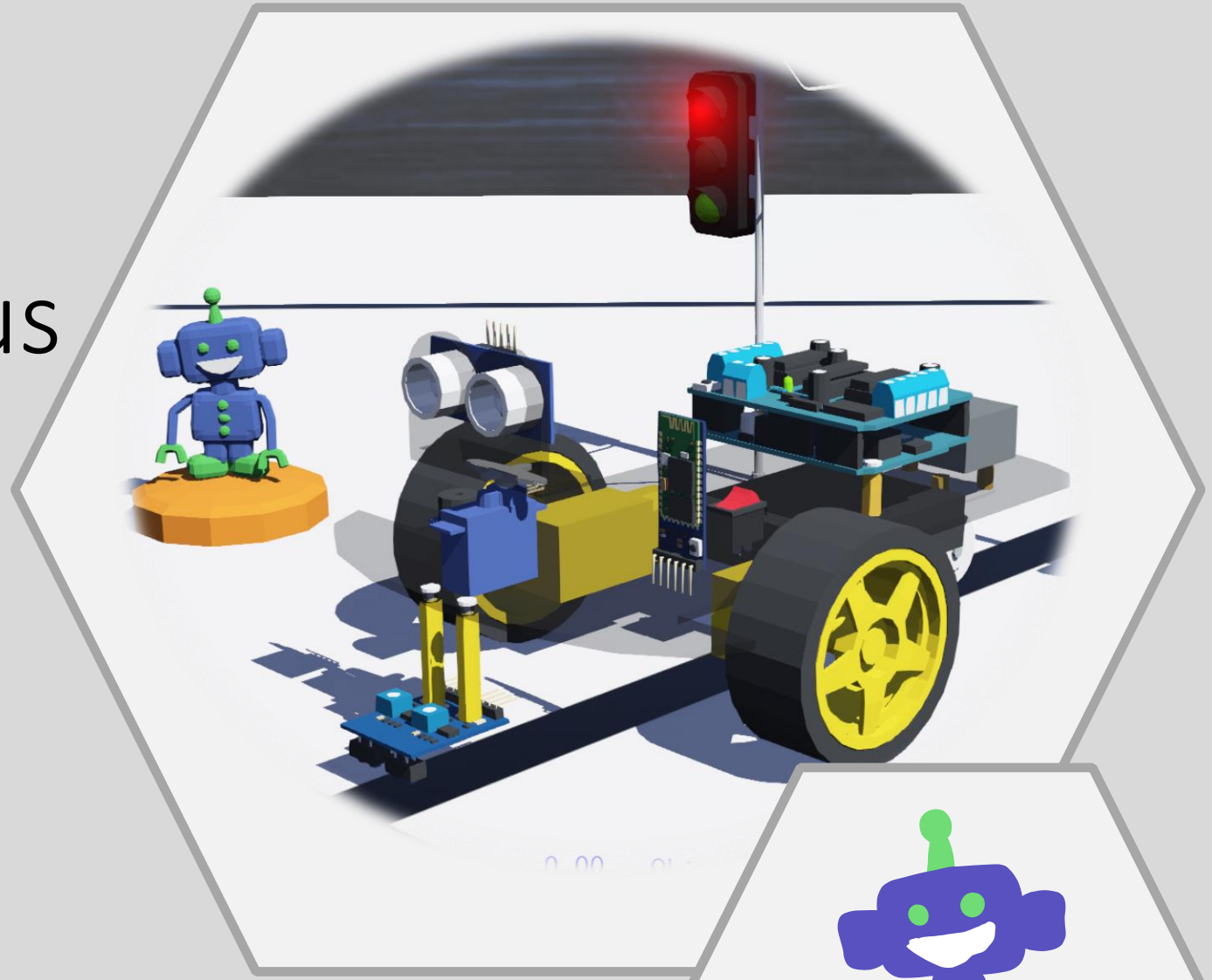
Kit Smart Car 2WD Plus
Código (Controlador)

