

# Analisis de convertidor SEPIC

Tomás Aguayo Briones

7 de septiembre de 2025

## 1. Analisis de convertidor

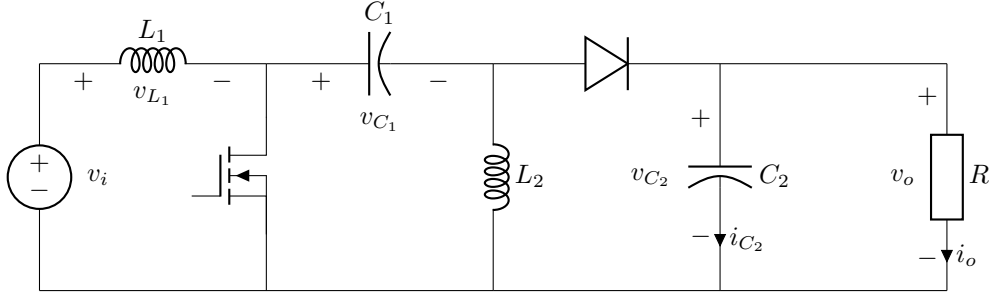


Figura 1: Convertidor SEPIC

### 1.1. Paso 1

Como primer paso se calculan las ecuaciones cuando **SW** = 1.

$$v_{L_1} = v_i ; v_{C_1} = v_{L_2}$$

Ahora en el estado de **SW** = 0.

$$v_i + v_{L_2} = v_{C_1} + v_{L_1} ; v_{L_2} = -v_o$$

### 1.2. Paso 2

Analizando primero **L**<sub>1</sub>, en ambos estados:

$$L_1 \frac{di_{L_1on}}{dt} = v_i \iff L_1 \frac{\Delta i_{L_1on}}{DT} = v_i \iff \Delta i_{L_1on} = \frac{v_i \cdot DT}{L_1}$$

$$v_{L_1off} = v_i + v_{L_2} - v_{C_1} \iff \frac{\Delta i_{L_1off}}{(1-D)T} = v_i - v_o - v_{C_1} \iff \Delta i_{L_1off} = (v_i - v_o - v_{C_1}) \frac{(1-D)T}{L_1}$$

Ahora bien, en regimen permanente la corriente de la bobina en regimen permanente tiene que ser la misma en el inicio y el final del ciclo. Por lo que:

$$\Delta i_{L_1on} + \Delta i_{L_1off} = 0$$

$$\frac{v_i \cdot DT}{L_1} + (v_i - v_o - v_{C_1}) \frac{(1-D)T}{L_1} = 0 \Big/ \cdot \frac{L_1}{(1-D)T}$$

$$v_i \frac{D}{(1-D)} + v_i = v_o + v_{C_1}$$

$$\frac{v_i}{(1-D)} = v_o + v_{C_1} \quad (1)$$

Se continua con **L<sub>2</sub>**:

$$v_{L_{2on}} = v_{C_1} \iff L_2 \frac{\Delta i_{L_{2on}}}{DT} = v_{C_1} \iff \Delta i_{L_{2on}} = \frac{v_{C_1} DT}{L_2}$$

$$v_{L_{2off}} = -v_o \iff L_2 \frac{\Delta i_{L_{2off}}}{(1-D)T} = -v_o \iff \Delta i_{L_{2off}} = -\frac{v_o(1-D)T}{L_2}$$

Mismo principio aplicado con el primer inductor, la corriente al inicio y al final del ciclo tiene que ser igual. Por lo tanto:

$$\begin{aligned} \Delta i_{L_{2on}} + \Delta i_{L_{2off}} &= 0 \\ \frac{v_{C_1} DT}{L_2} - \frac{v_o(1-D)T}{L_2} &= 0 \Big/ \cdot \frac{L_2}{T} \\ v_{C_1} D - v_o(1-D) &= 0 \\ v_{C_1} D + v_o D - v_o &= 0 \\ v_o + v_{C_1} &= \frac{v_o}{D} \end{aligned} \tag{2}$$

