
Escrito por Agustín Froufe Quintas.
5ª Edición. Editado por: Ra-Ma.2008.
- Java 2.
Escrito por Benjamin Aumaille.
Colaborador ENI Publishing Ltd. Staff.
Publicado por Ediciones ENI, 2000.

Webs:

- Java 2 Platform Standard Edition 5.0 API Specification.
<http://java.sun.com/j2se/1.5.0/docs/api/index.html>
- Eclipse Downloads.
<http://www.eclipse.org/downloads/>
- Eclipse documentation.
<http://www.eclipse.org/documentation/>