

BASE DE TIEMPO SIDEREO

Ing. Daniel O. Perilli

La idea es generar frecuencias sidéreas a partir de una generada por un oscilador patrón.

Obtención de la frecuencia sidérea

En Astronomía se utiliza el día sidéreo, que es el intervalo de tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos de un astro ficticio por un punto llamado Vernal, situado en la intersección del Ecuador con la proyección de la órbita solar aparente sobre la esfera celeste (círculo máximo llamado Eclíptica).

El punto Vernal o equinoccio de Otoño es un punto que tiene una gran importancia en Astronomía, pues sirve como origen para medir el tiempo y para establecer coordenadas celestes. Como la tierra debe rotar alrededor de 361 grados para un día solar promedio y 1 grado menos, o sea 360 grados para un día sidéreo, entonces se tiene que el día sidéreo es aproximadamente 4 minutos más corto que el día solar promedio.

De lo espuesto se llega a que:

$$1 \text{ seg. universal} = 1,00273791 \text{ seg. sidéreos}$$

Se elige una frecuencia sidérea de 50 Hz. en el presente trabajo y teniendo en cuenta la relación anterior la correspondiente frecuencia para manejar tiempos sidéreos va a ser:

$$50 \text{ Hz.} \times 1,00273791 = 50,136895 \text{ Hz.}$$

Se tiene disponible una frecuencia de 1 MHz. generada por un oscilador patron y a partir de esta se obtendrá la frecuencia sidérea de 50 Hz. que corresponde a 50,136895 Hz. en tiempos locales.

Con el circuito digital empleado se logra obtener una frecuencia aproximada de 50,136894 Hz. A continuación se calcula el error cometido.

Frec. teórica	50,136895 Hz
Frec. aprox.	<u>50,136894 Hz</u>
Diferencia	1×10^{-6} Hz por cada 50 Hz.

Por cada ciclo la diferencia o error es $1 \times 10^{-6} / 50$ Hz. = 2×10^{-8}

Error cometido por año:

Como un año es equivalente a 31.536.000 seg. entonces el error cometido es:

$$e = 2 \times 10^{-8} \times 31536000 \text{ seg.} = 0,6 \text{ seg/año.}$$

Es decir la base de tiempo sidérea comete un error de aproximadamente 0,6 seg. por año.

1) descripción del circuito digital utilizado para generar 50Hz sidéreos. (Tarjeta Nº 1).

Con el empleo de cuatro contadores sincrónicos programables conectados en cascada de 6 bits cada uno (SN 7497) que tienen la particularidad de efectuar divisiones de frecuencias en forma programada, logra obtener la frecuencia deseada de 50,136894Hz.

Cálculos: estando el contador digital habilitado, su frecuencia de salida es:

$$f_{out} = (M \cdot f_{in}) / 2^n$$

Siendo: M=relación de entrada.

f_{IN} =frecuencia de entrada. ; $n =$
 n = nro. de bits en cascada.

6 para 1 etapa
12 para 2 etapas
18 para 3 etapas
24 para 4 etapas

Además: $M = F 2^5 + E 2^4 + D 2^3 + C 2^2 + B 2^1 + A 2^0$

Siendo: A, B, C, D, E, F, entradas al circuito integrado.

Frecuencia utilizada para habilitar la siguiente etapa:

$$f_{EO} = f_{IN} / 2^n$$

1º contador: $f_{OUT1} = M f_{IN} / 2^n = (32 \times 1 \text{MHz}) / 2^6 = 500 \text{ KHz.}$

(M=32 ==> F=1 y A=B=C=D=E=0)

$$f_{EO1} = f_{IN} / 2^n = 1 \text{MHz} / 2^6 = 15.625 \text{ Hz}$$

2º contador:

$$f_{OUT2} = M f_{IN} / 2^n = (5 \times 1 \text{MHz}) / 2^{12} = 1.220,70 \text{ Hz}$$

(M=5 ==> A=C=1 y B=D=E=F=0)

$$f_{EO2} = M f_{IN} / 2^n = 1 \text{ MHz} / 2^{12} = 244,140 \text{ Hz}$$

3º contador:

$$f_{OUT3} = M f_{IN} / 2^n = (38 \times 1 \text{MHz}) / 2^{18} = 144,958 \text{ Hz}$$

