

# Diseño y desarrollo de una placa entrenadora del microcontrolador PIC18F45K50

Francisco Javier Mendoza Bautista  
Universidad de Guanajuato  
Departamento de Comunicaciones y Electrónica  
Salamanca/Guanajuato, México  
fj.mendozabautista@ugto.mx

Second Author  
Institution2  
First line of institution2 address  
Second line of institution2 address  
SecondAuthor@institution2.com

## Abstract

*El campo de la Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica es pilar en los avances tecnológicos cuyo desarrollo y crecimiento ha sido exponencial en los últimos años. Uno de los principales objetivos que se busca dentro de la Ingeniería Electrónica es resolver tareas diversas de manera eficiente y rápida. En este punto los microcontroladores juegan un papel importante ya que son pequeños y pueden ser programados para que realicen acciones por medio de instrucciones que nosotros deseamos. Si queremos avanzar en el mundo tecnológico se debe preparar para ello, por lo tanto es esencial desarrollar habilidades en el software del microcontrolador y utilizar un hardware que nos permita comprobar el software escrito. En este estudio se presenta una placa de prueba y desarrollo en la que se puede programar un microcontrolador PIC18F4550 o un PIC18F45K50, dejando atrás la manera convencional de unir el microcontrolador con la parte electrónica y dando lugar a la flexibilidad de trabajar con módulos dentro de la placa. El conjunto incluye pantalla tipo OLED, conjunto de leds, teclado matricial, 7 segmentos unificados, bluetooth, conexión wifi, grupo de botones, puerto USB tipo c, buzzer, potenciómetro para el adc, sistema de alimentación externa, módulo de radiofrecuencia y la posibilidad de programar por medio de PIKIT3 o vía USB.*

## 1. Introduction

A medida que la tecnología crece, el plan de estudios y los desafíos en la industria están comprometidos a mantenerse al mismo ritmo, por lo tanto debemos incorporar herramientas que nos permita crecer y desarrollar nuevas tecnologías. No podemos hablar de un origen de las “placas de desarrollo” pero podemos partir de los nuevos productos

que siguen incorporándose día a día. Estos productos permiten el crecimiento en las tecnologías de control y por lo mismo mantenerse al día con el desarrollo de microcontroladores se vuelve un tanto complicado.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. PIC18F45K50

PIC18F45K50 es un circuito integrado programable, también llamado microcontrolador, perteneciente a la familia de PIC18 y que puede ejecutar tareas programadas según sea su aplicación en los distintos sectores: industria, automoción, electrónica de consumo, entre otros.

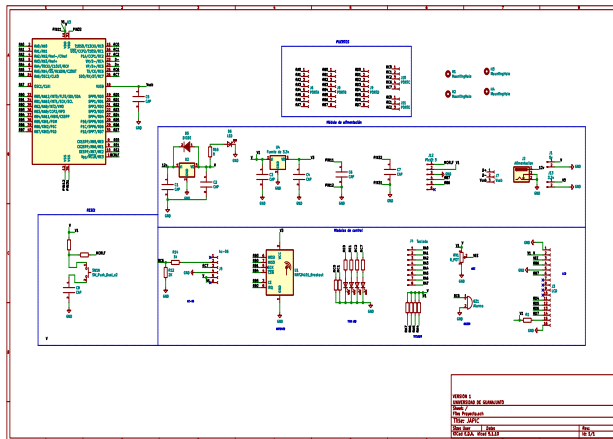
Entre las características a destacar del PIC18F45K50 se encuentran su capacidad para soportar voltajes de operación de 4.2V hasta 5.5V, módulos de comunicación serial UART, A/E/USART, SPI, I<sup>2</sup>C, módulo MSSP (SPI-I<sup>2</sup>C), 13 canales de ADC trabajando a 10 bits, 35 pines I/O disponibles, 2 comparadores análogos, una memoria tipo EEPROM de 256 bytes, memoria flash de 32 kB y frecuencia máxima de 48MHz [3]; suficientes para posicionar a este microcontrolador como uno de los más complejos y preferidos del momento, además de que su precio es considerablemente menor comparado con otros disponibles en el mercado.