Kit_Smart_Car_2WD_Plus_V2.ino



ELECTRÓNICA

DrakerDG 28-02-2022

• Kit_Smart_Car_2WD_Plus_V2.ino

Librerías

- SoftwareSerial.h
  - Se utiliza para virtualizar un puerto serial y así conectar el módulo de Bluetooth HC-05
    - Declaración:
```
#include <SoftwareSerial.h>
```
    - Instancia:
```
SoftwareSerial myBT(19, 18); // RX, TX
```

- AFMotor.h
  - Se utiliza para controlar los motores por medio del módulo Shield Motor Driver L293D
    - Declaración:
```
#include <AFMotor.h>
```
    - Instancias:
```
AF_DCMotor motorR(4);
AF_DCMotor motorL(3);
```

- Servo.h
  - Se utiliza para controlar el servomotor SG90
    - Declaración:
```
#include <Servo.h>
```
    - Instancia:
```
Servo servoU;
```

• Kit_Smart_Car_2WD_Plus_V2.ino

Variables y constantes

- Variables de operación

```
char BT_cmd;
int mode = 1;
```

- Estatus del robot

```
int on_Robot = 0;
```

- Cantidad de sensores

```
#define IR 2
```

- Pines de los sensores

```
const byte pSen[IR] = {17, 16};
```

limites de los sensores IR de línea

- Valores máximos de los sensores

```
int sen_max[] = {300,300};
```

- Valores mínimos de los sensores

```
int sen_min[] = {300,300};
```

- Valores de los sensores

```
int sen_val[] = {0,0};
```

- Límite máximo del valor del sensor

```
const int KS = 1000;
```

- Variable de calibración

```
int cal_IRS = 0;
```

- Tiempo de calibración

```
int cal_TME = 0;
```

- Variable de detección de línea

```
int online = 0;
```

• Kit_Smart_Car_2WD_Plus_V2.ino

Constantes de PID

- Constante proporcional

```
#define Kp 0.13
```

- Constante integral

```
#define Ki 0.00065
```

- Constante derivativa

```
#define Kd 0.00065
```

Variables de PID

- Error proporcional

```
float P_error;
```

- Error integral

```
float I_error;
```

- Error derivativo

```
float D_error;
```

- Valor de PID

```
float PID_value;
```

- Ultimo error

```
float lastError;
```

- Tiempo actual

```
unsigned long cTime;
```

- Tiempo anterior

```
unsigned long pTime;
```

- Tiempo transcurrido

```
float eTime;
```

- Máxima velocidad de los motores

```
#define maxSR 255
#define maxSL 240
```

15 por compensación por diferencia de velocidad entre los motores

- Velocidad de los motores

```
int speedR = 0;
int speedL = 0;
```

• Kit_Smart_Car_2WD_Plus_V2.ino

- Pines del sensor ultrasónico

```
#define trig1 15
#define echo1 14
```

- Matriz de distancia a objetos

```
int distances[21];
```

- Vectores de detección de objetos

```
int xVec = 0;
int yVec = 0;
```

- Tiempo para movimiento del servo

```
#define period 20
```

- Pasos del servomotor

```
#define lap1 9
```

- Contador de pasos

```
int i = 10;
```

- Dirección de giro

```
int CCW = 1;
```

- Límite de detección de obstáculos

```
#define lim1 45
```

- Límite de parada

```
#define vec1 -10
```

- Límite de retroceso

```
#define vec2 -9
```

- Constante proporcional de detección de obstáculos

```
#define Ke 1.5
```

- Tiempo de parada

```
#define Stop 200
```

- Tiempo de giro

```
#define Turn 350
```

- Estatus de detección del robot

```
int avoidSR = 0;
```

- Temporizadores de tono (sonido)

```
unsigned long Time0 = 0;
unsigned long Time1;
```

- Kit_Smart_Car_2WD_Plus_V2.ino

- Declaración de módulos y funciones

```
// Declaración de módulos y funciones
 int get_DIS(void);  // Obtiene el valor de la distancia con el sensor ultrasónico
void set_INI(void);  // Configura el estado inicial del robot
void set_IRS(void);  // Calibración de sensores IR
long get_IRS(long);  // Obtiene el valor de los sensores IR
void get_PID(void);  // Obtiene el calculo del valor PID
void set_VEC(void);  // Inicializando la matriz de vectores de distancia
void uss_RAD(void);  // Escaneo del sensor ultrasónico
void get_VEC(void);  // Cálculo del vector de distancia (error)
void snd_BZR(int) ;  // Generador de sonido
void set_SPD(void);  // Establece la velocidad de los motores
void run_FWD(void);  // Desplazamiento hacia adelante
void run_BWD(void);  // Desplazamiento hacia atrás
void run_STP(void);  // Detenido
void run_TRN(int) ;  // Giro (izquierda o derecha)
```

