

Sintonización de un PID para un regulador LDO

En este artículo pretendo mostrar como implementar un sistema de control PID (Proporcional Integral Derivativo) analógico en un regulador de voltaje tipo LDO, sin entrar demasiado en la teoría de lo que es un PID.

En un sistema electrónico, mecánico, o electro-mecánico controlado, lo que se pretende es que la salida del sistema sea lo más precisa posible, que alcance el valor deseado en el menor tiempo, y que no tienda a oscilar; para conseguir esto se usa un controlador PID. En el presente caso se trata un regulador de voltaje, entonces se desea que la salida se mantenga en 24v (u otro valor ajustado), y que se estabilice en 24v en el menor tiempo posible, y por supuesto que la salida no oscile, ante fluctuaciones de la carga conectada, para experimentar esto se conecta un circuito en la salida como este:

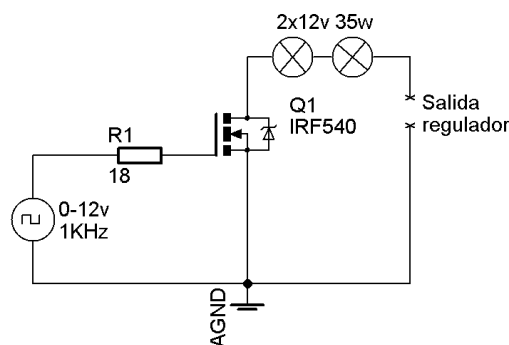


Imagen 1.

Se trata de dar una respuesta al escalón, la puerta del transistor se excita con un generador de señal cuadrada de 0v a nivel bajo, y 12v a nivel alto, y 1KHz, con esto conmutamos dos lámparas de 12v y 35w puestas en serie.

El resultado de conectar esto al regulador es el siguiente:

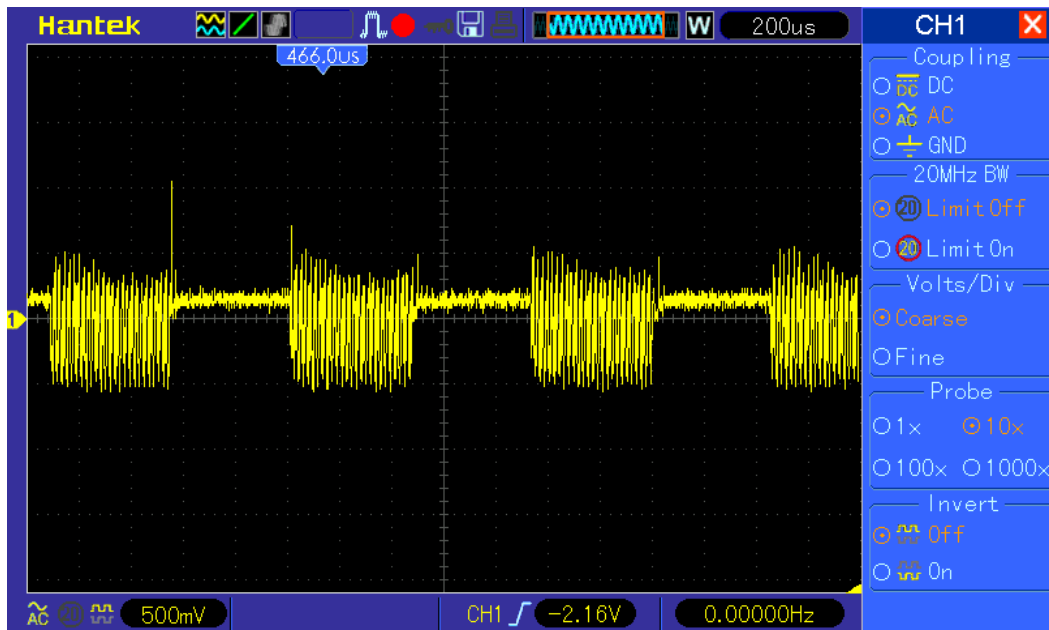


Imagen 2.

Se ve claramente que ante un escalón en la salida, esta tiende a oscilar y eso hay que evitarlo con el control PID.