### 2.2. Placa entrenadora Versión 1.0

Consistió en el diseño de un circuito de prueba al que denominamos versión 1.0; de inicio se dispuso de un software de uso libre para la automatización del diseño electrónico (EDA) de los diagramas de circuito, los cuales incluyeron los siguientes componentes: un módulo robusto de alimentación, botón RESET, led indicador de alimentación ya

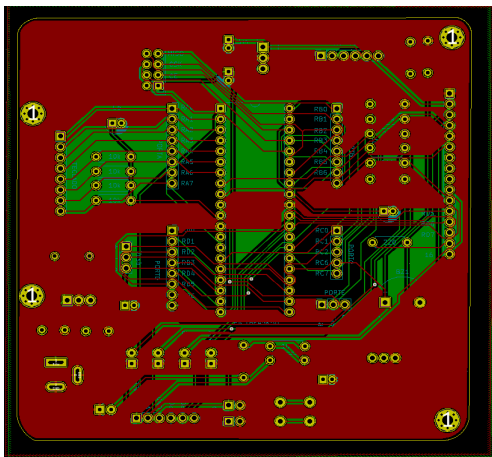
sea vía PIKIT3 o USB, salida por PIN del PIC18F45K50 y módulo de sensores (conformado por HC-06, NRF24L01, 4 leds, teclado, buzzer, y un potenciómetro para regular el brillo de la pantalla LCD).

La primera versión contó con tecnología through hole (THT), favoreciendo las pruebas de fuentes de alimentación a las que se sometieron cada uno de los módulos por separado. Posteriormente, para evaluar su correcto funcionamiento integral, se utilizó un código DEMO para la realización simultánea de pruebas de comunicación vía serial, SPI y  $I^2C$ , como se muestra en la Fig. 1



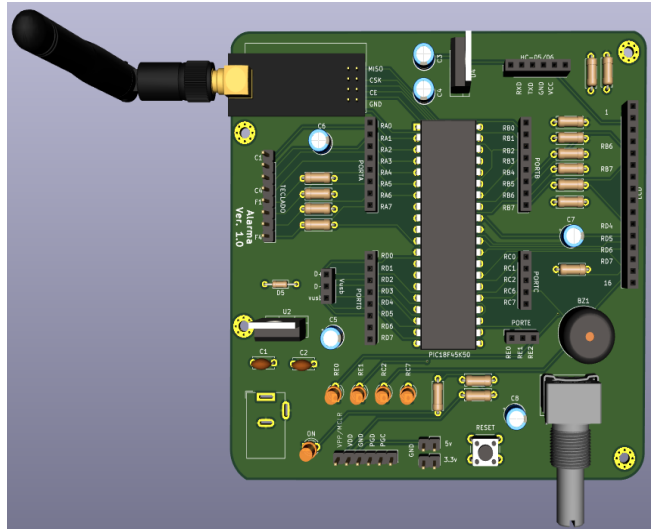
**Figure 1. Diagrama de circuito Verión 1.0**

Después de verificar el procedimiento anterior, se siguió con el dibujo del circuito impreso teniendo como premisa de diseño no exceder un tamaño de 10x10cm a fin de presentar un producto compacto y atractivo, de fácil acceso y uso para el usuario. En la Fig. 2 se muestra el diagrama de circuito impreso propuesto.



**Figure 2. Diagrama de circuito impreso Verión 1.0**

Como método para evitar errores de diseño al dibujar el circuito impreso, nos apoyamos en la visualización 3D que se puede apreciar en la Fig. 3 y en el estudio minucioso del modelo.



**Figure 3. Modelo 3D de circuito impreso Versión 1.0**

Una vez obtenida la alineación de todos los componentes, se imprimió el diseño del circuito en la placa que resulta en la forma final que se advierte en la Fig. 4

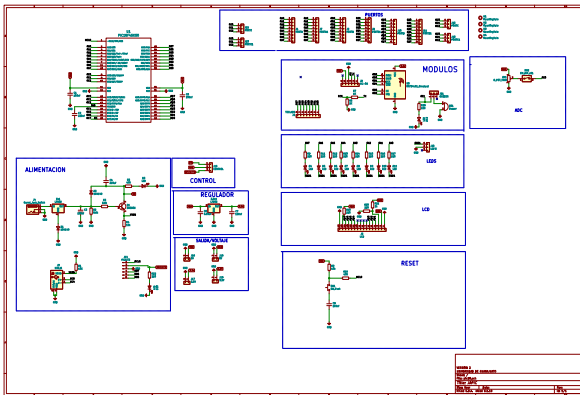


**Figure 4. Placa de desarrollo Versión 1.0**

Gracias a este diseño se comprobó que cada uno de los módulos funcionaba correctamente.

