Diseño e implementación de un control adaptativo para un inversor DC/AC tipo Buck-Boost

AUTORES: GEOVANNY ALFONSO ASHQUI CARRASCO
JORGE DANIEL TRUJILLO MARCILLO

OBJETIVOS

- **Objetivo General**

  Modelar una topología de inversor DC / AC tipo Buck-Boost, y aplicar un control adaptativo para obtener una corriente de salida controlada.

OBJETIVOS

- **Objetivos específicos**

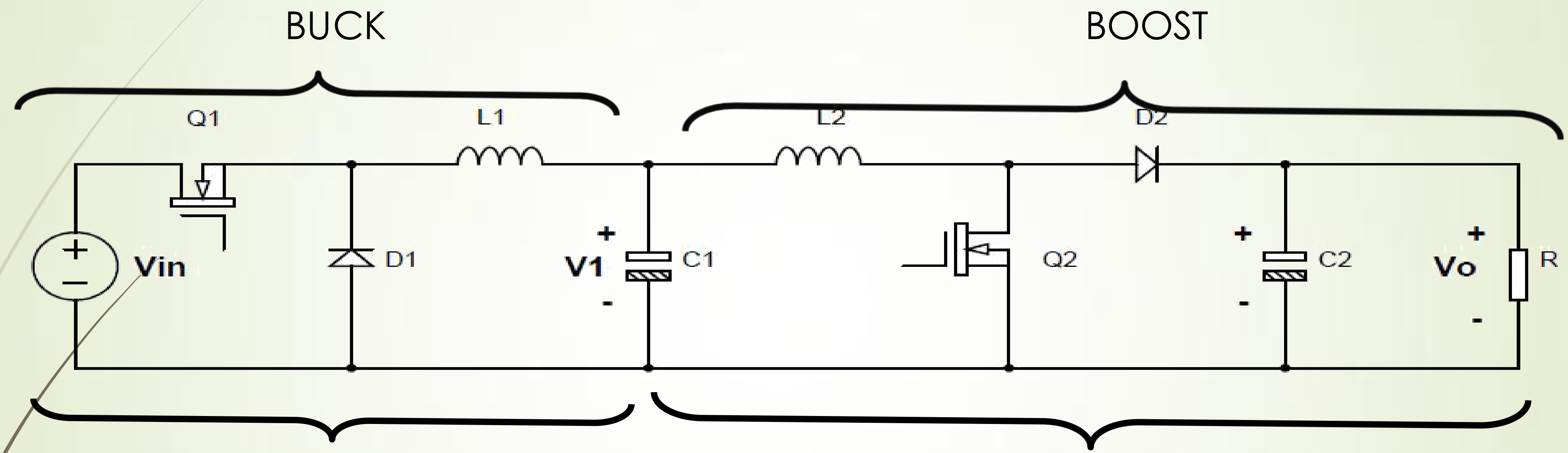
  - Conocer detalladamente el comportamiento del inversor, inyectando entradas y observando las diferentes salidas a dichas entradas.
  - Realizar un modelamiento matemático en base a la salida del sistema y a los resultados obtenidos a la salida del mismo.
  - Aplicar un control adaptativo al circuito obtenido del modelamiento.
  - Construcción de un prototipo de inversor Buck-Boost DC/AC

Diseño Del Inversor

INVERSOR BUCK BOOST

El convertidor Buck-Boost es un circuito de potencia que puede suministrar un voltaje de salida, este puede ser mayor o menor con respecto al voltaje de la entrada, de acuerdo a su configuración la polaridad de salida puede ser inversa o no en relación a la entrada.

INVERSOR BUCK BOOST



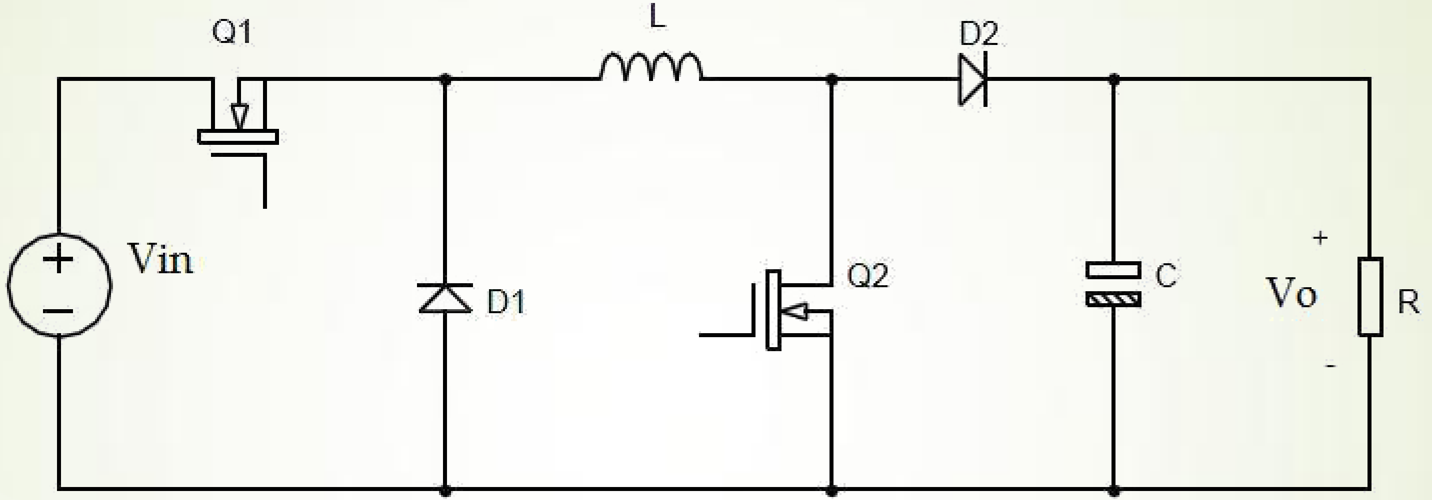
$$V_1 = \alpha . V_{in}$$

$$V_o = \frac{1}{(1-\alpha)} . V_1$$

Reductor: Vo < Vin

Elevador: Vo > Vin

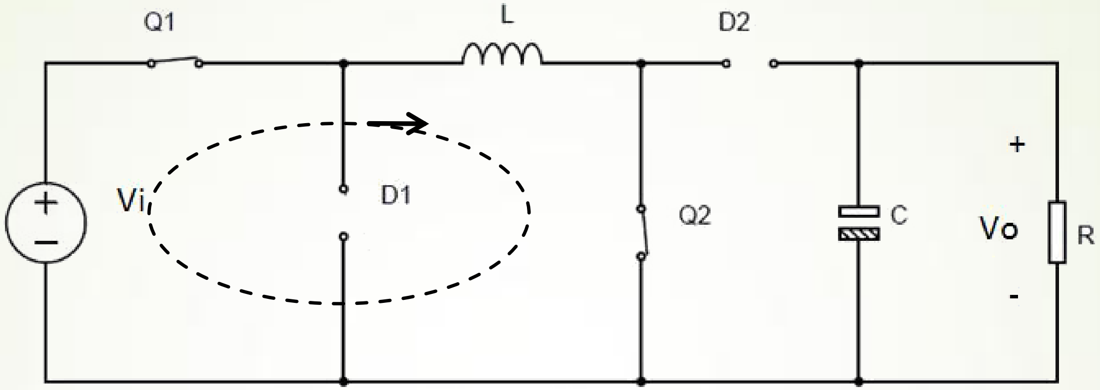
INVERSOR BUCK BOOST



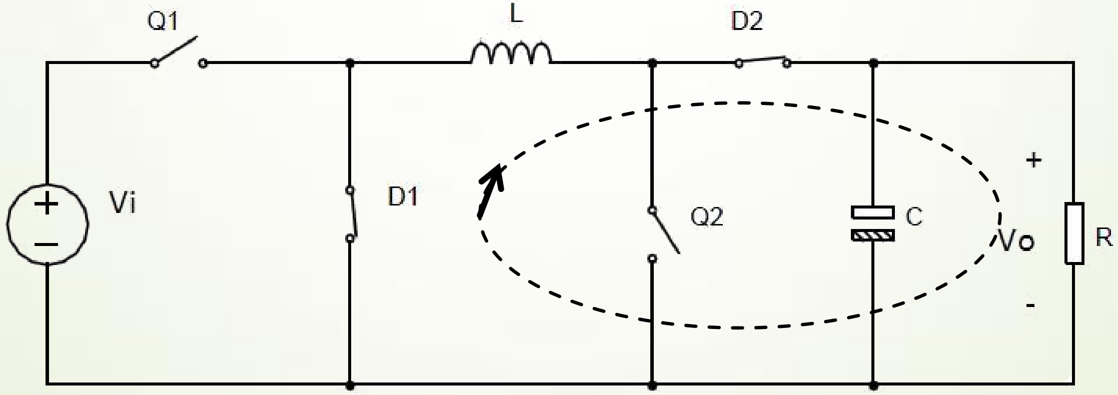
$$V_o = \frac{\alpha}{(1-\alpha)} . V_{in}$$

