

Curso: Procesamiento Electrónico de Potencia

# MODELADO MATEMÁTICO CONVERTIDORES DE POTENCIA

Ing. Sergio A. Morales Hernández

Escuela de Ingeniería Electrónica  
Tecnológico de Costa Rica

I Semestre 2021

# AGENDA

## 1 MODELADO

# AGENDA

1 MODELADO

2 PRÁCTICA

## CIRCUITO ESQUEMÁTICO

- Se presenta un circuito esquemático de un convertidor reductor.

## CIRCUITO ESQUEMÁTICO

- Se presenta un circuito esquemático de un convertidor reductor.
- Posteriormente se mostrará su modelo simplificado, basado en interruptores.

## CIRCUITO ESQUEMÁTICO

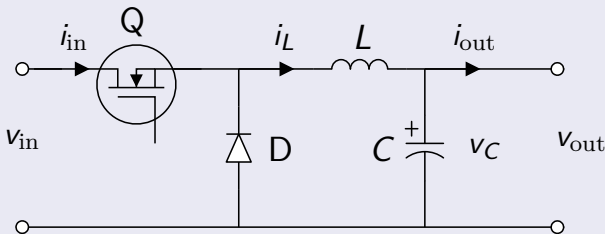
- Se presenta un circuito esquemático de un convertidor reductor.
- Posteriormente se mostrará su modelo simplificado, basado en interruptores.
- Por último, se determinará su modelo promediado (o en variables de estado).

## CIRCUITO ESQUEMÁTICO

- Se presenta un circuito esquemático de un convertidor reductor.
- Posteriormente se mostrará su modelo simplificado, basado en interruptores.
- Por último, se determinará su modelo promediado (o en variables de estado).

## CIRCUITO ESQUEMÁTICO

- Se presenta un circuito esquemático de un convertidor reductor.
- Posteriormente se mostrará su modelo simplificado, basado en interruptores.
- Por último, se determinará su modelo promediado (o en variables de estado).





## DEFINICIONES

- Un modelo simplificado de un circuito esquemático comprende la representación más simple de los componentes que conforman dicho circuito.

## DEFINICIONES

- Un modelo simplificado de un circuito esquemático comprende la representación más simple de los componentes que conforman dicho circuito.
- Como ejemplo, ¿cuál es la representación más simple de una resistencia eléctrica?

## DEFINICIONES

- Un modelo simplificado de un circuito esquemático comprende la representación más simple de los componentes que conforman dicho circuito.
- Como ejemplo, ¿cuál es la representación más simple de una resistencia eléctrica?
- No hay representación más simple, ya que una resistencia eléctrica es el elemento más simple que representa ese fenómeno en un conductor.

## DEFINICIONES

- Un modelo simplificado de un circuito esquemático comprende la representación más simple de los componentes que conforman dicho circuito.
- Como ejemplo, ¿cuál es la representación más simple de una resistencia eléctrica?
- No hay representación más simple, ya que una resistencia eléctrica es el elemento más simple que representa ese fenómeno en un conductor.
- En el caso de un transistor funcionando como interruptor, su representación más simple es efectivamente un interruptor.

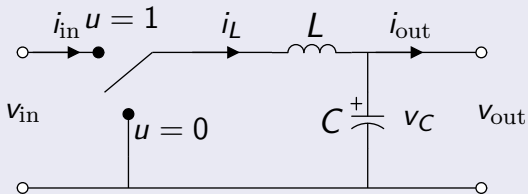
## DEFINICIONES

- Un modelo simplificado de un circuito esquemático comprende la representación más simple de los componentes que conforman dicho circuito.
- Como ejemplo, ¿cuál es la representación más simple de una resistencia eléctrica?
- No hay representación más simple, ya que una resistencia eléctrica es el elemento más simple que representa ese fenómeno en un conductor.
- En el caso de un transistor funcionando como interruptor, su representación más simple es efectivamente un interruptor.
- Para un modelo promediado, tomamos la representación del modelo simplificado y lo indicamos en función de sus ecuaciones características.