• Kit_Smart_Car_2WD_Plus_V2.ino

Módulo de configuración

```
void setup() {
  myBT.begin(9600);  // Velocidad de datos del puerto SoftwareSerial

  servoU.attach(9);        // Pin del servomotor (anexado)
  servoU.write(i * lap1); // Posición central incial
  delay(100);

  // Configuración de motores #4 y #3
  motorR.setSpeed(200);
  motorR.run(RELEASE);
  motorL.setSpeed(200);
  motorL.run(RELEASE);

  // Configuración de los pines del sensor ultrasonico
  pinMode (trig1, OUTPUT);
  pinMode (echo1,INPUT);

  set_VEC();  // Inicialización de la matriz del vector de distancias (Módulo)
}
```

• Kit_Smart_Car_2WD_Plus_V2.ino

Módulo Principal

- Selección de modo de operación (Bluetooth)

```
void loop() {
  if (myBT.available()) BT_cmd = myBT.read();  // Lee el puerto serial del Bluetooth

  if (BT_cmd == '1') {        // Modo seguidor de lineas seleccionado (1)
    mode = 1;
    set_INI();  // Inicialización de servomotor
  }

  else if (BT_cmd == '2') {  // Modo para evitar obstaculos seleccionado (2)
    mode = 2;
    set_INI();  // Inicialización de servomotor
  }

  else if (BT_cmd == '3') {  // Modo de control por Bluetooth seleccionado (3)
    mode = 3;
    set_INI();  // Inicialización de servomotor
  }
```

• Kit_Smart_Car_2WD_Plus_V2.ino

Módulo Principal

- Modo seguidor de línea

```
// Modo seguidor de linea
if (mode == 1) {
  if ((BT_cmd == 'A') && (cal_IRS == 1)) {  // Inicia el modo seguidor de línea
    on_Robot = 1;
    snd_BZR(3);
    motorR.run(FORWARD);
    motorL.run(FORWARD);
  }
  else if (BT_cmd == 'B') {  // Detiene el robot
    snd_BZR(3);
    on_Robot = 0;
    run_STP();
  }
  else if ((BT_cmd == 'C') && (cal_IRS == 0)) {  // Modo de calibración (giro a la derecha)
    speedR = 160;
    speedL = 160;
    snd_BZR(3);
    run_TRN(1);
    set_IRS();
  }
```

• Kit_Smart_Car_2WD_Plus_V2.ino

Módulo Principal

- Modo seguidor de línea

```
    else if ((BT_cmd == 'D') && (cal_IRS == 0)) {  // Modo de calibración (giro a la izquierda)
      speedR = 160;
      speedL = 160;
      snd_BZR(3);
      run_TRN(-1);
      set_IRS();
    }
    else if ((BT_cmd == 'Z') && (cal_IRS == 0)) {  // Detiene el robot
      run_STP();
    }
    if (on_Robot == 1) {  // Seguidor de línea
      get_PID();
      motorR.setSpeed(speedR);
      motorL.setSpeed(speedL);
    }
  }
```

• Kit_Smart_Car_2WD_Plus_V2.ino

Módulo Principal

- Modo para evitar obstáculos

```
// Modo para evitar obstaculos
else if (mode == 2) {
  if (BT_cmd == 'A') {  // Inicia el modo para evitar obstaculos
    snd_BZR(3);
    on_Robot = 1;
  }
  else if (BT_cmd == 'B') {  // Detiene el robot
    snd_BZR(3);
    on_Robot = 0;
    run_STP();
  }
```

