

Control de velocidad y sentido de giro para un motor DC.

Speed control and sense of turning for a dc motor.

Robert Alexis Torres Figueroa¹
Wilkin Valderrama²

Universidad De Pamplona, Facultad de ingenierías y arquitectura, Ingeniería Eléctrica.

E-mail: roberttorres697@gmail.com¹

E-mail: wilkinvalderrama@gmail.com²

Resumen

El puente H es un proyecto de electrónica análoga y digital, que consistió en la variación de la velocidad de un motor a partir de una etapa de control PWM. Por otra parte, encontramos transistores BJT y MOSFET que actúan como interruptor tanto de canal N como el P (C-MOSFET, o MOSFET COMPLEMENTARIO) que constituyen una etapa de potencia, que controlada da el sentido de giro directo e inverso que se quería obtener.

Palabras clave: Puente H, electrónica análoga, PWM, C-MOSFET, etapa de potencia.

Abstract:

Bridge H is a project of analog and digital electronics, which consisted in the variation of the speed of an engine from a PWM control stage. On the other hand, we found BJT and MOSFET transistors that act as a switch both N channel and P (C-MOSFET, or COMPLEMENTARY MOSFET) that constitute a power stage, which controlled gives the direction of direct and inverse turn you wanted to obtain

Keywords: H bridge, analog electronics, PWM, C-MOSFET, power stage.

1. INTRODUCCIÓN

El puente H con control PWM destaca entre otras cosas por controlar la velocidad y el sentido de giro de un motor DC. para esta práctica con el objetivo de afianzar los conceptos dados en clase, se tendrán en cuenta algunos dispositivos vistos durante todo el curso; como lo son transistores MOSFET, amplificadores operacionales, NE555, capacitores, diodos, etc.

Para empezar, sé quiere simular en proteus, como apoyo didáctico y para el resumen de algunos cálculos de diseño y analíticos para este proyecto. Posteriormente, se implementara en protoboard y luego en váquela como resultado final de este proyecto.

2. MARCO TEORICO

Un CMOS (mosfet complementario) es aquel que utiliza una combinación única de un MOSFET de canal-p con uno de canal-mediante un solo conjunto de terminales externas. Posee la ventaja de una muy alta impedancia de entrada, velocidades de conmutación rápidas y bajos niveles de potencia de operación, todo lo cual, hace que sea muy útil para los circuitos lógicos [1].

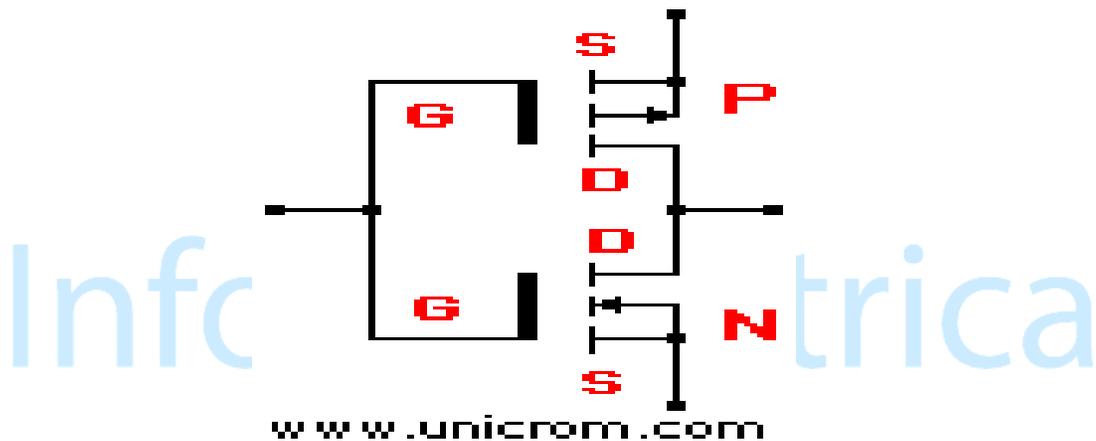


Fig. 1. estructura de un MOSFET complementario, obtenido de: Electrónica unicrom

- **Funcionamiento del C-MOSFET**

- Cuando la entrada tiene un nivel de tensión negativo (L), el MOSFET de canal P conduce y el MOSFET de canal N no lo hace.
- Cuando la entrada tiene un nivel de tensión positivo (H), el MOSFET de canal N conduce y el MOSFET de canal P no lo hace.

