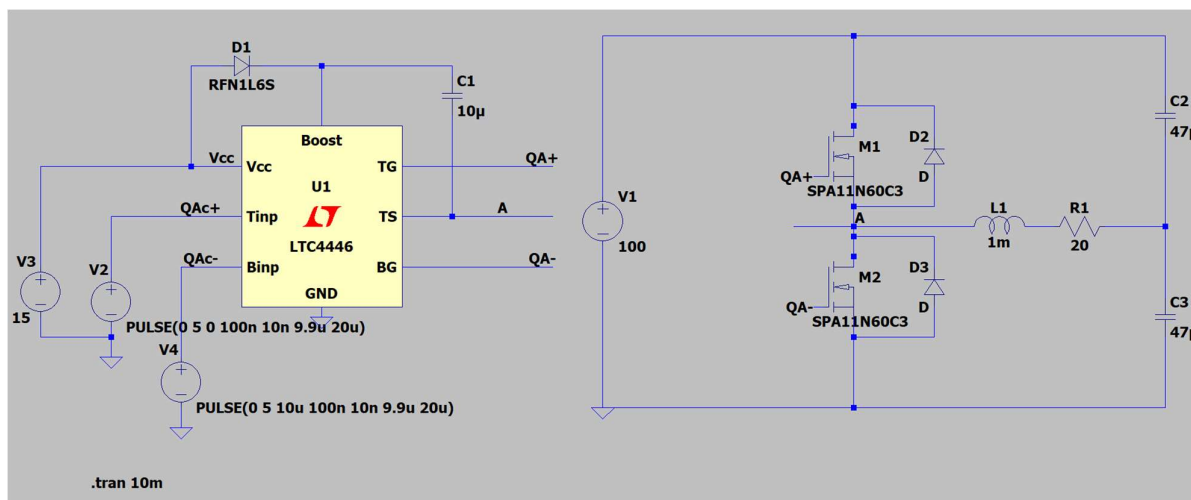


Objetivo: Comprender el funcionamiento de un inverter trifásico. Analizar la modulación conocer sus implicancias. Estudiar y aplicar un inverter para el control de velocidad de un motor de inducción.

Lea y analice atentamente el trabajo en su totalidad antes de comenzar.

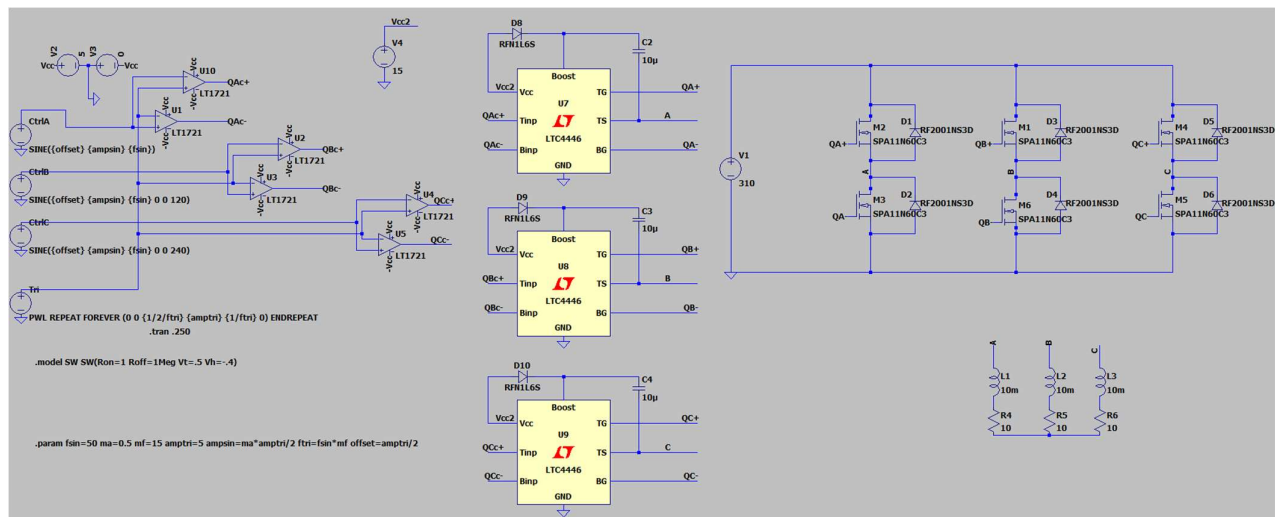
PARTE I - Inverter Monofásico - Medio Puente



