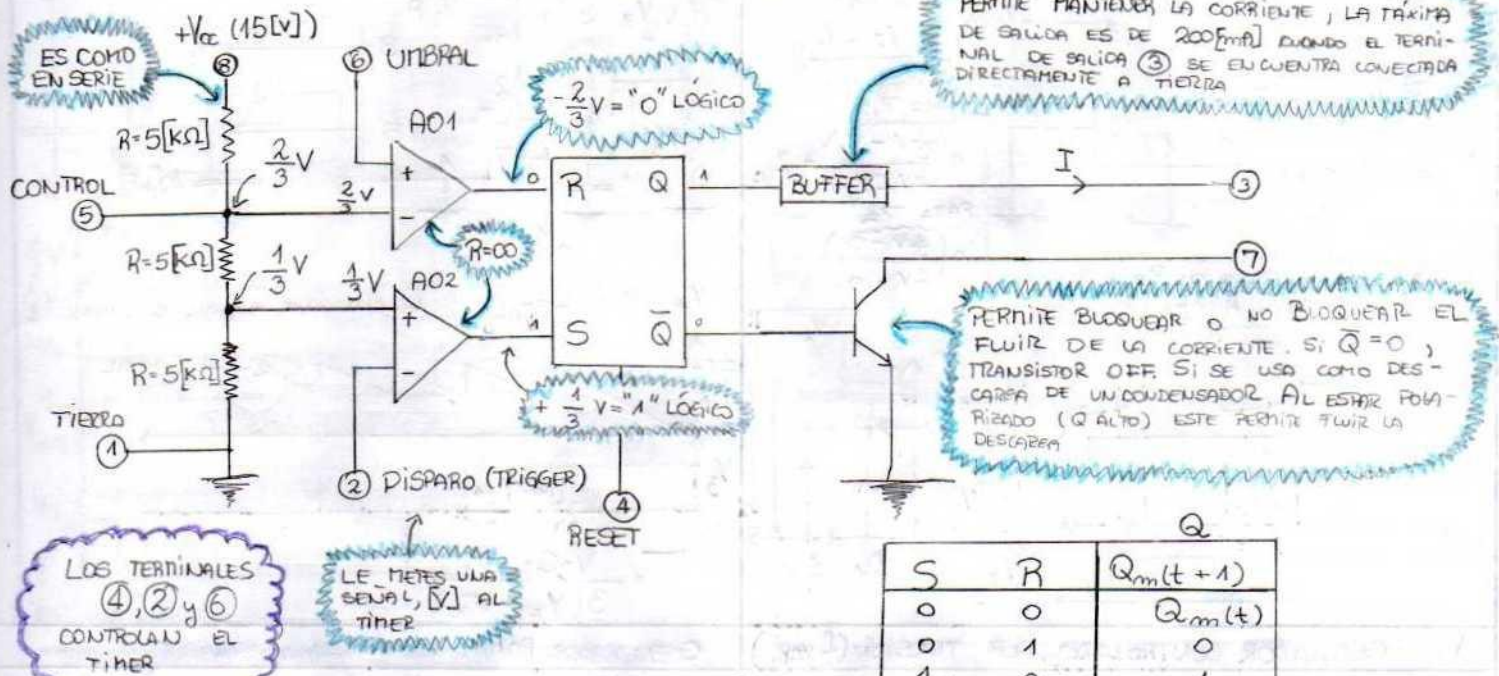


PRUEBA Nº 2 ELECTRÓNICA 2

18 DE OCTUBRE 2008

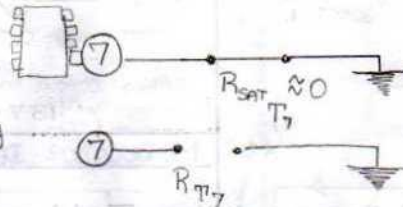
RESUMENTEORÍA Y APLICACIÓN DEL TIMERSALIDAS:

③:

$$V_3 = V \quad \text{si } Q = 1$$

$$V_3 = 0 \quad \text{si } Q = 0$$

⑦:

 $T_7$  SATURADO si  $\bar{Q} = 1$  y $T_7$  EN CORTE si  $\bar{Q} = 0$  y

④: RESET

si  $V_4$  ES ALTO  $\Rightarrow$  FLIP-FLOP HABILITADO

si  $V_4$  ES BAJO  $\Rightarrow Q = 0$

A.O: TRANSISTOR SATURADO

A01: si  $V_6 > \frac{2}{3}V$  A01 SATURA POSITIVO y  $R=1$  LÓGICOA02: si  $V_2 > \frac{1}{3}V$  A02 SATURA NEGATIVO y  $S=0$  LÓGICO



FÓRMULA PRINCIPAL PARA T (NO PARA RAMP)  $T = T_1 + T_2$

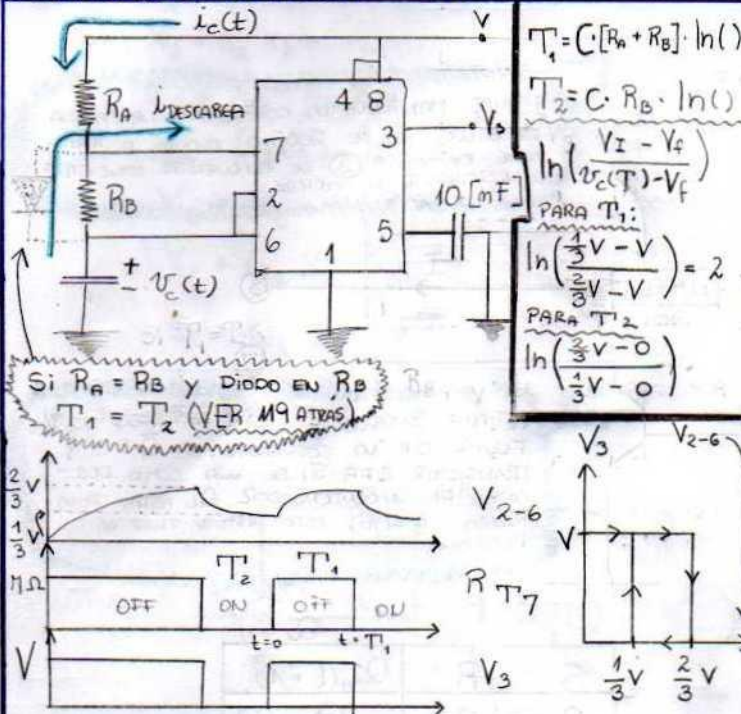
$T = C \cdot (R_A + R_B) \cdot \ln\left(\frac{V_{INICIAL} - V_{FINAL}}{V_c(T) - V_{FINAL}}\right)$  ;  $T = T_1 + T_2$

CARGA!!  
VEL DE DESCARGA?

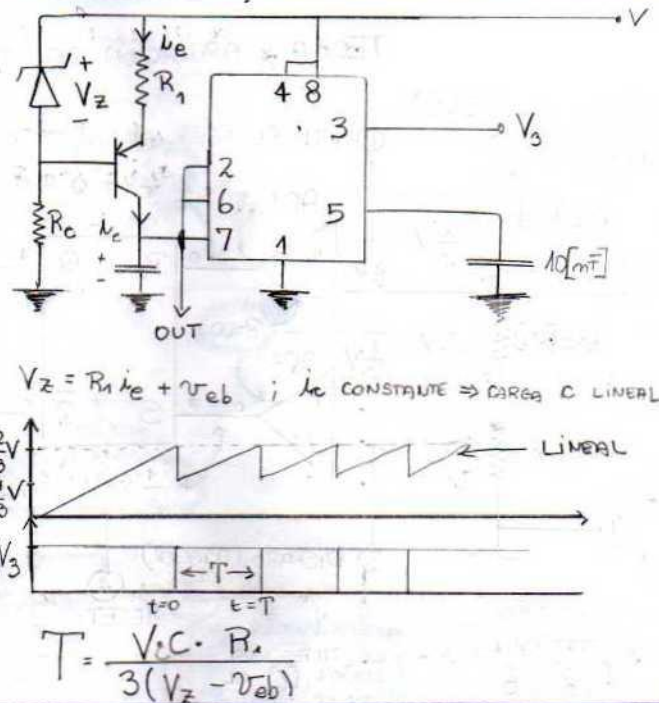
TIPOS DE CONFIGURACIONES DEL  
TIMER 555