Se puede ver que el funcionamiento de ambos es siempre opuesto. Una característica importante de estos circuitos es que la corriente de salida, que se puede considerar relativamente alta, es controlada con facilidad. Cuando la entrada está en nivel bajo (L), la salida

está conectada directamente a la fuente de alimentación a través del MOSFET de canal P y se tiene un nivel alto (H).

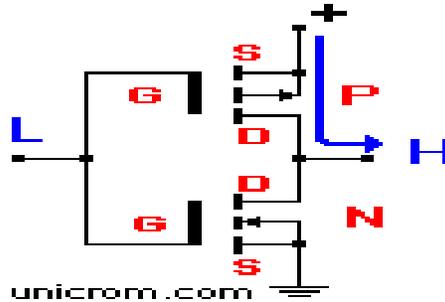


Fig. 2. entrada en nivel bajo y corriente de salida para el CMOS en el canal P, Obtenido de: www.unicrom.com

Cuando la entrada está en nivel alto (H), la salida está conectada directamente a la tierra a través del MOSFET de canal N y se tiene un nivel bajo (L). El nivel de salida de la salida es siempre el inverso que el de la entrada (hay inversión de fase).

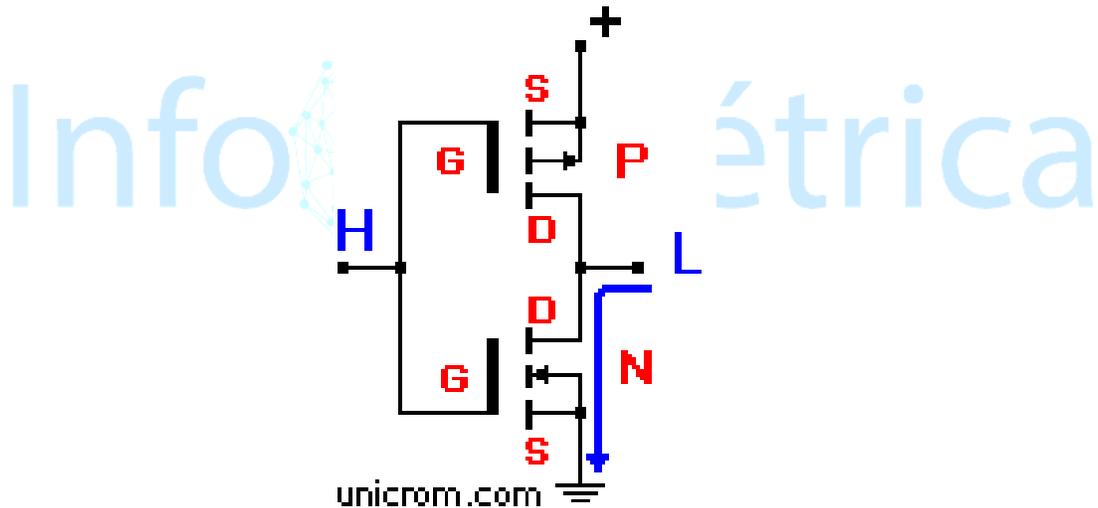


Fig. 3. entrada en nivel alto y la salida está directamente conectada a tierra para el CMOS de canal N, Obtenido de: www.unicrom.com

En el circuito **C-MOSFET** el MOSFET de canal P y el de canal N podrían no iniciar o dejar la conducción bajo las mismas condiciones, esto debido a que la tensión en la compuerta, que hace que el MOSFET deje de conducir, tiene un valor que va de 1 a 2 voltios. Esta característica depende de cada MOSFET en particular y es común observar que la corriente de drenaje de un MOSFET es cero (MOSFET en corte) aun cuando la tensión en la compuerta no lo sea.

- **NE 555**

El dispositivo 555 es un circuito integrado muy estable cuya función primordial es la de producir pulsos de temporización con una gran precisión y que, además, puede funcionar como oscilador [1].

Sus características más destacables son:

- Temporización desde microsegundos hasta horas.
- Modos de funcionamiento:
 - Monoestable.
 - Astable.
- Aplicaciones:
 - Temporizador.
 - Oscilador.
 - Divisor de frecuencia.
 - Modulador de frecuencia.
 - Generador de señales triangulares.