• Kit_Smart_Car_2WD_Plus_V2.ino

Módulo Principal

- Modo para evitar obstáculos

```
if (on_Robot == 1) {  // Desplazamiento hacia adelande y escanea
  uss_RAD();
  if (avoidSR == 0) {
    set_SPD();
    run_FWD();
  }
  else if (avoidSR == 1) {  // Detiene el robot cuando detecta un obstaculo
    run_STP();
    delay(Stop);
    avoidSR = 2;
  }
  else if (avoidSR == 2) {  // Se desplaza hacia atras para evitar un obstaculo
    run_BWD();
  }
  else if (avoidSR == 3) {  // Turn to avoid an obstacle - Gira para evitar un obstacle
    run_TRN(xVec/abs(xVec));
    delay(Turn);
    avoidSR = 0;
  }
}
```

• Kit_Smart_Car_2WD_Plus_V2.ino

Módulo Principal

- Modo de control por Bluetooth

```
// Modo de control por Bluetooth
else if (mode == 3) {
  if (BT_cmd == 'A') {  // Desplazamiento hacia adelante
    snd_BZR(3);
    speedR = maxSR;
    speedL = maxSL;
    run_FWD();
  }
  else if (BT_cmd == 'B') {  // Desplazamiento hacia atrás
    snd_BZR(3);
    run_BWD();
  }
  else if (BT_cmd == 'C') {  // Giro hacia la derecha
    snd_BZR(3);
    run_TRN(1);
  }
```

• Kit_Smart_Car_2WD_Plus_V2.ino

Módulo Principal

- Modo de control por Bluetooth

```
    else if (BT_cmd == 'D') {  // Giro hacia la izquierda
     snd_BZR(3);
     run_TRN(-1);
    }
    else if (BT_cmd == 'Z') {  // Detiene el robot
      run_STP();
    }
  }

  BT_cmd = '\n';
}
```

- Kit_Smart_Car_2WD_Plus_V2.ino

Módulos y funciones (Detalle)

```
// Declaración de módulos y funciones
 int get_DIS(void);  // Obtiene el valor de la distancia con el sensor ultrasónico
void set_INI(void);  // Configura el estado inicial del robot
void set_IRS(void);  // Calibración de sensores IR
long get_IRS(long);  // Obtiene el valor de los sensores IR
void get_PID(void);  // Obtiene el calculo del valor PID
void set_VEC(void);  // Inicializando la matriz de vectores de distancia
void uss_RAD(void);  // Escaneo del sensor ultrasónico
void get_VEC(void);  // Cálculo del vector de distancia (error)
void snd_BZR(int) ;  // Generador de sonido
void set_SPD(void);  // Establece la velocidad de los motores
void run_FWD(void);  // Desplazamiento hacia adelante
void run_BWD(void);  // Desplazamiento hacia atrás
void run_STP(void);  // Detenido
void run_TRN(int) ;  // Giro (izquierda o derecha)
```

- Kit_Smart_Car_2WD_Plus_V2.ino

- Obtiene el valor de la distancia con el sensor ultrasónico

```
// Obtiene el valor de la distancia con el sensor ultrasónico
int get_DIS(void){
  long Duration1;
  int Distance1;
  digitalWrite(trig1, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(trig1, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trig1, LOW);
  Duration1 = pulseIn(echo1, HIGH);
  Distance1 = Duration1*0.03432/2;  // Cálculo de la distancia
  return Distance1;
}
```

- Kit_Smart_Car_2WD_Plus_V2.ino

- Configura el estado inicial del robot

```
// Configura el estado inicial del robot
void set_INI(void) {
  on_Robot = 0;        // Estado del robot
  servoU.write(90);    // Posición frontal
  snd_BZR(5);          // Sonido
}
```

- Kit_Smart_Car_2WD_Plus_V2.ino

- Calibración de sensores IR

```
// Calibración de sensores IR
void set_IRS(void){
  int senx = 0;
  for (int k = 0; k < IR; k++){
    senx = analogRead(pSen[k]);
    if (senx < sen_min[k]) sen_min[k] = senx;  // Determinación del valor mínimo
    if (senx > sen_max[k]) sen_max[k] = senx;  // Determinación del valor máximo
  }
  cal_TME += 1;
  if ((cal_TME > 20) && (sen_max[0] > sen_min[0]) && (sen_max[1] > sen_min[1])) {
    run_STP();     // Detiene el robot
    snd_BZR(3);    // Hace un sonido
    delay(500);
    noTone(10);
    delay(50);
    snd_BZR(10);   // Hace un sonido
    delay(500);
    noTone(10);
    cal_IRS = 1;   // Calibración finalizada
  }
}
```