INVERSOR BUCK BOOST

Cierre Q1 y Q2



Apertura Q1 y Q2



INVERSOR BUCK BOOST

Para α

$$I_{IN} = I_{Q1}$$

$$I_{Q1} = \alpha I_L$$

$$I_{IN} = \alpha I_L$$

Para $1-\alpha$

$$I_O = I_{D2}$$

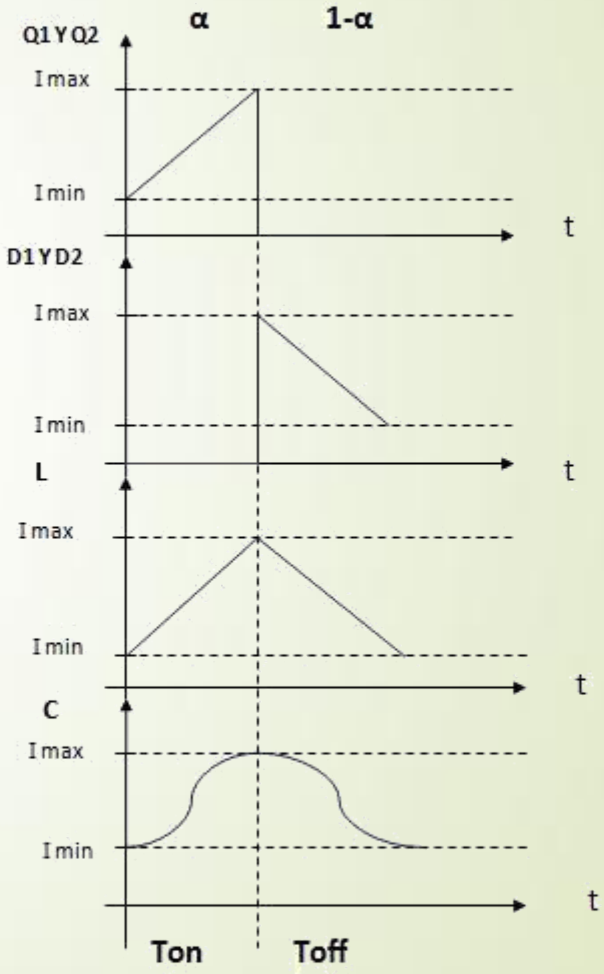
$$I_{D2} = (1-\alpha) I_L$$

$$I_O = (1-\alpha) I_L$$

$$I_L = \frac{I_{IN}}{\alpha}$$

$$I_O = \frac{(1-\alpha) I_{IN}}{\alpha}$$

Formas de Onda



INVERSOR BUCK BOOST

$$P_{IN} = P_{OUT}$$

$$\frac{P_O}{V_O} = \frac{(1-\alpha)}{\alpha}\frac{P_{IN}}{V_{IN}}$$

$$V_O = \frac{\alpha}{(1-\alpha)}V_{IN}$$

INVERSOR BUCK BOOST

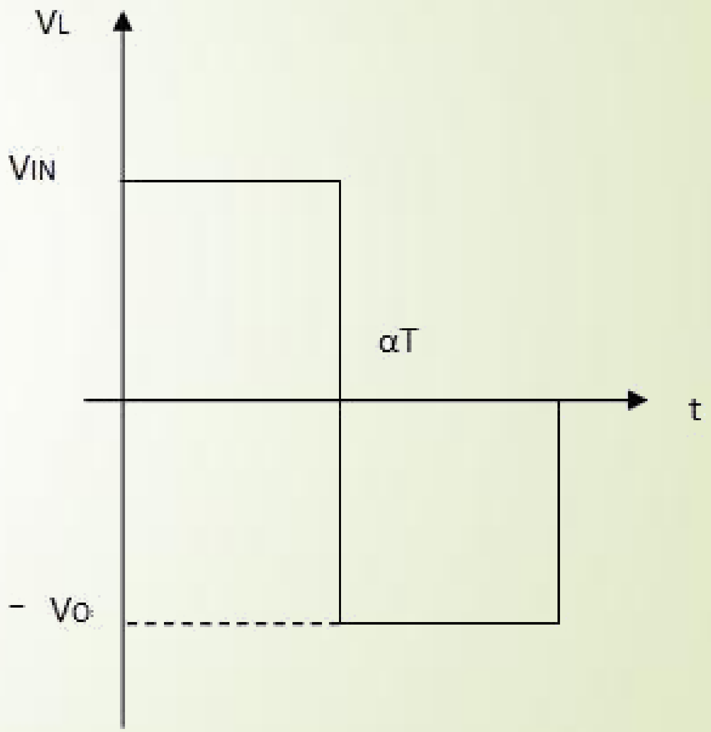
Para el caso de Ton αT

$$V_L(t) = L * \frac{dI_L}{dt}$$

$$i_L(t) = \frac{1}{L}\int_0^{\alpha T} V_{IN} dt + i_L(0)$$

$$i_L \max = \frac{1}{L}\left(\frac{V_{IN}\alpha}{fs} + i_L \min\right)$$

Voltaje Inductor



INVERSOR BUCK BOOST

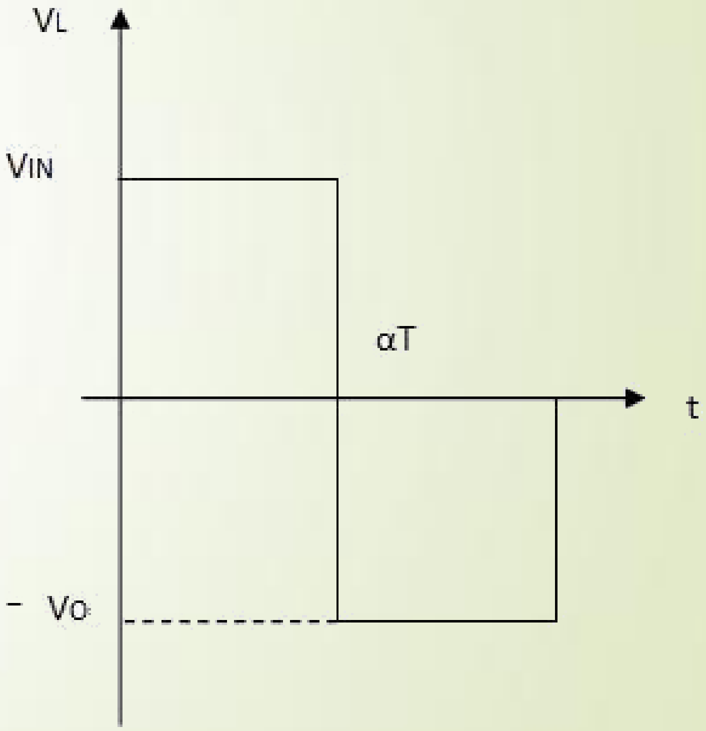
Para el caso de Toff $T - \alpha T$

$$V_L(t) = L * \frac{di_L}{dt}$$

$$i_L(t) = \frac{1}{L}\int_{\alpha T}^{T} -V_O dt + i_L(0)$$

$$i_L \min = \frac{1}{L}\left(\frac{-V_O}{fs} + \frac{V_O \alpha}{fs} + i_L \max\right)$$

Voltaje Inductor



INVERSOR BUCK BOOST

Para el comportamiento en MCC en la Bobina

Cumplir $I_L \geq \frac{\Delta I_L}{2}$ e $I_L = \frac{I_O}{(1-\alpha)}$

Entonces

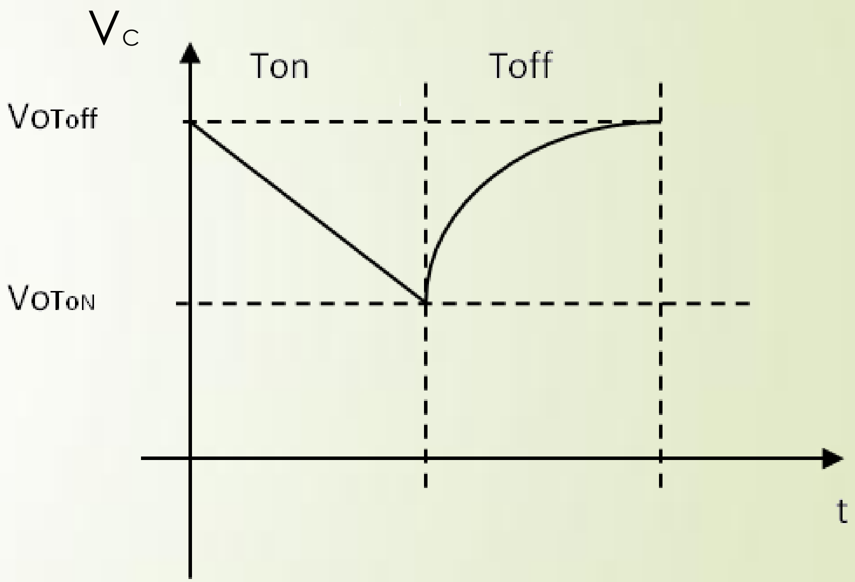
$$\frac{I_O}{1-\alpha} \geq \frac{V_O(1-\alpha)}{2Lfs} \quad \Rightarrow \quad I_L \geq \frac{R(1-\alpha)^2}{2\,fs}$$