Ahora bien, reemplazando Ecuación 1 en Ecuación 2, se obtiene la siguiente expresion:

$$\begin{aligned} \frac{v_o}{D} &= \frac{v_i}{(1-D)} \\ \frac{v_o}{v_i} &= \frac{D}{(1-D)} \end{aligned} \tag{3}$$

### 1.3. Paso 3

Teniendo la relacion entre la entrada y salida del convertidor, se reemplaza la Ecuación 3 en Ecuación 1, obteniendo lo siguiente:

$$\begin{aligned} v_i \frac{D}{(1-D)} + v_{C_1} &= \frac{v_i}{(1-D)} \\ v_i \frac{\cancel{1-D}}{\cancel{(1-D)}} &= v_{C_1} \\ v_i &= v_{C_1} \end{aligned}$$

De aqui se puede obtener que las variaciones de corriente en los inductores son:

$$\begin{aligned} \Delta i_{L_{1on}} &= \frac{v_i DT}{L_1}; \Delta i_{L_{1off}} = -\frac{v_o(1-D)T}{L_1} \\ \Delta i_{L_{2on}} &= \frac{v_i DT}{L_2}; \Delta i_{L_{2off}} = -\frac{v_o(1-D)T}{L_2} \end{aligned}$$

*Nota: son todas la misma ecuacion, usando Ecuación 3, se obtiene la misma expresion.*

### 1.4. Paso 4(Inductancia minima)

Ahora bien, en este convertidor, la bobina  $L_2$  entrega la corriente(**se utilizara mayuscula para denotar promedios**) hacia la carga, por lo que:

$$I_{L_2} = \frac{V_o}{R}$$

Asumiendo que no hay perdidas en el convertidor y que la corriente de entrada es igual a la corriente en  $L_1$ , el balance de potencia entrega:

$$\begin{aligned} P_i &= P_o \\ V_i \cdot I_i &= V_o \cdot I_o \\ I_i &= \frac{V_o}{V_i} \cdot I_o \\ I_i &= \frac{D}{(1-D)} I_o \\ I_{L_1} &= \frac{D}{(1-D)} I_{L_2} \end{aligned}$$

Ahora bien, para la bobina  $L_1$ , se calculan los valores minimos y maximos de corriente. Asi se tiene:

$$\begin{aligned}
I_{L_{1max}} &= I_{L_1} + \frac{\Delta i_{L_1}}{2} \\
&= \frac{D}{(1-D)} I_{L_2} + \frac{v_i DT}{2L_1} / I_{L_2} = I_o = \frac{v_o}{R} \\
&= \frac{D}{(1-D)} \frac{v_o}{R} + \frac{v_o(1-D)T}{2L_1} \\
&= \frac{D}{(1-D)} \frac{v_o}{R} + \frac{v_o(1-D)T}{2L_1} \\
&= v_o \left( \frac{D}{(1-D)} \frac{1}{R} + \frac{(1-D)}{2L_1 f} \right) \\
I_{L_{1min}} &= I_{L_1} - \frac{\Delta i_{L_1}}{2} \\
&= v_o \left( \frac{D}{(1-D)} \frac{1}{R} - \frac{(1-D)}{2L_1 f} \right)
\end{aligned}$$

Para que el convertidor funcione en **CCM**, la corriente minima del inductor tiene que ser positiva, debido a que se trabajaria con corriente discontinua, haciendo que el analisis no describa al sistema, por lo que:

$$\begin{aligned}
0 &= v_o \left( \frac{D}{(1-D)} \frac{1}{R} - \frac{(1-D)}{2L_{1min} f} \right) \\
0 &= \frac{D}{(1-D)} \frac{1}{R} - \frac{(1-D)}{2L_{1min} f} \\
\frac{(1-D)}{2L_{1min} f} &= \frac{D}{(1-D)} \frac{1}{R} \\
L_{1min} f &= \frac{R(1-D)^2}{2D} \\
L_{1min} &= \frac{R(1-D)^2}{2fD}
\end{aligned}$$