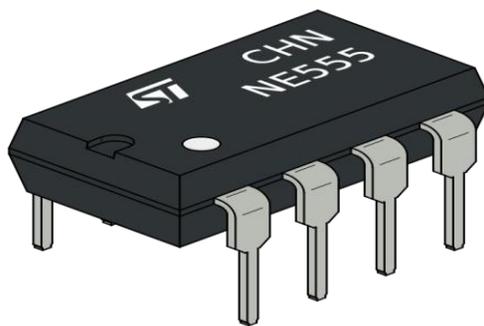


Fig. 4. estructura física del integrado NE555, obtenido de: electronicastore.net

- **POTENCIOMETRO**

Un potenciómetro es un dispositivo que limita el paso de la corriente eléctrica, provocando una caída en la tensión. El hecho de que el voltaje pueda variar hace que se puedan controlar

distintos dispositivos, ya que el funcionamiento de los dispositivos puede ser controlado por la cantidad de voltaje que da el potenciómetro [1].

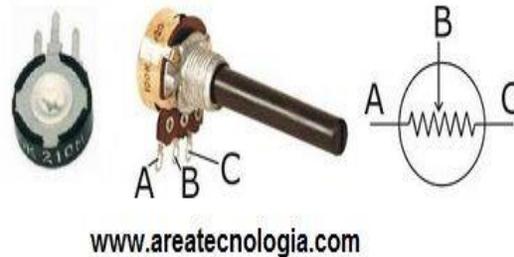


Fig. 5. conexiones y estructura física de un potenciómetro convencional, obtenido de: www.areatecnologia.com

- **DIODO**

Los diodos son dispositivos semiconductores de estado sólido, generalmente fabricados con silicio, al que se le agregan impurezas para lograr sus características. Poseen dos terminales, llamados ánodo y cátodo. Básicamente un diodo se utiliza para rectificar la corriente eléctrica. Su característica principal es que permite la circulación de corriente en un solo sentido. Por su construcción, el diodo de silicio posee en polarización directa (circulación de corriente de ánodo hacia cátodo) una caída de tensión del orden de los 0,6 a 0,7 voltios, y en inversa (bloqueo) tiene una corriente de fuga prácticamente despreciable.

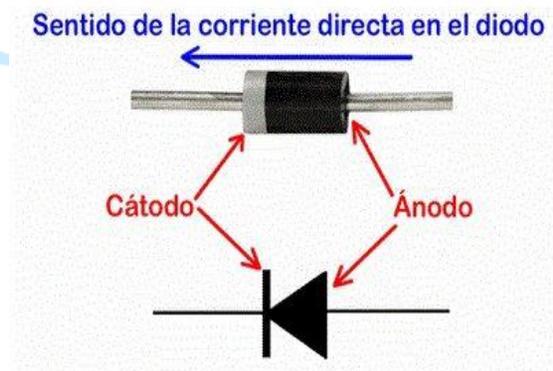


Fig. 6. sentido y terminales de un diodo convencional, obtenido de: área tecnología

- **TRANSISTOR 2N2222**

Transistor 2N2222. Es un transistor de silicio y baja potencia, diseñado para aplicaciones de amplificación lineal y conmutación. Uno de sus principales fabricantes es la Philips Semiconductors. Identificado también como NPN2222 por otros fabricantes.

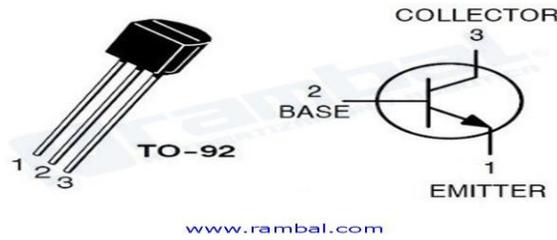


Fig. 7. estructura física y pines de conexión de un NPN2222, obtenido de: rambal.com

3. DISEÑO

Para el diagrama esquemático de este proyecto, se tuvo en cuenta ciertos parámetros como las hojas de características de los dispositivos electrónicos utilizados, y el uso del simulador proteus para la visualización de la etapa del PWM (control de velocidad del motor) y los MOSFET (sentido de giro).