$i_c = C \cdot \frac{dv_c(t)}{dt}$

### GENERADOR ASTABLE (555)

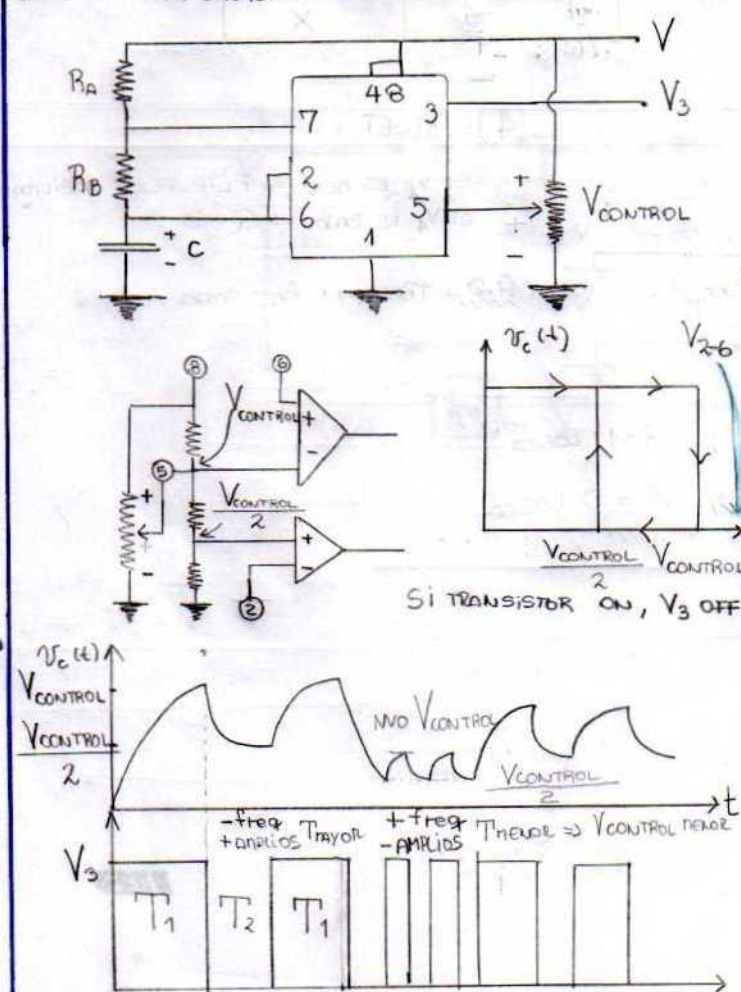


### GENERADOR RAMPA

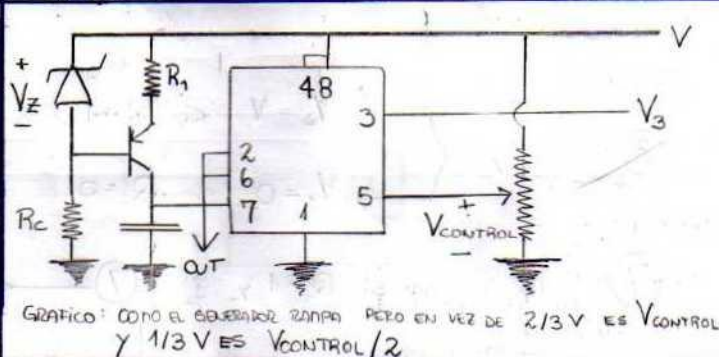


### VCO - OSCILADOR CONTROLADO POR TENSION (f var.)

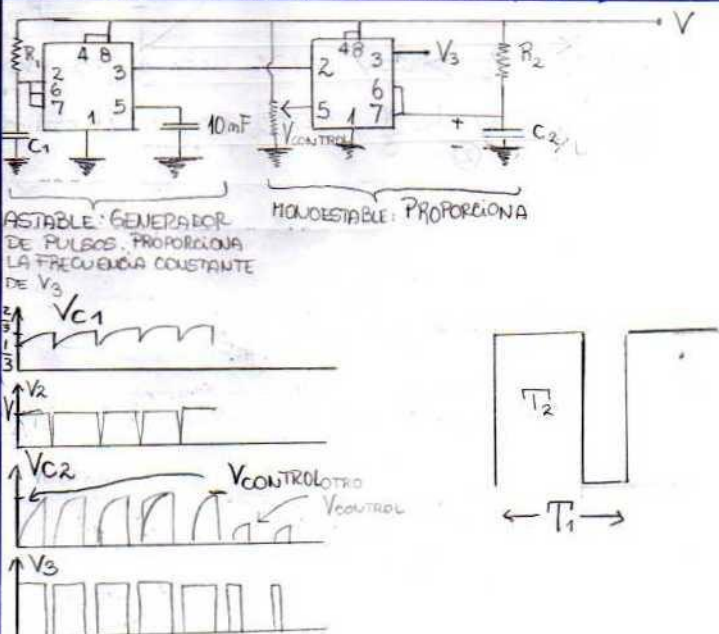
GENERAR UNA SENAL CON FRECUENCIA VARIABLE



### GENERADOR RAMPA CON FRECUENCIA VARIABLE

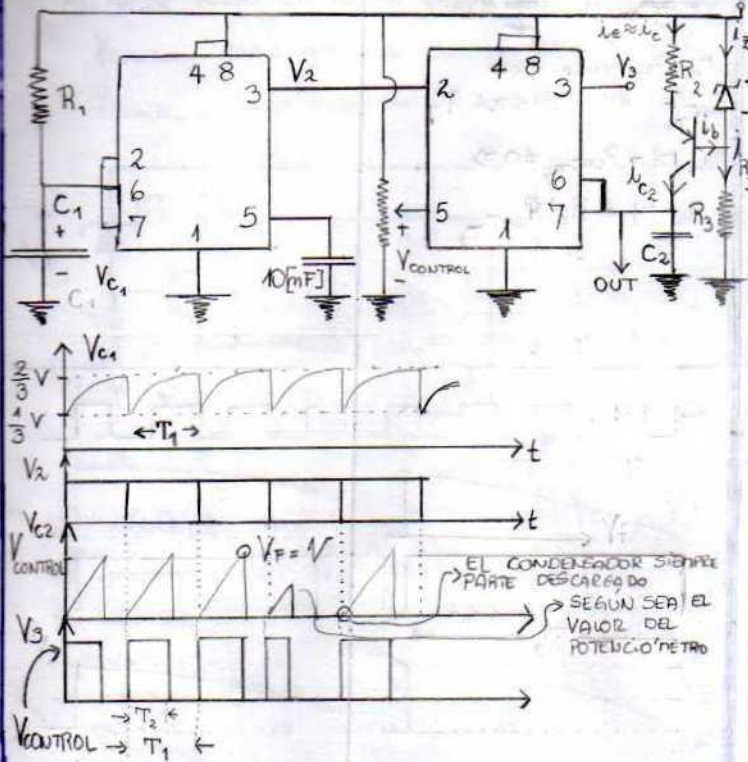


### MODULADOR DE ANCHO DE PULSO (PWM)

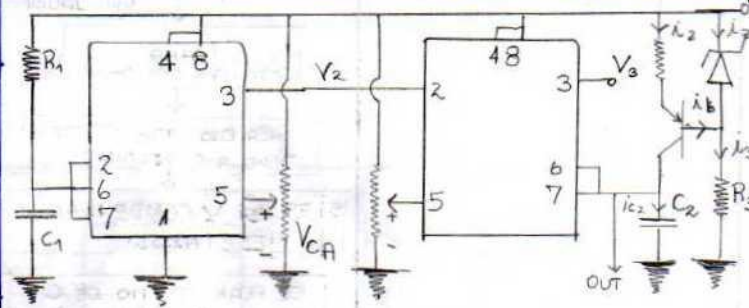




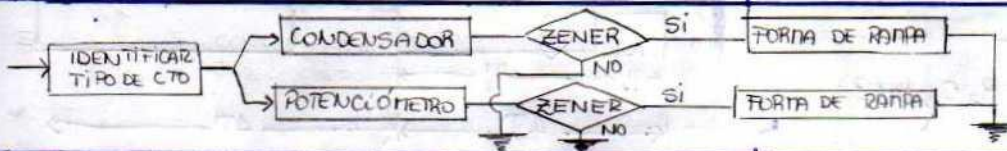
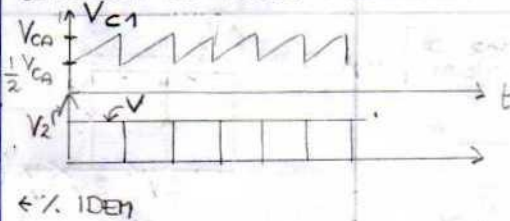
### GENERADOR DE RAMPA TIPO PWM



### GENERADOR DE RAMPA TIPO PWM CON FRECUENCIA VARIABLE



### GENERADOR DE PULSOS PROPORCIONAL A FRECUENCIA VARIABLE



### OSCILADOR CONTROLADO POR TENSION EN SALIDA ⑤ SE UTILIZA UN POTENCIÓMETRO (FRECUENCIA REGULABLE)

#### ASPECTOS GENERALES:

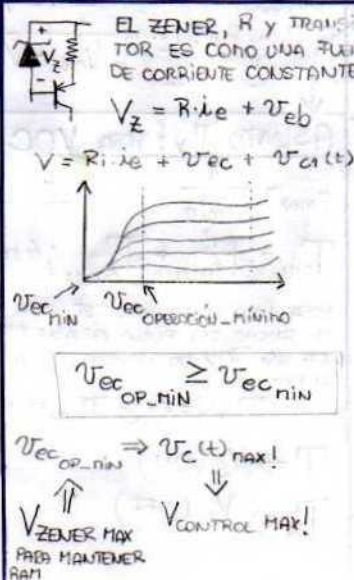
- OBTENER LOS  $V_{CONTROL}$ , VOLTAJES MÁX Y MÍN.
- EL VALOR MÁX DEL CONDENSADOR (ALCANZADO) CORRESPONDE AL  $V_{CONTROL}$  MÁXIMO

### GENERADOR ASTABLE

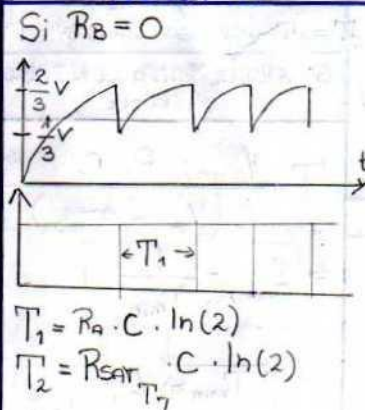
#### ZENER NO

PARA  $f_{min} \rightarrow T_{max} \rightarrow V_{CONTROL}^{MAX}$   
 $f_{max} \rightarrow T_{min} \rightarrow V_{CONTROL}^{MIN}$

#### ZENER SI



#### ZENER NO



#### ZENER SI



## ZENER NO

## ZENER SI

## ZENER NO

$$! \quad V_{ec_{OP, MIN}} \geq (V_{ec_{MIN}} = 0)$$

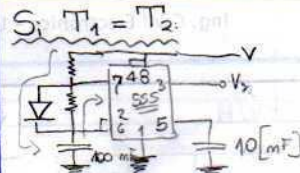
SI QUIERO QUE LA RANPA SEA LO M3S LINEAL POSIBLE

$V_{ZENER}$   
DEBE SER MAXIMO

PARA ELA  $V_{ec}$  OPERACION  
TIENE QUE SER MINIMO

SI ES ASI  $V$  CONDENSADOR  
ES MAXIMO

EL PEAK MAXIMO DE  $C$   
ES EL  $V_{CONTROL MAX}$ .



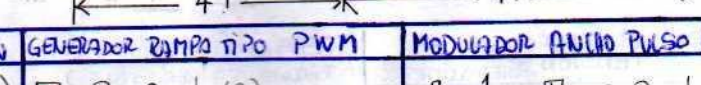
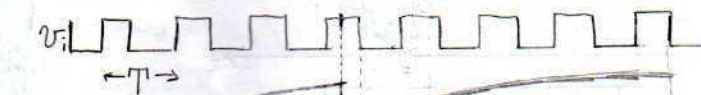
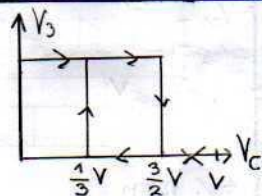
$r_d$  = RESISTENCIA DIODO

$R_{SAT}$  = " TRANSISTOR  $T_7$

Si  $r_d = R_{SAT} T_7 \neq 0 \Rightarrow$

$$R_A + r_d = R_B + R_{SAT} T_7$$

$V_i$  → DIVISOR DE FRECUENCIAS →  $V_o$



$$T_3 = 4T - \frac{T}{4} = R_1 C_1 \ln(3) ; T_1 = R_2 C_2 \ln(3)$$

## GENERADOR ASTABLE (555)

$$T_1 = C \cdot [R_A + R_B] \cdot \ln \left( \frac{V_I - V_f}{V_C(T_1) - V_f} \right)$$

$$\ln(2) = \ln \left( \frac{\frac{1}{3}V - V}{\frac{2}{3}V - V} \right)$$

$$T_2 = C \cdot [R_B] \cdot \ln \left( \frac{V_I - V_f}{V_C(T_2) - V_f} \right)$$

$$\ln(2) = \ln \left( \frac{\frac{2}{3}V - 0}{\frac{1}{3}V - 0} \right)$$

\* Si  $R_A = R_B$  y DIODO PUENTE  
 $R_B \Rightarrow T_1 = T_2$

## GENERADOR RANPA

$$V_Z = R_1 I_e + V_{eb}$$

$$T = \frac{V \cdot C \cdot R_1}{3(V_Z - V_{eb})}$$

## OSCILADOR CONTRAIDO X TENSION

$$T_1 = C \cdot [R_A + R_B] \cdot \ln \left( \frac{V_{CONTROL} - V}{V_{CONTROL} - V} \right)$$

$$T_2 = R_B \cdot C \cdot \ln(2) = \text{CONSTANTE}$$

PARA  $\ln$  SE APLICA

$$\ln \left( \frac{V_I - V_f}{V_C(t) - V_f} \right)$$

$$f_{max} = \frac{1}{T_{min}} ; T_{min} = T_{1min} + T_2$$

## GENERADOR RANPA CON FRECUENCIA VARIABLE

$$T = \frac{V_{CONTROL} \cdot R_1 \cdot C}{2(V_Z - V_{eb})}$$

$$\text{Si } f_{max} = \frac{1}{T_{min}}$$

$$T_{min} \Rightarrow V_{CONTROL MIN}$$

$$I_{ZENER} \approx 10[mA]$$

## GENERADOR RANPA TIPO PWM

$$T_1 = R_1 \cdot C_1 \cdot \ln(2)$$

$$T_2 = \frac{V_{CONTROL} \cdot C_2 \cdot R_2}{V_Z - V_{eb}}$$

$V_I = 0 \rightarrow$  EL CONDENSADOR PARTE SIEMPRE DESCARGADO

$$I_c = \frac{V_Z - V_{eb}}{R_2} = \text{CONSTANTE}$$

$$\text{LINEAL} \quad T_1 = R_1 C_1 \cdot \ln \left( \frac{V_{CA} - V}{V_{CA} - V} \right)$$

## ASUNTO $T_1$ y $f$ PARA VOC

$$f_{max} = \frac{1}{T_{min}}$$

$$T_{min} = T_{1min} + T_{2min} ; \text{ ó } T_{max}$$

PARA  $f_{min}$  DEBE CUMPLIRSE QUE EL ANCHO DEL PULSO VARIABLE ( $T_1$ ) SEA UN 70% DEL PERIODO DE LA SEÑAL

$$T_{1max} = 0.3 \cdot T_{max} = 0.3 \cdot \frac{1}{f_{min}}$$

$$T_1 \Rightarrow V_3 (ON)$$

$$T_2 \Rightarrow V_3 (OFF)$$

## MODULADOR ANCHO PULSO (PWM)

$$f = \frac{1}{T_1} ; T_1 = C_1 R_1 \cdot \ln(2)$$

$$T_2 = R_2 \cdot C_2 \cdot \ln \left( \frac{V_I - V_f}{V_C(T_2) - V_f} \right)$$

$$\text{Si } T_{2max} \Rightarrow V_{CONTROL MAX}$$

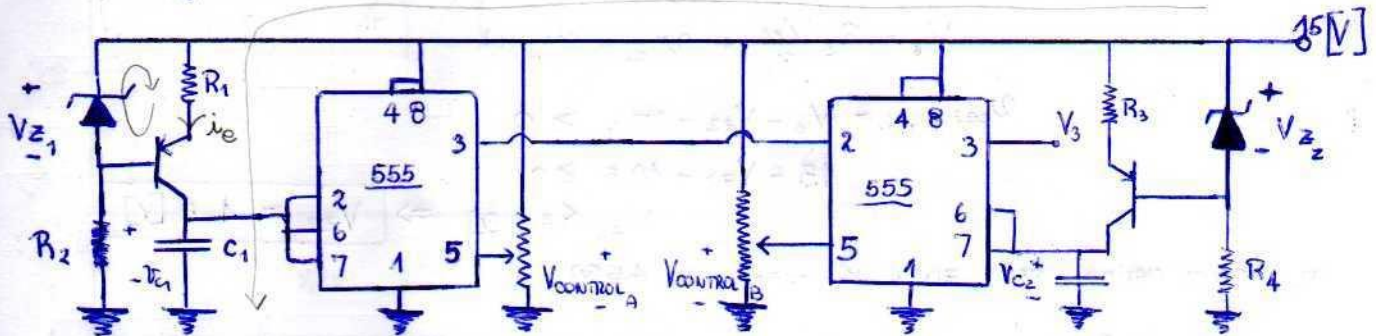


✓ 1) EL GENERADOR PWM DE LA FIGURA TRABAJA A FRECUENCIA MÁXIMA DE 10 [kHz]. SE DESEA QUE EL ANCHO MÁXIMO DE PULSO EN  $V_3$  SEA DE UN 80% DEL PERÍODO DE LA SEÑAL. DESPRECE  $V_{eb}$  EN AMBOS TRANSISTORES.