A continuacion se realiza el mismo analisis para la bobina  $L_2$ :

$$\begin{aligned}
I_{L_{2max}} &= I_{L_2} + \frac{\Delta i_{L_2}}{2} \\
&= \frac{v_o}{R} + \frac{v_o(1-D)T}{2L_2} \\
&= v_o \left( \frac{1}{R} + \frac{(1-D)}{2L_2 f} \right) \\
I_{L_{2min}} &= I_{L_2} - \frac{\Delta i_{L_2}}{2} \\
&= v_o \left( \frac{1}{R} - \frac{(1-D)}{2L_2 f} \right)
\end{aligned}$$

Misma logica que con el anterior inductor. Para que se mantenga en **CCM**, es necesario que la corriente minima sea positiva, por lo que:

$$\begin{aligned}
0 &= v_o \left( \frac{1}{R} - \frac{(1-D)}{2L_{2min} f} \right) \\
\frac{1}{R} &= \frac{(1-D)}{2L_{2min} f} \\
L_{2min} f &= \frac{(1-D)R}{2} \\
L_{2min} &= \frac{(1-D)R}{2f}
\end{aligned}$$

### 1.5. Paso 5(Rizado de Voltaje de capacitores)

Planteando las ecuaciones de nodos de los capacitores en  $\mathbf{SW} = \mathbf{1}$  se obtiene que:

$$i_{C_1} = -i_{L_2} ; i_{C_2} = -i_o$$

Con  $\mathbf{SW} = \mathbf{0}$ :

$$i_{C_1} = i_{L_1} ; i_{C_2} = i_{L_1} + i_{L_2} - i_o$$

Para  $\mathbf{C}_1$ , La capacitancia se define de la siguiente forma:

$$C_1 = \frac{Q}{V_{C_1}}$$

$$\Delta V_{C_1} = \frac{\Delta Q}{C_1}$$

Despreciando el ripple de corriente que ocurre en el inductor, se tiene:

$$\Delta V_{C_1} = \frac{I_o D T}{C_1} \iff \Delta V_{C_1} = \frac{I_o D}{C_1 f}$$

$$\Delta V_{C_1} = \frac{D}{C_1 f} \frac{V_o}{R}$$

$$\frac{\Delta V_{C_1}}{V_o} = \frac{D}{C_1 f} \frac{1}{R}$$

$$\frac{\Delta V_{C_1}}{V_i} = \frac{D^2}{C_1 f} \frac{1}{R} \frac{1}{(1-D)}$$

Aplicando el mismo método para  $\mathbf{C}_2$ , se tiene que:

$$C_2 = \frac{Q}{V_{C_2}}$$

$$\Delta V_{C_2} = \frac{\Delta Q}{C_2}$$

$$\Delta V_{C_2} = \frac{I_o D T}{C_2}$$

$$\frac{\Delta V_{C_2}}{V_o} = \frac{D}{C_2 f} \frac{1}{R}$$

$$\frac{\Delta V_{C_2}}{V_o} = \frac{D}{C_2 f} \frac{1}{R}$$

### 1.6. Paso 6(Rizado de corriente)

Utilizando el balance de potencia se obtiene la siguiente expresión:

$$P_i = P_o$$

$$V_i I_i = V_o I_o$$

$$I_{L_1} = \frac{v_o}{v_i} I_o$$

Ahora bien para calcular el rizado del primer inductor se aplica la definición de rizado:

$$\begin{aligned}
\frac{\Delta i_{L_1}}{I_{L_1}} &= \frac{\frac{v_i DT}{L_1}}{\frac{v_o}{v_i} I_o} \\
&= \frac{v_i^2 DT}{v_o I_o L_1} \bigg/ \frac{v_o}{v_i} = \frac{D}{(1-D)} \\
&= \frac{\frac{(1-D)^2}{D^2} v_o^2 DT}{v_o I_o L_1} \\
&= \frac{\frac{(1-D)^2}{D^2} v_o^2 DT}{\cancel{v_o} I_o L_1} = \frac{(1-D)^2 v_o}{D I_o L_1 f} \\
&= \frac{(1-D)^2 \cancel{v_o}}{D \cancel{v_o} L_1 f} \\
&= \frac{(1-D)^2 R}{D L_1 f}
\end{aligned}$$