(M=38 ==> B=C=F=1 y A=D=E=0)

$$f_{EO3} = M f_{IN} / 2^n = 1 \text{ MHz} / 2^{18} = 3,814697 \text{ Hz}$$

4º contador: $f_{OUT4} = M f_{IN} / 2^n = (55 \times 1 \text{MHz}) / 2^{24} = 3,278255 \text{ Hz}$

(M=55 ==> A=B=C=E=F=1 y D=0)

Finalmente la frecuencia de 50~~Hz~~sidéreos va a ser:

$$50 \text{ Hz} = (f_{\text{OUT1}} + f_{\text{OUT2}} + f_{\text{OUT3}} + f_{\text{OUT4}}) / 10.000$$

$$50\text{Hz sidéreos} = (500000\text{Hz} + 1220,70\text{Hz} + 144,958\text{Hz} + 3,278255\text{Hz}) / 10000 \implies$$

$$50\text{Hz sidéreos} = 501368,94\text{Hz} / 10000$$

entonces $50 \text{ Hz sidéreos} = 50,136894 \text{ Hz}$

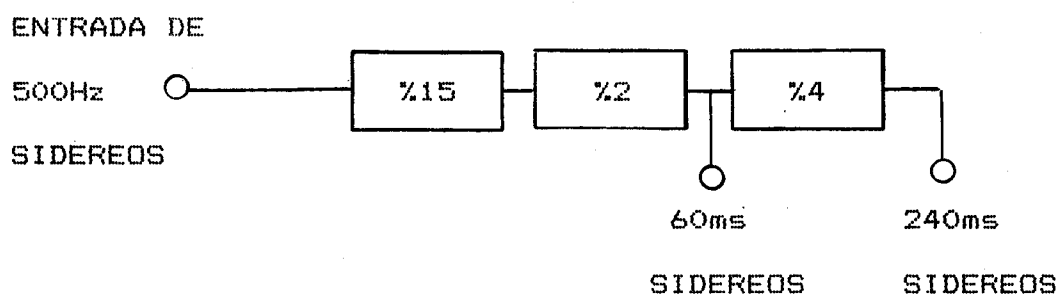
Para obtener la división por 10000 se emplean 4 C. I. LS390.

Para obtener la suma digital se utiliza una compuerta tipo LS20.

2) Circuitos para generar distintas frecuencias a partir de la frecuencia sideria. (Tarjeta N° 2).

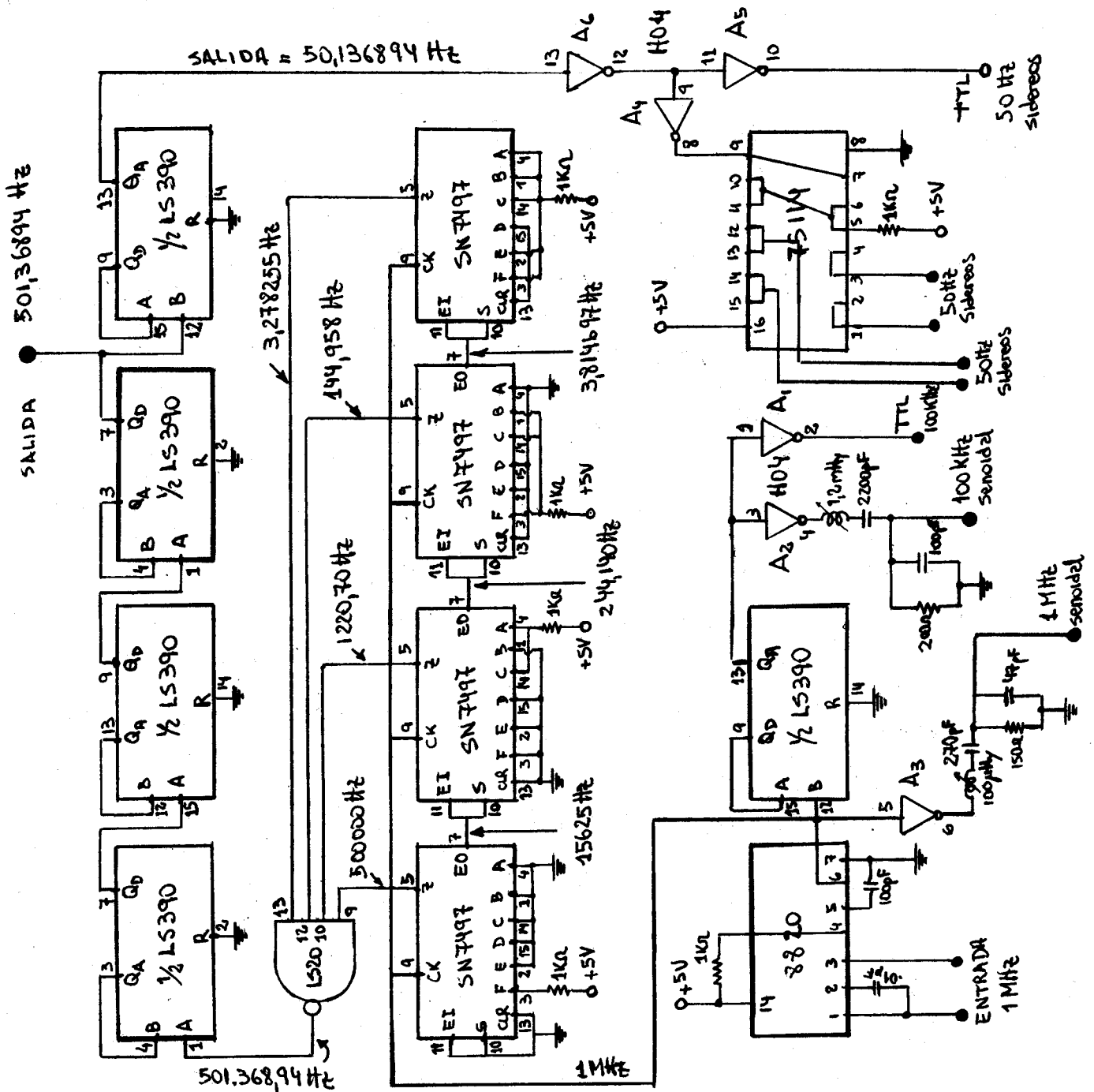
Se deben generar las señales de 16,71229Hz y 4,178074Hz, correspondientes a 60ms y 240ms sidéreos respectivamente. Además estas señales deben ser simétricas.