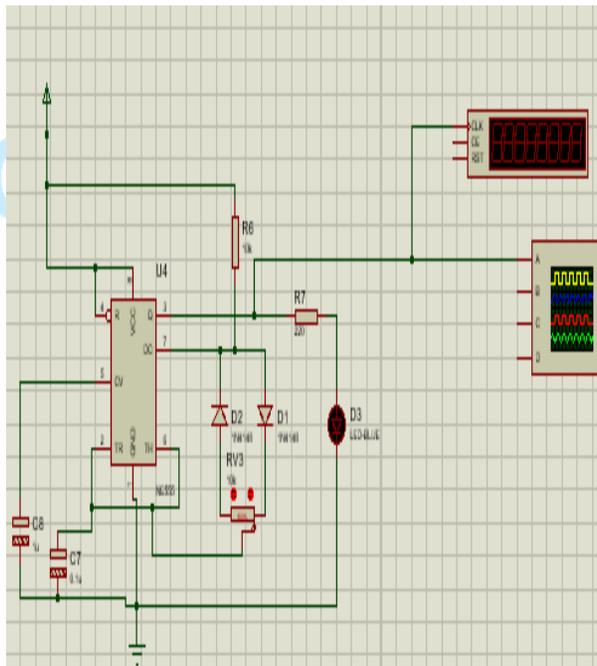


Fig. 8. esquemático del PWM (control) con el NE555 en configuración astable y el potenciómetro como calibrador de la fuerza de la velocidad, obtenido de: autor.

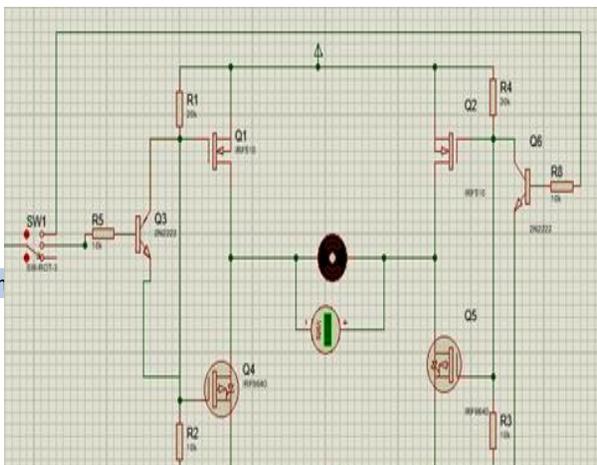


Fig. 9. esquemático de potencia adherido a la etapa de control con CMOS y el motor DC, obtenido de: autor.

4. RESULTADOS Y ANALISIS

Estos MOSFET H-Bridge se utilizan en la parte esquemática en conjunto con la teoría de funcionamiento para aumentar la eficiencia del puente H. Cuando se usan transistores bipolares (transistores comunes) ellos tienen un voltaje de saturación de aproximadamente 1v en la juntura colector-emisor cuando son activados (modo saturación). Si nuestra fuente de alimentación fuese de 10v, estaríamos consumiendo 2v solamente en los dos transistores requeridos para controlar la dirección de un motor DC. Es decir, 20% de la potencia de mi fuente es consumida por los transistores generando simplemente mucho calor y obligándonos además a usar grandes disipadores.

A diferencia de ello, los transistores MOSFETs poseen una resistencia entre Drenaje y Fuente (RDS) cuando son activados que rondan los 0.1 ohm (dependiendo del modelo). Esto significa que en un ejemplo como el anterior y trabajando con una corriente de 4 amperes estaríamos perdiendo solo 0.4v por transistor (0.8v en total), lo cual representa una notable mejora en el rendimiento del puente. Los MOSFETs trabajan mediante la aplicación de un voltaje en la Compuerta o Gate.

Existen en dos tipos: N-Chanel (canal negativo – Q3 y Q5) y P-Chanel (canal positivo – Q2 y Q4). En el primer caso pasan a modo conducción (activado) mediante un voltaje positivo en la Compuerta y mediante un voltaje negativo para el segundo caso.

Los MOSFETS son extremadamente sensibles a las corrientes estáticas pero aún más importante es el hecho que si su Compuerta es dejada sin conexión pueden llegar a autodestruirse. La Compuerta es un dispositivo de muy alta impedancia (alrededor de $10M\Omega$) y un simple ruido eléctrico puede activarlo. Las resistencias (R2, R3, R4 y R5) han sido adicionadas para evitar que el MOSFET se autodestruya. Es muy importante instalar estas resistencias antes de instalar el MOSFET. Estas resistencias permitirán un comportamiento estable del MOSFET y además agregarán una protección contra la estática. (D1, D2, D3 y D4) desvían los picos de tensión negativa provocados por los motores evitando que afecten a los transistores. Algunos MOSFET ya tienen estos diodos de protección incluidos internamente, por lo que pueden no ser necesarios. Q1 y Q6 son transistores NPN que controlan el accionamiento del motor DC.

