

EXAMEN DE ELECTRÓNICA ANALÓGICA.- CONVOCATORIA 19-09-2.002
2º CURSO DE INGENIERÍA TÉCNICA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

APELLIDOS Y NOMBRE:

EJERCICIO 3- Sea el circuito de la figura :

Se trata de un multivibrador astable que utiliza un A.O alimentado con tensión unipolar 12 voltios. (+Vcc=12, -Vee = 0 voltios).

Se supone amplificador operacional ideal con tensión de saturación positiva igual a la de alimentación (+Vcc) , y tensión de saturación negativa igual a cero voltios.

A es una tensión de referencia que en este caso la vamos a hacer coincidir con la tensión de alimentación +Vcc (12 voltios).

Suponiendo que ya se ha alcanzado el régimen periódico, (al cabo del segundo ciclo), se pide:

1º) Expresión literal del valor máximo y mínimo de la tensión $v_c(t)$ en terminales de la capacidad, (o lo que es lo mismo, umbrales de $v_c(t)$ a los que cambia el estado de la salida). **(2 puntos)**

2º) Dibuje aproximadamente a escala las funciones $v_c(t)$ y $v_o(t)$, definiendo la expresión analítica de $v_c(t)$ en un semiperiodo. **(2 puntos)**

3º) Deduzca la expresión literal de la frecuencia de oscilación. **(3 puntos)**

Aplicación de diseño:

Se desea que la frecuencia de oscilación sea de 1Khz, y que la corriente instantánea total máxima a través de la salida del amplificador operacional no supere ni aún en el arranque en el peor de los casos, los 2 ma. (Suponga que en el arranque el A.O se va a saturación positiva).

Elija los valores normalizados de R, Rf, y C que mas se aproximen a las condiciones de diseño. **(3 puntos)**

EJERCICIO 4. Sea el circuito de la figura :

Se trata de un circuito rectificador de precisión de media onda mejorado, donde se añade un segundo diodo para que la salida del operacional X1 no se vaya en ningún momento a saturación. El amplificador operacional X2 se usa como un seguidor de tensión para proporcionar una baja impedancia de salida. Suponga que los amplificadores son ideales, que la caída de tensión directa en los diodos es constante E_d , de 0,6 voltios, y la corriente inversa es nula. La tensión de saturación positiva es igual a la negativa (12 voltios)

Se pide:

1º) Para $v_{in}(t) > 0$:

1.1) Expresión literal de la tensión en la salida del operacional X1 **(1 punto)**

1.2) Expresión de la tensión a la salida del operacional X2, $v_o(t)$ **(1 punto)**

1.3) Expresión literal de la corriente a través de D1 y de D2, en función de las resistencias y de la tensión de entrada **(1 punto)**.

2º) Para $v_{in}(t) < 0$:

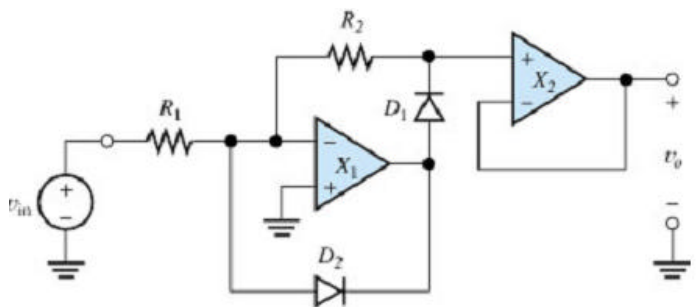
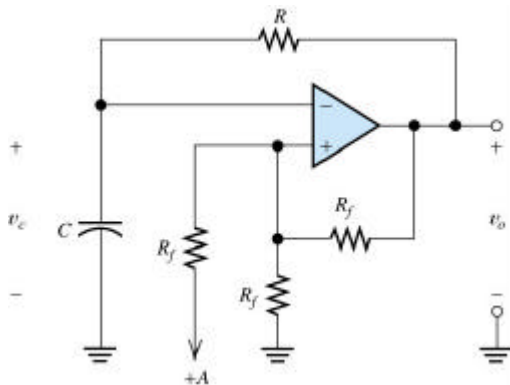
2.1) Expresión literal de la tensión en la salida del operacional X1 **(1 punto)**

2.2) Expresión de la tensión a la salida del operacional X2, $v_o(t)$ en función de la tensión de entrada y de las resistencias **(4 puntos)**.