Veamos el esquema del regulador empleado:

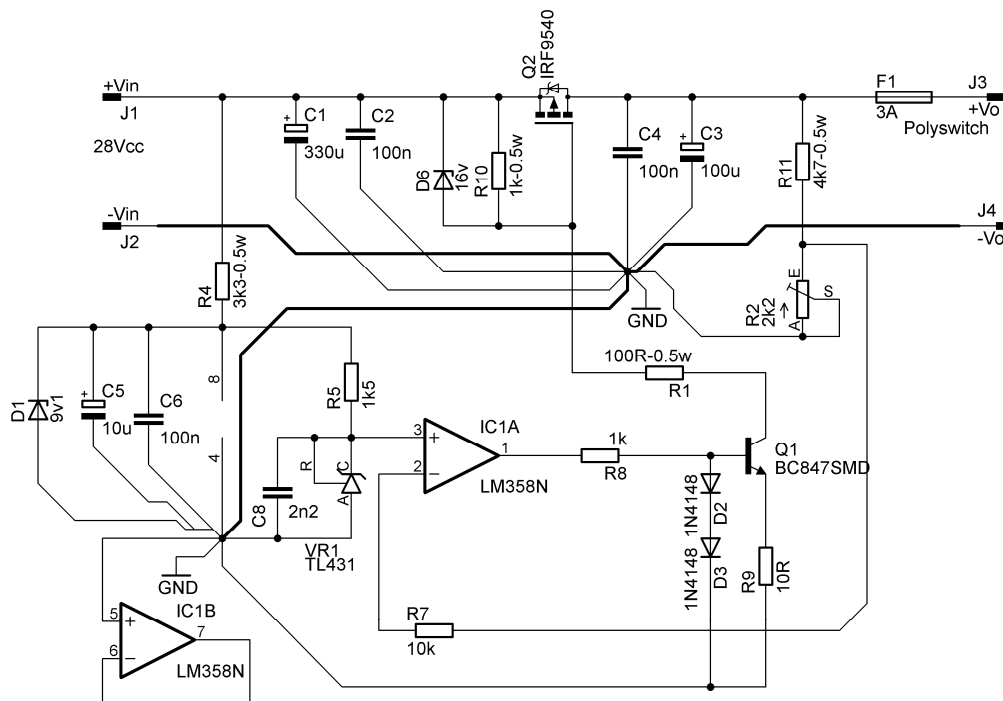


Imagen 3.

Para calcular el PID se va a emplear el método de la ganancia crítica, esta es a la cual el circuito empieza a oscilar, para esto tenemos que poner un

potenciohmetro entre los pines 1 y 2 del operacional, con el se puede ajustar la ganancia; tal y como está en el esquema la ganancia teorica es infinita.

La forma de operar es la siguiente: conectamos el circuito con las dos lamparas a la salida, la sonda del osciloscopio en x1 en la salida del regulador, y el osciloscopio en AC; ponemos el potenciohmetro y lo ajustamos, partiendo del valor mínimo, hasta que empiece a verse una oscilación.

Los datos que necesitamos son: el valor del potenciohmetro en ese punto, y el periodo de la oscilación que vemos en el osciloscopio; en mi caso fueron 87K y 4.8us, con esto podemos calcular los valores del PID.

Ganancia crítica: $K_c = 87k / R_7 = 87 / 10 = 8.7$

Tiempo crítico: $T_c = 4.8us$

Constante proporcional: $K_p = 0.59 \cdot K_c = 5.13$

Tiempo integral: $T_i = 0.5 \cdot T_c = 2.4us$

Tiempo derivativo: $T_d = 0.125 \cdot T_c = 0.6us$

Con esos datos podemos calcular los componentes del PID, la parte proporcional es una resistencia en la realimentación del operacional (pines 1 y 2), la parte integral es un condensador en serie con la resistencia anterior (limitamos la ganancia a un valor seguro en el que no oscila) y la parte derivativa un condensador en paralelo con R8 o bien con R7, lo que ocurre es que el tiempo de respuesta necesario es muy pequeño ($T_d = 0.6us$) comparado con la velocidad de respuesta del operacional, $K_p = 5.13$ que pasado a dB: $20 \cdot \log 5.13 = 14dB$ para esa ganancia, mirando el datasheet en la figura 5, empieza a tener problemas a partir de 100KHz (periodo 10us, mucho mayor que T_d) entonces este condensador hay que ponerlo en otro sitio, más adelante lo veremos.

