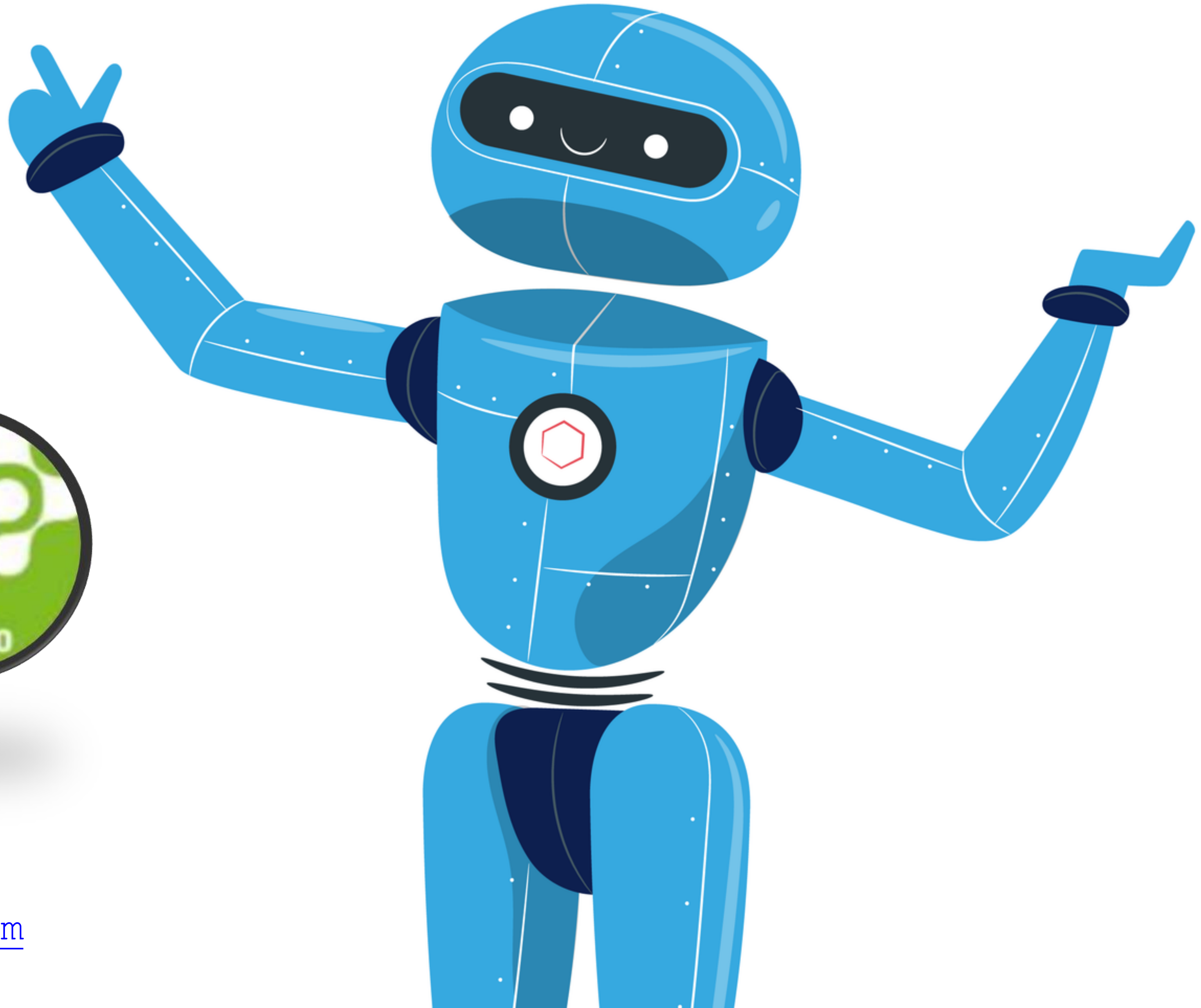
DISEÑO DE CONTROLADOR PID Y IMPLEMENTACION EN MICROCONTROLADORES ARM

life.augmented

Texas Instruments



STM32 L4

STM32 Nucleo

Telf: 955207709
Correo: jeffryquino@gmail.com

UMAKER | CENTRO DE CAPACITACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO

DISEÑO DE CONTROLADOR PID

MICRO-
CONTRO-
LADORES
ARM

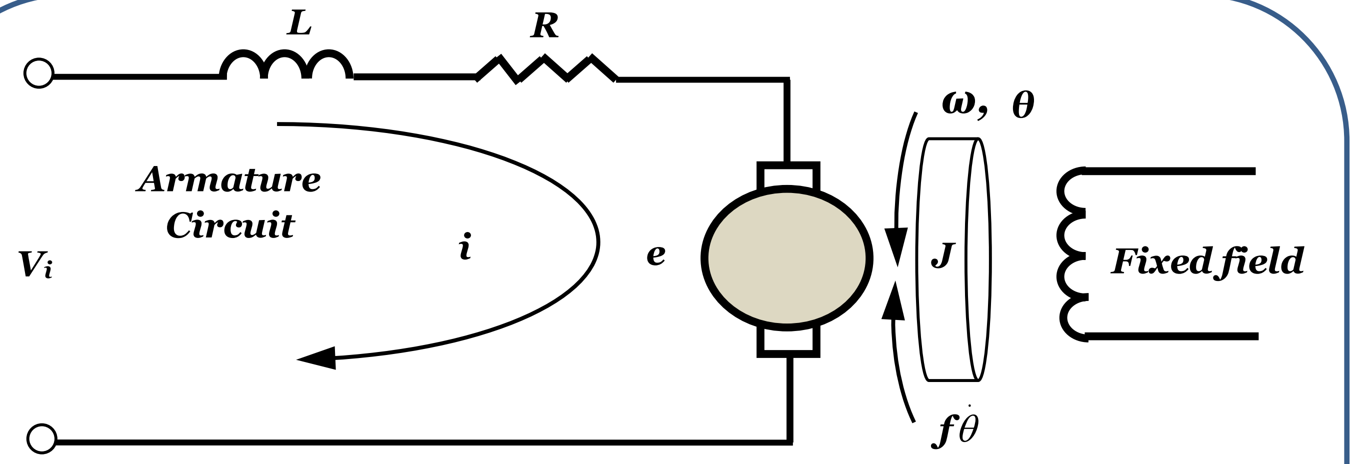
Telf: 955207709
Correo: jeffryquino@gmail.com

UMAKER | CENTRO DE CAPACITACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO

MODELO MATEMATICO MOTOR DC

Modelo matemático consiste en utilizar ecuaciones matemáticas para definir la relación entrada-salida de un sistema de control, de la forma más completa y precisa posible.