2.3) Expresión literal de la corriente a través de D1 y de D2, en función de las resistencias y de la tensión de entrada **(1 punto)**.

3º) Si $R_2 = 47k$, $R_1 = 4,7k$, y la tensión de entrada es una señal triangular de valor de pico positivo igual al valor de pico negativo (300 mv) y de frecuencia 100 Hz, dibujar a lo largo de un periodo la tensión a la salida de X2 ($v_o(t)$), indicando, cual sería el **valor medio** y el **valor eficaz total** de la misma. **(2 puntos)**

4º) Si $R_2 = 47k$, $R_1 = 4,7k$, y la tensión de entrada es una señal triangular de valor de pico positivo igual al valor de pico negativo (2 v) y de frecuencia 100 Hz, dibujar a lo largo de un periodo la tensión a la salida de X2 ($v_o(t)$), indicando, cual sería el **valor medio de la misma**. (Compruebe si algún operacional entra en saturación) **(2 puntos)**



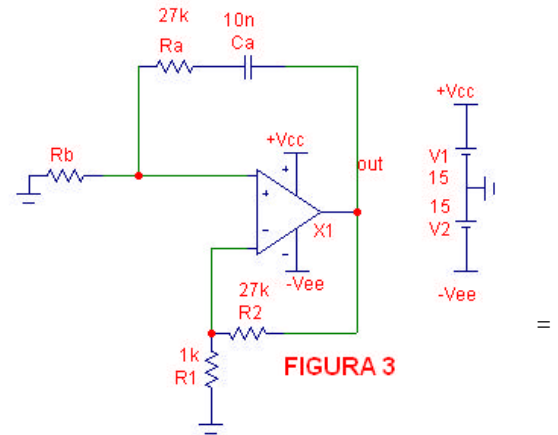
OBSERVACIONES: La puntuación será el promedio de los puntos alcanzados.

Se valorará positivamente el haber contestado correctamente alguna pregunta de todos los ejercicios. Todas las respuestas deben estar claras y concisamente justificadas

EXAMEN DE ELECTRÓNICA ANALÓGICA.- CONVOCATORIA 19-09-2.002
2º CURSO DE INGENIERÍA TÉCNICA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

APELLIDOS Y NOMBRE:

EJERCICIO 1.- Sea el circuito de la figura 3



El amplificador operacional es un LM741 cuyas especificaciones más importantes son:

$V_{OS} = 2 \text{ mV}$ (Tensión de desviación a la entrada.) I_{OS}

50 nA (Corriente de desviación a la entrada)

$I_{BIAS} = 150 \text{ nA}$ Corriente de polarización de las entradas (entrantes). $A_{VOL} = 200 \text{ V/mV} = 200.000$ (Ganancia en modo diferencial en lazo abierto en continua)

$R_{in} = 2 \text{ Megohms}$ (Resistencia de entrada en modo diferencial) $R_{OUT} = 75 \text{ ohms}$ (Resistencia de salida en lazo abierto) $I_{SC} = 25 \text{ mA}$ (Corriente máxima antes de entrar la protección contra sobre corriente)

$SR = 0,5 \text{ V/}\mu\text{s}$ $f_t = 1 \text{ Mhz.}$ $V_{sat \text{ positiva}} = +15 \text{ voltios}$ $V_{sat \text{ negativa}} = -15 \text{ voltios.}$

Se desea dar a R_b el valor normalizado más próximo al valor que se deduzca del análisis, para que el circuito auto oscile.

Se pide:

1º) Realizar el análisis de la estabilidad del circuito, encontrando las expresiones literales de la condición de fase y condición de argumento, en función de los parámetros del circuito, “**teniendo en cuenta el valor f_t del A.O**”

Para ello se sugiere seguir los siguientes pasos:

- 1.1) Abra el lazo de realimentación y represente el circuito resultante.
- 1.2) Llame a la entrada $v_{i \text{ prueba}}$ y a la salida $v_{o \text{ prueba}}$
- 1.3) Sustituya el amplificador no inversor por un bloque equivalente a su función de transferencia, teniendo en cuenta el modelo de un solo polo.
- 1.4) Encuentre la función de transferencia del conjunto, en el dominio de la frecuencia (ω), poniéndola de la siguiente forma:

$$\frac{V_{o \text{ prueba}}}{V_{i \text{ prueba}}} = \frac{\frac{\omega}{\omega_1} j}{\left(1 + \frac{\omega}{\omega_2} j\right)} \cdot \frac{A_o}{\left(1 + \frac{\omega}{\omega_n} j\right)}$$