- Kit_Smart_Car_2WD_Plus_V2.ino

  - Obtiene el valor de los sensores IR

```
// Obtiene el valor de los sensores IR
long get_IRS(long Pant){
  online = 0;
  unsigned long Perr;
  unsigned long avgS = 0;
  unsigned int sumS = 0;
  for(int k = 0; k < IR; k++){
    sen_val[k] = analogRead(pSen[k]);  // Leyendo los sensores
    sen_val[k] = map(sen_val[k], sen_min[k], sen_max[k], 0, KS); // Mapeando los valores (Entre 0 y 1000)
    sen_val[k] = constrain(sen_val[k], 0, KS); // Limitando los valores entre 0 y 1000 (KS)
    if (sen_val[k]>150) online = 1; // Condicion de detección de linea
    // Adición de valores de sensor por factor de posición del sensor (K * KS) donde KS = 1000
    avgS += (long)sen_val[k]*(k * KS);
    sumS += sen_val[k];  // Adición de valores de sensores
  }
  if (online == 1) Perr = avgS/sumS - 500;  // Si detecta la línea, Perr es el valor promedio menos 500
  else Perr = Pant;  // Si no detecta la línea, Perr es igual a Pant (último valor: memoria)
  delayMicroseconds(140); // Tiempo para procesar los valores del sensor en el microcontrolador
  return Perr;
}
```

- Kit_Smart_Car_2WD_Plus_V2.ino

- Obtiene el calculo del valor PID

```
// Obtiene el calculo del valor PID
void get_PID(void){
  int medR, medL;
  P_error = get_IRS(P_error);  // Obtiene el error P
  cTime = millis();  // Obtiene el tiempo del microprocesador
  eTime = (float)(cTime - pTime) / 1000; // Calcula el tiempo transcurrido
  I_error = I_error * 2 / 3 + P_error * eTime; // Calcula el error I
  D_error = (P_error - lastError) / eTime;     // Calcula el error D
  PID_value = Kp * P_error + Ki * I_error + Kd * D_error;  // Calcula el valor PID

  lastError = P_error; // Salva el error P
  pTime = cTime; // Salva el tiempo actual

  medR = maxSR - abs(PID_value);  // Calcula la velocidad base del motor derecho
  medL = maxSL - abs(PID_value);  // Calcula la velocidad base del motor izquierdo
  speedR = medR - PID_value;  // Calcula la velocidad del motor derecho
  speedL = medL + PID_value;  // Calcula la velocidad del motor izquierdo
}
```

- Kit_Smart_Car_2WD_Plus_V2.ino

- Inicializando la matriz de vectores de distancia

```
// Inicializando la matriz de vectores de distancia
void set_VEC(void){
  for (int j = 0; j <= 20; j++){
    distances[j] = lim1;
  }
}
```

- Kit_Smart_Car_2WD_Plus_V2.ino

- Escaneo del sensor ultrasónico

```
// Escaneo del sensor ultrasónico
void uss_RAD(void){
  servoU.write(i * lap1); // Establece la posición del servomotor
  delay(period);
  distances[i] = get_DIS(); // Obtiene la distancia del objeto
  get_VEC(); // Obtiene el vector de posición
  if (distances[i] < lim1) snd_BZR(distances[i]);  // Sonido de tono dependiendo de la distancia
  if ((yVec < vec1) and (avoidSR == 0)) avoidSR = 1;  // Stop robot
  if ((yVec > vec2) and (avoidSR == 2)) avoidSR = 3;  // Turn robot

  i = i + CCW;  // Incrementa o decrementa el contador de posición del servomotor
  if (i < 0){
    i = 1;
    CCW = 1;
  }
  if (i > 20){
    i = 19;
    CCW = -1;
  }
}
```