MODELO MATEMATICO → DISEÑAR UN CONTROLADOR



A DC motor structure and its equivalent circuit.

$$G(s) = \frac{\Omega(s)}{V_i(s)} = \frac{K}{(Js+f)(Ls+R)+K^2} \quad \left(\frac{rad/\sec}{V}\right)$$

$$K_P e(t) + K_D \frac{de(t)}{dt} + K_I \int_0^t e(x)dx$$

MODELO ESTIMADO A PARTIR DE DATOS EXPERIMENTALES

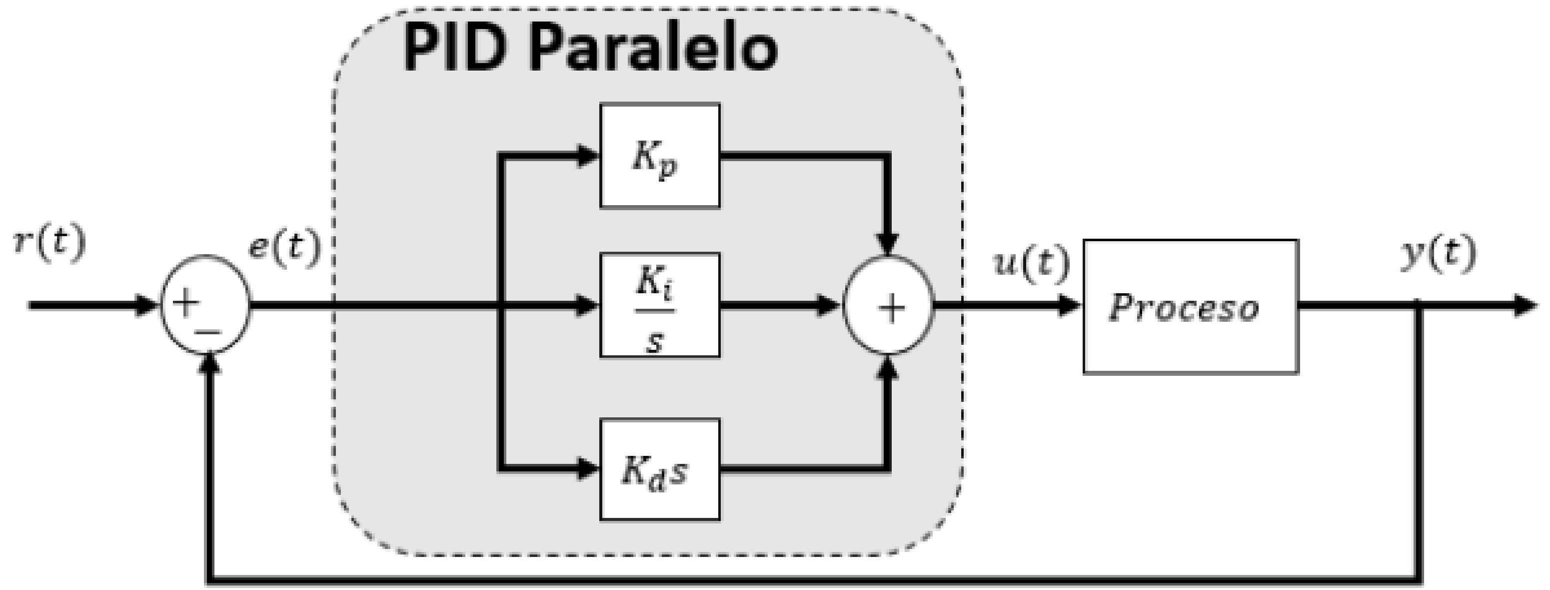
$$G(s) = \frac{20100}{s^2 + 51.9s + 913.3}$$

MICRO-CONTROLADORES ARM

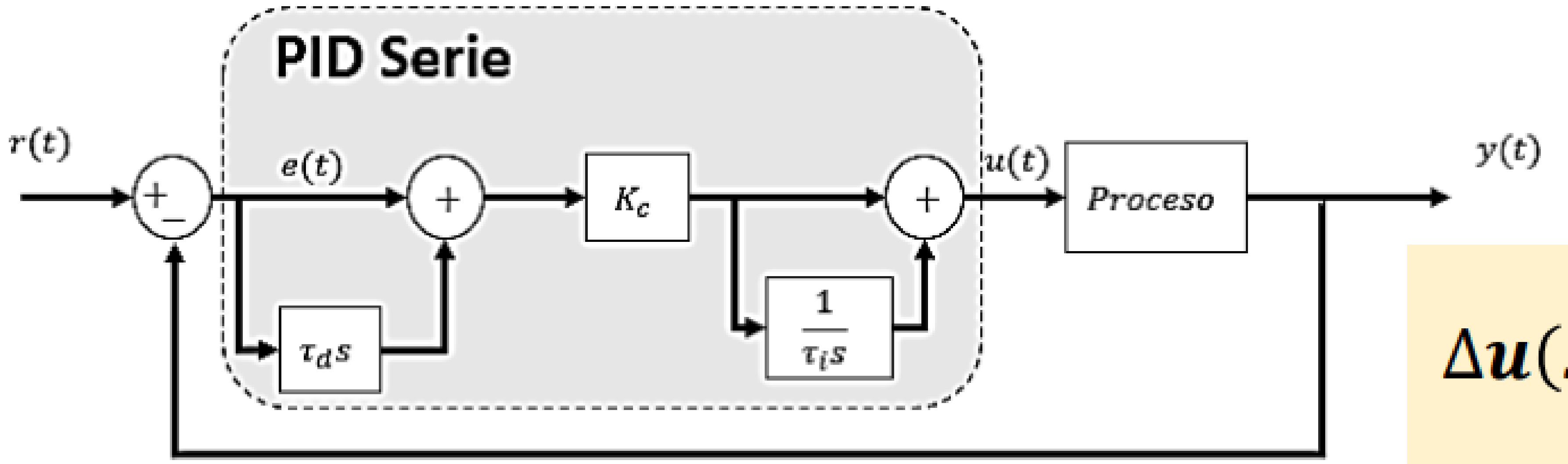
Telf: 955207709
Correo: jeffryquino@gmail.com

UMAKER | CENTRO DE CAPACITACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO

CONTROLADORES PID IDEALES



$$\Delta u(s) = Kc\left[1 + \frac{1}{T_I s} + T_D s\right] e(s)$$



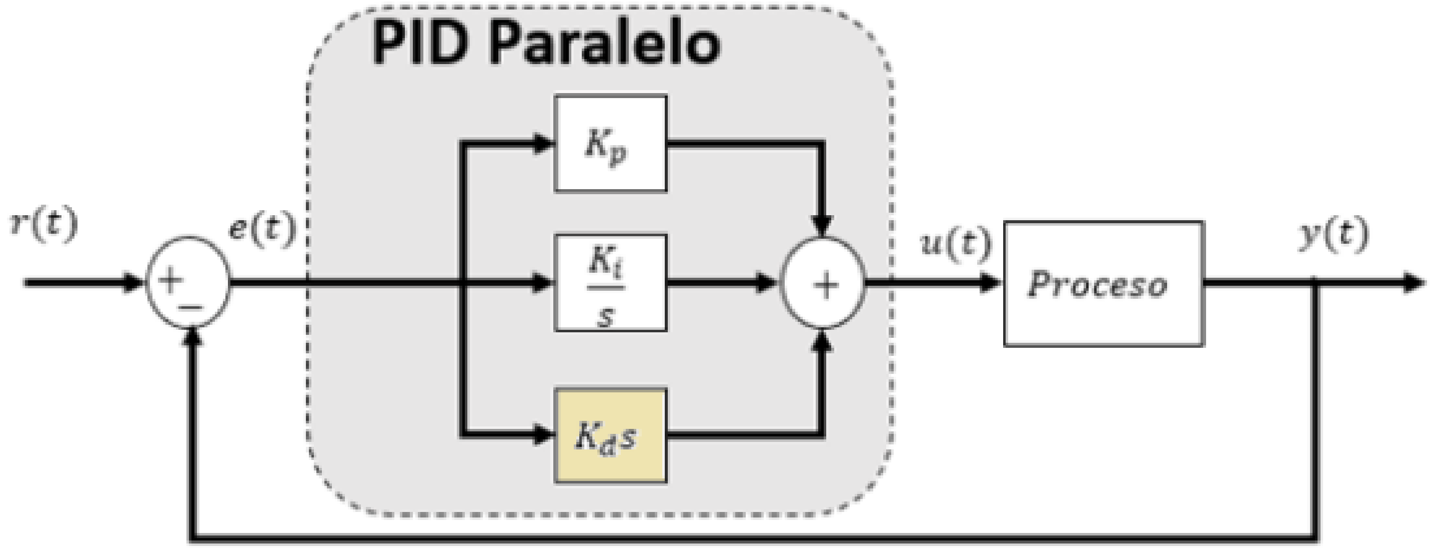
$$\Delta u(s) = Kc\left[1 + \frac{1}{T_I s}\right](1 + T_D s)\, e(s)$$