Arme el circuito en LTSpice, de la misma forma que muestra la imagen. Conteste los incisos con la información **requerida solamente**:

- 1) MOS Gate Driver : Lea atentamente la hoja de datos del circuito integrado LTC4446. *Nota: si bien el IC tiene una tensión máxima inferior a la utilizada aquí, a los fines de la simulación no existe diferencia.*
 - a. ¿Cuánto debe ser el valor de C_{BOOT} ?
 - b. ¿Cuál es la tensión máxima que soporta el diodo D1?
 - c. Indique cuál es la función del UVLO. De un ejemplo donde una falla puede ser evitada gracias a esta función.
 - d. ¿Cómo asegura que no se produzca una falla del tipo Shoot-Through?
- 2) Medio Puente - Modulación Cuadrada
 - a. ¿Cuánto vale la tensión en el nodo entre C2 y C3? ¿Cómo circulan las corrientes en los capacitores durante el funcionamiento del inverter?
 - b. ¿Cómo circulan las corrientes en los switches y los diodos?
 - c. Este tipo de modulación se la conoce como Modulación de señal cuadrada. Indique, según la teoría cuál serán las frecuencias armónicas de la señal resultante.
 - d. Obtenga la señal de salida de LTSpice y analice la misma en MATLAB o programa matemático. Obtenga el espectro de la señal resultante mediante una FFT adecuada.