$V_{CONTROL A}$  VARÍA ENTRE UN 50% Y 80% DE +V

$$C_1 = C_2 = 100 [nF]$$

$V_{CONTROL B}$  VARÍA ENTRE UN 30% Y 70% DE +V



- ENCUENTRE LOS MÁXIMOS VALORES DE  $V_{Z1}$  Y  $V_{Z2}$  PARA QUE AMBAS RAMPAS SEAN LINEALES
- EMPLRANDO LOS VALORES CALCULADOS DE  $V_{Z1}$  Y  $V_{Z2}$  ENCUENTRE LOS VALORES DE  $R_1$  Y  $R_3$
- GRAFIQUE LAS SEÑALES  $V_{C1}$ ,  $V_{C2}$ ,  $V_2$  Y  $V_3$  CON SUS VALORES DE INTERÉS

$$f_{max} = 10 [kHz] \Rightarrow T_{min} \Rightarrow V_{CONTROL MIN}$$

$$V_{CONTROL A} \begin{cases} \text{MAX} \rightarrow 80\% \rightarrow 12 [V] \\ \text{MIN} \rightarrow 50\% \rightarrow 7.5 [V] \end{cases}$$

$$V_{CONTROL B} \begin{cases} \text{MAX} \rightarrow 70\% \rightarrow 10.5 [V] \\ \text{MIN} \rightarrow 30\% \rightarrow 4.5 [V] \end{cases}$$

1a) PRIMERA ETAPA: SE TIENE POR DEFECTO QUE

$$V_{Z1} = R_1 \cdot i_e + V_{eb}$$

$$i_e = \frac{V_{Z1}}{R_1}$$

ADENAS:

$$V_{15[V]} = R_1 \cdot i_e + V_{ec} + V_{C1}$$

$$V_{15[V]} = R_1 \left( \frac{V_{Z1}}{R_1} \right) + V_{ec} + V_{C1}$$

$$V_{ec} = V_{15} - V_{Z1} - V_{C1}$$

$$V_{ce_{OP\_MIN}} \geq V_{ce_{MIN}}$$

$$\text{Si } V_{ce_{OP\_MIN}} \Rightarrow V_C(t)_{MAX}! \Rightarrow V_{CONTROL MAX}!$$

$$(V_{ce_{OP\_MIN}} = V_{15} - V_{Z1} - V_{C_{MAX}}) \geq (0 = V_{ce_{MIN}})$$

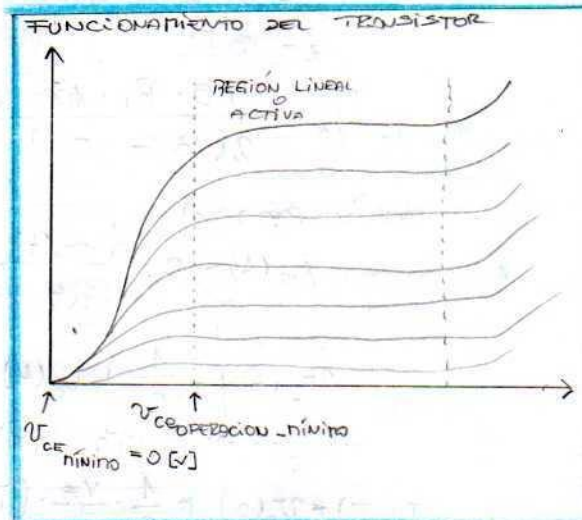
$$V_{15} - V_{Z1} - V_{C_{MAX}} \geq 0$$

$$V_{Z1} \leq V_{15} - V_{C_{MAX}}$$

$$V_{Z1} \leq 15 - 12 = 3$$

$$V_{Z1} \leq 3 [V] \rightarrow V_{Z1} = 3 [V]$$

$$V_{CONTROL MAX} \rightarrow 80\% \rightarrow 12 [V]$$



EL VALOR MÁXIMO DEL ZENER 1 ES 3 [V] PARA MANTENER UNA RANPA LINEAL

## SEGUNDA ETAPA:

ANÁLOGAMENTE:

$$V_{Z2} = R_3 i_{B3} + v_{eb}^{\circ}$$
$$i_{B3} = \frac{V_{Z2}}{R_3}$$

$$V_{15} = R_3 \frac{V_{Z2}}{R_3} + v_{ce2} + v_{c2}(t)$$

$$v_{ce2_{OP\_min}} = V_{15} - V_{Z2} - v_{c2} \geq 0$$

$$15 - V_{Z2} - 10.5 \geq 0$$

$$V_{Z2} \leq 4.5 [V] \Rightarrow \boxed{V_{Z2} = 4.5 [V]}$$

EL VALOR MÁXIMO DEL ZENER Z DEBE SER 4.5 [V]

1b) PARA  $V_{Z1} = 3 [V]$ :

DESPRECIANDO  $v_{eb}$

$$T_2 = \frac{V_{CONTROL} \cdot R_1 \cdot C}{2 \cdot (V_Z - v_{eb})} ;$$

$$f_{max} = \frac{1}{T_{min}} \Rightarrow T_{min} \Rightarrow V_{CONTROL_{min}}$$

$$V_{CONTROL_{min}} = 7.5 [V]$$

$$C = 100 [nF] = 100 \cdot 10^{-9} [F]$$

$$V_Z = 3 [V]$$

$$T_2 = \frac{7.5 \cdot R_1 \cdot 100 \cdot 10^{-9}}{2(3 - 0)} = \frac{1}{10000} \Rightarrow \boxed{R_1 = 800 [\Omega]}$$

O TAMBIÉN (PASO A PASO)

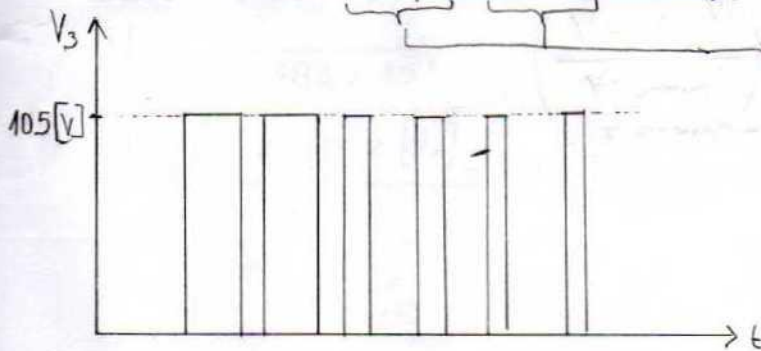
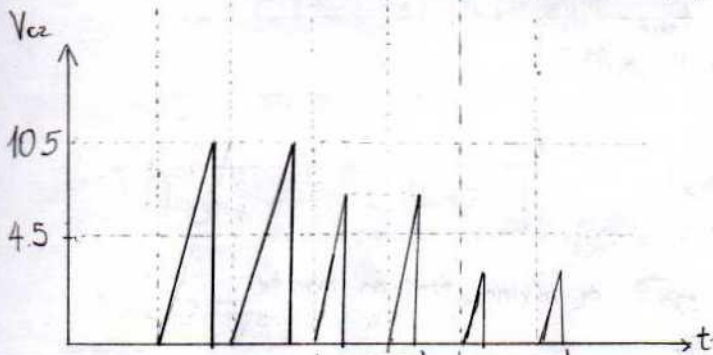
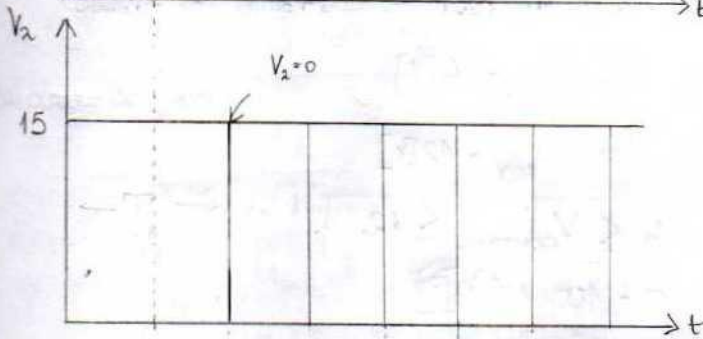
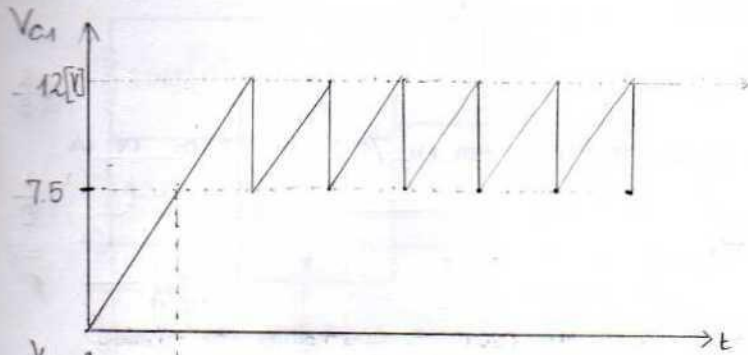
$$i_c(t) = C \cdot \frac{dv_{ce}(t)}{dt} / \int$$

$$v_{ce}(t) \Big|_0^T = \frac{1}{C} \int_0^T i_c(t) dt ; i_c = \frac{V_Z}{R_1}$$

$$v_{ce}(T) - v_{ce}(0) = \frac{1}{C} \cdot \frac{V_Z}{R_1} \cdot (T - 0)$$

$$7.5 - \frac{7.5}{2} = \frac{1}{100 \cdot 10^{-9}} \cdot \frac{3}{R_1} (1 \cdot 10^{-4}) \Rightarrow \boxed{R_1 = 800 [\Omega]}$$



1c) Graficar  $V_{C1}$ ,  $V_{C2}$ ,  $V_2$  y  $V_3$ 

Utilizando OTROS VALORES DEL POTENCIÓMETRO  
V DE CONTROL

✓ 2) DISEÑA UN VCO CON LOS SIGUIENTES DATOS (SI ES POSIBLE)

$$V = 15 [V]$$

$V_{CONTROL}$  VARIABLE ENTRE 40% Y 80% DE  $V$

$$C = 100 [nF]$$

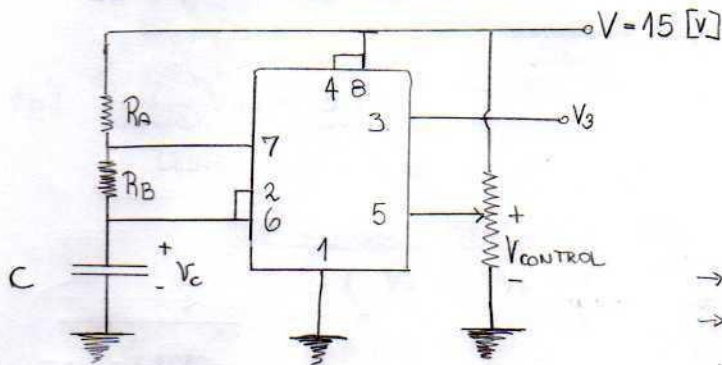
$$f_{min} = 1 [kHz]$$

PARA  $f_{min}$  DEBE CUMPLIRSE QUE EL ANCHO DEL PULSO VARIABLE SEA UN 70% DEL PERÍODO DE LA SEÑAL.

DIBUJE SU CIRCUITO CON SUS VALORES CALCULADOS

¿CUAL ES SU  $f_{max}$ ?

EL TIPO DE CONFIGURACIÓN QUE REPRESENTARÍA EL TIMER ES UN OSCILADOR CONTROLADO POR TENSION



$$V_{CONTROL_{min}} = 6 [V]$$

$$V_{CONTROL_{max}} = 12 [V]$$

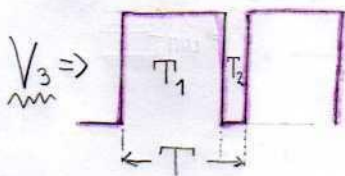
$$6 \leq V_{CONTROL} \leq 12$$

$$\rightarrow C = 100 \cdot 10^{-9} [F]$$

$$\rightarrow f_{min} = 1 [kHz]$$

$$\rightarrow V = 15 [V]$$

PARA  $f_{min} \Rightarrow T_{max} \rightarrow V_{CONTROL_{max}}$



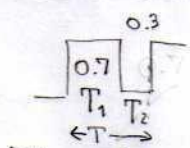
$$f_{min} = 1000 [Hz]$$

$$T_{max} = (1000)^{-1}$$

$$T_{max} = 0.001 [s]$$

EL MÁXIMO PERÍODO POSIBLE

SE TIENE QUE:



$$T_2 = 0.3 \cdot \frac{1}{1000} = C \cdot R_B \cdot \ln(2)$$

$$\frac{0.3}{1000} = 100 \cdot 10^{-9} \cdot R_B \cdot \ln(2)$$

$$R_B = 4328 [\Omega]$$

$$T_1 = C(R_A + R_B) \cdot \ln\left(\frac{\frac{V_{CONTROL}}{2} - V}{V_{CONTROL} - V}\right)$$

$$T_2 = C \cdot R_B \cdot \ln(2) = \text{CONSTANTE}$$

PARA  $R_A \rightarrow T_1$

$$T_1 = C(R_A + R_B) \cdot \ln\left(\frac{\frac{V_{CONTROL}}{2} - V}{V_{CONTROL} - V}\right) = 0.7 T = 0.7 \frac{1}{1000}$$

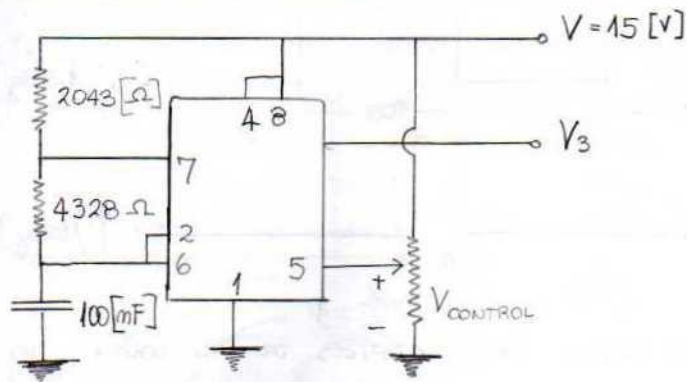
$$T = T_1 + T_2 = 100 \cdot 10^{-9} (R_A + 4328) \cdot \ln\left(\frac{\frac{12}{2} - 15}{12 - 15}\right) = 0.0007$$

$$R_A = 2043.6 [\Omega]$$

max! PORQUE ESTAMOS EN  $f_{min}$



FINALMENTE EL CIRCUITO QUEDA

cálculo de  $f_{max}$ 

$$\rightarrow f_{max} = \frac{1}{T_{min}} \Rightarrow V_{CONTROL} - \text{ninguna}$$

$$T_{min} = T_{1min} + T_{2min}$$

$$T_{min} = C \cdot (R_A + R_B) \cdot \ln \left( \frac{\frac{V_{CONTROL}}{2} - V}{V_{CONTROL} - V} \right) + C \cdot R_B \cdot \ln(2)$$

$$T_{min} = 100 \cdot 10^{-9} (2043 + 4328) \cdot \ln \left( \frac{\frac{6}{2} - 15}{6 - 15} \right) + 100 \cdot 10^{-9} (4328) \cdot \ln(2)$$