MICRO-CONTROLADORES ARM

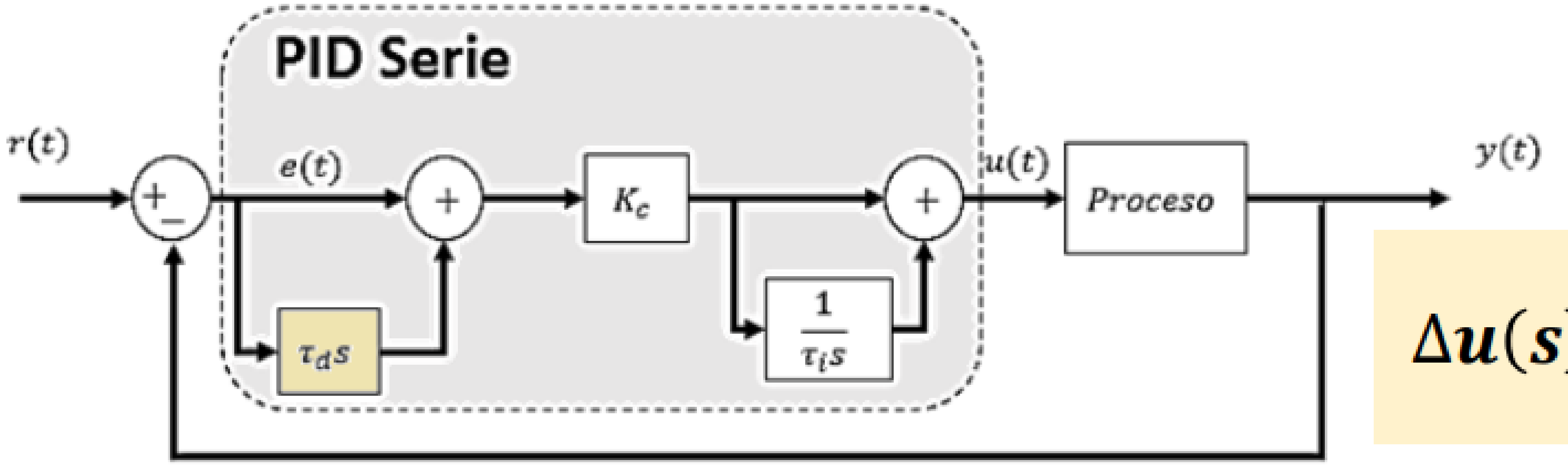
Telf: 955207709
Correo: jeffryquino@gmail.com

UMAKER | CENTRO DE CAPACITACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO

CONTROLADORES PID REALES



$$\Delta u(s) = Kc\left(1 + \frac{1}{Tis} + \frac{Tds}{T_N s + 1}\right)e(s)$$



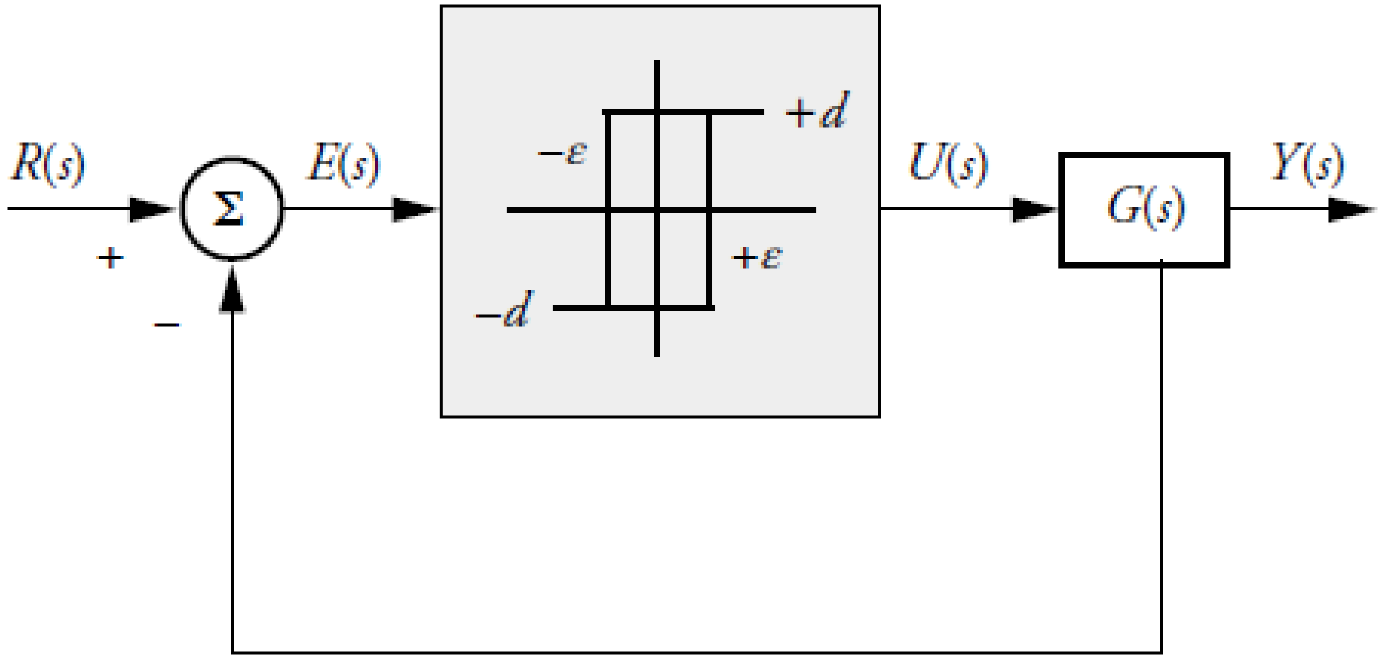
$$\Delta u(s) = Kc\left[1 + \frac{1}{T_I s}\right]\left(\frac{T_D s + 1}{T_N s + 1}\right)e(s)$$

$$\frac{T_N}{T_D} \approx 0.05\ a\ 0.1$$

Telf: 955207709
Correo: jeffryquino@gmail.com

SINTONIZACION DE CONTROLADORES PID

- Método de Ziegler-Nichols
- Método del relevador
- Método de Cohen-Coon
- Sintonización de controladores PID con criterios óptimos