$R_6 = R_7 \cdot K_p = 10k \cdot 5.13 = 47K$ (redondeo a valor comercial)

$C_i = T_i / R_6 = 2.4u / 47k = 47pF$ (redondeo a valor comercial)

$C_d = T_d / R_8 = 0.6u / 1k = 560pF$ (redondeo a valor comercial)

Con esto el resultado es el siguiente:

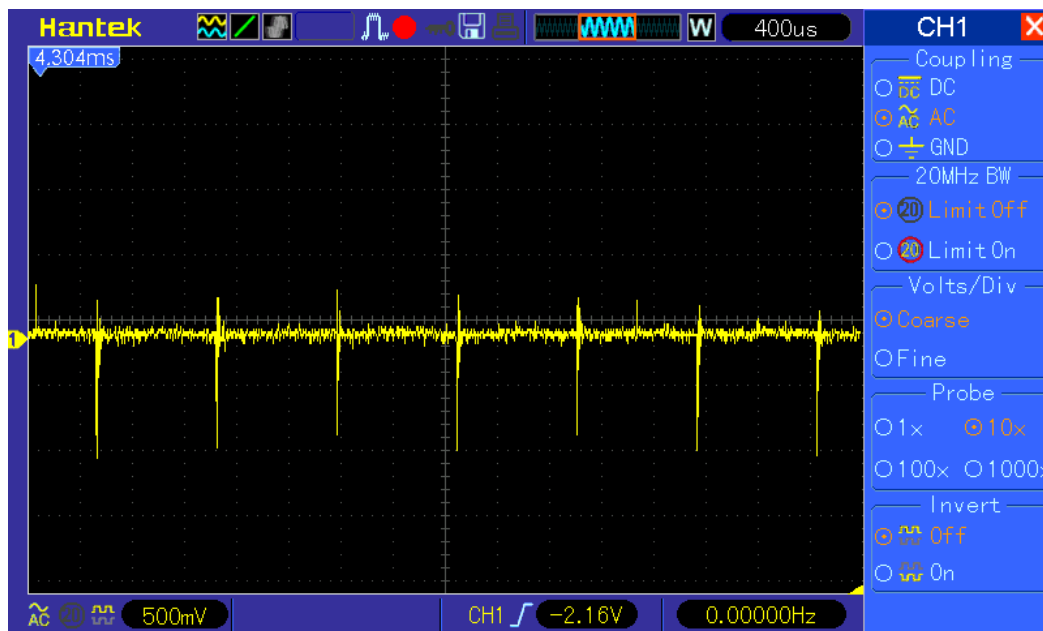


Imagen 4.

Se puede ver que las oscilaciones de 1Vpp han desaparecido, pero hay presentes unos picos debido a que el control derivativo no está actuando tal y como se ha mencionado, al quitar CD (condensador puesto en paralelo con R8) esa señal no se ve alterada, entonces el control derivativo hay que ponerlo en otro sitio; debemos entender el control derivativo como un freno, pongamos que vamos andando en una piscina con una profundidad de algo más de 1m, a un ritmo lento no tenemos problemas, pero si queremos correr el agua nos frena y no podemos, esos pulsos son muy rápidos y tenemos que poner un “freno” que es el control derivativo.

Un lugar donde ponerlo es entre la salida positiva y el emisor de Q1, la idea es que cuando el voltaje de salida baje, el voltaje de emisor también baje conduciendo más corriente Q1 y por lo tanto conduciendo más el Mosfet, cuando el voltaje de salida tienda a aumentar ocurre lo contrario.