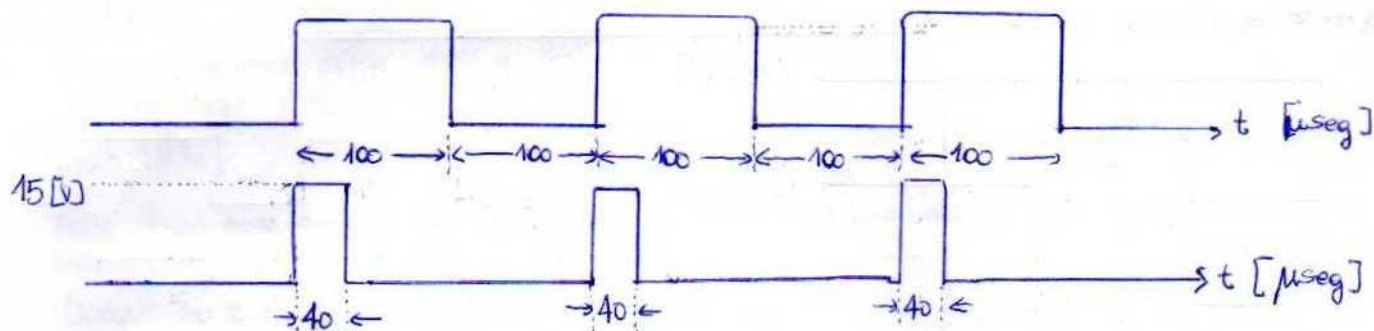
$$T_{min} = 483,2 \text{ } [\mu s]$$

$$f_{max} = \frac{1}{T_{min}}$$

$$f_{max} = \frac{1}{483,2 \cdot 10^{-6}}$$

$$f_{max} = 2069,2 \text{ } [Hz]$$

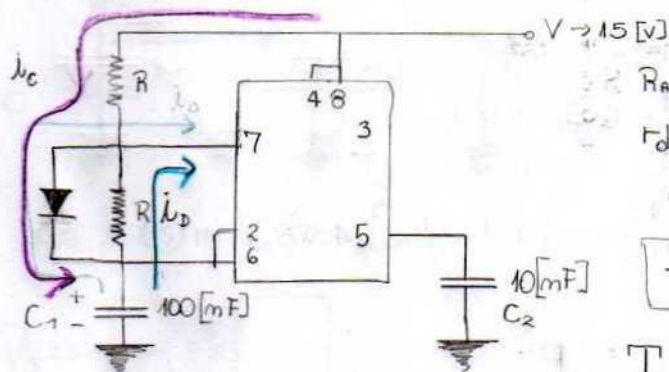
✓ 3) DISEÑE UN CIRCUITO (DIBUJADO) QUE ENTREGUE LAS SIGUIENTES SEÑALES



EXPLIQUE CLARAMENTE EL FUNCIONAMIENTO DE SU CIRCUITO, EMPLEE GRÁFICOS DE LAS SEÑALES MAS IMPORTANTES

LOS ELEMENTOS QUE DISPONE SON: 1 FUENTE DE PODER DE 15 [V] FIJO, 2 TIMERS 555, CONDENSADORES DE 100 [mF] Y DE 10 [mF], RESISTENCIAS DE CUALQUIER VALOR Y DIODOS RECTIFICADORES (CONSIDERAR LOS ELEMENTOS IDEALES)

SE OBSERVA QUE  $T_1 = T_2 \Rightarrow R_A = R_B$  Y QUE SU CONFIGURACION ES UN CIRCUITO GENERADOR ASTABLE



$$R_A = R_B = R \quad \text{PARA QUE } T_1 = T_2$$

$r_d$  y  $R_{SAT_{T_7}}$  SERÁN DESPRECIABLES

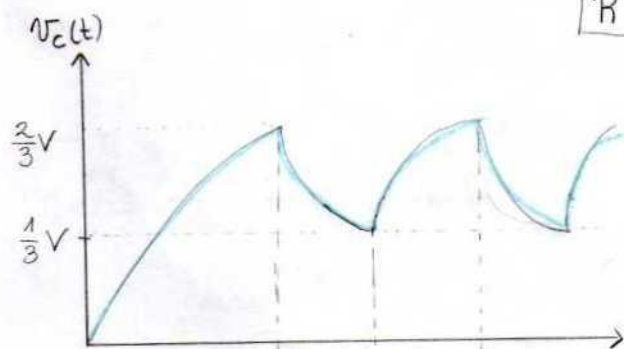
$$T = 100 [\mu s] = 100 \cdot 10^{-6} [s]$$

$$f = 10000 [Hz]$$

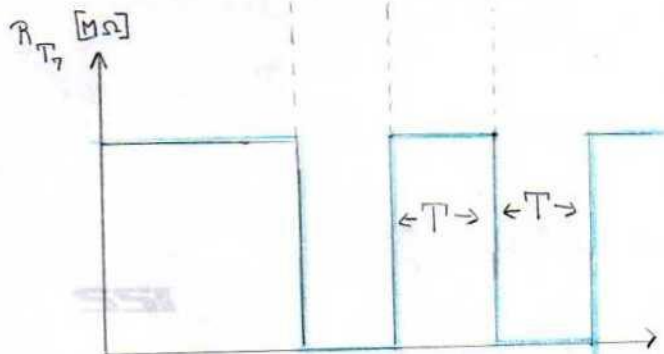
$$T = C [R_A + R_B] \cdot \ln(2) \quad // R_A = R_B = 0$$

$$100 \cdot 10^{-6} = 100 \cdot 10^{-9} (R) \cdot \ln(2)$$

$$R = 1442.7 [\Omega]$$

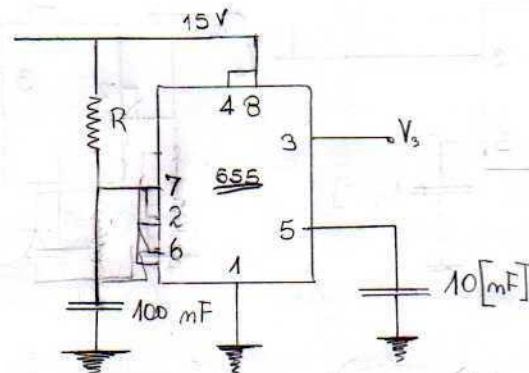
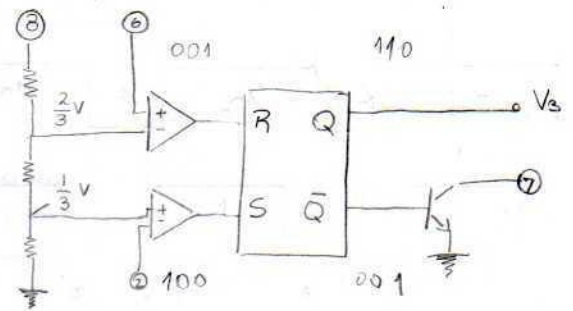
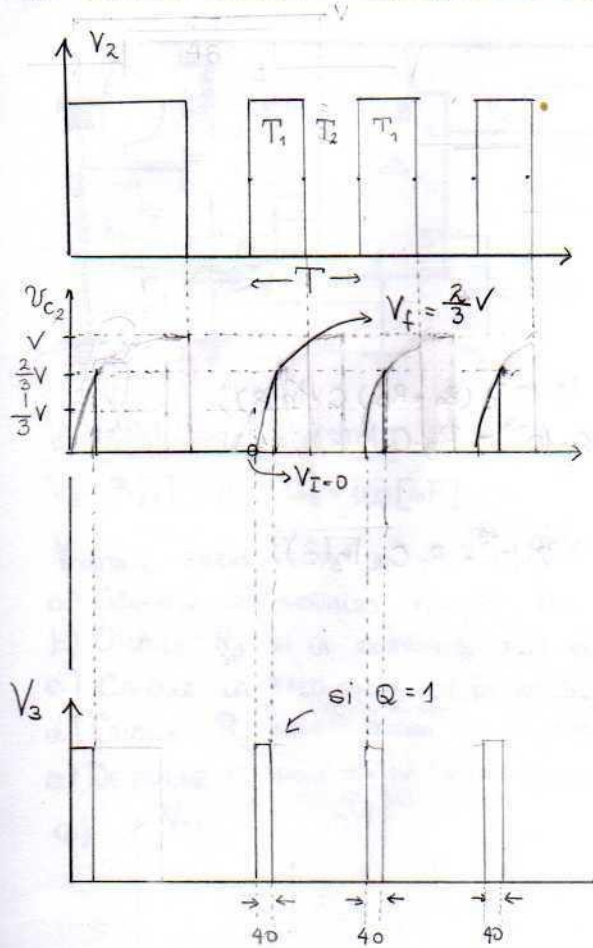


$$T = 100 [\mu s]$$





LA SEGUNDA SEÑAL QUE ENTREEA UN  $V_2$  DE ENTRADA



$$T = C \cdot (R_A + R_B) \cdot \ln \left( \frac{V_I - V_f}{V_{C2}(T_1) - V_f} \right)$$

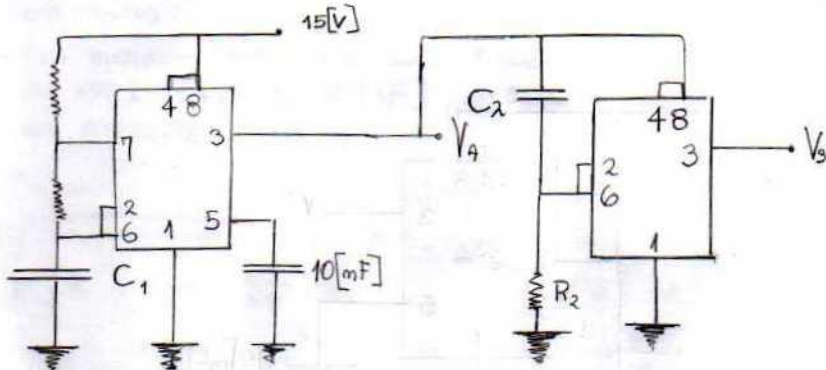
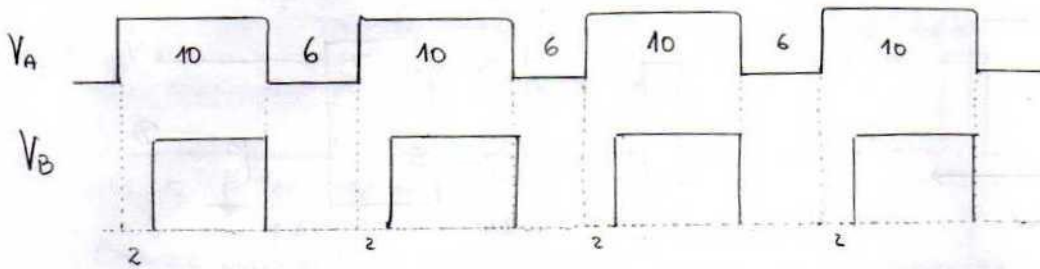
$$40 \cdot 10^{-6} = 100 \cdot 10^{-9} \cdot R \cdot \ln \left( \frac{0 - 15}{\frac{2}{3} \cdot 15 - 15} \right)$$

$$R = 364 [\Omega]$$

$V_z$ , si SUBO + ?  
 LA AMPLITUD EN 3 SIEMPRE ES  $V$ ?  
 BUFFER

# MATERIA EXTRA

## DESPLAZADOR DE FRANCOS DE SUBIDA



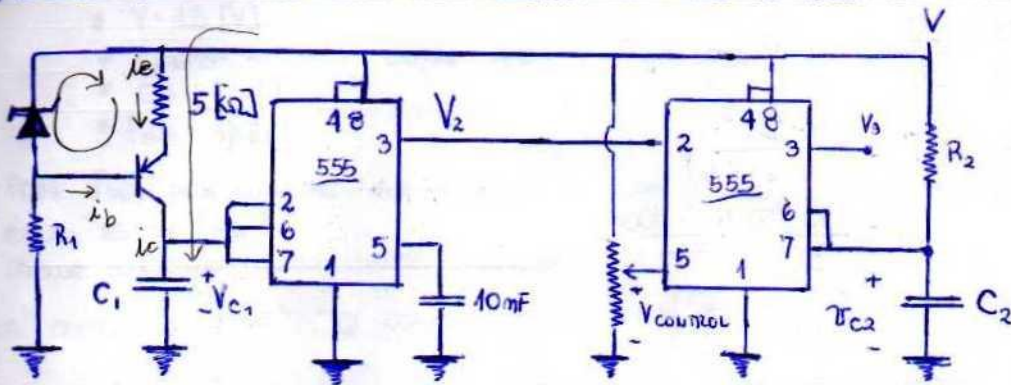
$$10 \cdot 10^{-3} = (R_A + R_B) C \cdot \ln(2);$$