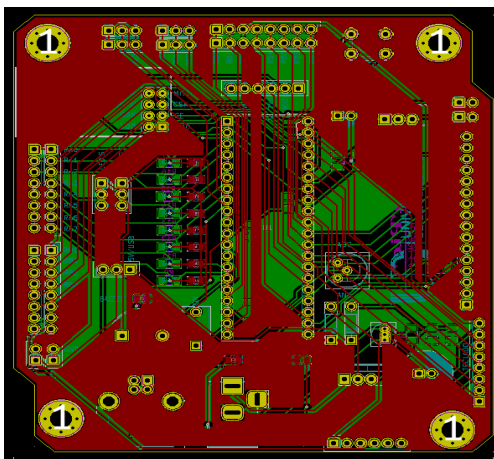
### 2.3. Placa entradora Versión 2.0

Esta nueva versión parte del diseño descrito anteriormente, removiéndose los elementos THT para sustituirlos por tecnología de montaje superficial (SMD); asimismo, se añadieron: 2 salidas por PIN del PIC18F45K50, salidas de 3.3V y 5V, 7leds que cubren el PORTA, un control de leds, un control buzzer, led indicador de activación del buzzer, potenciómetro para ADC, control de ADC y brillo automático en la pantalla LCD. Esta serie de cambios permitieron la Versión 2.0 representada inicialmente en el diagrama de la Fig. 5



**Figure 5. Diagrama de circuito Versión 2.0**

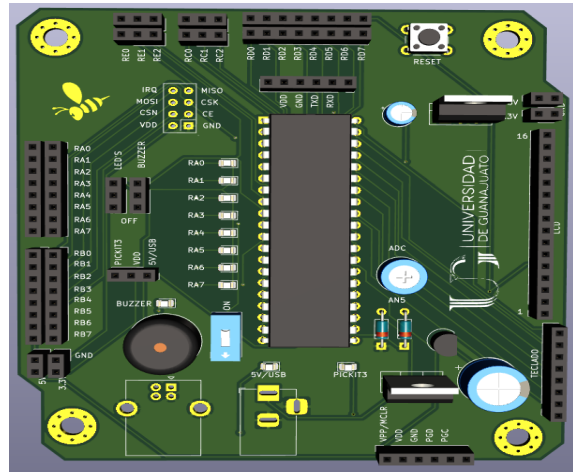
Por consecuencia se ajustó el dibujo del circuito impreso para agregar los nuevos elementos, sin embargo, cabe destacar que las medidas de diseño se redujeron a 9.017cm x 9.906cm como se muestra en la Fig. 6.



**Figure 6. Diagrama de circuito impreso Versión 2.0**

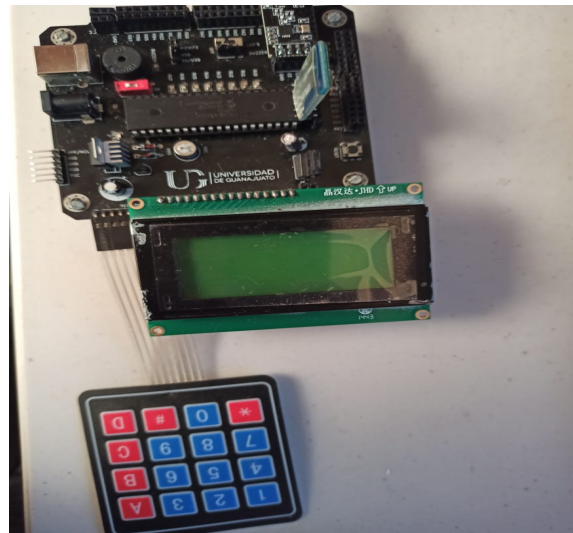
Nuevamente recurrimos al análisis a partir de un modelo 3D para evitar posibles fallas en el dibujo del circuito

impreso, como se puede apreciar en la Fig.7.