El valor de este condensador se halla de forma práctica, empezando con un valor pequeño e ir subiendo poco a poco; además midiendo la señal de base de Q1 (la señal de abajo en azul) se observan unos picos coincidentes con los de salida, para mejorar esto se ha puesto un condensador entre base y masa de Q1; antes de añadir el condensador de base el resultado es este:

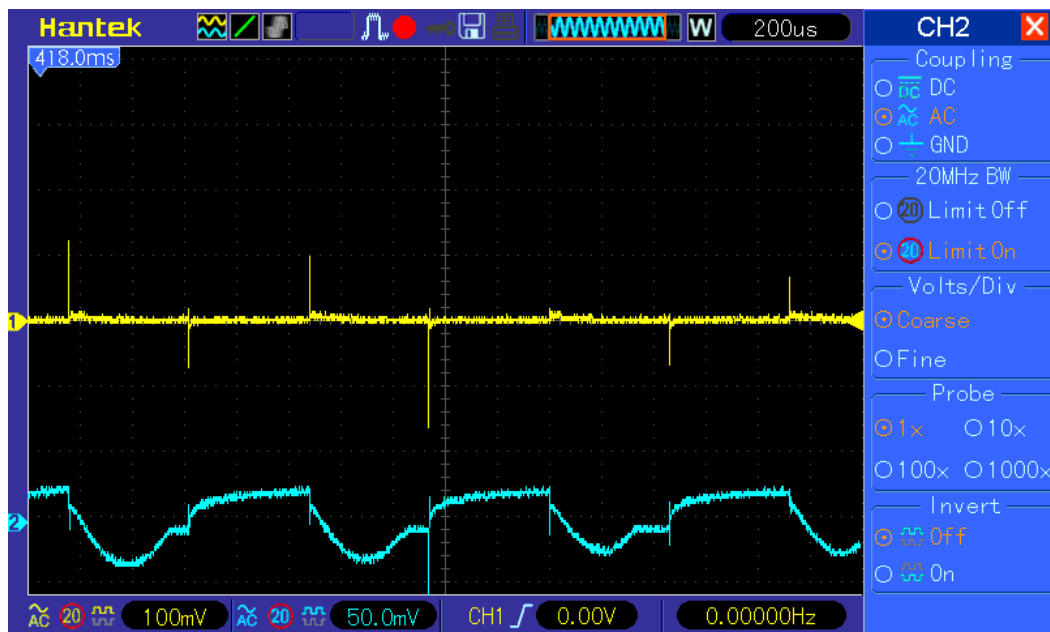


Imagen 5.

Y una vez añadido el condensador de base y ajustado de nuevo CD, este otro:

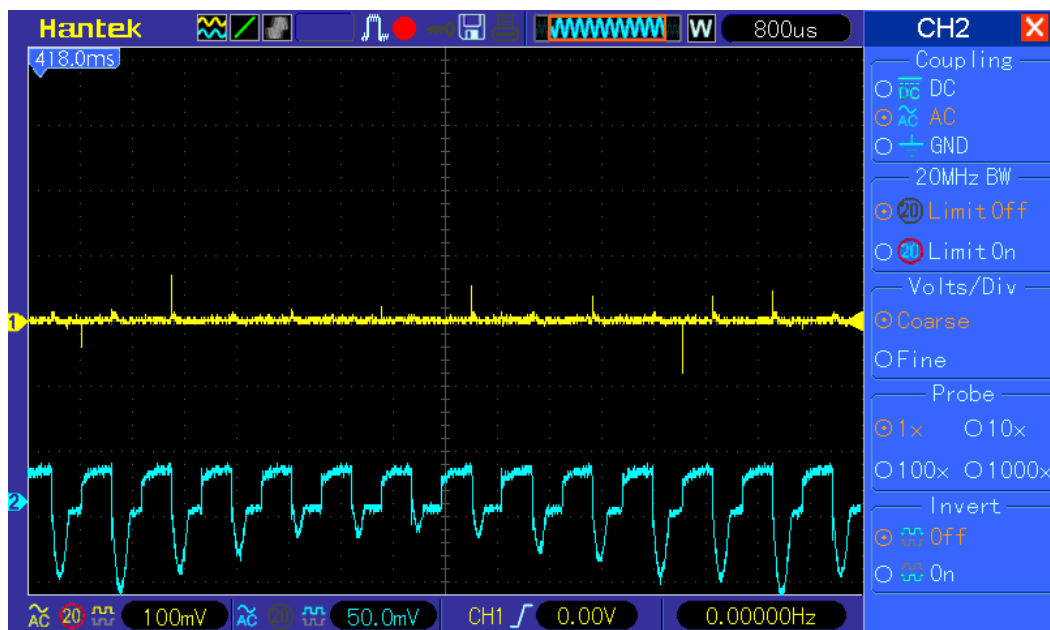


Imagen 6.

El esquema final es el que se presenta a continuación:

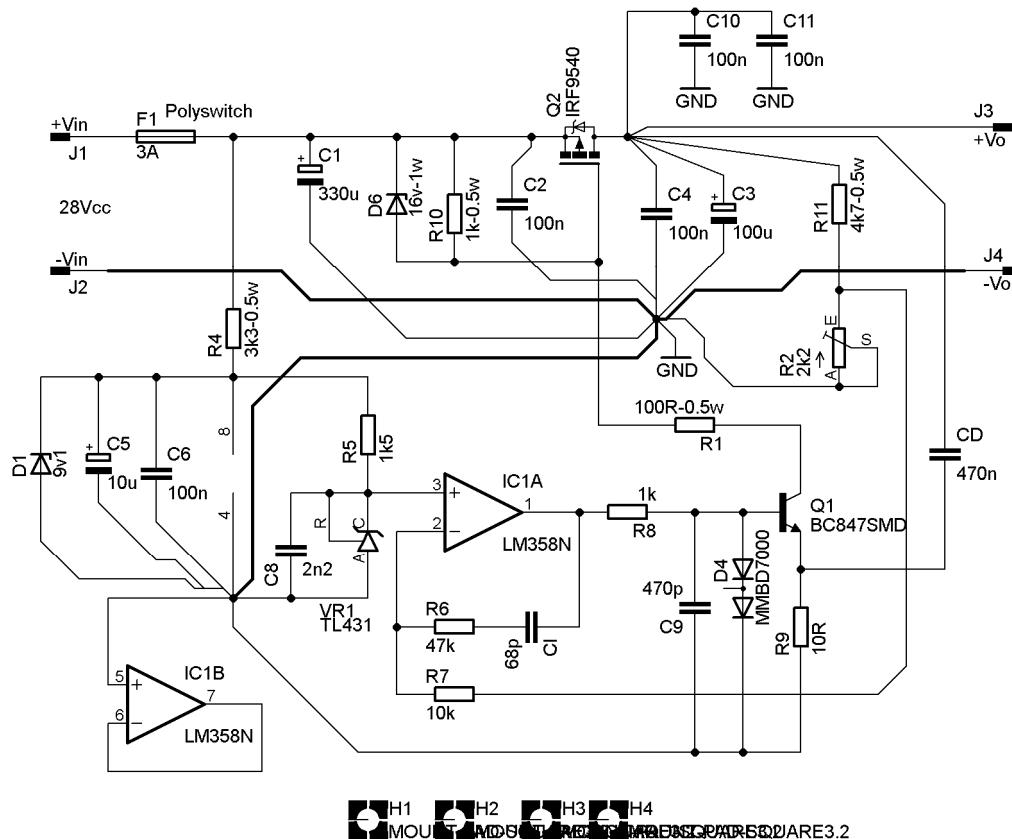


Imagen 7.

Comentar además, que C8 no debe tener un valor muy alto, en un principio el valor era de 100nF y hacía lo contrario a lo que se puede pensar en un primer momento, que es aumentar el rizado, con 2.2nF el rizado es muy bajo.

En cuanto al diseño del circuito impreso se debe de tener en cuenta lo siguiente:

- CD, C3 y R11 deben salir del punto más próximo al positivo de C4.
- El polyswitch debe ir a la entrada o entre el mosfet y C4.
- El montaje de C2, Q2 y C4 debería ser muy cercano y sin lazos (con caminos paralelos y cercanos para la corriente de ida y vuelta). D6 y R10 no importa tanto que estén cerca del mosfet porque llevan menos corriente y les afecta menos los lazos.