Deduciendo las expresiones literales de ω_1 , ω_2 , A_o , ω_n en función de los valores de los elementos pasivos empleados, y de f_t . **(4 puntos)**

1.5) Condición de argumento: Encuentre si existe alguna frecuencia $\omega_o = 2\pi f_o$ a la cual $\arg\left(\frac{V_{o \text{ prueba}}}{V_{i \text{ prueba}}}\right) = 0$;

Valor de f_o en función de ω_1 , ω_2 , A_o , ω_n (No tiene por que ser función de todas las variables) **(2 puntos)**

1.6) Valor de f_o en función de f_t , R_a , R_b , C_a , A_o **(2 puntos)**

1.7) Condición de módulo: A la frecuencia f_o encuentre la expresión de $\left|\frac{V_{o \text{ prueba}}}{V_{i \text{ prueba}}}\right|$ en función de ω_1 , ω_2 , A_o , ω_n

y compruebe qué desigual debe cumplirse para que el circuito oscile a f_o **(2 puntos)**.

1.8) Deduzca la desigualdad que debe cumplirse para que el circuito auto-oscile, en función de A_o , R_a , R_b , $\tau = 1/f_t$ y $\tau_{ba} = (R_b C_a)$. **(4 puntos)**

1.9) Si $\tau \ll \tau_{ba}$ encuentre la expresión anterior mas simplificada **(2 puntos)**

1.10) Con los valores de los componentes indicados en la figura, valor normalizado más próximo al calculado que daría a R_b para que el circuito auto-oscile. **(2 puntos)**

1.11) Si el valor de f_t del A.O. es de 1 Mhz, evaluar la frecuencia de autoscilación en hercios. **(2 puntos)**

OBSERVACIONES: La puntuación será el promedio de los puntos alcanzados.

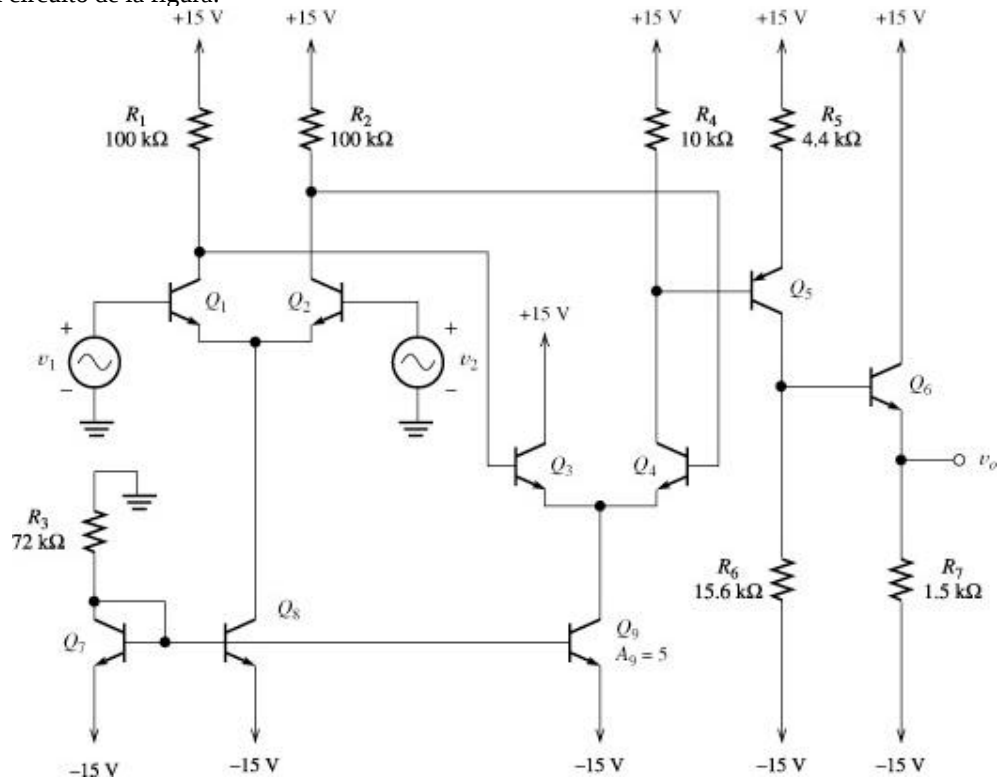
Se valorará positivamente el haber contestado correctamente alguna pregunta de todos los ejercicios. Todas las respuestas deben estar claras y concisamente justificadas

