



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación

“Análisis, Diseño y Construcción de un Colorímetro Básico, para ser utilizado en un Laboratorio Clínico, utilizando microcontroladores.”

TESINA DE SEMINARIO

Previo a la obtención del título de:

Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones

Ingeniero en Electricidad
Especialización Electrónica y Automatización Industrial

Presentado por:

Chiluiza Vargas Kléber Joao

Piguave Arámbulo Freddy Paul

Guayaquil – Ecuador

2011

AGRADECIMIENTO

“A mis padres y hermanos por brindarme un hogar cálido y enseñarme que la perseverancia y el esfuerzo son el camino para lograr objetivos.

A mi Director de Tesina, Ing. Miguel Yapur por su generosidad al brindarme la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia científica en un marco de confianza, afecto y amistad fundamentales para la culminación de este proyecto.”

“A mi Madre ser que me ha dado la vida y el apoyo necesario para conseguir los logros, su lucha constante, símbolo de humildad”.

DEDICATORIA

“Mi tesis la dedico con mucho cariño principalmente a mis padres que me dieron y la vida y han estado conmigo en todo momento. Los quiero con todo mi corazón y este trabajo que llevo tiempo hacerlo es para ustedes.”

“A Dios sin el nada sería posible y a todos los que soñamos y luchamos día a día para hacer nuestros sueños realidad”.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

A handwritten signature in black ink, consisting of several vertical, slightly slanted strokes on the left and a large, sweeping curve on the right, positioned above a horizontal line.

Ing. Miguel Yapur Auad

PROFESOR DEL SEMINARIO DE GRADUACIÓN

A highly stylized, cursive handwritten signature in black ink, positioned above a horizontal line.

Ing. Carlos Valdivieso

PROFESOR DELEGADO POR EL DECANO

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesina de Seminario, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA

SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



Kleber Joao Chiluiza Vargas



Freddy Paul Piguave Arámbulo

RESUMEN

En el diario vivir, el objetivo de los seres humanos es mejorar y facilitar el estudio en los sistemas biológicos con la ayuda de equipos electrónicos, con el diseño y fabricación de dispositivos que reproduzcan la respuesta visual ante cualquier evento.

El color es un atributo de la percepción visual que se compone de una combinación de elementos cromáticos y acromáticos. Este atributo puede ser descrito por nombres de colores tales como amarillo, naranja, marrón, rojo, rosa, verde, azul, púrpura, etc., o por nombres de colores acromáticos tales como blanco, negro y la escala de grises, modificados por los adjetivos que refuerzan el sentido, tales como luminoso, apagado, claro, oscuro, etc., o por combinaciones de tales nombres y adjetivos.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE GRÁFICOS

ABREVIATURAS

SIMBOLOGÍA

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1	1
1.1. ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.....	1
1.2. COLOR	2
1.3. TRANSMITANCIA.....	2
1.4. ABSORBANCIA	3
1.5. FENÓMENOS DE INTERACCIÓN ENTRE LUZ Y MATERIA	4
1.5.1. FENOMENO DE ABSORCIÓN.....	4
1.5.2. FENOMENO DE EMISIÓN	5
1.6. LEY DE BEER-LAMBERT	5
1.7. DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN DE COLORES	7
1.7.1 COLORÍMETRO	7
1.7.2 ESPECTROFOTÓMETRO	8
1.7.3 DENSITÓMETROS.....	9
1.7.3.1 TIPOS DE DENSITÓMETROS.....	10
CAPÍTULO 2.....	11
2.1. DESCRIPCIÓN DEL COLORÍMETRO	11
2.2. MANEJO DEL EQUIPO	12
2.3. RECOMENDACIONES DE USO Y CUIDADOS DEL EQUIPO	13
2.4. APLICACIÓN DEL EQUIPO	14
CAPÍTULO 3.....	15

3.1. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL COLORÍMETRO	16
3.2. DIAGRAMA DE FLUJO DEL COLORÍMETRO	17
3.3. DISPOSITIVOS DE ENTRADA, RECEPCIÓN Y SALIDA.	19
3.3.1 DIODO LED.	19
3.3.2 CUBETAS Y DISPOSITIVOS DE MUESTREO.	20
3.3.3 RECEPTOR DE MEDICIONES	21
3.4. ANÁLISIS ELECTRÓNICO DEL COLORÍMETRO	21
3.4.1 SELECCIÓN DE FILTROS	21
3.4.2 INDICADORES DE FILTROS	24
3.4.3 CONTROL DE PROCESOS	25
3.4.4 MICROCONTROLADOR DE EMISIÓN	26
3.4.5 MICROCONTROLADOR DE RECEPCIÓN	26
3.4.6 BLOQUE DE PRESENTACION EN PANTALLA LCD	27
3.4.7 EMISOR DE SEÑALES	28
3.5. PROGRAMACION DE MICROCONTROLADORES.....	28
3.5.1 PROGRAMACION DE MICROCONTROLADOR EMISOR	29
3.5.2 PROGRAMACION DE MICROCONTROLADOR RECEPTOR.....	29
3.6. PRUEBAS REALIZADAS.....	29
3.7. DIAGRAMAS DE PCB	30
3.8. MATERIALES UTILIZADOS	33
RECOMENDACIONES	
CONCLUSIONES	
ANEXOS	
BIBLIOGRAFÍA	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Valores teóricos del filtro con tres cubetas diferentes.....	30
Tabla 3.2 Valores experimentales con tres cubetas diferentes.	30

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1.1	Diagrama del espectro electromagnético.....	2
Figura 1.2	Funcionamiento del colorímetro.....	8
Figura 1.3	Funcionamiento de un espectrofotómetro de reflectancia.....	9
Figura 3.4.	Diagrama de Bloques del Colorímetro.	17
Figura 3.5.	Diagrama de Flujo del Colorímetro.	18
Figura 3.6.	Diodo RGB.....	20
Figura 3.7.	Cubeta de medición.	20
Figura 3.8.	Selección de Filtros.....	23
Figura 3.9.	Bloque de Indicadores.	24
Figura 3.10.	Bloque de Control de Procesos.....	25
Figura 3.11.	Bloque microcontrolador de emisión.....	26
Figura 3.12.	Bloque microcontrolador de recepción.....	27
Figura 3.13.	Pantalla LCD.....	28
Figura 3.14.	Bloque emisor de señales.....	29
Figura 3.15.	Cara anterior de la placa de PCB de los PIC's.....	31
Figura 3.16.	Cara posterior de la placa de PCB de los PIC's.....	32
Figura 3.17.	Placa PCB del display.....	33

ABREVIATURAS

U1, U12	PIC16F877A
U2, U3, U4	Flip-Flop tipo D 74LS74
U5	Puertas Not 74LS04
U6	Puertas OR 3 Entradas 74LS11
U7, U8	Puertas OR 2 Entradas 74LS08
U9, U10, U11	Puertas AND 2 Entradas 74HC32
C1, C2, C3, C4, C5	Capacitor No Polarizado de 20 pF
P1, P2, P3, P4, P5	Pulsante
X1, X2	Cristal de Cuarzo (Oscilador de 4Mhz)
S1	Switch de contacto
S2	Switch de 2 fuentes
R1, R10	Resistencias de 510 ohms ½ watts
R2, R3, R4, R5, R6, R9	Resistencias de 100 ohms ½ watts
R7	Resistencia de 220 ohms ½ watts
R8	Resistencia de 1 Kohms ½ watts
LCD1	LCD de 2 líneas
Km/s	Kilometro sobre Segundo
°C	Grados Celsius
RESET	Entrada para un switch de 2 fuentes(5V-0V)
RESET_PIC2	Entrada para resetear el segundo PIC(U12)

HABILITAR	Pin para activar la opción de elegir Admitancia o Transmitancia
RE0	Pin de para habilitar los integrados U2:A, U2:B y U3:A
PUL1	Pin de Entrada a los Pulsantes P1
PUL2	Pin de Entrada a los Pulsantes P2
PUL3	Pin de Entrada a los Pulsantes P3
RS1	Entrada 2 del U11:A
E1	Entrada 5 del U11:B
RS2	Entrada 1 del U11:A
E2	Entrada 4 del U11:B
RD0	Entrada 1 de U6:A, habilitación del U2:A
RD1	Entrada 3 de U6:B, habilitación del U2:B
RD2	Entrada 9 de U6:C, habilitación del U3:A
RD3	Entrada 1 de U7:A, habilitación del U3:B
RD4	Entrada 4 de U7:B, habilitación del U4:A
DATO_1_0	Dato 0 de 8bits del U1(pic emisor) al pin 2 del U9:A
DATO_1_1	Dato 1 de 8bits del U1(pic emisor) al pin 5 del U9:B
DATO_1_2	Dato 2 de 8bits del U1(pic emisor) al pin 10 del U9:C
DATO_1_3	Dato 3 de 8bits del U1(pic emisor) al pin 13 del U9:D

DATO_1_4	Dato 4 de 8bits del U1(pic emisor) al del U10:A
DATO_1_5	Dato 5 de 8bits del U1(pic emisor) al pin 5 del U10:B
DATO_1_6	Dato 6 de 8bits del U1(pic emisor) al pin 10 del U10:C
DATO_1_7	Dato 7 de 8bits del U1(pic emisor) al pin 13 del U10:D
ROJO	Salida del pin 6 del U2:A a la entrada 1 del diodo RGB
VERDE	Salida del pin 8 del U2:B a la entrada 2 del diodo RGB
AZUL	Salida del pin 6 del U3:A a la entrada 3 del diodo RGB
ADMITANCIA	Salida del pin 39 del U1(pic emisor) a la entrada del pin 5 U8:B
TRANSMITANCIA	Salida del pin 40 del U1(pic emisor) a la entrada del pin 9 U8:C
DATO_2_0	Dato 0 de 8bits del U12(pic receptor) al pin 1 del U9:A
DATO_2_1	Dato 1 de 8bits del U12(pic receptor) ; pin 4 del U9:B
DATO_2_2	Dato 2 de 8bits del U12(pic receptor) al pin 9 del U9:C

DATO_2_3	Dato 3 de 8bits del U12(pic receptor) al pin 12 del U9:D
DATO_2_4	Dato 4 de 8bits del U12(pic receptor) al pin 1 del U10:A
DATO_2_5	Dato 5 de 8bits del U12(pic receptor) al pin 4 del U10:B
DATO_2_6	Dato 6 de 8bits del U12(pic receptor) al pin 9 del U10:C
DATO_2_7	Dato 7 de 8bits del U12(pic receptor) al pin 12 del U10:D

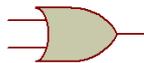
SIMBOLOGÍA



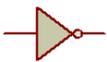
Puerta AND de dos entradas



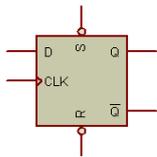
Puerta AND de tres entradas



Puerta OR de dos entradas



Puerta NOT



Flip – Flop Tipo D



Cristal de 4 Mhz.



Diodo LED Amarillo



Diodo LED Verde



Diodo LED Rojo



Diodo LED Azul



Capacitor Cerámico



Pulsante



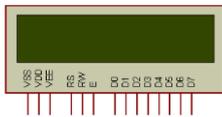
Resistencia



Switch de dos estados



Switch



LCD de 16 x 2



Fuente de 5 voltios



Gnd

INTRODUCCIÓN

En el presente estudio se ha desarrollado las diferentes técnicas para reconocer el color; y el diseño se basa en un colorímetro donde su fuente de emisión de luz es un led (full color RGB), donde su intensidad luminosa sobrepasa las 270 milicandelas. El receptor es un transductor TSL12S – LF que recibe luz para transformarlo a voltaje en una escala de 1 voltio a 5 voltios.

El proyecto consiste de dos PIC´s 16F877A para el cual se usa el software MPLAB que nos ayuda a programar las líneas de funcionamiento de los PIC`s. El primer PIC se basa en la interacción con el operador ya que, debe indicar que color de filtro se elegirá y si el resultado se mostrará como absorbancia o transmitancia. En la programación del segundo PIC se procesa el resultado solicitado y se lo muestra en un LCD de 2 x 16.

En el capítulo 1, se da a conocer la teoría y los conceptos básicos sobre colorimetría, las diferencias entre los tipos de aparatos electrónicos de medición de luz. El concepto de transmitancia y absorbancia.

En el capítulo 2, se especifica los principios de los cuales partimos para el análisis y luego construcción del mismo la Ley de Beer - Lambert,

descripción, características, el debido uso del equipo y la aplicación del colorímetro.

En el capítulo 3, se encuentra el desarrollo, diseño y funcionamiento del colorímetro referente a la parte electrónica, el diagrama de bloques, el diagrama de flujo la programación de los microcontroladores, el desglose de funcionamiento de cada bloque interno de trabajo, las placas de PCB y las muestras obtenidas.

La tecnología que continuamente cambia y mejora hace que la medicina tenga avances y los equipos médicos electrónicos no pueden ser la excepción con gran precisión y rapidez en resultados.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se describen todos los conceptos y leyes necesarios para la realización de este proyecto.

1.1 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.

Se define espectro electromagnético a la distribución energética al conjunto de las ondas electromagnéticas.

El espectro electromagnético se extiende desde la radiación de menor longitud de onda (rayos gamma, rayos X), hasta las de mayor longitud de onda (ondas de radio y de distribución eléctrica). Todas las radiaciones electromagnéticas se transmiten a la velocidad de la luz (300.000 km/s) y en forma ondulatoria.

Las ondas electromagnéticas de alta frecuencia tienen una longitud de onda corta y mucha energía mientras que las ondas de baja frecuencia tienen grandes longitudes de onda y poca energía.

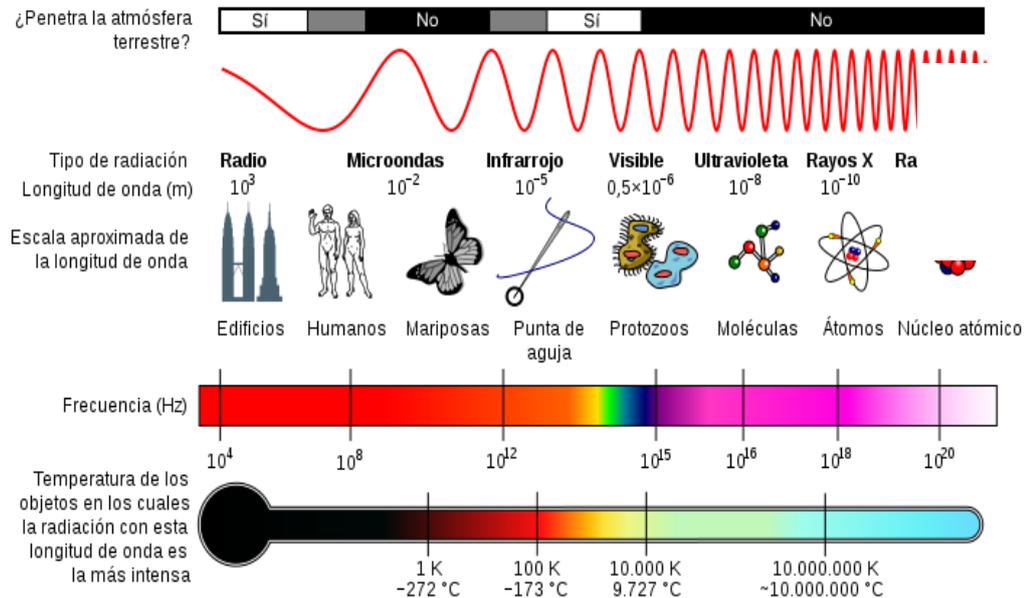


Figura 1.1 Diagrama del espectro electromagnético.

Autor: Aritz Garmendia

1.2 COLOR.

El color es la sensación que producen los rayos luminosos en los órganos visuales y que el cerebro la interpreta. Se trata de un fenómeno físico-químico donde cada color depende de la longitud de onda.

Los cuerpos iluminados absorben parte de las ondas electromagnéticas y reflejan las restantes; en condiciones de poca luz, el ser humano sólo puede ver en blanco y negro.

1.3. TRANSMITANCIA.

La transmitancia o transmitencia es una magnitud que expresa la cantidad de energía que atraviesa un cuerpo por unidad de tiempo.

La transmitancia óptica que se define como la fracción de la luz incidente, a una longitud de onda especificada, que logra pasar a través de una muestra.

Su expresión matemática es:

$$T = \frac{I}{I_0}$$

Donde (I_0), es la intensidad del rayo incidente e (I) es la intensidad de la luz que viene de la muestra. La transmitancia de una muestra está normalmente dada porcentualmente, definida como:

$$T\% = \frac{I}{I_0} \times 100\%$$

1.4. ABSORBANCIA.

En espectroscopia, la absorbancia o absorbencia (A) es definida como

$$A_\lambda = -\log_{10} \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

Donde (I) es la intensidad de la luz con una longitud de onda específica (λ) que es pasada por una muestra (intensidad de la luz transmitida) y (I_0) es la intensidad de la luz antes de que entre a la muestra (intensidad de la luz incidente).

Los resultados de absorbancia son por lo general usadas en química analítica, ya que la absorbancia es proporcional al grosor de una muestra y la concentración de la sustancia en ésta, en contraste a la transmitancia I / I_0 , la cual varía exponencialmente con el grosor y la concentración.

$$A = 2 - \log_{10} T\%$$

La transmitancia se relaciona con la absorbancia (o absorberancia) A como

$$A = -\log_{10} T = -\log_{10} \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

Donde $T\%$ es el porcentaje de transmitancia y T es transmitancia en "tanto por uno". Nótese que el término transmisión se refiere al proceso físico de la luz pasando por una muestra, mientras que *transmitancia* se refiere a una cantidad matemática.

También se llama densidad óptica a la absorbancia de un elemento óptico para una longitud de onda determinada; a veces la misma expresión se usa sin referencia a una longitud de onda específica, y en ese caso debe considerarse sinónima de absorbancia.

1.5. FENÓMENOS DE INTERACCIÓN ENTRE LUZ Y MATERIA.

1.5.1. FENOMENO DE ABSORCIÓN.

El espectro de absorción es un gráfico donde se representa en ordenadas la Absorbancia y en abcisas la longitud de onda. La medida de la cantidad de luz absorbida por una solución es el fundamento de la espectrofotometría de absorción. Por eso es importante trabajar a la longitud de onda a la que la sustancia estudiada absorbe la mayor cantidad de luz (a mayor cantidad de luz, mayor cantidad de sustancia).

1.5.2. FENOMENO DE EMISIÓN.

Algunos compuestos, tras ser excitados por la luz, vuelven al estado fundamental produciendo la emisión de energía radiante. En este caso, lo que se mide es la energía emitida y, en este fenómeno se basa la “fotometría de llama” o la “fluorescencia”.

1.6. LEY DE BEER-LAMBERT.

En óptica, la ley de Beer-Lambert, también conocida como ley de Beer o ley de Beer-Lambert-Bouguer es una relación empírica que relaciona la absorción de luz con las propiedades del material atravesado. La ley de Beer-Lambert relaciona la intensidad de luz entrante en un medio con la intensidad saliente después de que en dicho medio se produzca absorción. La relación entre ambas intensidades puede expresarse a través la siguiente relación:

$$\frac{I_1}{I_0} = e^{-\alpha lc} = e^{-A}$$

Donde:

I_1, I_0 : Son las intensidades saliente y entrante respectivamente.

A: Es la absorbancia, que puede calcularse también como.

lc : Es la concentración del absorbente en el medio.

$$A = -\ln \frac{I_1}{I_0}$$

El coeficiente de absorción esta dado por:

$$\alpha = \frac{4\pi k_{\lambda}}{\lambda}$$

λ : Es la longitud de onda de la luz absorbida.

K_{λ} : Es el coeficiente de extinción.

La ley explica que hay una relación exponencial entre la transmisión de luz a través de una sustancia y la concentración de la sustancia; así como también, entre la transmisión y la longitud del cuerpo que la luz atraviesa. Si conocemos l y α , la concentración de la sustancia puede ser deducida a partir de la cantidad de luz transmitida.