Diagrama en bloques.

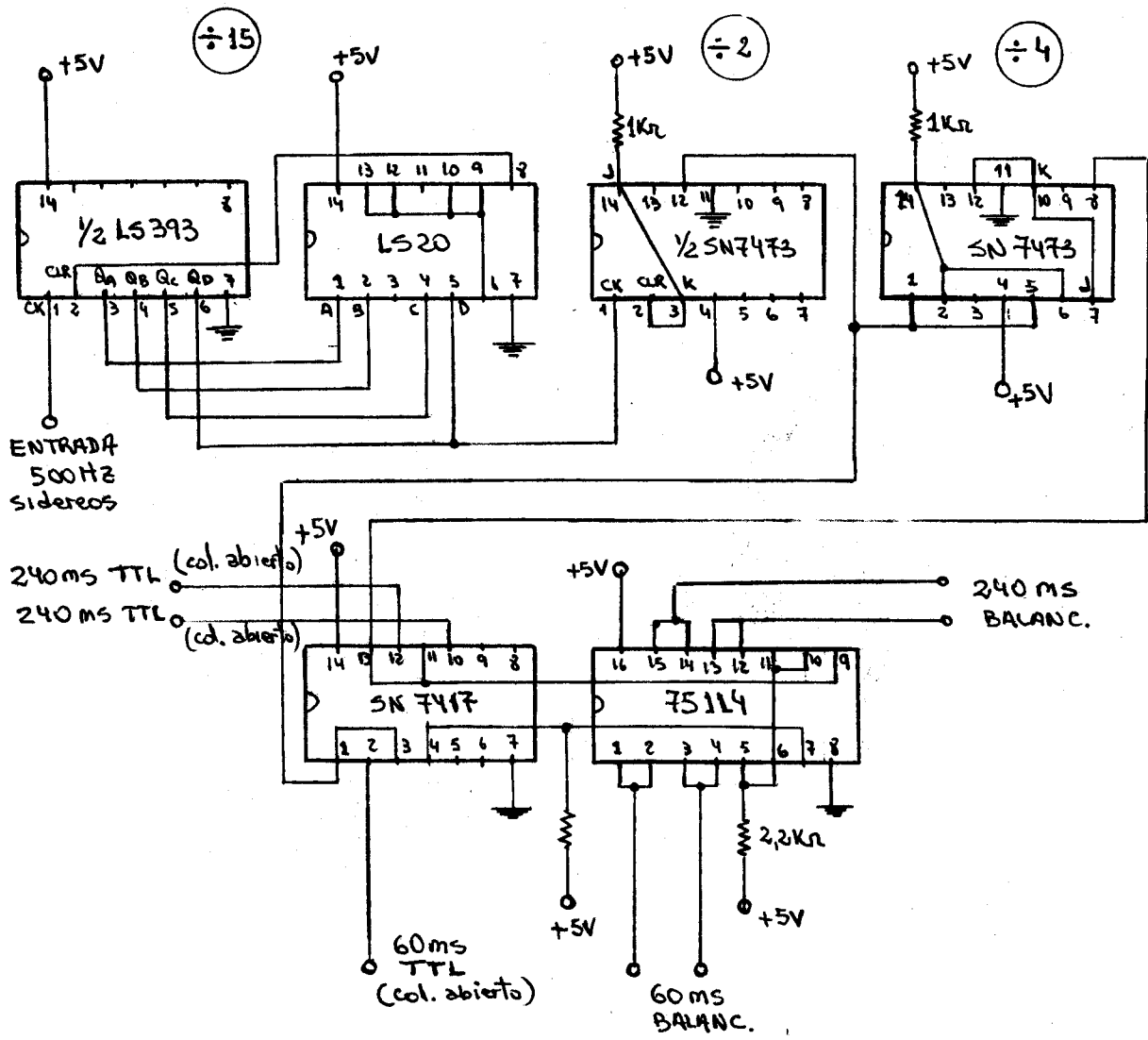


El circuito adicional empleado en esta tarjeta de circuito impreso consta de dos amplificadores/separadores idénticos para la frecuencia de 1MHz y 100MHz senoidales locales, respectivamente.

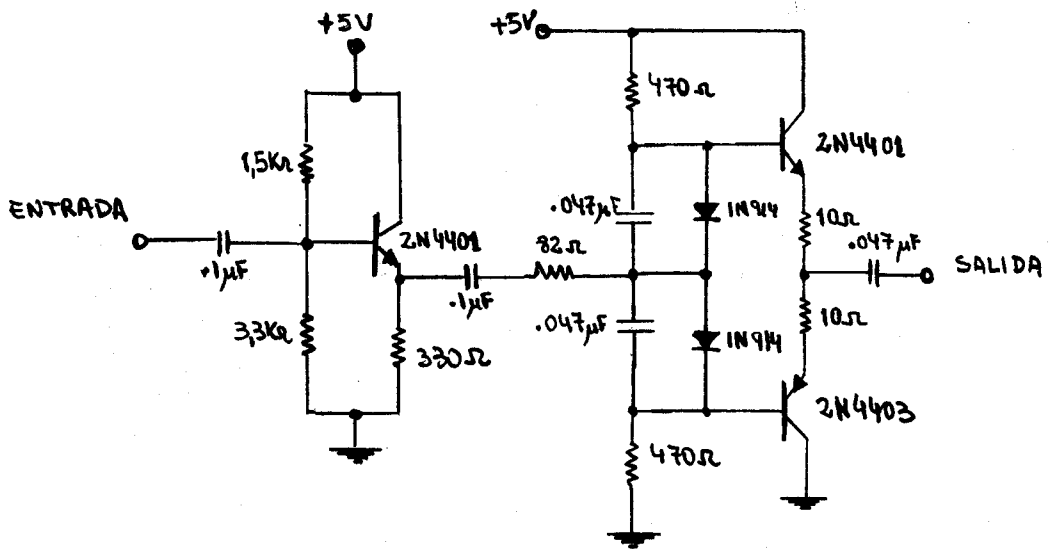
CIRCUITO DIGITAL GENERADOR DE 50 HZ SIDEREOS (TARJETA N° 1)



CIRCUITO GENERADOR DE DIVERSAS SALIDAS (TARJETA N° 2)



CIRCUITO AMPLIFICADOR/SEPARADOR



3) Indicador de presencia/ausencia de la señal de 50Hz sidérea.

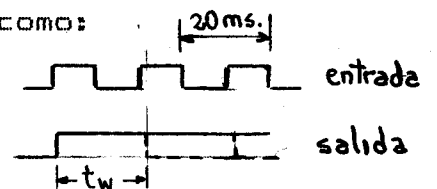
(tarjeta nº 3).

Se usa un multivibrador monoestable redispensible, que tiene la particularidad de poder controlar el ancho del pulso de salida.

Esto se logra seleccionando valores de resistencia y capacidad externa (R_T y C_{EXT}).