EXAMEN DE ELECTRÓNICA ANALÓGICA.- CONVOCATORIA 19-09-2.002
2º CURSO DE INGENIERÍA TÉCNICA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

APELLIDOS Y NOMBRE:

EJERCICIO 2.-

Sea el circuito de la figura:



Todos los transistores son idénticos y las áreas relativas de los mismos son iguales salvo la de Q_9 que posee un área relativa de 5.

Se pide:

1º) En ausencia de señal, con v_1 y v_2 cero, hipótesis de beta infinito, y $V_{BEQ}=0,6$ voltios para todos los transistores, determinar las corrientes de colector en el punto de trabajo para todos los transistores, y hallar la tensión de salida v_o . **(4+2 puntos)**

2º) Suponiendo que $\beta = 200$ para todos los transistores, utilizando las corrientes de polarización obtenidas en el apartado anterior, y suponiendo despreciable el efecto Early:

- a) Determine r_π para los transistores Q_1 a Q_6 **(3 puntos)**
- b) Determine la impedancia de entrada diferencial de la segunda etapa diferencial **(1 punto)**
- c) Dibuje el circuito equivalente en alterna en modo diferencial **(1 punto)**
- d) Dibuje el circuito incremental equivalente en modo diferencial. **(1 punto)**
- e) Deduzca la expresión literal de la impedancia de entrada en modo diferencial. Evalúe numéricamente su valor. **(1 punto)**
- f) Deduzca la expresión de la ganancia en modo diferencial. **(3 puntos)**
Evalúe numéricamente su valor. Exprésela en decibelios **(1 punto)**
- g) Deduzca la expresión literal de la impedancia de salida **(2 puntos)**
Evalúe numéricamente su valor **(1 punto)**

OBSERVACIONES: La puntuación será el promedio de los puntos alcanzados.

Se valorará positivamente el haber contestado correctamente alguna pregunta de todos los ejercicios. Todas las respuestas deben estar claras y concisamente justificadas