Explicando un poco el funcionamiento que nos brinda el puente H, podemos clasificar los posibles estados obtenidos hasta el momento:

1. ESTADO:NEUTRO(ESTATICO)

El switch doble utilizado podemos llamarlo Y y Cuando $Y=0$ y $Z=0$ (en estado lógico 0, es decir circuito abierto).esto hace que el motor no tenga funcionamiento. Puesto que, Q1 y Q6 pasan a estado de corte y también pasan a ese estado los MOSFET Q2 y Q4 mediante R3 y R4respectivamente. Por lo que no hay circulación de corriente a través del motor.

2. ESTADO:GIRO EN UN SENTIDO(ANTI-HORARIO)

Cuando $Y=0$ y $Z=1$, el motor girará hacia atrás. Q1 y Q2 estarán al corte. Q6 se saturará a través de R2 lo cual enviará la compuerta de Q4 a masa saturándolo. El terminal (-) del motor se conectará a +12v a través de Q4 y a la vez que Q3 se saturará a través de R5. De esta forma el terminal (+) del motor se conectará a masa a través de Q3 lo cual a su vez manda al corte Q5 evitando un corto circuito.

3. ESTADO:GIRO EN EL OTRO SENTIDO(HORARIO)

Es lo contrario del caso anterior, cambiamos los estados lógicos del switch $Y=1$ y $Z=0$. el motor girará hacia adelante. Q6 y Q4 estarán al corte. Q1 se saturará a través de R1 lo cual enviará la compuerta de Q2 a masa saturándolo. El terminal (+) del motor se conectará a +12v a través de Q2 y a la vez Q5 se saturará a través de R7. De esta forma el terminal (-) del motor se conectará a masa a través de Q5 lo cual a su vez manda al corte Q3 evitando un corto circuito.

4. ESTADO:PRECAUCION POR DESTRUCCION

Cuando tengamos en estado lógico $Y=1$ y $Z=1$, entonces todos los MOSFETs serán activados o saturados lo cual provocará que toda la corriente de la fuente de alimentación pase a través de ellos destruyéndolos.

Los leds son de gran utilidad para estos tipos de proyectos. Pues, a partir de estos podemos determinar el sentido del motor a través de los colores que brindan (ej.: verde sentido horario; rojo sentido anti horario).

Los motores eléctricos producen una gran cantidad de ruido debido a las escobillas o carbones. También producen picos de tensión al parar y más especialmente al cambiar de dirección.

Los picos negativos son suprimidos mediante los diodos configurados como protecciones a nuestros transistores, que por lo general ya vienen incluidos en estos mismos. (Según el fabricante)

Durante estos resultados observamos, que es mejor tener las fuentes de alimentación tanto del motor, como del montaje en diferentes sitios para evitar ruidos e interferencias no deseadas por lo expuesto anteriormente.

En cuanto a los cálculos teóricos, nos basamos en los datasheets y características propias de cada transistor, NE555, inclusive el motor.

Para los cálculos de las resistencias para mantener en constante saturación (cabe resaltar, que el estado en corte no lo brinda el estado lógico que proviene del PWM) los transistores de la etapa de potencia, obtenemos:

- -La corriente se asume en la entra de la compuerta de los transistores:
- -con el uso del multímetro se obtuvieron ciertos parámetros como el voltaje en las compuertas y surtidores de cada transistor.

$$I_{OH}=48\mu A$$

$$\frac{I_c}{I_b} = \beta$$

- $\beta=25 \rightarrow$ (entre 0-50 según datasheet del TIP31C)

$$I_c < \beta I_b$$

$$I_c < (25) * (48 \mu A)$$

$$I_c < 1.2 \text{Ma}$$

- POR LEY DE OHM:

$$R = V / I_c$$

$$R = \frac{12V}{1.2 \text{mA}}$$

$$R = 10K\Omega$$

-Este valor se tuvo en cuenta para las demás resistencias calculadas en la etapa de potencia...

- ahora hacemos una LVK:

$$-V_{CC} + V_{gs1} + V_m + V_{GS2} = 0$$

$$V_{gs1} = 12.21V - 11.1V$$

$$V_{gs1} = 1.11V \text{ (EN ESTADO SATURADO)}$$

5. CONCLUSIONES

- en la etapa de control (PWM), se configuro un NE555 en modo astable (señal de pulso o de reloj) para que se pudiera variar la velocidad producida en el motor con una frecuencia entre 500 y 720Hz aproximadamente.
- Para el montaje realizado en la etapa de potencia, se tuvo en cuenta valores prácticos sacados de las hojas de características de los transistores MOSFET, BJT, inclusive hasta el motor. Para sacar los cálculos teóricos que modelaran el estado saturado que se debía

tener para el buen funcionamiento del puente Cabe resaltar, que el estado en corte lo brindo la salida de la etapa PWM a través de un switch que brindaba los estados lógicos 1 y 0 (circuito abierto y circuito cerrado)