El ancho del pulso de salida "tw" esta definido como:

$$t_w = 0,37 \times R_T \times C_{EXT} \times (1 + 0,7/R_T)$$



Como se conoce el período de la señal de entrada, entonces el período va a ser:

$$t_w \approx t_{\text{período}} = \frac{20 \text{ ms}}{50 \text{ Hz}} = 20 \text{ ms.} \implies \text{se adopta } t_w \approx 21 \text{ ms.}$$

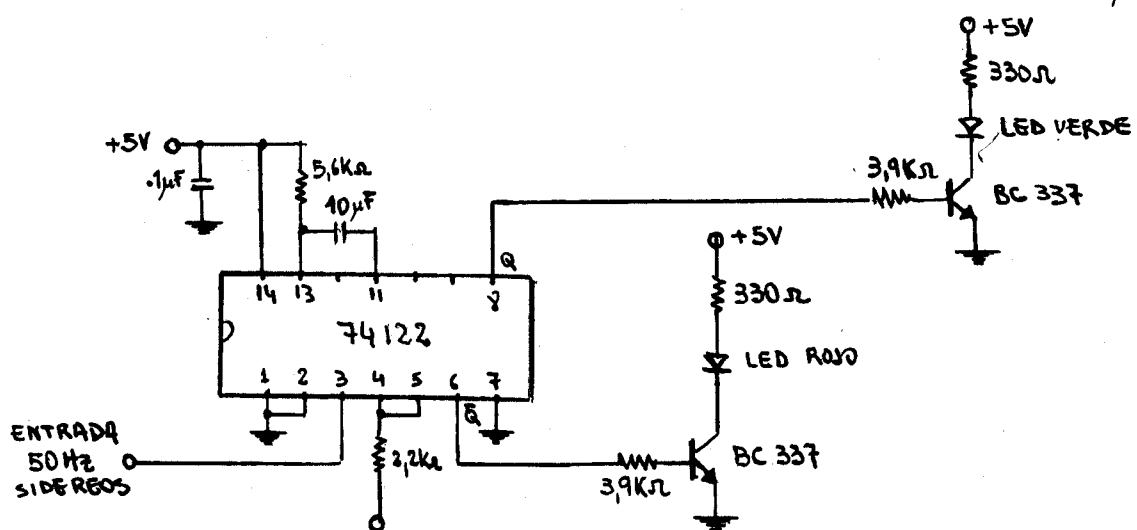
para estar a cubierto de problemas de tolerancia y propagación de la señal por el circuito integrado.

Otro dato conocido es la resistencia temporizadora R_T , que según el manual, el valor recomendado varía entre $5K\Omega$ y $260K\Omega$.

Se adopta un valor de $R_T = 5,6K\Omega$

por lo tanto despejando $C_{EXT} = t_w / (0,37 \times R_T \times (1 + 0,7/R_T))$

$$C_{EXT} = 21 \text{ ms} / (0,37 \times 5,6K\Omega (1 + 0,7/5,6K\Omega)) \implies C_{EXT} = 10 \mu\text{F}$$



4) Cálculo de la fuente de alimentación regulada. (Tarjeta N° 4).

De acuerdo a los requerimientos, se debe tener +5V regulados con una capacidad máxima de corriente de 1A.

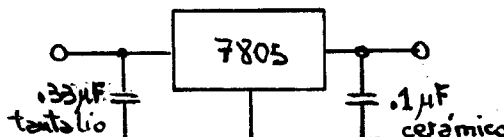
Analizando los manuales, se encuentra que el regulador LM7805, se puede adoptar para suministrar esos valores de tensión y corriente.

Cálculo del regulador

Datos: $V_{OUT} = 5V \pm 5\%$

$I_{OUT} = 1A$

$\hat{V}_{OUT} \leq 5mW$; V_{ROUT} = tensión de ripple a la salida.



$$V_{INmin} = V_{OUT} + 0,05V_{OUT} + V_{DROP} = 5V + 0,05 \times 5V + 2V = 7,25V$$

V_{DROP} = tensión diferencial entrada/salida mínima para que el circuito regule. (dato del manual).

FAR = factor de rechazo (atenuación) de ripple. (Dato del manual).