- Kit_Smart_Car_2WD_Plus_V2.ino

- Cálculo del vector de distancia (error)

```
// Cálculo del vector de distancia (error)
void get_VEC(void){
  long vectx = 0;
  long vecty = 0;
  int objects = 0;
  for (int j = 0; j <= 20; j++){
    if (distances[j] < lim1){
      vectx += sin((j - 10) * lap1 * PI / 180) * (distances[j] - lim1);  // Componente x
      vecty += cos((j - 10) * lap1 * PI / 180) * (distances[j] - lim1);  // Componente y
      objects += 1;
    }
  }
  if (objects > 0) {  // Calcula los promedios del error en "x" y "y"
     xVec = vectx / objects;
     yVec = vecty / objects;
  }
  else {
    xVec = 0;
    yVec = 0;
  }
}
```

- Kit_Smart_Car_2WD_Plus_V2.ino

- Generador de sonido

```
// Generador de sonido
void snd_BZR(int distx) {
  int Interval;
  Time1 = millis();
  // El valor del intervalo del tono, depende de la distancia
  Interval = 15 * distx;
  Interval = constrain(Interval, 50, 2500);
  if (Time1 - Time0 >= Interval) {
    Time0 = Time1;
    // La frecuencia del tono, depende de la distancia
    tone(10, 1760 + 1320 - distx * 66, 25);
  }
}
```

- Kit_Smart_Car_2WD_Plus_V2.ino

- Establece la velocidad de los motores

```
// Establece la velocidad de los motores
void set_SPD(void) {
  int errP = int(xVec * Ke);   // Calcula el error proporcional

  speedR = maxSR - abs(errP);  // Calcula la velocidad base del motor derecho
  speedL = maxSL - abs(errP);  // Calcula la velocidad base del motor izquierdo

  speedR = speedR + errP;      // Calcula la velocidad del motor derecho
  speedL = speedL - errP;      // Calcula la velocidad del motor izquierdo

  // Restringe el valor de velocidad máxima y mínima (derecha e izquierda)
  speedR = constrain(speedR, 0, 255);
  speedL = constrain(speedL, 0, 255);
}
```

- Kit_Smart_Car_2WD_Plus_V2.ino

- Desplazamiento hacia adelante y Desplazamiento hacia atrás

```
// Desplazamiento hacia adelante
void run_FWD(void) {
  motorR.run(FORWARD);
  motorL.run(FORWARD);
  motorR.setSpeed(speedL);
  motorL.setSpeed(speedL);
  delay(3);
}
```

```
// Desplazamiento hacia atrás
void run_BWD(void) {
  motorR.run(BACKWARD);
  motorL.run(BACKWARD);
  motorR.setSpeed(maxSR);
  motorL.setSpeed(maxSL);
  delay(3);
}
```

• Kit_Smart_Car_2WD_Plus_V2.ino

- Detenido y Giro (izquierda o derecha)

```
// Detenido
void run_STP(void) {
  motorR.run(RELEASE);
  motorL.run(RELEASE);
  delay(3);
}
```

```
// Giro (izquierda o derecha)
void run_TRN(int CW) {
  if (CW > 0){
    motorR.run(FORWARD);
    motorL.run(BACKWARD);
  }
  else {
    motorR.run(BACKWARD);
    motorL.run(FORWARD);
  }
  motorR.setSpeed(maxSR);
  motorL.setSpeed(maxSL);
  delay(3);
}
```

• Kit_Smart_Car_2WD_Plus_V2.ino

Calibración de constantes PID (Prueba y Error)

1. Establecer la velocidad máxima de cada motor

2. Con los valores de Ki y Kd en cero, incrementar el valor de Kp hasta que el robot mantenga una oscilación pero sin perder la línea
   - Establecer Kp aproximadamente a la mitad del valor del paso anterior
   - Si el robot es inestable y pierde la línea, puede ser necesario disminuir la velocidad de cada motor e iniciar nuevamente desde el paso 2

3. Incrementar Ki hasta que el robot sea inestable pero sin perder la línea
   - Establecer Ki entre el 10% al 50% del último valor de Ki