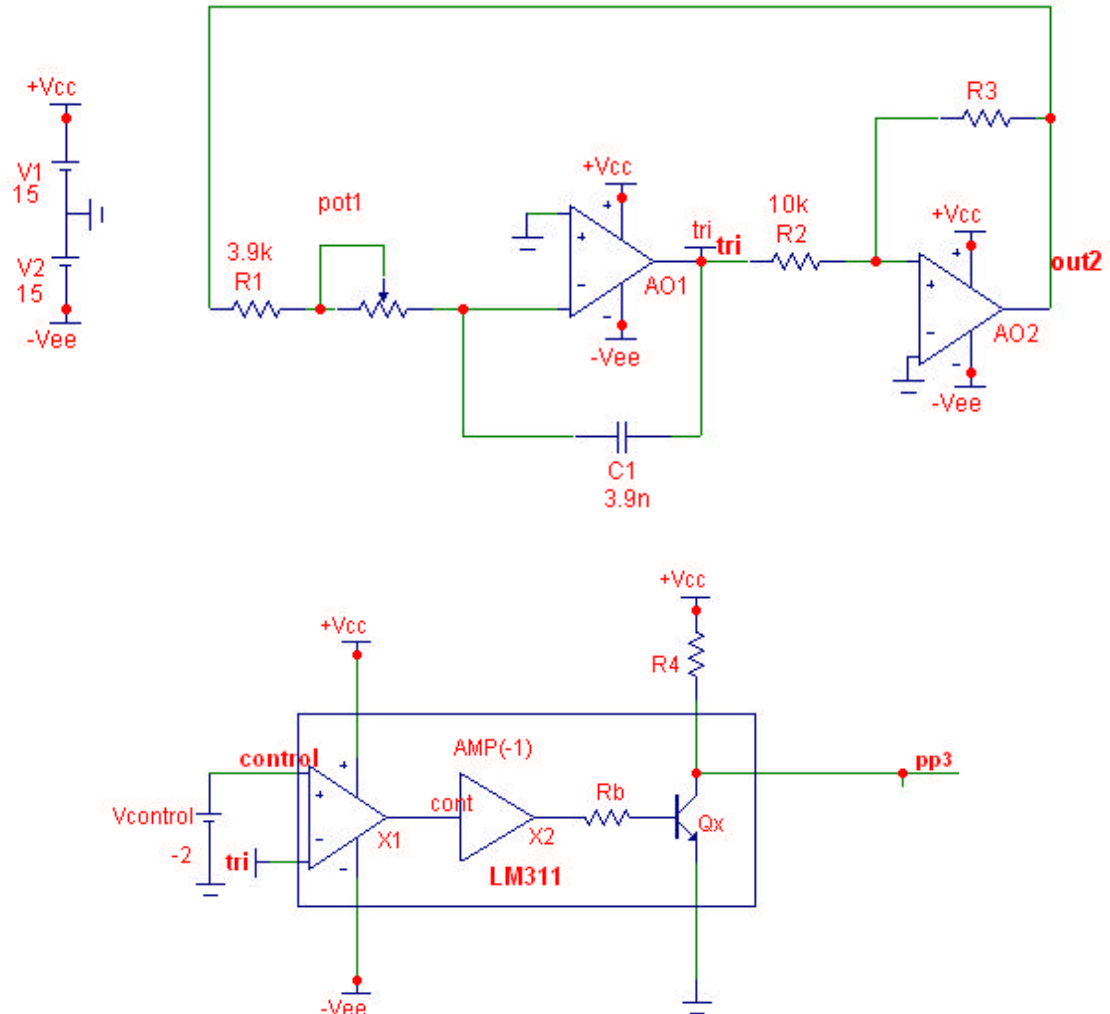
EXAMEN DE ELECTRÓNICA ANALÓGICA.- CONVOCATORIA 19-09-2.002
2º CURSO DE INGENIERÍA TÉCNICA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

APELLIDOS Y NOMBRE:

EJERCICIO OPCIONAL

(Podrá subir la nota hasta 1 punto si se entrega correctamente resuelto, y hasta dos puntos si se realiza la simulación, montaje y comprobación experimental.) . Los plazos se fijarán de acuerdo con el profesor

Sea el circuito de la figura:



1.- Circuito generador de onda triangular y control PWM

El conjunto formado por AO1 y AO2, implementan un generador de señales triangular y cuadrada, cuya frecuencia la podemos controlar ajustando el potenciómetro pot1. El AO1 está funcionando como un integrador, y AO2 como un comparador con histéresis, cuya banda se puede ajustar en función de la relación R2/R3, y de las tensiones de saturación del AO2.

El LM311, es un C.I. comparador de elevado S.R., con salida de transistor en colector y emisor abierto. Un modelo simplificado es el de la figura. El valor de Rb es el adecuado para garantizar que Q_x esté en corte o saturación

Con la alimentación de +/- 15 voltios, la triangular que deseamos obtener aproximadamente es de +/-10 voltios de pico(V_p). En la entrada no inversora del comparador se aplica una tensión de control, que puede estar comprendida

entre el valor de +V_p y -V_p, si deseamos que el control de $d = \frac{T_{ON}}{T}$ en función de V_{control}, sea lineal.

La salida en colector de Q_x será la señal de control a aplicar .

OBSERVACIONES: La puntuación será el promedio de los puntos alcanzados.

Se valorará positivamente el haber contestado correctamente alguna pregunta de todos los ejercicios. Todas las respuestas deben estar claras y concisamente justificadas

EXAMEN DE ELECTRÓNICA ANALÓGICA.- CONVOCATORIA 19-09-2.002
2º CURSO DE INGENIERÍA TÉCNICA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

APELLIDOS Y NOMBRE:

El A.O.1 y el A.O.2 están integrados en el mismo C.I., cuyas características mas importantes son:

Etapas de entrada Jfet de canal P

$V_{OS} = 10 \text{ mV}$ (Tensión de desviación a la entrada.)