- C9, D4 y R9 deben ir con una pista de masa independiente hasta el punto común negativo de C1.
- C5, D1, C6, C8, VR1 y el pin 4 de IC1 deben ir con una pista al punto común de masa de C1.

Con todo esto el ruteado de las pistas queda así:

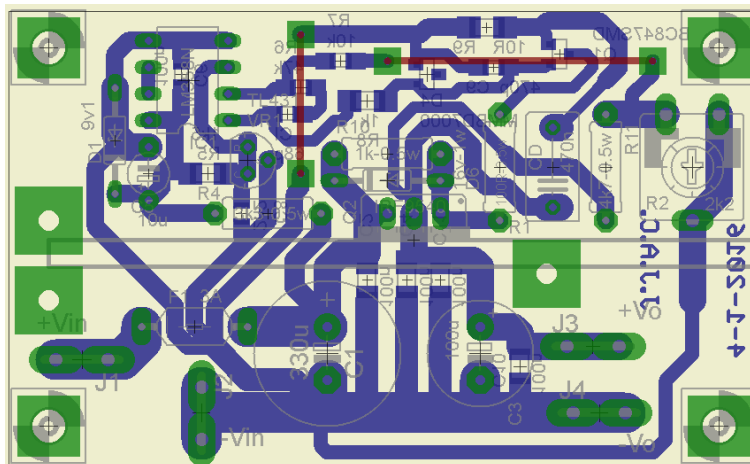


Imagen 8.

Y por último, la señal de salida con la carga conmutada, midiendo en el montaje de la PCB es este:

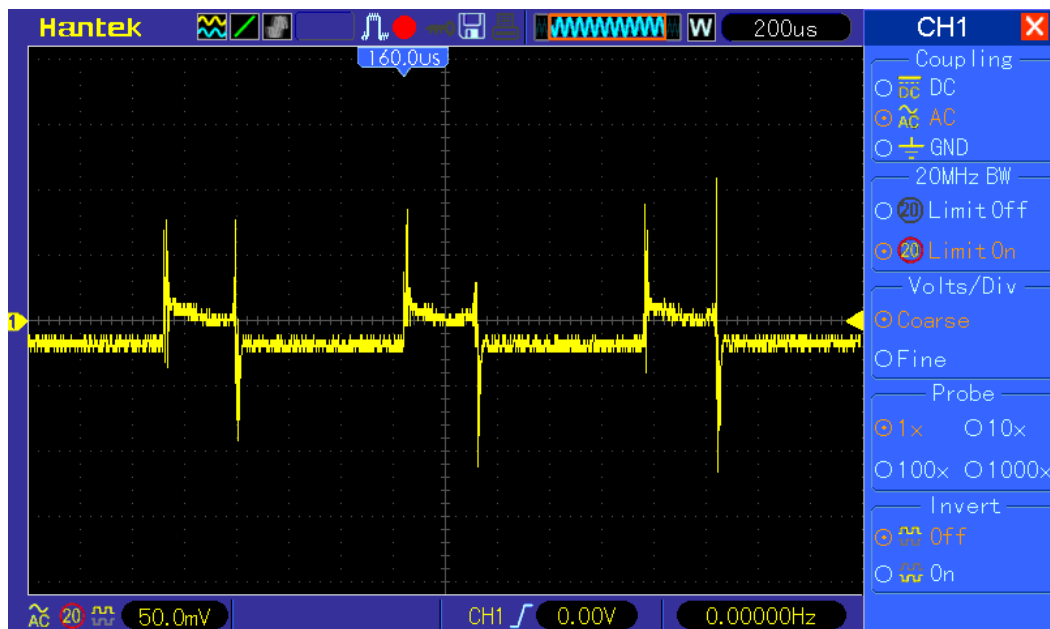


Imagen 9.

Referencias:

<http://www.picuino.com/es/arduprog/control-ziegler-nichols.html>

<http://www.picuino.com/es/arduprog/control-pid.html>