$$6 \cdot 10^{-3} = R_B \cdot C \cdot \ln(2);$$

$$2 \cdot 10^{-3} = R_2 C_2 \ln(3);$$



4) EL SIGUIENTE CIRCUITO TRABAJO COMO MODULADOR DE ANCHO DE PULSO



$$V = 15[V] ; v_{eb} = 0.7[V]$$

$$V_z = 3[V] ; C_1 = C_2 = 100[mF]$$

$V_{CONTROL}$  VARIA ENTRE UN 40% Y 90% DE  $V$

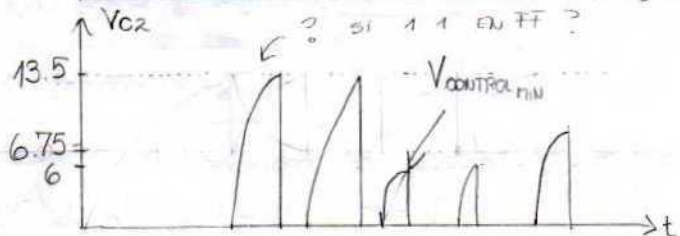
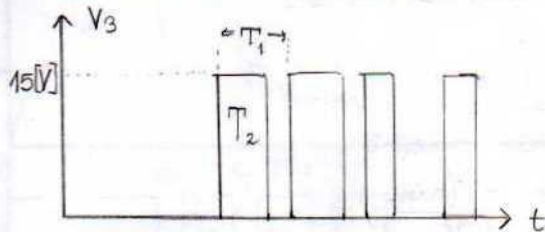
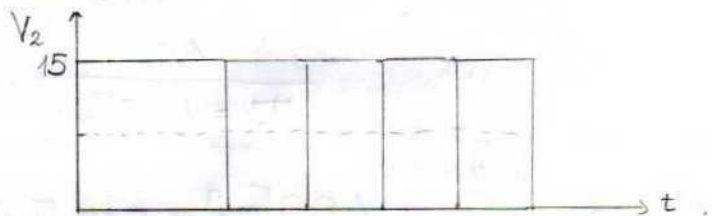
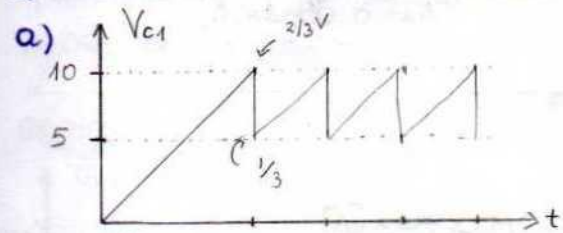
a) GRATIQUE LAS SEÑALES  $V_{C1}$ ,  $V_2$ ,  $V_{C2}$  Y  $V_3$

b) CALCULE  $R_1$  SI LA CORRIENTE POR EL ZENER ES DE  $5[ma]$

c) CALCULE LA FRECUENCIA DE LA SEÑAL  $V_3$

d) CALCULE  $R_2$  SI SE DESEA QUE EL ANCHO MÁXIMO DEL PULSO  $V_3$  SEA IGUAL A LA MITAD DEL PERIODO

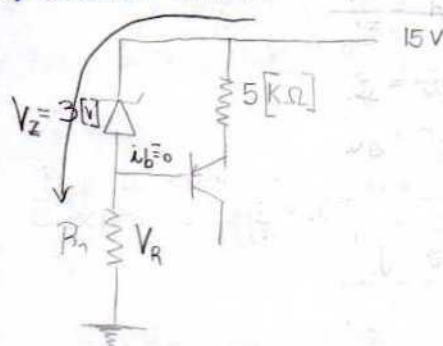
e) DETERMINE EL ANCHO MÍNIMO QUE ALCANZA EL PULSO  $V_3$



$$V_{CONTROL} = 13.5[V]$$

$$V_{CONTROL} = 6[V]$$

b) CALCULAR  $R_1$  A TRAVÉS DEL LAZO



$$V_{15} = V_z + V_R ; V_R = V_{15} - V_z$$

$$V = I \cdot R \quad // \quad I_z = I_{R1} = 5[ma]$$

$$\frac{V_{R1}}{I_{R1}} = R_1 ; \frac{V_{15} - V_z}{I_{R1}} = R_1 ; \frac{15 - 3}{5 \cdot 10^{-3}} = R_1$$

$$R_1 = 2400$$

3) FRECUENCIA DE LA SEÑAL  $V_3$

PARA  $V_{CONTROL\_MAX} \Rightarrow T_{maximo} \Rightarrow freq -$

$$V_{CONTROL\_MAX} = 13.5 [V]$$

$$V_{CONTROL\_MIN} = 6 [V]$$

T PARA EL PRIMER TIMER:

$$T_2 = \frac{V \cdot C \cdot R_1}{3(V_2 - V_{eb})}$$

$$T_2 = \frac{15 \cdot 100 \cdot 10^{-9} \cdot 5000}{3(3 - 0.7)}$$

$$T_2 = 1.08 [ms]$$

O TAMBIÉN PUDO HABERSE OBTENIDO DE LA SIGUIENTE FORMA

$$i_c = C \cdot \frac{dv_c(t)}{dt}$$

$$\frac{dv_c(t)}{dt} = i_c \cdot \frac{1}{C}$$

$$v_c(T_1) - v_c(0) = \frac{1}{C} \cdot \int_0^T i_c \cdot dt$$

CONSTANTE

$$v_c(T) - v_c(0) = \frac{i_c}{C} (T - 0)$$

$$10 - 5 = \frac{0.00046}{100 \cdot 10^{-9}} \cdot T$$

$$T_2 = 1.08 [ms]$$

//  $V_z = R \cdot i_e + V_{eb}$   
 $3 = 5K \cdot i_e + 0.7$   
 $i_e = 0.00046 [A]$

4)  $R_2 = ?$

$$T_3 = \frac{T_2}{2} = \frac{1.08 [ms]}{2} = 543 [\mu s] = 0.000543 [s]$$

$$T_3 = 0.000543 [s]$$

UTILIZANDO LA FÓRMULA DE OSCILADOR CONTROLADO POR TENSIÓN

$$T_3 = C \cdot (R_A + R_B) \cdot \ln \left( \frac{V_{INICIAL} - V_{FINAL}}{v_c(T) - V_{FINAL}} \right)$$

$$V_{INICIAL} = \frac{V_{CONTROL}}{2} ; V_{FINAL} = V ; v_c(T) = V_{CONTROL} ; R_B = 0$$

$$0.000543 = 100 \cdot 10^{-9} \cdot (R_2) \cdot \ln \left( \frac{\frac{13.5}{2} - 15}{13.5 - 15} \right)$$

$$R_2 = 2360 \Omega$$

5) ANCHO MÍNIMO DEL PULSO  $V_3$   $T_{min} \Rightarrow freq_{max} \Rightarrow V_{CONTROL\_MIN}$

$$T = 6 [V]$$

$$T = C \cdot (R_A + R_B) \cdot \ln \left( \frac{V_E - V_F}{v_c(T) - V_{FINAL}} \right)$$

$$T = 100 \cdot 10^{-9} \cdot 2360 \cdot \ln \left( \frac{0 - 15}{6 - 15} \right)$$

$$T = 120 [\mu s]$$



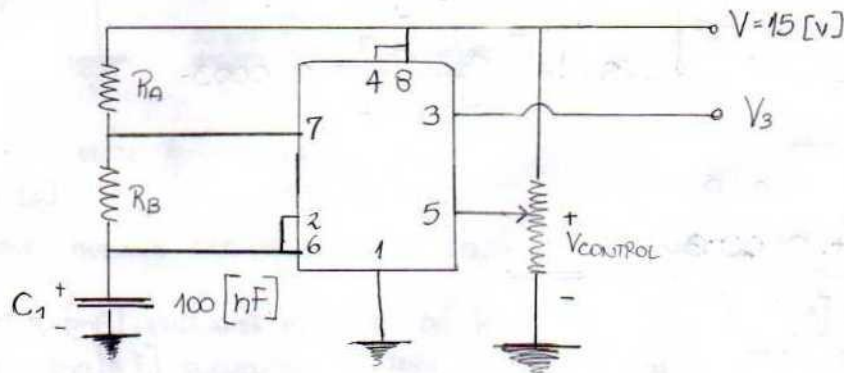
## 5) DISEÑE UN VCO CON LOS SIGUIENTES DATOS (SI ES POSIBLE)

- \*  $V = 15 [V]$
- \*  $V_{\text{CONTROL}} \text{ VARIABLE ENTRE } 40\% \text{ y } 80\% \text{ DE } V$
- \*  $C = 100 [nF]$
- \*  $f_{\text{min}} = 1 [kHz]$

PARA  $f_{\text{min}}$  DEBE CONSIDERARSE QUE EL ANCHO DEL PULSO VARIABLE SEA UN 70% DEL PERÍODO DE LA SEÑAL ¿CUAL ES SU  $f_{\text{max}}$ ?

DIBUJE SU CIRCUITO CON SUS VALORES CALCULADOS

LA CONFIGURACIÓN VCO CONSISTE EN EL SIGUIENTE CIRCUITO



$f_{\text{min}} \Rightarrow T_{\text{max}} \Rightarrow V_{\text{CONTROL MAX}}$   
VALORES DE  $V_{\text{CONTROL}}$  ————  $\begin{matrix} \text{MAX} \rightarrow 12 [V] \\ \text{MIN} \rightarrow 6 [V] \end{matrix}$

$$T_c = 70\% \text{ DE } 0.001 [s] \Rightarrow T_c = 0.0007$$

$$f_{\text{min}} = 1000 [Hz] \Rightarrow T = \frac{1}{1000} = 0.001 [s]$$

$$T_c = C \cdot (R_A + R_B) \cdot \ln \left[ \frac{V_L - V_F}{V_c(T) - V_F} \right]$$

PERÍODO DE DESCARGA

$$T_D = C \cdot R_B \cdot \ln \left[ \frac{V_L - V_F}{V_c(T) - V_F} \right]$$

$$0.0007 = 100 \cdot 10^{-9} (R_A + R_B) \cdot \ln \left[ \frac{\frac{12}{2} - 15}{12 - 15} \right]$$

$$(R_A + R_B) = 6371.6 [\Omega]$$

$$T_1 \Rightarrow 30\% T$$

PARA LA DESCARGA:  $T_D = C \cdot R_B \cdot \ln \left[ \frac{V_L - V_F}{V_c(T) - V_F} \right]$  ;  $T_D = 0.001 - 0.0007 = 0.0003 [s]$

$$0.0003 = 100 \cdot 10^{-9} \cdot R_B \cdot \ln \left[ \frac{12 - 0}{\frac{12}{2} - 0} \right]$$

$$R_B = 4328 [\Omega]$$

$$R_A + R_B = R_A + 4328 = 6371 \quad ; \quad R_A = 2043 [\Omega]$$

\*  $f_{\max}$ ?

$$\rightarrow f_{\max} \rightarrow V_{\text{CONTROL\_MÍNIMO}} \Rightarrow T_{\min}$$

$$T_c = C \cdot (R_a + R_b) \cdot \ln \left[ \frac{V_I - V_{\text{FINAL}}}{V_c(T) - V_{\text{FINAL}}} \right]$$

$$V_{\text{INICIAL}} \Rightarrow \frac{V_{\text{CONTROL\_MÍN}}}{2} = \frac{6}{2} = 3 \text{ [V]} ; V_{\text{FINAL}} = 15 \text{ [V]}$$

$$V_c(T) \Rightarrow V_{\text{CONTROL}} = 6 \text{ [V]}$$

$$T_{\text{MIN\_CARGA}} = 100 \cdot 10^{-9} \cdot (6371) \cdot \ln \left[ \frac{3 - 15}{6 - 15} \right] = 0.00018$$

$$T_{\text{MIN\_DESCARGA}} = 100 \cdot 10^{-9} \cdot 4328 \cdot \ln \left[ \frac{6 - 0}{3 - 0} \right] = 0.0003$$

$$T_{\min} = T_{\min\_c} + T_{\min\_d}$$
$$= 0.00018 + 0.0003$$

$$T_{\min} = 0.00048 \text{ [s]}$$

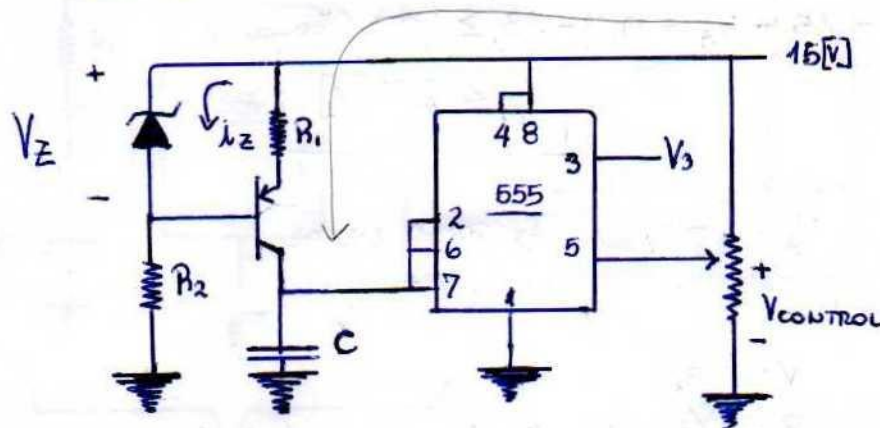
$$T_{\min} = \frac{1}{f_{\max}} \Rightarrow f_{\max} = \frac{1}{T_{\min}}$$

$$f_{\max} = \frac{1}{0.00048}$$

$$f_{\max} = 2069 \text{ [Hz]}$$



6) SE TIENE EL SIGUIENTE CIRCUITO GENERADOR DE RAMPA QUE TRABAJA A UNA FRECUENCIA MÁXIMA DE  $5 \text{ [kHz]}$



$V_{\text{CONTROL}}$  VARÍA ENTRE 6 Y 13 VOLTS

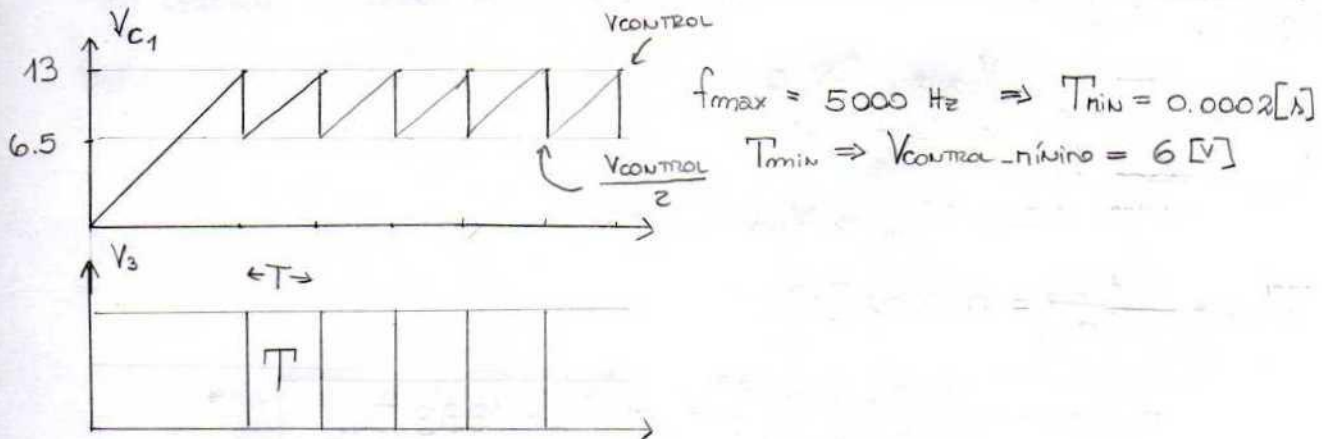
$V_{\text{eb}} = 0.7 \text{ [V]}$

a) JUSTIFIQUE, MEDIANTE CÁLCULOS, EL VALOR DEL VOLTAGE ZENER SI SE DESEA QUE LA RAMPA SEA LINEAL

b) Si  $I_Z = 10 \text{ [mA]}$ , ENCUENTRE EL VALOR DE  $R_2$

c) PARA  $C = 100 \text{ [nF]}$  ENCUENTRE  $R_1$  PARA LA RAMPA LINEAL

d) CON  $R_1$  CALCULADO EN C) EL VALOR MÍNIMO DE LA FRECUENCIA DEL GENERADOR



a) PARA QUE LA RAMPA SEA LINEAL:

$$V_Z = R_1 I_e + V_{\text{eb}}$$

$$I_e = \frac{V_Z - V_{\text{eb}}}{R_1}$$

PARA EL OTRO LAZO

$$V_{15} = R_1 I_e + V_{\text{ce}} + V_c(t)$$

$$V_{15} = R_1 \frac{V_Z - V_{\text{eb}}}{R_1} + V_{\text{ce}} + V_c(t)$$

$$V_{\text{ce}} = V_{15} - V_Z + V_{\text{eb}} - V_c(t)$$

$$V_{ce_{op\_min}} \geq V_{ce_{min}}$$

$$\Rightarrow V_{ce_{op\_min}} = V_c(t)_{max} \Rightarrow V_{CONTROL\_MAX}$$

$$(V_{ce_{op\_min}} = 15 - V_Z + 0.7 - 13) \geq (0 = V_{ce_{min}})$$

$$V_{Z1} \leq 2.7 [V]$$

$$V_{Z1} = 2.7 [V]$$

$\Rightarrow$  RAMPA LINEAL

b) Si  $I_Z = 10 [mA]$

$$V_{R2} = I \cdot R_2$$

$$R_2 = \frac{V_{R2}}{I}$$

$$; \quad // \quad V_{15} = V_Z + V_{R2}; \quad V_{R2} = V_{15} - V_Z$$

$$R_2 = \frac{V_{15} - V_Z}{I_Z} \quad // \quad I_b \approx 0 [A]$$

$$R_2 = \frac{15 - 2.7}{10 \cdot 10^{-3}}$$

$$R_2 = 1230 [\Omega]$$

c)  $C = 100 [mF]$  ;  $R_1 = ?$

$$T_{CARSA} = \frac{V_{CONTROL} \cdot R_1 \cdot C}{2(V_Z - V_{eb})}$$

Si  $f_{max} = \frac{1}{T_{min}} \quad \rightarrow \quad T_{min} \Rightarrow V_{CONTROL\_MIN}$

$$T_{min} = \frac{1}{5000} = 0.0002 [s]$$

$$0.0002 = \frac{6 \cdot R_1 \cdot 100 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot (2.7 - 0.7)} \Rightarrow R_1 = 1333 [\Omega]$$

d)  $f_{min} = \frac{1}{T_{max}} ; \quad T_{max} \Rightarrow V_{CONTROL\_MAX}$

$$T_{max} = \frac{13 \cdot 1333 \cdot 100 \cdot 10^{-9}}{2(2.7 - 0.7)}$$

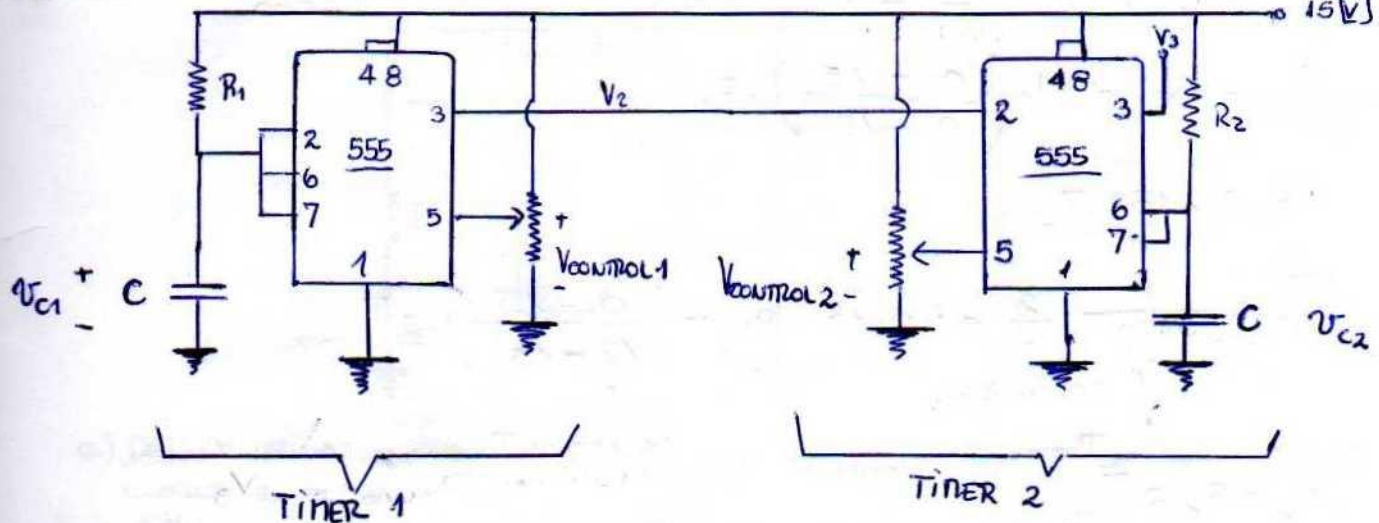
$$T_{max} = 0.00043 [s]$$

$$f_{min} = \frac{1}{0.00043}$$

$$f_{min} = 2308 [Hz]$$



7) EL CIRCUITO CORRESPONDE A UN PWM QUE TRABAJA A UNA FRECUENCIA MÁXIMA DE  $5\text{ [kHz]}$



$$C = 100\text{ [nF]}$$

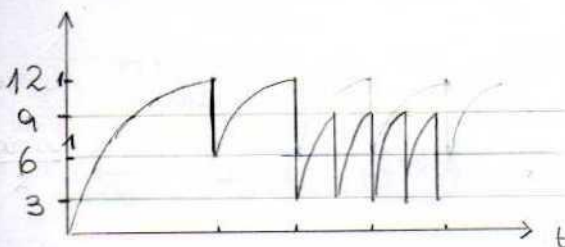
LOS  $V_{CONTROL}$  VARIAN ENTRE UN 60% Y 80% DE  $15\text{ [V]}$  (INDEPENDIENTEMENTE). SE DESSEA QUE EL ANCHO MÁXIMO DEL PULSO QUE ENTREGA EL TIMER 2 SEA  $2/3$  DEL PERÍODO DE LA SEÑAL PARA  $f_{max}$

- GRAFICAR  $V_{C1}$ ,  $V_{C2}$ ,  $V_2$  Y  $V_3$  CON SUS VALORES RESPECTIVOS
- DETERMINE LOS VALORES DE  $R_1$  Y  $R_2$
- DETERMINE EL ANCHO MÍNIMO QUE ALCANZA EL PULSO EN  $V_3$

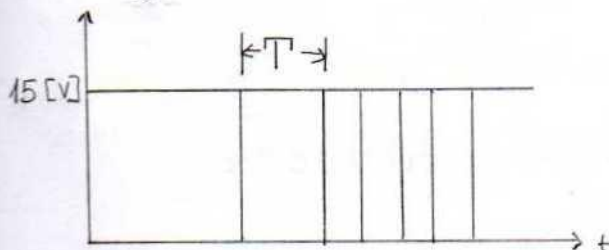
a) GRÁFICOS:

$$V_{CONTROL\_MAX} = 12$$

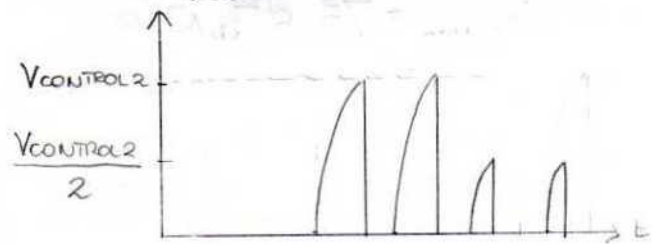
$V_{C1}$



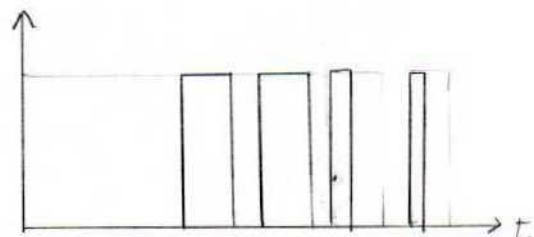
$V_2$



$V_{C2}$



$V_{CONTROL}$



b)  $R_1$  y  $R_2$

$$T_{1c} = C \cdot R_1 \cdot \ln\left(\frac{V_i - V_f}{V_c(T) - V_f}\right); \quad f_{max} = 5000 \Rightarrow T_{min} = \frac{1}{5000} \Rightarrow V_{control\_min}$$

$$\frac{1}{5000} = 100 \cdot 10^{-9} \cdot \ln\left(\frac{0 - 15}{9 - 15}\right) \cdot R_1$$

$$R_1 = 2182.7 [\Omega]$$

$$T_{2c} = \frac{1}{5000} \cdot \underbrace{\frac{2}{3}}_{\text{CARGA } \frac{2}{3} \text{ DEL } T_{TOTAL}} = 100 \cdot 10^{-9} \cdot R_2 \cdot \ln\left(\frac{0 - 15}{12 - 15}\right) = T_{2max}$$

↑  
NECESITANDO  $T_{maximo}$ , SI ACHICO  $V_{control}$   
TENDRÉ UN  $T_{minimo}$  DE  $V_3$

$$R_2 = 828 [\Omega]$$

c) ANCHO mínimo  $V_3$

$$T_{2c\_minimo} \Rightarrow V_{control\_minimo} \Rightarrow 9 [V]$$

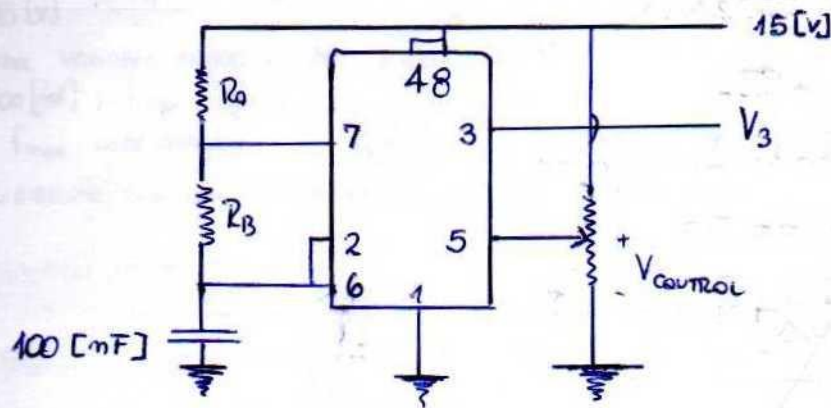
$$T_{2c\_minimo} = 100 \cdot 10^{-9} \cdot 828 \cdot \ln\left(\frac{0 - 15}{9 - 15}\right)$$

$$T_{2c\_minimo} = 0.0000758 [s]$$

$$T_{2c\_minimo} = 75.8 [\mu s]$$



8) EL SIGUIENTE CIRCUITO CORRESPONDE A UN VCO

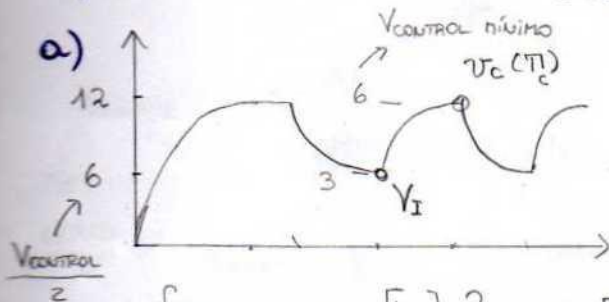


a) DETERMINE SI ES POSIBLE OBTENER UNA FRECUENCIA MÁXIMA VCO DE 2.5 [KHz] CONSIDERANDO:

\*  $V_{CONTROL}$  VARÍA ENTRE 40% Y 80% DE  $V = 15 [V]$

\* ANCHO DE PULSO VARIABLE IGUAL A UN 40% DEL PERÍODO DE LA SEÑAL  $V_3$

b) SI LA PREGUNTA a) ES AFIRMATIVA ¿CUAL ES SU FRECUENCIA?