INVERSOR BUCK BOOST

Para el comportamiento en MCC en el Capacitor

$$I_C(t) = C * \frac{dV_C}{dt}$$

$$v_C(t) = \frac{1}{C}\int_0^{\alpha T} I_O dt$$



$$V_C = \frac{1}{C}(I_O \alpha T) + V_O(0) \Rightarrow V_C(Ton) - V_O(0) = \frac{V_0 \alpha}{RCfs}$$

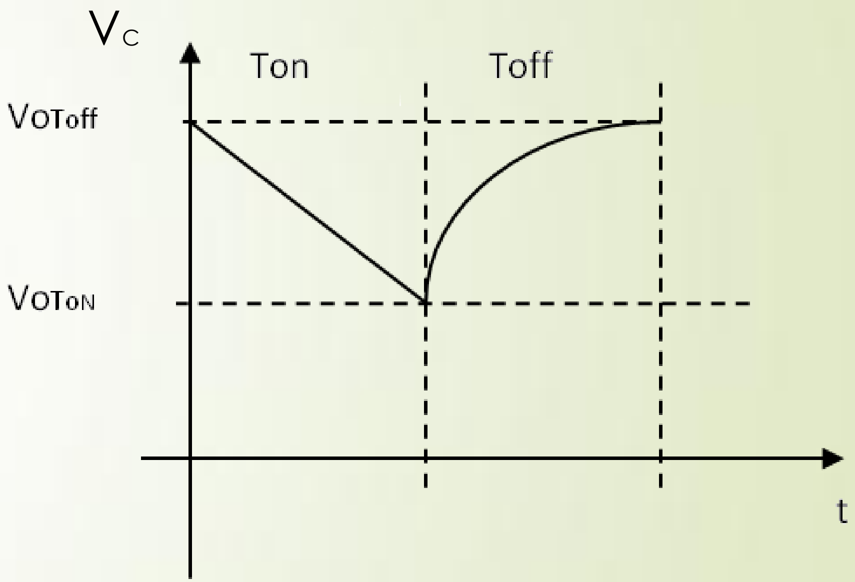
INVERSOR BUCK BOOST

$$\Delta V_C = V_O(0) - V_O(Ton)$$

$$\Delta V_O = \frac{V_O \alpha}{RCfs}$$

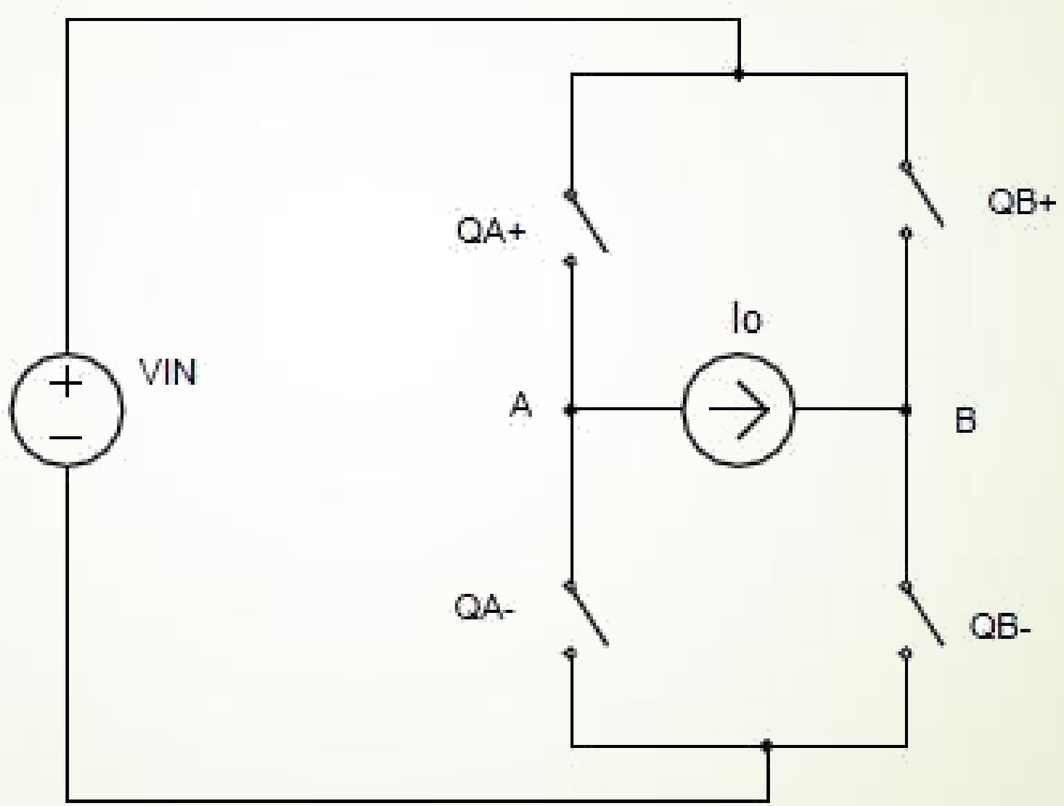
$$\Rightarrow \quad C = \frac{V_O \alpha}{Rfs \Delta V_O}$$