4. Incrementar Kd hasta obtener la menor oscilación posible

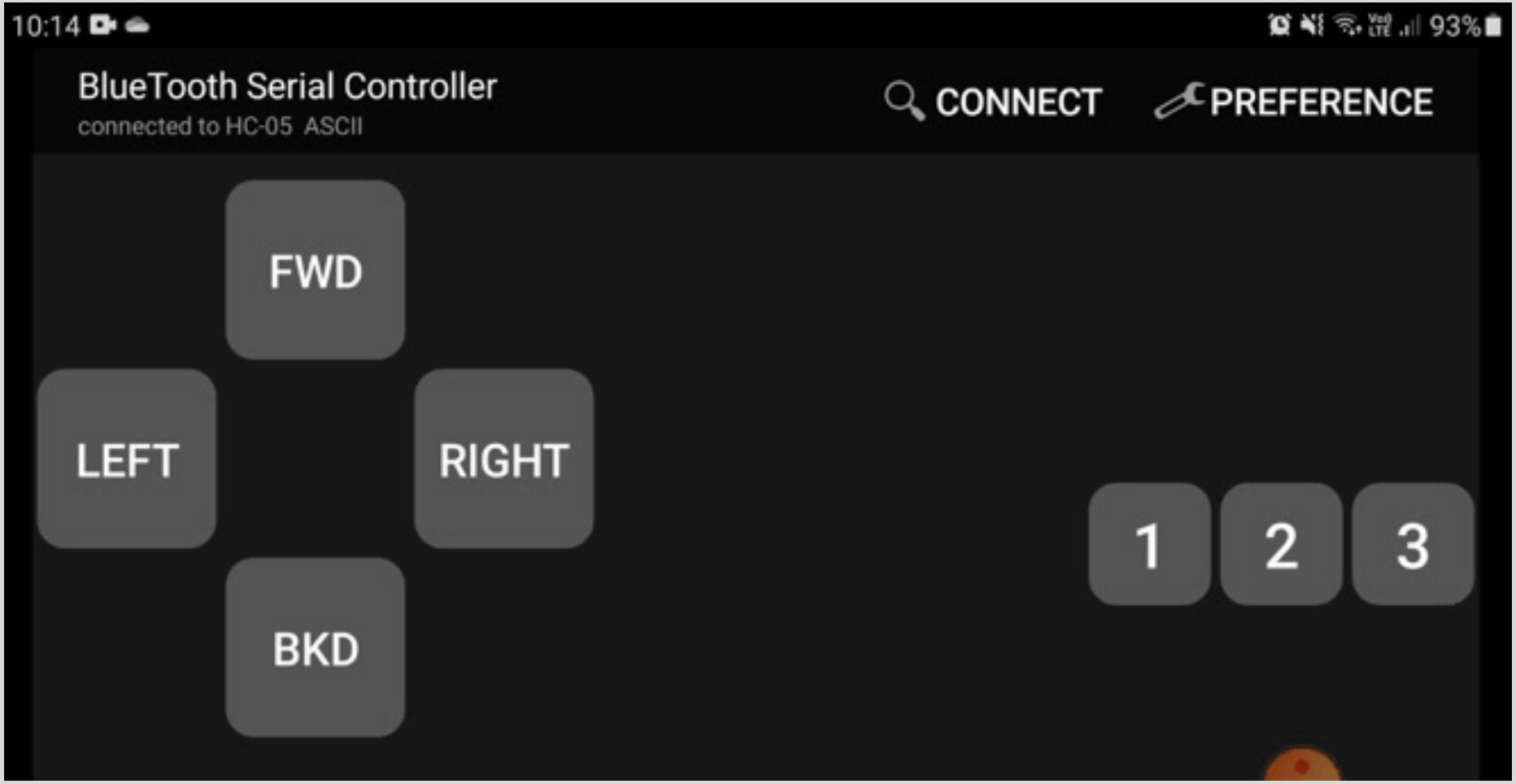
```
// Máxima velocidad de los motores
// 15 por compensación por diferencia de velocidad entre los motores
#define maxSR 255  // 240 + 15
#define maxSL 240
```

```
// Constantes de PID
#define Kp 0.13       // Constante proporcional
#define Ki 0.0001     // Constante integral
#define Kd 0.001      // Constante derivativa
```