Las unidades de c y α dependen del modo en que se exprese la concentración de la sustancia absorbente. Si la sustancia es líquida, se suele expresar como una fracción molar. Las unidades de α son la inversa de la longitud (por ejemplo cm^{-1}). En el caso de los gases, c puede ser expresada como densidad (la longitud al cubo, por ejemplo cm^3), en cuyo caso α es una *sección representativa de la absorción* y tiene las unidades en longitud al cuadrado (cm^2 , por ejemplo). Si la concentración de c está expresada en moles por volumen, α es la absorbencia molar normal dada en $\text{mol} \cdot \text{cm}^{-2}$.

El valor del coeficiente de absorción α varía según los materiales absorbentes y con la longitud de onda para cada material en particular. Se suele determinar experimentalmente. La ley tiende a no ser válida para concentraciones muy elevadas, especialmente si el material dispersa mucho la luz. La relación de la ley entre concentración y absorción de luz está basada en el uso de espectroscopia para identificar sustancias.

1.7. DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN DE COLORES.

1.7.1 COLORÍMETRO.

Un colorímetro es cualquier herramienta que identifica el color y el matiz para una medida más objetiva del color.

El colorímetro también es un instrumento que permite medir la absorbancia de una solución en una determinada.

La función de los colorímetros es de medir valores triestímulos (rojo, azul y verde) más directamente que los espectrofotómetros y funcionan basándose en filtros de color. Por eso, los colorímetros no proporcionan datos de reflectancia espectral.

Sin embargo, muchas veces son preferibles a los espectrofotómetros debido a que son comparativamente más baratos de fabricar y fáciles de transportar.

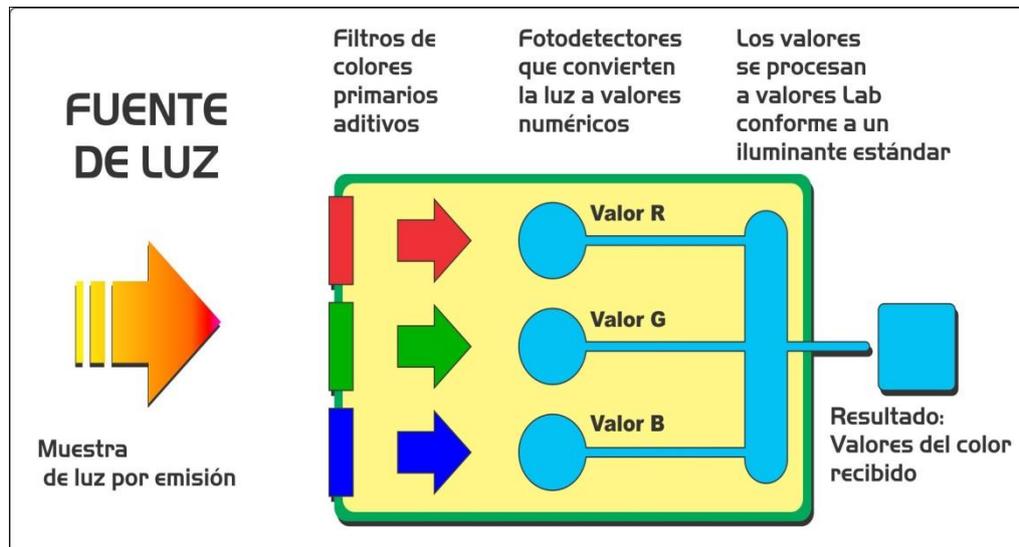


Figura 1.2. Funcionamiento de un colorímetro

1.7.2. ESPECTROFOTÓMETRO.

Un espectrofotómetro es un instrumento usado en la física óptica que sirve para medir, en función de la longitud de onda, la relación entre valores de una misma magnitud fotométrica relativos a dos haces de radiaciones. También es utilizado en los laboratorios de química para la cuantificación de sustancias y microorganismos.

Este instrumento tiene la capacidad de proyectar un haz de luz monocromática a través de una muestra y medir la cantidad de luz que es absorbida por dicha muestra. Esto le permite al operador realizar dos funciones:

1. Dar información sobre la naturaleza de la sustancia en la muestra.
2. Indicar indirectamente que cantidad de la sustancia que nos interesa está presente en la muestra.

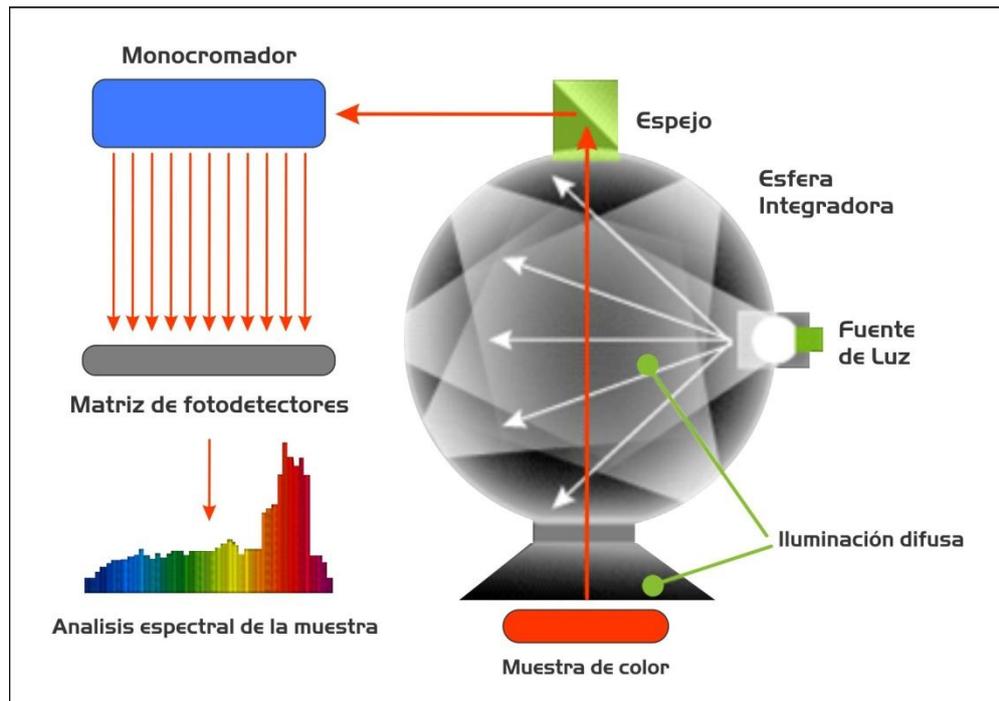


Figura 1.3 Funcionamiento de un espectrofotómetro de reflectancia

1.7.3. DENSITÓMETROS.

Mide el grado de oscuridad de un material semitransparente o de una superficie reflectante. Su funcionamiento se basa en fuente de luz que apunta a una celda fotoeléctrica, la cual determina la densidad de la muestra a partir de diferencias en las lecturas. Los densitómetros modernos tienen además electrónica integrada para mejorar las lecturas.

1.7.3.1. TIPOS DE DENSITÓMETROS.

Densitómetros por transmisión que puede medir en materiales transparentes. Densitómetros por reflexión: que miden la luz reflejada desde una superficie opaca. Los densitómetros de artes gráficas utilizados por profesionales en impresión para determinar si la saturación de los colores de las impresiones satisfacen los requerimientos del producto final.

Entre los densitómetros de transmisión y reflexión se distinguen, a su vez, densitómetros de banda ancha y banda estrecha. La anchura de banda es aquella gama o zona del espectro visible que un filtro dejará pasar a través de su superficie. Los densitómetros miden la reflectancia o transmitancia de una superficie diferenciando el color de la luz incidente según tres porciones del espectro visible: rojo, verde y azul.

CAPÍTULO 2

EL COLORÍMETRO

El colorímetro propuesto para este proyecto se basa en una fuente de luz con un diodo RGB de los cuales tiene cada uno el botón para seleccionar el filtro deseado, el receptor es un transductor se procesan los datos y se muestran en una pantalla LCD, donde con dos botoneras se puede seleccionar si el resultado se lo desea como transmitancia o absorbancia.

Cualquier colorímetro se fundamenta en el proceso de absorción de la luz por un medio transparente coloreado, se resume en una ecuación que se conoce como Ley de Beer – Lambert.

2.1. CARACTERÍSTICAS DEL COLORÍMETRO.

El colorímetro está diseñado para usar cubetas de polietileno. Las cubetas tienen un volumen de aproximadamente 1 ml. Las cubetas compuestas de materiales como el cuarzo con características transparentes desde los 190 nm en el ultravioleta hasta los 3 ó 4 μm en el infrarrojo, en el caso de los vidrios desde los 350 nm hasta los 2 μm y los plásticos desde 380 hasta los 780 nm en el visible. No están hechos para transmitir la luz del diodo emisor.

Es importante colocar la cubeta correctamente en el colorímetro; la luz viaja del diodo emisor de luz por la cubeta, al detector que es un transductor, el cual es un dispositivo que transforma el efecto de una causa física en otro tipo de señal, normalmente eléctrica.

En la mayoría de los colorímetros, las cubetas tienen ligeramente una variación en la cantidad de la luz absorbida. Se puede optar por ignorar estas diferencias. Del gran total de muestras de laboratorio, esta variación no supondrá un efecto perceptible en los resultados experimentales.

Para obtener el mejor resultado, la variación de luz absorbida por las cubetas puede ser controlado o usando la misma cubeta para todos los ensayos de un experimento particular o un conjunto de cubetas. Lo más fácil y más confiable es el primer método. Esto requiere que la cubeta esté limpia y seca después de cada ensayo. Si se tienen 5 ó 6 cubetas con los niveles de absorbancia similares, entonces cada muestra puede ser añadida a una cubeta diferente.

2.2. MANEJO DEL EQUIPO.

Antes de usar un colorímetro debe hacer lo siguiente:

1. Limpieza de la superficie del equipo.
2. Limpieza en la cabina de la cubeta y la fuente de luz.

3. Verificar la conexión eléctrica.

4. Para procesar los datos en el colorímetro se necesita cumplir con los siguientes pasos:

- a) Se enciende el equipo.
- b) Se selecciona la longitud de onda deseada (esto depende de la muestra a ser leída y del reactivo utilizado).
- c) Se selecciona la función absorbancia o transmitancia.

2.3. RECOMENDACIONES DE USO Y CUIDADO DEL EQUIPO.

- a) Colocar el equipo en un lugar en donde no esté sujeto a vibraciones, calor excesivo, humedad o luz directa.
- b) Proteger el equipo del polvo. No tocar la fuente de luz (emisor) ni el transductor (receptor).
- c) Permitir que el equipo se caliente por 10 minutos antes de iniciar hacer algún procedimiento.
- d) Verificar el 0 y el 100% T cada vez que se vaya a hacer lecturas y cuando varíe la longitud de onda.
- e) Asegurarse de que las cubetas estén limpias, libres de rayaduras y huellas digitales. Esto debe hacerse cada vez que va a usarse.

2.4. APLICACIÓN DEL EQUIPO.

El Colorímetro es utilizado en algunos campos como es el blanqueamiento dental, industria gráfica, en el control de materiales plásticos, el colorímetro diseñado en este proyecto se puede usar en los Laboratorios Clínicos para el análisis de muestras fisiológicas, basándose en el principio que cada compuesto químico, absorbe o emite energía lumínica de diferente longitud de onda que se encuentren comprendida en el espectro electromagnético desde los 470nm hasta los 624 nm.

CAPÍTULO 3

DISEÑO Y FUNCIONAMIENTO

En este capítulo se describe el diseño electrónico y funcionamiento de cada bloque del colorímetro, el diagrama de flujo muestra el esquema básico para la programación que se encuentra en cada PIC, además se describe los tres componentes de la cabina interior de la cubeta, el cual está compuesto por un dispositivo de entrada constituido por un diodo RGB este diodo es la fuente emisora de luz, dispositivo de recepción en el cual está ubicado la porta cubetas donde se usan cubetas de plástico con la propiedad de traspase el espectro electromagnético visible y dispositivo de salida cuyo elemento principal es un transductor.

A continuación se muestra el análisis electrónico de la selección de los filtros la conexión de puertas AND de alta velocidad, el diseño para las entradas y salidas en cada uno de los PIC, los indicadores para cada señal de filtro y el LCD, en el cual se muestran los mensajes según como se está ejecutando cada fase del proceso.

3.1 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL COLORÍMETRO.

En cada prueba a realizar se necesita usar el RESET, esto hace que las variables no tengas datos de pruebas anteriores, a continuación se elige el filtro, que son las tres opciones de colores (Rojo, Verde y Azul) .No se puede elegir al mismo tiempo dos filtros o cambiarlo una vez elegido el primero, si se desea cambiar el filtro había que reiniciar todo el proceso, además se tiene la opción de elegir entre transmitancia y absorbancia cada una de estas opciones tiene indicadores de color amarillo .

En el PIC de emisión la programación de los mensajes iniciales y el manejo correcto de las ordenes del bloque antes descrito. El siguiente bloque es del transductor un TSL12S – LF convierte la luz en valores de voltajes los cuales van de 1v. a 5v. y envía la señal al siguiente bloque.

En el PIC de recepción se transforma la señal del transductor que es analógica a una digital con el convertidor A/D que se encuentra en el PIC, se envían señales para mostrarlas al LCD. El último bloque muestra los resultados del proceso en una pantalla LCD de 16 caracteres en 2 líneas.

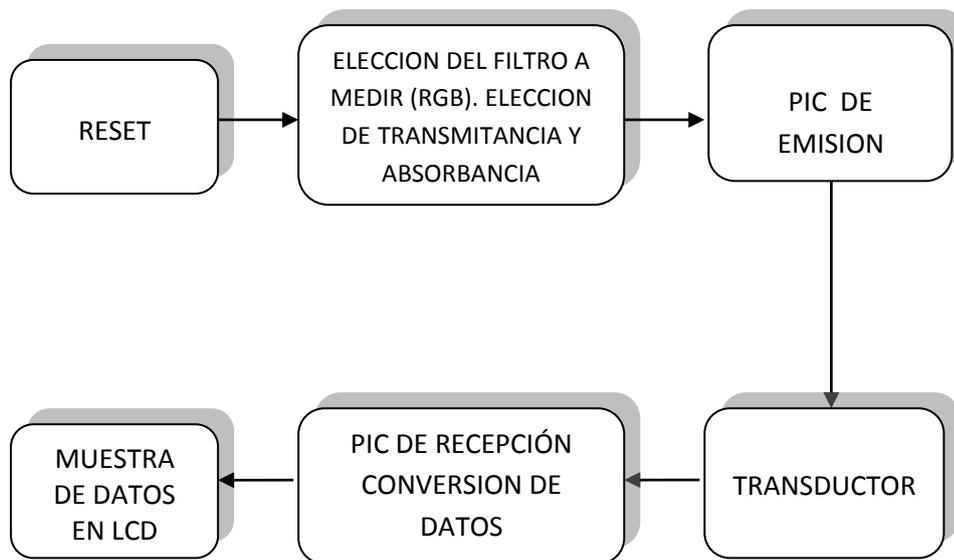


Figura 3.4. Diagrama de Bloques del Colorímetro.

3.2 DIAGRAMA DE FLUJO DEL COLORIMETRO.

En el diagrama de flujo el primer estado es RESET a continuación se da paso a la presentación inicial con el mensaje “COLORIMETRO BÁSICO”. Luego el LED mostrará “INGRESE FILTRO”, en la cual existen tres opciones sea “FILTRO ROJO”, “FILTRO VERDE” y “FILTRO AZUL”.

Después de haber seleccionado cualquier opción de filtro, el siguiente paso es elegir entre que se medirá en este momento el LCD tiene el mensaje “INGRESE QUE VAS A MEDIR (A/%T); las posibilidades son “ABSORBANCIA” O “TRANSMITANCIA”, al concluir la elección el LCD muestra el contenido de “PROCESANDO...”. Después de un pequeño tiempo se muestra el resultado.

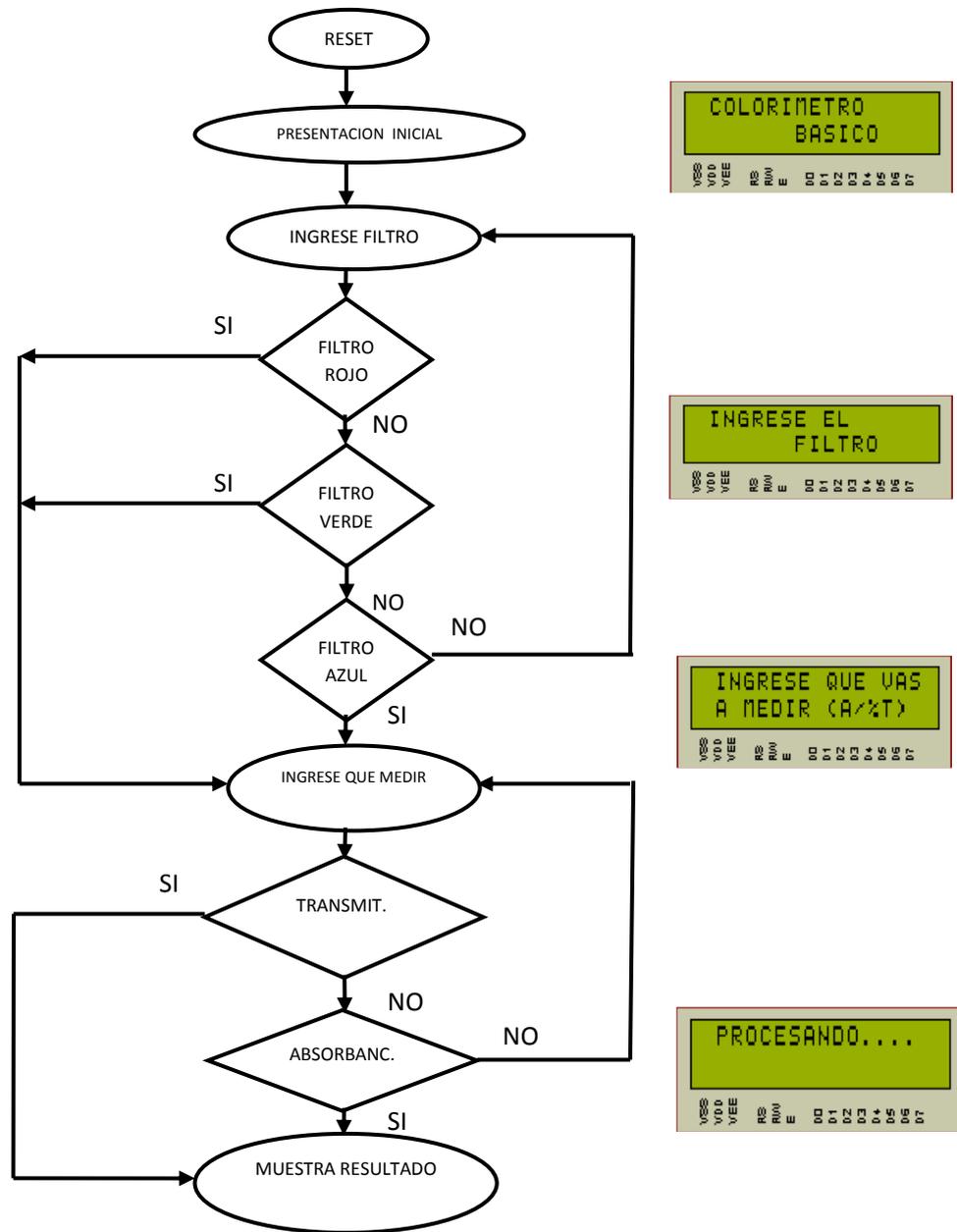


Figura 3.5. Diagrama de Flujo del Colorímetro.

3.3 DISPOSITIVOS DE ENTRADA, RECEPCIÓN Y SALIDA.

La cabina interior del colorímetro se compone de tres segmentos la entrada compuesta por el diodo led full color emisor, la base porta cubetas su función es darle estabilidad a la cubeta y las cubetas son plásticas y el receptor que se compone de un transductor que es colocado con un ángulo de 42 grados con respecto a la horizontal.