V_{RIN} = Tensión del ripple de entrada.

$$FAR = 20 \log(V_{RIN}/V_{ROUT}) \text{ [dB]} \quad \text{En consecuencia:}$$

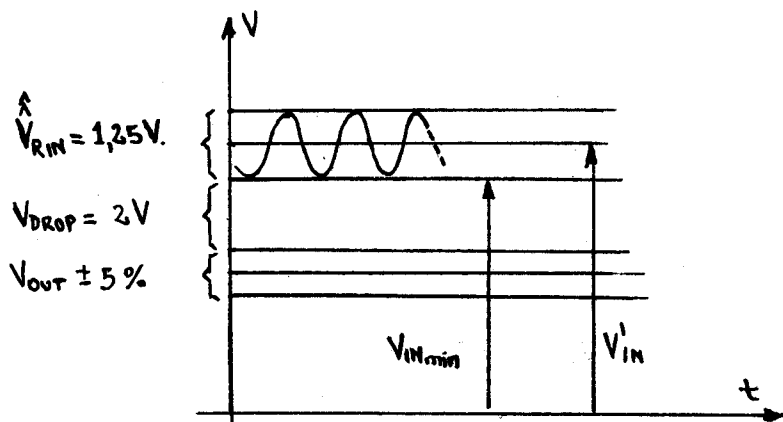
$$\hat{V}_{RIN} = \hat{V}_{ROUT} \times \log^{-1}(FAR/20) = 5 \text{ mV} \times \log^{-1}(62 \text{ dB}/20\text{dB}) = 6,29V$$

Según este último valor se deduce que se tiene un amplio margen de elección de la tensión de ripple de entrada.

Hay que tener en cuenta que un valor alto de la tensión de ripple de entrada disminuye los requerimientos de filtrado pero por otro lado varía la disipación en el C. Integrado.

Se adopta $\hat{V}_{RIN} = 1,25V$.

que corresponde a $\hat{V}_{ROUT} = 1,25V \times (\log^{-1}(62/20))^{-1} \approx 1 \text{ mV}$



$$V'_{IN} = V_{INmin} + \hat{V}_{RIN} = 7,25V + 0,625V = 7,875V$$

Se debe tomar una $V_{IN} > V'_{IN}$ ya que se debe tener en cuenta la regulación de la fuente. Se adopta esta última como 30% (regulación de línea y carga).

$$\text{entonces } V_{IN} - 0,3 \times V_{IN} = V'_{IN} \implies V_{IN} = V'_{IN} / (1 - 0,3) = 7,875 / 0,7$$

$$\implies V_{IN} = 11,25V$$

Cálculos térmicos del regulador

Datos: $V_{IN} = 11,25V$

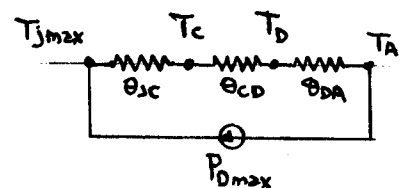
$V_{OUT} = 5V \pm 5\%$

$I_{OUTmax} = 1A$; $\theta_{CD} = 0,5^\circ C/W$

$T_A = 40^\circ C$; $\theta_{JC} = 4^\circ C/W$

$T_{Jmax} = 125^\circ C$; $P_{Dmax} = (T_{Jmax} - T_{Amax}) \theta_{JA}$

siendo $P_{Dmax} = (V_{INmax} - V_{OUTmin}) \times I_{OUTmax}$



$$V_{INmax} = V_{IN} + 10\% \text{reg. línea} - 20\% \text{reg. carga} = V_{IN} + 0,1V_{IN} - 0,2V_{IN}$$

$$V_{INmax} = 11,25V + 1,125V - 2,25V = 10,125V$$

$$V_{OUTmin} = V_{OUT} - 0,05V_{OUT} = 5V - 0,25V = 4,75V$$

$$\theta_{JA} = (T_{Jmax} - T_{Amax}) / ((V_{INmax} - V_{OUTmin}) \times I_{OUTmax})$$

$$\theta_{JA} = (125^\circ C - 40^\circ C) / ((10,125V - 4,75V) \times 1A) = 85^\circ C / 5,375W$$

$$\theta_{JA} = 15,81^\circ C/W$$

$$\underline{\theta_{DA} = \theta_{JA} - \theta_{CD} - \theta_{JC} = 15,81^\circ C/W - 0,5^\circ C/W - 4^\circ C/W = 11,31^\circ C/W}$$

Utilizando las curvas normalizadas del libro Pressman se halla el área correspondiente a esta θ_{DA} .

de la fig. 4-8:

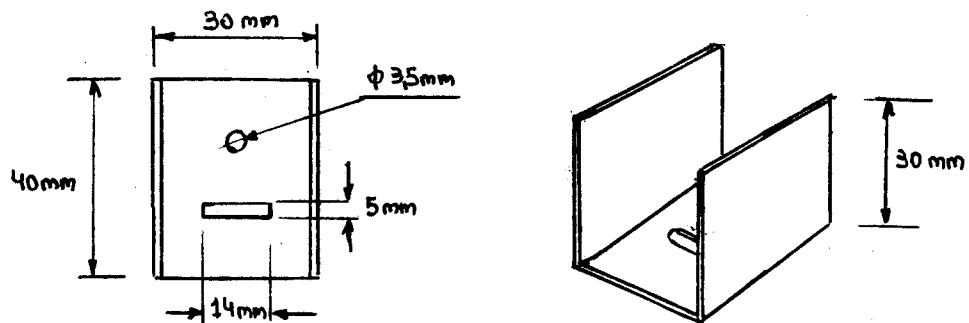
$$K_1 = (\theta_{DA} \text{ a } P \text{ watts}) / \theta_{DA} \text{ a } 1 \text{ watt} = 0,7$$

$$\Rightarrow \theta_{DA1W} = 11,31^\circ\text{C/W} / 0,7 = 16,16^\circ\text{C/W}$$

de la fig. 4-7:

$$\text{Area total ambas caras} = 11 \text{ pulg}^2 = 70,96 \text{ cm}^2$$

$$\Rightarrow \text{Area total cada cara} = 35,5 \text{ cm}^2$$



$$\theta_{DA} = 10^\circ\text{C/W} ; \text{ ESPESOR} = 1,5 \text{ mm.}$$

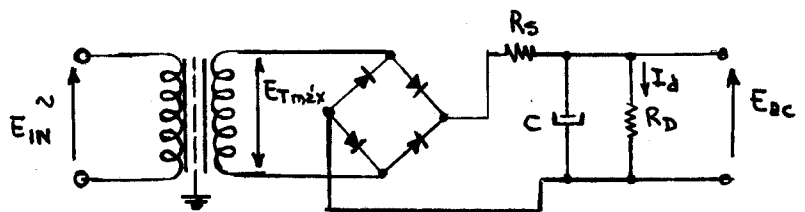
Cálculo de la fuente no regulada

Datos: $E_{DC} = 11,25\text{V}$

$$I_{DCmax} = 1\text{A}$$

$$T_A = 40^\circ\text{C}$$

$$V_R = 1,25\text{V}$$



1) Se determina la resistencia de la carga efectiva R_C

$$R_C = E_{DC} / I_{DC} = 11,25\text{V} / 1\text{A} = 11,25 \Omega$$

$$R_{Cmin} \geq 11,25 \Omega$$

2) Para entrar a las curvas de Schade se debe calcular la relación R_s/R_c ($R_s=R$ de Schade que incluye R bobinado secundario más R primario referido al secundario más R diodos más R que eventualmente deba colocarse en serie para limitar la corriente inicial a un valor entre 1% y 10% de R_c).

3) Se adopta $R_s/R_c=5\%$ $\Rightarrow R_s=5\%R_c=0,05 \times 11,25 \Omega = 0,55 \Omega$

4) El porcentaje del ripple va a ser: $r\% = V_{\text{ripple}}/E_{DC}$ siendo

$$V_{\text{ripple}} = (\hat{V}_R/2)/\sqrt{2} = 1,25V/(2 \times \sqrt{2}) = 0,44V$$

$$r\% = V_{\text{ripple}}/E_{DC} = (0,44V/11,25V) \times 100 = 3,91\%$$

5) A partir del gráfico del ripple en función de WR_cC (fig. 16) se determina el valor de WR_cC necesario para reducir el ripple al valor deseado, teniendo en cuenta el valor R_s/R_c adoptado.

De fig. 16 $WR_cC=17$ $C=17/(2\pi \times 50 \times 11,25) = 4,81 \times 10^{-3}F$

adopto valor comercial de $C=5000 \mu F$

Con este último valor se recalcula $WR_cC=2\pi \times 50 \times 11,25 \times 5000 \mu F = 17,67$

6) De la fig. 14 con este valor de WR_cC se obtiene que $E_{DC}/E_{T_{max}}=87\%$ y como E_{DC} es dato, la tensión de salida del transformador es:

$$E_{T_{max}} = E_{DC}/0,87 = 11,25V/0,87 = 12,93V$$

$$\Rightarrow E_{2E+} = E_{T_{max}}/\sqrt{2} = 9,143V$$

7) De la figura 17 se calcula el valor de la corriente eficaz por diodo ($I_{r_{ms}}$).