$I_{OS} = 25 \text{ pA}$ (Corriente de desviación a la entrada)

$I_{BIAS} = 50 \text{ pA}$ (Corriente de polarización de las entradas)

$A_{VOL} = 100 \text{ V/mV} = 100.000$ (Ganancia en modo diferencial en lazo abierto en continua)

$R_{in} = 10^{12} \text{ ohms}$ (Resistencia de entrada en modo diferencial)

$R_{OUT} = 75 \text{ ohms}$ (Resistencia de salida en lazo abierto)

$I_{SC} = 10 \text{ mA}$ (Corriente máxima antes de entrar la protección contra sobre corriente)

$SR = 13 \text{ V/}\mu\text{s}$

$f_t = 4 \text{ Mhz.}$ $V_{sat \text{ positiva}} = +15 \text{ voltios}$ $V_{sat \text{ negativa}} = -15 \text{ voltios}$ (Alimentación a $\pm 15 \text{ V}$.)

Se pide:

1º) Explicar breve y concisamente el funcionamiento cualitativo del circuito. (2 puntos)

2º) Empleando alimentación simétrica de $\pm 15 \text{ V}$., y suponiendo alcanzado el régimen periódico:

- Valor de la resistencia R3, para que el comparador con histéresis bascule a una tensión en su entrada de aproximadamente $+10 \text{ V}$., y bascule a saturación negativa cuando la tensión de entrada descienda a -10 V .. (1 punto)
- Expresión literal de la frecuencia, expresada en hercios, de la tensión en v_{tri} en función de R1, Pot1, C1, R3, R2. (2 puntos)
- Con el valor numérico de resistencia R3 elegido en el apartado a), se desea escoger Pot1, de tal forma que la frecuencia de la tensión v_{tri} , pueda ajustarse aproximadamente entre 1 KHz y 20 KHz . En el laboratorio se disponen de potenciómetros lineales de 500 , 1 K , 5 k , 10 k , 50 k , 100 k , 500 k , 1 Meg . Elegir el mas adecuado. (1 punto)
- ¿Aproximadamente, cuanto valdrá el valor eficaz de la c.a. de v_{tri} (1 punto)

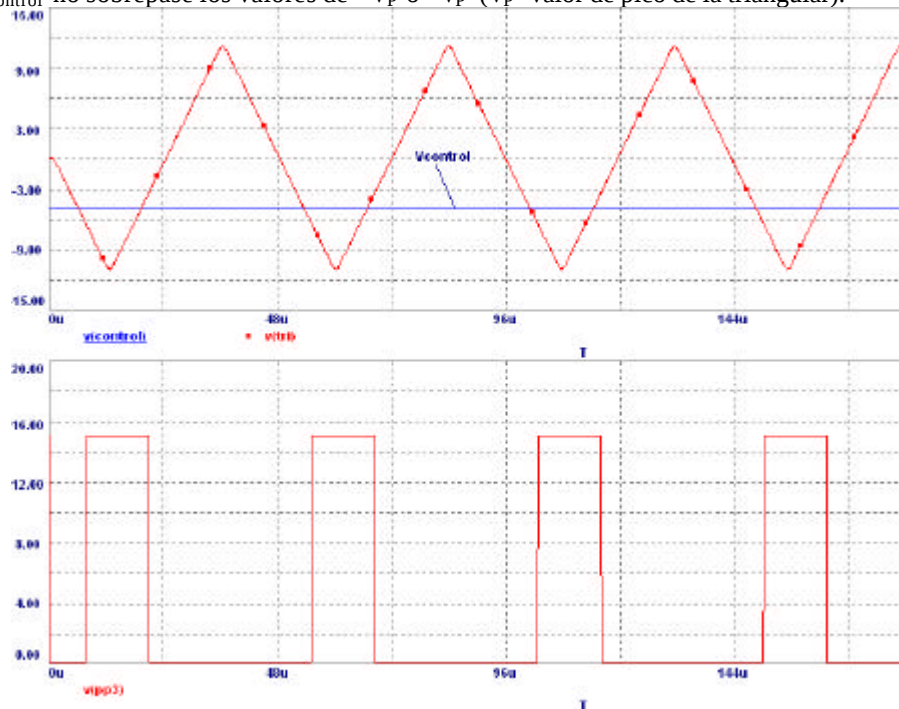
3º) Tal como se observa en la figura, la señal triangular se lleva a la entrada inversora de un comparador, aplicándose en la entrada no inversora una tensión continua $v_{control}$.

Cuando $v_{control}$ es mayor que v_{tri} el transistor Q_X está a corte. En caso contrario está a saturación.