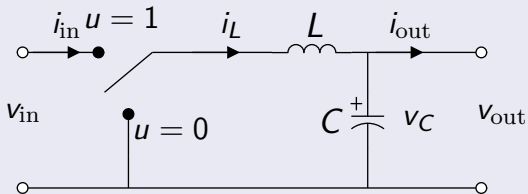
## DEFINICIONES

- Un modelo simplificado de un circuito esquemático comprende la representación más simple de los componentes que conforman dicho circuito.
- Como ejemplo, ¿cuál es la representación más simple de una resistencia eléctrica?
- No hay representación más simple, ya que una resistencia eléctrica es el elemento más simple que representa ese fenómeno en un conductor.
- En el caso de un transistor funcionando como interruptor, su representación más simple es efectivamente un interruptor.
- Para un modelo promediado, tomamos la representación del modelo simplificado y lo indicamos en función de sus ecuaciones características.
- Luego, agrupamos, cuando así corresponda, las ecuaciones y las definimos para una condición característica.

## MODELO SIMPLIFICADO



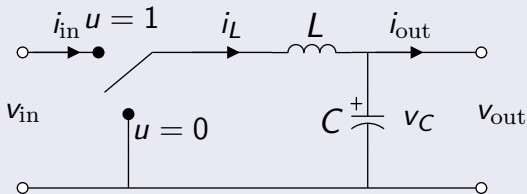
## MODELO SIMPLIFICADO



- Acá definimos la acción del interruptor como  $u$ .

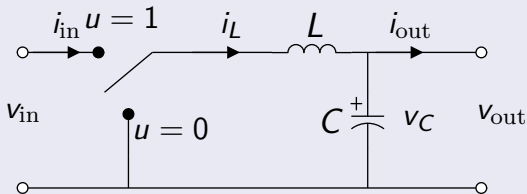


## MODELO SIMPLIFICADO



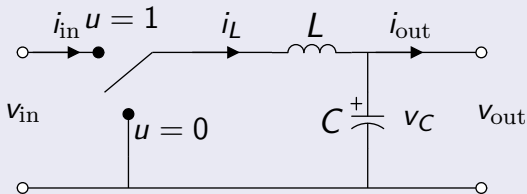
- Acá definimos la acción del interruptor como  $u$ .
- Se asume un interruptor ideal, cuya forma de conmutación es la siguiente

## MODELO SIMPLIFICADO

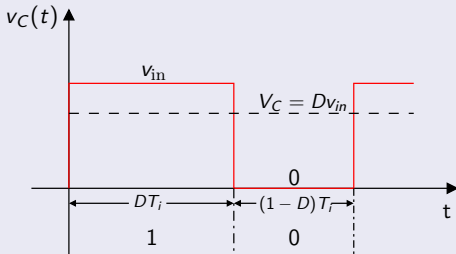


- Acá definimos la acción del interruptor como  $u$ .
- Se asume un interruptor ideal, cuya forma de conmutación es la siguiente

## MODELO SIMPLIFICADO



- Acá definimos la acción del interruptor como  $u$ .
- Se asume un interruptor ideal, cuya forma de conmutación es la siguiente

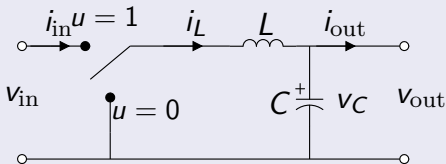


## MODELO PROMEDIADO

Considerando  $u \in \{0, 1\}$ , tenemos

# MODELO PROMEDIADO

Considerando  $u \in \{0, 1\}$ , tenemos



$$P_1 : \left\{ \begin{array}{ll} \frac{di_L}{dt} = \frac{v_{in} - v_C}{L} & \text{cuando } u = 1 \\ \frac{dv_C}{dt} = \frac{i_L - i_{out}}{C} & \\ \frac{di_L}{dt} = \frac{-v_C}{L} & \text{cuando } u = 0 \\ \frac{dv_C}{dt} = \frac{i_L - i_{out}}{C} & \end{array} \right.$$

## MODELO PROMEDIADO, continuación

Generalizando se obtiene

## MODELO PROMEDIADO, continuación

Generalizando se obtiene

$$P_1 : \begin{cases} \frac{di_L}{dt} = u \frac{v_{in}}{L} - \frac{v_C}{L} \\ \frac{dv_C}{dt} = \frac{i_L}{C} - \frac{i_{out}}{C} \end{cases}$$