$$I_{r_{ms}}/I_o = 2,3 \quad ; \quad I_o = \text{corriente media por diodo}$$

$$I_o = I_{DC}/2 \text{ para el rectificador tipo puente}$$

$$I_{r_{ms}} = 2,3 \times (I_{DC}/2) = 2,3 \times 1/2A = 1,15A$$

8) De la figura 18 se calcula el valor de la corriente pico repetitiva

por diodo (I_{pk}).

$$I_{pk}/I_o = 6,5 \implies I_{pk} = 6,5 \times 1/2A = 3,25A$$

9) Corriente inicial de encendido (I_{ON}):

$$I_{ON} = E_{Tmax}/R_B = 12,93V/0,55 = 23,5A$$

10) Corriente eficaz por el secundario (I_{2ef}):

$$\text{como } I_{2ef} = I_{Tmax}/\sqrt{2} = 2 \times I_{rms}/\sqrt{2} = 2 \times 1,15A/\sqrt{2} = 1,62A$$

11) Resistencia de drenaje para descarga del capacitor:

$$\text{Se adopta } I_D = 0,5\%I_{DC} = 0,5\% \times 1A \implies I_D = 5 \text{ mA.}$$

$$\implies R_D = E_{DC}/I_D = 11,25V/5mA \implies R_D = 2,2K\Omega \times 1/8W$$

Protecciones

F1=fusible primario.

$$E_{IN}/E_{2ef} = I_{2ef}/I_{1ef} = 220V/9,143V = 24,06$$

$$\implies I_{1ef} = I_{2ef}/24,06 = 1,62A/24,06 = 67,3 \text{ mA}$$

Tomando un 75% de la capacidad de corte del fusible:

$$I_{Fmin} = 67,3 \text{ mA} / 0,75 = 89,73 \text{ mA} \quad , \quad V_F \geq 220V$$

De acuerdo a la hoja de fusibles ofrecidos por GM se tiene:

5ET0.1	100mA	lento	250V
--------	-------	-------	------

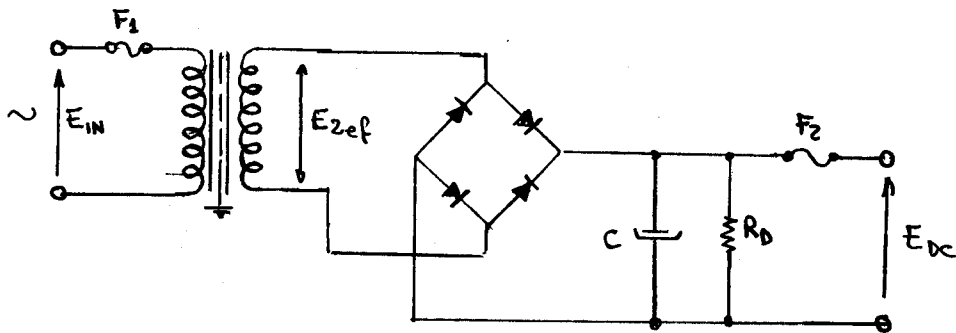
F2=fusible secundario.

$$I_{DCmax} = 1A \implies I_{Fmin} = 1A/0,75 = 1,33A \quad ; \quad V_F \geq 220V$$

Este fusible tiene que ser de tipo rápido:

6AF1,25	1,25A	rápido	250V
---------	-------	--------	------

Circuito completo de la fuente



Transformador

$E_{1N} = 220V$, $F = 50Hz$

$E_{2ef} = 9,143V$, salidas adicionales 8V y 10V

$I_{2ef} = 1,62A$

Diodos

4 diodos 1N4006

Capacitor $C = 5000\mu f \times 25V$

Resistencia $R_D = 2,2K\Omega \times 1/8 W$

Fusibles

$F1 = 100mA$ tipo lento.

$F2 = 1,25A$ tipo rápido.

Bibliografía

Ginzburg.M.C. Técnicas Digitales con C.I.

Texas Instruments Inc. Diseño con C.I. TTL.

Texas Instruments Inc. The TTL Data Book for Design Engineers

John D. Kraus. Radio Astronomy. 2nd edition.

Schade. Diseño gráfico de circuitos rectificadores que emplean filtros de entrada a capacitor.

Pressman, Abraham I. Elements of Thermal Design, pag. 105-125.

Director del Trabajo: Ing. Juan C. Olalde