Llamando T_{ON} al intervalo en el que v_{pp3} está a nivel alto, T_{OFF} al intervalo en el que v_{pp3} está a nivel bajo, y siendo T el periodo de la triangular. Y llamando $\delta = T_{ON}/T$, se pide:

Demostrar que δ vale :
$$\delta = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{v_{control}}{V_p} \right)$$
 (2 puntos)

siempre que $v_{control}$ no sobrepase los valores de $+V_p$ ó $-V_p$ (V_p =valor de pico de la triangular).



OBSERVACIONES: La puntuación será el promedio de los puntos alcanzados.

Se valorará positivamente el haber contestado correctamente alguna pregunta de todos los ejercicios. Todas las respuestas deben estar claras y concisamente justificadas

EXAMEN DE ELECTRÓNICA ANALÓGICA.- CONVOCATORIA 19-09-2.002
2º CURSO DE INGENIERÍA TÉCNICA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

APELLIDOS Y NOMBRE:

2)- Circuito con bobina, transistor bipolar y Zener.

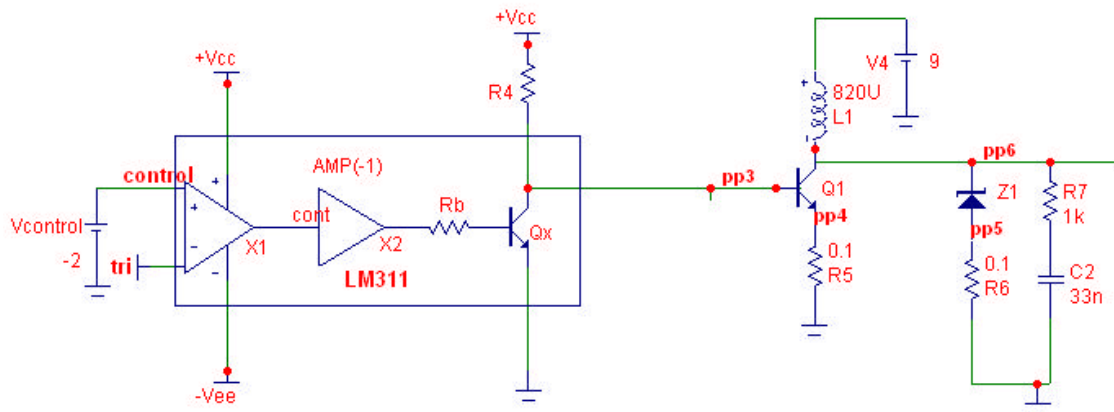
La salida pp3 de la etapa anterior se aplica al circuito representado en la figura:

Si el transistor de potencia es un bipolar, el valor de $R4$ y de $\beta_{\min}$ es importante, para predecir la máxima corriente que puede circular por el mismo antes de entrar en la R.A.N.

Las resistencias de 0.1 ohmios se utilizan para tomar las muestras de tensión a través de los correspondientes elementos, pudiéndose suponer despreciable su efecto respecto al cálculo de las corrientes. Cuando la tensión aplicada a la base es positiva (Q_x a corte) se establece casi instantáneamente una corriente de base de $(+V_{cc} - V_{BEQ1}) / R4 = I_{BQ1}$. Debido a que la corriente a través de la bobina no puede variar bruscamente, el transistor entra en saturación hasta que la corriente a través de $L1$ alcanza el valor de $\beta_F \cdot I_{BQ}$ (si es que la alcanza), pasando a partir de este momento a trabajar en la R.A.N., haciéndose la corriente a través de la autoinducción prácticamente constante, y por tanto su caída de tensión nula (salvo pérdidas resistivas). La tensión en colector de $Q1$ (pp6) se hace entonces constante igual a $V4$ (9 voltios).

Cuando Q_x pasa a saturación, el transistor $Q1$ pasa casi instantáneamente a corte. En ese instante está circulando una determinada corriente a través de la bobina, que no puede variar bruscamente. El camino alternativo que tiene la citada corriente es a través del diodo Zener $Z1$, de tensión de ruptura 24 voltios, superior a la de $V4$ (9 voltios), pasando éste a conducir en inversa, y estableciéndose en sus terminales (pp6) una tensión prácticamente constante igual a E_z (24 voltios), hasta que la corriente a través del mismo se anule. La corriente que circula por la bobina durante este intervalo empieza a decrecer linealmente hasta que se hace cero. A partir de este momento el Zener deja de conducir, y la tensión en sus terminales pasa a ser $V4$, hasta el final del período.