Voltaje en el Capacitor



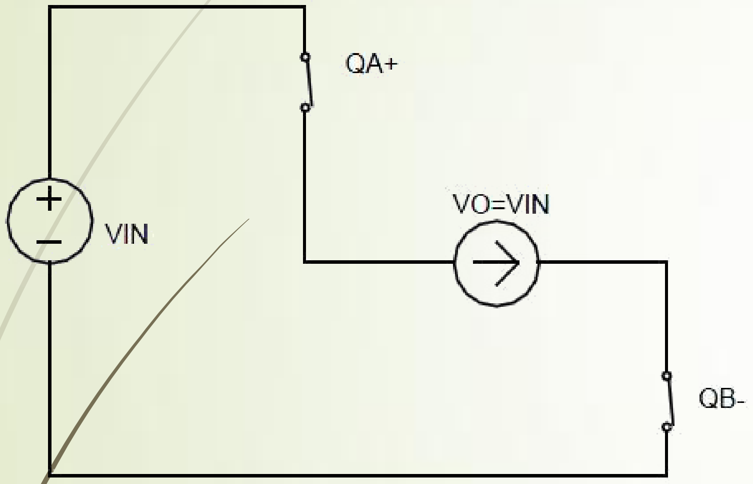
INVERSOR BUCK BOOST

Puente H

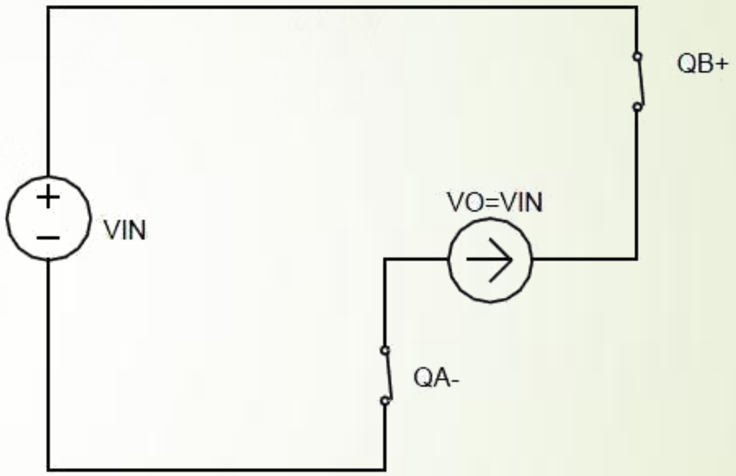


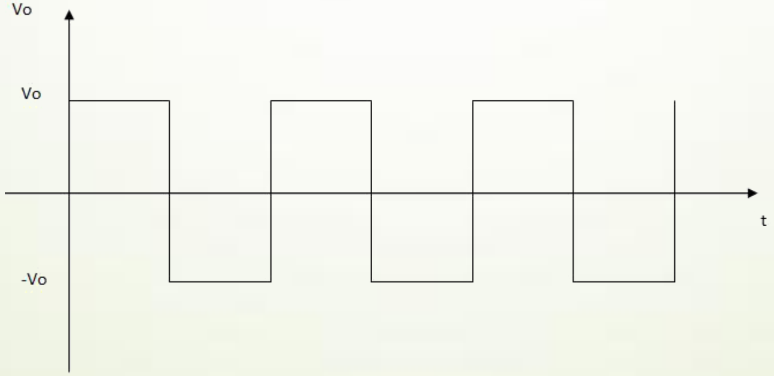
INVERSOR BUCK BOOST

Activación de QA+ y QB-



Activación de QB+ y QA-

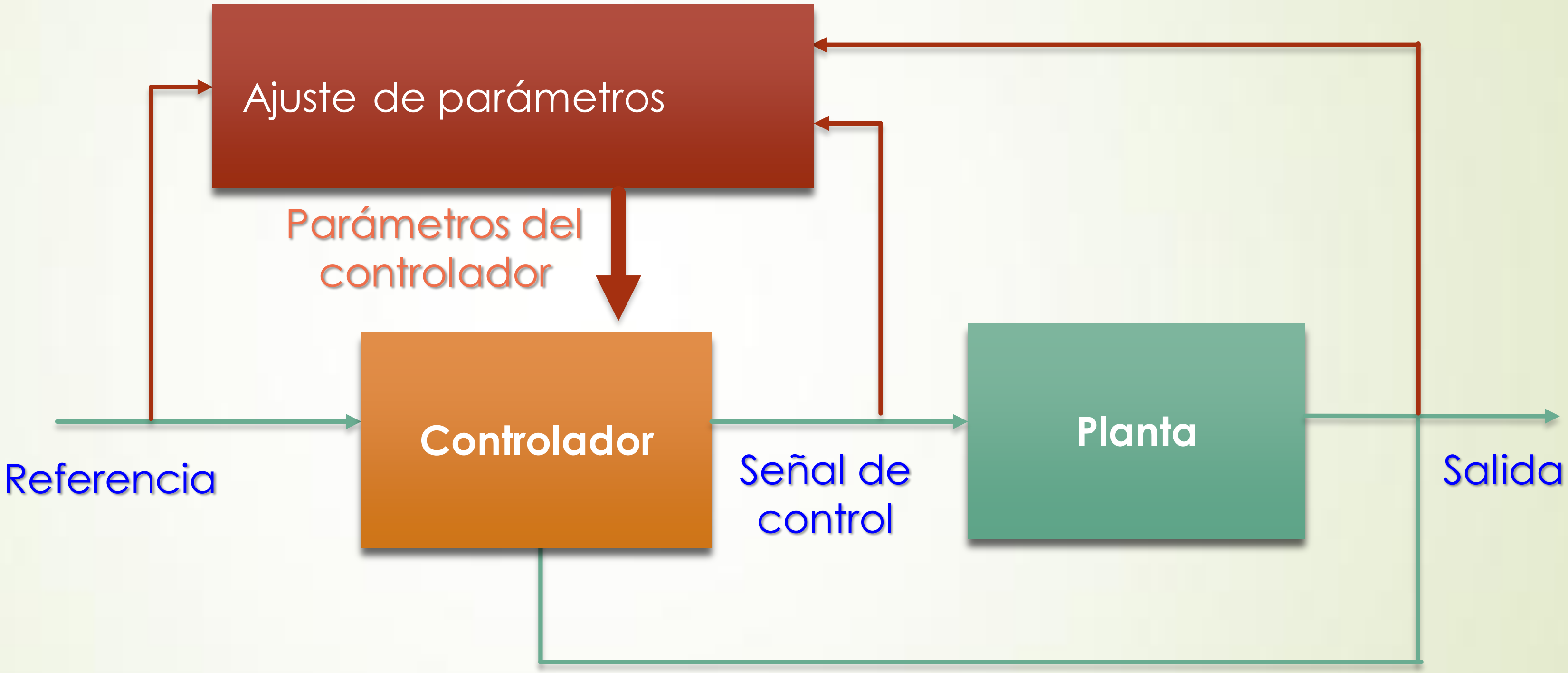




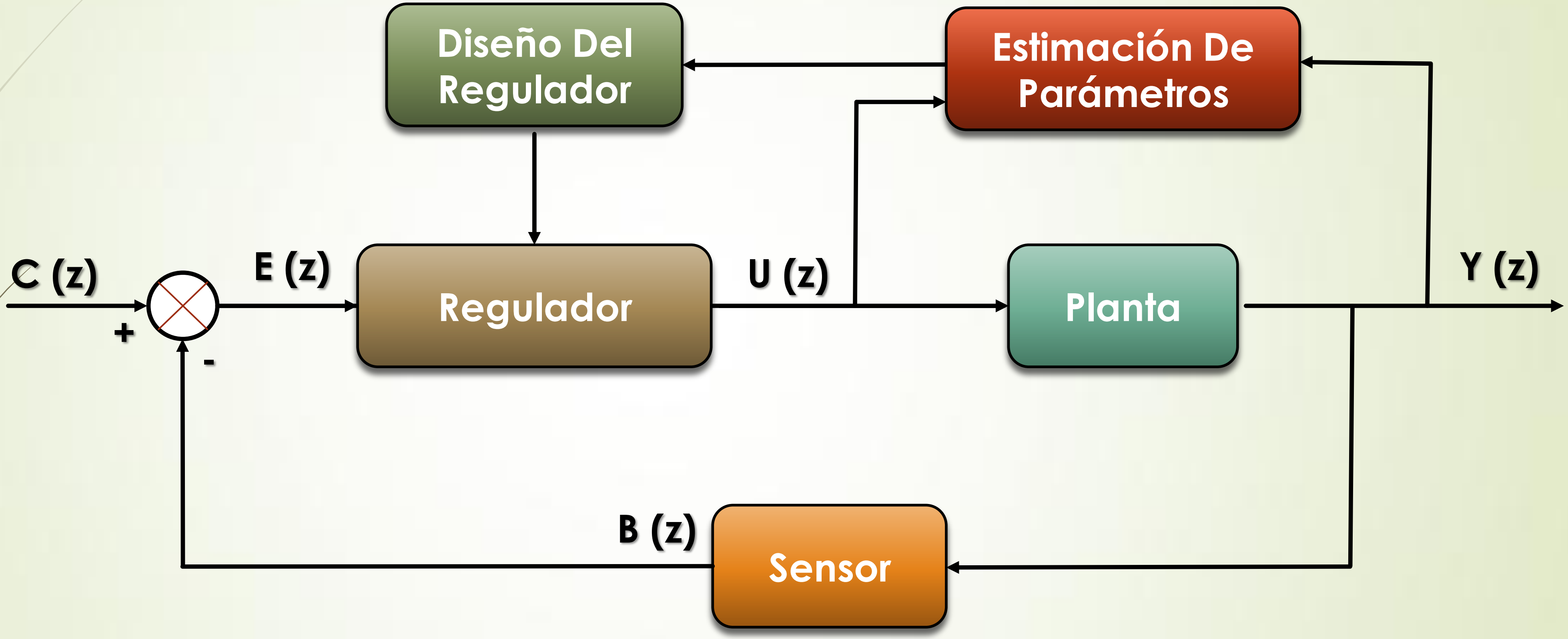
Forma de onda salida

Diseño Del Controlador

Control Adaptativo



Control Adaptativo Autoajustable (STR)



Estimación de Parámetros (Algoritmo RLS)

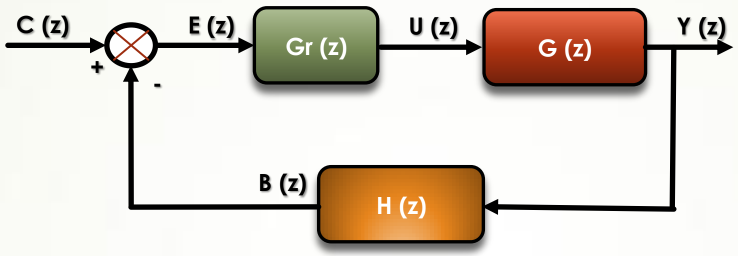
- Confiabilidad y sencillez
- Usa un modelo ARX
- Minimización del error cuadrático medio en la estimación de los parámetros
- Usa las medidas según se van recogiendo.
- Apropiado para sistemas cuya dinámica va variando.

Estimación de Parámetros (Algoritmo RLS)

Procedimiento :

1. Seleccionar $\theta(k) = [\mathbf{0}]^T$ y $P(k) = \alpha I$.
2. Conformar el vector: $\varphi^T(k+1)$
3. Calcular $L(k+1)$ mediante la ecuación: $L(k+1) = \dfrac{P(k)\varphi(k+1)}{\lambda + \varphi^T(k+1)P(k)\varphi(k+1)}$
4. Obtener los nuevos valores de $y(k+1)$ $u(k+1)$
5. Calcular el error en la estimación: $e(k+1) = y(k+1) - \varphi^T(k+1)\theta(k)$
6. Calcular los nuevos parámetros estimados: $\theta(k+1) = \theta(k) + L(k+1)e(k+1)$
7. Actualizar la matriz de covarianza: $P(k+1) = \dfrac{1}{\lambda}[I - L(k+1)\varphi^T(k+1)]P(k)$
8. Actualizar el vector de medidas: $\varphi(k+2)$
9. Hacer $k = k+1$ y regresar al paso 3.