Método del relevador

Tipo de controlador	Parámetros
P	$K_c = \frac{1}{K_p}\frac{\alpha}{\tau}\left(1+\frac{\tau}{3\alpha}\right)$
PI	$K_c = \frac{1}{K_p}\frac{\alpha}{\tau}\left(\frac{9}{10}+\frac{\tau}{12\alpha}\right)$ $T_i = \tau\frac{30+3\left(\frac{\tau}{\alpha}\right)}{9+20\left(\frac{\tau}{\alpha}\right)}$
PD	$K_c = \frac{1}{K_p}\frac{\alpha}{\tau}\left(\frac{5}{4}+\frac{\tau}{6\alpha}\right)$ $T_d = \tau\frac{6-2\left(\frac{\tau}{\alpha}\right)}{22+3\left(\frac{\tau}{\alpha}\right)}$
PID	$K_c = \frac{1}{K_p}\frac{\alpha}{\tau}\left(\frac{4}{3}+\frac{\tau}{4\alpha}\right)$ $T_i = \tau\frac{32+6\left(\frac{\tau}{\alpha}\right)}{13+8\left(\frac{\tau}{\alpha}\right)}$ $T_d = \tau\frac{4}{11+2\left(\frac{\tau}{\alpha}\right)}$

Método de Cohen-Coon

arm MICRO-CONTRO-LADORES ARM

Telf: 955207709
Correo: jeffryquino@gmail.com

UMAKER | CENTRO DE CAPACITACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO

CONTROLADOR PID POR UBICACIÓN DE POLOS

Tomando en cuenta la configuración en paralelo

$$K_P e(t) + K_D \frac{de(t)}{dt} + K_I \int_0^t e(x)dx$$

$$\boxed{G_p(s) = \frac{20100}{s^2 + 51.9s + 913.3}}$$

La función de transferencia de| controlador PID en tiempo continuo viene dada por:

$$G_c(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = \frac{K_p(T_d s^2 + s + 1/T_i)}{s}$$

Por consiguiente, la función de transferencia directa viene expresada por:

$$G_c(s)G_p(s) = \frac{20100K_p(T_d s^2 + s + \frac{1}{T_i})}{S^3 + 51.9s^2 + 913.3s}$$

Función de transferencia en lazo cerrado:

$$\mathrm{G}\,(s) = \frac{20100K_p(T_d s^2 + s + \frac{1}{T_i})}{S^3 + (51.9 + 20100T_d K_p)s^2 + (913.3 + 20100K_p)s + 20100K_p/T_i}$$

La ecuación característica:

$$S^3 + (51.9 + 20100T_d K_p)s^2 + (913.3 + 20100K_p)s + \frac{20100K_p}{T_i} = 0$$

Telf: **955207709**
Correo: jeffryquino@gmail.com

CONTROLADOR PID POR UBICACIÓN DE POLOS

Para determinar los parámetros del Controlador PID, consideraremos las siguientes especificaciones de funcionamiento de lazo cerrado:

$$t_s = 0.4\ \mathrm{Seg} \qquad \zeta = 0.8$$

Por lo que considerando el criterio de error del 2%, obtendremos:

$$t_s = \frac{4}{\zeta w_n} \qquad w_n = 12.5\,\frac{\mathrm{rad}}{s}$$

Para que la respuesta del sistema en lazo cerrado se aproxime a la respuesta de un sistema de segundo orden, elegimos gl tercer polo ubicado a 5 veces la parte real de los polos dominantes, por lo que

$$p = 5(\zeta w_n)$$

En consecuencia la ecuación característica deseada de lazo cerrado, viene representada por:

$$\left(s^2 + 2\zeta w_n + w_n{}^2\right)(s + p) = 0$$

$$s^3 + 70s^2 + 1156.5s + 7825 = 0$$

Igualando las ecuaciones se obtiene los parámetros necesarios para el PID:

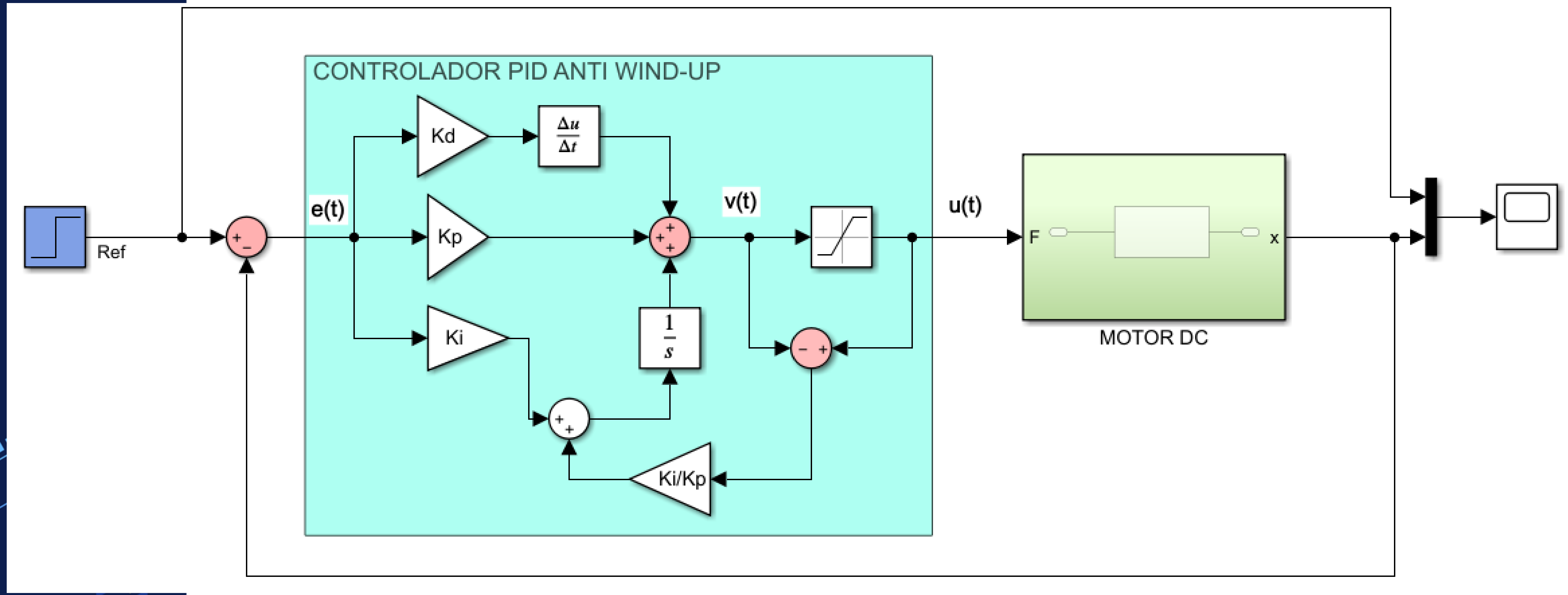
$$K_p = 0.0121$$

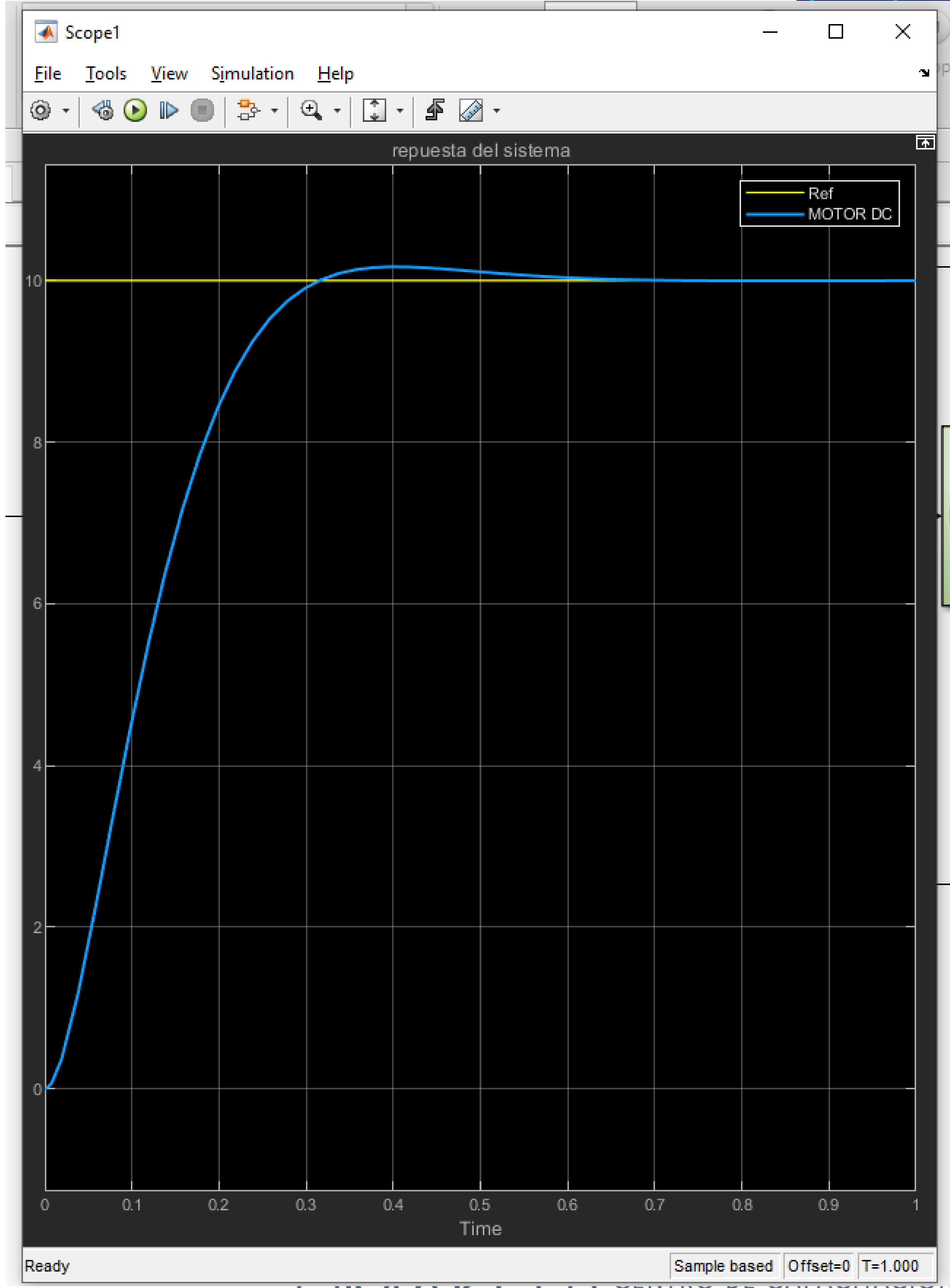
$$K_i = 0.39$$

$$K_d = 8.95*10^{-4}$$

$$\Delta u(s) = 0.0121\left(1 + \frac{1}{0.031s} + 0.074s\right)e(s)$$

CONTROLADOR PID POR UBICACIÓN DE POLOS





Telf: 955207709
Correo: jeffryquino@gmail.com

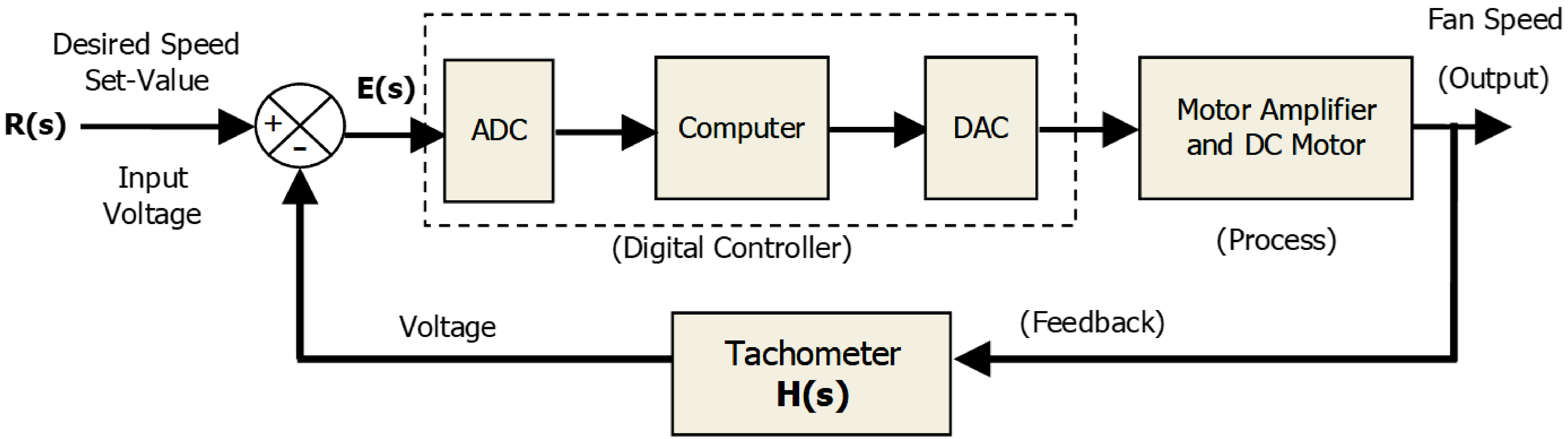
IMPLEMENTACION

MICRO-
CONTRO-
LADORES
ARM

Telf: 955207709
Correo: jeffryquino@gmail.com

UMAKER | CENTRO DE CAPACITACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO

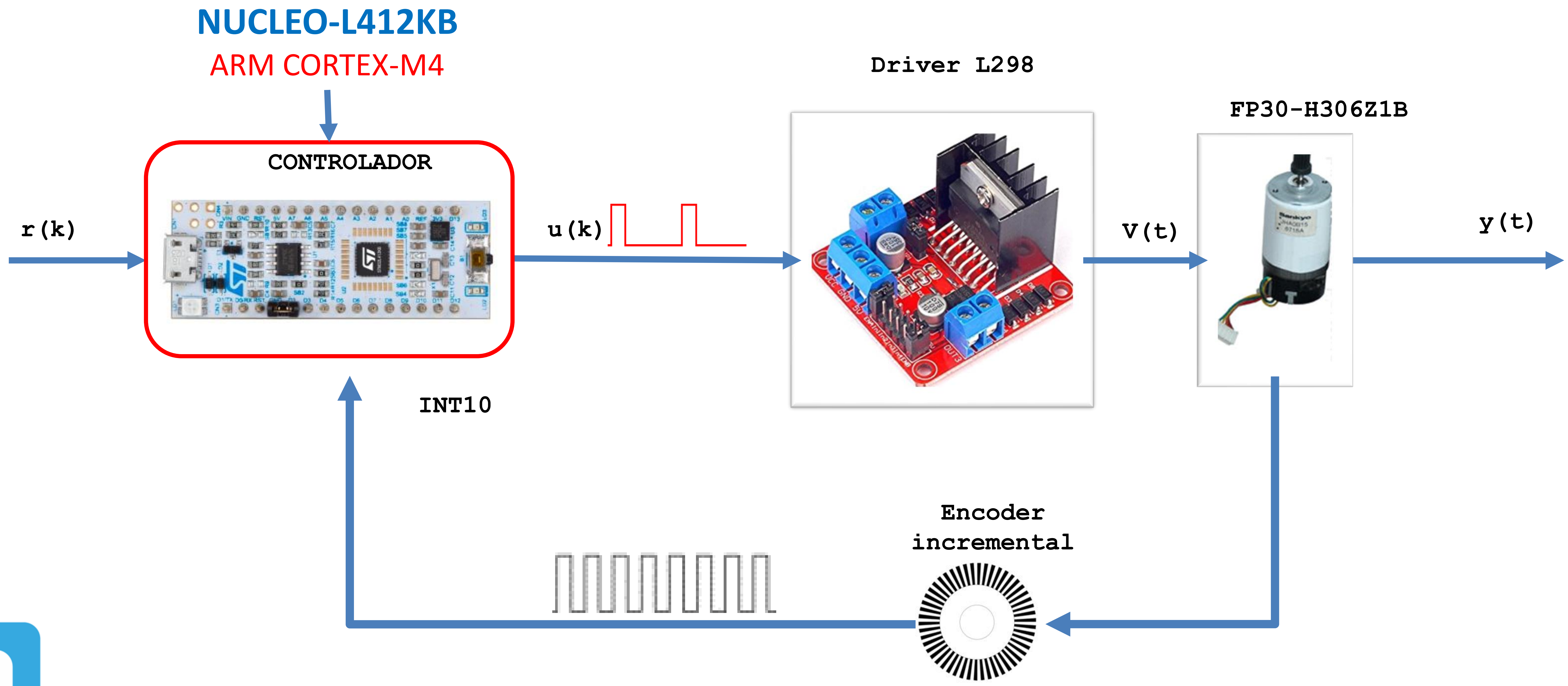
IMPLEMENTACION DEL CONTROLADOR PID



A complete closed-loop control system with a digital controller.

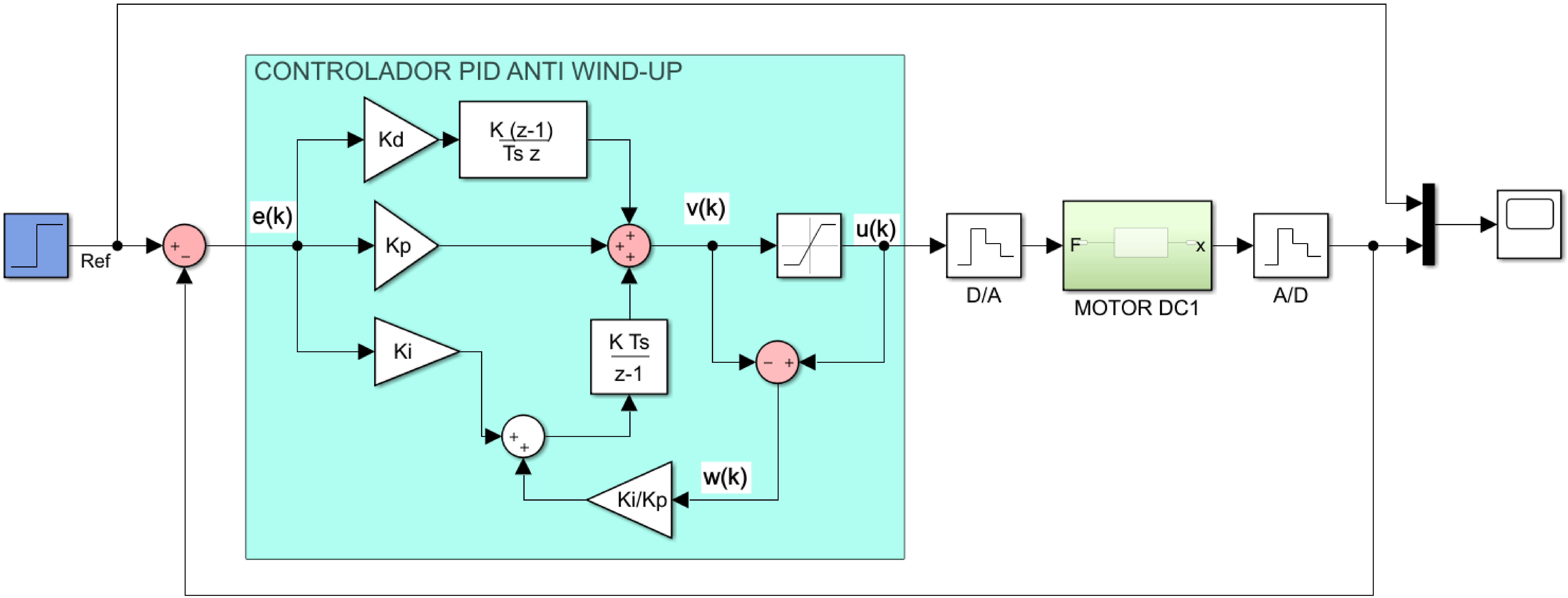
Telf: 955207709
Correo: jeffryquino@gmail.com