3.3.1. DIODO LED.

Un Led (de la sigla inglesa LED: Light-Emitting Diode: 'diodo emisor de luz') es un diodo semiconductor que emite luz. Cuando un led se encuentra en polarización directa, los electrones pueden recombinarse con los huecos en el dispositivo, liberando energía en forma de fotones. Este efecto es llamado electroluminiscencia y el color de la luz (correspondiente a la energía del fotón) se determina a partir de la banda de energía del semiconductor.

Por lo general, el área de un led es muy pequeña (menor a 1mm), y se pueden usar componentes ópticos integrados para formar su patrón de radiación. Los ledes presentan muchas ventajas sobre las fuentes de luz incandescente como un consumo de energía mucho menor, mayor tiempo de vida, tamaño más pequeño, gran durabilidad y fiabilidad.

El diodo Full Color (RGB), el color rojo con una longitud de onda de 624nm y con 360 milicandelas de intensidad luminosa, el color azul tiene una longitud de onda de 470nm y 100 milicandelas y el color verde con longitud de onda de 525nm con una intensidad de 565 milicandelas.



Figura 3.6. Diodo RGB.

3.3.2. CUBETAS Y DISPOSITIVOS DE MUESTREO.

Las cubetas que contienen las soluciones de la muestra y de la referencia deben tener sus ventanas perfectamente paralelas y perpendiculares al haz de radiación. Las cubetas utilizadas tienen, por lo general, 1 cm de ancho, aunque pueden utilizarse desde 0,1 cm o menos. Las cubetas deben construirse con materiales que no absorban la radiación en la región de interés. Las cubetas deben limpiarse antes y después de ser utilizadas y nunca se debe tocar con los dedos las caras por donde pasa la radiación pues la grasa y las huellas dactilares pueden hacer variar la transmitancia de la cubeta.



Figura 3.7. Cubeta de medición.

3.3.3. RECEPTOR DE MEDICIONES.

Un detector es un transductor que convierte la radiación electromagnética en un flujo de electrones y, posteriormente, en una corriente o voltaje en el circuito de lectura. En muchos casos la fotocorriente requiere amplificación, particularmente cuando se miden bajos niveles de energía radiante.

Existen detectores de un solo elemento como los fotodiodos de estado sólido, los tubos fotoemisores y los tubos fotomultiplicadores y otros detectores con elementos múltiples, como los detectores de estado sólido. Las características más importantes en el colorímetro es la sensibilidad espectral.

3.4. ANÁLISIS ELECTRONICO DEL COLORÍMETRO.

3.4.1. SELECCIÓN DE FILTROS.

En el bloque de selección colocamos cinco Flip-Flop tipo D (U2A, U2B, U3A, U3B, U4A), por medio de botoneras de pulso que están conectadas en el pin 3 en U2A, U3A y U4A y en el pin 11 para U2B, U3B. Se selecciona la opción a usar, los Flip-Flop U2A, U2B, U3A indican el tipo de Filtro que se usa para el caso del colorímetro construido son ROJO, VERDE y AZUL respectivamente. También que

tipo de resultado se observa con los 2 Flip-Flop restantes como ABSORBANCIA (U3B) y TRANSMITANCIA (U4A), las puertas lógicas adicionales que permiten realizar un control sobre el RESET (pin 1 y pin 13) de cada Flip-Flop.

El Flip-Flop trabaja con el siguiente proceso: se presiona la botonera que está en los pines 3 u 11 de los integrados U2A, U2B o U3A, esta señal pasa a actuar como flanco de reloj para el Flip-Flop, al existir un pulso en esa entrada, el Flip-Flop presentará en salida Q (pin 5 o pin 9) el valor lógico ubicado en la entrada D (pin 2 o pin 12) y en la salida Q negado (pin 6 o pin 8) el valor lógico invertido que está en la entrada D (pin 2 o pin 12) estas señales ingresan en tres puertas AND (U6:A, U6:B y U6:C) de tres entradas.

Como todos los Flip-Flop tienen en su entrada D (pin 2 o pin 12) un valor lógico de + 5 Voltios, se presenta el valor lógico en la salida Q (pin 5 o pin 9) y su valor lógico invertido en la salida Q negado (pin 6 o pin 8) que nos permitirá activar y encender el LED RGB para emitir la señal del filtro que fue seleccionado.

Todos los Flip-Flop es controlado en sus entradas RESET (R) (pin 1 o pin 13) para activar solamente un filtro a la vez en cada etapa, por

ejemplo, en la primera etapa integran los 3 primeros Filtros que sirven para seleccionar el filtro a ser utilizado para la medición, en esa etapa solo uno de los 3 Flip-Flop puede estar operativo, por eso se manipula la entrada RESET (pin1 y pin 13).

En la segunda etapa la integran los 2 últimos Flip-Flop con los cuales se selecciona el tipo de resultado de la medición, en esta etapa uno de los dos Flip-Flop`s puede estar operativo.

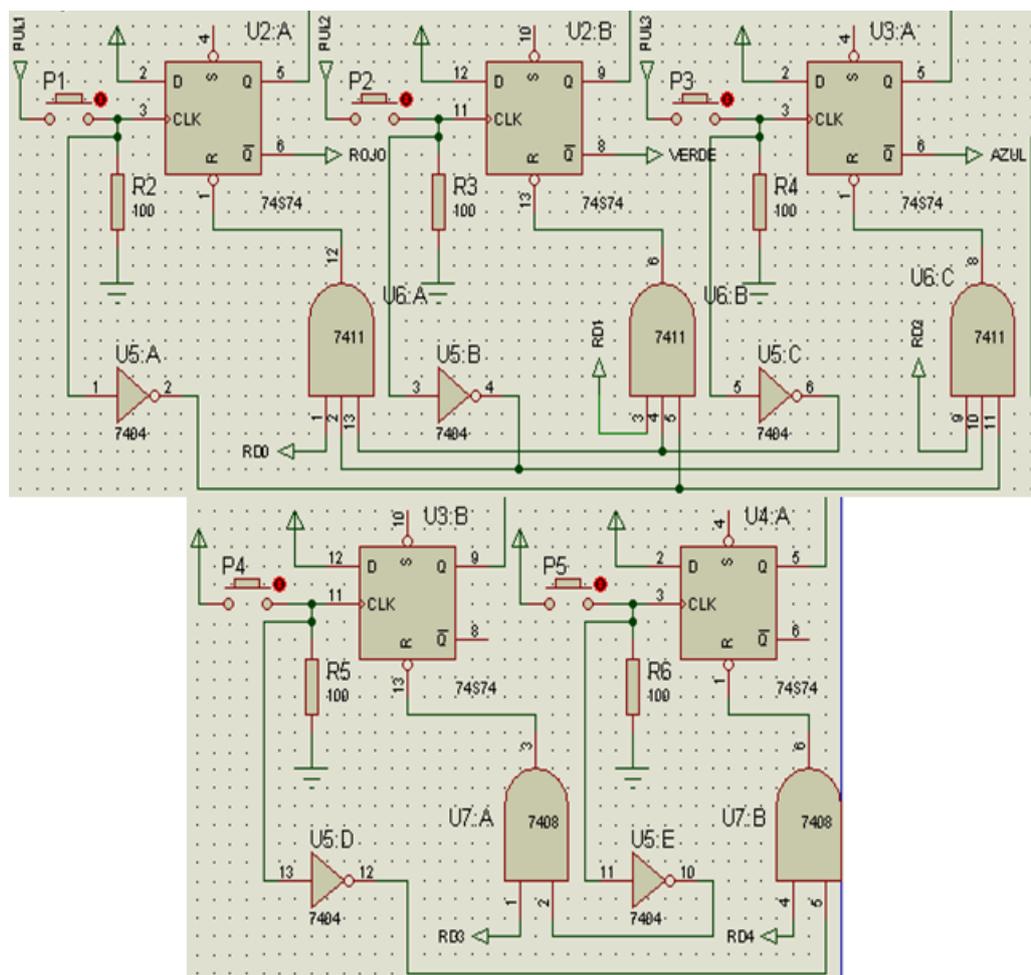


Figura 3.8. Selección de Filtros.

3.4.2. INDICADORES DE FILTROS.

En el bloque de indicadores se presenta diodos LED en el momento que alguno se encienda será la acción tomada para realizar ya sea en el Bloque de Selección de Filtros (D1, D2 y D3) o en el Bloque de Selección sea para Admitancia (D4) o Absorbancia (D5). Se cuenta con 5 Diodos Leds de diferentes colores, los 3 Primeros sirven para indicar que filtro hemos seleccionado para realizar la medición, se usan 3 colores en estos 3 diodos Leds como el Rojo (D1), Azul (D2) y Verde (D3) y en la parte inferior se encuentran los indicadores de admitancia y transmitancia.

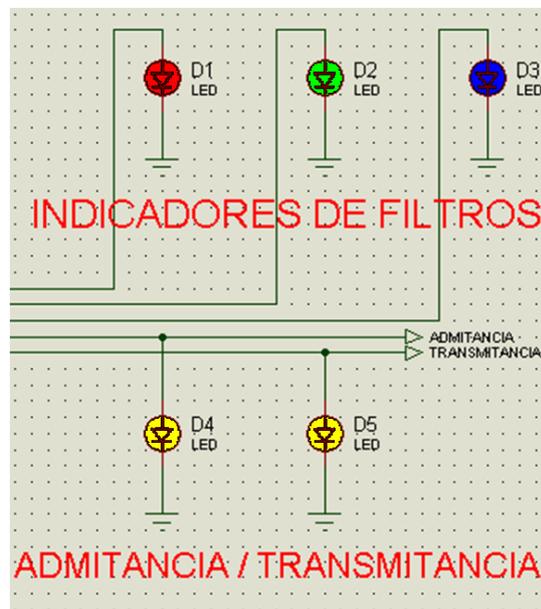


Figura 3.9. Bloque de Indicadores.

3.4.3. CONTROL DE PROCESOS.

Este diseño controla el bloque de opción de selección de procesos, se hace el uso de puertas lógicas para realizar el control, el Microcontrolador(U1) permite que por medio de la salida RA0(pin 2, etiquetado como RE0) desactivar los 3 primeros Flip-Flop's (U2A, U2B, U3A) para el caso de ABSORBANCIA o TRANSMITANCIA por medio de los pulsantes que están conectados en los otros Flip-Flop's (U3B,U4A);adicional a esto las salidas RD0, RD1,RD2,RD3,RD4 del PIC(U1) permite la activación de proceso individual de cada Flip-Flop del bloque de opción de selección de procesos .

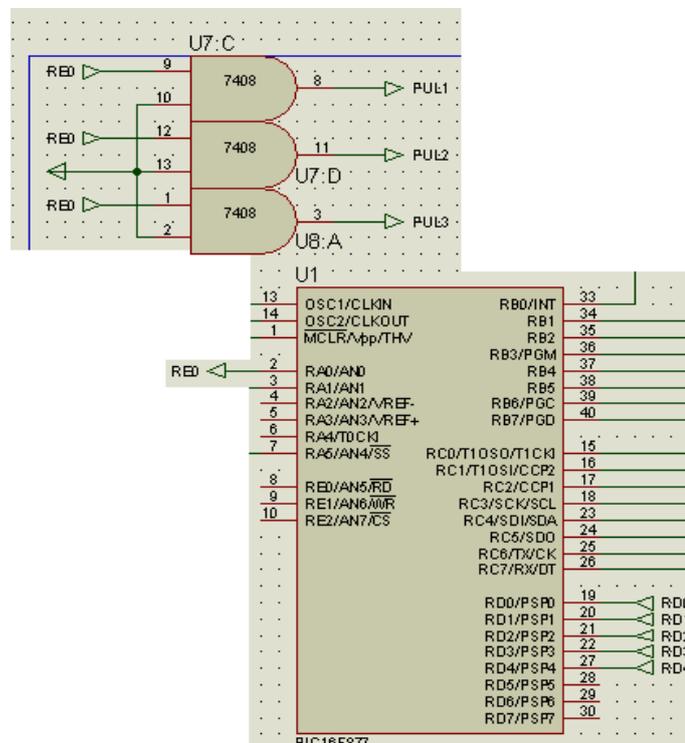


Figura 3.10. Bloque de Control de Procesos

3.4.4. MICROCONTROLADOR DE EMISIÓN.

En el bloque del microcontrolador de emisión se detalla el funcionamiento y la realimentación de las puertas AND (U10D, U11A), se encuentra la programación de la presentación en display LCD, presentación por medio de diodos LED's, manejo de entradas y salidas, interrupciones.

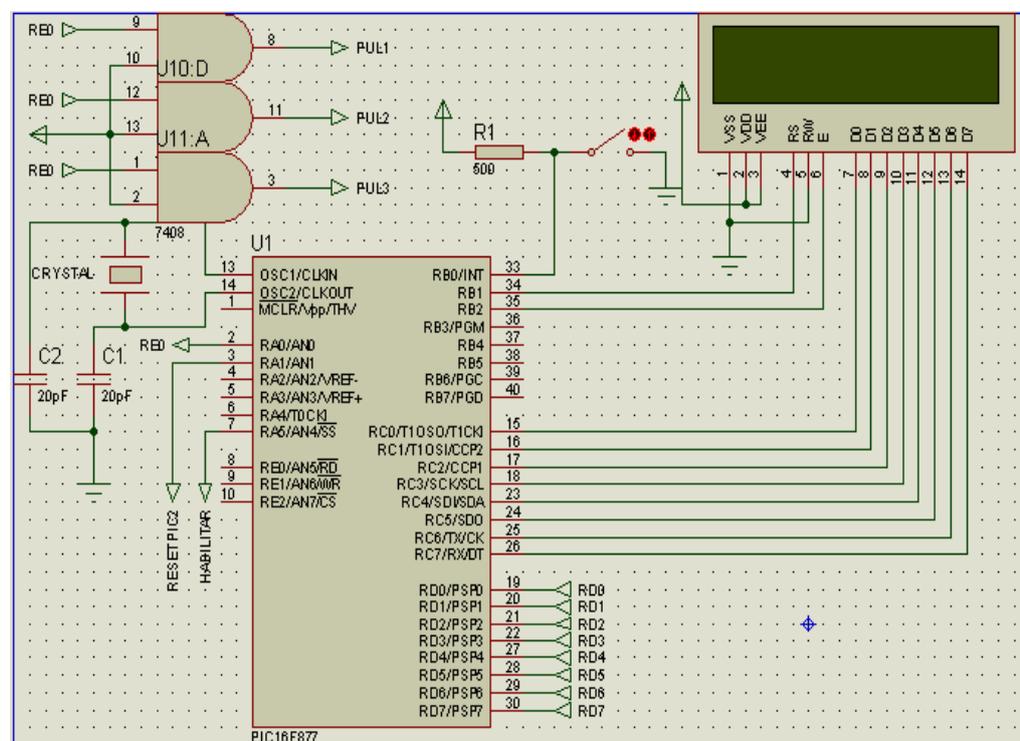


Figura 3.11. Bloque microcontrolador de emisión.

3.4.5. MICROCONTROLADOR DE RECEPCIÓN.

El bloque del microcontrolador de recepción, es el encargado de recibir la entrada analógica del receptor de luz (RA1) y convertirlo en una señal

digital con el convertidor A/D que tiene incorporado, además con esa conversión y mediante una tabla de valores presenta en sus salidas (RC0-RC7) la combinación para ser presentado en el LCD 2x16 que sería el resultado en letras y números de la medición realizada.

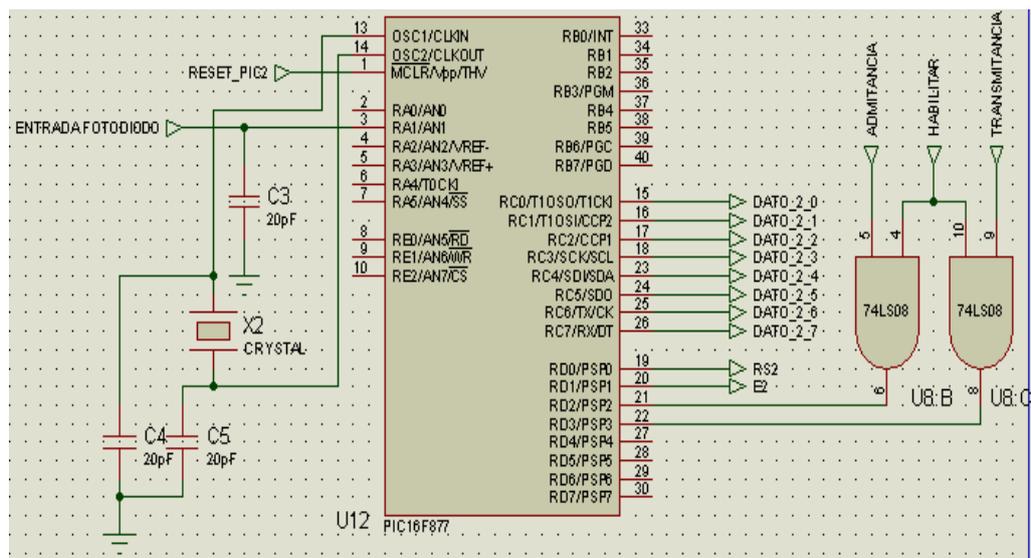


Figura 3.12. Bloque microcontrolador de recepción.

3.4.6. PRESENTACION EN PANTALLA LCD.

Este bloque sirve para presentar vía LCD-Display 2x16 datos que nos permitirán interactuar las diferentes acciones que presenta el circuito emisor.

En ella se publicarán los pasos en orden del correcto manejo del colorímetro por el usuario, también indicará si la muestra está lista para ser analizada y también cuando la muestra no esté lista. El resultado de la muestra todo estos mensajes son generados por medio del PIC 16F877 que es el que controla el LCD-Display 2x16.

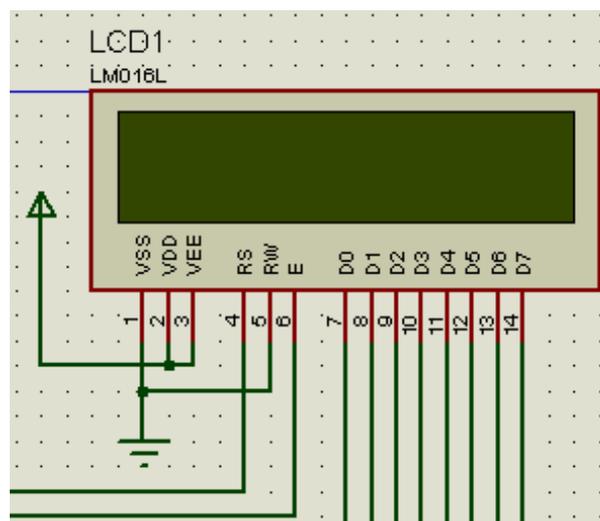


Figura 3.13. Pantalla LCD

3.4.7. EMISOR DE SEÑALES.

En este bloque se emiten las ondas de luz de acuerdo a la selección realizada en el selector de opciones de procesos. La entrada ROJO con salida del pin 6 (Q negado) del Flip-Flop del integrado U2: A, la entrada VERDE viene de la salida del pin 8 (Q negado) del Flip-Flop del integrado U2:B , la entrada AZUL viene de la salida del pin 6(Q negado) del Flip-Flop del integrado U3:A; estas son parte del bloque control de procesos.

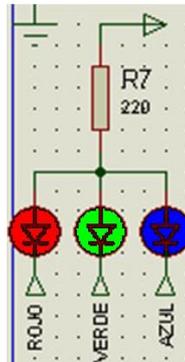


Figura 3.14. Bloque emisor de señales.

3.5. PROGRAMACION DE MICROCONTROLADORES.

3.5.1 PROGRAMACION DE MICROCONTROLADOR EMISOR.

El microcontrolador de emisión fue programado en MPLAB las órdenes de entrada de los filtros, cada uno de los mensajes iniciales que se muestran en el LCD y las señales de control para las puertas AND. (VER ANEXO 1).

3.5.2 PROGRAMACION DE MICROCONTROLADOR RECEPTOR.

Las ordenes programadas en el microcontrolador receptor es convertir las señales analógicas del transductor para convertirlas en digitales y mostrar el resultado en el LCD (VER ANEXO 2).

3.6. PRUEBAS REALIZADAS.

Transmitancia	Valor teórico
Cubeta1 - %T	9.6
Cubeta2 - %T	10.0
Cubeta3 -%T	46.0

Tabla 3.1 Valores teóricos del filtro con tres cubetas diferentes.

Transmitancia	Rojo 624nm	Verde 525nm	Azul 470nm
Cubeta1 - %T	11.11	11.11	9.52
Cubeta2 - %T	11.11	11.11	9.52
Cubeta3 -%T	49.2	47.6	47.6

Tabla 3.2 Valores experimentales con tres cubetas diferentes.

3.7. DIAGRAMAS DE PCB.

Para la construcción del proyecto las placas de cobre son de dos caras. Debido a la complejidad de diseñar los dos PIC's en una sola cara, además el ahorro del espacio y dinero, en la cara anterior se ubicaron las conexiones de los elementos entre sí como muestra el gráfico:

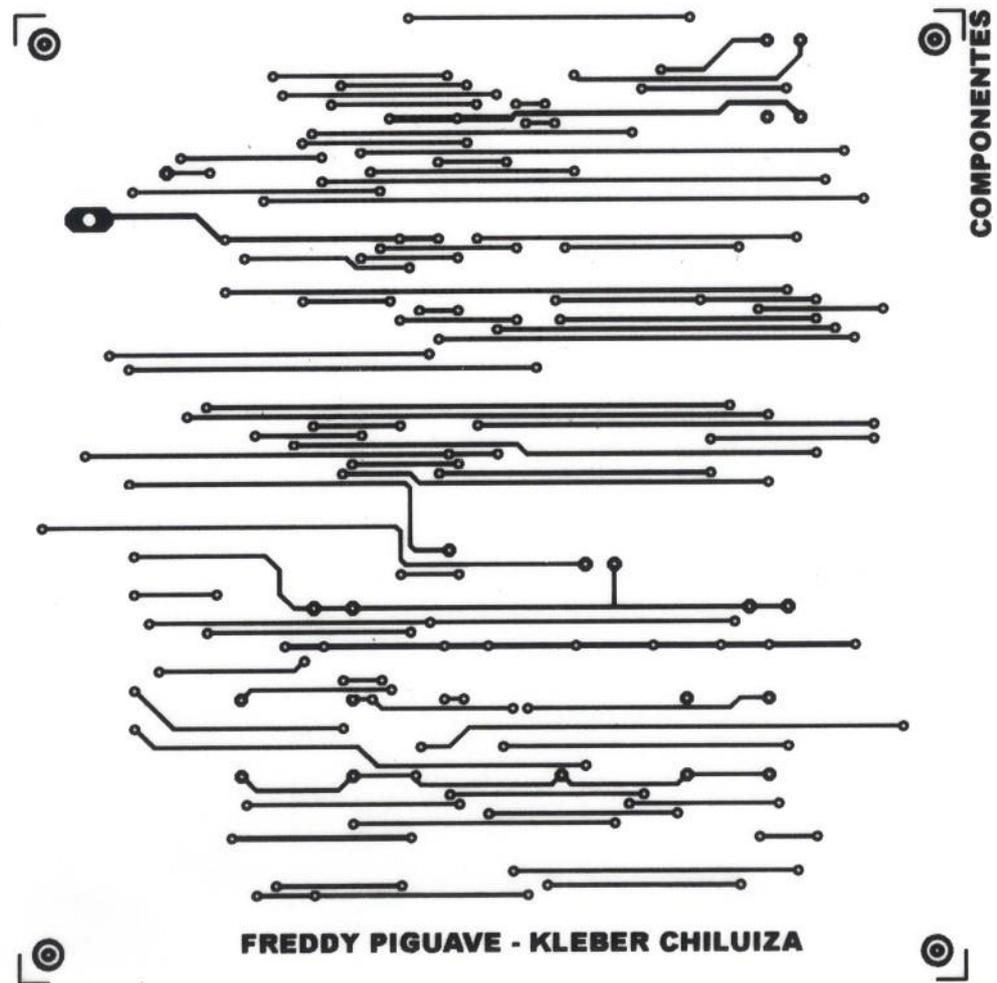


Figura 3.15. Cara anterior de la placa de PCB de los PIC's.

En la parte superior se encuentran las conexiones de la fuente y la tierra para todo el circuito en la parte central los PIC's que se usaron para el proyecto junto a los Flip-Flop junto con las puertas AND de alta velocidad. En la parte izquierda está localizado el bus de datos que se conectarán con la placa del LCD.

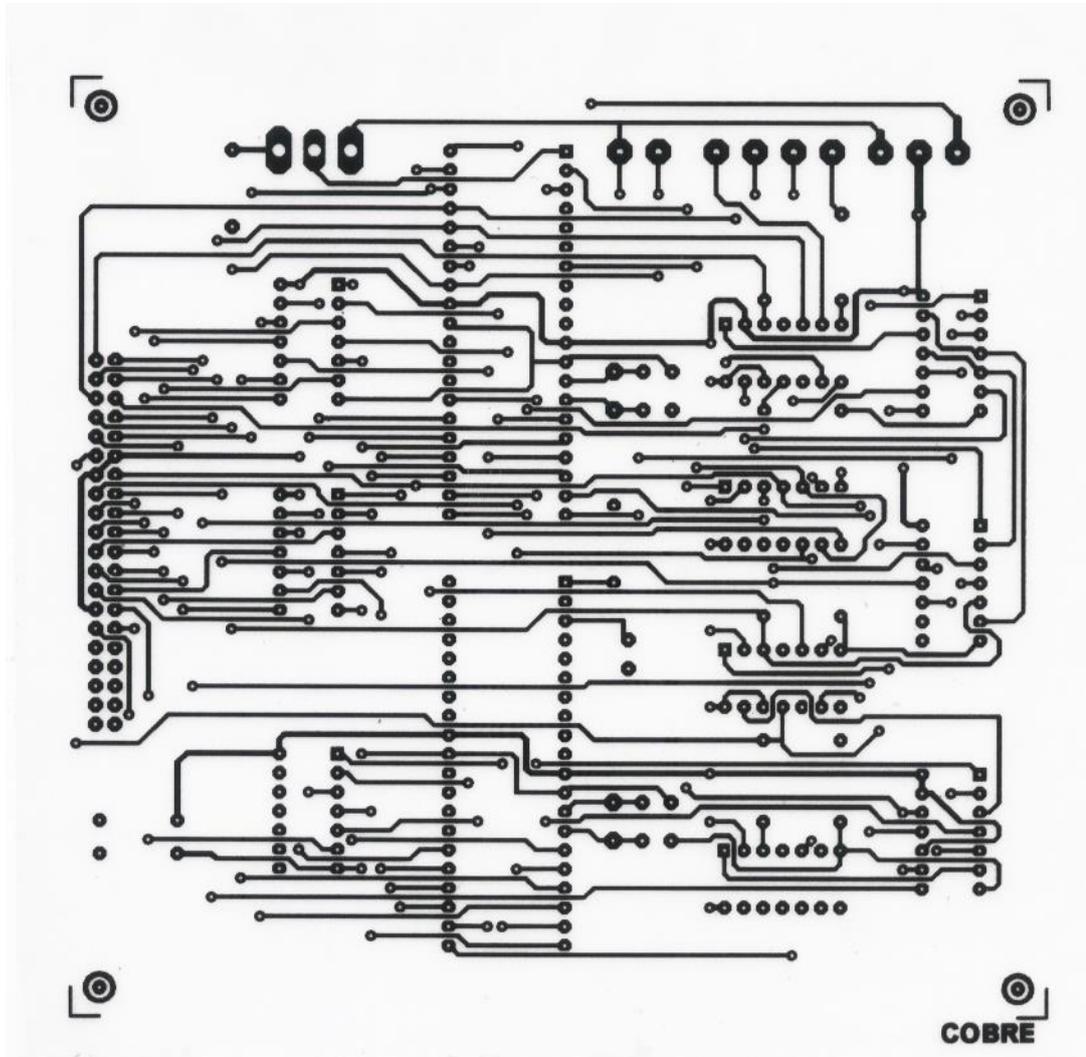


Figura 3.16. Cara posterior de la placa de PCB de los PIC's.

En la parte superior de la placa se conecta el LCD en el centro se colocan las botoneras y los diodos led que son los indicadores de los filtros y en la parte inferior se coloca el bus de datos de la placa donde se encuentran los PIC'S.

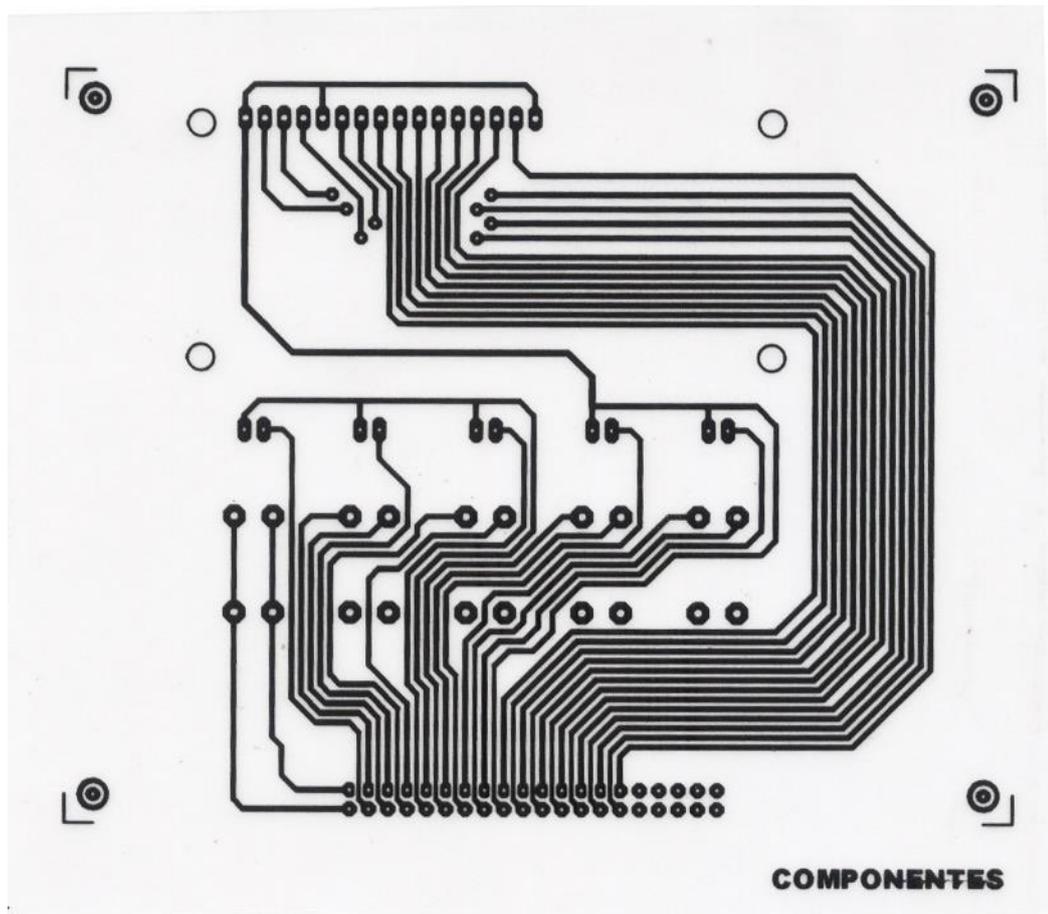


Figura 3.17. Placa PCB del display

3.8. MATERIALES UTILIZADOS.

Los materiales usados son los detallados a continuación:

- 2 PIC16F877A (Microcontroladores).
- 1 Transductor TSL12S - LF
- 3 74LS74 (Flip-Flop tipo D).
- 1 74LS04 (Integrado NOT).
- 1 74LS11 (Integrado OR de 3 entradas).
- 2 74LS08 (Integrado OR de 2 entradas).

- 3 74HC32 (Integrado AND de 2 entradas).
- 2 Capacitor no polarizado de 20pF.
- 2 Resistencias de 510 ohms $\frac{1}{2}$ watts.
- 5 Resistencias de 100 ohms $\frac{1}{2}$ watts.
- 1 Resistencia de 220 ohms $\frac{1}{2}$ watts.
- 1 Resistencia de 1 Kohms $\frac{1}{2}$ watts.
- 6 Pulsantes.
- 2 Cristales de Cuarzo (Oscilador de 4 MHz).
- 1 Switch de tres estado.
- 1 LCD de 2 Líneas.
- 1 Bus de Datos.

RECOMENDACIONES

1. En la construcción del colorímetro uno de los inconvenientes fue la colocación del diodo RGB full color su hoja de especificación dice que es a 42 grados con respecto a la horizontal, esa variación en el ángulo causa problemas para el resultado que se quiere obtener, además no se debe dejar ingresar luz, esto de igual manera causaría un resultado diferente al esperado.
2. La correcta limpieza en la cabina interior mas una cubeta sin rayaduras no afectarían los resultados que se vaya a observar, se necesita siempre que se limpie en cada prueba, además que el equipo tenga un RESET para no obtener resultados anteriores que puedan confundir.
3. Para el diseño de cada colorímetro tener en cuenta los parámetros a estudiar ya que en la parte de aplicaciones sabemos que estos, puede tener muchos usos en diferentes industrias.

CONCLUSIONES

1. El colorímetro y el espectrofotómetro ambos instrumentos pueden determinar el color de una muestra. Sin embargo es muy normal que el color de un mismo objeto medido con ambos aparatos los resultados distintos. Debido que el espectrofotómetro usa luz blanca y la descompone por medio de prisma y el colorímetro diseñado usa luz directamente considerando el rango en el espectro electromagnético.
2. Un espectrofotómetro determina la transmitancia de una sustancia, mientras que las funciones correspondientes a los diferentes iluminantes y las funciones de igualación del sistema visual, están tabuladas e introducidas en la base de datos del ordenador del espectrofotómetro, por lo que una vez que se mide la absorbancia o la transmitancia, el cálculo de los valores triestímulo (RGB).
3. La imitación no es perfecta, por lo que los resultados obtenidos suelen discrepar de los obtenidos con el espectrofotómetro, aún más, entre diferentes colorímetros los resultados también suelen diferir, debido a que los diferentes filtros desarrollados no suelen ser iguales.

4. Para obtener con exactitud un valor, lo que se debe utilizar es un espectrofotómetro. Si no es así, es suficiente con un colorímetro de filtros que según los diseños podrá ser más o menos preciso. En muchos casos prácticos no es imprescindible conocer con precisión las coordenadas cromáticas de un color sino su diferencia respecto a un patrón que se pretende limitar. En este caso, si el aparato presenta una pequeña imprecisión en la medida está será sistemática, de forma que las diferencias de color entre las medidas no se verán afectadas. En estas situaciones es particularmente útil el uso del colorímetro.

BIBLIOGRAFÍA

1. Sogorb Sánchez Miguel Ángel, Vilanova Gisbert Eugenio (2004) TÉCNICAS ANALÍTICAS DE CONTAMINANTES QUÍMICOS, Ediciones Díaz de Santos, S.A, España Pág 85-87.
2. Capilla Pascual, Artigas José, Pujol Jaime (2002) FUNDAMENTOS DE COLORIMETRÍA, Ediciones Maite Simon, España Pág 119-132.
3. Olsen Eugene, (1999) MÉTODOS ÓPTICOS DE ANÁLISIS, McGraw–Hill Book Company, New York, Pág 113-117.
4. Jaime Escobar Morales, ESPECTRO ELECTROMAGNETICO
<http://astronomos.net23.net/teorias/espectroelectromagnetico.html>,
fecha de consulta Abril 2011
5. CENTRO DE ESTUDIO DE LA ENERGIA SOLAR,
ESPECTROMETRIA
http://www.espectrometria.com/espectro_electromagntico, fecha de
consulta Abril 2011
6. OPTEK, LEY DE LAMBERT-BEER
http://www.optek.com/es/Lambert_Beer_Law.asp, fecha de consulta
Mayo 201

ANEXOS

ANEXO 1.

PROGRAMACION DE MICROCONTROLADOR EMISOR.

```
; Simple PIC 16F877X Program to drive Serial LCDs.  
; Assumes 1MHZ CPU clock, 2400 baud rate for the LCD.
```

```
LIST      p=16F877A  
#include "P16F877A.INC"
```

```
DATO_A    equ 0xc           ;Registro del dato A  
DATO_B    equ 0xd           ;Registro del dato B  
DATO_C    equ 0xE           ;Registro del dato B
```

```
; Vector for normal start up.
```

```
org       0  
goto     INICIO
```

```
org       4  
goto     INTERRUPCION
```

```
INICIO
```

```
CLRW  
BCF STATUS,RP1  
BSF STATUS,RP0
```

```
MOVLW 0X00  
MOVWF TRISD  
MOVLW 0X00  
MOVWF TRISA  
MOVLW 0XF9  
MOVWF TRISB  
MOVLW 0X00  
MOVWF TRISC  
MOVLW 0XD0  
MOVWF INTCON  
MOVLW 0X40  
MOVWF OPTION_REG  
BCF STATUS,RP0
```

```
;XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX CONFIGURACION INICIAL DE LCD  
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX  
MOVLW  b'00111000'  
CALL LCD_REG
```

```

MOVLW    b'00111000'
CALL     LCD_REG
MOVLW    b'00111000'
CALL     LCD_REG
MOVLW    b'00000001'    ; Borrar pantalla y puntero en la primera
linea
CALL    LCD_REG
MOVLW    b'00000110'
CALL     LCD_REG
MOVLW    b'00001100'
CALL     LCD_REG
MOVLW    0x80
CALL     LCD_REG

```

```

;XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX MENSAJE DE INICIO LCD
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

```

```

BCF PORTD,0
BCF PORTD,1
BCF PORTD,2
BCF PORTD,3
BCF PORTD,4
BCF PORTD,5
BCF PORTD,6
BCF PORTD,7

```

```

MOVLW 0X0F
MOVWF PORTA

```

```

MOVLW ' '
CALL DATO
CALL DELAY2
MOVLW 'C'
CALL DATO
CALL DELAY2
MOVLW 'O'
CALL DATO
CALL DELAY2
MOVLW 'L'
CALL DATO
CALL DELAY2
MOVLW 'O'
CALL DATO
CALL DELAY2
MOVLW 'R'
CALL DATO
CALL DELAY2

```

```
MOVLW 'I'  
CALL DATO  
CALL DELAY2  
MOVLW 'M'  
CALL DATO  
CALL DELAY2  
MOVLW 'E'  
CALL DATO  
CALL DELAY2  
MOVLW 'T'  
CALL DATO  
CALL DELAY2  
MOVLW 'R'  
CALL DATO  
CALL DELAY2  
MOVLW 'O'  
CALL DATO  
CALL DELAY2
```

```
movlw 0xC0 ; CAMBIO A SEGUNDA LINEA  
CALL LCD_REG
```

```
MOVLW ' '  
CALL DATO  
MOVLW 'B'  
CALL DATO  
CALL DELAY2  
MOVLW 'A'  
CALL DATO  
CALL DELAY2  
MOVLW 'S'  
CALL DATO  
CALL DELAY2  
MOVLW 'I'  
CALL DATO  
CALL DELAY2  
MOVLW 'C'
```

```
CALL DATO
CALL DELAY2
MOVLW 'O'
CALL DATO
MOVLW ' '
CALL DATO
CALL DELAY3
CALL DELAY3
```

```
;XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX MENSAJE DE INGRESO DE MUESTRA
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
MUESTRA
```

```
BCF PORTD,0
BCF PORTD,1
BCF PORTD,2
BCF PORTD,3
BCF PORTD,4
BCF PORTD,5
BCF PORTD,6
BCF PORTD,7
MOVLW 0X0F
MOVWF PORTA
```

```
MOVLW b'00000001' ; Borrar pantalla y puntero en la primera
linea
CALL LCD_REG
```

```
MOVLW ' '
CALL DATO
MOVLW 'I'
CALL DATO
MOVLW 'N'
CALL DATO
MOVLW 'G'
CALL DATO
MOVLW 'R'
CALL DATO
MOVLW 'E'
CALL DATO
MOVLW 'S'
CALL DATO
MOVLW 'E'
CALL DATO
```

```
MOVLW ' '  
CALL DATO  
MOVLW 'L'  
CALL DATO  
MOVLW 'A'  
CALL DATO
```

```
movlw 0xC0 ; CAMBIO A SEGUNDA LINEA  
CALL LCD_REG
```

```
MOVLW ' '  
CALL DATO  
MOVLW 'M'  
CALL DATO  
MOVLW 'U'  
CALL DATO  
MOVLW 'E'  
CALL DATO  
MOVLW 'S'  
CALL DATO  
MOVLW 'T'  
CALL DATO  
MOVLW 'R'  
CALL DATO  
MOVLW 'A'  
CALL DATO  
MOVLW ' '  
CALL DATO  
MOVLW ' '  
CALL DATO
```

```
SM  
BTFSC PORTB,0  
GOTO SM
```



```
CALL DATO
MOVLW 'L'
CALL DATO
MOVLW 'T'
CALL DATO
MOVLW 'R'
CALL DATO
MOVLW 'O'
CALL DATO
MOVLW ' '
CALL DATO
```

```
BSF PORTD,0
BSF PORTD,1
BSF PORTD,2
```

```
SF
BTFSC PORTB,3
GOTO OR
BTFSC PORTB,4
GOTO OR
BTFSC PORTB,5
GOTO OR
GOTO SF
```

```
OR
;XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX MENSAJE DE INGRESO DE MEDICION
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
MOVLW  b'00000001'      ; Borrar pantalla y puntero en la primera
linea
CALL LCD_REG
```

```
MOVLW ' '
CALL DATO
MOVLW 'I'
CALL DATO
MOVLW 'N'
CALL DATO
MOVLW 'G'
CALL DATO
MOVLW 'R'
CALL DATO
MOVLW 'E'
CALL DATO
MOVLW 'S'
```

```
CALL DATO
MOVLW 'E'
CALL DATO
MOVLW ' '
CALL DATO
MOVLW 'Q'
CALL DATO
MOVLW 'U'
CALL DATO
MOVLW 'E'
CALL DATO
MOVLW ' '
CALL DATO
MOVLW 'V'
CALL DATO
MOVLW 'A'
CALL DATO
MOVLW 'S'
CALL DATO
```

```
movlw 0xC0 ; CAMBIO A SEGUNDA LINEA
CALL LCD_REG
```

```
MOVLW ' '
CALL DATO
MOVLW 'A'
CALL DATO
MOVLW ' '
CALL DATO
MOVLW 'M'
CALL DATO
MOVLW 'E'
CALL DATO
MOVLW 'D'
CALL DATO
MOVLW 'I'
CALL DATO
MOVLW 'R'
CALL DATO
MOVLW ' '
CALL DATO
MOVLW '('
CALL DATO
MOVLW 'A'
CALL DATO
MOVLW '/'
CALL DATO
MOVLW '%'
```

```
CALL DATO
MOVLW 'T'
CALL DATO
MOVLW ')'
CALL DATO
```

```
BSF PORTD,3
BSF PORTD,4
```

```
SM2
BTFSC PORTB,6
GOTO OR2
BTFSC PORTB,7
GOTO OR2
GOTO SM2
```

```
OR2
;XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX MENSAJE DE PROCESANDO XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
MOVLW  b'00000001'      ; Borrar pantalla y puntero en la primera
linea
CALL LCD_REG
```

```
movlw b'00000010'
movwf PORTA
```

```
BTFSC PORTB,3
BSF PORTD,5
BTFSC PORTB,4
BSF PORTD,6
BTFSC PORTB,5
BSF PORTD,7
```

```
MOVLW ' '
CALL DATO
MOVLW 'P'
CALL DATO
MOVLW 'R'
CALL DATO
MOVLW 'O'
CALL DATO
MOVLW 'C'
CALL DATO
MOVLW 'E'
CALL DATO
MOVLW 'S'
CALL DATO
MOVLW 'A'
```

```
CALL DATO
MOVLW 'N'
CALL DATO
MOVLW 'D'
CALL DATO
MOVLW 'O'
CALL DATO
CALL DELAY3
```

```
MOVLW '.'
CALL DATO
CALL DELAY3
```

```
MOVLW b'00000001' ; Borrar pantalla y puntero en la primera
linea
CALL LCD_REG
```

```
FF
```

```
CLRF PORTC
```

```
nop
```

```
movlw b'00100010'
```

```
movwf PORTA
```

```
;BSF PORTA,5
```

```
GOTO FF
```

```
INTERRUPCION
```

```

BCF PORTA,5
CALL DELAY3
BCF PORTA,1
CALL DELAY3
BSF PORTA,1
CALL DELAY3

```

```

BSF STATUS,RP0
MOVLW 0XD0
MOVWF INTCON
MOVLW 0X40
MOVWF OPTION_REG
BCF STATUS,RP0

```

```

MOVLW  b'00000001'      ; Borrar pantalla y puntero en la primera
linea
CALL LCD_REG
GOTO MUESTRA

```

```

LCD_REG
instruccion)          BCF      PORTB,1          ;Desactiva RS (Modo
                      BSF      PORTB,2
instruccion           MOVWF   PORTC          ;Saca el codigo de
                      CALL DELAY_5MS
                      BCF      PORTB,2
                      RETURN

```

```

DATO
instruccion)          BSF      PORTB,1          ;Desactiva RS (Modo
                      BSF      PORTB,2
instruccion           MOVWF   PORTC          ;Saca el codigo de
                      CALL DELAY_5MS
                      CALL DELAY_5MS
                      BCF      PORTB,2
                      RETURN

```

```

DELAY_5MS             movlw    0x1A
                      movwf   DATO_B
                      clrf   DATO_A
DELAY_1               decfsz  DATO_A,1
                      goto   DELAY_1
                      decfsz  DATO_B,1

```

```

goto DELAY_1
return

DELAY2      movlw      0xFF
            movwf     DATO_B
            movlw     0xF7
            MOVWF    DATO_A
            movlw     0x07
            movwf     DATO_C
DELAY_12    decfsz    DATO_A,1
            goto     DELAY_12
            decfsz    DATO_B,1
            goto     DELAY_12
            decfsz    DATO_C,1
            goto     DELAY_12
            return

DELAY3      movlw      0xFF
            movwf     DATO_B
            movlw     0xF7
            MOVWF    DATO_A
            movlw     0x0F
            movwf     DATO_C
DELAY_123   decfsz    DATO_A,1
            goto     DELAY_123
            decfsz    DATO_B,1
            goto     DELAY_123
            decfsz    DATO_C,1
            goto     DELAY_123
            return

```

END

ANEXO 2.

PROGRAMACION DE MICROCONTROLADOR RECEPTOR.

; Simple PIC 16F877X Program to drive Serial LCDs.
; Assumes 1MHZ CPU clock, 2400 baud rate for the LCD.

LIST p=16F877A
#include "P16F877A.INC"

DATO_A equ 0x0c ;Registro del dato A
DATO_B equ 0x0d ;Registro del dato B
DATO_C equ 0x0E ;Registro del dato B
SELECCION EQU 0X0F
FILTRO EQU 0x1A
NUEVO EQU 0x1B

; Vector for normal start up.
org 0
goto INICIO

Include "IMP.LIB"

INICIO
CLRWF
BCF STATUS,RP1
BSF STATUS,RP0
clrf ADCON1
CLRF TRISB
bsf PIE1,ADIE
MOVLW 0XFC
MOVWF TRISD
;MOVLW 0XFF
;MOVWF TRISB
MOVLW 0X00
MOVWF TRISC
BCF STATUS,RP0
CLRF PORTB
movlw b'11000001'
movwf ADCON0
;bcf PIR1,ADIF
bsf INTCON,PEIE
bsf INTCON,GIE
;bsf ADCON0,GO
CLRF PORTB
;XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX CONFIGURACION INICIAL DE LCD
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
MOVLW b'00111000'
CALL LCD_REG
MOVLW b'00111000'
CALL LCD_REG
MOVLW b'00111000'

```

CALL    LCD_REG
MOVLW  b'00000001'    ; Borrar pantalla y puntero en la primera
linea
CALL LCD_REG
MOVLW  b'00000110'
CALL    LCD_REG
MOVLW  b'00001100'
CALL LCD_REG
MOVLW  0x80
CALL LCD_REG
CLRF   PORTC
;XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX MENSAJE DE INICIO LCD
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
CLRF   ADRESL
BUCLE

```

```

MOVLW  0X00
MOVWF  SELECCION
BTFSC  PORTD,2
GOTO   MENSAJE1
BTFSC  PORTD,3
GOTO   MENSAJE2
GOTO   BUCLE
MENSAJE1
bcf    PIR1,ADIF
MOVLW  b'00000010'    ; Borrar pantalla y puntero en la primera
linea
CALL LCD_REG
MOVLW  ' '
CALL DATO
CALL DELAY2
MOVLW  ' '
CALL DATO
MOVLW  ' '
CALL DATO
MOVLW  'A'
CALL DATO
MOVLW  'B'
CALL DATO
MOVLW  'S'
CALL DATO
MOVLW  'O'
CALL DATO
MOVLW  'R'
CALL DATO
MOVLW  'B'
CALL DATO
MOVLW  'A'

```

```

CALL DATO
MOVLW 'N'
CALL DATO
MOVLW 'C'
CALL DATO
MOVLW 'I'
CALL DATO
MOVLW 'A'
CALL DATO
movlw 0xC0          ; CAMBIO A SEGUNDA LINEA
CALL LCD_REG
MOVLW 0X01
MOVWF SELECCION
GOTO LISTO
LISTO
;-----
;AB_0
;MOVLW 0X3F
;MOVWF FILTRO
bcf PIR1,ADIF
bsf ADCON0,GO
movf ADRESL,W
movwf NUEVO

;movlw b'11111000'
;andwf NUEVO
;movfw NUEVO

bcf STATUS,C
rrf NUEVO
bcf STATUS,C
rrf NUEVO

movfw NUEVO

movwf PORTB
;movf PORTB,w
;ANDWF FILTRO,0

btfsc NUEVO,0
GOTO INI
btfsc NUEVO,1
GOTO INI
btfsc NUEVO,2
GOTO INI
btfsc NUEVO,3
GOTO INI
btfsc NUEVO,4
GOTO INI

```

```
btfsc NUEVO,5
GOTO INI
btfsc NUEVO,6
GOTO IMP_0
GOTO IMP_1
INI
addwf PCL,f
nop
```

```
;GOTO IMP_0
;GOTO IMP_1
GOTO IMP_2
GOTO IMP_3
GOTO IMP_4
GOTO IMP_5
GOTO IMP_6
GOTO IMP_7
GOTO IMP_8
GOTO IMP_9
GOTO IMP_10
GOTO IMP_11
GOTO IMP_12
GOTO IMP_13
GOTO IMP_14
GOTO IMP_15
GOTO IMP_16
GOTO IMP_17
GOTO IMP_18
GOTO IMP_19
GOTO IMP_20
GOTO IMP_21
GOTO IMP_22
GOTO IMP_23
GOTO IMP_24
GOTO IMP_25
GOTO IMP_26
GOTO IMP_27
GOTO IMP_28
GOTO IMP_29
GOTO IMP_30
GOTO IMP_31
GOTO IMP_32
GOTO IMP_33
GOTO IMP_34
GOTO IMP_35
GOTO IMP_36
GOTO IMP_37
GOTO IMP_38
GOTO IMP_39
```

```
GOTO IMP_40
GOTO IMP_41
GOTO IMP_42
GOTO IMP_43
GOTO IMP_44
GOTO IMP_45
GOTO IMP_46
GOTO IMP_47
GOTO IMP_48
GOTO IMP_49
GOTO IMP_50
GOTO IMP_51
GOTO IMP_52
GOTO IMP_53
GOTO IMP_54
GOTO IMP_55
GOTO IMP_56
GOTO IMP_57
GOTO IMP_58
GOTO IMP_59
GOTO IMP_60
GOTO IMP_61
GOTO IMP_62
GOTO IMP_63
```

```
IMP_0
BTFSC SELECCION,1
GOTO IMP_0A
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '.'
CALL DATO
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '0'
CALL DATO
GOTO BUCLE
IMP_0A
MOVLW '1'
CALL DATO
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '%'
CALL DATO
```

```
MOVLW ' '  
CALL DATO  
GOTO BUCLE
```

```
IMP_63  
BTFSC SELECCION,1  
GOTO IMP_1A  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '.'  
CALL DATO  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '6'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE
```

```
IMP_1A  
MOVLW '9'  
CALL DATO  
MOVLW '8'  
CALL DATO  
MOVLW ','  
CALL DATO  
MOVLW '4'  
CALL DATO  
MOVLW '%'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE
```

```
IMP_62  
BTFSC SELECCION,1  
GOTO IMP_2A  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '.'  
CALL DATO  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '1'  
CALL DATO  
MOVLW '4'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE  
IMP_2A  
MOVLW '9'  
CALL DATO
```

```
MOVLW '6'  
CALL DATO  
MOVLW ','  
CALL DATO  
MOVLW '8'  
CALL DATO  
MOVLW '%'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE
```

```
IMP_61  
BTFSC SELECCION,1  
GOTO IMP_3A  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '.'  
CALL DATO  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '2'  
CALL DATO  
MOVLW '1'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE  
IMP_3A  
MOVLW '9'  
CALL DATO  
MOVLW '5'  
CALL DATO  
MOVLW ','  
CALL DATO  
MOVLW '2'  
CALL DATO  
MOVLW '%'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE
```

```
IMP_60  
BTFSC SELECCION,1  
GOTO IMP_4A  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '.'  
CALL DATO  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '2'
```

```
CALL DATO
MOVLW '8'
CALL DATO
GOTO BUCLE
IMP_4A
MOVLW '9'
CALL DATO
MOVLW '3'
CALL DATO
MOVLW ', '
CALL DATO
MOVLW '6'
CALL DATO
MOVLW '%'
CALL DATO
GOTO BUCLE
```

```
IMP_59
BTFSC SELECCION,1
GOTO IMP_5A
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '.'
CALL DATO
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '3'
CALL DATO
MOVLW '5'
CALL DATO
GOTO BUCLE
IMP_5A
MOVLW '9'
CALL DATO
MOVLW '2'
CALL DATO
MOVLW ', '
CALL DATO
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '%'
CALL DATO
GOTO BUCLE
```

```
IMP_58
BTFSC SELECCION,1
GOTO IMP_6A
```

```
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '.'  
CALL DATO  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '4'  
CALL DATO  
MOVLW '3'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE  
IMP_6A  
MOVLW '9'  
CALL DATO  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW ','  
CALL DATO  
MOVLW '4'  
CALL DATO  
MOVLW '%'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE
```

```
IMP_57  
BTFSC SELECCION,1  
GOTO IMP_7A  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '.'  
CALL DATO  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '5'  
CALL DATO  
MOVLW '1'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE  
IMP_7A  
MOVLW '8'  
CALL DATO  
MOVLW '8'  
CALL DATO  
MOVLW ','  
CALL DATO  
MOVLW '8'  
CALL DATO  
MOVLW '%'  
CALL DATO
```