Diseño del controlador (Adición de Polos y Ceros)



1. Controlador: $G_r(z) = \frac{S(z)}{R(z)} = \frac{S_0 z^2 + S_1 z + S_2}{(z-1)(z+r)}$
2. Planta : $G(z) = \frac{B(z)}{A(z)} = \frac{b_1 z + b_2}{z^2 + a_1 z + a_2}$

$$y(s) = \frac{\frac{S(z)B(z)}{R(z)A(z)}}{1 + \frac{S(z)B(z)}{R(z)A(z)}} \quad \Rightarrow \quad \Delta_r(z) = A(z)R(z) + S(z)B(z)$$

$$(z^2 + (r-1)z - r)(z^2 + a_1 z + a_2) + (S_0 z^2 + S_1 z + S_2)(b_1 z + b_2) = 0$$

Diseño del controlador (Adición de Polos y Ceros)

4. Ecuación Característica es: $\Delta(z) = z^2(z^2 + p1z + p2)$

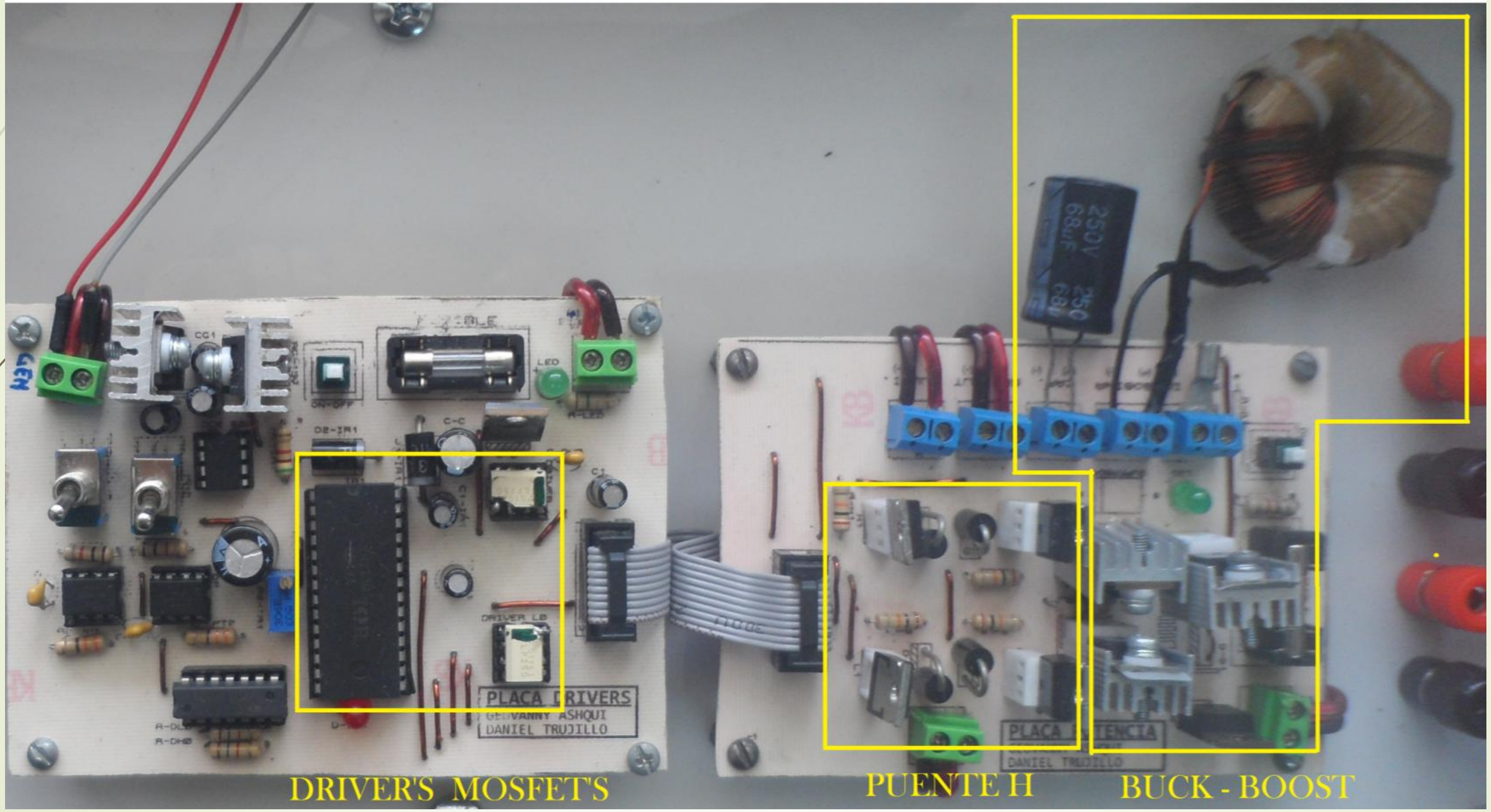
Donde: $p_1 = -2e^{-\xi\omega T}cos(\omega T\sqrt{1-\xi^2})$

$p_2 = e^{-2\xi\omega T}$

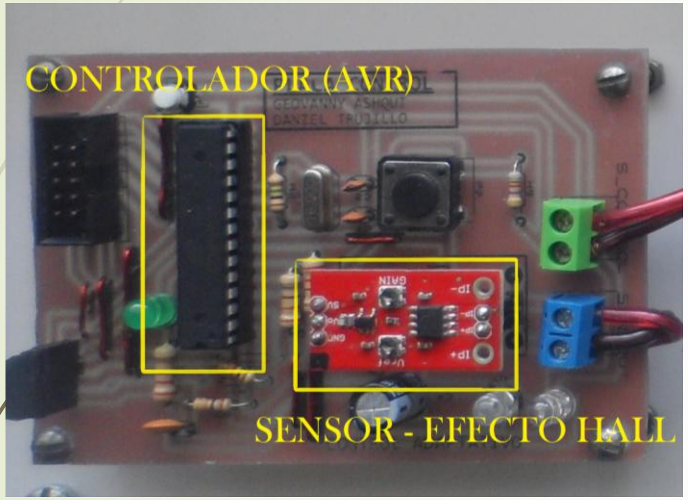
$$\begin{bmatrix} b_1 & 0 & 0 & 1 \\ b_2 & b_1 & 0 & a_1 - 1 \\ 0 & b_2 & b_1 & a_2 - a_1 \\ 0 & 0 & b_2 & -a_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_0 \\ S_1 \\ S_2 \\ r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_1 - a_1 + 1 \\ p_2 + a_1 - a_2 \\ a_2 \\ 0 \end{bmatrix}$$