- La simulación fue llevada en el programa proteus y los PCB en el programa Eagle. Por mejor entendimiento, sé hicieron las etapas de control y potencia aparte, para no obtener resultados erróneos o de mal funcionamiento.
- Durante el montaje en la váquela, se tuvo ciertos errores como no poner los MOSFET en una regleta, y no conectar un potenciómetro que fuera de más capacidad, (utilizado de 20k) y así poder accionar el motor al variar la perilla sin necesidad de que quedara directo (cabe resaltar, que el motor si estaba dando el sentido de giro y velocidad, pero no iniciaba apagado). también, por inexperiencia se quemaron 2 váquelas en ambas etapas, por unir las pistas con tierra o no soldar bien los puntos indicados en la PCB.

6. REFERENCIAS

A. Garcia Hernandez, «¿Que es y como funciona un potenciómetro?,» 16 enero 2016. [En línea]. Available: <http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-potenciometro/>. [Último acceso: 07 Junio 2018].

CSH Tolosa, BC Eugenio., (2017), Desarrollo de libros electrónicos: “taller pedagógico”. Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada ISSN: 1692-7257

J Pérez, J Castro., (2018), LRS1: Un robot social de bajo costo para la asignatura “Programación 1”. Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada, ISSN: 1692-7257.

Márquez, L. E., Abdo, Y. N., & Ángulo, F. J. (2015). Prototipo de control de acceso a aulas y registro automático de asistencia. Revista Colombiana de Tecnologías Avanzadas, Vol 2, No. 26, 41-47.

T Velásquez, E Espinel, G Guerrero (2016). Estrategias pedagógicas en el aula de clase. Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada, ISSN: 1692-7257.

R. L. BOYLESTAD y L. NASHESKY, «CMOS,» de *Electronica: teoria de circuitos y dispositivos electronicos*, MEXICO, PEARSON EDUCACION DE MEXICO, S.A DE C.V., 2003, pp. 278-281.

Universitat de valencia, «El 555,» [En línea]. Available: <https://www.uv.es/marinjl/electro/555.htm>. [Último acceso: 06 Junio 2018].

7. ANEXOS



Fig. 10, montaje en protoboard para probar el diagrama por etapas, obtenido de: autor.



Fig 11, soldadura de los componentes de la váquela para la etapa de potencia y control, obtenido de autor.

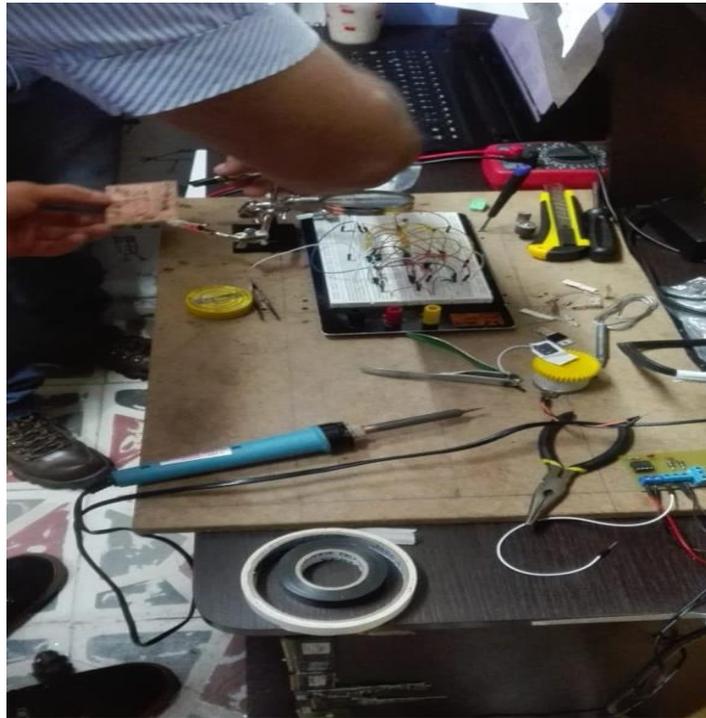


Fig 12.comprobando los componentes con el programa Eagle (PCB), obtenido de: autor.



Fig 13.realizacion del informe paralelamente al montaje practico, obtenido de: autor.