IMPLEMENTACION DEL CONTROLADOR PID



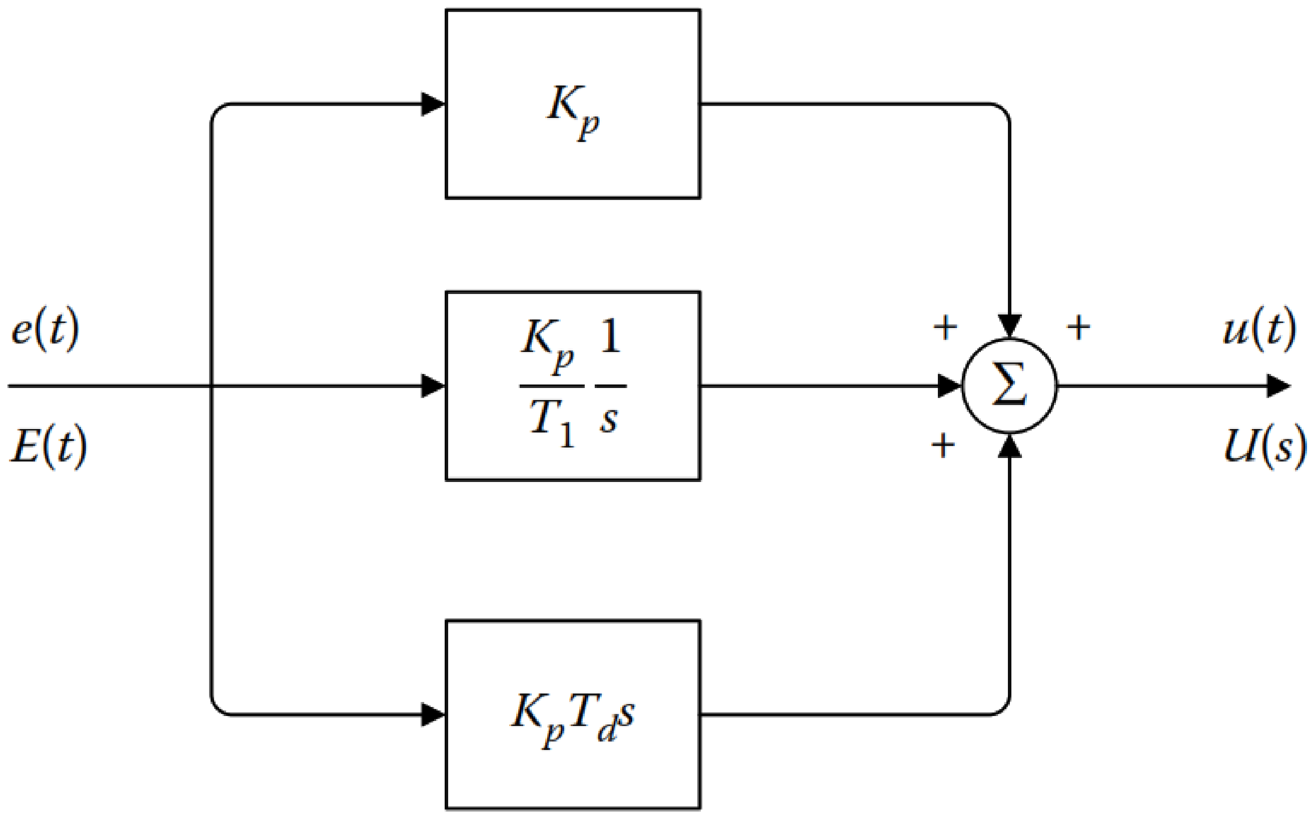
Telf: 955207709
Correo: jeffryquino@gmail.com

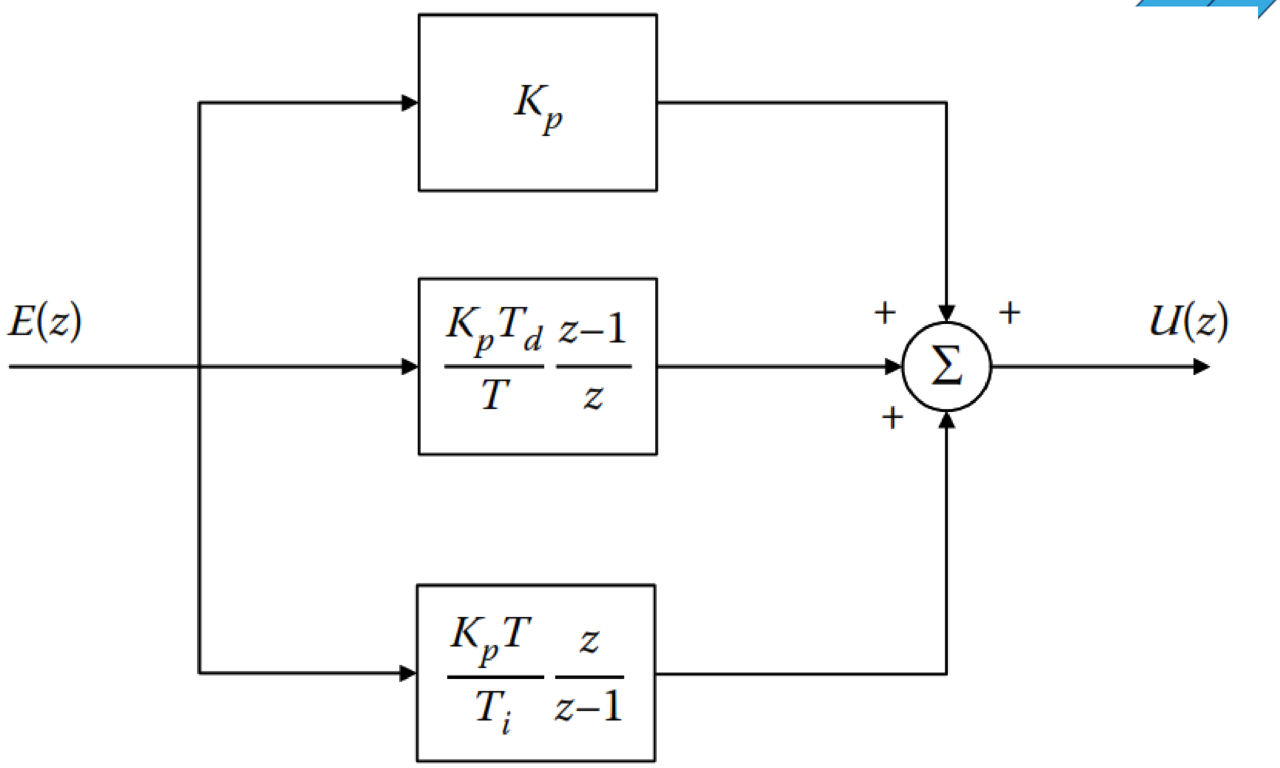
IMPLEMENTACION DEL CONTROLADOR PID



Telf: 955207709
Correo: jeffryquino@gmail.com

IMPLEMENTACION DEL CONTROLADOR PID





ECUACION DE DIFERENCIAS DEL CONTROLADOR PID

$$u(k) = u(k-1) + K_p\left(e(k) - e(k-1) + \frac{T}{T_i}e(k) + \frac{T_d}{T}\{e(k) - 2e(k-1) + e(k-2)\}\right)$$

MICRO-CONTRO-LADORES ARM

Telf: 955207709
Correo: jeffryquino@gmail.com

UMAKER | CENTRO DE CAPACITACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO

IMPLEMENTACION DEL CONTROLADOR PID

PARTE PROPORCIONAL

$P(k) = K_p e(k)$

PARTE INTEGRAL

$I(k) = I(k-1) + TK_i e(k) + TK_{aw} w(k)$

PARTE DERIVATIVA

$D(k) = \frac{K_d}{T}(e(k) - e(k-1))$

$V(k) = P(k) + I(k) + D(k)$

SATURADOR

$$U(k) = \begin{cases} U_{min} & , si\ V(k) < U_{min} \\ U_{max} & , si\ V(k) > U_{max} \\ V(k) & en\ otro\ caso \end{cases}$$

WIND UP

$W(k) = U(k) - V(k)$

MICRO-CONTROLADORES ARM

Telf: 955207709
Correo: jeffryquino@gmail.com

UMAKER | CENTRO DE CAPACITACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO

IMPLEMENTACION DEL CONTROLADOR PID

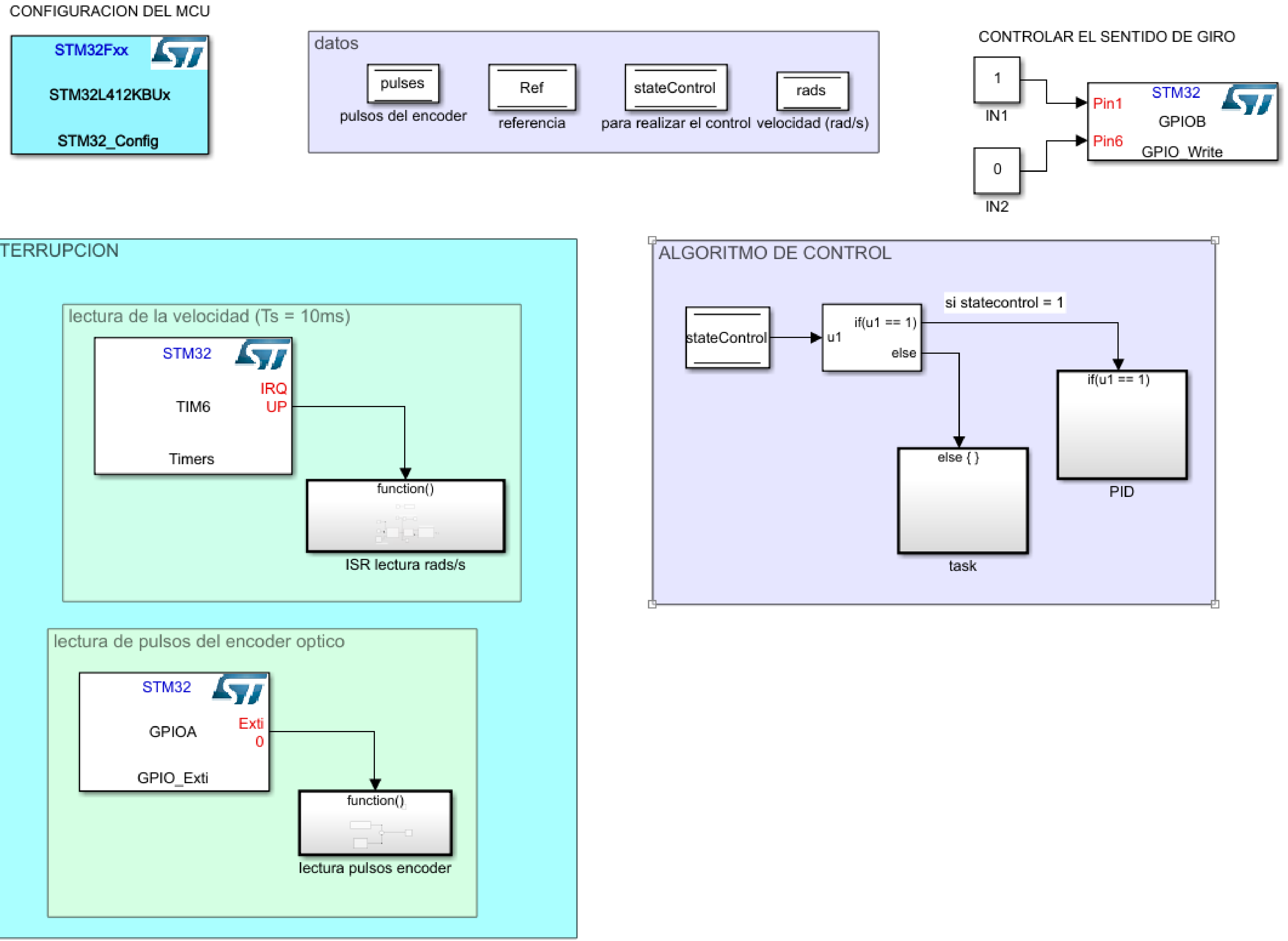
```
/**
 * @brief compute pid
 */
float PID_Compute(PID_Def_t *pidx, float Ref, float yk){
    float e_1 = pidx->e;
    float Uk;
    pidx->e = Ref - yk;
    /*parte proporcional*/
    pidx->Pk = pidx->e * pidx->Kp;
    /*parte integral*/
    pidx->Ik += pidx->Ts*pidx->Ki*pidx->e + pidx->Ts*pidx->Kaw*pidx->Wk;
    /*parte derivativa*/
    pidx->Dk = (pidx->Kd/pidx->Ts)*(pidx->e - e_1);
    /*salida pid*/
    pidx->Vk = pidx->Pk + pidx->Ik + pidx->Dk;
    /*saturador*/
    if(pidx->Vk > pidx->Umax)
        Uk = pidx->Umax;
    else if(pidx->Vk < pidx->Umin)
        Uk = pidx->Umin;
    else
        Uk = pidx->Vk;
    /*error wind up*/
    pidx->Wk = Uk - pidx->Vk;

    /*se retorna la salida el valor calculado*/
    return Uk;
}
```

Telf: 955207709
Correo: jeffryquino@gmail.com

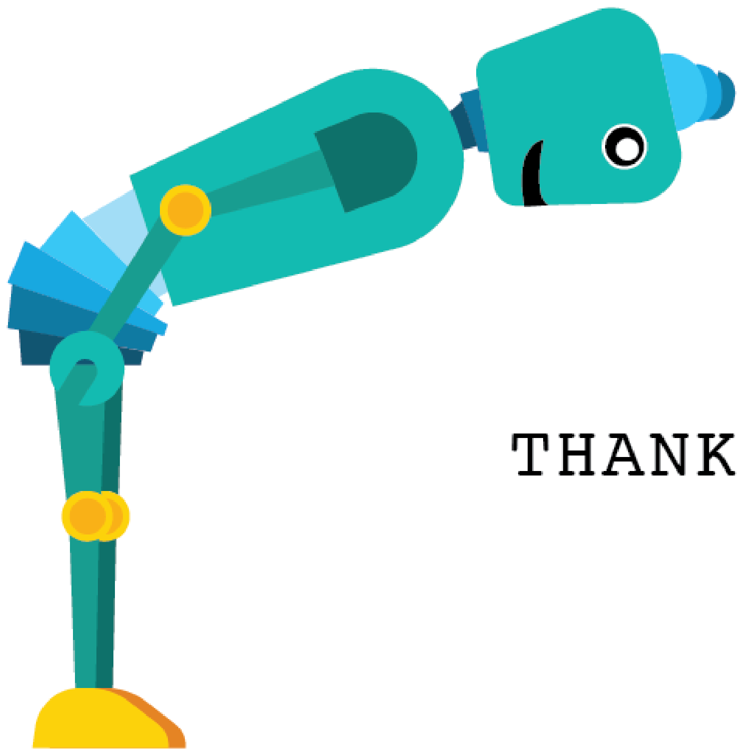
DISEÑO DEL CONTROLADOR PID– MOTOR DC

Embedded Coder - Simulink



Telf: 955207709

Correo: jeffryquino@gmail.com



THANK YOU

UMAKER | CENTRO DE CAPACITACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO