Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Departamento de Física
Laboratorio de Física II
FI35A

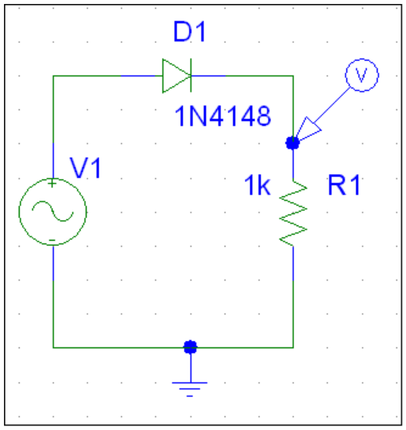
Guía Control 2

Circuitos con diodos, filtros y LCR

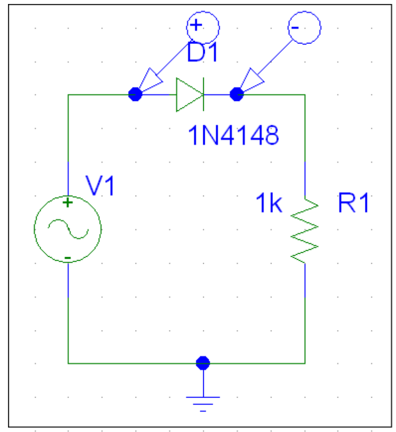
Autor:

Matías Torres Risso

Acción de un diodo no ideal

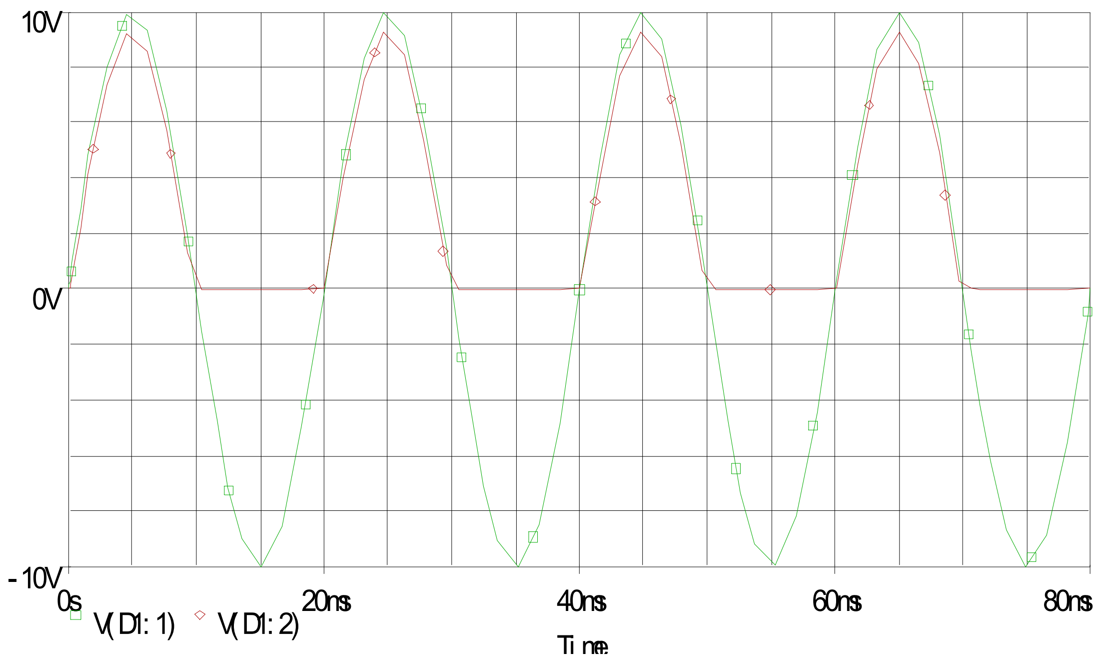


Caída en la resistencia

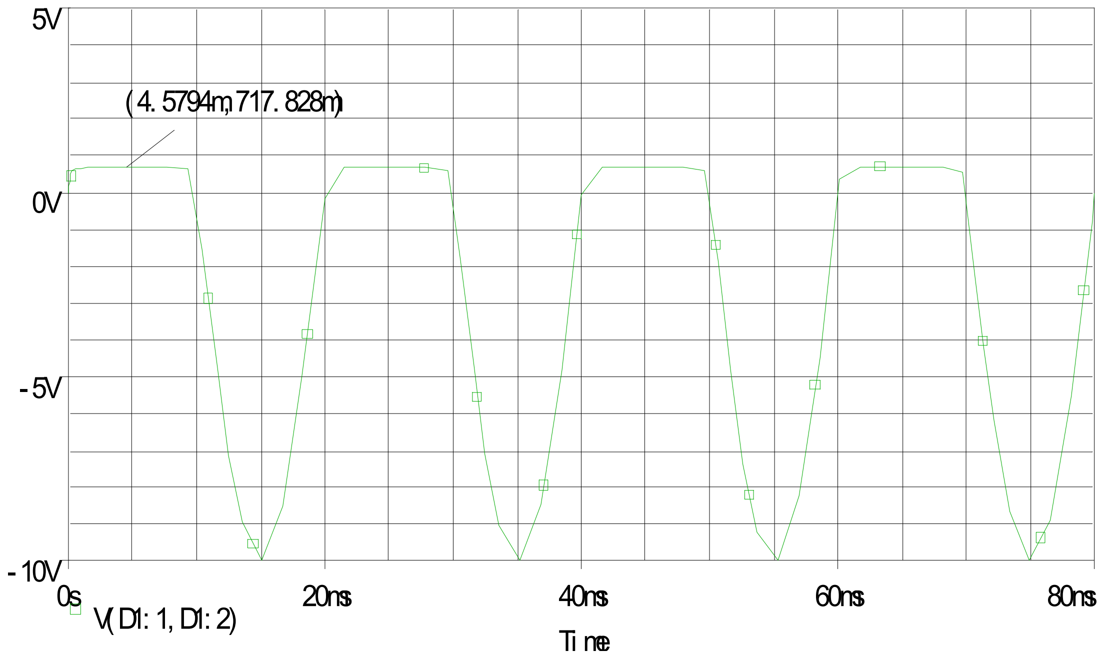


Caída en el Diodo

Dada un circuito rectificador de media onda tal como se indica en la figura, se espera la siguiente respuesta medida en la carga:



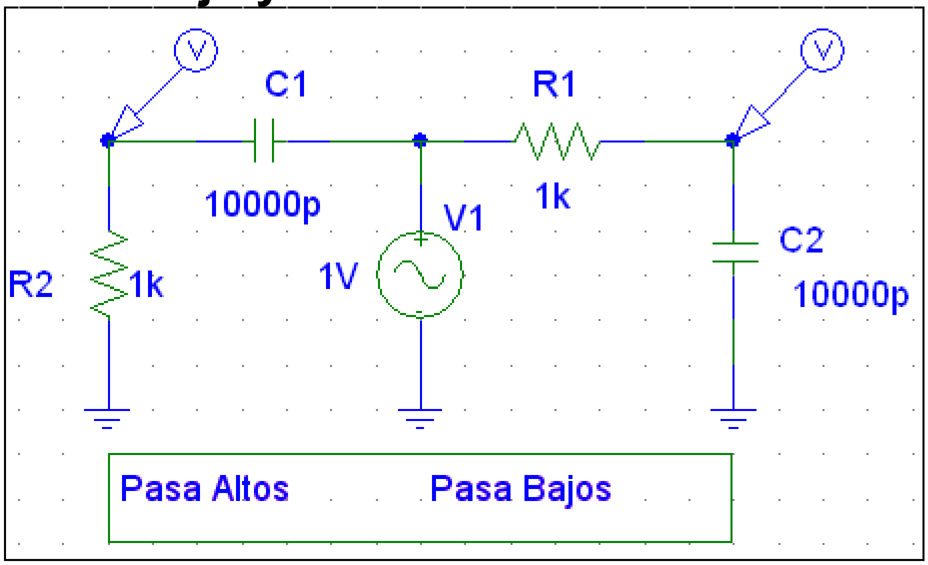
Se ve claramente que el diodo (onda roja) presenta una caída de voltaje con respecto a la entrada sinusoidal. Esta normalmente es de 0,7 [V]. Así, si se mide esta caída mediante osciloscopio, se puede ver la siguiente forma de onda:



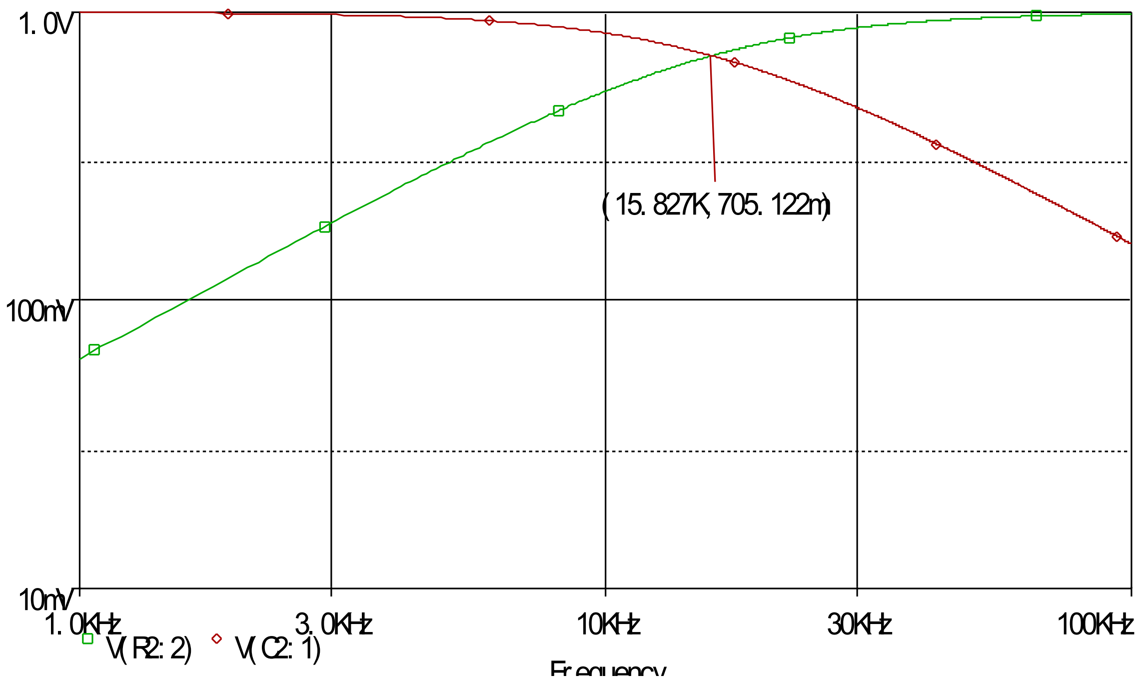
Se tiene que para este diodo en particular, la caída es de 0,717828 [V]. Que es un valor muy común en diodos de silicio.

En la parte negativa de la onda, se tiene que el diodo esta en corte, luego no circula corriente y por ende la medición de voltaje corresponde a medir la fuente.

Filtro Pasa Bajo y Pasa Alto



Si se grafican ambas respuestas de frecuencias en escalas logarítmicas se tendrá lo siguiente:



Se ve que en la intersección de ambas curvas se tiene una amplitud cercana a la requerida para la frecuencia de corte. Esto se podría obtener analíticamente igualando ambas funciones de transferencia.

Pasa bajos:

$$V_1 = i(R_1 + \frac{1}{j\omega C_2})$$
$$i = \frac{V_1 - V_2}{R_1}$$
$$V_1 R_1 = V_1 R_1 + \frac{V_1}{j\omega C_2} - V_2 R_1 - \frac{V_2}{j\omega C_2}$$
$$V_2(1 + j\omega R_1 C_2) = V_1$$
$$H(j\omega) = \frac{1}{1 + j\omega R_1 C_2}$$

Pasa altos:

$$V_1 = i(R_2 + \frac{1}{j\omega C_1})$$
$$i = (V_1 - V_2) j\omega C_1$$
$$V_1 = V_1 j\omega R_2 C_1 + V_1 - V_2 j\omega R_2 C_1 - V_2$$
$$V_2(1 + j\omega R_2 C_1) = V_1 j\omega R_2 C_1$$
$$H(j\omega) = \frac{j\omega R_2 C_1}{1 + j\omega R_2 C_1}$$

Así ambas funciones de transferencia quedan en modulo de la siguiente forma:

$$\left|H_{PB}(\omega)\right| = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega R_1 C_2)^2}}$$
$$\left|H_{PA}(\omega)\right| = \frac{\omega R_2 C_1}{\sqrt{1 + (\omega R_2 C_1)^2}}$$

Con estas expresiones pueden sacar la frecuencia de corte para el filtro pasa bajos y el pasa altos. Esto igualando la función de transferencia a $\frac{1}{\sqrt{2}}$. A modo de ejemplo, calculemos el valor de la intersección:

$$R_1 = R_2 = 1[k\Omega]$$
$$C_1 = C_2 = 10[nF]$$
$$\left|H_{PB}(\omega)\right| = \left|H_{PA}(\omega)\right|$$
$$1 = \omega R_2 C_1$$
$$\omega = 100000[\frac{rad}{seg}]$$
$$f = 15915{,}4943[hz]$$

Con lo cual se muestra la veracidad de la teoría puesto que el puntero de la intersección en el gráfico esta puesto manualmente y por ende presenta algunos hz de error.