GOTO BUCLE

```
IMP_56
BTFSCL SELECCION,1
GOTO IMP_8A
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '.'
CALL DATO
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '5'
CALL DATO
MOVLW '8'
CALL DATO
GOTO BUCLE
IMP_8A
MOVLW '8'
CALL DATO
MOVLW '7'
CALL DATO
MOVLW ','
CALL DATO
MOVLW '3'
CALL DATO
MOVLW '%'
CALL DATO
GOTO BUCLE
```

```
IMP_55
BTFSCL SELECCION,1
GOTO IMP_9A
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '.'
CALL DATO
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '6'
CALL DATO
MOVLW '6'
CALL DATO
GOTO BUCLE
IMP_9A
MOVLW '8'
CALL DATO
MOVLW '5'
CALL DATO
```

```
MOVLW ','  
CALL DATO  
MOVLW '7'  
CALL DATO  
MOVLW '%'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE
```

```
IMP_54  
BTFSC SELECCION,1  
GOTO IMP_10A  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '.'  
CALL DATO  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '7'  
CALL DATO  
MOVLW '5'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE  
IMP_10A  
MOVLW '8'  
CALL DATO  
MOVLW '4'  
CALL DATO  
MOVLW ','  
CALL DATO  
MOVLW '1'  
CALL DATO  
MOVLW '%'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE
```

```
IMP_53  
BTFSC SELECCION,1  
GOTO IMP_11A  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '.'  
CALL DATO  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '8'  
CALL DATO  
MOVLW '3'  
CALL DATO
```

```
GOTO BUCLE
IMP_11A
MOVLW '8'
CALL DATO
MOVLW '2'
CALL DATO
MOVLW ','
CALL DATO
MOVLW '5'
CALL DATO
MOVLW '%'
CALL DATO
GOTO BUCLE
```

```
IMP_52
BTFSC SELECCION,1
GOTO IMP_12A
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '.'
CALL DATO
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '9'
CALL DATO
MOVLW '1'
CALL DATO
GOTO BUCLE
IMP_12A
MOVLW '8'
CALL DATO
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW ','
CALL DATO
MOVLW '9'
CALL DATO
MOVLW '%'
CALL DATO
GOTO BUCLE
```

```
IMP_51
BTFSC SELECCION,1
GOTO IMP_13A
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '.'
CALL DATO
```

```
MOVLW '1'  
CALL DATO  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE  
IMP_13A  
MOVLW '7'  
CALL DATO  
MOVLW '9'  
CALL DATO  
MOVLW ', '  
CALL DATO  
MOVLW '3'  
CALL DATO  
MOVLW '%'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE
```

```
IMP_50  
BTFSC SELECCION,1  
GOTO IMP_14A  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '.'  
CALL DATO  
MOVLW '1'  
CALL DATO  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '9'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE  
IMP_14A  
MOVLW '7'  
CALL DATO  
MOVLW '7'  
CALL DATO  
MOVLW ', '  
CALL DATO  
MOVLW '7'  
CALL DATO  
MOVLW '%'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE
```

```
IMP_49
BTFSC SELECCION,1
GOTO IMP_15A
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '.'
CALL DATO
MOVLW '1'
CALL DATO
MOVLW '1'
CALL DATO
MOVLW '8'
CALL DATO
GOTO BUCLE
IMP_15A
MOVLW '7'
CALL DATO
MOVLW '6'
CALL DATO
MOVLW ','
CALL DATO
MOVLW '1'
CALL DATO
MOVLW '%'
CALL DATO
GOTO BUCLE
```

```
IMP_48
BTFSC SELECCION,1
GOTO IMP_16A
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '.'
CALL DATO
MOVLW '1'
CALL DATO
MOVLW '2'
CALL DATO
MOVLW '7'
CALL DATO
GOTO BUCLE
IMP_16A
MOVLW '7'
CALL DATO
MOVLW '4'
CALL DATO
MOVLW ','
CALL DATO
```

```
MOVLW '6'  
CALL DATO  
MOVLW '%'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE
```

```
IMP_47  
BTFSC SELECCION,1  
GOTO IMP_17A  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '.'  
CALL DATO  
MOVLW '1'  
CALL DATO  
MOVLW '3'  
CALL DATO  
MOVLW '6'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE  
IMP_17A  
MOVLW '7'  
CALL DATO  
MOVLW '3'  
CALL DATO  
MOVLW ','  
CALL DATO  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '%'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE
```

```
IMP_46  
BTFSC SELECCION,1  
GOTO IMP_18A  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '.'  
CALL DATO  
MOVLW '1'  
CALL DATO  
MOVLW '4'  
CALL DATO  
MOVLW '6'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE  
IMP_18A
```

```
MOVLW '7'  
CALL DATO  
MOVLW '1'  
CALL DATO  
MOVLW ','  
CALL DATO  
MOVLW '4'  
CALL DATO  
MOVLW '%'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE
```

```
IMP_45  
BTFSC SELECCION,1  
GOTO IMP_19A  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '.'  
CALL DATO  
MOVLW '1'  
CALL DATO  
MOVLW '5'  
CALL DATO  
MOVLW '5'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE  
IMP_19A  
MOVLW '6'  
CALL DATO  
MOVLW '9'  
CALL DATO  
MOVLW ','  
CALL DATO  
MOVLW '8'  
CALL DATO  
MOVLW '%'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE
```

```
IMP_44  
BTFSC SELECCION,1  
GOTO IMP_20A  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '.'  
CALL DATO  
MOVLW '1'
```

```
CALL DATO
MOVLW '6'
CALL DATO
MOVLW '5'
CALL DATO
GOTO BUCLE
IMP_20A
MOVLW '6'
CALL DATO
MOVLW '8'
CALL DATO
MOVLW ','
CALL DATO
MOVLW '2'
CALL DATO
MOVLW '%'
CALL DATO
GOTO BUCLE
```

```
IMP_43
BTFSC SELECCION,1
GOTO IMP_21A
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '.'
CALL DATO
MOVLW '1'
CALL DATO
MOVLW '7'
CALL DATO
MOVLW '6'
CALL DATO
GOTO BUCLE
IMP_21A
MOVLW '6'
CALL DATO
MOVLW '6'
CALL DATO
MOVLW ','
CALL DATO
MOVLW '6'
CALL DATO
MOVLW '%'
CALL DATO
GOTO BUCLE
```

```
IMP_42
```

```
BTFSC SELECCION,1
GOTO IMP_22A
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '.'
CALL DATO
MOVLW '1'
CALL DATO
MOVLW '8'
CALL DATO
MOVLW '6'
CALL DATO
GOTO BUCLE
IMP_22A
MOVLW '6'
CALL DATO
MOVLW '5'
CALL DATO
MOVLW ','
CALL DATO
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '%'
CALL DATO
GOTO BUCLE
```

```
IMP_41
BTFSC SELECCION,1
GOTO IMP_23A
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '.'
CALL DATO
MOVLW '1'
CALL DATO
MOVLW '9'
CALL DATO
MOVLW '7'
CALL DATO
GOTO BUCLE
IMP_23A
MOVLW '6'
CALL DATO
MOVLW '3'
CALL DATO
MOVLW ','
CALL DATO
MOVLW '4'
```

```
CALL DATO
MOVLW '%'
CALL DATO
GOTO BUCLE
```

```
IMP_40
BTFSC SELECCION,1
GOTO IMP_24A
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '.'
CALL DATO
MOVLW '2'
CALL DATO
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '8'
CALL DATO
GOTO BUCLE
IMP_24A
MOVLW '6'
CALL DATO
MOVLW '1'
CALL DATO
MOVLW ','
CALL DATO
MOVLW '9'
CALL DATO
MOVLW '%'
CALL DATO
GOTO BUCLE
```

```
IMP_39
BTFSC SELECCION,1
GOTO IMP_25A
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '.'
CALL DATO
MOVLW '2'
CALL DATO
MOVLW '1'
CALL DATO
MOVLW '9'
CALL DATO
GOTO BUCLE
IMP_25A
MOVLW '6'
```

```
CALL DATO
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW ','
CALL DATO
MOVLW '3'
CALL DATO
MOVLW '%'
CALL DATO
GOTO BUCLE
```

```
IMP_38
BTFSC SELECCION,1
GOTO IMP_26A
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '.'
CALL DATO
MOVLW '2'
CALL DATO
MOVLW '3'
CALL DATO
MOVLW '1'
CALL DATO
GOTO BUCLE
IMP_26A
MOVLW '5'
CALL DATO
MOVLW '8'
CALL DATO
MOVLW ','
CALL DATO
MOVLW '7'
CALL DATO
MOVLW '%'
CALL DATO
GOTO BUCLE
```

```
IMP_37
BTFSC SELECCION,1
GOTO IMP_27A
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '.'
CALL DATO
MOVLW '2'
CALL DATO
MOVLW '4'
```

```
CALL DATO
MOVLW '3'
CALL DATO
GOTO BUCLE
IMP_27A
MOVLW '5'
CALL DATO
MOVLW '7'
CALL DATO
MOVLW ', '
CALL DATO
MOVLW '1'
CALL DATO
MOVLW '%'
CALL DATO
GOTO BUCLE
```

```
IMP_36
BTFSC SELECCION,1
GOTO IMP_28A
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '.'
CALL DATO
MOVLW '2'
CALL DATO
MOVLW '5'
CALL DATO
MOVLW '5'
CALL DATO
GOTO BUCLE
IMP_28A
MOVLW '5'
CALL DATO
MOVLW '5'
CALL DATO
MOVLW ', '
CALL DATO
MOVLW '5'
CALL DATO
MOVLW '%'
CALL DATO
GOTO BUCLE
```

```
IMP_35
BTFSC SELECCION,1
GOTO IMP_29A
MOVLW '0'
CALL DATO
```

```
MOVLW '.'
CALL DATO
MOVLW '2'
CALL DATO
MOVLW '6'
CALL DATO
MOVLW '7'
CALL DATO
GOTO BUCLE
IMP_29A
MOVLW '5'
CALL DATO
MOVLW '3'
CALL DATO
MOVLW ','
CALL DATO
MOVLW '9'
CALL DATO
MOVLW '%'
CALL DATO
GOTO BUCLE
```

```
IMP_34
BTFSC SELECCION,1
GOTO IMP_30A
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '.'
CALL DATO
MOVLW '2'
CALL DATO
MOVLW '8'
CALL DATO
MOVLW '0'
CALL DATO
GOTO BUCLE
IMP_30A
MOVLW '5'
CALL DATO
MOVLW '2'
CALL DATO
MOVLW ','
CALL DATO
MOVLW '3'
CALL DATO
MOVLW '%'
CALL DATO
GOTO BUCLE
```

```
IMP_33
BTFSC SELECCION,1
GOTO IMP_31A
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '.'
CALL DATO
MOVLW '2'
CALL DATO
MOVLW '9'
CALL DATO
MOVLW '4'
CALL DATO
GOTO BUCLE
IMP_31A
MOVLW '5'
CALL DATO
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW ','
CALL DATO
MOVLW '7'
CALL DATO
MOVLW '%'
CALL DATO
GOTO BUCLE
```

```
IMP_32
BTFSC SELECCION,1
GOTO IMP_32A
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '.'
CALL DATO
MOVLW '3'
CALL DATO
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '7'
CALL DATO
GOTO BUCLE
IMP_32A
MOVLW '4'
CALL DATO
MOVLW '9'
CALL DATO
MOVLW ','
CALL DATO
```

```
MOVLW '2'  
CALL DATO  
MOVLW '%'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE
```

```
IMP_31  
BTFSC SELECCION,1  
GOTO IMP_33A  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '.'  
CALL DATO  
MOVLW '3'  
CALL DATO  
MOVLW '2'  
CALL DATO  
MOVLW '2'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE  
IMP_33A  
MOVLW '4'  
CALL DATO  
MOVLW '7'  
CALL DATO  
MOVLW ','  
CALL DATO  
MOVLW '6'  
CALL DATO  
MOVLW '%'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE
```

```
IMP_30  
BTFSC SELECCION,1  
GOTO IMP_34A  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '.'  
CALL DATO  
MOVLW '3'  
CALL DATO  
MOVLW '3'  
CALL DATO  
MOVLW '6'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE  
IMP_34A
```

```
MOVLW '4'  
CALL DATO  
MOVLW '6'  
CALL DATO  
MOVLW ','  
CALL DATO  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '%'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE
```

```
IMP_29  
BTFSC SELECCION,1  
GOTO IMP_35A  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '.'  
CALL DATO  
MOVLW '3'  
CALL DATO  
MOVLW '5'  
CALL DATO  
MOVLW '2'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE  
IMP_35A  
MOVLW '4'  
CALL DATO  
MOVLW '4'  
CALL DATO  
MOVLW ','  
CALL DATO  
MOVLW '4'  
CALL DATO  
MOVLW '%'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE
```

```
IMP_28  
BTFSC SELECCION,1  
GOTO IMP_36A  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '.'  
CALL DATO  
MOVLW '3'  
CALL DATO  
MOVLW '6'
```

```
CALL DATO
MOVLW '7'
CALL DATO
GOTO BUCLE
IMP_36A
MOVLW '4'
CALL DATO
MOVLW '2'
CALL DATO
MOVLW ','
CALL DATO
MOVLW '8'
CALL DATO
MOVLW '%'
CALL DATO
GOTO BUCLE
```

```
IMP_27
BTFSC SELECCION,1
GOTO IMP_37A
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '.'
CALL DATO
MOVLW '3'
CALL DATO
MOVLW '8'
CALL DATO
MOVLW '4'
CALL DATO
GOTO BUCLE
IMP_37A
MOVLW '4'
CALL DATO
MOVLW '1'
CALL DATO
MOVLW ','
CALL DATO
MOVLW '2'
CALL DATO
MOVLW '%'
CALL DATO
GOTO BUCLE
```

```
IMP_26
BTFSC SELECCION,1
GOTO IMP_38A
```

```
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '.'  
CALL DATO  
MOVLW '4'  
CALL DATO  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '1'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE  
IMP_38A  
MOVLW '3'  
CALL DATO  
MOVLW '9'  
CALL DATO  
MOVLW ','  
CALL DATO  
MOVLW '6'  
CALL DATO  
MOVLW '%'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE
```

```
IMP_25  
BTFSC SELECCION,1  
GOTO IMP_39A  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '.'  
CALL DATO  
MOVLW '4'  
CALL DATO  
MOVLW '1'  
CALL DATO  
MOVLW '9'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE  
IMP_39A  
MOVLW '3'  
CALL DATO  
MOVLW '8'  
CALL DATO  
MOVLW ','  
CALL DATO  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '%'  
CALL DATO
```

GOTO BUCLE

IMP_24
BTFS SELECCION,1
GOTO IMP_40A
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '.'
CALL DATO
MOVLW '4'
CALL DATO
MOVLW '3'
CALL DATO
MOVLW '7'
CALL DATO
GOTO BUCLE
IMP_40A
MOVLW '3'
CALL DATO
MOVLW '6'
CALL DATO
MOVLW ','
CALL DATO
MOVLW '5'
CALL DATO
MOVLW '%'
CALL DATO
GOTO BUCLE

IMP_23
BTFS SELECCION,1
GOTO IMP_41A
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '.'
CALL DATO
MOVLW '4'
CALL DATO
MOVLW '5'
CALL DATO
MOVLW '6'
CALL DATO
GOTO BUCLE
IMP_41A
MOVLW '3'
CALL DATO
MOVLW '4'
CALL DATO

```
MOVLW ','  
CALL DATO  
MOVLW '9'  
CALL DATO  
MOVLW '%'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE
```

```
IMP_22  
BTFSC SELECCION,1  
GOTO IMP_42A  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '.'  
CALL DATO  
MOVLW '4'  
CALL DATO  
MOVLW '7'  
CALL DATO  
MOVLW '7'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE  
IMP_42A  
MOVLW '3'  
CALL DATO  
MOVLW '3'  
CALL DATO  
MOVLW ','  
CALL DATO  
MOVLW '3'  
CALL DATO  
MOVLW '%'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE
```

```
IMP_21  
BTFSC SELECCION,1  
GOTO IMP_43A  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '.'  
CALL DATO  
MOVLW '4'  
CALL DATO  
MOVLW '9'  
CALL DATO  
MOVLW '8'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE
```

```
IMP_43A
MOVLW '3'
CALL DATO
MOVLW '1'
CALL DATO
MOVLW ','
CALL DATO
MOVLW '7'
CALL DATO
MOVLW '%'
CALL DATO
GOTO BUCLE
```

```
IMP_20
BTFSC SELECCION,1
GOTO IMP_44A
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '.'
CALL DATO
MOVLW '5'
CALL DATO
MOVLW '2'
CALL DATO
MOVLW '0'
CALL DATO
GOTO BUCLE
```

```
IMP_44A
MOVLW '3'
CALL DATO
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW ','
CALL DATO
MOVLW '1'
CALL DATO
MOVLW '%'
CALL DATO
GOTO BUCLE
```

```
IMP_19
BTFSC SELECCION,1
GOTO IMP_45A
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '.'
CALL DATO
MOVLW '5'
CALL DATO
```

```
MOVLW '4'  
CALL DATO  
MOVLW '4'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE  
IMP_45A  
MOVLW '2'  
CALL DATO  
MOVLW '8'  
CALL DATO  
MOVLW ', '  
CALL DATO  
MOVLW '5'  
CALL DATO  
MOVLW '%'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE
```

```
IMP_18  
BTFSC SELECCION,1  
GOTO IMP_46A  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '.'  
CALL DATO  
MOVLW '5'  
CALL DATO  
MOVLW '6'  
CALL DATO  
MOVLW '8'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE  
IMP_46A  
MOVLW '2'  
CALL DATO  
MOVLW '6'  
CALL DATO  
MOVLW ', '  
CALL DATO  
MOVLW '9'  
CALL DATO  
MOVLW '%'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE
```

```
IMP_17  
BTFSC SELECCION,1  
GOTO IMP_47A  
MOVLW '0'
```

```
CALL DATO
MOVLW '.'
CALL DATO
MOVLW '5'
CALL DATO
MOVLW '9'
CALL DATO
MOVLW '5'
CALL DATO
GOTO BUCLE
IMP_47A
MOVLW '2'
CALL DATO
MOVLW '5'
CALL DATO
MOVLW ','
CALL DATO
MOVLW '3'
CALL DATO
MOVLW '%'
CALL DATO
GOTO BUCLE
```

```
IMP_16
BTFSC SELECCION,1
GOTO IMP_48A
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '.'
CALL DATO
MOVLW '6'
CALL DATO
MOVLW '2'
CALL DATO
MOVLW '3'
CALL DATO
GOTO BUCLE
IMP_48A
MOVLW '2'
CALL DATO
MOVLW '3'
CALL DATO
MOVLW ','
CALL DATO
MOVLW '8'
CALL DATO
MOVLW '%'
CALL DATO
GOTO BUCLE
```

```
IMP_15
BTFS SC SELECCION,1
GOTO IMP_49A
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '.'
CALL DATO
MOVLW '6'
CALL DATO
MOVLW '5'
CALL DATO
MOVLW '3'
CALL DATO
GOTO BUCLE
IMP_49A
MOVLW '2'
CALL DATO
MOVLW '2'
CALL DATO
MOVLW ','
CALL DATO
MOVLW '2'
CALL DATO
MOVLW '%'
CALL DATO
GOTO BUCLE
```

```
IMP_14
BTFS SC SELECCION,1
GOTO IMP_50A
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '.'
CALL DATO
MOVLW '6'
CALL DATO
MOVLW '8'
CALL DATO
MOVLW '5'
CALL DATO
GOTO BUCLE
IMP_50A
MOVLW '2'
CALL DATO
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW ','
CALL DATO
```

```
MOVLW '6'  
CALL DATO  
MOVLW '%'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE
```

```
IMP_13  
BTFSC SELECCION,1  
GOTO IMP_51A  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '.'  
CALL DATO  
MOVLW '7'  
CALL DATO  
MOVLW '2'  
CALL DATO  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE  
IMP_51A  
MOVLW '1'  
CALL DATO  
MOVLW '9'  
CALL DATO  
MOVLW ','  
CALL DATO  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '%'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE
```

```
IMP_12  
BTFSC SELECCION,1  
GOTO IMP_52A  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '.'  
CALL DATO  
MOVLW '7'  
CALL DATO  
MOVLW '5'  
CALL DATO  
MOVLW '7'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE  
IMP_52A
```

```
MOVLW '1'  
CALL DATO  
MOVLW '7'  
CALL DATO  
MOVLW ','  
CALL DATO  
MOVLW '4'  
CALL DATO  
MOVLW '%'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE
```

```
IMP_11  
BTFSC SELECCION,1  
GOTO IMP_53A  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '.'  
CALL DATO  
MOVLW '7'  
CALL DATO  
MOVLW '9'  
CALL DATO  
MOVLW '9'  
CALL DATO  
MOVLW '9'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE  
IMP_53A  
MOVLW '1'  
CALL DATO  
MOVLW '5'  
CALL DATO  
MOVLW ','  
CALL DATO  
MOVLW '8'  
CALL DATO  
MOVLW '%'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE
```

```
IMP_10  
BTFSC SELECCION,1  
GOTO IMP_54A  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '.'  
CALL DATO  
MOVLW '8'  
CALL DATO  
MOVLW '4'
```

```
CALL DATO
MOVLW '5'
CALL DATO
GOTO BUCLE
IMP_54A
MOVLW '1'
CALL DATO
MOVLW '4'
CALL DATO
MOVLW ','
CALL DATO
MOVLW '2'
CALL DATO
MOVLW '%'
CALL DATO
GOTO BUCLE
```

```
IMP_9
BTFSC SELECCION,1
GOTO IMP_55A
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '.'
CALL DATO
MOVLW '8'
CALL DATO
MOVLW '9'
CALL DATO
MOVLW '6'
CALL DATO
GOTO BUCLE
IMP_55A
MOVLW '1'
CALL DATO
MOVLW '2'
CALL DATO
MOVLW ','
CALL DATO
MOVLW '6'
CALL DATO
MOVLW '%'
CALL DATO
GOTO BUCLE
```

```
IMP_8
BTFSC SELECCION,1
GOTO IMP_56A
MOVLW '0'
CALL DATO
```

```
MOVLW '.'
CALL DATO
MOVLW '9'
CALL DATO
MOVLW '5'
CALL DATO
MOVLW '4'
CALL DATO
GOTO BUCLE
IMP_56A
MOVLW '1'
CALL DATO
MOVLW '1'
CALL DATO
MOVLW ','
CALL DATO
MOVLW '1'
CALL DATO
MOVLW '%'
CALL DATO
GOTO BUCLE
```

```
IMP_7
BTFSC SELECCION,1
GOTO IMP_57A
MOVLW '1'
CALL DATO
MOVLW '.'
CALL DATO
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '2'
CALL DATO
MOVLW '1'
CALL DATO
GOTO BUCLE
IMP_57A
MOVLW '9'
CALL DATO
MOVLW ','
CALL DATO
MOVLW '5'
CALL DATO
MOVLW '2'
CALL DATO
MOVLW '%'
CALL DATO
GOTO BUCLE
```

```
IMP_6
BTFSC SELECCION,1
GOTO IMP_58A
MOVLW '1'
CALL DATO
MOVLW '.'
CALL DATO
MOVLW '1'
CALL DATO
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '0'
CALL DATO
GOTO BUCLE
IMP_58A
MOVLW '7'
CALL DATO
MOVLW ','
CALL DATO
MOVLW '9'
CALL DATO
MOVLW '3'
CALL DATO
MOVLW '%'
CALL DATO
GOTO BUCLE
```

```
IMP_5
BTFSC SELECCION,1
GOTO IMP_59A
MOVLW '1'
CALL DATO
MOVLW '.'
CALL DATO
MOVLW '1'
CALL DATO
MOVLW '9'
CALL DATO
MOVLW '7'
CALL DATO
GOTO BUCLE
IMP_59A
MOVLW '6'
CALL DATO
MOVLW ','
CALL DATO
MOVLW '3'
CALL DATO
MOVLW '4'
```

```
CALL DATO
MOVLW '%'
CALL DATO
GOTO BUCLE
```

```
IMP_4
BTFSC SELECCION,1
GOTO IMP_60A
MOVLW '1'
CALL DATO
MOVLW '.'
CALL DATO
MOVLW '3'
CALL DATO
MOVLW '2'
CALL DATO
MOVLW '2'
CALL DATO
GOTO BUCLE
IMP_60A
MOVLW '4'
CALL DATO
MOVLW ','
CALL DATO
MOVLW '7'
CALL DATO
MOVLW '6'
CALL DATO
MOVLW '%'
CALL DATO
GOTO BUCLE
```

```
IMP_3
BTFSC SELECCION,1
GOTO IMP_61A
MOVLW '1'
CALL DATO
MOVLW '.'
CALL DATO
MOVLW '4'
CALL DATO
MOVLW '9'
CALL DATO
MOVLW '8'
CALL DATO
GOTO BUCLE
IMP_61A
MOVLW '3'
CALL DATO
```

```
MOVLW ','  
CALL DATO  
MOVLW '1'  
CALL DATO  
MOVLW '7'  
CALL DATO  
MOVLW '%'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE
```

```
IMP_2  
BTFSC SELECCION,1  
GOTO IMP_62A  
MOVLW '1'  
CALL DATO  
MOVLW '.'  
CALL DATO  
MOVLW '7'  
CALL DATO  
MOVLW '9'  
CALL DATO  
MOVLW '9'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE  
IMP_62A  
MOVLW '1'  
CALL DATO  
MOVLW ','  
CALL DATO  
MOVLW '5'  
CALL DATO  
MOVLW '8'  
CALL DATO  
MOVLW '%'  
CALL DATO  
GOTO BUCLE
```

```
IMP_1  
BTFSC SELECCION,1  
GOTO IMP_63A  
MOVLW '2'  
CALL DATO  
MOVLW '.'  
CALL DATO  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '0'  
CALL DATO  
MOVLW '0'
```

```
CALL DATO
GOTO BUCLE
IMP_63A
MOVLW '1'
CALL DATO
MOVLW ','
CALL DATO
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '0'
CALL DATO
MOVLW '%'
CALL DATO
GOTO BUCLE
```