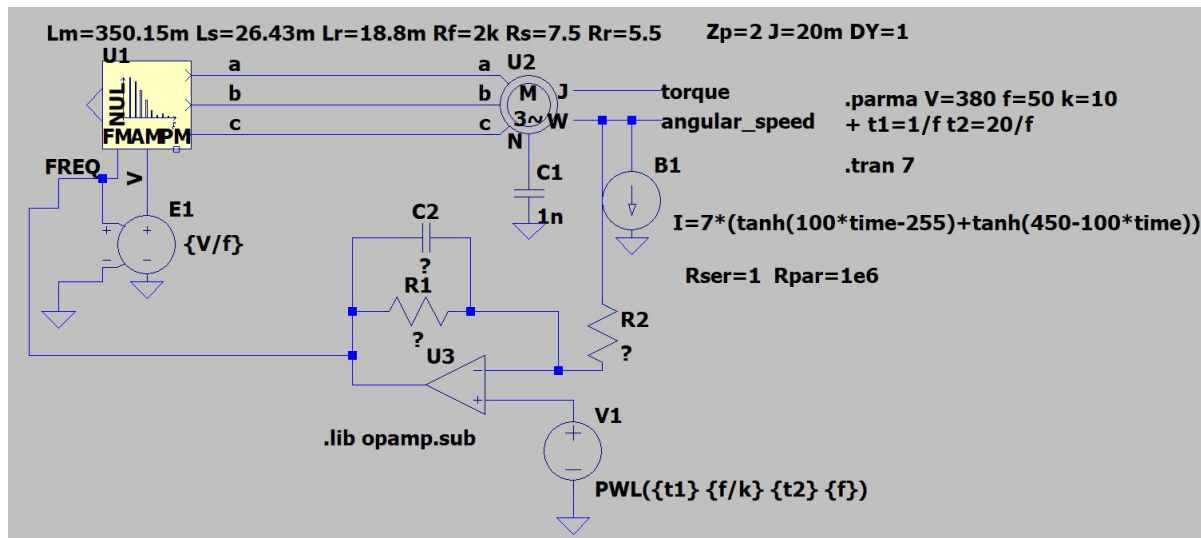
PARTE II - Inverter Trifásico



- 1) Generación PWM y Disparo:
 - a. Mida la corriente del MOS M2. Explique qué sucede al momento del apagado de la llave. Observe los picos y deduzca a qué se debe.
 - b. ¿Cómo puede evitar que ambas llaves estén cerradas al mismo tiempo en la conmutación? Utilice diodos y resistencias en los Gate para minimizar el efecto del overlapping de las llaves.
 - c. Explique *brevemente* cómo generaría mediante un programa con microprocesador las 6 señales, incluyendo un *deadtime* adecuado. Estime la frecuencia de clock mínima en función de m_f para una tabla de 512 puntos, a 50Hz de $V_{control}$.
- 2) Modulación PWM: responda mostrando la corriente y tensión de fase en el tiempo sobre la carga inductiva, y con el espectro de la corriente de fase, donde corresponda.
 - a. Indique cuánto vale m_a , m_f , y las amplitudes y frecuencias relacionadas.
 - b. Compare lo que sucede cuando m_a vale 0.8, 1, 1.3, utilizando un $m_f = 15$.
 - c. Compare lo que sucede con un $m_f = 15, 21, 27$ utilizando un $m_a = 0.8$
 - d. Compare lo que sucede con un $m_f = 33, 66, 81$ utilizando un $m_a = 1.1$
 - e. Indique el máximo m_f que puede manejar este inverter. ¿Qué limitaciones tiene?
 - f. Indique una posible solución para extender el rango de frecuencias revisado en el punto anterior.
- 3) Motores de inducción trifásicos. Dada la siguiente imagen de placa de identificación de motor trifásico asíncrono, a 50Hz:
 - a. Modele el motor trifásico funcionando a **potencia nominal**, a través de los parámetros de la placa, obteniendo un $Z_{eq} = R_{eq} + jX_{eq}$ aproximado.
 - b. Conecte dicho modelo R+L al inverter, en triángulo. Modifique la tensión de alimentación para colocar el motor en las condiciones nominales de la placa. Mida las corrientes y tensiones de línea.



PARTE III - Control de velocidad de motores de inducción trifásicos



Utilice el sistema de control de velocidad que indica la figura, utilizando los elementos presentes en la librería PWR.sub. Puede encontrar información en: <http://ltspicegoodies.itwiki.org/Pwr.html>

- 1) Sistema a lazo abierto:
 - a. Configure el generador con $N=2k+1$. Abra el lazo y coloque la fuente V1 directamente sobre FREQ. Mida lo que sucede con las variables *angular_speed*, *torque*, *FREQ* y *V* (nombre de los nodos) y explique lo que sucede.
 - d. Las señales en SPICE aparecen como tensiones, pero representan variables físicas con su respectiva unidad. Indique en que valores en el sistema SI de unidades opera el motor sin carga.
 - e. Explique lo que sucede cuando se aplica el escalón de torque B1. El mismo se modela drenando corriente desde el nodo *angular_speed* mediante la fuente B1.
 - f. Mida la corriente de fase y tensión de línea. Explique porqué razón la fuente controlada E1 tiene una ganancia igual a V/f .
- 2) Sistema a lazo cerrado:
 - a. Coloque la fuente V1 nuevamente como indica la figura. Estime los valores de $R1$, $R2$ y $C2$, y diseñe un control de velocidad cuya respuesta sobre la velocidad angular sea sobreamortiguada.
 - b. Modifique los valores de estos 3 componentes y muestre una respuesta subamortiguada, luego una situación en la cual el sistema de control no alcance para llegar a regular la velocidad en estas condiciones.
 - c. Dado el sistema de control calculado en a), encuentre el nivel máximo del escalón de torque que puede manejar su sistema. Modifique para ello el nivel máximo de la corriente de la fuente B1.

Informe:

Este trabajo debe entregarse el día **martes 23 de junio** de 2020, **antes** del horario de clase; mediante un informe.

Dicho informe se enviará a través del campus virtual. En caso de tener inconvenientes con la entrega enviar por mail a mweill@itba.edu.ar y masalvat@itba.edu.ar