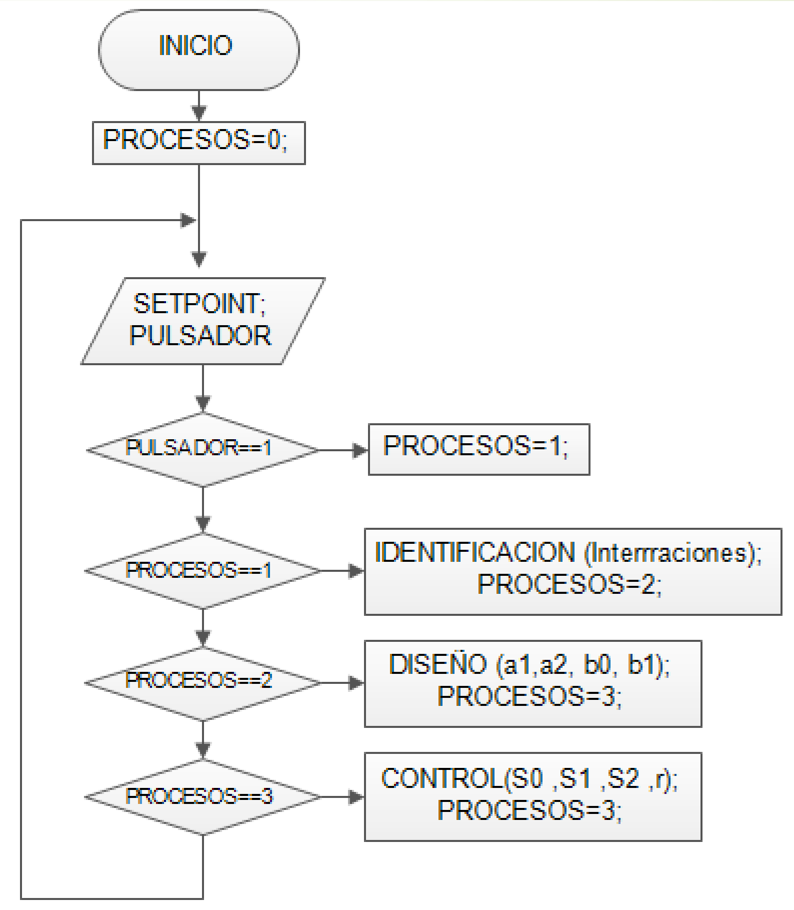
Implementación

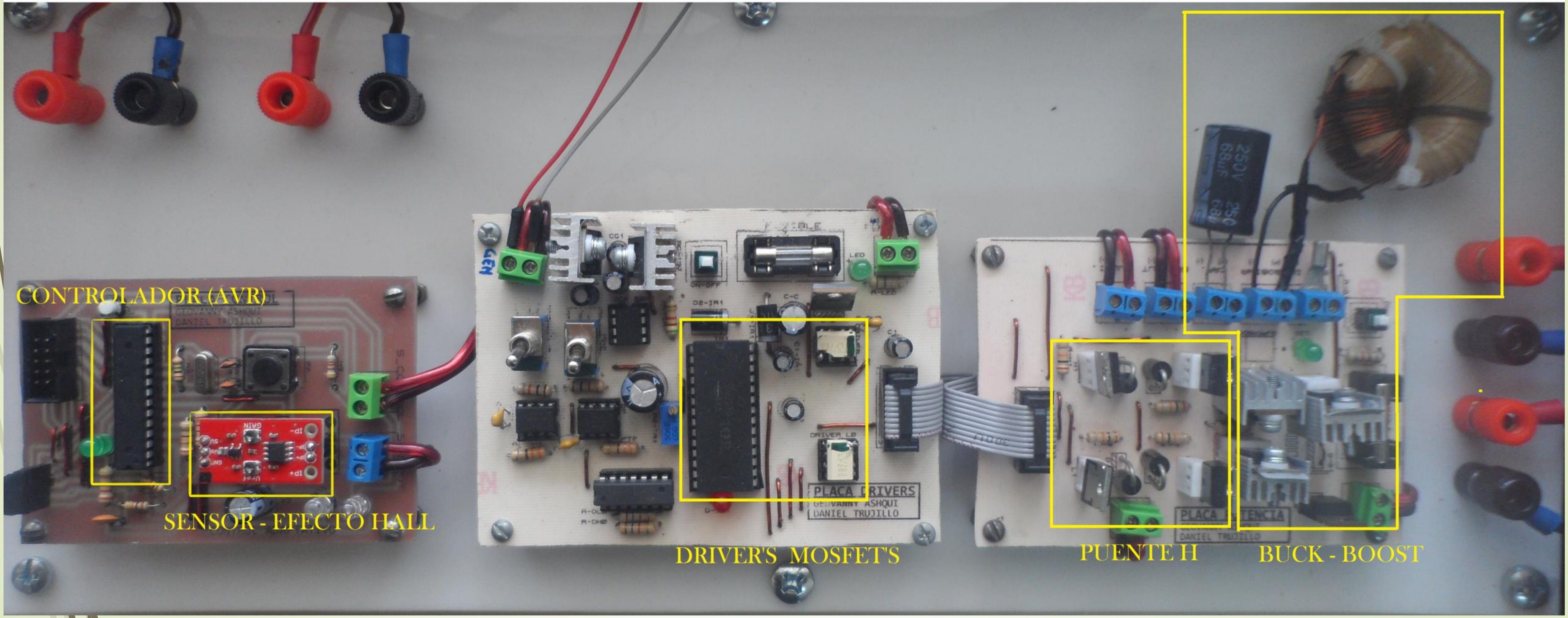
Inversor DC/AC



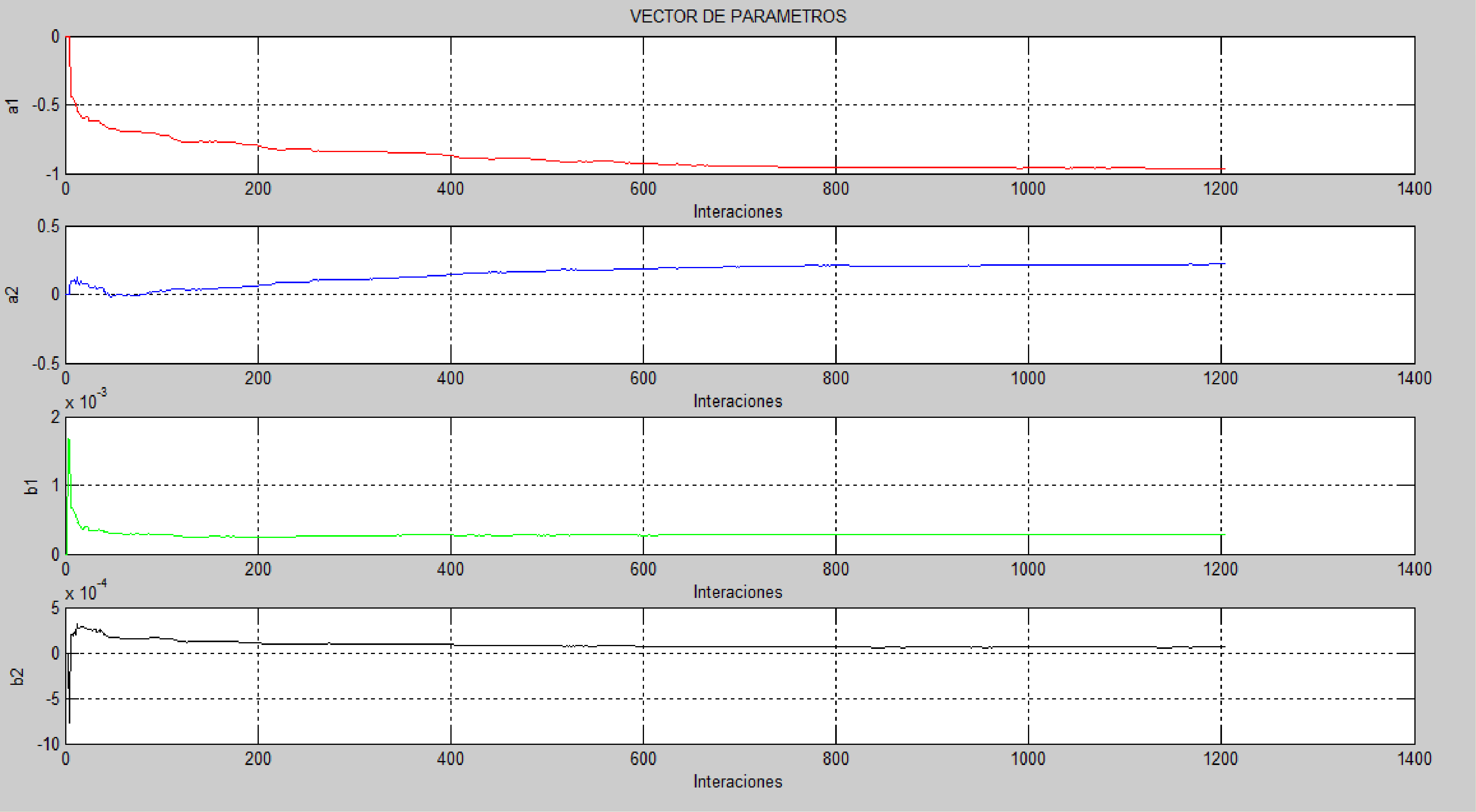
Controlador



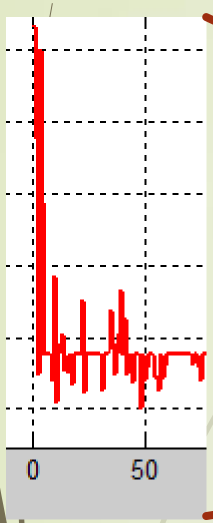


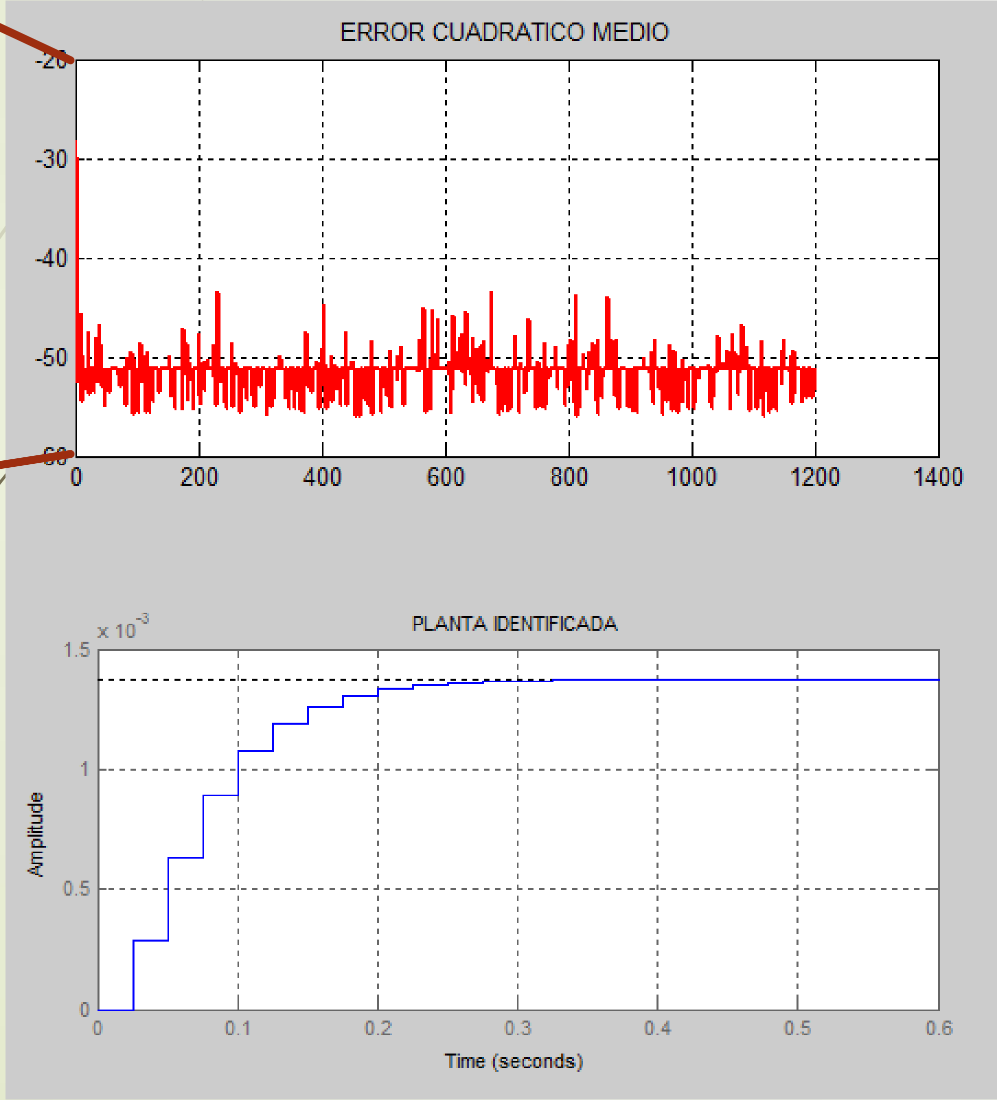

CONTROLADOR (AVR)
SENSOR - EFECTO HALL
DRIVER'S MOSFET'S
PUENTE H
BUCK - BOOST