MENSAJE2

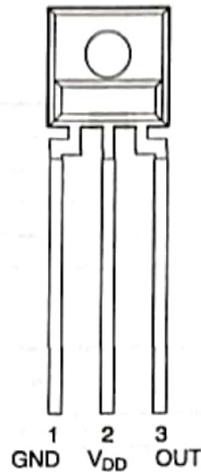
```
bcf PIR1,ADIF
MOVLW b'00000010' ; Borrar pantalla y puntero en la primera
linea
CALL LCD_REG
MOVLW ' '
CALL DATO
MOVLW 'T'
CALL DATO
MOVLW 'R'
CALL DATO
MOVLW 'A'
CALL DATO
MOVLW 'N'
CALL DATO
MOVLW 'S'
CALL DATO
MOVLW 'M'
CALL DATO
MOVLW 'I'
CALL DATO
MOVLW 'T'
CALL DATO
MOVLW 'A'
CALL DATO
MOVLW 'N'
CALL DATO
MOVLW 'C'
CALL DATO
MOVLW 'I'
CALL DATO
MOVLW 'A'
CALL DATO
```

```
movlw 0xC0      ; CAMBIO A SEGUNDA LINEA
CALL LCD_REG
MOVLW 0X02
MOVWF SELECCION
GOTO LISTO

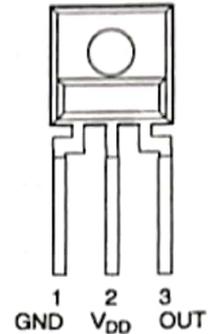
END
```

- Converts Light Intensity to Output Voltage
- Monolithic Silicon IC Containing Photodiode, Transconductance Amplifier, and Feedback Components
- Single-Supply Operation . . . 2.7 V to 5.5 V
- High Irradiance Responsivity . . . Typical 246 mV/($\mu\text{W}/\text{cm}^2$) at $\lambda_p = 640 \text{ nm}$ (TSL12S)
- Low Supply Current . . . 1.1 mA Typical
- Sidelooker 3-Lead Plastic Package
- RoHS Compliant (-LF Package Only)

PACKAGE S
SIDELOOKER
(FRONT VIEW)



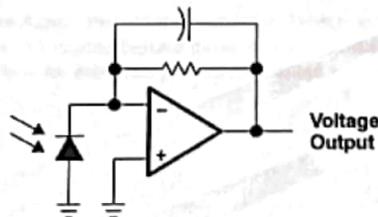
PACKAGE SM
SURFACE MOUNT
SIDELOOKER
(FRONT VIEW)



Description

The TSL12S, TSL13S, and TSL14S are cost-optimized, highly integrated light-to-voltage optical sensors, each combining a photodiode and a transimpedance amplifier (feedback resistor = 80 M Ω , 20 M Ω , and 5 M Ω , respectively) on a single monolithic integrated circuit. The photodiode active area is 0.5 mm \times 0.5 mm and the sensors respond to light in the range of 320 nm to 1050 nm. Output voltage is linear with light intensity (irradiance) incident on the sensor over a wide dynamic range. These devices are supplied in a 3-lead clear plastic sidelooker package (S). When supplied in the lead (Pb) free package, the device is RoHS compliant.

Functional Block Diagram



TSL12S, TSL13S, TSL14S LIGHT-TO-VOLTAGE CONVERTERS

TAOS051E - SEPTEMBER 2007

Available Options

DEVICE	T _A	PACKAGE - LEADS	PACKAGE DESIGNATOR	ORDERING NUMBER
TSL12S	0°C to 70°C	3-lead Sidelooker	S	TSL12S
TSL12S	0°C to 70°C	3-lead Sidelooker — Lead (Pb) Free	S	TSL12S-LF
TSL12S	0°C to 70°C	3-lead Surface-Mount Sidelooker — Lead (Pb) Free	SM	TSL12SM-LF
TSL13S	0°C to 70°C	3-lead Sidelooker	S	TSL13S
TSL13S	0°C to 70°C	3-lead Sidelooker — Lead (Pb) Free	S	TSL13S-LF
TSL13S	0°C to 70°C	3-lead Surface-Mount Sidelooker — Lead (Pb) Free	SM	TSL13SM-LF
TSL14S	0°C to 70°C	3-lead Sidelooker	S	TSL14S
TSL14S	0°C to 70°C	3-lead Sidelooker — Lead (Pb) Free	S	TSL14S-LF
TSL14S	0°C to 70°C	3-lead Surface-Mount Sidelooker — Lead (Pb) Free	SM	TSL14SM-LF

Terminal Functions

TERMINAL NAME	NO.	TYPE	DESCRIPTION
GND	1		Power supply ground (substrate). All voltages are referenced to GND.
OUT	3	O	Output voltage.
V _{DD}	2		Supply voltage.

Absolute Maximum Ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Supply voltage, V _{DD} (see Note 1)	6 V
Output current, I _O	±10 mA
Duration of short-circuit current at (or below) 25°C (see Note 2)	5 s
Operating free-air temperature range, T _A	-25°C to 85°C
Storage temperature range, T _{stg}	-25°C to 85°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds (S Package)	260°C
Reflow solder, in accordance with J-STD-020C or J-STD-020D (SM Package)	260°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

- NOTES: 1. All voltages are with respect to GND.
2. Output may be shorted to supply.

Recommended Operating Conditions

	MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage, V _{DD}	2.7		5.5	V
Operating free-air temperature, T _A	0		70	°C



TSL125, TSL135, TSL145 LIGHT-TO-VOLTAGE CONVERTERS

TSL125/E - SEP 13/02 - 2/277

Electrical Characteristics at $V_{DD} = 5\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $\lambda_p = 640\text{ nm}$, $R_L = 10\text{ k}\Omega$ (unless otherwise noted) (see Notes 3, 4, 5)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	TSL125			TSL135			TSL145			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
V_{OM} Maximum output voltage		4.5	4.9		4.5	4.9		4.5	4.9		V
V_O Output voltage	$E_a = 8\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$	1.5	2	2.5							V
	$E_a = 31\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$				1.5	2	2.5				
	$E_a = 120\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$							1.5	2	2.5	
	$E_a = 16\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$		4								
	$E_a = 62\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$					4					
	$E_a = 240\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$								4		
R_a Irradiance responsivity	Note 6		248			64			16		$\text{mV}/(\mu\text{W}/\text{cm}^2)$
V_{OS} Extrapolated offset voltage	Note 6	-0.02	0.03	0.08	-0.02	0.03	0.08	-0.02	0.03	0.08	V
V_d Dark voltage	$E_a = 0$	0		0.08	0		0.08	0		0.08	V
I_D Supply current	$E_a = 8\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$		1.1	1.7							mA
	$E_a = 31\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$					1.1	1.7				
	$E_a = 120\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$								1.1	1.7	

- NOTES: 3. Measurements are made with $R_L = 10\text{ k}\Omega$ between output and ground.
 4. Optical measurements are made using small-angle incident radiation from an LED optical source.
 5. The 640 nm input irradiance E_a is supplied by an AlInGaP LED with peak wavelength $\lambda_p = 640\text{ nm}$.
 6. Irradiance responsivity is characterized over the range $V_O = 0.2$ to 4 V . The best-fit straight line of Output Voltage V_O versus irradiance E_a over this range may have a positive or negative extrapolated V_O value for $E_a = 0$. For low irradiance values, the output voltage V_O versus irradiance E_a characteristic is non linear with a deviation toward $V_O = 0$, $E_a = 0$ origin from the best-fit straight line referenced above.

Dynamic Characteristics at $V_{DD} = 5\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $\lambda_p = 640\text{ nm}$, $R_L = 10\text{ k}\Omega$ (unless otherwise noted) (see Figure 1)

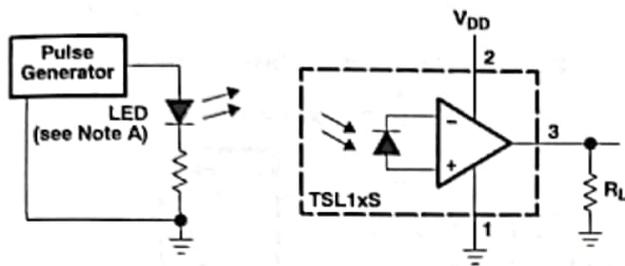
PARAMETER	TEST CONDITIONS	TSL125			TSL135			TSL145			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
t_{dr} Output pulse delay time for rising edge (0% to 10%)	Min $V_O = 0\text{ V}$; Peak $V_O = 2\text{ V}$		13			1.7			0.9		μs
	Min $V_O = 0.5\text{ V}$; Peak $V_O = 2\text{ V}$		2.3			1.2			0.6		
t_r Output pulse rise time (10% to 90%)	Min $V_O = 0\text{ V}$; Peak $V_O = 2\text{ V}$		20			7.2			2.6		μs
	Min $V_O = 0.5\text{ V}$; Peak $V_O = 2\text{ V}$		10			6.5			2.9		
t_{df} Output pulse delay time for falling edge (100% to 90%)	Min $V_O = 0\text{ V}$; Peak $V_O = 2\text{ V}$		2.3			1.2			0.8		μs
	Min $V_O = 0.5\text{ V}$; Peak $V_O = 2\text{ V}$		2.2			1.1			0.7		
t_f Output pulse fall time (90% to 10%)	Min $V_O = 0\text{ V}$; Peak $V_O = 2\text{ V}$		10			6.8			2.9		μs
	Min $V_O = 0.5\text{ V}$; Peak $V_O = 2\text{ V}$		9			6.4			2.6		



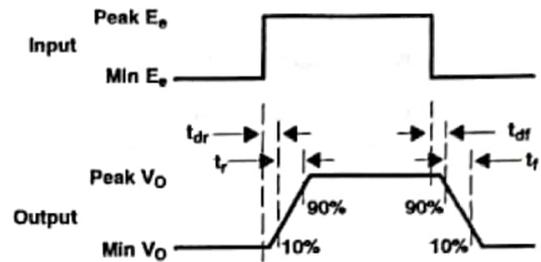
TSL12S, TSL13S, TSL14S LIGHT-TO-VOLTAGE CONVERTERS

TAOS051E - SEPTEMBER 2007

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



TEST CIRCUIT



OUTPUT VOLTAGE WAVEFORM (See Note B)

- NOTES: A. The input irradiance is supplied by a pulsed AlInGaP light-emitting diode with the following characteristics: $\lambda_p = 640$ nm, $t_r < 1$ μ s, $t_f < 1$ μ s.
B. The output waveform is monitored on an oscilloscope with the following characteristics: $t_r < 100$ ns, $Z_i \geq 1$ M Ω , $C_i \leq 20$ pF.