**Figure 7. Modelo 3D de circuito impreso Versión 2.0**

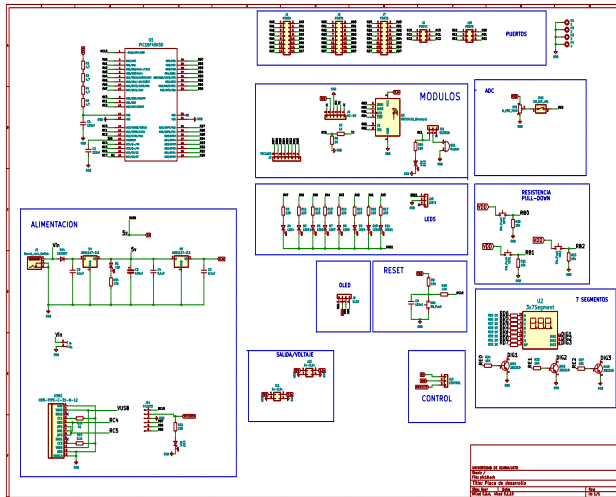
Una vez obtenida la alineación de todos los componentes, se imprimió el diseño del circuito en la placa que resulta en la forma final que se advierte en la Fig. 8



**Figure 8. Placa de desarrollo Versión 2.0**

### 2.4. Placa entradora Versión 3.0

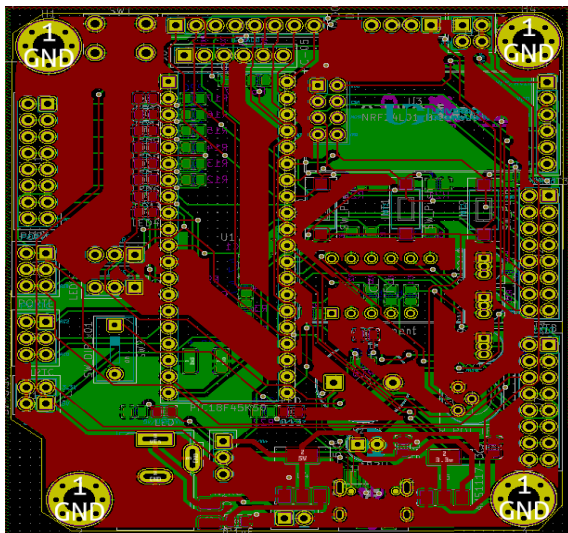
En la tercera y más reciente versión se agregó un puerto USB tipo C, nuevo sistema de alimentación, pantalla OLED, 3 push button para interrupciones, modo de programación con bootloader y 3 display de 7 segmentos unificados; todo esto se dispone en el diagrama de la Fig. 9.



**Figure 9. Diagrama de circuito Versión 3.0**

Continuando con el diseño del circuito impreso, una vez más se consiguió reducir las medidas de construcción de la placa en un 37% aproximado respecto a la versión anterior, quedando de 7.080 x 8.050 cm.

Los componentes de la placa de entrenamiento propuesta en este estudio se describen a continuación en la Fig. 10



**Figure 10. Diagrama de circuito impreso Versión 3.0**

#### A. Módulo de Programación

Se agregó una entrada para el PIKIT4, que es el programador oficial que nos proporciona la empresa Microchip. para la familia PIC18; este permite grabar un programa hexadecimal dentro del software del PIKIT3 o en el IDE MPLAB. También se realizaron las conexiones pertinentes para habilitar la programación vía

USB.

#### B. Conjunto de push button

Se colocó un botón con configuración pull-down por cada interrupción del microcontrolador: *INT0*, *INT1* y *INT2*; en los pines correspondientes a *RB0*, *RB1* y *RB2*, dichas interrupciones son activadas por medio de software.

Las aplicaciones que se le pueden dar a los push button son: interrupciones, modo Bootloader y de uso ordinario.

#### C. Display 7 Segmentos unificados

Se conectó en la salida de cada display un transistor NPN en configuración switch para su activación por medio de software. Cada led del 7 segmentos es protegido con la resistencia propuesta por el fabricante. [4].

#### D. Buzzer y ADC

Estos dos elementos están conectados en el PORTE, el BUZZER tiene un control de activación que no es más que un jumper puente corto circuito y un led que indica cuando está en funcionamiento. El módulo del ADC está conformado por un Dip switch que controla la conexión a los 5v, para variar el voltaje el módulo cuenta con un potenciómetro.