PLACA DRIVERS

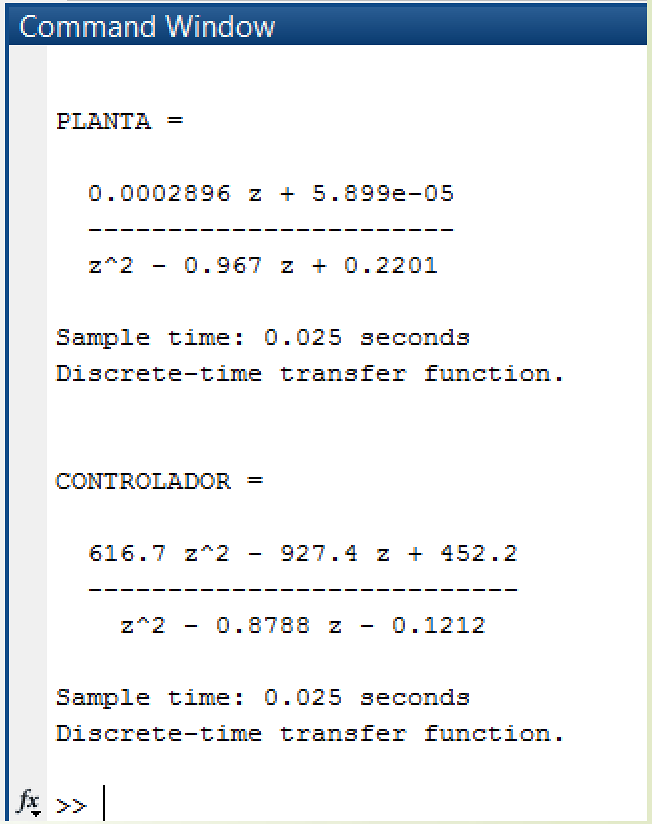
Validación de algoritmo

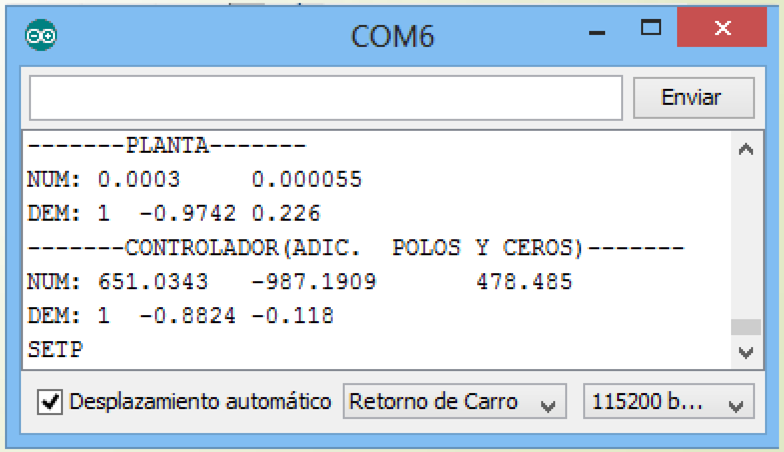


Validación de algoritmo

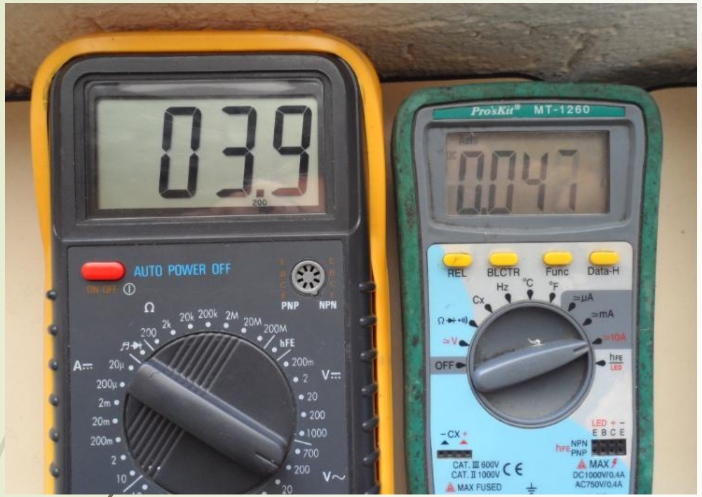




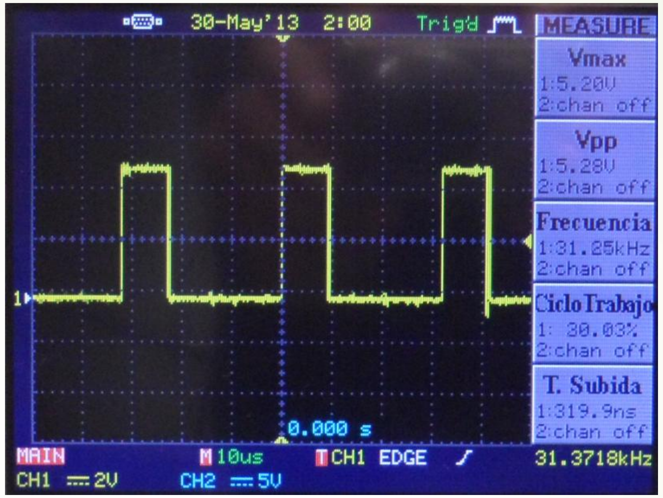




Pruebas



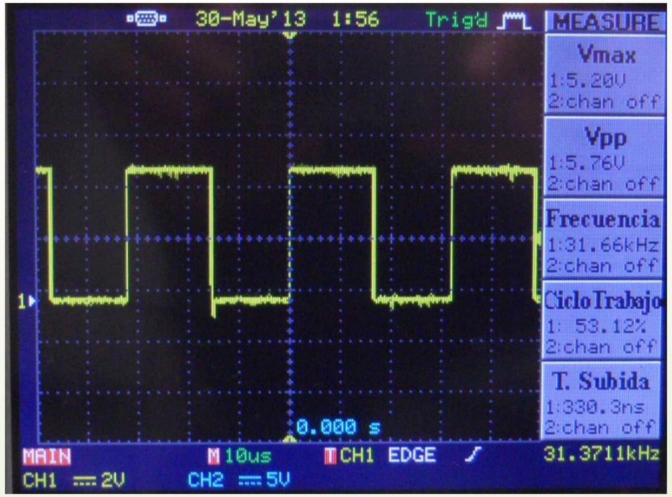
03.9
Pro'sKit MT-1260
0.047
AUTO POWER OFF