Figure 1. Switching Times

TYPICAL CHARACTERISTICS

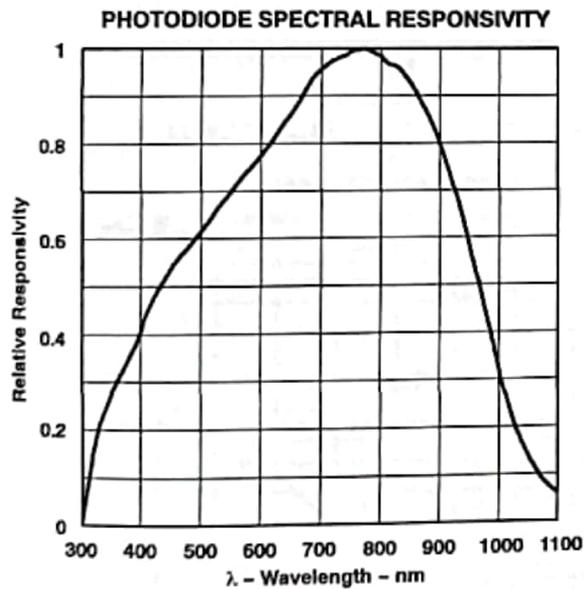


Figure 2

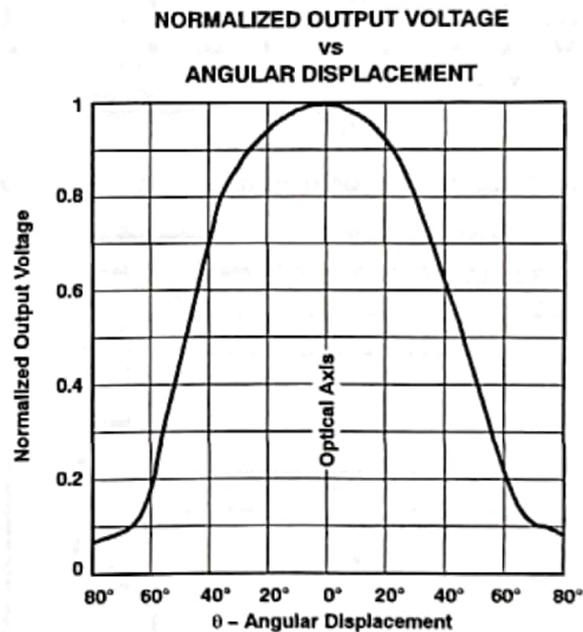


Figure 3



TYPICAL CHARACTERISTICS

TSL12S

RISING EDGE DYNAMIC CHARACTERISTICS
vs.
PEAK OUTPUT VOLTAGE

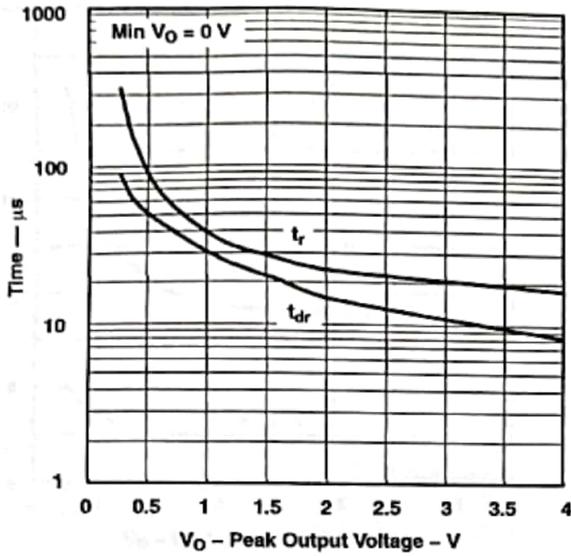


Figure 4

RISING EDGE DYNAMIC CHARACTERISTICS
vs.
PEAK OUTPUT VOLTAGE

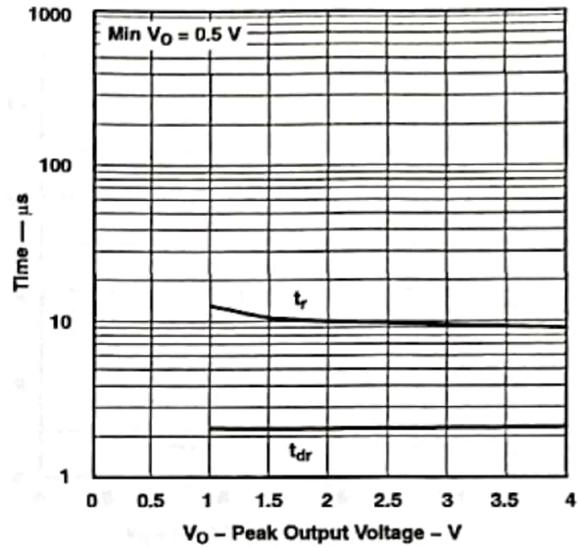


Figure 5

FALLING EDGE DYNAMIC CHARACTERISTICS
vs.
PEAK OUTPUT VOLTAGE

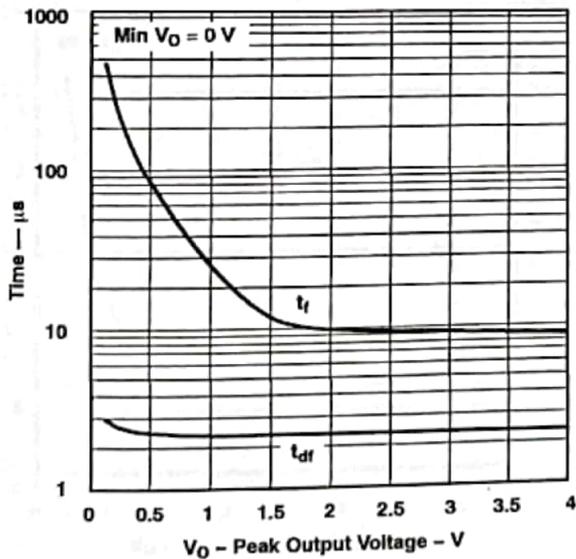


Figure 6

FALLING EDGE DYNAMIC CHARACTERISTICS
vs.
PEAK OUTPUT VOLTAGE

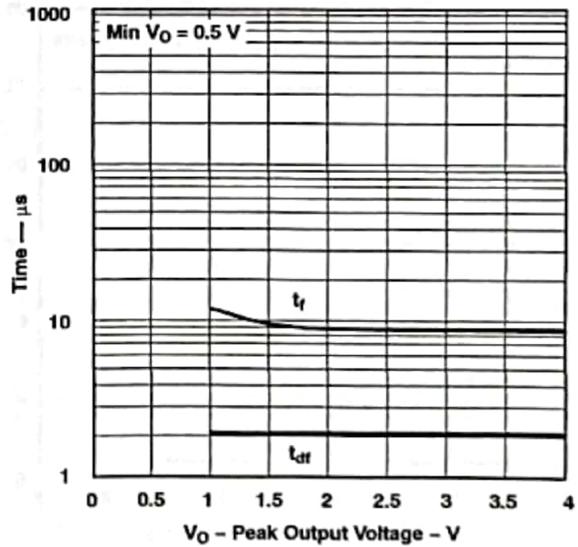


Figure 7



TSL12S, TSL13S, TSL14S LIGHT-TO-VOLTAGE CONVERTERS

TAOS051E – SEPTEMBER 2007

TYPICAL CHARACTERISTICS

TSL13S

RISING EDGE DYNAMIC CHARACTERISTICS
vs.
PEAK OUTPUT VOLTAGE

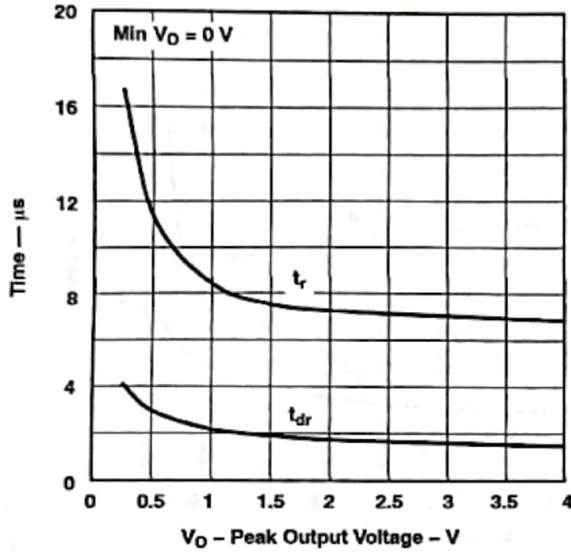


Figure 8

RISING EDGE DYNAMIC CHARACTERISTICS
vs.
PEAK OUTPUT VOLTAGE

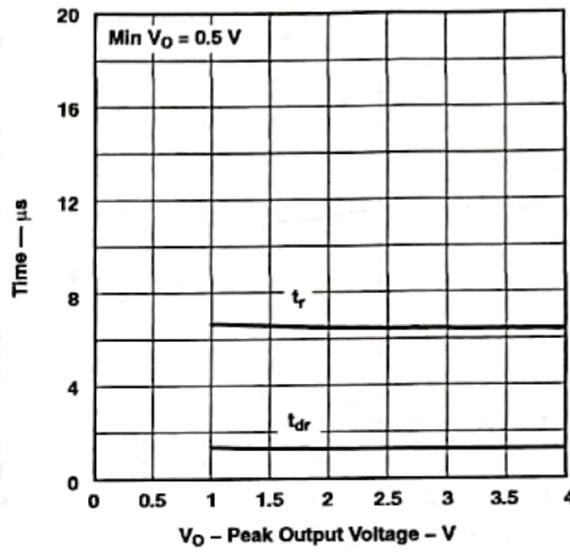


Figure 9

FALLING EDGE DYNAMIC CHARACTERISTICS
vs.
PEAK OUTPUT VOLTAGE

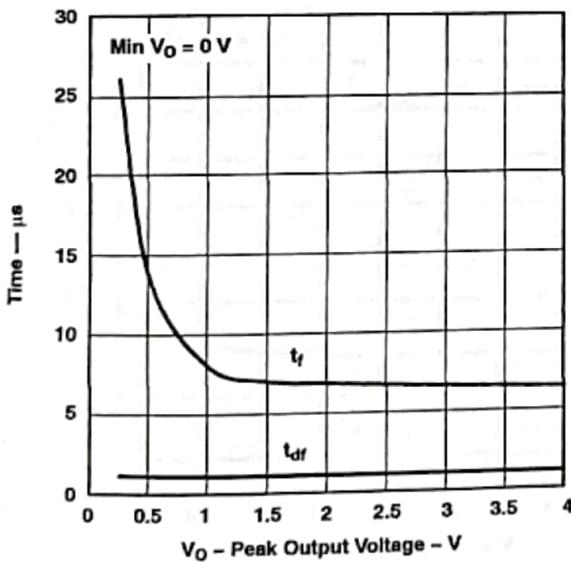


Figure 10

FALLING EDGE DYNAMIC CHARACTERISTICS
vs.
PEAK OUTPUT VOLTAGE

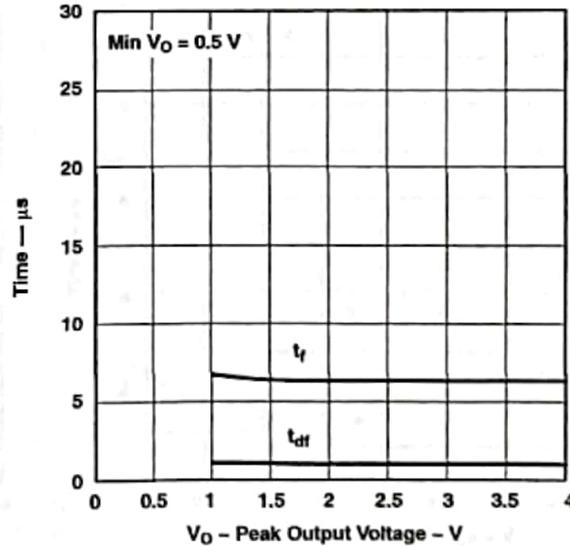


Figure 11



TYPICAL CHARACTERISTICS

TSL14S

RISING EDGE DYNAMIC CHARACTERISTICS
vs.
PEAK OUTPUT VOLTAGE

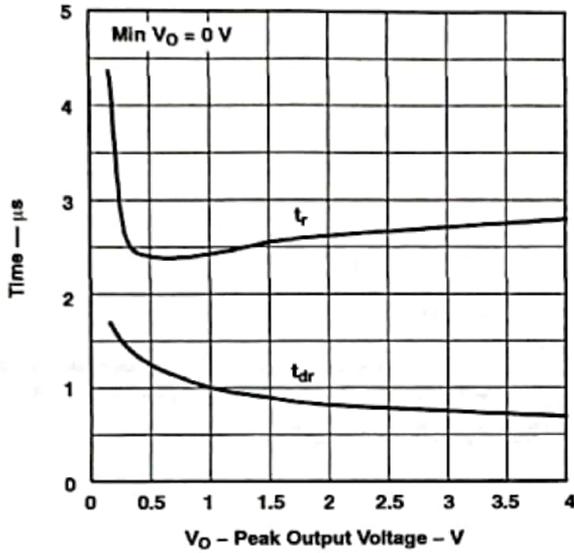


Figure 12

RISING EDGE DYNAMIC CHARACTERISTICS
vs.
PEAK OUTPUT VOLTAGE

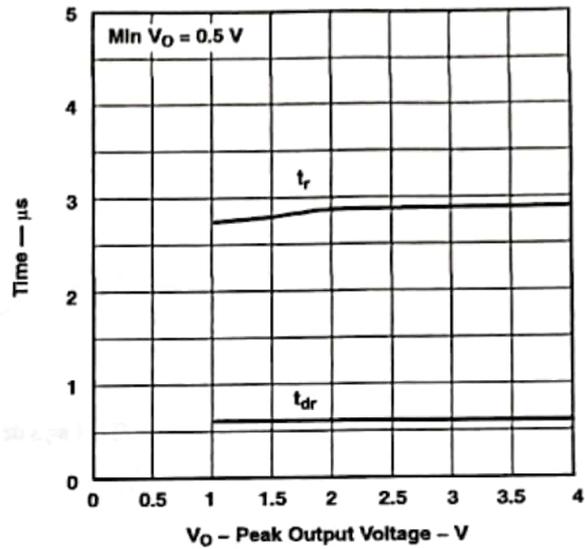


Figure 13

FALLING EDGE DYNAMIC CHARACTERISTICS
vs.
PEAK OUTPUT VOLTAGE

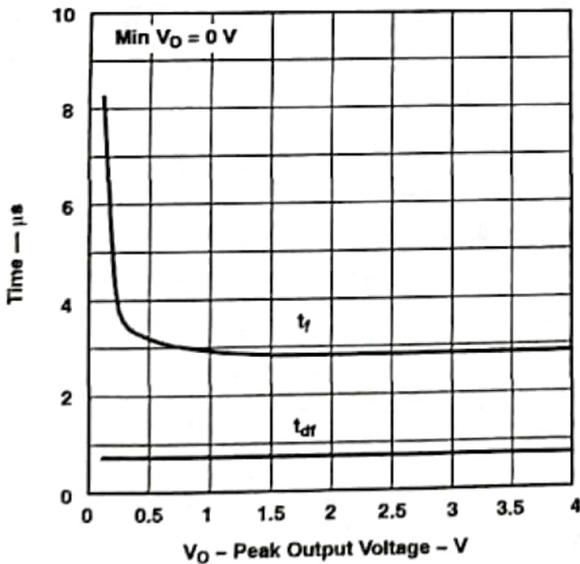


Figure 14

FALLING EDGE DYNAMIC CHARACTERISTICS
vs.
PEAK OUTPUT VOLTAGE

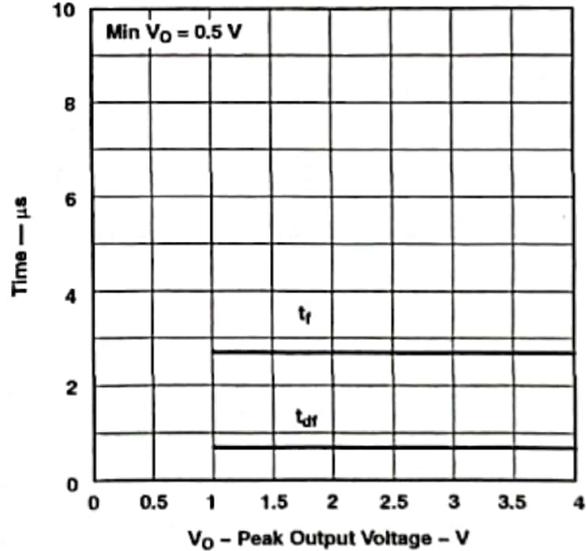


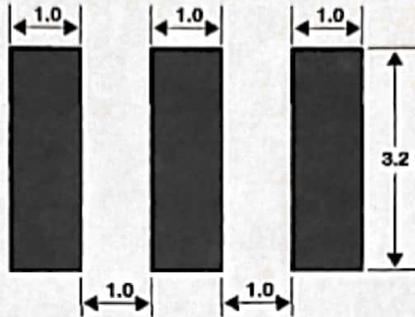
Figure 15



APPLICATION INFORMATION

PCB Pad Layout

Suggested PCB pad layout guidelines for the SM surface mount package are shown in Figure 16.



- NOTES: A. All linear dimensions are in millimeters.
B. This drawing is subject to change without notice.

Figure 16. Suggested SM Package PCB Layout

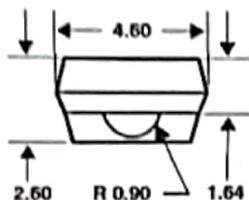
MECHANICAL DATA

The TSL12S, TSL13S, and TSL14S are supplied in a clear 3-lead through-hole package with a molded lens.

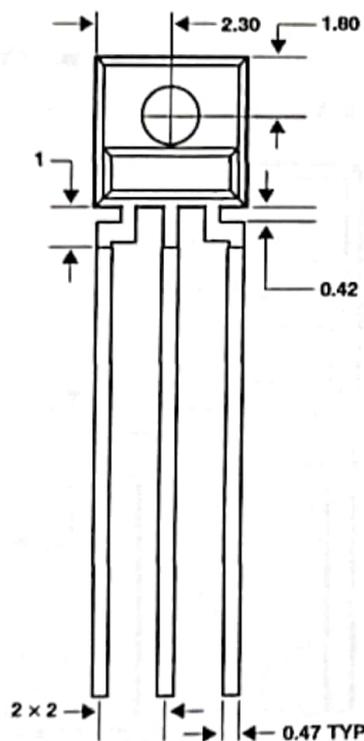
PACKAGE S

PLASTIC SINGLE-IN-LINE SIDE-LOOKER PACKAGE

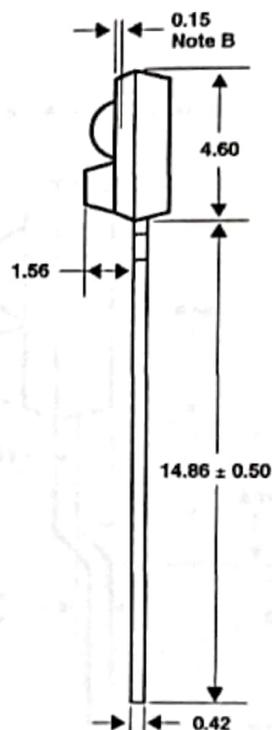
TOP VIEW



FRONT VIEW



SIDE VIEW



Lead Free
Available

- NOTES: A. All linear dimensions are in millimeters; tolerance is ± 0.25 mm unless otherwise stated.
 B. Dimension is to center of lens arc, which is located below the package face.
 C. The 0.50 mm \times 0.50 mm integrated photodiode active area is typically located in the center of the lens and 0.97 mm below the top of the lens surface.
 D. Index of refraction of clear plastic is 1.55.
 E. Lead finish for TSL1xS: solder dipped, 63% Sn/37% Pb. Lead finish for TSL1xS-LF: solder dipped, 100% Sn.
 F. This drawing is subject to change without notice.

Figure 17. Package S — Single-In-Line Side-Looker Package Configuration



TSL12S, TSL13S, TSL14S LIGHT-TO-VOLTAGE CONVERTERS

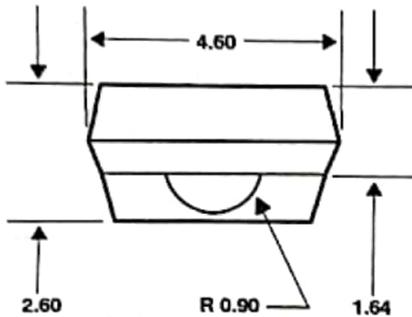
TAOS051E – SEPTEMBER 2007

MECHANICAL DATA

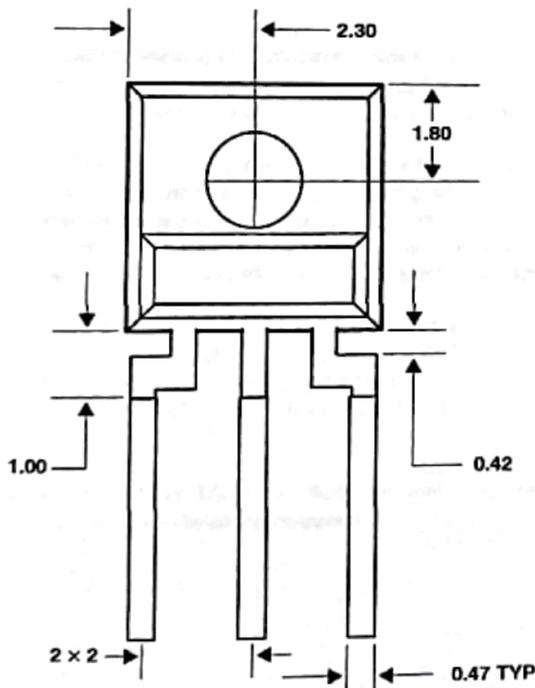
PACKAGE SM

PLASTIC SURFACE MOUNT SIDE-LOOKER PACKAGE

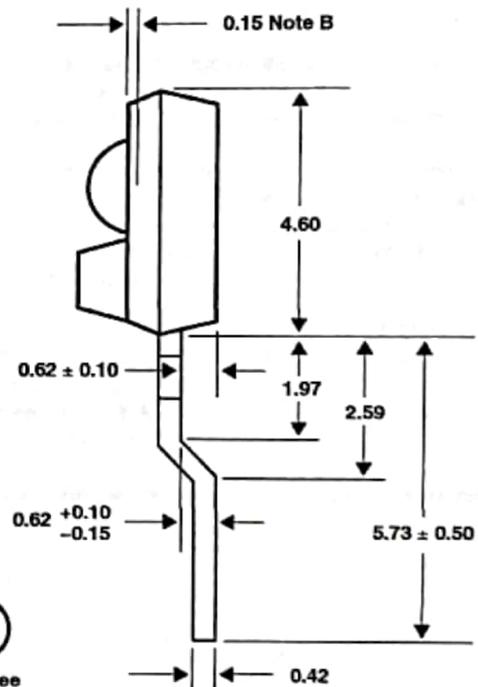
TOP VIEW



FRONT VIEW



SIDE VIEW



- NOTES: A. All linear dimensions are in millimeters; tolerance is ± 0.25 mm unless otherwise stated.
 B. Dimension is to center of lens arc, which is located below the package face.
 C. The integrated photodiode active area is typically located in the center of the lens and 0.97 mm below the top of the lens surface.
 D. Index of refraction of clear plastic is 1.55.
 E. Lead finish for TSL1xSM-LF: solder dipped, 100% Sn.
 F. This drawing is subject to change without notice.

Figure 18. Package SM — Surface Mount Side-Looker Package Configuration



PRODUCTION DATA — information in this document is current at publication date. Products conform to specifications in accordance with the terms of Texas Advanced Optoelectronic Solutions, Inc. standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

LEAD-FREE (Pb-FREE) and GREEN STATEMENT

Pb-Free (RoHS) TAOS' terms *Lead-Free* or *Pb-Free* mean semiconductor products that are compatible with the current RoHS requirements for all 6 substances, including the requirement that lead not exceed 0.1% by weight in homogeneous materials. Where designed to be soldered at high temperatures, TAOS Pb-Free products are suitable for use in specified lead-free processes.

Green (RoHS & no Sb/Br) TAOS defines *Green* to mean Pb-Free (RoHS compatible), and free of Bromine (Br) and Antimony (Sb) based flame retardants (Br or Sb do not exceed 0.1% by weight in homogeneous material).

Important Information and Disclaimer The information provided in this statement represents TAOS' knowledge and belief as of the date that it is provided. TAOS bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TAOS has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TAOS and TAOS suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

NOTICE

Texas Advanced Optoelectronic Solutions, Inc. (TAOS) reserves the right to make changes to the products contained in this document to improve performance or for any other purpose, or to discontinue them without notice. Customers are advised to contact TAOS to obtain the latest product information before placing orders or designing TAOS products into systems.

TAOS assumes no responsibility for the use of any products or circuits described in this document or customer product design, conveys no license, either expressed or implied, under any patent or other right, and makes no representation that the circuits are free of patent infringement. TAOS further makes no claim as to the suitability of its products for any particular purpose, nor does TAOS assume any liability arising out of the use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages.

TEXAS ADVANCED OPTOELECTRONIC SOLUTIONS, INC. PRODUCTS ARE NOT DESIGNED OR INTENDED FOR USE IN CRITICAL APPLICATIONS IN WHICH THE FAILURE OR MALFUNCTION OF THE TAOS PRODUCT MAY RESULT IN PERSONAL INJURY OR DEATH. USE OF TAOS PRODUCTS IN LIFE SUPPORT SYSTEMS IS EXPRESSLY UNAUTHORIZED AND ANY SUCH USE BY A CUSTOMER IS COMPLETELY AT THE CUSTOMER'S RISK.

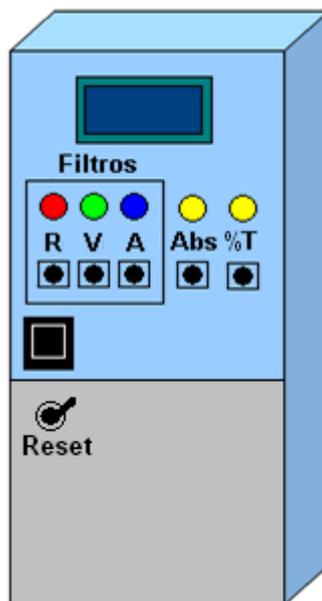
LUMENOLOGY, TAOS, the TAOS logo, and Texas Advanced Optoelectronic Solutions are registered trademarks of Texas Advanced Optoelectronic Solutions Incorporated.



MANUAL DE USUARIO

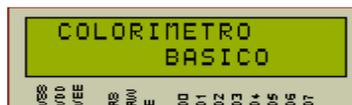
Pasos para el funcionamiento del Colorímetro

1.- Encender el equipo con el adaptador respectivo y luego después mover el switch de Reset para inicializar el dispositivo.



Dibujo I. Colorímetro

2.- Esperar alrededor de 3 segundos para el inicio del dispositivo, el cual en su display mostrará el siguiente mensaje.



Dibujo II. Mensaje de bienvenida.

3.- El siguiente paso es colocar la muestra de manera correcta.

4.-Automáticamente saldrá un mensaje en el display indicando que filtro van a usar.



Dibujo III. Mensaje de ingreso de filtro.

5.- En ese instante se tiene que seleccionar el tipo de filtro que se va a utilizar para realizar el análisis, hay 3 filtros que al presionar su botón encenderá un led indicando el filtro escogido.



Dibujo IV. Pulsantes e indicadores.

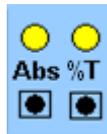
6.- Una vez seleccionado el filtro, aparecerá un mensaje indicando que resultado desea visualizar.



Dibujo VI. Mensaje para elección de medida.

7.- En ese instante hay que elegir que vamos a visualizar si es Absorbancia o Transmitancia, en el panel de selección podemos elegir cualquiera de las opciones.

Se elige esa opción presionando el botón y automáticamente se encenderá el led correspondiente a esa opción.



Dibujo VII. Indicadores de absorbancia/transmitancia.

8.- Una vez seleccionado una de las opciones en la pantalla aparecerá el procesamiento del colorímetro.



Dibujo VIII. Display calculando el resultado final.

9.- Una vez terminado el procesamiento saldrá en pantalla el resultado de la medición.