#### E. Módulo de LED's

Está conectado al PORTA y en total son 8 led's. Este modulo tiene un control de activación formado por un jumper puente corto circuito.

#### F. Módulo bluetooth

Está diseñado para el sensor HC-06 dicho sensor permite la conexión a un smartphone, celular o PC de forma inalámbrica, en cuanto a las conexiones tiene 4 pines: Vcc, GND, TX y RX.

#### G. Módulo de radiofrecuencia

Está diseñado para el sensor NRF24L01 que opera en la banda de 2.4GHz, son muy usados gracias a su funcionalidad, bajo consumo y bajo costo, con respecto a las conexiones tiene 7 pines: GND, Vcc, CE, CSN, SCK, MOSI y MISO.

#### H. Teclado matricial 4x4

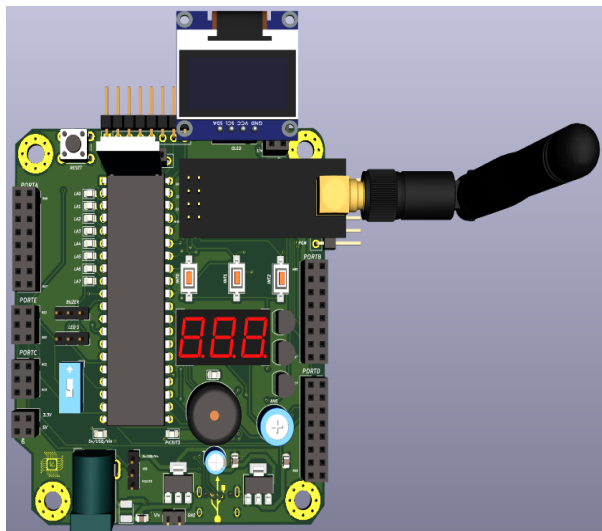
Es un dispositivo integrado por 4 filas y 4 columnas para un total de 16 teclas. El teclado es de tipo membrana eso permite que el espacio requerido para su instalación sea menor.

#### I. Pantalla OLED

Este dispositivo vino a suplir las pantallas lcd, ya que son capaces de consumir menos recursos, brindar una imagen mas brillante y nítida además de comunicarse vía  $I^2C$  o SPI.



Luego de tener cada uno de los elementos alineados, se procedió a imprimir el diseño del circuito en la placa y se obtuvo la forma final como se muestra en la figura 11



**Figure 11. Modelo 3D de circuito impreso Versión 3.0**

### 3. Resultados y discusión

## 4. Instructions

Please read the following carefully.

### 4.1. Language

All manuscripts must be in English. Why?

### 4.2. Printing your paper

Print your properly formatted text on high-quality, 8.5 × 11-inch white printer paper. A4 paper is also acceptable, but please leave the extra 0.5 inch (1.27 cm) at the **BOTTOM** of the page.

### 4.3. Margins and page numbering

All printed material, including text, illustrations, and charts, must be kept within a print area 6-7/8 inches (17.5 cm) wide by 8-7/8 inches (22.54 cm) high. Do not write or print anything outside the print area. Number your pages lightly, in pencil, on the upper right-hand corners of the **BACKS** of the pages (for example, 1/10, 2/10, or 1 of 10, 2 of 10, and so forth). Please do not write on the fronts of the pages, nor on the lower halves of the backs of the pages.

### 4.4. Formatting your paper

All text must be in a two-column format. The total allowable width of the text area is 6-7/8 inches (17.5 cm) wide by 8-7/8 inches (22.54 cm) high. Columns are to be 3-1/4 inches (8.25 cm) wide, with a 5/16 inch (0.8 cm) space between them. The main title (on the first page) should begin 1.0 inch (2.54 cm) from the top edge of the page. The second and following pages should begin 1.0 inch (2.54 cm) from the top edge. On all pages, the bottom margin should be 1-1/8 inches (2.86 cm) from the bottom edge of the page for 8.5 × 11-inch paper; for A4 paper, approximately 1-5/8 inches (4.13 cm) from the bottom edge of the page.

### 4.5. Type-style and fonts

Wherever Times is specified, Times Roman may also be used. If neither is available on your word processor, please use the font closest in appearance to Times that you have access to.

**MAIN TITLE.** Center the title 1-3/8 inches (3.49 cm) from the top edge of the first page. The title should be in Times 14-point, boldface type. Capitalize the first letter of nouns, pronouns, verbs, adjectives, and adverbs; do not capitalize articles, coordinate conjunctions, or prepositions (unless the title begins with such a word). Leave two blank lines after the title.

**AUTHOR NAME(s)** and **AFFILIATION(s)** are to be centered beneath the title and printed in Times 12-point, non-boldface type. This information is to be followed by two blank lines.

The **ABSTRACT** and **MAIN TEXT** are to be in a two-column format.

**MAIN TEXT.** Type main text in 10-point Times, single-spaced. Do **NOT** use double-spacing. All paragraphs should be indented 1 pica (approx. 1/6 inch or 0.422 cm). Make sure your text is fully justified—that is, flush left and flush right. Please do not place any additional blank lines between paragraphs. Figure and table captions should be 10-point Helvetica boldface type as in

### Figure 12. Example of caption.

Long captions should be set as in

**Figure 13. Example of long caption requiring more than one line. It is not typed centered but aligned on both sides and indented with an additional margin on both sides of 1 pica.**

Callouts should be 9-point Helvetica, non-boldface type. Initially capitalize only the first word of section titles and first-, second-, and third-order headings.

FIRST-ORDER HEADINGS. (For example, **1. Introduction**) should be Times 12-point boldface, initially capitalized, flush left, with one blank line before, and one blank line after.

SECOND-ORDER HEADINGS. (For example, **1.1. Database elements**) should be Times 11-point boldface, initially capitalized, flush left, with one blank line before, and one after. If you require a third-order heading (we discourage it), use 10-point Times, boldface, initially capitalized, flush left, preceded by one blank line, followed by a period and your text on the same line.

#### 4.6. Footnotes

Please use footnotes sparingly<sup>1</sup> and place them at the bottom of the column on the page on which they are referenced. Use Times 8-point type, single-spaced.

#### 4.7. References

List and number all bibliographical references in 9-point Times, single-spaced, at the end of your paper. When referenced in the text, enclose the citation number in square brackets, for example [3]. Where appropriate, include the name(s) of editors of referenced books.

#### 4.8. Illustrations, graphs, and photographs

All graphics should be centered. Your artwork must be in place in the article (preferably printed as part of the text rather than pasted up). If you are using photographs and are able to have halftones made at a print shop, use a 100- or 110-line screen. If you must use plain photos, they must be pasted onto your manuscript. Use rubber cement to affix the images in place. Black and white, clear, glossy-finish photos are preferable to color. Supply the best quality photographs and illustrations possible. Penciled lines and very fine lines do not reproduce well. Remember, the quality of the book cannot be better than the originals provided. Do NOT use tape on your pages!

#### 4.9. Color

The use of color on interior pages (that is, pages other than the cover) is prohibitively expensive. We publish interior pages in color only when it is specifically requested and budgeted for by the conference organizers. DO NOT

---

<sup>1</sup>Or, better still, try to avoid footnotes altogether. To help your readers, avoid using footnotes altogether and include necessary peripheral observations in the text (within parentheses, if you prefer, as in this sentence).

SUBMIT COLOR IMAGES IN YOUR PAPERS UNLESS SPECIFICALLY INSTRUCTED TO DO SO.

#### 4.10. Symbols

If your word processor or typewriter cannot produce Greek letters, mathematical symbols, or other graphical elements, please use pressure-sensitive (self-adhesive) rub-on symbols or letters (available in most stationery stores, art stores, or graphics shops).

#### 4.11. Copyright forms

You must include your signed IEEE copyright release form when you submit your finished paper. We MUST have this form before your paper can be published in the proceedings.

#### 4.12. Conclusions

Please direct any questions to the production editor in charge of these proceedings at the IEEE Computer Society Press: Phone (714) 821-8380, or Fax (714) 761-1784.

### References

- [1] I. M. Author. Some related article I wrote. *Some Fine Journal*, 99(7):1–100, January 1999.
- [2] A. N. Expert. *A Book He Wrote*. His Publisher, Erewhon, NC, 1999.
- [3] Microchip. Pic18(l)f2x/45k50 data sheet. *Microchip Technology Inc*, 2012.
- [4] N. F. OPTO. Led digit display. *ELECTRONICS CO, LTD*, 2012.