## MODELO PROMEDIADO, continuación

Generalizando se obtiene

$$P_1 : \begin{cases} \frac{di_L}{dt} = u \frac{v_{in}}{L} - \frac{v_C}{L} \\ \frac{dv_C}{dt} = \frac{i_L}{C} - \frac{i_{out}}{C} \end{cases}$$

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \overline{i_L} \\ \overline{v_C} \end{bmatrix}$$



## MODELO PROMEDIADO, continuación

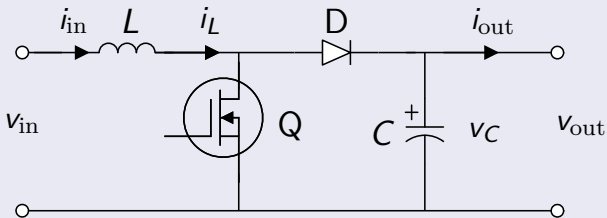
Por último, tendríamos la expresión en variables de estado,

## MODELO PROMEDIADO, continuación

Por último, tendríamos la expresión en variables de estado,

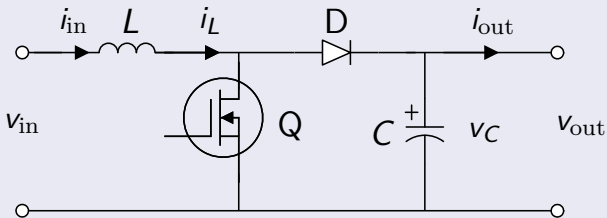
$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & -\frac{1}{L} \\ \frac{1}{C} & 0 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ -\frac{i_{out}}{C} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{v_{in}}{L} \\ 0 \end{bmatrix} D$$

## CONVERTIDOR ELEVADOR



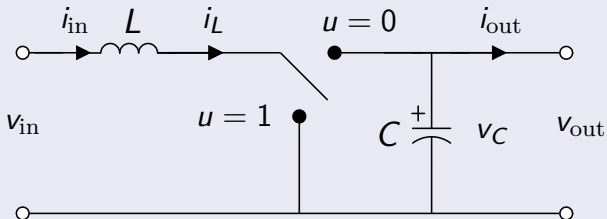
- Desarrollen tanto el modelo simplificado, como el modelo promediado.

## CONVERTIDOR ELEVADOR



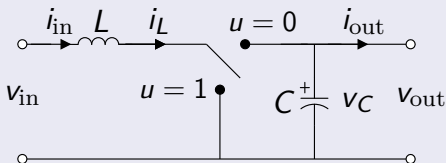
- Desarrollen tanto el modelo simplificado, como el modelo promediado.
- Recuerden considerar  $u \in \{0, 1\}$

## MODELO SIMPLIFICADO



# MODELO PROMEDIADO

Considerando  $u \in \{0, 1\}$ , tenemos



$$P_2 : \left\{ \begin{array}{ll} \frac{di_L}{dt} = \frac{v_{in}}{L} & \text{cuando } u = 1 \\ \frac{dv_C}{dt} = \frac{-i_{out}}{C} & \text{cuando } u = 1 \\ \frac{di_L}{dt} = \frac{v_{in} - v_C}{L} & \text{cuando } u = 0 \\ \frac{dv_C}{dt} = \frac{i_L - i_{out}}{C} & \text{cuando } u = 0 \end{array} \right.$$

## MODELO PROMEDIADO, continuación

Generalizando se obtiene

$$P_2 : \begin{cases} \frac{di_L}{dt} &= \frac{v_{in}}{L} - (1-u)\frac{v_C}{L} \\ \frac{dv_C}{dt} &= (1-u)\frac{i_L}{C} - \frac{i_{out}}{C} \end{cases}$$
$$x = \begin{bmatrix} \bar{i}_L \\ \bar{v}_C \end{bmatrix}$$

## MODELO PROMEDIADO, continuación

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & -\frac{(1-d)}{L} \\ \frac{1-d}{C} & 0 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} \frac{\overline{v_{in}}}{L} \\ \frac{-\overline{i_{out}}}{C} \end{bmatrix}$$



**¡Muchas Gracias!**