Para el control, no se deben aprender este desarrollo ni mucho menos, pero les sirve para entender como funcionan esto de los filtros. Una forma sencilla de ver esto y muy buena explicación para el control es analizar en cuanto a si se tiene corto circuito o circuito abierto. Por ejemplo:

En el filtro pasa bajo, medimos el voltaje en el condensador. Luego si la frecuencia es muy alta, la impedancia del condensador tiende a cero y por ende hay un corto circuito de este, con lo cual la caída de voltaje del condensador dada por ley de ohm como corriente por impedancia es cero (La corriente queda limitada por la resistencia). Por otro lado, si la frecuencia es muy baja, la impedancia tiene a infinito y por ende la corriente es cero, lo cual significa que nuestra medición se estaría haciendo en la fuente puede la caída de voltaje de la resistencia es cero, con lo cual toda la caída de voltaje está en el condensador.

Un análisis similar se puede hacer para el filtro pasa altos.

Circuito LCR

En este tipo de circuitos se tiene que el campo magnético de la inductancia traspasa energía al campo eléctrico del condensador teniendo un comportamiento oscilatorio según sean las condiciones.

$$V_l = L\frac{di_l}{dt}$$

$$i_c = C\frac{dV_c}{dt}$$

Una forma muy simple de analizar un circuito es mediante transformada de laplace, de donde sacamos las siguientes ecuaciones para las impedancias:

$$\frac{V}{i} = Z$$

$$V_i = Lsi_l$$

$$Z_l = Ls$$

$$i_c = CsV_c$$

$$Z_c = \frac{1}{sC}$$

Si se fijan es lo mismo que agarrar la impedancia y reemplazar jw por s.

Una simple ley de kirchoff nos da que:

$$V = i\left(R + sL + \frac{1}{sC}\right)$$

$$i = \frac{sCV}{s^2 LC + sRC + 1} \quad (1)$$

Podáramos tener el valor de la corriente rápidamente aplicando anti transformada, pero no es necesario, pues podemos ver la naturaleza del comportamiento con solo ver lo polos (solución del polinomio en el denominador):

- Solución real pura implica sobre amortiguado
- Solución con parte real e imaginaria implica sub amortiguado
- Solución imaginaria pura implica oscilación eterna

La solución de los polos o del polinomio del denominador es:

$$s_{1,2} = \frac{-RC \pm \sqrt{(RC)^2 - 4\mathrm{LC}}}{2\mathrm{LC}}$$

Así rápidamente vemos que si R es cero, se tiene la oscilación eterna la cual se tendría en un ambiente superconductor.

Por otro lado, sub amortiguado implica tener una parte imaginaria en la solución, es decir:

$$(RC)^2 < 4\mathrm{LC}$$

$$R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$$

Análogamente se obtiene la condición de sobre amortización dada por:

$$R > 2\sqrt{\frac{L}{C}}$$

En cuanto a la frecuencia natural y la condición de resonancia, se tiene lo siguiente:

Llamamos frecuencia natural a una frecuencia tal que la acción de impedancia de la inductancia se ve anulada por la del condensador, dejando a la resistencia controlar la corriente circulante. Luego si R es muy pequeña, la corriente se puede disparar a valores peligrosos.

Así, la resonancia es cuando al circuito le aplicamos una tensión de frecuencia tal que sea igual a la frecuencia natural del circuito.

En el laboratorio les mostré (y en la guía sale también), como calcular la frecuencia natural del circuito, que viene dada cuando la corriente se maximiza, es decir:

$$i = \frac{sCV}{s^2 LC + sRC + 1}$$

$$i = \frac{1}{s\frac{L}{V} + \frac{R}{V} + \frac{1}{sCV}}$$

Minimizamos el Denominador

$$\frac{d}{ds}\left(s\frac{L}{V} + \frac{R}{V} + \frac{1}{sCV}\right) = 0$$

$$\frac{L}{V} - \frac{1}{s^2 CV} = 0$$

$$s^2 = \frac{1}{LC}$$

$$s = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Y como se menciona antes, s es igual a jw, por lo cual en modulo se tiene que la frecuencia natural de oscilación cumple que:

$$\omega_{natural} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

En este parte tampoco deben aprenderse el desarrollo de estas cosas, sino más bien entender porque suceden y cuales son las condiciones para uno u otro caso.