$$V_{CONTROL\_MÁXIMO} = 12 [V]$$

$$V_{CONTROL\_MÍNIMO} = 6 [V]$$

$$\frac{1}{2500} \cdot 0.4 = T_{1\text{ CARGA}}$$

$$f_{max} = 2500 [Hz] \Rightarrow T_{min} = \frac{1}{2500} [s] \Rightarrow V_{CONTROL\_MÍNIMO} \Rightarrow 6 [V]$$

$$T_{1\text{ CARGA}} = C \cdot (R_A + R_B) \cdot \ln \left( \frac{V_I - V_F}{V_C(T) - V_F} \right)$$

$$\frac{1}{2500} \cdot 0.4 = 100 \cdot 10^{-9} (R_A + R_B) \cdot \ln \left( \frac{3 - 15}{6 - 15} \right)$$

$$R_A + R_B = 5561 [\Omega]$$

$$T_{1\text{ DESCARGA}} = \frac{1}{2500} \cdot 0.6 = 100 \cdot 10^{-9} (R_B) \cdot \ln \left( \frac{6 - 0}{3 - 0} \right)$$

$$R_B = 3462 [\Omega] \rightarrow R_A + R_B = 5561 \Omega$$

$$R_A + 3462 = 5561$$

$$R_A = 2100 [\Omega]$$

∴ Si!! ES POSIBLE

b)  $f_{min} \Rightarrow \frac{1}{T_{max}}$



$V_{CONTROL\_MÁXIMO}$

$$T_{2\text{ CARGA}} = 100 \cdot 10^{-9} \cdot 5561 \cdot \ln \left( \frac{6 - 15}{12 - 15} \right)$$

$$T_{2\text{ CARGA}} = 0.00061 [s]$$

$$T_{1 \text{ DESCARGA}_{\text{MÁXIMO}}} = 100 \cdot 10^{-9} \cdot 3462 \cdot \ln\left(\frac{12 - 0}{6 - 0}\right)$$

$$T_{1 \text{ DESCARGA}_{\text{MÁXIMO}}} = 0.00024 \text{ [s]}$$

$$T_{1 \text{ TOTAL}} = T_{1D} + T_{1C}$$

$$= 0.00061 + 0.00024$$

$$T_{1 \text{ TOTAL}} = 0.00085 \text{ [s]}$$

$$T_{1 \text{ TOTAL}} = 850 \text{ [\mu s]}$$

$$f_{\text{MÍNIMA}} = \frac{1}{850 \text{ [\mu s]}}$$

$$f_{\text{MÍNIMA}} = 1175 \text{ [Hz]}$$



9) Diseñe un VCO con los siguientes datos

$$V = 15 \text{ [V]}$$

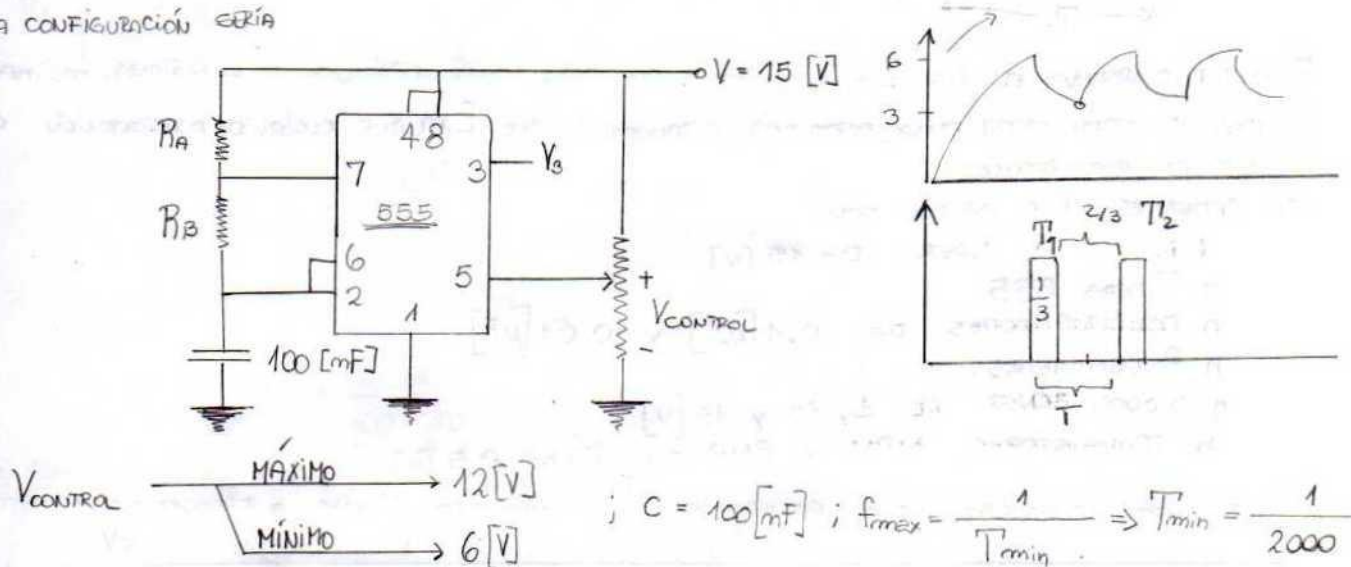
$V_{\text{CONTROL}}$  VARIABLE ENTRE UN 40% Y 80% DE  $V$

$$C = 100 \text{ [mF]} ; f_{\text{max}} = 2 \text{ [kHz]}$$

PARA  $f_{\text{max}}$  DEBE CUMPLIRSE QUE  $T_1 = \frac{1}{3} T_{\text{min}}$  (VARIABLE) Y  $T_2 = \frac{2}{3} T_{\text{min}}$  (CONSTANTE)

Dibuje su circuito con sus valores calculados. ¿CUAL ES SU  $f_{\text{min}}$ ?

a) LA CONFIGURACIÓN SERÍA



CARGA:

$$T_{\text{CARGA}} = \frac{1}{2000} \cdot \frac{1}{3} = 100 \cdot 10^{-9} \cdot (R_A + R_B) \cdot \ln \left( \frac{3 - 15}{6 - 15} \right)$$

$$R_A + R_B = 5793 \text{ } [\Omega]$$

$$T_{\text{DESCARGA}} = \frac{1}{2000} \cdot \frac{2}{3} = 100 \cdot 10^{-9} \cdot R_B \cdot \ln \left( \frac{6 - 0}{3 - 0} \right)$$

$$R_B = 4808.9 \text{ } [\Omega]$$

$$\Rightarrow R_A = 984.4 \text{ } [\Omega]$$

b)  $f_{\text{min}} = \frac{1}{T_{\text{max}}} \Rightarrow V_{\text{CONTROL}} \text{ máximo} \Rightarrow V_{\text{CONTROL}} = 12 \text{ [V]}$

$$T_{\text{CARGA}} = 100 \cdot 10^{-9} \cdot 5793 \cdot \ln \left( \frac{6 - 15}{12 - 15} \right)$$

$$T_{\text{CARGA}} = 0.000636 \text{ [s]}$$

$$T_{\text{DESCARGA}} = 100 \cdot 10^{-9} \cdot 984.4 \cdot \ln \left( \frac{12 - 0}{6 - 0} \right)$$

$$T_{\text{DESCARGA}} = 0.0000682 \text{ [s]}$$

$$T_{\text{TOTAL}} = T_{\text{CARGA}} + T_{\text{DESCARGA}}$$

$$T_{\text{TOTAL}} = 0.000636 + 0.0000682 \Rightarrow T_{\text{TOTAL}} = 0.000704 \text{ [s]}$$

$$f_{\text{min}} = \frac{1}{T_{\text{max}}} \Rightarrow f_{\text{min}} = \frac{1}{0.000704} \Rightarrow f_{\text{min}} = 1419 \text{ [Hz]}$$

10) DISEÑE UN CIRCUITO QUE ENTREGUE LA SIGUIENTE SEÑAL



$$T_1 = 100 [\mu s]$$

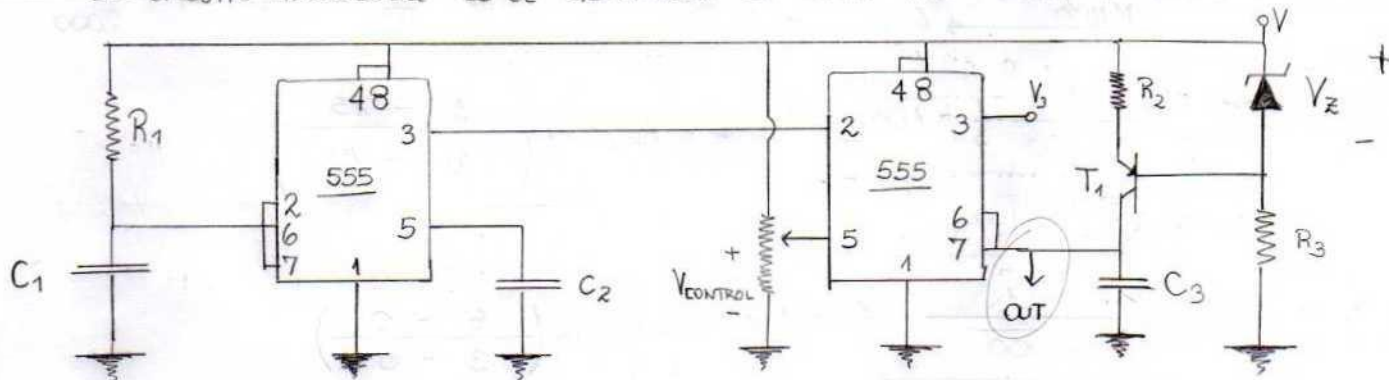
$$T_2 = 250 [\mu s]$$

EXPLIQUE CLARAMENTE EL FUNCIONAMIENTO DE SU CIRCUITO, EMPLEE GRÁFICOS DE LAS SEÑALES MÁS IMPORTANTES. SUS CÁLCULOS DEBEN ESTAR EN LA FORMA MÁS DETALLADA POSIBLE. EXPLIQUE CUALQUIER CONSIDERACIÓN O APROXIMACIÓN QUE REALICE.

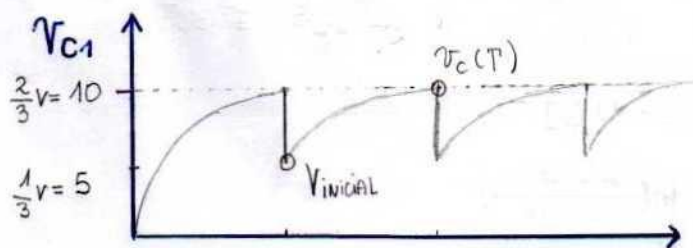
LOS ELEMENTOS QUE DISPONE SON:

- 1 FUENTE DE PODER 0-15 [V]
- 1 TIMER 555
- 2 CONDENSADORES DE  $0.1 [\mu F]$  Y  $0.01 [\mu F]$
- 1 POTENCIÓMETRO
- 1 DIODO ZENER DE 5, 10 Y 15 [V]
- 1 TRANSISTORES NPN Y PNP CON  $V_{eb} = 0.5 [V]$

EL CIRCUITO ACONSEJABLE ES EL GENERADOR DE RAMPA TIPO PWM A FRECUENCIA CONSTANTE



LOS GRÁFICOS DE SEÑALES IMPORTANTES



$$T_2 = 250 [\mu s]$$

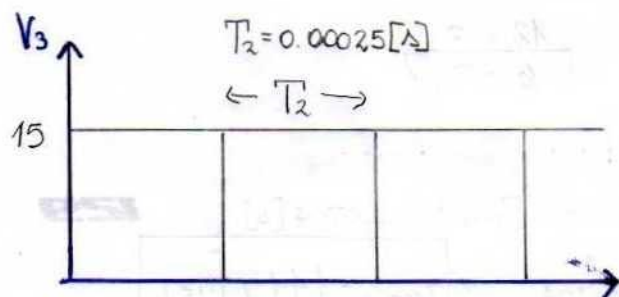
$$C_2 = 0.01 [\mu F] = 10 [nF]$$

$$T_2 = 250 \cdot 10^{-6} [s] ; C_1 = 0.1 [\mu F] = 100 [nF]$$

$$T_{CARGA} = T_2 = C \cdot R_1 \cdot \ln \left( \frac{V_I - V_F}{V_C(T) - V_F} \right)$$

$$250 \cdot 10^{-6} = 0.1 \cdot 10^{-6} \cdot R_1 \cdot \ln \left( \frac{5 - 15}{10 - 15} \right)$$

$$R_1 = 3606 [\Omega]$$



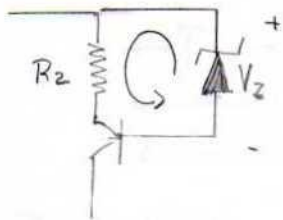


PARA LA ETAPA N°2 SE TIENE QUE, PARA QUE LA RAMPA SE COMPORTE LINEAL, LA CORRIENTE EN EL TRANSISTOR  $i_e = i_c$  DEBE SER CONSTANTE. ESTO  $\Rightarrow$  QUE SU CARGA SEA LINEAL.

POR DEFINICIÓN

$$i_c(t) = C \cdot \frac{dv_c(t)}{dt} \quad \int$$

$$v_c(T) - v_c(0) = \frac{1}{C} \int_0^T i_c(t) dt \quad // i_c \text{ ES CONSTANTE}$$



$$12 - 0 = \frac{1}{100 \cdot 10^{-9}} \cdot i_c (T - 0)$$

$$i_c = i_e \quad V_z = R_2 \cdot i_e + v_{eb}$$

$$i_e = \frac{V_z - v_{eb}}{R_2}$$

$$12 = \frac{1}{100 \cdot 10^{-9}} \cdot \frac{V_z - v_{eb}}{R_2} \cdot (100 \cdot 10^{-6})$$

SUPONIENDO  $V_z = 5 [V]$  ;  $v_{eb} = 0.5 [V]$

$$12 = \frac{1}{100 \cdot 10^{-9}} \cdot \frac{5 - 0.5}{R_2} (100 \cdot 10^{-6})$$

$$R_2 = 375 [\Omega]$$

$$V_z = 5 [V]$$

(PERO DEBERÍA SER MAX 3.5 V)

EL  $V_{CONTROL}$  DEBE ESTAR AJUSTADO DE TAL MODO QUE  $V_{CONTROL} = 12 [V]$  DEBIDO A QUE EL PEAK MÁXIMO DE LA SALIDA  $V_3$  ES DE 12 [V] Y PARA UN GENERADOR DE RAMPA PWM, ESE ES DE 12 [V].