La red "snubber" compuesta por la resistencia $R7$ y la capacidad $C2$, se emplea para eliminar los transitorios de alta frecuencia que se originan debidos a los diferentes efectos capacitivos de los semiconductores, no influyendo en el estudio simplificado.



Se ajusta el potenciómetro $pot\ 1$ para que la señal triangular sea de 10 KHz, y la señal de control para que δ valga 0,3.

Valor aproximado de $v_{control}$: (1 punto)
Ajuste aproximado de R_{p1} : (1 punto)

El transistor $Q1$ es de Silicio, con $\beta_{\min} = 50$ y $\beta_{\max} = 150$. $V_{Bessat} \cong V_{BEQ} \cong 0,8$ voltios. $V_{Cesat\ máxima} = 0,2$ voltios. **Régimen periódico alcanzado.** Tensión de ruptura del Zener: 24 voltios

OBSERVACIONES: La puntuación será el promedio de los puntos alcanzados.

Se valorará positivamente el haber contestado correctamente alguna pregunta de todos los ejercicios. Todas las respuestas deben estar claras y concisamente justificadas

EXAMEN DE ELECTRÓNICA ANALÓGICA.- CONVOCATORIA 19-09-2.002
2º CURSO DE INGENIERÍA TÉCNICA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

APELLIDOS Y NOMBRE:

Fijada la frecuencia a 10Khz, y δ a 0,3

Se pide:

1. Si se fija la resistencia R4 a 4,7 K, y el transistor que disponemos tiene una ganancia en la R.A.N. de 125,
 - a) En hoja a parte, dibujar expresiones gráficas de las corrientes a través de: bobina, transistor Q1, y diodo Zener, encontrando las expresiones literales de los tiempos y magnitudes más características. **(1 punto)**
 - b) En hoja aparte, dibujar las expresiones gráficas de las tensiones en los puntos pp3 y pp6, encontrando las expresiones literales de los tiempos y magnitudes más características. **(1 punto)**
 - c) Valor numérico de la corriente media a través de la bobina. **(1 punto)**
 - d) Valor numérico de la corriente media a través del colector de Q1. **(1 punto)**
 - e) Valor numérico de la corriente media a través del diodo Zener. **(1 punto)**
 - f) Valor numérico de la tensión en pp6. **(1 punto)**
 - g) Potencia media entregada por la fuente V4. **(1 punto)**
 - h) Potencia media disipada por el transistor Q1. **(1 punto)**
 - i) Potencia media disipada por el diodo Zener. **(1 punto)**

2. Si se fija la resistencia R4 a 4,7 K, y el transistor que disponemos tiene una ganancia en la R.A.N. de 50,
 - a) En hoja a parte, dibujar expresiones gráficas de las corrientes a través de: bobina, transistor Q1, y diodo Zener, encontrando las expresiones literales de los tiempos y magnitudes más características. **(1 punto)**
 - b) En hoja aparte, dibujar las expresiones gráficas de las tensiones en los puntos pp3 y pp6, encontrando las expresiones literales de los tiempos y magnitudes más características. **(1 punto)**
 - c) Valor numérico de la corriente media a través de la bobina. **(1 punto)**
 - d) Valor numérico de la corriente media a través del colector de Q1. **(1 punto)**
 - e) Valor numérico de la corriente media a través del diodo Zener. **(1 punto)**
 - f) Valor numérico de la tensión en pp6. **(1 punto)**
 - g) Potencia media entregada por la fuente V4. **(1 punto)**
 - h) Potencia media disipada por el transistor Q1. **(1 punto)**
 - i) Potencia media disipada por el diodo Zener. **(1 punto)**

3. A qué valor fijaría la resistencia R4, para que con un δ máximo de 0.8, en el peor de los casos el transistor Q1 no entre en le R.A.N. **(1 punto)**

4. ¿Qué potencia disipará esa resistencia? **(1 punto)**

OBSERVACIONES: La puntuación será el promedio de los puntos alcanzados.

Se valorará positivamente el haber contestado correctamente alguna pregunta de todos los ejercicios. Todas las respuestas deben estar clara y concisamente justificadas