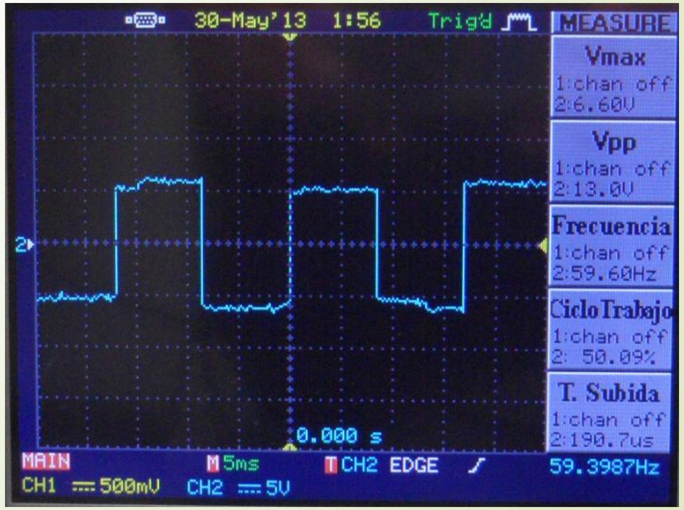
30-May'13 2:00
Trig'd
MEASURE
Vmax
1:5.20V
2:chan off
Vpp
1:5.28V
2:chan off
Frecuencia
1:31.25kHz
2:chan off
Ciclo Trabajo
1: 30.03%
2:chan off
T. Subida
1:319.9ns
2:chan off
0.000 s
MAIN
M 10us
T CH1 EDGE
31.3718kHz
CH1 2V
CH2 5V

30-May'13 2:00
Trig'd
MEASURE
Vmax
1:chan off
2:2.20V
Vpp
1:chan off
2:4.40V
Frecuencia
1:chan off
2:59.56Hz
Ciclo Trabajo
1:chan off
2: 50.06%
T. Subida
1:chan off
2:152.0us
0.000 s
MAIN
M 5ms
T CH2 EDGE
59.3954Hz
CH1 500mV
CH2 5V

12.3
Pro'sKit MT-1260
0.139
AUTO POWER OFF



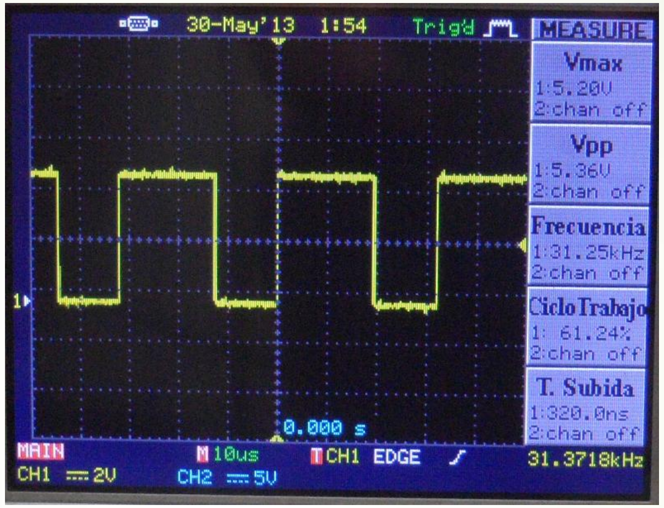
30-May'13 1:56
Trig'd
MEASURE
Vmax
1:5.20V
2:chan off
Vpp
1:5.76V
2:chan off
Frecuencia
1:31.66kHz
2:chan off
Ciclo Trabajo
1: 53.12%
2:chan off
T. Subida
1:330.3ns
2:chan off
0.000 s
MAIN
M 10us
T CH1 EDGE
31.3711kHz
CH1 2V
CH2 5V

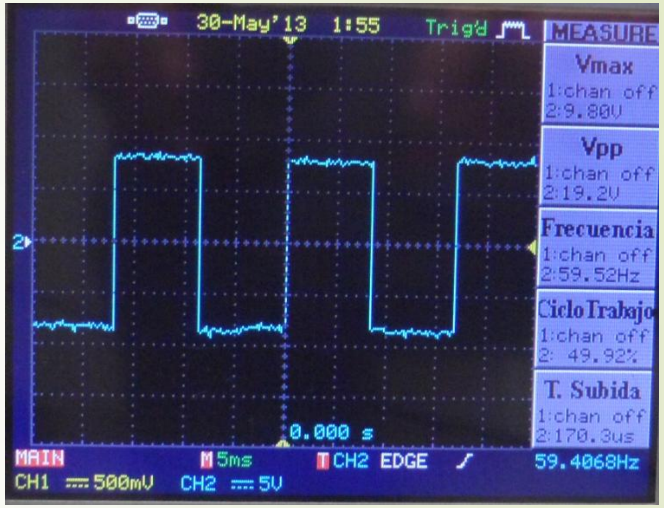


30-May'13 1:56
Trig'd
MEASURE
Vmax
1:chan off
2:6.60V
Vpp
1:chan off
2:13.0V
Frecuencia
1:chan off
2:59.60Hz
Ciclo Trabajo
1:chan off
2: 50.09%
T. Subida
1:chan off
2:190.7us
0.000 s
MAIN
M 5ms
T CH2 EDGE
59.3987Hz
CH1 500mV
CH2 5V

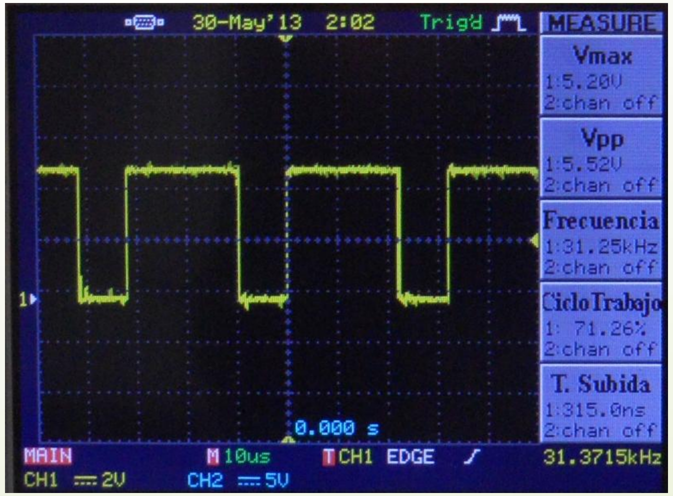
Pruebas

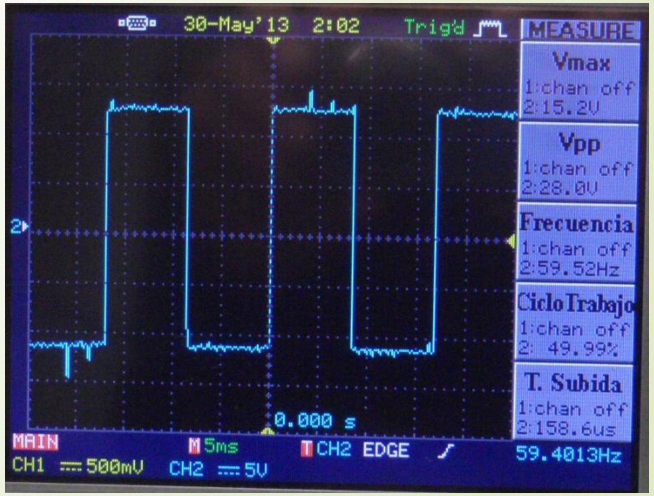

17.6
0.201
AUTO POWER OFF
Pro'sKit MT-1260
COM


30-May'13 1:54
Trig'd
MEASURE
Vmax
1:5.20V
2:chan off
Vpp
1:5.36V
2:chan off
Frecuencia
1:31.25kHz
2:chan off
Ciclo Trabajo
1: 61.24%
2:chan off
T. Subida
1:320.0ns
2:chan off
0.000 s
MAIN
M 10us
T CH1 EDGE
31.3718kHz
CH1 2V
CH2 5V


30-May'13 1:55
Trig'd
MEASURE
Vmax
1:chan off
2:9.80V
Vpp
1:chan off
2:19.2V
Frecuencia
1:chan off
2:59.52Hz
Ciclo Trabajo
1:chan off
2: 49.92%
T. Subida
1:chan off
2:170.3us
0.000 s
MAIN
M 5ms
T CH2 EDGE
59.4068Hz
CH1 500mV
CH2 5V


26.8
0.297
AUTO POWER OFF
Pro'sKit MT-1260
COM


30-May'13 2:02
Trig'd
MEASURE
Vmax
1:5.20V
2:chan off
Vpp
1:5.52V
2:chan off
Frecuencia
1:31.25kHz
2:chan off
Ciclo Trabajo
1: 71.26%
2:chan off
T. Subida
1:315.0ns
2:chan off
0.000 s
MAIN
M 10us
T CH1 EDGE
31.3715kHz
CH1 2V
CH2 5V


30-May'13 2:02
Trig'd
MEASURE
Vmax
1:chan off
2:15.2V
Vpp
1:chan off
2:28.0V
Frecuencia
1:chan off
2:59.52Hz
Ciclo Trabajo
1:chan off
2: 49.99%
T. Subida
1:chan off
2:158.6us
0.000 s
MAIN
M 5ms
T CH2 EDGE
59.4013Hz
CH1 500mV
CH2 5V