SE SABE QUE  $C_3 = 100 [mF]$  X DEFAULT

PARA  $R_3$ :

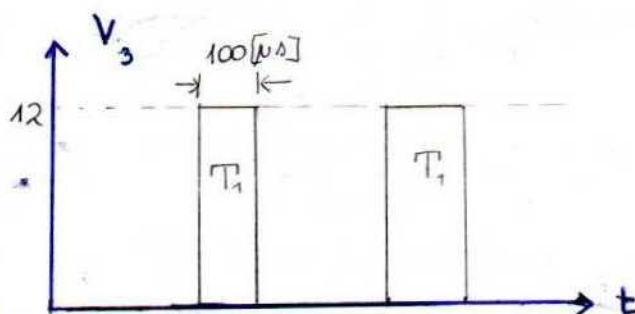
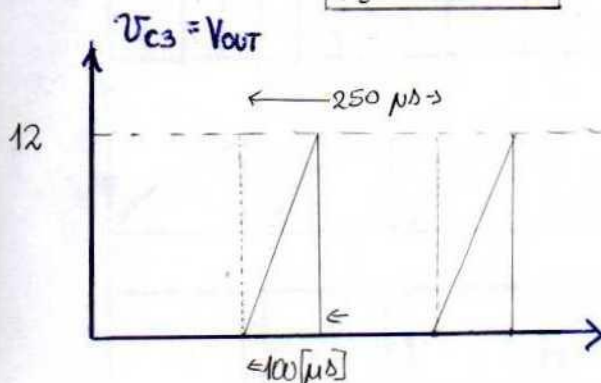
$$T_1 \Rightarrow i_b \approx 0 \therefore \text{LA RAMPA QUEDA}$$

$$V_{15} = V_z + R_3 i_z$$

PERO  $i_z \approx 10 [mA]$  POR DEFAULT

$$\Rightarrow 15 = 5 + R_3 \cdot 10 \cdot 10^{-3}$$

$$R_3 = 1000 \Omega$$



LA SEÑAL NO SERÁ 100% LINEAL DEBIDO A QUE SE APROXIMO  $V_Z$  A 5 [V]. SE ELIGIO 5[V] x lo qte:

$$V_Z = R_Z i_e + v_{eb}$$

$$i_e = \frac{V_Z - v_{eb}}{R_Z}$$

PARA EL LAZO

$$V_{15} = R_Z i_e + v_{ec} + v_{c3}$$

$$v_{ec} = V_{15} - R_Z \left( \frac{V_Z - v_{eb}}{R_Z} \right) - v_{c3}$$

$$v_{ec} = V_{15} - V_Z + v_{eb} - v_{c3}$$

PERO SE SABE QUE:

$$v_{ec_{OP\_min}} \geq (v_{ec_{min}} = 0)$$

$$V_{15} - V_Z + v_{eb} - v_{c3} \geq 0$$

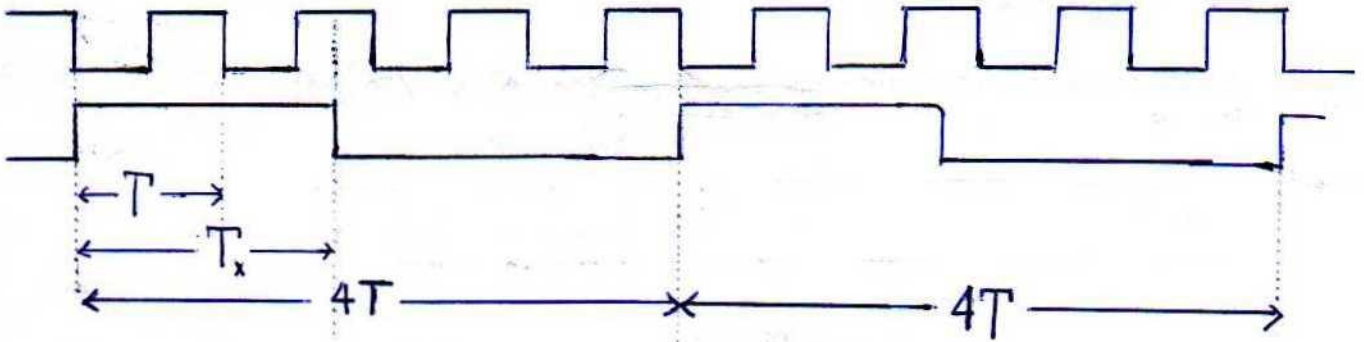
$$V_Z \leq 15 + 0.5 - 12$$

$$V_Z \leq 3.5 [V]$$

POR LO TANTO EL VOLTAJE MÁXIMO PARA QUE LA RANPA SEA LO MÁS LINEAL POSIBLE SON 3.5 [V]. COMO NO SE DISPONE DE UN REPER DE DICHO VOLTAGE SE OCUPARÁ EL + APROXIMADO 5[V].



14) PROPONGA UN CIRCUITO DIVISOR DE FRECUENCIAS Y CUYO SEMPERÍODOS SEAN TOTALMENTE PROGRAMABLES. EXPLIQUE CLARAMENTE SU FUNCIONAMIENTO (EMPLEE GRÁFICOS)



$$T = 50 [\mu s]$$

$T_x$  DEBE VARIAR ENTRE 90 y 120  $[\mu s]$

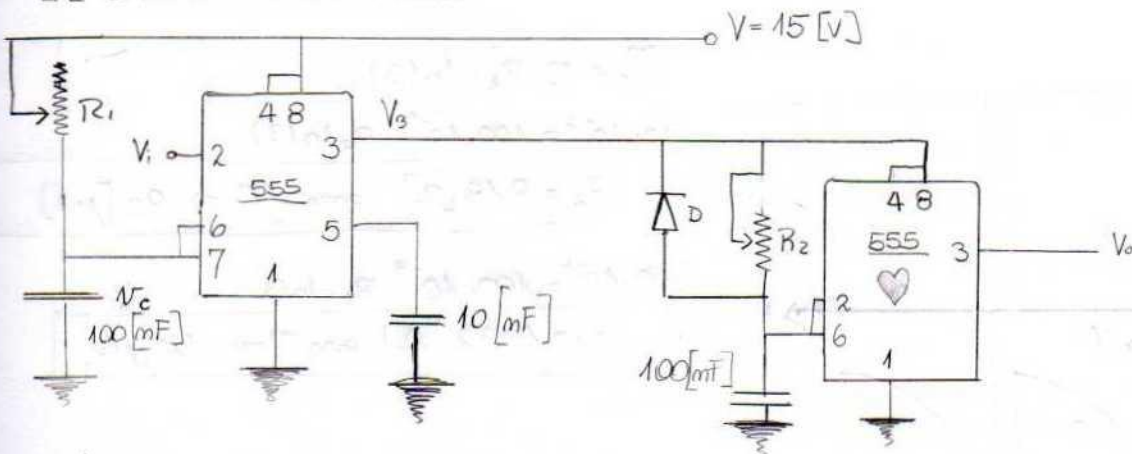
$V_i$ : SEÑAL A DIVIDIR EN FRECUENCIA

$V_o$ : " DIVIDIDA " "

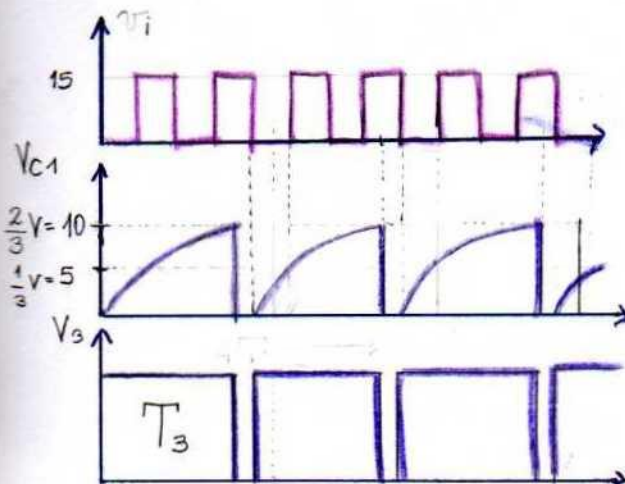
ELEMENTOS QUE DISPONE

- n TIMERS 555
- n DIODOS RECTIFICADORES
- n CONDENSADORES DE  $0.1 [\mu F]$  y  $0.01 [\mu F]$
- 1 FUENTE DE  $0-40 [V]$ , 1 amp
- 1 GENERADOR DE ONDA CUADRADA
- n POTENCIÓMETROS

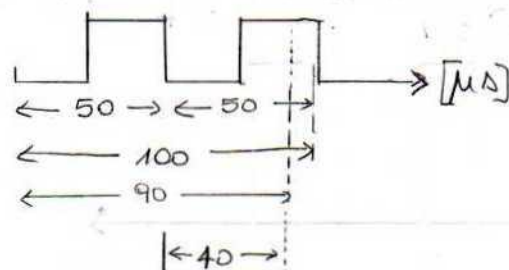
EL CIRCUITO PROPUESTO SERÁ



GRÁFICOS



EL PERÍODO DE CARGA PARA  $T_x$  MÍNIMO  $T_x = 90 \cdot 10^{-6} [s]$



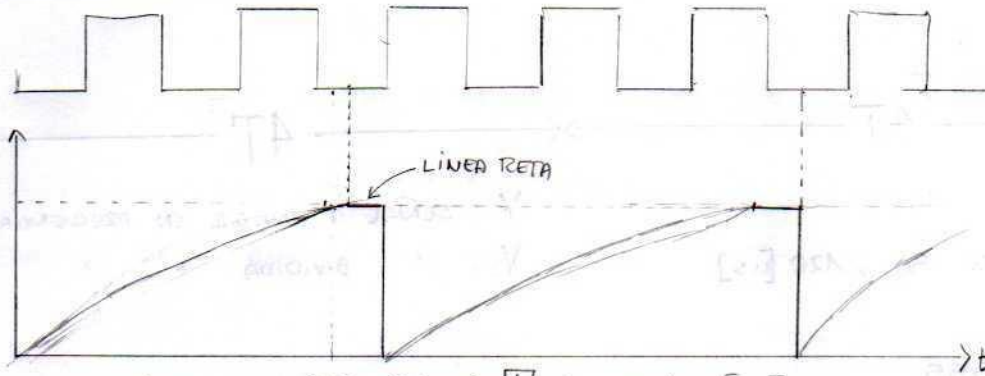
$$T_3 = 2 \cdot 100 [\mu s] - 10 [\mu s]$$

$$T_3 = 2 \cdot 100 \cdot 10^{-6} - 10 \cdot 10^{-6} = 100 \cdot 10^{-9} \cdot R \cdot \ln \left( \frac{0 - 15}{10 - 15} \right)$$

PARA  $T_3 = 90 [\mu s]$

$$R_p = 1729 [\Omega]$$

SI LA CARGA DEL CONDENSADOR ES ENTRE  $100 [\mu s]$  Y  $150 [\mu s]$ , LA SEÑAL SE DIVIDIRÁ POR 3

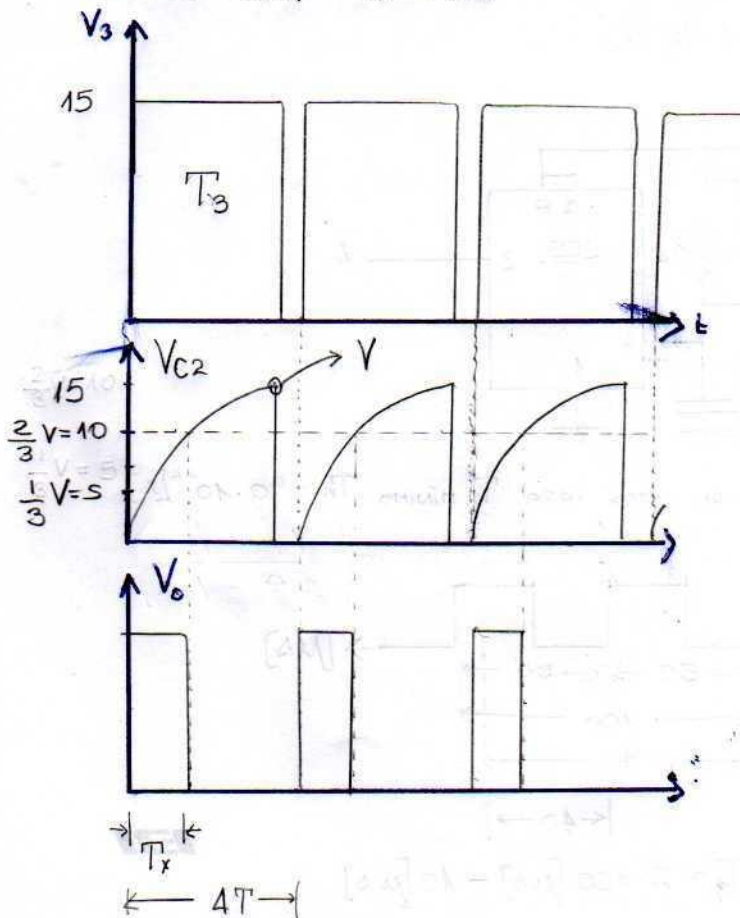


SE DIVIDIRÁ POR 3, PARA ELLO  $\rightarrow T_{div \times 3} = 100 [\mu s]$

$$100 \cdot 10^{-6} = 100 \cdot 10^{-9} \cdot R \cdot \ln \left( \frac{0 - 15}{10 - 15} \right)$$

$$R_p > 1821 [\Omega]$$

SALIDA PARA  $T_x < 100$



$$T_x = C \cdot R_2 \cdot \ln(3)$$

$$90 \cdot 10^{-6} = 100 \cdot 10^{-9} \cdot R_2 \cdot \ln(3)$$

$$R_2 = 819 [\Omega] \text{ PARA } T \Rightarrow 90 [\mu s]$$

$$120 \cdot 10^{-6} = 100 \cdot 10^{-9} \cdot R_2 \cdot \ln(3)$$

$$R_2 = 1092 [\Omega] \text{ PARA } T \Rightarrow 120 [\mu s]$$