

UNIVERSIDAD BLAS PASCAL**21º Olimpiadas Nacionales de Informática, Electrónica y Telecomunicaciones**

Título: Dicore (Diferenciador de Colores con Reproductor)

Alumnos expositores:

- Peyon, Enzo Uriel
DNI: 42.915.157
4º Año Electrónica
- Savala, Francisco Nicolás
DNI: 42.915.157
4º Año Electrónica

Docentes orientadores:

- Ulloa, José Luis
DNI: 32.337.712
- Muñoz, Pedro Rodrigo
DNI: 35.567.305

Escuela: Industrial N°6 "X Brigada Aérea"

Provincia: Santa Cruz

Localidad: Güer Aike

Ciudad: Río Gallegos

Año: 2017

Fecha de inicio: 28/06/2017

Duración en semanas: 15 semanas

Esfuerzo en horas: 100 horas

Personas afectadas: 2 personas afectadas al proyecto en un promedio de 5 horas semanales



Índice

Contenidos	Pág.
Objetivo del Proyecto.....	3
Especificaciones Técnicas/Resumen del Proyecto.....	3
Temática.....	3
Introducción.....	3
Etapas de desarrollo e investigación.....	6
Alcances y fundamentos sociales-geográficos del proyecto.....	6
Segmento destino / Destinatarios.....	6
Ámbito de incumbencia.....	6
Funcionalidades.....	6
Diagrama en bloque del sistema.....	7
Descripciones técnicas del proyecto.....	7
Esquemas/ circuitos eléctricos.....	9
Mediciones.....	11
Impresora 3D "HE3D EI3.....	12
Especificaciones de impresión.....	12
Características físicas del proyecto.....	13
Costos del proyecto.....	13
Diagrama de flujo.....	14
Codificación.....	19
Conclusiones.....	22
Balance comparativo.....	22
Recomendaciones.....	22
Propuestas.....	22
Mejoras al trabajo.....	22
Bibliografía.....	22
Recursos de internet.....	23

Objetivo

Situación problemática

La utilización de colores como método pedagógico de enseñanza es muy común en la escuela primaria y secundaria. Esto es un problema para personas con “ceguera al color” o más comúnmente conocido como daltonismo.

Objetivo principal

Crear un prototipo auditivo que ayude a los niños que padezcan daltonismo a reconocer los colores en el aprendizaje escolar.

Especificaciones Técnicas/Resumen

El proyecto surgió a mediados de 2017, en el colegio industrial N°6, como parte de reforzar conocimientos en el ámbito de la carrera de electrónica mediante el desarrollo de un proyecto que sirviera para ayudar a los jóvenes con daltonismo en el momento de entender y comprender las distintas enseñanzas didácticas en el colegio. A partir de esto, se pensó en buscar dispositivos que reconocieran los colores y así proporcionárselos a las personas que tengan este padecimiento.

Temática

Introducción:

El daltonismo (también llamado deficiencia o ceguera de color), ocurre cuando los colores no pueden ser vistos de manera normal. Comúnmente, el daltonismo ocurre cuando alguien no puede distinguir entre ciertos colores, por lo general entre verdes y rojos, y ocasionalmente azules.

La ceguera al color es hereditaria y se transmite por un alelo recesivo ligado al cromosoma X. Esto quiere decir que los hombres tienen un riesgo mucho mayor de nacer con daltonismo que las mujeres, quienes raramente tienen esta condición. Los estudios revelan que de la población mundial, un 8% de hombres poseen algún tipo de este defecto, mientras que el sexo contrario solo un 0,5%.

Existen múltiples variantes de este trastorno; en realidad, podría decirse que ningún daltónico ve exactamente igual que otro. Haciendo una clasificación a groso modo se pueden distinguir tres tipos de daltonismo:

Dicromatismo

La forma más común es el dicromatismo, que afecta a las células en los ojos encargadas de captar el rojo o el verde asentándolas de las retinas de los ojos.

Otra variante de este trastorno es la falta de los conos encargados de captar los tonos azules; en este caso, los individuos confundirán con frecuencia los colores azul y amarillo.

Estos tipos de daltonismo son denominados dicromatismos, puesto que el individuo posee solo dos tipos de células.

Tricromatismo anómalo

Otra de las formas de daltonismo que tiene efectos similares, aunque más leves, que los dos casos anteriores. En este caso, el individuo presenta los tres tipos de células, pero existe alguna deficiencia en los mismos que impide un funcionamiento totalmente normal.

Acromatopsia

Por último, el caso más grave de daltonismo es la denominada acromatopsia, a consecuencia de la cual el individuo que la padece aprecia únicamente diferencias en la escala de grises.

Durante la investigación realizada y para el diseño del prototipo, se investigó a qué tipo de personas afecta mayormente esta alteración, para saber a quienes dirigir principalmente el proyecto.

Uno de los datos obtenidos fue que el daltonismo afecta al 8% de la población masculina, y sólo al 0.5% de la población femenina. Esto se debe a que al ser una alteración genética que se transmite por un alelo ligado al cromosoma X, existe una mayor posibilidad de que se transmita a los hombres, ya que los hombres tienen un sólo cromosoma X y las mujeres tienen 2, por lo tanto, una mujer sólo será daltónica si sus dos cromosomas X tienen el alelo alterado.

Esta alteración puede tanto tenerse de nacimiento, como ir desarrollándose en la persona con el tiempo. Sin embargo, se ha llegado a la conclusión de que el mejor momento para que un daltónico utilice este prototipo es durante su infancia y etapa de aprendizaje, más precisamente en jardín o educación primaria, donde los métodos de enseñanza hacen mucho énfasis en los diferentes colores, y aprenderlos e identificarlos de forma incorrecta puede tener consecuencias en su futuro, por ejemplo, al aprender a conducir, o en ciertos trabajos como ser piloto de aviones. Por este motivo es vital que la persona en cuestión desarrolle de forma correcta su capacidad de asociar cada color con su respectivo nombre.

A pesar de que este prototipo ha sido diseñado pensado principalmente hacia jóvenes con daltonismo, el mismo puede ser utilizado por un público más amplio que pueda aprovechar sus características, por ejemplo, Niños sin daltonismo que se tengan dificultades en el aprendizaje de los colores. De esta manera, estarán motivados a desarrollar y reforzar su forma de identificar los colores, al mismo tiempo que realizan una actividad entretenida.

A partir de la investigación realizada, en la Tabla 1 se pueden ver los productos que se encuentran en el mercado para que personas con daltonismo puedan diferenciar los colores ya que una cura o un tratamiento no es posible en la actualidad.

Imagen	Descripción	Precio	Origen
	EnChroma Glasses: Son gafas que permiten a los dicromatas diferenciar los colores rojos y verdes.	430 U\$D	EE.UU.
	JBL Pulse 2: Es un reproductor de música con un sensor que como funcionalidad secundaria puede detectar colores y modificar la estética del parlante sustituyendo los colores de las luces que rodean al parlante.	AR\$4000	Chile
	Google Glass: Se desarrollaron aplicaciones para este dispositivo que permiten identificar los colores, si bien esta no es su funcionalidad principal (a esto se debe su elevado costo).	1000U\$D	EE.UU.

Tabla 1 – Productos del mercado similares.

Durante la investigación realizada y para el diseño del prototipo, se investigó a qué tipo de personas afecta mayormente esta alteración, para saber a quienes dirigir principalmente el proyecto.

Uno de los datos obtenidos fue que el daltonismo afecta al 8% de la población masculina, y sólo al 0.5% de la población femenina. Esto se debe a que al ser una alteración genética que se transmite por un alelo ligado al cromosoma X, existe una mayor posibilidad de que se transmita a los hombres, ya que los hombres tienen un sólo cromosoma X y las mujeres tienen 2, por lo tanto, una mujer sólo será daltónica si sus dos cromosomas X tienen el alelo alterado.

Esta alteración puede tanto tenerse de nacimiento, como ir desarrollándose en la persona con el tiempo. Sin embargo, se ha llegado a la conclusión de que el mejor momento para que un daltónico utilice este prototipo es durante su infancia y etapa de aprendizaje, más precisamente en jardín o educación primaria, donde los métodos de enseñanza hacen mucho énfasis en los diferentes colores, y aprenderlos e identificarlos de forma incorrecta puede tener consecuencias en su futuro, por ejemplo, al aprender a conducir, o en ciertos trabajos como ser piloto de aviones. Por este motivo es vital que la persona en cuestión desarrolle de forma correcta su capacidad de asociar cada color con su respectivo nombre.

A pesar de que este prototipo ha sido diseñado pensado principalmente hacia jóvenes con daltonismo, el mismo puede ser utilizado por un público más amplio que pueda aprovechar sus características, por ejemplo, Niños sin daltonismo que se tengan dificultades en el aprendizaje de los colores. De esta manera, estarán

motivados a desarrollar y reforzar su forma de identificar los colores, al mismo tiempo que realizan una actividad entretenida.

¿Cómo afecta a un alumno el daltonismo en la escuela?

Una persona daltónica no tiene problemas para memorizar y aprender, pero sí cuando se le presenta la información. En el momento de enseñar, se debe tener en cuenta la posibilidad de que entre los alumnos se encuentre alguna persona con daltonismo para poder adaptar el contenido y darle las mismas facilidades que a los demás.

A continuación, se muestran algunas situaciones en las que una persona daltónica puede tener problemas:

Pizarra:

En el uso de tizas o marcadores, se deben tener en cuenta los colores de los mismos.

Las pizarras donde se utiliza la tiza suelen ser negras o verdes, por lo que el uso de colores oscuros dificulta su distinción. Lo correcto sería utilizar una tiza o marcador que haga contraste con el color de la pizarra, para que no haya problemas en su reconocimiento.

Pizarra electrónica o proyectores:

Este tipo de pizarras permiten el uso esquemas para las presentaciones, y es muy habitual el uso de colores en estos diagramas. Si estos colores solo se utilizan de forma estética no provocan ningún inconveniente, pero si su uso es selectivo, como por ejemplo marcar en rojo unos datos y en verde otros para diferenciarlos, una persona daltónica puede no percibir estas diferenciaciones correctamente.

Color rojo en las correcciones:

Es muy habitual utilizar el color rojo para realizar correcciones en exámenes y trabajos. Las personas con daltonismo pueden no percibir este color con intensidad, por lo que pueden llegar a confundirlo con el color negro, y muchas de esas correcciones no son distinguidas con claridad (a primera vista) por lo que pueden pasar inadvertidas para estas personas.

Mapas:

En mapas de provincias y países es típico utilizar colores para apreciar mejor las limitaciones de una zona con otra. En este caso lo más aconsejable es no utilizar colores de difícil detección para un daltónico de forma contigua.

En los mapas cartográficos y térmicos también pueden presentarse problemas con los degradados que indican la escala, ya que algunas zonas representadas con colores diferentes pueden ser percibidas como iguales.

Material deportivo:

El uso de prendas de diferentes colores para distinguir equipos durante entrenamientos puede suponer un problema para una persona daltónica, sobre todo si éstas no son de un color llamativo.

Material didáctico:

Se deben tener en cuenta los colores en el uso de pegatinas de colores, separadores y carpetas.

Dibujo y plástica:

Los profesores de estas materias deben dedicar tiempo para adecuar sus clases, y sobre todo redactar una adaptación curricular.

Etapas de desarrollo e investigación:

Etapas	Descripción
Primera etapa	Se investigó acerca de los diferentes tipos y grados de daltonismo, de cómo afectan a las personas que los padecen y de las posibles soluciones a esta alteración.
Segunda etapa	Se definió como sería la forma de la caja y cómo se ordenarían los componentes dentro de la misma. Se comenzó a realizar el diseño provisional en tres dimensiones de la caja.
Tercera etapa	Se realizó una placa para la Arduino Nano y el Modulo reproductor, como también sus conexiones con el sensor TCS3200, la batería, el parlante, el interruptor y el pulsador.
Cuarta etapa	Se realizaron pruebas del sensor para verificar su correcto funcionamiento, así como la potencia de audio del DFPlayer.
Quinta etapa	Se modificó y se redimensionó el diseño de la caja para que se pueda introducir el reproductor, y se aplicaron otros cambios menores.
Sexta etapa	Se realizó la grabación de los audios y se amplió la gama de colores admitida por el sensor, modificando la programación.
Séptima etapa	Se realizó la prueba con el prototipo final ensamblado, es decir, la caja impresa y los componentes conectados y ordenados dentro de la misma.

Tabla 2 – Etapas de investigación.

Alcances y fundamentos sociales-geográficos del proyecto

El proyecto puede adaptarse en adultos y niños en general con diferentes tipos de daltonismo, permitiendo identificar diferentes colores en objetos.

Segmento destino/destinatarios:

Este prototipo está diseñado con la finalidad de ayudar a personas que sean incapaces o tengan dificultades para diferenciar colores. Principalmente su diseño está destinado a los niños/jóvenes.

Ámbito de incumbencia

El prototipo se desarrolla en la ciudad de Río Gallegos, en las instalaciones del colegio Industrial N°6, con un ámbito de aplicación a nivel global, abracando a los usuarios directos.

Funcionalidades

Al iniciar el sistema mediante el interruptor, se encenderán los leds del sensor de color además de un led rojo localizado en la plaqueta. Prototipo debe fijarse hacia algún objeto a la vez que pulsar nuevamente el botón para que el dispositivo pueda diferenciar el color. Una vez que se reconozca el color, se reproducirá un archivo de audio a través del parlante desde el módulo reproductor, indicando cual es el color detectado. Finalizado el proceso anterior, el sistema quedara a la espera de una nueva detección. Durante la reproducción de un audio, se apagará el led rojo, indicando la correcta reproducción.

Diagrama en bloque del sistema

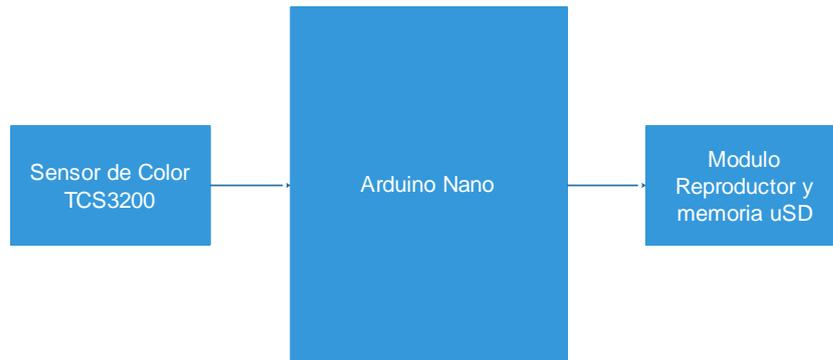


Diagrama 1 – Diagrama en bloque del sistema

Descripción de los bloques

- Sensor de color: Es el encargado de percibir y reconocer las distintas frecuencias de la luz. Está colocado en la parte inferior de la carcasa.
- Arduino Nano: El Arduino se encarga de procesar los datos obtenidos del sensor y los archivos de la tarjeta SD, como también mandarlo al amplificador y reproducirlos.
- Módulo DfPlayer: Dependiendo el color que el Arduino procesa éste reproduce el audio correspondiente al nombre del color.

Descripciones técnicas del proyecto

Placa Arduino Nano

La plaqueta Arduino Nano incorpora un ATmega328 en versión SMD. Tiene 14 Entradas/Salidas digitales (6 de las cuales pueden utilizarse como salidas PWM), 8 entradas analógicas (la versión SMD del ATmega328 tiene dos entradas analógicas más que la versión DIP). Funciona a 16MHz con un cristal externo al microcontrolador montado en el PCB.

Sus características son:

- Microcontrolador: Atmel ATmega328 (ATmega168 versiones anteriores)
- Tensión de Operación (nivel lógico): 5 V
- Tensión de Entrada (recomendado): 7-12 V
- Tensión de Entrada (límites): 6-20 V
- Pines E/S Digitales: 14 (de los cuales 6 proveen de salida PWM)
- Entradas Analógicas: 8 Corriente máxima por cada PIN de E/S: 40 mA
- Memoria Flash: 32 KB (ATmega328) de los cuales 2KB son usados por el bootloader (16 KB – ATmega168)
- SRAM: 2 KB (ATmega328) (1 KB ATmega168)
- EEPROM: 1 KB (ATmega328) (512 bytes – ATmega168)
- Frecuencia de reloj: 16 MHz
- Dimensiones: 18,5mm x 43,2mm

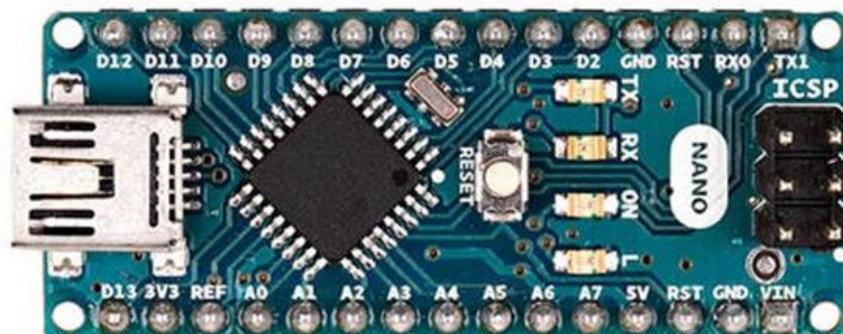


Figura 1 – Placa Arduino Nano

Módulo TCS3200

Este módulo es el responsable de identificar los colores. Mediante la iluminación de los cuatro LEDs de alta luminosidad, es capaz de obtener una correcta lectura sin importar la cantidad de luz que haya en el entorno.

El sensor cuenta con un arreglo de 8x8 fotodiodos con filtros de color rojo, verde, azul y claro (sin filtro). Dieciséis fotodiodos tienen filtros azules, 16 filtros rojos, 16 filtros verdes y 16 sin filtro los cuales controlan la luminosidad.



Figura 2 – Módulo TCS320

Módulo WTV020-SD-16P DfPlayer

Este módulo es el que reproduce las pistas de audio señalando el color. La misma posee una ranura para tarjetas micro SD donde irán guardados los archivos de audio en formato .mp3.

- Soporta tarjetas SD de 2GB máximo.
- Trabaja con 3,3V de tensión.
- Tasa de muestreo de 6KHz a 36KHz.

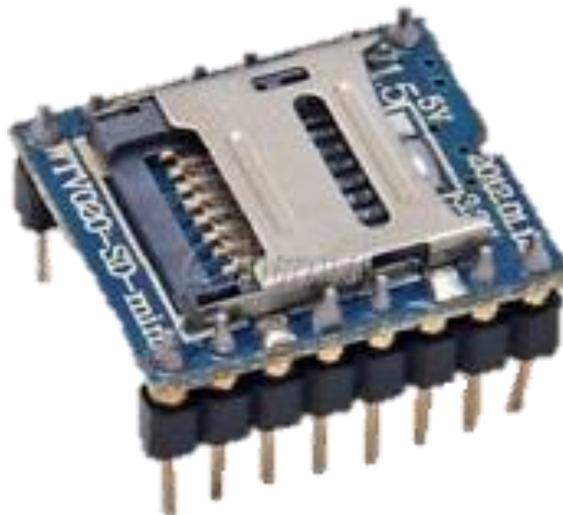


Figura 3 – Módulo DFPlayer mini

Esquemas / circuitos eléctricos

En la figura x se puede observar el mapa de hardware donde se encuentran las conexiones de los módulos TCS3200, Dfplayer Mini y la placa Arduino Nano.

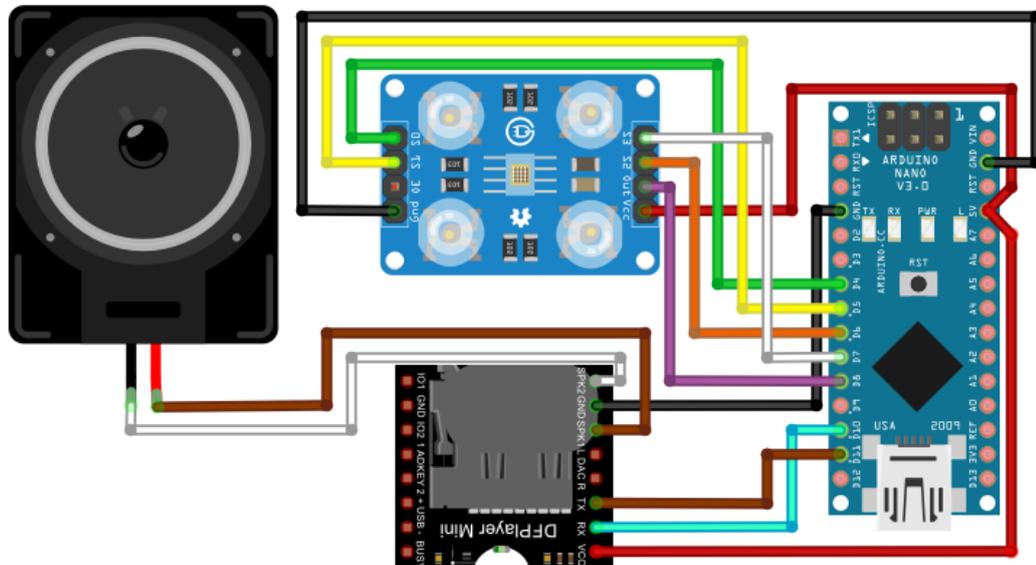


Figura 4 – Mapa de hardware del prototipo.

Circuito pulsador

Este también posee una conexión pull-down mediante un pulsador, con el cual se pretende controlar las funciones del prototipo. Esta conexión viene detallada en la figura siguiente:

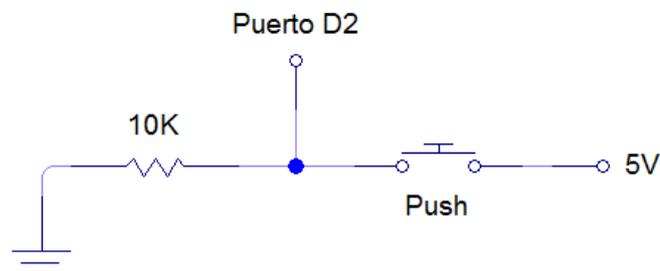


Figura 5 – Circuito del pulsador a la placa Arduino.

Circuito de alimentación

A continuación, se representa mediante un diagrama eléctrico la conexión realizada para alimentar la placa Arduino. Esta consta de un regulador LM7805 que es alimentado por una batería, teniendo de por medio un interruptor con el fin de apagar el dispositivo

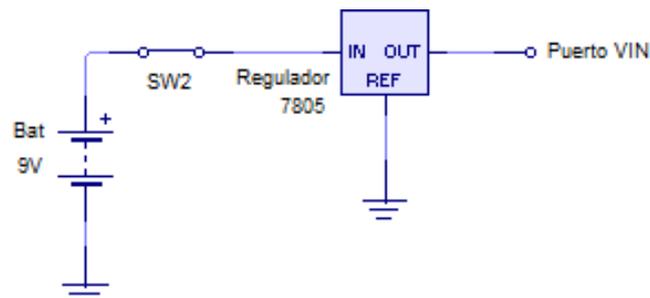


Figura 6 – Circuito de alimentación de placa Nano.

Utilización de los puertos en la placa

Las conexiones digitales en la placa Arduino nano se observan en la figura siguiente.

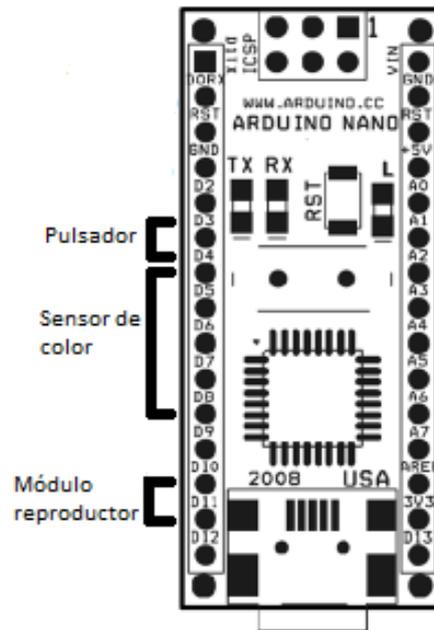


Figura 7 – Pines utilizados en la placa Arduino.

Placas Impresa

En la figura siguiente se puede observar el PCB del circuito para comunicar los módulos con la placa Arduino, además del circuito de alimentación y de regulación para los mismos. Este también cuenta con un indicador de reproducción utilizado para conocer el correcto funcionamiento del reproductor al realizar las pruebas.

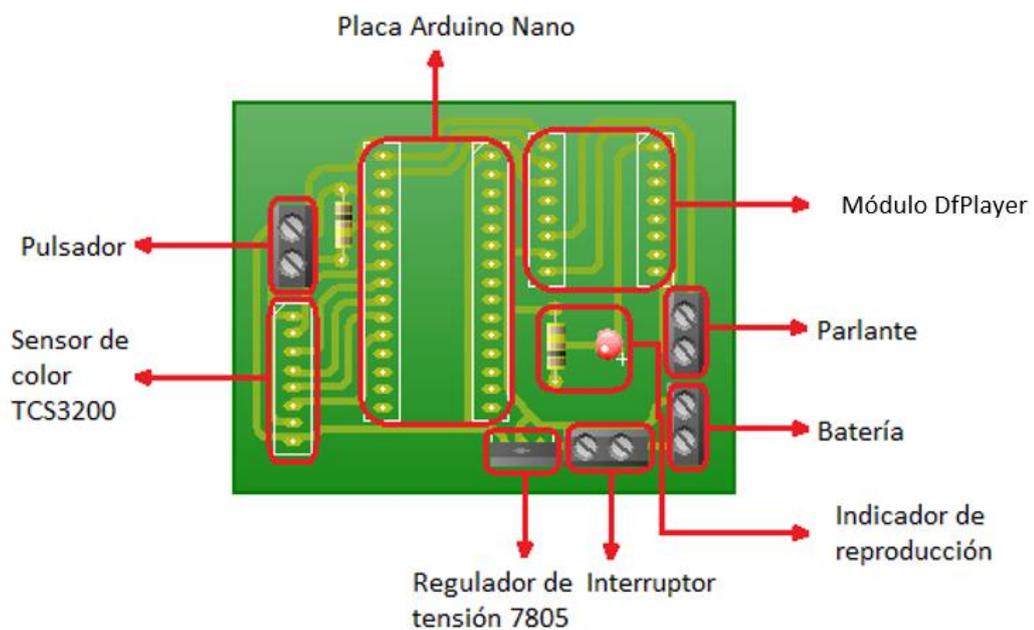


Figura 8 – Circuito impreso del prototipo.

Mediciones eléctricas

A continuación, se presentan tablas y explicaciones de las mismas, que se desprenden de las mediciones tomadas sobre el hardware instalado en la prótesis, en las salidas y entradas de la placa Arduino, en las placas anexas.

Mediciones sobre la placa Arduino:

En la tabla 3 se presenta información sobre el hardware conectado en los puertos de entrada y en los puertos de salida de la placa Arduino, donde se puede ver que los valores de los sensores pueden oscilar desde los 0 a los +5V.

Puerto	Hardware conectado	Entrada	Salida	Sin uso	Medición
TX0	---			X	
RX1	---			X	
RST	---			X	
GND	Masa				0V
2	Pulsador	X			5v
3	---			X	
4	Sensor color S0		X		5v
5	Sensor color S1		X		5v
6	Sensor color S2		X		5v
7	Sensor color S3		X		5v
8	Sensor color OUT	X			5v
9	---			X	
10	RX Dfplayer		X		5v
11	TX Dfplayer	X			5v
12	---			X	
13	---			X	
A0	---			X	
A1	---			x	
A2	---			X	
A3	---			X	
A4	---			X	
A5	---			X	
A6	---			X	
A7	---			X	
VCC	Fuente de alimentación	X			5V
RST	---			X	
GND	Masa				0V
RAW	---			X	

Tabla 3 - Mediciones sobre los puertos de entrada y salida de la placa Arduino

Impresión 3D:

Impresora 3D "HE3D EI3"

Es una máquina capaz de realizar réplicas en 3D. Esta impresora se caracteriza, especialmente, por tener partes montables y desmontables.



Figura 9 – Impresora 3D modelo HE3D EI3

Los tiempos y cantidad de material son aproximados, los tiempos están sujetos a la eficiencia de la impresora y su calibración. En cambio, la cantidad de material puede variar entre un 10% y 15% de lo indicado en el software.

A continuación, se detallan algunas de las características más importantes utilizadas para la impresión de cada pieza:

- Punta de impresión (Nozzle): 0.4 mm
- Densidad de las piezas: 50%
- Altura de capa: 0.2 mm
- Temperatura del nozzle: 195°C-200°C
- Temperatura de cama: 70°C
- Velocidad de impresión: 60mm/s

Tiempos y cantidades de impresión 3D:

MATERIAL	Pieza	CANTIDAD DE MATERIAL UTILIZADO	TIEMPO
PLA grilon	Tapa sensor	5g	37min
PLA grilon	Tapa guante	18g	1h 55min
PLA grilon	Guante frente	86g	8h 41min
PLA grilon	Guante parte posterior	45g	4h 30min
PLA grilon	Caja	74g	7h 50min
PLA grilon	Tapa de la caja	12g	1h 30min

Tabla 4 – Tiempos de impresión y cantidad de material utilizado en cada caso

Costos del proyecto:

A continuación, en la tabla 2, se exponen los costos que derivaron de la realización del proyecto.

MATERIAL/COMPONENTE	PRECIO UNITARIO (en pesos)
PLA	\$407
Arduino Nano	\$120
Sensor de color TCS3200	\$200
Amplificador de audio	\$146
Borneras	\$40
Placa de pertinax	\$22
Acido percloruro férrico	\$30
Lana de acero	\$7
Regulador de tensión LM7805	\$32
Broca de 1mm	\$45
Lija 360	\$28
Interruptor	\$11
Reproductor de MP3	\$400
Estaño	\$50
Pin sil	\$80
Conectores de batería	\$15
Batería 9V	\$50
Parlante	\$130
TOTAL	\$1813

Tabla 5 - Tabla de Costo

Características físicas del proyecto

La maqueta del prototipo consta de un gabinete (figura x) en donde se encuentra la plaqueta y el parlante. También está constituido por el guante (figura x), en el cual se localiza el sensor de color.

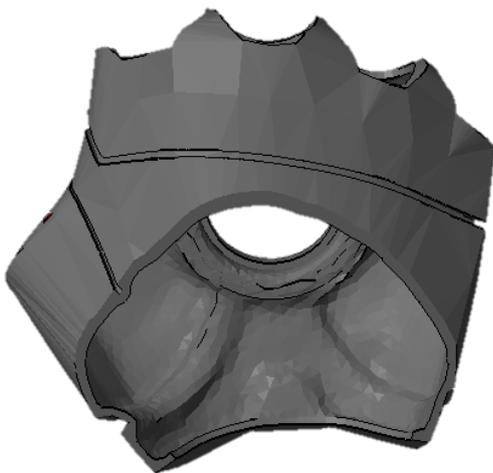


Figura 10 – Vista trasera guante.

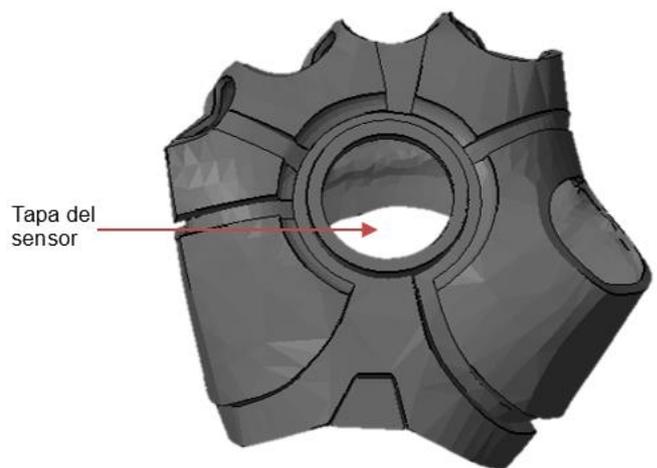


Figura 11 – Vista frontal guante.

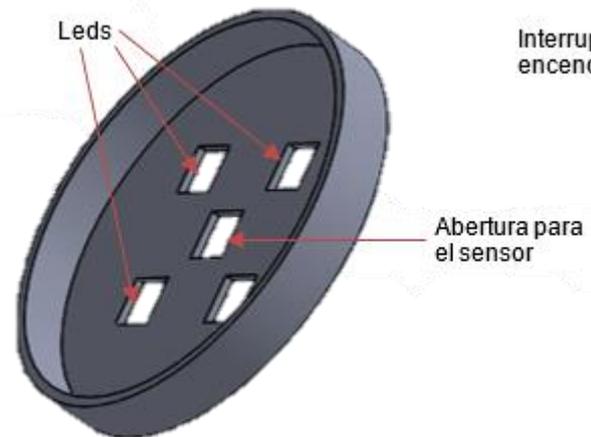


Figura 12 – Tapa del sensor.

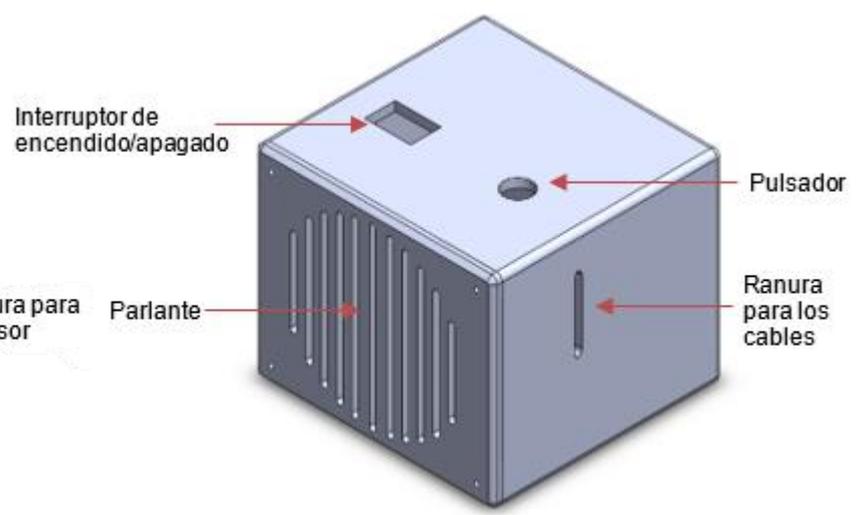


Figura 13 – Gabinete.

Diagrama modular, diagrama de flujo y codificación

Diagrama modular:

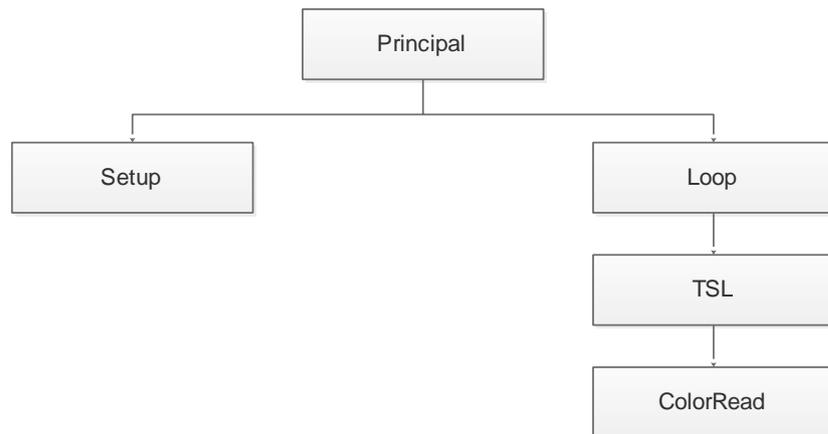
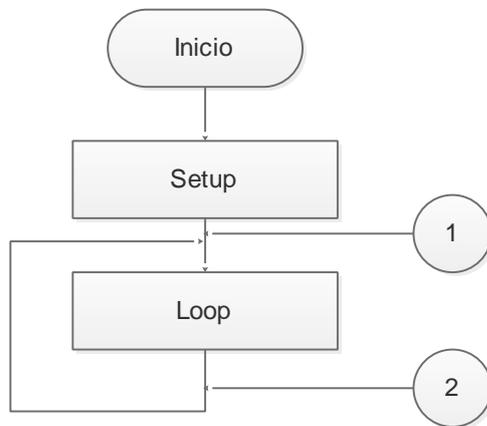


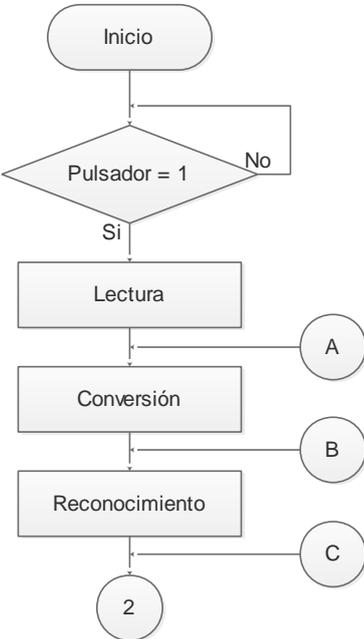
Diagrama de flujo:



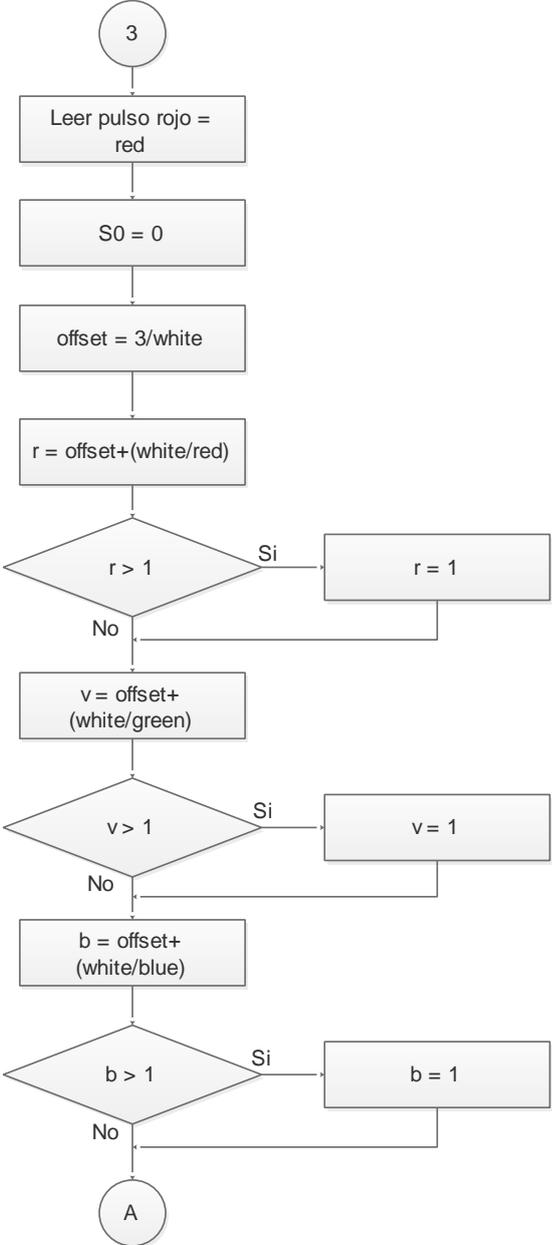
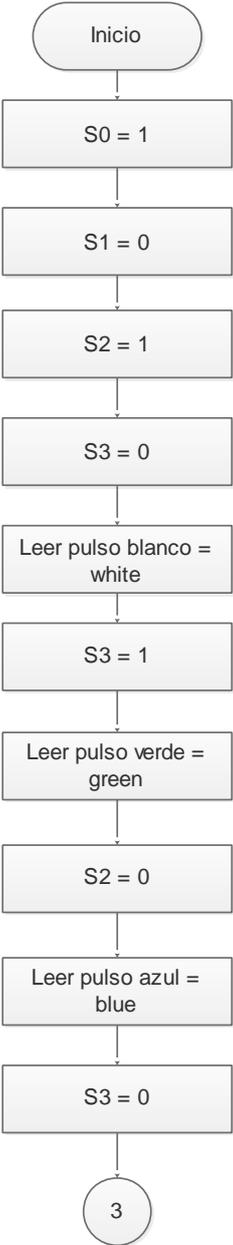
Setup:



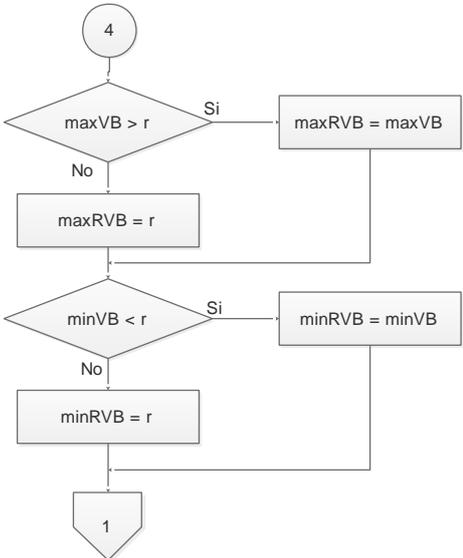
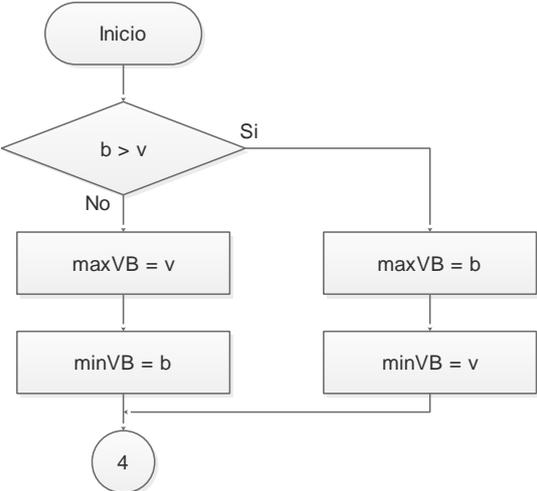
Loop:

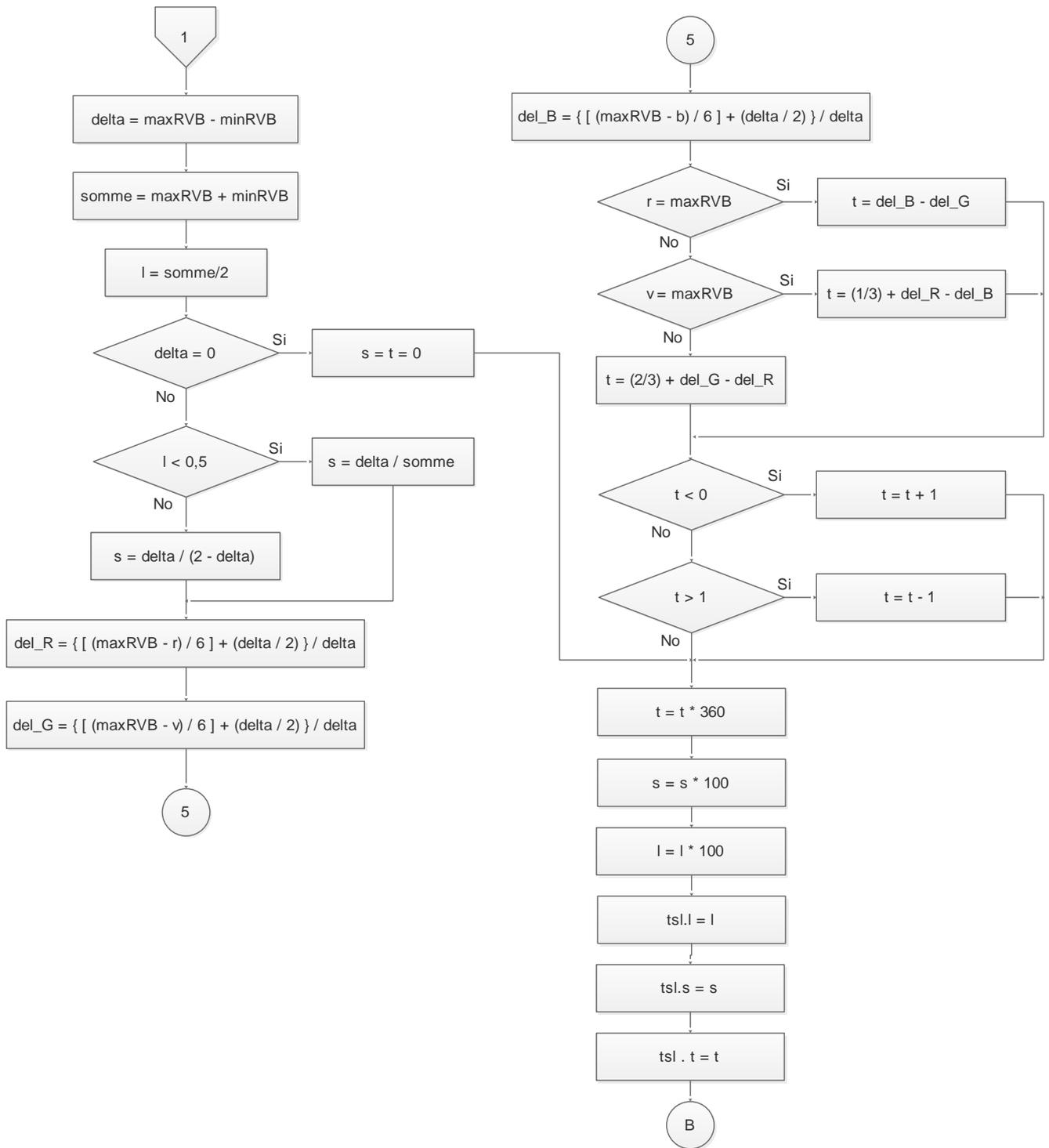


Lectura:

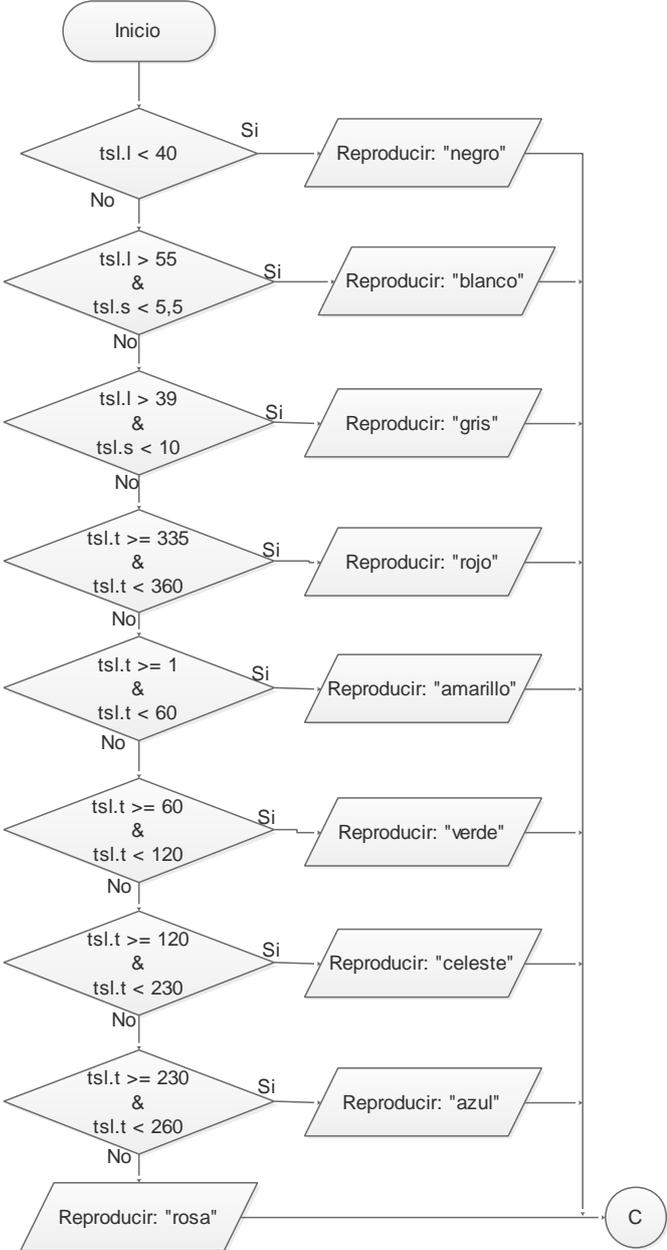


Conversión:





Reconocimiento:



Codificación Arduino Nano:

```
#include "Arduino.h"
#include "SoftwareSerial.h"
#include "DFRobotDFPlayerMini.h"

struct TSL{double t; double s; double l;}; //se define una funcion tipo estructura que nos permite definir y tomar
varias variables
//pines del sensor
int out = 8; // definicion de salida
int S0 = 5; // control de frecuencia
int S1 = 4; // control de frecuencia
int S2 = 6; // control de filtros
int S3 = 7; // control de filtros

double sombras_val[] = {1.0,60.0,120.0,230.0,260.0,335.0}; //a que grados se encuentran los colores
char* sombras_id[] = {"rojo","amarillo","verde","celeste","azul","rosa"}; //establece los colores del circulo
cromatico

SoftwareSerial mySoftwareSerial(11, 10); //define los pines de entrada y salida del reproductor
DFRobotDFPlayerMini myDFPlayer; //crea un objeto en la libreria del reproductor

void setup() {
  //setup del sensor
  pinMode(S0,OUTPUT);
  pinMode(S1,OUTPUT);
  pinMode(S2,OUTPUT);
  pinMode(S3,OUTPUT);
  pinMode(out, INPUT);

  pinMode(2,INPUT); //pulsador
  Serial.begin(19200); //inicia puerto serial

  mySoftwareSerial.begin(9600); //velocidad de comunicacion entre la placa arduino y el reproductor

  if (!myDFPlayer.begin(mySoftwareSerial)) { //utiliza la libreria para saber si hay correcta comunicaci3n entre el
reproductor y el arduino
    while(true);
  }

  myDFPlayer.volume(29); //establece el volumen del reproductor a 29 (0 ~ 30).
}

void loop() {

  boolean push = digitalRead(2); //guarda el pin de push (2)
  if(push==true){ //si se pulsa el bot3n empieza la lectura
    delay(100);
    struct TSL tsl = detectorColor(); //toma los datos de la funcion de los colores y lo almacena en struct
    double t = tsl.t; //variable que almacena el tinte del color

    //determinaci3n del color seg3n saturaci3n y luminosidad
    if (tsl.l < 40.0) { //si la luminosidad es menor a 38%
      myDFPlayer.play(3); //reprduce el audio "negro"
    }
    else if (tsl.s < 5.5 && tsl.l > 55.0) { // saturaci3n del color menor a 4% y luminosidad mayor a 60% = blanco.
      myDFPlayer.play(7); //reprduce el audio "blanco"
    }
    else if (tsl.s < 10.0 && tsl.l > 39.0) {
      myDFPlayer.play(10); //reprduce el audio "gris"
    }
    else if(t>=sombras_val[0] && t<sombras_val[5]){ // d3terminacion de la tinta
```

```
for(int idx=0; idx<5; ++idx){ //comienza un contador hasta encontrar el valor del tinte
  if(t>=sombras_val[idx] && t<sombras_val[idx+1]){ //si tinte está entre alguno de los valores de sombras_val
    if(sombras_id[idx+1]== "amarillo"){
      myDFPlayer.play(6); //reproduce el audio "amarillo"
    }
    else if(sombras_id[idx+1]== "verde"){
      myDFPlayer.play(4); //reproduce el audio "verde"
    }
    else if(sombras_id[idx+1]== "azul"){
      myDFPlayer.play(1); //reproduce el audio "azul"
    }
    else if (sombras_id[idx+1]== "rosa"){
      myDFPlayer.play(9); //reproduce el audio "rosa"
    }
    else if(sombras_id[idx+1]== "celeste"){
      myDFPlayer.play(8); //reproduce el audio "celeste"
    }
    break;
  }
}
}
else{
  myDFPlayer.play(2); //reproduce el audio "rojo"
}

delay(1000); //Pausa para volver a realizar otra lectura
}
}

// retorna TSL segun color detectado
//
struct TSL detectorColor(){
  struct TSL tsl;
  double white = colorRead(out,0); //Lee la cantidad de blanco (sin filtro)
  double red = colorRead(out,1); //Lee la cantidad de rojo.
  double blue = colorRead(out,2); //Lee la cantidad de azul.
  double green = colorRead(out,3); //Lee la cantidad de verde.

  double r,v,b; // r,v,b ∈ [0..1]
  double offset = 3.0/white; // compensacion de luminosidad
  r=min(1.0, offset+(white/red)); //Calcula los valores teniendo en cuenta la luminosidad (white).
  v=min(1.0, offset+(white/green)); //Valor maximo es 1.0
  b=min(1.0, offset+(white/blue));

  // transformacion RVB -> TSL
  // r,v,b ∈ [0..1]
  // t ∈ [0°..360°]; s,l ∈ [%]
  double t,s,l; // Creacion de 3 variables
  double maxVB = max(b,v); //guarda el valor maximo entre azul y verde
  double maxRVB = max(maxVB,r); //Guarda el valor maximo entre rojo, verde o azul
  double minVB = min(b,v); //guarda el valor minimo entre azul y verde
  double minRVB = min(minVB,r); //Guarda el valor minimo entre rojo, verde o azul
  double delta = maxRVB-minRVB; //calcula la diferencia entre ellos
  double somme = maxRVB+minRVB; //suma los dos valores
  l=(somme/2.0); //calculo para la luminosidad

  if(delta==0.0){ //si rvb son iguales, tinte y saturación = 0
    t=s=0.0;
  }
  else{ //Si no es así, procede a calcular el tinte y la saturación
    //saturación
    if ( l < 0.5 ){ //si luminancia es menor a 0,5%
```

```

    s = delta / somme;
}
else{
    s = delta / ( 2.0 - delta ); //calculo para saturación cuando luminosidad es alta
}

    // calculos para obtener tinte
double del_R = ( ( ( maxRVB - r ) / 6.0 ) + ( delta / 2.0 ) ) / delta;
double del_G = ( ( ( maxRVB - v ) / 6.0 ) + ( delta / 2.0 ) ) / delta;
double del_B = ( ( ( maxRVB - b ) / 6.0 ) + ( delta / 2.0 ) ) / delta;
if ( r == maxRVB ){
    t = del_B - del_G;
}
else if ( v == maxRVB ){
    t = ( 1.0 / 3.0 ) + del_R - del_B;
}
else if ( b == maxRVB ){
    t = ( 2.0 / 3.0 ) + del_G - del_R;
}
if ( t < 0 ){
    t += 1.0;
}
if ( t > 1 ){
    t -= 1.0;
}
}
// normalizacion
t*=360.0; // [0°..360°]
s*=100.0; // [%]
l*=100.0; // [%]
tsl.t=t;
tsl.s=s;
tsl.l=l;

return tsl;
}
/**

```

Este método devolverá el valor medido por el sensor seleccionado. Dado que la frecuencia es proporcional a la intensidad de la luz del filtro de color seleccionado.

```

*/
double colorRead(int outPin, int color){
    digitalWrite(S0, HIGH); // frecuencia de salida del sensor a 100kHz
    digitalWrite(S1, LOW); //necesario para la función pulseIn
//selecciona el filtro del sensor
if(color == 0){// filtro blanco
    digitalWrite(S3, LOW);
    digitalWrite(S2, HIGH);
}
else if(color == 1){// filtro rojo
    digitalWrite(S3, LOW);
    digitalWrite(S2, LOW);
}
else if(color == 2){// filtro azul
    digitalWrite(S3, HIGH);
    digitalWrite(S2, LOW);
}
else if(color == 3){// filtro verde
    digitalWrite(S3, HIGH);
    digitalWrite(S2, HIGH);
}
double readPulse;// lee el pulso
delay(10);
readPulse = pulseIn(outPin, LOW, 25000000); //lee el tiempo del pulso

```

```
if(readPulse < .1){
  readPulse = 25000000; //si el tiempo del pulso es mayor a 25 seg, el pulso es de 25 seg
}
digitalWrite(S0, LOW); //apaga el sensor para ahorrar energía
digitalWrite(S1, LOW);
return readPulse;
}
```

CONCLUSIONES

Balance comparativo

Al comparar el prototipo realizado con respecto a lo que se propuso en un principio, teniendo en cuenta el tiempo y capital invertido en el mismo, junto con los alcances y destinatarios pensados para el proyecto, se puede concluir que se ha cumplido con el objetivo planteado.

Recomendaciones

Evaluando el prototipo final que se logró, se pueden establecer una serie de recomendaciones para mejorar el mismo:

- 1- Aumentar la gama de colores que puede detectar el proyecto.
- 2- Realizar un cargador de baterías para utilizar en el prototipo.
- 3- Disminuir el tamaño del prototipo para hacerlo más práctico

Mejoras al trabajo

A continuación, planteamos una serie de mejoras que proponemos para implementar a futuro con el fin de mejorar la calidad y nivel de complejidad del dispositivo:

- Agregar pulsador de emergencia para resetear sistema en caso de un error.
- Implementar un led que indique que el sistema está funcionando.
- Implementar un display que ilustre los diversos colores.
- Agregar un lente para concentrar mejor la luz y así la luz externa no genere un error en la lectura

Propuestas:

Seguidamente se provee una serie de propuestas para las recomendaciones antes mencionadas, coincidiendo la propuesta N°1 con la recomendación N°1, y así sucesivamente:

- 1- Cambiar el sensor utilizado por uno de mayor precisión.
- 2- Agregar una pila de mayor duración para mejorar la autonomía.
- 3- Dimensionar la estructura, para que se pueda manipular de manera más eficaz.

Bibliografía y recursos consultados

Bibliografía

- AGUILAR Luis Joyanes. *Fundamentos de programación*. España. Ed. McGraw-Hill. 1988.
- AGUILAR Luis Joyanes. *Metodología de la programación*. España. Ed. McGraw-Hill. 1991.
- MALVINO, Albert Paul. *Principios de Electrónica*. España. Ed. McGraw- Hill.1999.
- VASALLO Francisco Luis. *Enciclopedia del Técnico en Electrónica*. España. Ed. Ediciones CEAC. 2002.
- VIEJO Cecilio Blanco. *Fundamentos De Electrónica Digital*. España. Ed. Paraninfo. 2001.
- YOUNG - DOUGLAS Jhon. *Diccionario Enciclopédico de Electrónica*. España. Ed. Ediciones CEAC. 1992.
- CEBALLOS Javier. *C/C++ Curso de programación*. España. Ed. RA-MA. 2002.

Recursos de Internet:

<http://asdna.org/como-afecta-a-un-alumno-el-daltonismo-en-la-escuela/>

<https://www.aao.org/salud-ocular/enfermedades/daltonismo>

<https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/001002.html>

<https://es.wikipedia.org/wiki/Daltonismo>

<http://www.webconsultas.com/daltonismo/daltonismo-2632>

www.proyectoelectronico.com/amplificadores-audio/amplificadores-baja-potencia-ic.html

<https://www.electronilab.co/tienda/arduino-nano-v3-atmega328-5v-cable-usb/>