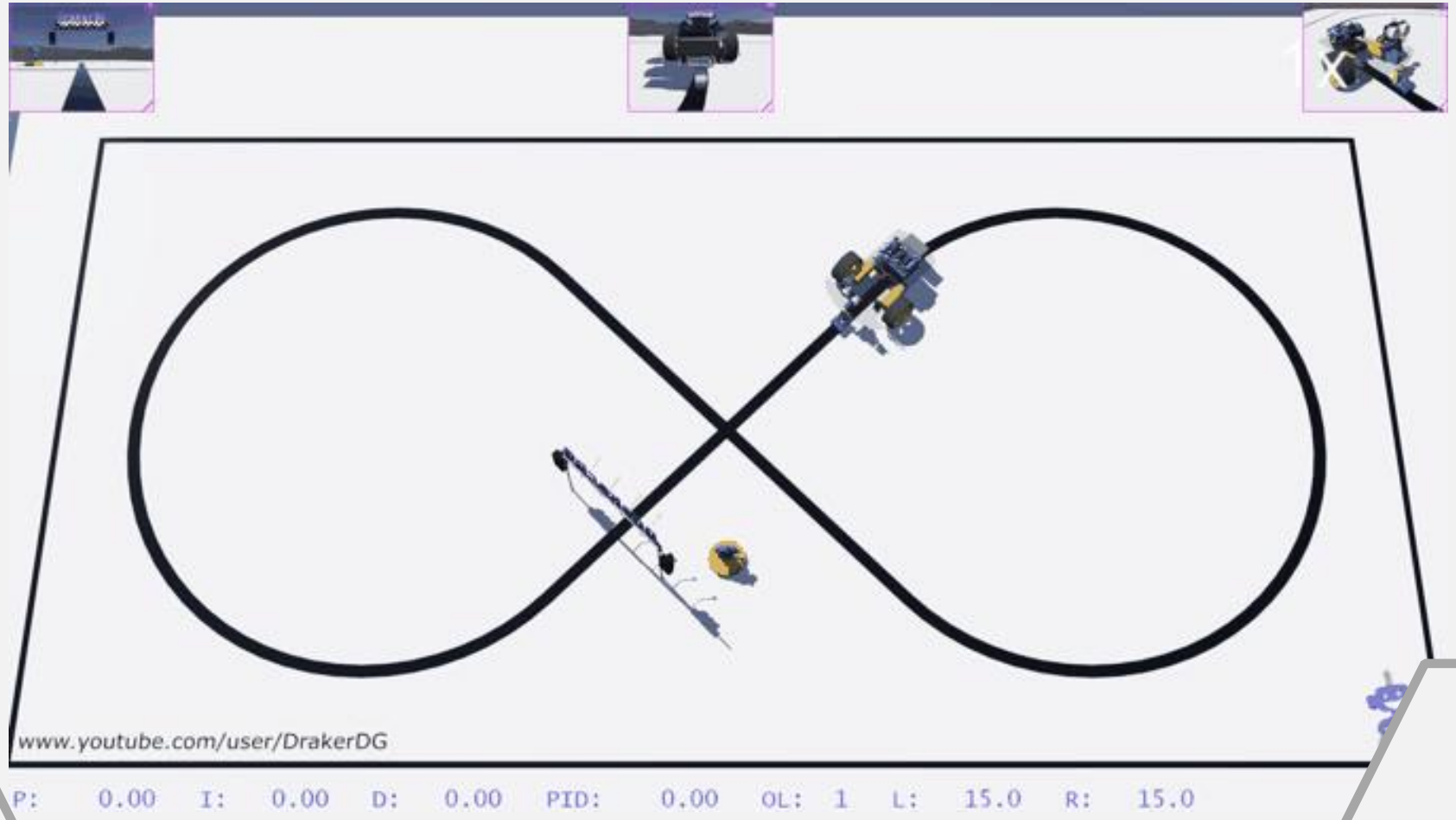
• BlueTooth Serial Controller

Controlador serial por BlueTooth

- https://play.google.com/store/apps/details?id=nextprototypes.BTSerialController



Kit Smart Car 2WD Plus



ELECTRÓNICA

DrakerDG 28-02-2022

Kit_Smart_Car_2WD_Plus_V2.ino