



Universidad del Azuay

Facultad de Ciencia y Tecnología

Escuela de Ingeniería Electrónica

Diseño y Construcción de un Electro - Estimulador para el Tejido Vivo

Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Electrónico

Autor:

Freddy Marcel Cabrera Lituma

Director:

Freddy Gonzalo Pesántez Díaz

Cuenca-Ecuador

2013

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a mi esposa, familiares, Lissy, profesores y amigos.

AGRADECIMIENTO

La presente tesis es el resultado de esfuerzo, perseverancia, y dedicación por tales motivos es justo agradecer a todos aquellas personas que caminaron a mi lado en todo este tiempo, agradezco a mi esposa que nunca desconfió de mis capacidades, mis padres y hermanos que esperaban con ansias ver culminado mi tesis, a mis profesores por no solo enseñarme electrónica si no como es la vida laboral, y a mis amigos que estuvieron siempre en las buenas y en las malas.

INDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de Contenidos	iv
Índice de Figuras	vii
Índice de Tablas	ix
Índice de Anexos	ix
Resumen	x
Abstract	xi
Introducción	1

CAPÍTULO I : MARCO TEÓRICO

Introducción	2
1.1 Electro estimulación	2
1.1.1 Fundamentos de la electroterapia	2
1.1.2 Reseña anatómica y fisiopatología neuromuscular	3
1.1.3 Sistema motor	4
1.1.4 Electrofisiología neuromuscular	4
1.1.5 Electro estimulación muscular	6
1.1.6 Bloqueo del dolor por estimulación transcutanea	9
1.2 Micro controlador pic microchip 18F4550	15
1.2.1 Definición	15
1.2.2 Ventajas de los micro controladores	15
1.2.3 Puertos en los micro controladores pics microchip	16

1.2.4 Descripción de los puertos integrados a los micro controladores de tecnología 18F4550	17
1.2.5 Tipos de puerto	18
1.3 Conclusiones	19

CAPÍTULO II: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MODULO DE ELECTRO ESTIMULACIÓN

Introducción	20
2 Diseño del modulo de electro estimulación	20
2.1 Programa de micro controlador	21
2.1.1 Programa principal	21
2.1.1.1 Escoger	21
2.1.1.1.1 Funciones de las variables	22
2.1.1.2 Play_on	22
2.1.1.2.1 Valores de la onda cuadrada	22
2.1.2 Interrupción	26
2.2 Placa de control	33
2.3 Placa potencia	37
2.4 Conclusiones	42

CAPÍTULO III: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MODULO DE ELECTRO ANESTESIA

Introducción	43
3 Diseño del modulo de electro estimulación	43
3.1 Programa de micro controlador	43
3.2 Placa de control	44

3.3 Placa potencia	44
3.4 Conclusiones	45

CAPÍTULO IV: PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Introducción	46
4.1 Pruebas de frecuencia de trabajo	46
4.2 Pruebas de voltaje de salida	50
4.2.1 Pruebas de voltaje de salida para el modulo de electro Estimulación	50
4.2.2 Pruebas de voltaje de salida para el modulo de electro Anestesia	51
4.3 Pruebas de tiempo de terapias	52
4.4 Conclusiones	52

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA	55
---------------------	----

ANEXOS

Anexo 1 Programación del micro controlador	56
Anexo 2 Manual de usuario	143

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Esquema del circuito sensitivo del hombre	3
Figura 1.2 Sistema Motor	4
Figura 1.3 Potencial de acción tomado entre el interior y el exterior de un axón	5
Figura 1.4 Estimulación de un nervio intacto que comanda un pequeño músculo compuesto por nueve células musculares.	6
Figura 1.5 - (a) (b) (c) – Pulsos aptos para estimular músculos “por tensión”, método que provoca muy pocas molestias al paciente. (d) Pulso apto para músculos desnervados	7
Figura 1.6 Teoría de la “Compuerta de Control del Dolor” de Melzack y Wall (1965)	9
Figura 1.7 Formas de onda obtenidas a la salida de eletroestimuladores para bloqueo del dolor.	10
Figura 1.8 Formas de ondas para el bloqueo del dolor.	10
Figura 1.9 Puntos de bloqueo electrónico del dolor	11
Figura 1.10A: Puntos motores; B: Puntos de Estimulación Nerviosa	12
Figura 1.11 – Puntos motores	13
Figura 1.12 – Puntos motores	14
Figura 1.13 – Puntos motores	14
Figura 1.14 Representación esquemática de la estructura de un micro controlador	15
Figura 1.15 Esquema de terminales	17
Figura 2.1 Programa Principal (primera parte)	23
Figura 2.2 Programa Principal (segunda parte)	24
Figura 2.3 Subprograma Play_on	25
Figura 2.4 Interrupción	28
Figura 2.5 Subrutina de PORTB, 0 (down)	29
Figura 2.6 Subrutina de PORTB, 1 (up)	30
Figura 2.7 Subrutina de PORTB, 2 (sig_menu)	31
Figura 2.8 Subrutina de PORTB, 3 (back_menu)	32
Figura 2.9 Subrutina de PORTB, 4 (Play/ Pausa)	32

Figura 2.10 Esquemático de la Placa de Control	34
Figura 2.11 Diseño PCD de la Placa de control	35
Figura 2.12 Placa de control en su forma física	36
Figura 2.13 Placa de control con sus componentes	37
Figura 2.14 Esquema de conexión para generación de señal de electro estimulación	38
Figura 2.15 Esquemático de la Placa de Potencia	39
Figura 2.16 Diseño PCB de la Placa de Potencia	40
Figura 2.17 Placa en su forma física	41
Figura 2.18 Placa con sus componentes	42
Figura 3.1 Esquema de conexión para generación de señal de electro anestesia	44
Figura 4.1 Señal de 20 Hz	47
Figura 4.2 Señal de 40 Hz	47
Figura 4.3 Señal de 100 Hz	48
Figura 4.4 Señal de 150 Hz	48
Figura 4.5 Voltajes de Salida para electro estimulación	50
Figura 4.6 Voltajes de Salida para electro Anestesia	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Pines con funciones especiales.	17
Tabla 4.1 Valores de Frecuencia obtenidas y frecuencia ideal.	49
Tabla 4.2 Valores de tiempos obtenida y tiempo ideal.	52

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Programación del Micro controlador	56
Anexo 2 Manual de usuario	143

Cabrera Lituma x
10/13

RESUMEN

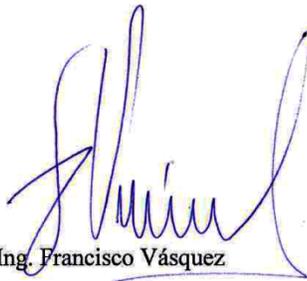
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ELECTRO - ESTIMULADOR PARA EL TEJIDO

VIVO

0

Las terapias de electro- estimulación son de gran utilidad para la rehabilitación de lesiones musculares y para reeducar al músculo después de una lesión. Para el diseño y construcción de un electro- estimulador para el tejido vivo, se estudio de las diferentes técnicas de electro - estimulación, a continuación se realizó la programación del micro controlador ejecutando pruebas del programa y de diferentes circuitos para obtener señales similares a las teóricas en sus características de voltaje y frecuencia. Las tarjetas de eletro -estimulación y anestesia se diseñaron en Altium Designer y utilizan componentes básicos por lo que su costo no es elevado y son de fácil acceso, se recomienda la utilización de buses de datos para comunicación entre tarjetas en lugar de cables.

Palabras claves: transcutanea, neuralgias, electrofisiología, axones, inervación, desnervados, electro-estimulación,



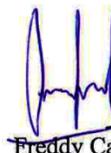
Ing. Francisco Vásquez

Director de Escuela



Ing. Freddy Pesantez

Director de Tesis



Freddy Cabrera

Alumno

Cabrera Lituma
2307/13

ABSTRACT

DESIGN AND CONSTRUCTION OF AN ELECTRO-STIMULATOR FOR LIVING TISSUE

Electro-stimulation therapies are very useful for the rehabilitation of muscular injuries and to reeducate the muscle after a lesion. For the design and construction of an electro-stimulator for living tissue, we programmed the microcontroller by testing the program and implementing the different circuits in order to obtain signals that are similar in voltage and frequency to the theoretic characteristics. The electro-stimulation and anesthesia cards were designed in Altium Designer with the use of basic components, which is why the costs are low and accessible. We recommend the use of data buses instead of cables for the communication between cards.

Key Words: Transcutaneous, neuralgias, electrophysiology, axons, innervation, invigorating, electro-stimulation.

Ing. Francisco Vásquez

School Director

Ing. Freddy Pesantez

Thesis Director

Freddy Cabrera

Student

UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
DPTO. IDIOMAS

Diana Lee Rodas
Translated by,
Diana Lee Rodas

Cabrera Lituma Freddy Marcel

Trabajo de Grado

Ing. Freddy Gonzalo Pesantez Díaz

Octubre-2013

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN ELECTRO - ESTIMULADOR PARA EL TEJIDO VIVO

INTRODUCCION

Actualmente la electrónica se encuentra muy difundida, en todos los equipos, en todas las áreas de la ingeniería, del comercio, de la administración, y también en el área médica. En las últimas décadas la electrónica ha sido de mucha ayuda para los avances de la medicina, tanto para investigaciones como para su práctica, haciéndola cada vez más segura para los médicos como para los pacientes, debido a que cada vez se mejora en la obtención de resultados de exámenes y en la medición de diferentes parámetros fisiológicos, o en la dosificación de medicamentos como son anestésicos o medicamentos vía venosa.

La electrónica, en el campo electromédico, también ha incursionado en el tratamiento de rehabilitación de diferentes tipos de traumas o problemas musculares y nerviosos. La presente tesis aborda una pequeña parte de la electromedicina destinada al campo de la rehabilitación muscular: electroestimulación y electroanestesia que nos permiten inhibir el dolor en una determinada zona muscular. Esta tesis es solo un abreboca de lo que es posible realizar con electrónica con el fin de ayudar a pacientes en su recuperación; el campo de la rehabilitación es mucho más amplio y diverso. En razón de lo expuesto invito a la lectura de la presente tesis, la que servirá de guía en el diseño y construcción de cosas mucho más avanzadas.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

Introducción

En el presente capítulo se abordarán temas referentes a la electroestimulación y electroanestesia, como son: los fundamentos teóricos, las bases fisiológicas y las formas de onda necesarias para producir el efecto en un paciente con sus respectivos valores de amplitud y frecuencia. Además se realizará una introducción a los micro controladores microchip PIC 18F4550.

1.1 Electroestimulación

1.1.1 Fundamentos de la electroterapia

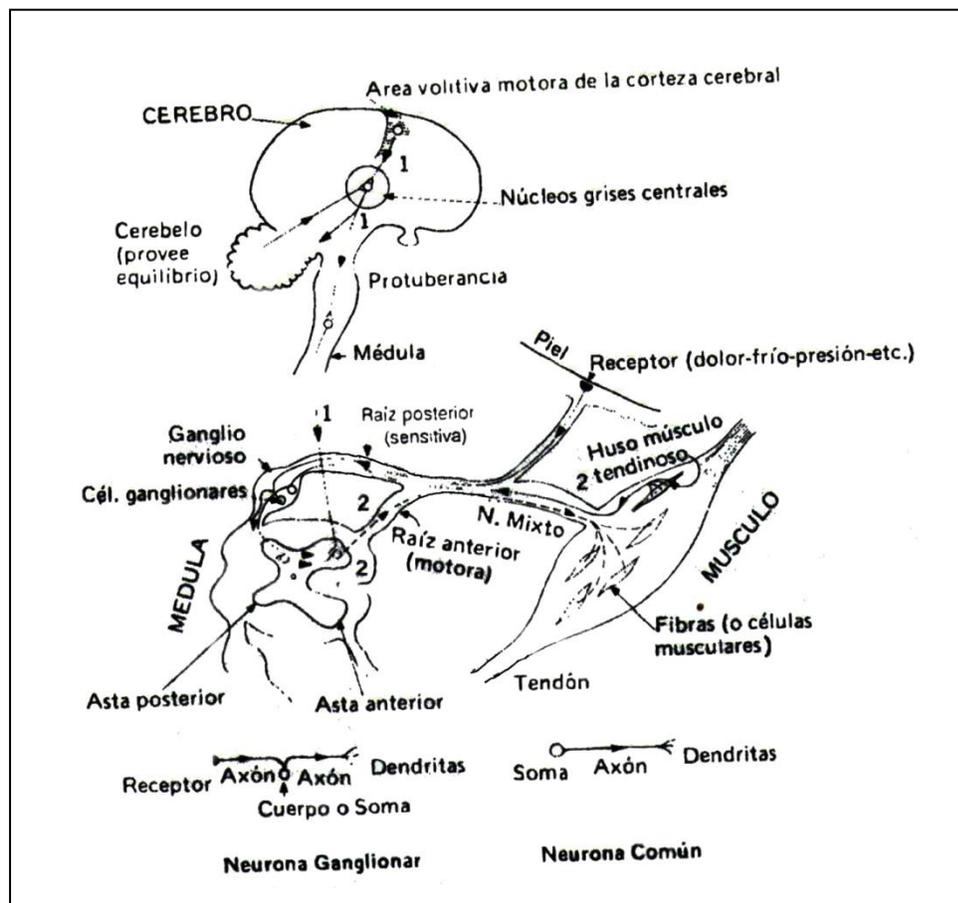
*“La electroterapia es la disciplina médica que se ocupa del tratamiento de ciertas patologías humanas utilizando diferentes fenómenos eléctricos artificiales.”*¹ Los primeros intentos del uso de la electricidad con fines terapéuticos se registran desde los tiempos del Galeno (160d. C.). Aplicando el pez torpedo a la cabeza de pacientes para tratar cefaleas. Desde los inicios del siglo XX se viene practicando la electroterapia con bases experimentales firmes y se consagra en la práctica clínica luego de la Segunda Guerra Mundial en el intento de diagnosticar y recuperar las lesiones neuromusculares de los combatientes.

¹DEL AGUILA, 1994, pág 267
Extracto tomado de: DEL AGUILA, 1994, pág 267

1.1.2 Reseña anatómica y fisiopatología neuromuscular

La figura 1.1 muestra el esquema del circuito neuromuscular periférico con la médula como órgano de unión y, además, la conexión del área motora cerebral con las neuronas motoras periféricas situadas en el asta anterior de la médula. “La neurona motora central posee su cuerpo celular en la área motora cerebral; su axón se dirige hacia abajo a través de la medula espinal hasta contactar con la neurona motora periférica que le corresponde.”² El nervio motor es la vía eferente común de los impulsos voluntarios que se originan en el área motora cerebral y de los reflejos sensitivo-motores originados en tendones, músculos y piel.

Figura 1.1 Esquema del circuito sensitivo del hombre



Fuente: DEL AGUILA, Electromedicina, 1994, pág. 268

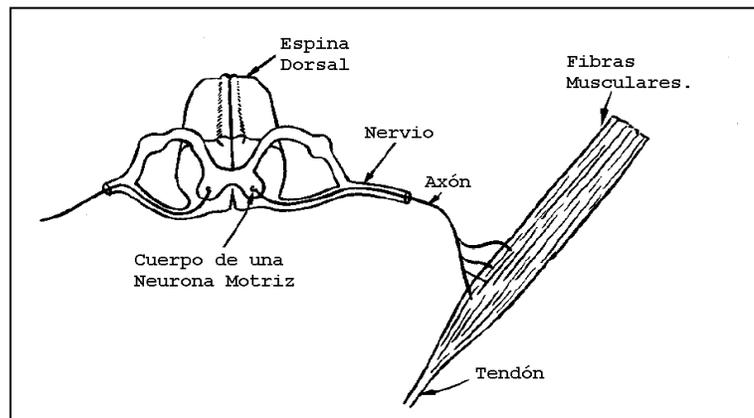
²DEL AGUILA, 1994 pág. 267

Estracto tomado de: DEL AGUILA, 1994, pág 267

1.1.3 Sistema motor

“La neurona motora central tiene su cuerpo celular en el área motora cerebral; su axón se dirige hacia abajo a través de la médula espinal hasta contactar con la neurona motora periférica correspondiente”³. La médula espinal situada en el interior de la columna vertebral es un órgano en donde se integran todos los nervios (aférentes y eférentes) del Sistema Nervioso Periférico.

Figura 1.2 Sistema Motor



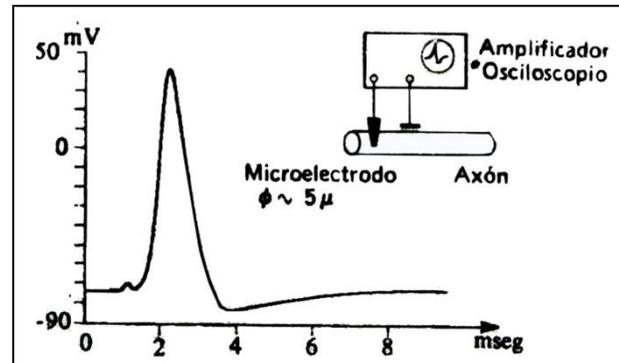
Fuente: PEREZ, Bioelectrónica, 2011 Pág. 42

1.1.4 Electrofisiología neuromuscular

Para poder hacer mover un músculo la neurona motora cerebral genera un impulso eléctrico, como el de la figura 1.3 que viaja sin decremento por todo el axón hasta llegar a otra neurona motora situada en el asta anterior de la médula nerviosa que se encarga de tomar ese impulso y, a través de la placa motora, comunicárselo al músculo que debe contraerse.

³PEREZ, 2011, Pág. 42
 Extracto tomado de: DEL AGUILA, 1994, pág 269

Figura 1.3 Potencial de acción tomado entre el interior y el exterior de un axón



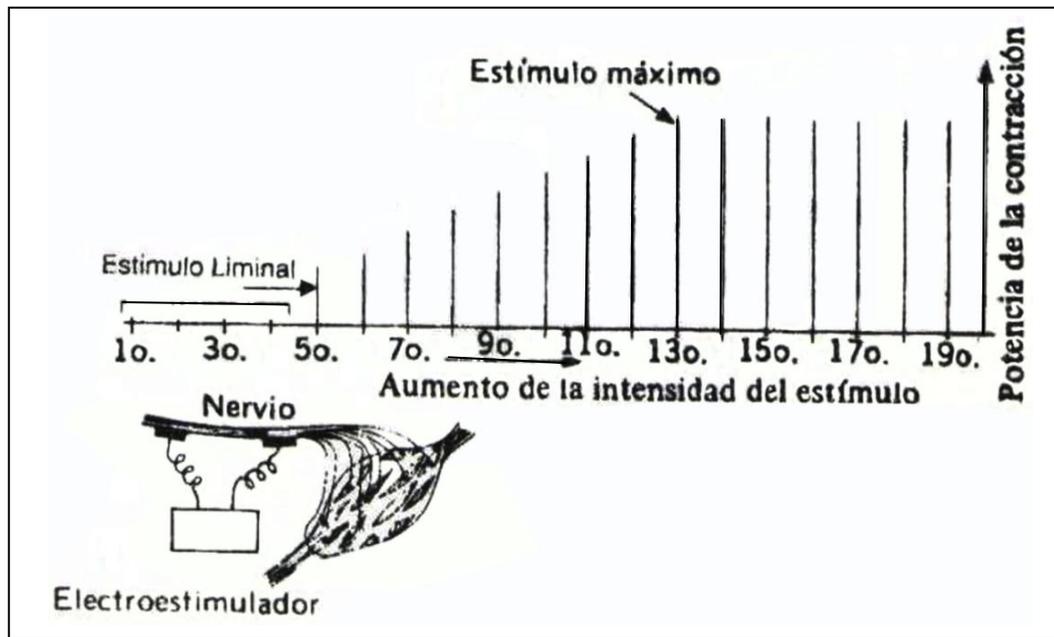
Fuente: DEL AGUILA, Electromedicina, 1994, pág. 269

El impulso nervioso puede generarse externamente de diversas maneras, entre ellas impulsos eléctricos de características adecuadas. Los cuales generan dentro de los axones de los nervios, impulsos eléctricos similares a los producidos en condiciones fisiológicamente normales. También se cumple la ley del todo o nada; *“si el estímulo supera un umbral de intensidad, se genera en el axón un impulso eléctrico de amplitud constante que no variará ante ulteriores aumentos de intensidad del mismo”*⁴. Si el estímulo se encuentra por debajo de ese umbral no se generará impulso alguno.

Un nervio intacto está formado por cientos a miles de axones, no todos pueden ser estimulados en un mismo instante de tiempo, a pesar de que el estímulo eléctrico sea adecuado para cada axón en particular; esto se debe a que la corriente aplicada sobre el nervio será drenada por zonas de baja imperancia que no incluyan una cierta cantidad de axones. Una gran intensidad estimulará todos los axones de un nervio (figura 1.4).

⁴DEL AGUILA, 1994, pág 269
Estracto tomado de: DEL AGUILA, 1994, pág 269

Figura 1.4 Estimulación de un nervio intacto que comanda un pequeño musculo compuesto por nueve células musculares. La magnitud del estímulo va aumentando en valores contantes pequeños de izquierda a derecha. Si los nueve axones estuvieran libres, es decir, no incluidos en un nervio con sus múltiples envolturas, el 5to estímulo (estímulo umbral) desencadenaría la contracción de las 9 fibras musculares porque generaría un potencial de acción en cada axón; sin embargo, como dentro del nervio existen zonas de distinta impedancia, el estímulo no se propaga uniformemente a través de él. Aumentando la intensidad gradualmente es posible estimular los axones uno por uno (modificado por Sidney Litch, 1970)



Fuente: DEL AGUILA, Electromedicina, 1994, pág. 269

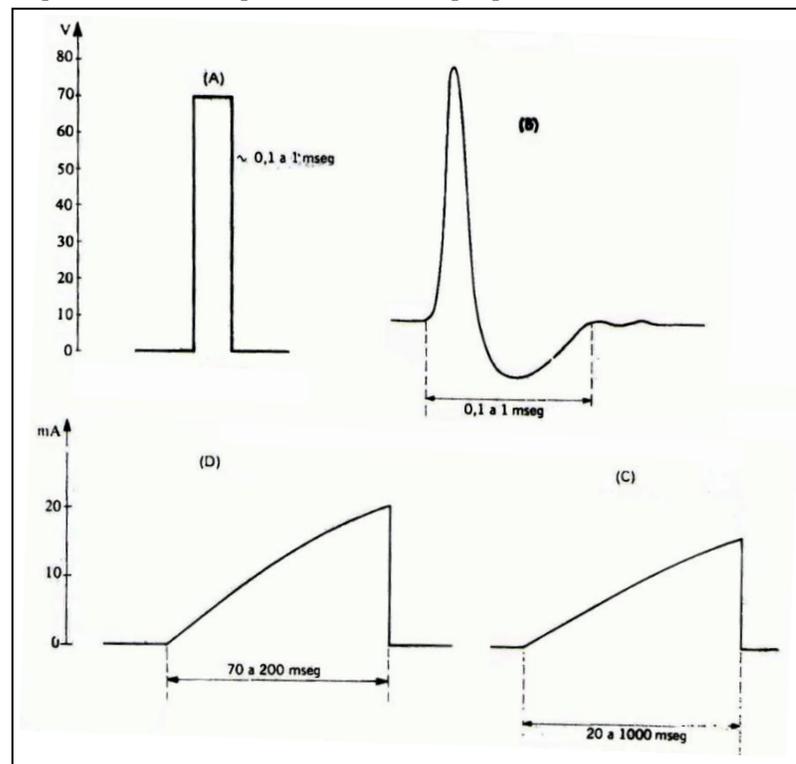
1.1.5 Electroestimulación muscular

*“Inervación: Conexión o acción que ejerce el sistema nervioso sobre un órgano. Puede ser motora, sensitiva o vegetativa.”*⁵ Músculo normalmente inervado: es aquel que realiza las órdenes del sistema nervioso como pueden ser contracción o relajación. Músculo desinervado: es aquel que ha perdido su conectividad con el sistema nervioso, no cumple con órdenes del sistema nervioso, a pesar de que el músculo se encuentre en perfecto estado físico. Se puede estimular un musculo normalmente inervado con un pulso eléctrico de corta duración sobre la piel cercana a él.

⁵<http://salud.doctissimo.es/diccionario-medico/inervacion.html>ADF

Lo que el pulso eléctrico logra es estimular el nervio motor que se encarga de inervar al musculo desnervado, siendo importante transcutáneamente estimular directamente al mismo para obtener un mejor resultado. Lo que sucede es que el nervio tiene una respuesta más rápida que la de los músculos. La intensidad o tensión pueden ser entre: 10-50mA ó 10-150 V respectivamente según el nivel de contracción que se desee y la duración del pulso ha de ser de unos 2ms. La frecuencia máxima de impulsos es de alrededor de 80 Hz para no provocar la llamada tetanización (nueva contracción antes de la completa relajación). El pulso puede ser rectangular o farádico como se observa en la figura 1.5a y b. *“El primero corresponde generalmente a aparatos que trabajan con corriente o con tensión estabilizada lograda por medios puramente electrónicos; el segundo, a los que lo hacen mediante pulsos de tensión inducidos en el secundario de un transformador.”*⁶

Figura 1.5 - (a) (b) (c) – Pulsos aptos para estimular músculos “por tensión”, método que provoca muy pocas molestias al paciente. (d) Pulso apto para músculos desnervados



Fuente: DEL AGUILA, Electromedicina, 1994, pág. 273

⁶DEL AGUILA, 1994, pág 274

Estracto tomado de: DEL AGUILA, 1994, pág 274

Esta forma de electro estimulación muscular se aplica para: conservar el trofismo muscular luego de una hemiplejía; reeducar un músculo luego de una operación; enseñar nuevas funciones en caso de trasplantes musculares, procesor de rehabilitación muscular, realizar pruebas de estado y funcionamiento de músculos. Para estimular músculos desnervados, la forma de onda y la duración de los pulsos deben ser apropiadas y la corriente debe hacer contraer directamente a estos músculos. Esto es así porque, se puede hacer contraer musculos desnervados con ondas rectangulares, la intensidad requerida debe ser muy grande por tal motivo se haría contraer también a los normalmente inervados que se encuentran cercanos a los electrodos; ello enmascararía la contracción de los desnervados. Tambien, haría contraer a los músculos antagonistas normalmente inervados.

“Se ha descubierto que una onda que decrezca progresivamente (tal como una onda exponencial ofrecida por una carga capacitiva) es adecuada para estimular la contracción de músculos desnervados sin afectar a los músculos inervados”⁷, ya que se puede trabajar con niveles de intensidad menores que los necesarios para estimular los nervios motores. Valores característicos de duración del pulso de crecimiento progresivo y de la intensidad requerida para provocar una contracción medianamente potente, para aparatos que trabajen con corriente estabilizada, se muestra en la figura 1.5 (d)

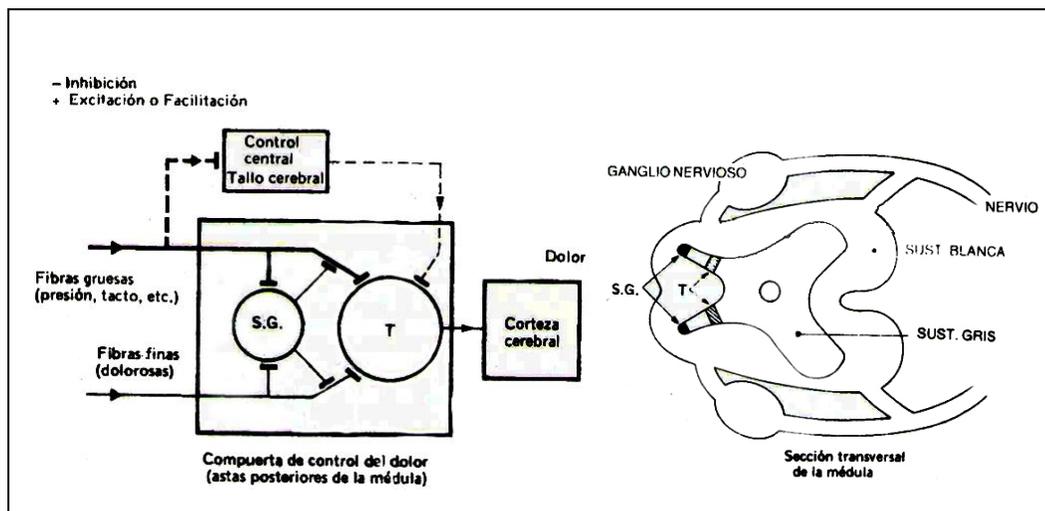
Los electrodos deben colocarse en los extremos del músculo debido a que es necesario que el mayor flujo posible de corriente atraviese longitudinalmente el músculo. Aplicar electroestimulación en músculos desnervados tiene como finalidad conservar el trofismo muscular hasta que se opere y se realice la regeneración del nervio motor lesionado. Además se puede utilizar para efectuar el diagnóstico diferencial en el caso que músculos desnervados se entremezclen con inervados o que se encuentren cerca de músculos antagonistas normalmente inervados.

⁷DEL AGUILA, 1994, pág 274- 275
Estracto tomado de: DEL AGUILA, 1994, pág 274-275

1.1.6. Bloqueo del dolor por estimulación transcutánea

Con la Estimulación adecuada de ciertas regiones del tegumento se puede concebir en los pacientes analgesia o al menos hipoalgesia en una zona crónicamente dolorosa. La Teoría de Compuerta del Dolor del Melzack y Wall (1965) es la base experimental de esta antigua observación, *la cual establece que los impulsos dolorosos que viajan por los nervios periféricos hacia la médula, son controlados al entrar a las astas posteriores de la misma por impulsos interferentes que nacen en órganos sensitivos no dolorosos tales como: corpúsculos del tacto, del frío, de presión; etc.*⁸ Al realizar la estimulación de estos corpúsculos física, mecánica o eléctricamente, se producen impulsos en los nervios respectivos que, al llegar a las astas posteriores de la medula, bloquean allí los impulsos dolorosos que tratan de llegar al cerebro (figura 1.6). Los impulsos eléctricos propuestos como más eficaces son los mostrados en la figura (1.7)

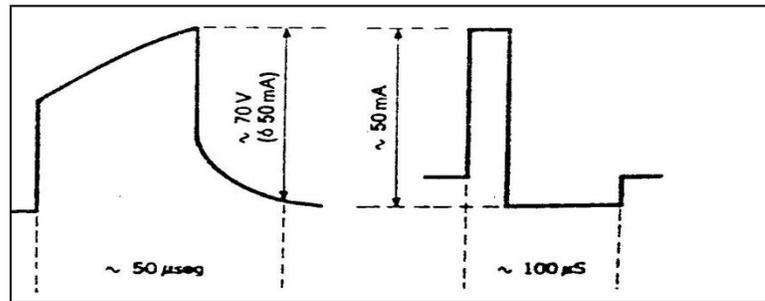
Figura 1.6 Teoría de la “Compuerta de Control del Dolor” de Melzack y Wall (1965). La estimulación de las fibras sensoriales gruesas provoca la excitación del sistema inhibitor de la sustancia gelatinosa (S.G.). Las células nerviosas aquí situadas provocaran una inhibición “pre sináptica” de los impulsos que viajan por las mismas fibras gruesas.



Fuente: DEL AGUILA, Electromedicina, 1994, pág. 27

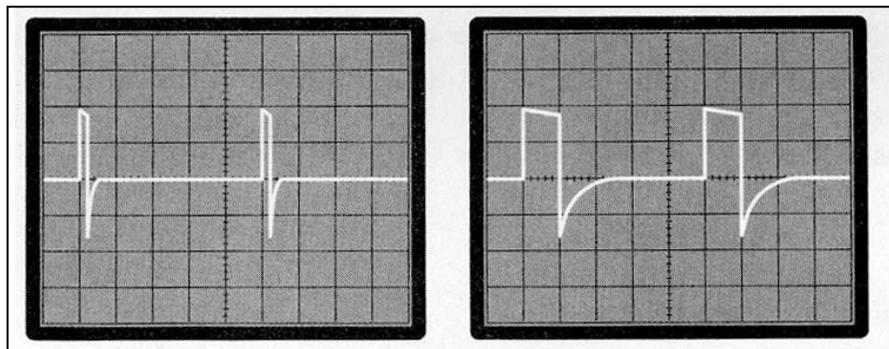
⁸DEL AGUILA, 1994, pág 275
 Extracto tomado de: DEL AGUILA, 1994, pág 275

Figura 1.7 Formas de onda obtenidas a la salida de electroestimuladores para bloqueo del dolor



Fuente: DEL AGUILA, Electromedicina, 1994, pág. 275

Figura 1.8 Formas de ondas para el bloqueo del dolor



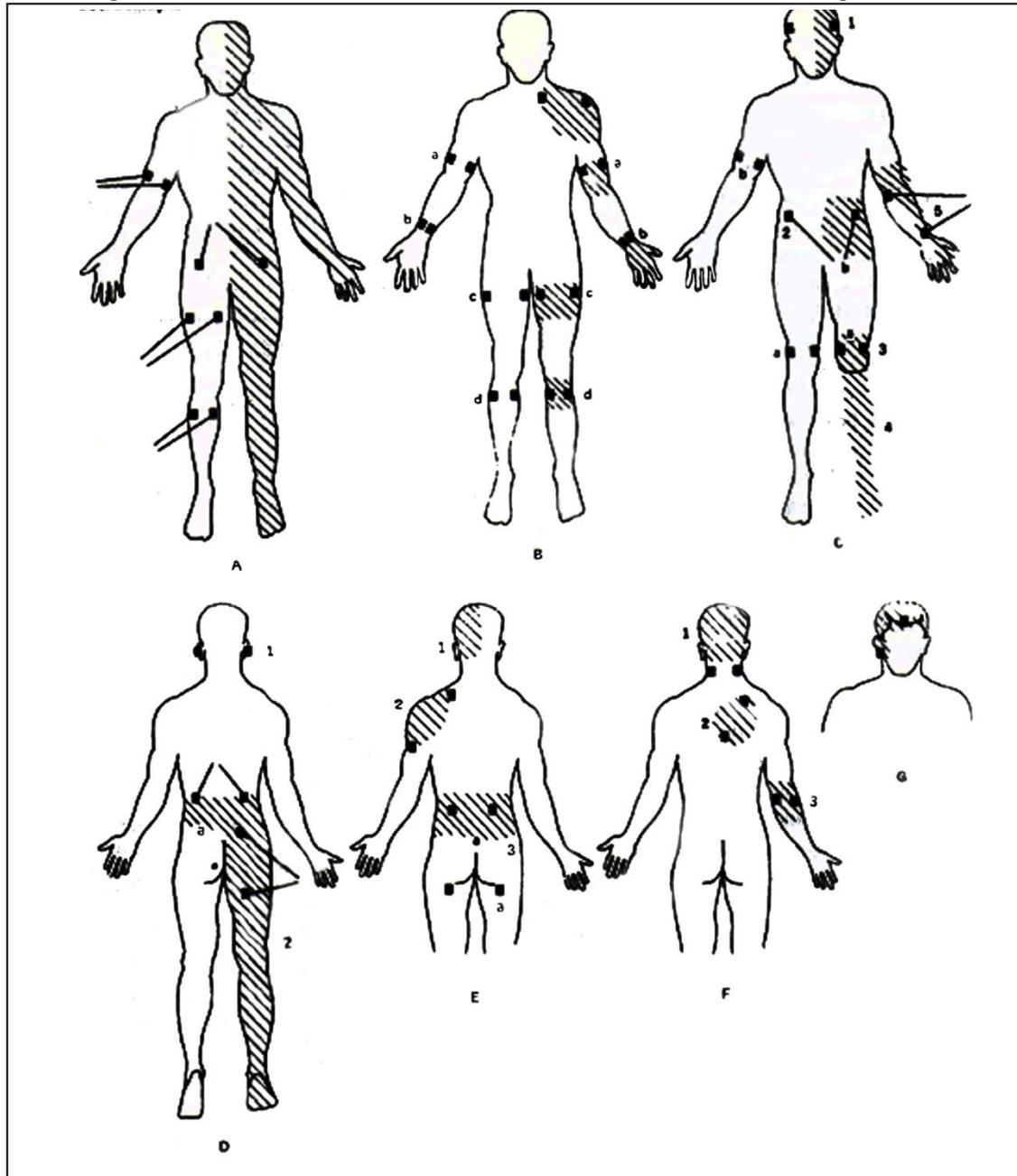
Fuente: NUEVA ELECTRÓNICA, artículo LX1387,200-, Pág. 3

La frecuencia necesaria para producir el bloqueo del dolor oscila entre 10 y 150 Hz. Los anchos de pulso oscilarán entre 50 y 500 μs y la intensidad entre 20 y 80 mA o entre 20 y 60 V. “Los electrodos han de ser del tipo no polarizable y de una superficie de 1 a 50 cm^2 .”⁹ Para aplicar los electrodos se los debe recubrir con una almohadilla de algodón y humedecerlos con agua o con gel conductor. La técnica se utiliza para el alivio del dolor crónico como son: cefáleas crónicas, lumbalgias, ciatalgias, neuralgias faciales o posoperatorias, etc. En la figura 1.9 se ilustra los posicionamientos electródicos que se ponderan como más efectivos para tratar los diversos cuadros álgidos. Cada sesión debe ser entre 2 y 4 horas diarias durante 2 o 3 días para percibir el efecto.

⁹DEL AGUILA, 1994, pág 276

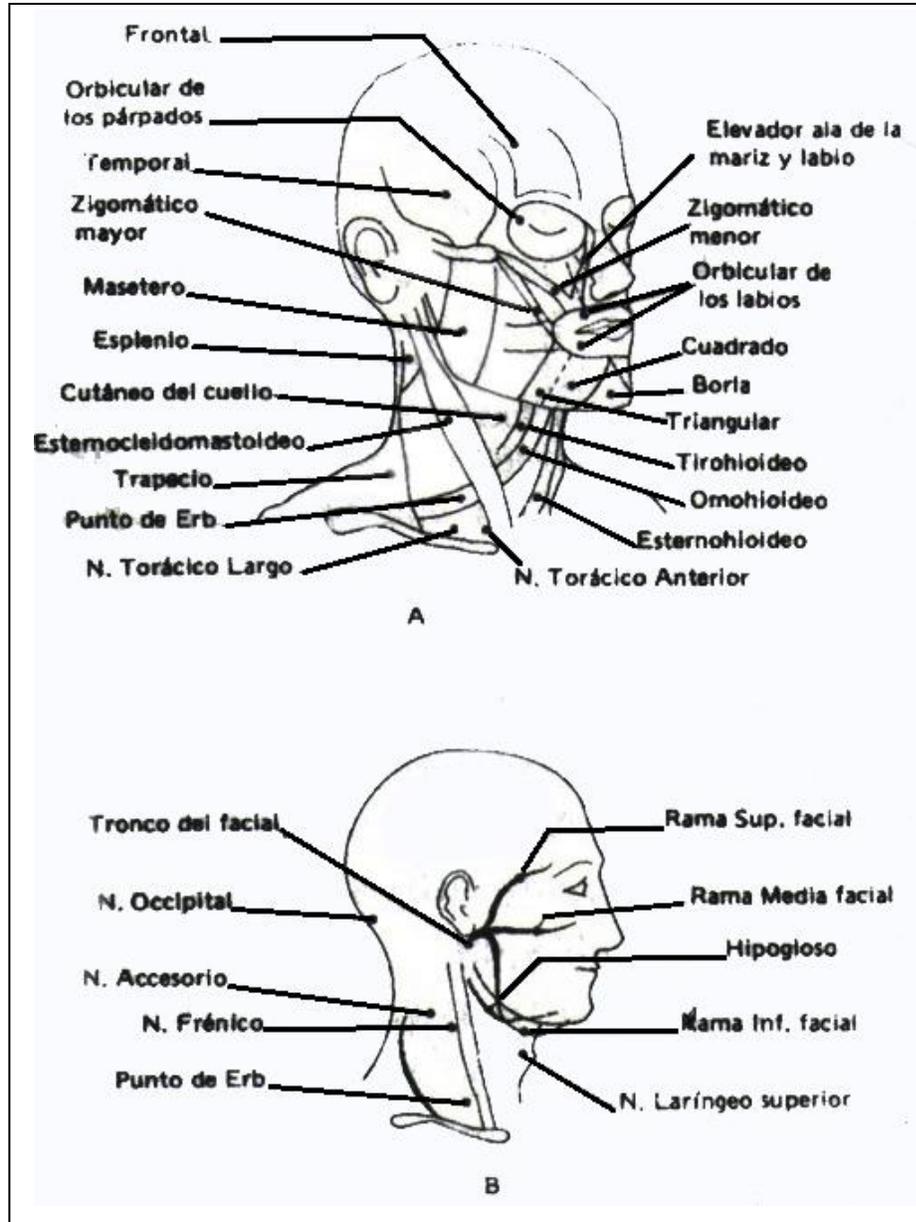
Estracto tomado de: DEL AGUILA, 1994, pág 276 - 277

Figura 1.9 Puntos de bloqueo electrónico del dolor: A) dolor talámico- B)diversas algias en miembros – C) 1.cefalea, neuritis y neuralgia facial; 2. Neuralgia del herpes Zoster; 3. Causalgia; 4. Dolor fantasma; 5. Dolor de ante brazo índice y pulgar – D) 1. Insomnio (ambos tragos); 2. Lumbociática – E) 1. Migraña (ambos mastoides); 2. Mioartralgia escapulohumeral; 3. Lumbago – F) 1. Cefalalgia tensional (músculos paravertebrales nucales); 2. Fibrositis; 3. Artritis crónica – G) cefalea frontoparietal



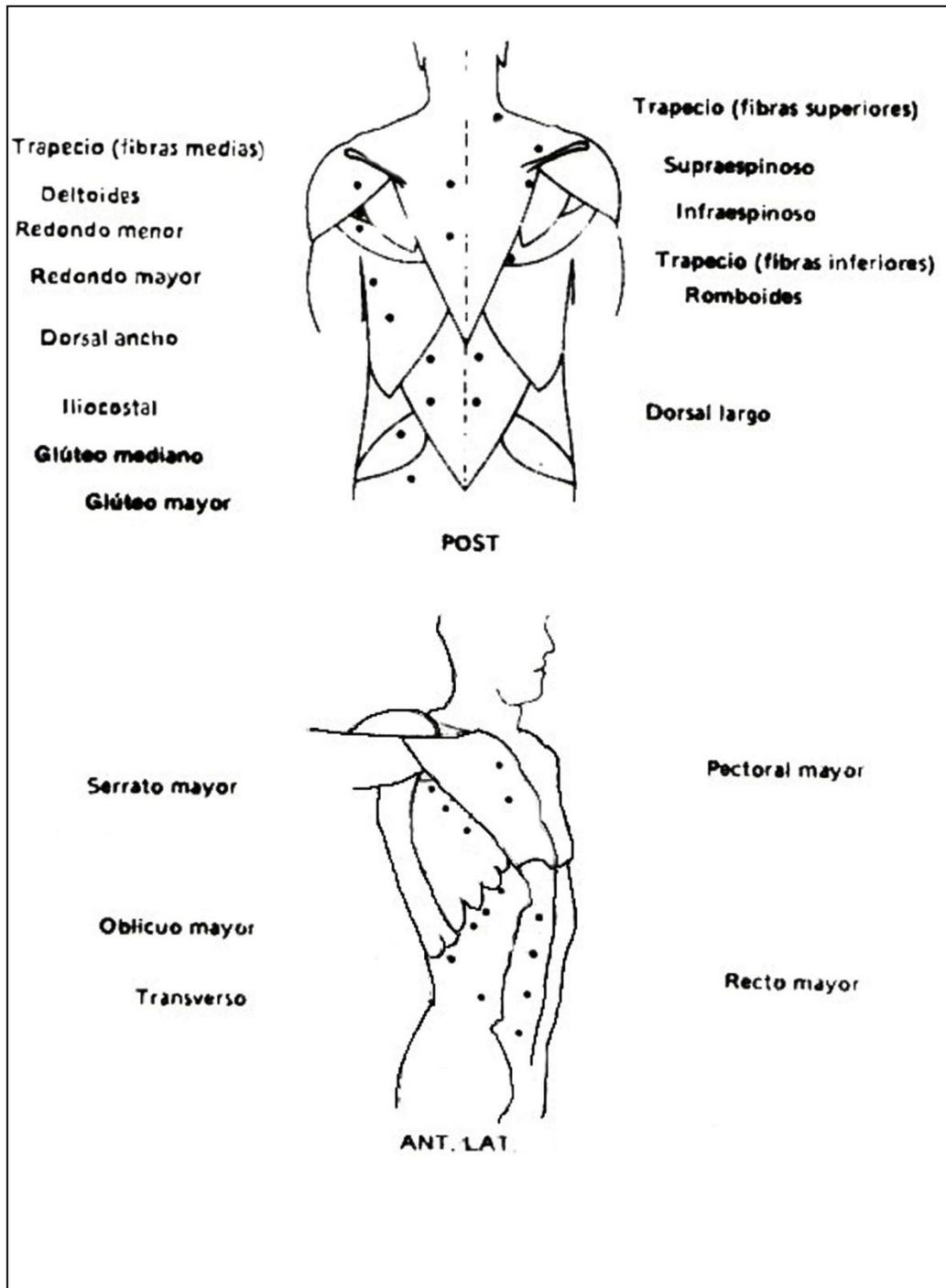
Las figuras 1.10, 1.11, 1.12 y 1.13 muestran diferentes puntos motores del cuerpo humano.

Figura 1.10A: Puntos motores; B: Puntos de Estimulación Nerviosa



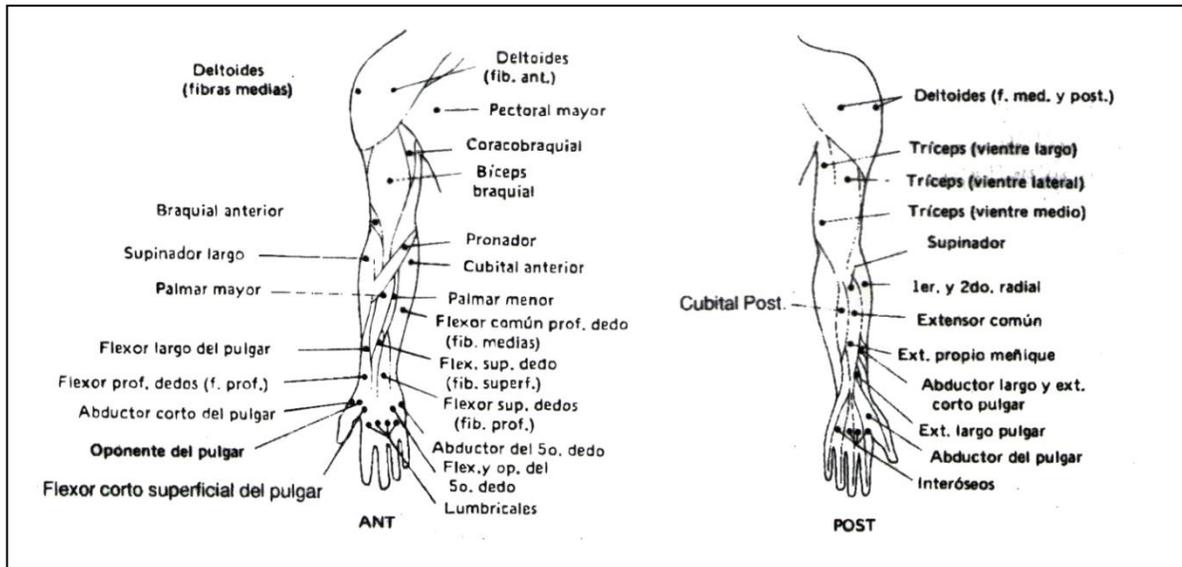
Fuente: DEL AGUILA, Electromedicina, 1994, pág. 270

Figura 1.11 – Puntos motores



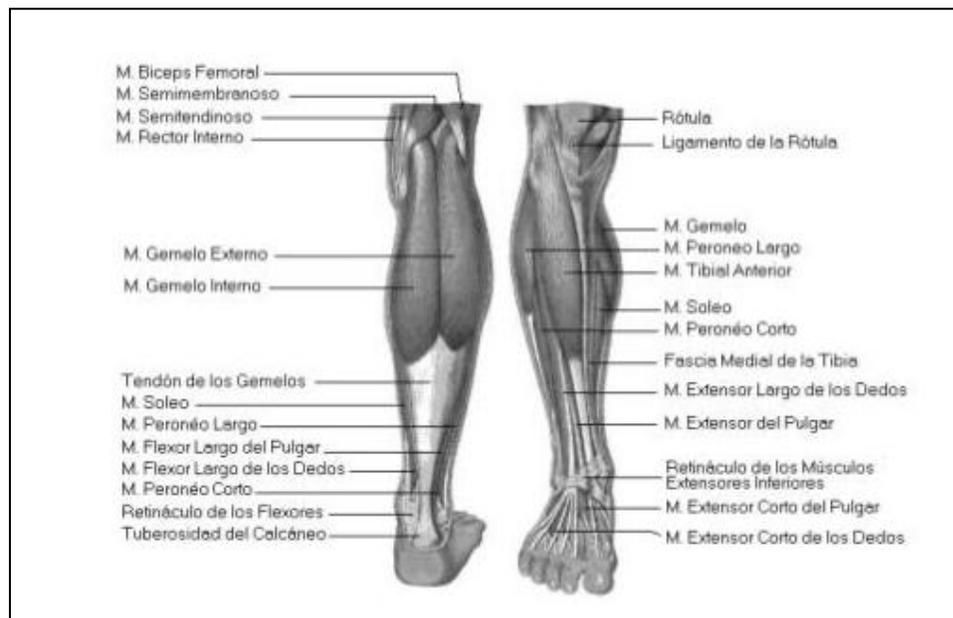
Fuente: DEL AGUILA, Electromedicina, 1994, pág. 271

Figura 1.12 – Puntos motores



Fuente: DEL AGUILA, Electromedicina, 1994, pág. 271

Figura 1.13 – Puntos motores



Fuente: Musculos de la pierna <<http://www.slideshare.net/alex10z/musculos-de-la-pierna-15092783>>

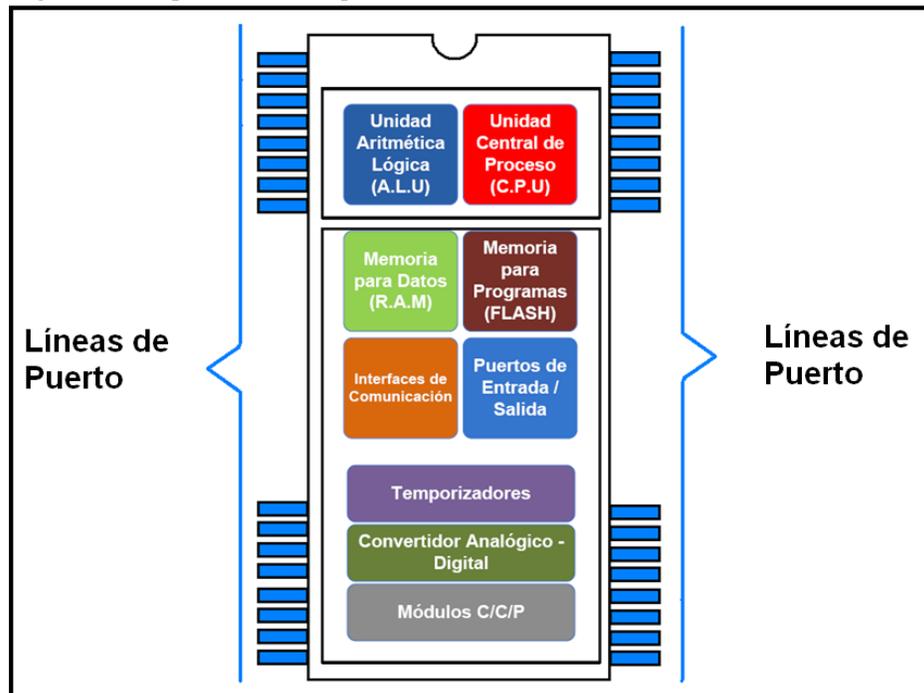
[Consulta: 29 de mayo del 2013]

1.2 Microcontrolador pic microchip 18F4550

1.2.1 Definición

Es un chip que integra (empaqueta, encapsula) numerosos recursos (memoria Ram, Puertos, Temporizadores, convertidores Analógicos y Digitales, contadores, comparadores, modulos de comunicación: Usart, I2C) Periféricos internos y se comunica a través de líneas de puertos con el exterior.

Figura 1.14 Representación esquemática de la estructura de un micro controlador



Fuente: PÉREZ, Microcontroladores, 2010, Tema 1, Pág. 2

1.2.2. Ventajas de los micro controladores

*“Bajo costo, puesto que integran muchos de los recursos que en un μP aparecen de forma discreta y se miniaturizan los diseños, lo que supone abaratar costos de fabricación.”*¹⁰ **Fiabilidad:** Con μC se minimizan las interconexiones en la tarjeta de circuito impreso lográndose así un diseño más fiable. Ahorro de tiempo en el desarrollo de los diseños con lo que se consigue que un producto llegue oportunamente al mercado.

¹⁰ PÉREZ, 2010, pág. 3

Extractor tomado de: PÉREZ, 2010, pág. 2, 3

1.2.3 Puertos en los micro controladores pics microchip

Las características generales más sobresalientes son las siguientes:

- Pueden manejar hasta 25 mA de corriente, tanto como fuente o sumidero, son capaces de manejar LEDs sin necesidad de circuitos buffers.
- *“Son configurables individualmente como salidas o entradas, mediante registros denominados TRIS. Existe un registro TRIS para cada puerto. Al cargar un UNO se programa correspondiente como una entrada y al escribir un CERO queda programado como salida.”¹¹*. Los pines por defecto se encuentran programados como entradas.
- Pueden realizar una de varias funciones ya que muchas líneas de puertos están multiplexadas, por ejemplo: una misma línea pudiera ser configurada como entrada o salida digital o como una entrada analógica.
- Los puertos en los PICs tratan de mantener sus mismas características constructivas entre los diferentes modelos, esto facilita el aprendizaje y manipulación de los chips más modernos.
- Todas las líneas tienen protección contra ESD (Electrostatic Discharge) y en el caso particular de las líneas de puerto tipo “B”, existen resistencias de “pull up” internas que pueden conectarse o desconectarse utilizando instrucciones de programa cuando desee el programador.

¹¹PEREZ, 2010, pág. 3-6.

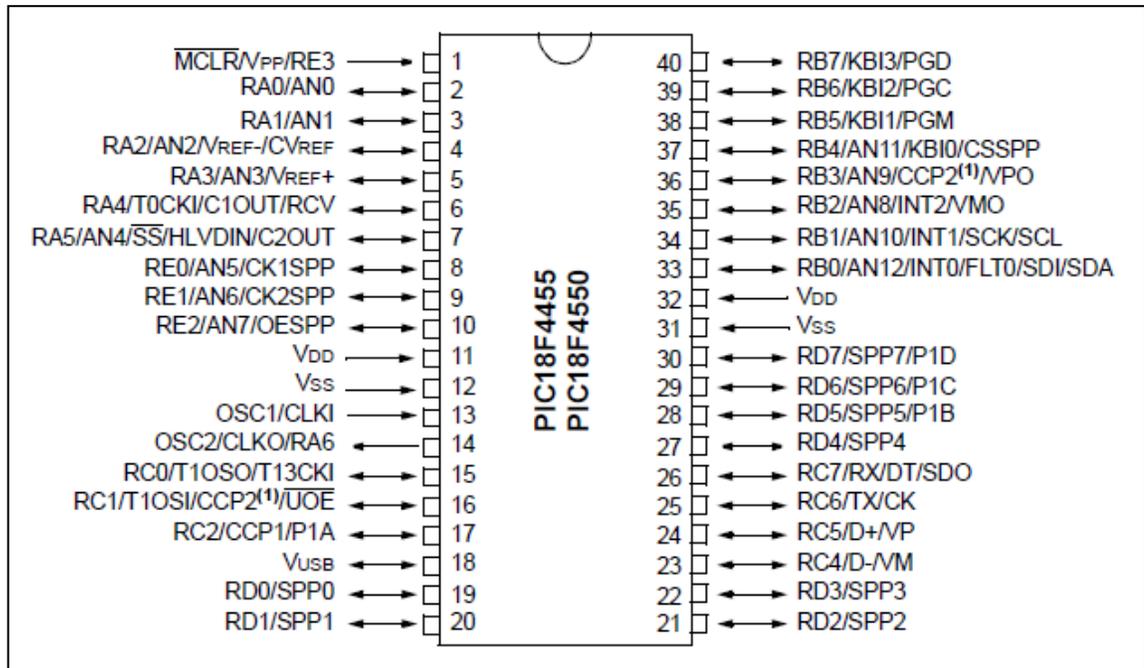
Estractor tomado de: PÉREZ, 2010, Tema 1, pág 3

Estractor tomado de: PÉREZ, 2010, Tema 2, pág 3

1.2.4 Descripción de los puertos integrados a los micros controladores de tecnología 18F4550

En la figura 1.14 se puede apreciar el “pin out” (esquema de terminales) de un microcontrolador 18F4550.

Figura 1.15 Esquema de terminales



Fuente: PÉREZ, Microcontroladores, 2010, Tema 2, Pág. 4

Todas las líneas del chip son líneas de puerto de propósito general excepto las que se resumen en la tabla 1.1.

Tabla 1.1. Pines con funciones especiales

Nombre del pin	Número del pin	Función
MCLR	1	Pin para generar un RESET externo.
OSC1	13	Pin para conexión del oscilador externo
OSC2	14	Pin para conexión del oscilador externo
VSS	12 ó 31	Pin de referencia. Generalmente conectado a la tierra del sistema.
VDD	11 ó 32	Pin de Alimentación. Generalmente conectado a + 5V

Fuente: PEREZ, Microcontroladores, 2010, Tema 2, Pág. 4

1.2.5 Tipos de puerto

Los micros controladores de 40 pines poseen 5 puertos que son los siguientes: Puerto tipo A: *“Es un puerto de entrada / salida de 6 pines (ra0... ra5) cuyas líneas pueden ser configuradas como entrada(s) / salida(s) digital(es) o entrada(s) analógica(s); excepto el pin ra4, que es la entrada digital de conteo del temporizador 0”*¹² cuando el mismo se utiliza como contador de eventos externos. Los pines del puerto A se enumeran en el chip desde el pin 1 hasta el pin 7 del encapsulado.

Puertos tipo B: Es un puerto de entrada / salida digital de 8 pines (rb0... rb7), con resistencias de *“pull up”* internas que pueden conectarse o desconectarse desde el programa. Los puertos tipo B son ideales para la conexión directa de teclados (lineales y matriciales), switches y en general sensores digitales por que posee las resistencias de pull up internas.

Puerto tipo C: Es un puerto de entrada / salida digital de 8 pines (rc0... rc7) que multiplexa algunas funciones para sus líneas. Algunas de las funciones multiplexadas para estas líneas se describen a continuación: 1.- rc2 puede ser un pin de entrada / salida digital o la salida de una onda de PWM generada por el módulo CCP. 2.- rc6 y rc7: pueden ser pines de entrada / salida digitales o los pines de comunicación para el USART (comunicación serial) Tx y Rx respectivamente.

Puerto tipo D: Es un puerto de entrada / salida digital de 8 pines (rd0... rd7), que multiplexa funciones con el periférico interno denominado Puerto Paralelo Esclavo (PSP), en la practica normalmente se utiliza para conectar un LCD. Puerto tipo E: Es un puerto de entrada / salida de 3 pines (re0, re1 y re2) cuyas líneas pueden ser configuradas como entrada(s) / salida(s) digital(es) o entrada(s) analógica(s) de pendiendo de las necesidades del usuario.

¹²PEREZ, 2010, pág. 5 – 6

Estractor tomado de: PÉREZ, 2010, pág 5-6

1.3. Conclusiones

En el presente capítulo se adquirió el conocimiento sobre las diferentes señales requeridas para producir las terapias de electroestimulación y anestesia con sus características de frecuencia, voltaje y tiempo, además del microcontrolador a ser utilizado con sus diferentes tipos de puertos, pines de conexión.

CAPÍTULO II

DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL MODULO DE ELECTRO ESTIMULACION

Introducción

En el presente capítulo se abordarán temas referentes al diseño y construcción del módulo de electroestimulación, su placa de control, su placa de potencia realizada en Altium Designer Winter 09, y el programa utilizado para generar la visualización de terapias, características y valores para la terapia tanto de frecuencia, voltaje y tiempo, ondas de salida, señales de ingreso realizadas en MPLAB IDE v 8.30.

2. Diseño y construcción del módulo de electro estimulación

El módulo de electroestimulación está compuesto de las siguientes partes: Placa de control, Placa de Potencia y un programa necesario para producir las diferentes señales para la terapia con opciones de selección de frecuencias, voltajes y tiempos de aplicación de terapia con la finalidad de brindar una amplia gama de selección al usuario.

2.1. Programa de micro controlador

El equipo consta de un único programa en el cual se contiene la lógica necesaria para producir las señales de frecuencia, voltaje y tiempo, tanto para las terapias de electroestimulación como para las de electroanestesia. Para una mayor comprensión se realizará la explicación del programa en diagramas de flujo. El programa consta de dos partes: el programa principal y las interrupciones. El programa realizado en MPLAB IDE V 8.30 se observa en el Anexo1

2.1.1 Programa principal

El programa principal se divide en dos subprogramas como son: escoger y play_on, esta selección se realiza a través de la variable start, 3. El programa principal y subprograma «escoger» se los observa en la figura 2.1. y 2.2 mientras que en subprograma play_on se observa en la figura 2.3 en diagramas de flujo.

2.1.1.1 Escoger

En este subprograma se procede a realizar la impresión en el lcd de los carteles de Bienvenida, las terapias de electroestimulación y electroanestesia, los valores de selección para las terapias en los que se refiere a frecuencia, voltaje y tiempo con sus respectivas opciones de selección, es decir, frecuencia entre 10 a 150hz, voltaje entre el 10% al 100% y su opción manual, y los valores de selección de tiempo de terapia, también la visualización del tiempo de ejecución de la terapias.

2.1.1.1.1 Funciones de las variables

Contr0: variable que almacena el valor de la selección de las diferentes opciones: frecuencia, voltaje o tiempo cuando se realiza la selección dentro del submenú respectivo para después almacenarlo en las variables correspondiente para cada opción: va_f para la frecuencia, va_v para el voltaje, va_t para el tiempo.

Contr1: lleva el control de qué menú se debe visualizar en el lcd como son: menú terapias, menú de características de la terapia como es frecuencia voltaje y tiempo, además de la visualización de los valores de selección de cada característica. Te_2: Cuando se haya seleccionado alguna de las opciones de frecuencia, voltaje o tiempo se almacena la información en la variables te_2 y se procede a imprimir el cartel de la opción seleccionada con sus valores respectivos.

2.1.1.2 Play_on

En este subprograma se realizan las siguientes tres funciones: 1.- s_time, compara si el tiempo de terapia se ha completado. 2.- s_voltaje activa las salidas de los puertos A y B para los multiplexores de acuerdo al valor de voltaje que haya sido seleccionado. 3.- s_frecuencia pregunta por la variables te_1 cuyo valor corresponde a la terapia que haya sido seleccionada ya sea electro estimulación o anestesia según eso se produciría su respectiva onda cuadrada en el puerto A. Después se procede al escaneo del valor de va_f obteniendo los valores necesarios para la generación de la onda cuadrada.

2.1.1.2.1 Valores de la onda cuadrada

Electroestimulación: ciclo útil 90%, su salida se realiza en el puerto A, 0.
Electroanestesia: ciclo útil 90%, su salida se realiza en el puerto A, 1. Como se puede observar se utiliza la misma onda de salida para las dos terapias, la diferencia radica en la configuración de los elementos en la placa de potencia.

Figura 2.1 Programa Principal (primera parte)

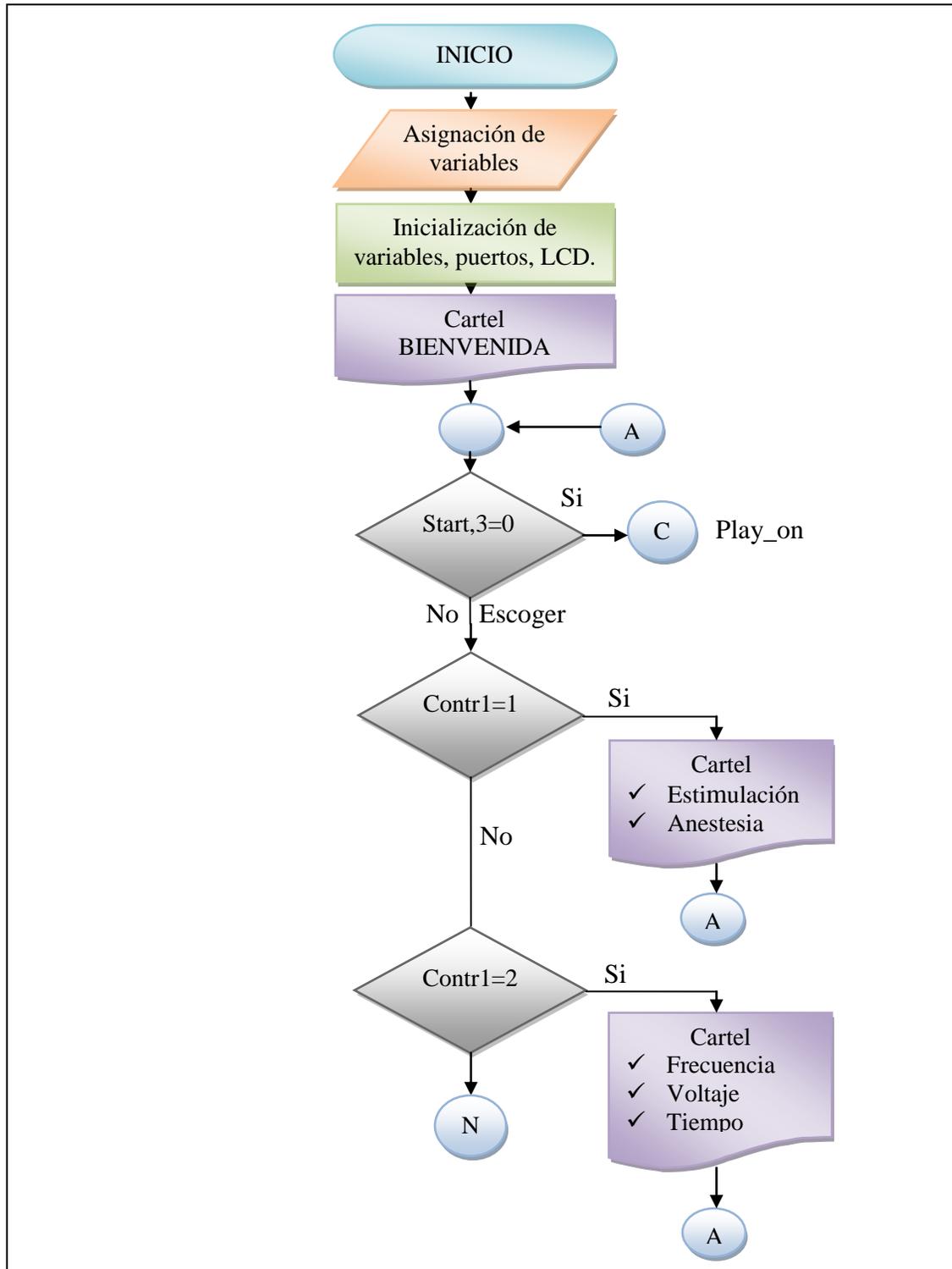


Figura 2.2 Programa Principal (segunda parte)

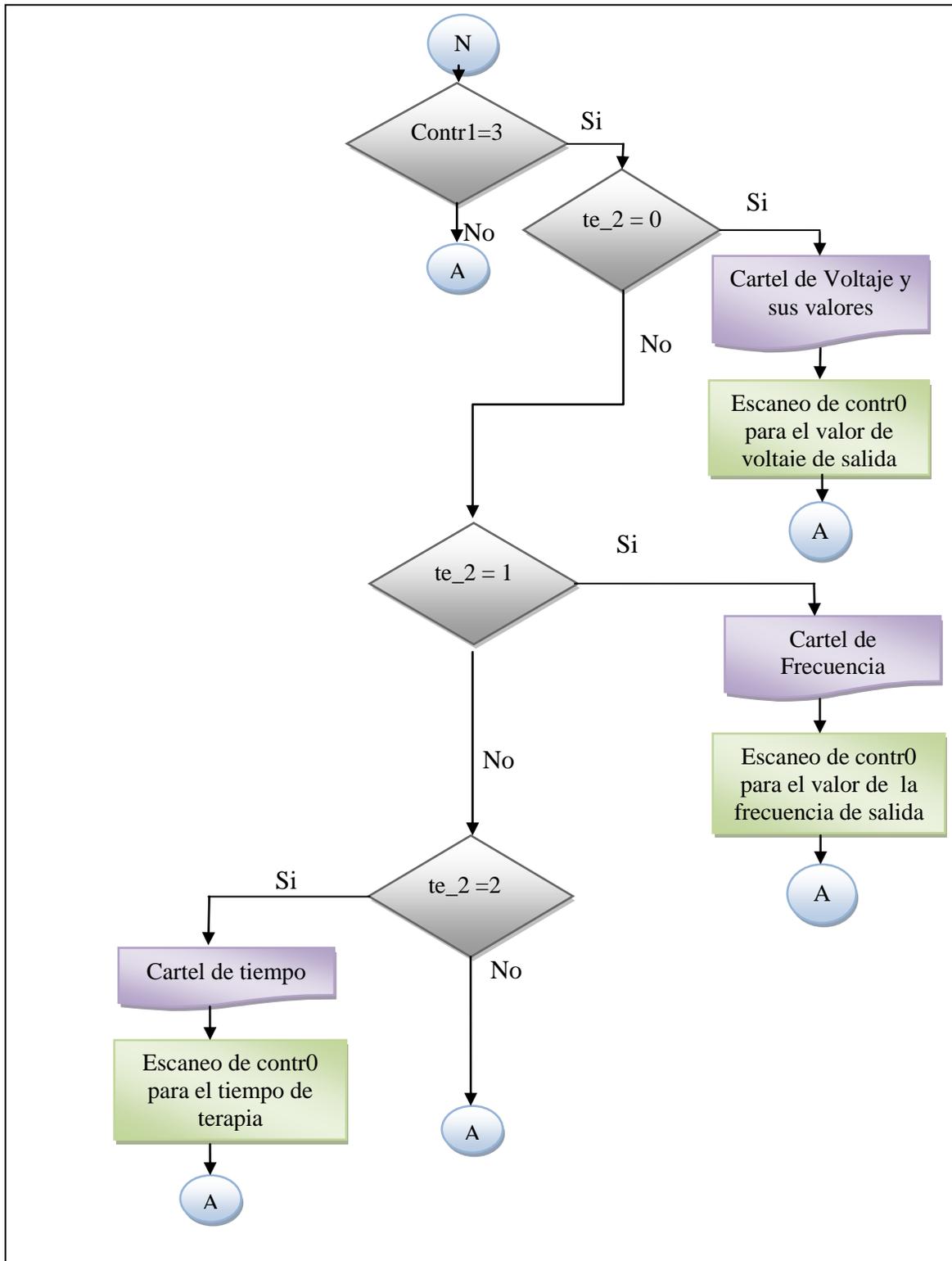
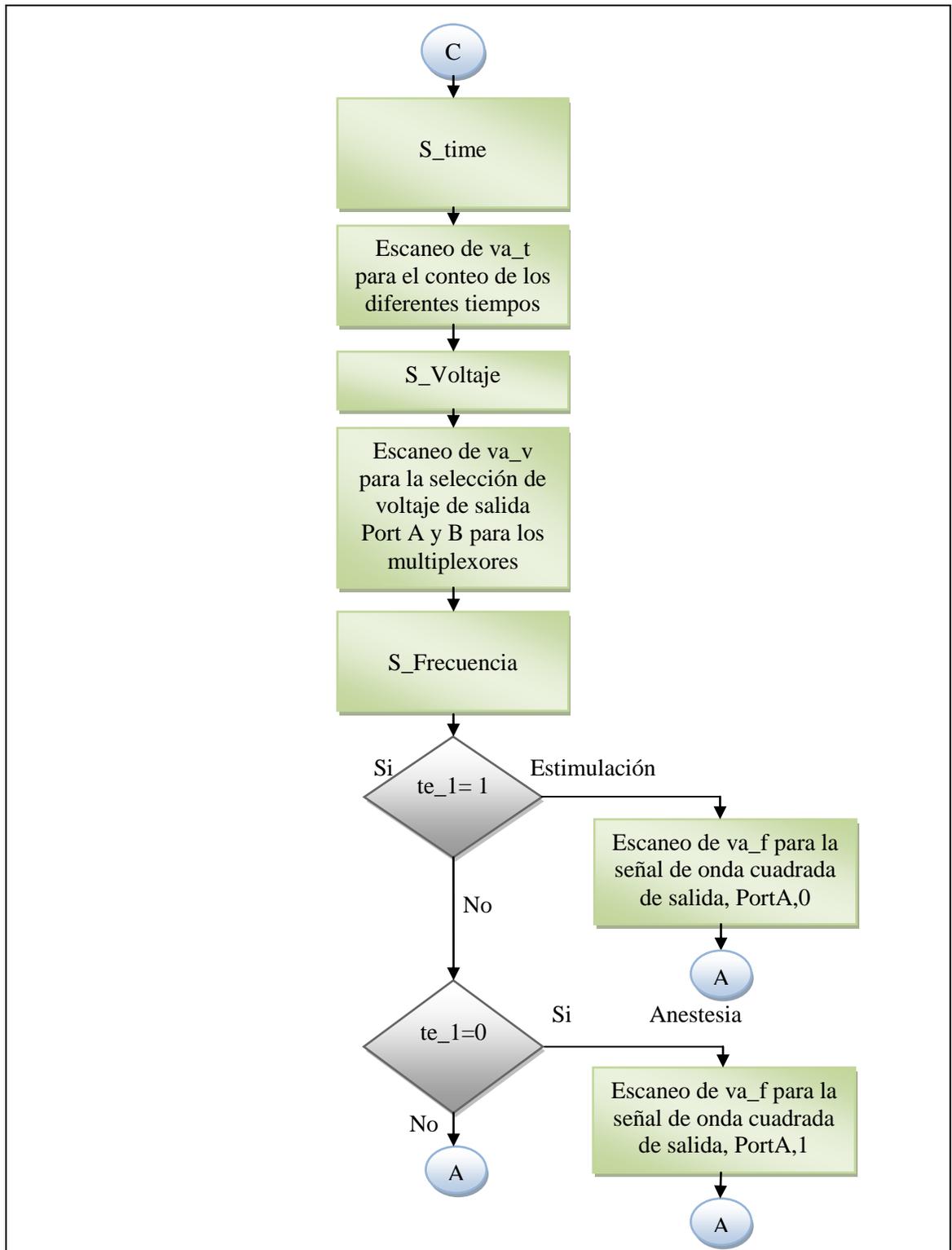


Figura 2.3 Subprograma Play_on



2.1.2 Interrupción

Existen dos maneras de generar interrupciones en el presente programa, que son: por desbordamiento del Timer 0 y del Timer 2. Timer 0 genera las interrupciones para el escaneo de las teclas y el Timer 2 genera la interrupción para el conteo de tiempo de la terapia. En el programa de interrupción (figura 2.4) se realiza el respectivo respaldo de registros en Ram y se procede a realizar la encuesta de qué timer produjo la interrupción. Timer 2 incrementa las variables para generar el conteo del tiempo de la terapia. El Timer 0 escanea si alguna tecla fue pulsada y de serlo, procede a realizar su correspondiente subrutina. Existen cinco teclas las cuales se encuentran ubicadas en la parte baja del puerto B desde PORTB, 0 hasta PORTB, 4 las cuales cumplen con las siguientes funciones:

Subrutina de PORTB ,0 (DOWN): Escanea la variable contr1 si es igual a 1 coloca en el LCD el cursor en la segunda fila. Si es igual a 2 realiza la variación descendente de los carteles del menú de tipo anillo para las variables de trabajo de las terapias como son: frecuencia, voltaje y tiempo. De ser Contr1 diferente de 1 y 2 escanea el valor de te_2 y según este visualiza en el LCD el cartel correspondiente a frecuencia a voltaje o a tiempo y a su vez realiza la variación descendente de los valores correspondiente a cada uno de ellos igualmente en un menú tipo anillo (figura 2.5).

Subrutina de PORTB ,1 (UP): Escanea la variable contr1 si es igual a 1 coloca en el LCD el cursor en la primera fila. Si es igual a 2 realiza la variación ascendente de los carteles del menú de tipo anillo para las variables de trabajo de las terapias como son: frecuencia, voltaje y tiempo. De ser Contr1 diferente de 1 y 2 escanea el valor de te_2 y según este visualiza en el LCD el cartel correspondiente a frecuencia a voltaje o a tiempo y a su vez realiza la variación ascendente de los valores correspondiente a cada uno de ellos igualmente en un menú tipo anillo (figura 2.6).

Subrutina de PORTB, 2 (sig_menu): Realiza la función de enter en la selección de los diferentes menús. Escanea la variable Contr1 si es igual a uno, pregunta por la variable Te_1 y realiza el encendido de la señal luminosa de la terapia que ha sido seleccionada. Si contr1 es igual a 3 decrementa el valor de contr1 de no ser así lo incrementa. Cuando Contr1 es igual a 3 quiere decir que dentro de una opción de frecuencia, voltaje o tiempo se realizó la selección de alguno de sus valores, por lo cual el programa disminuye el valor de contr1 para que el LCD se vuelva a visualizar los carteles de frecuencia, voltaje y tiempo (figura 2.7).

Subrutina de PORTB, 3 (back_menu): esta tecla realiza la función de retroceder en la visualización de los carteles es decir, permite volver a visualizar el cartel anterior como es del cartel de frecuencia, voltaje y tiempo regresar al de selección de terapias. Setea los valores de contr0 y te_2 además decrementa el valor de contr1 (figura 2.8).

Subrutina de PORTB, 4 (Play/Pausa): Realiza las funciones de play y pausa de la terapia, adicionalmente cuando el tiempo de terapia ha culminado se presenta la opción de replay a través de esta tecla. En el programa se escanea la variables start, 3 si es igual a 1 se detiene el tiempo de terapia. De no ser así se pregunta por la variable replay3, 1 si es igual a 1 se da una reset a las variables de tiempo. Si no es igual a 1 se da un set en 1 a la variable start, 3 y al registro T2CON, 2 que da el inicio a la terapia (figura 2.9).

Figura 2.4 Interrupción

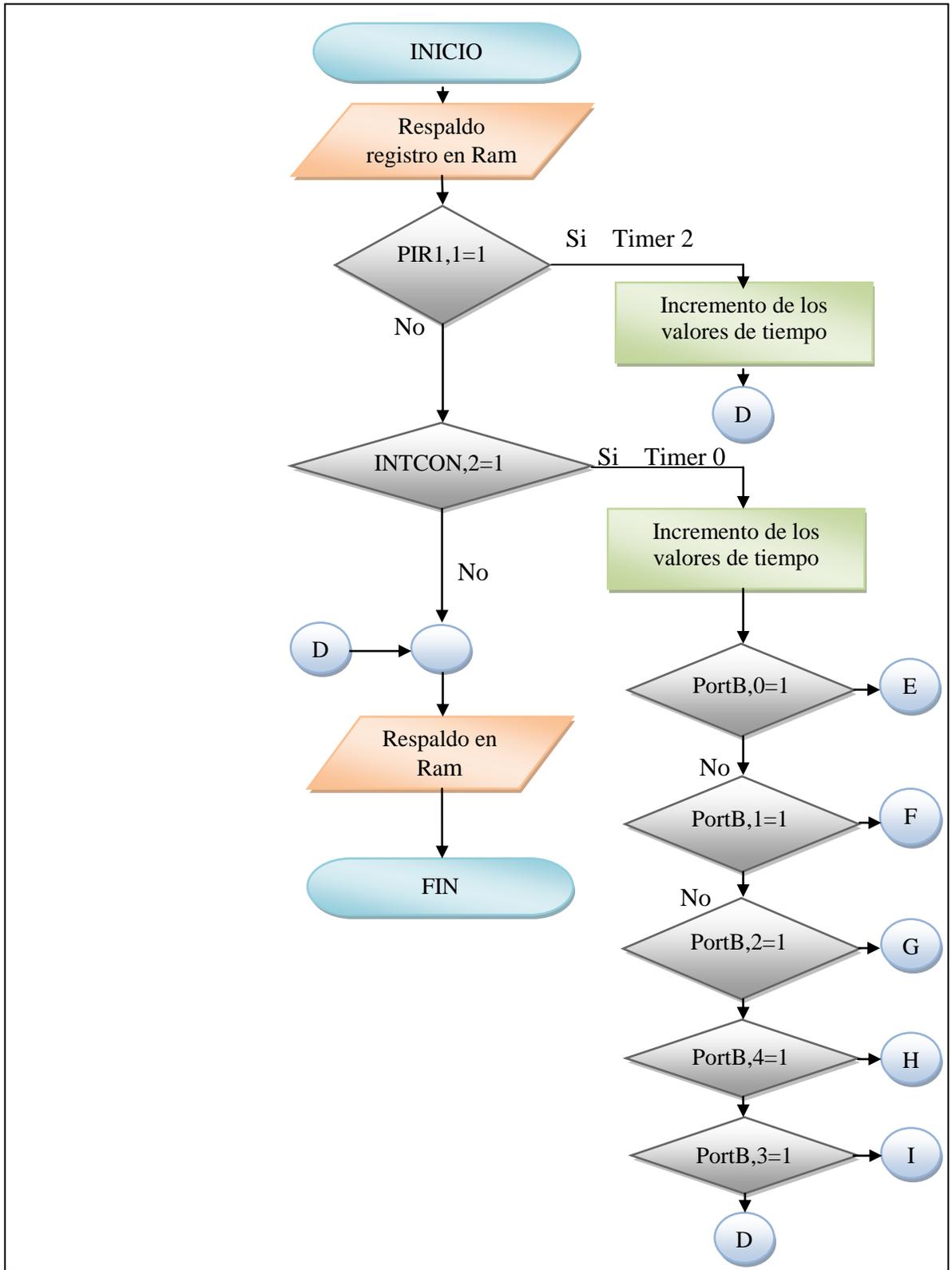


Figura 2.5 Subrutina de PORTB, 0 (down)

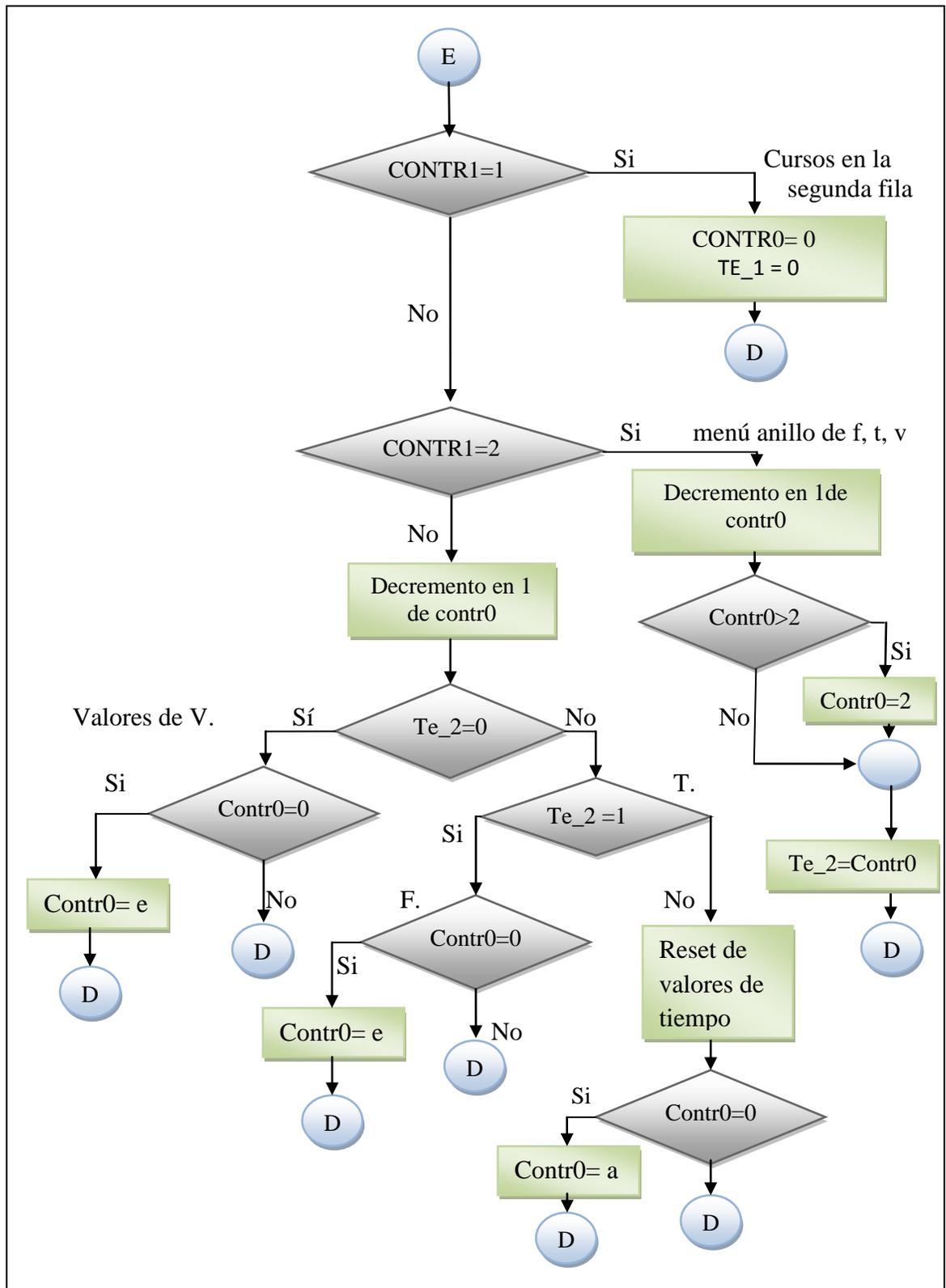


Figura 2.6 Subrutina de PORTB, 1 (up)

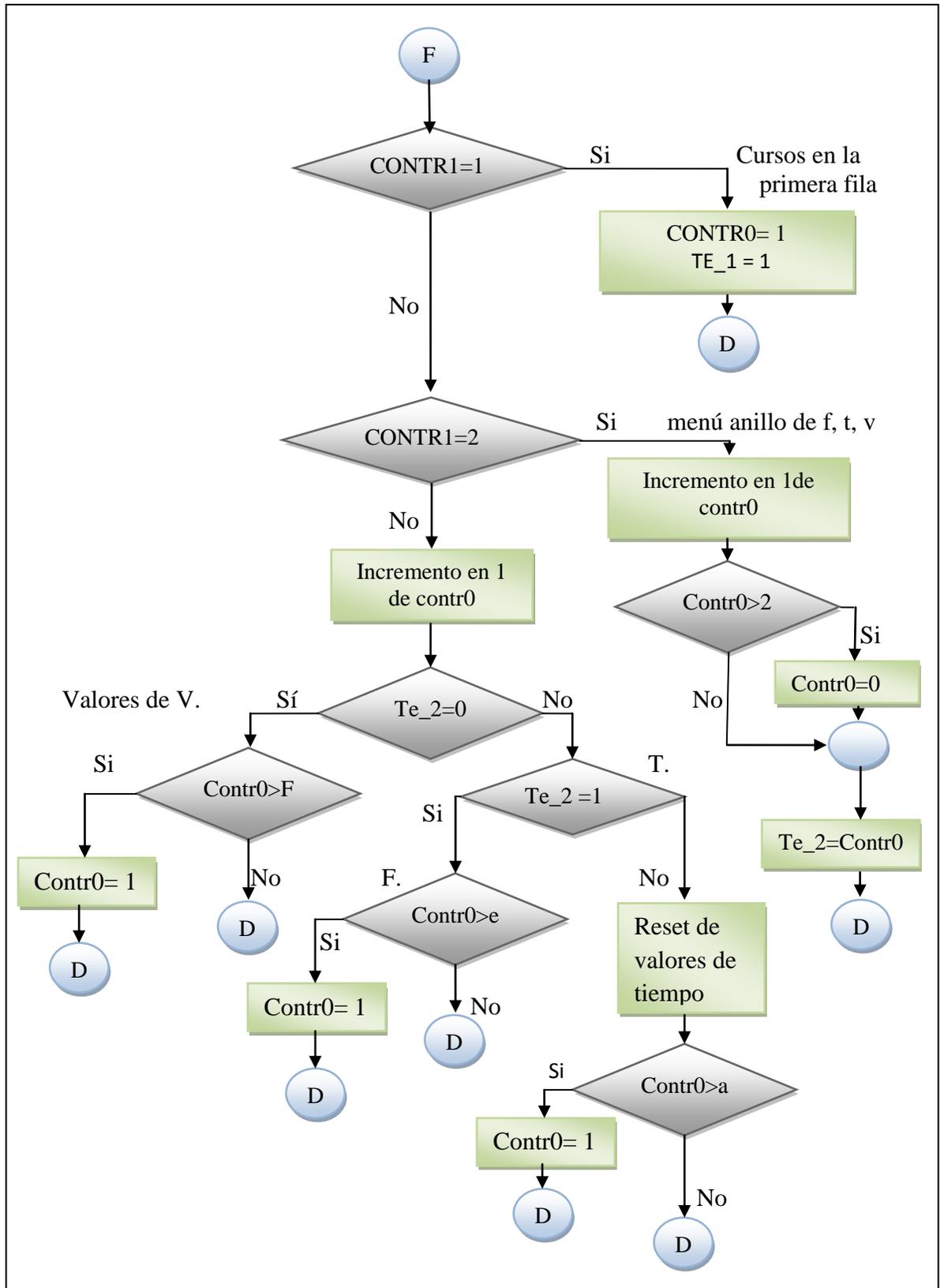


Figura 2.7 Subrutina de PORTB, 2 (sig_menu)

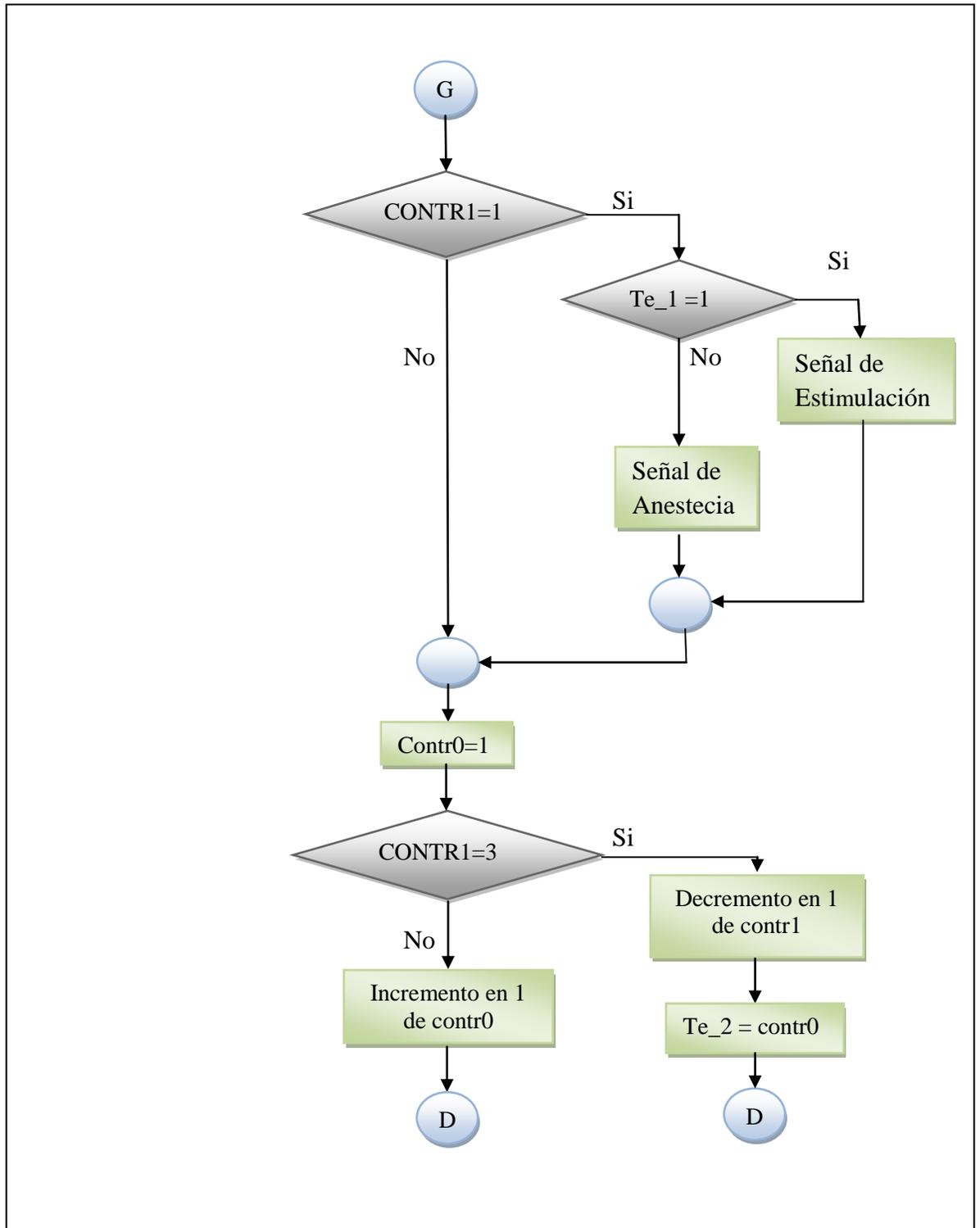


Figura 2.8 Subrutina de PORTB, 3 (back_menu)

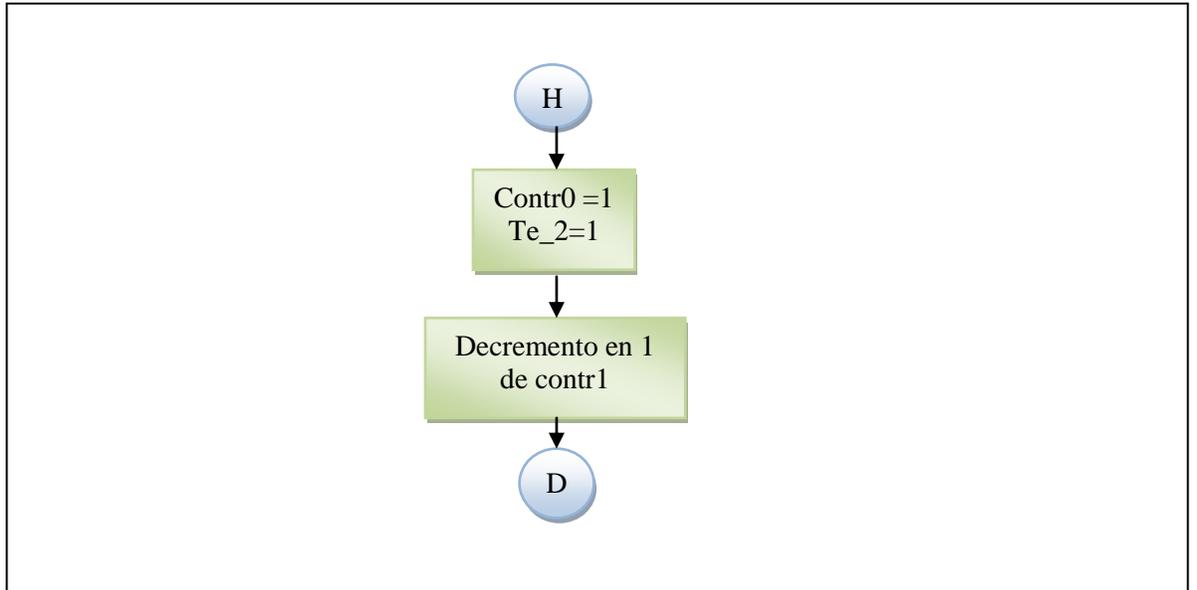
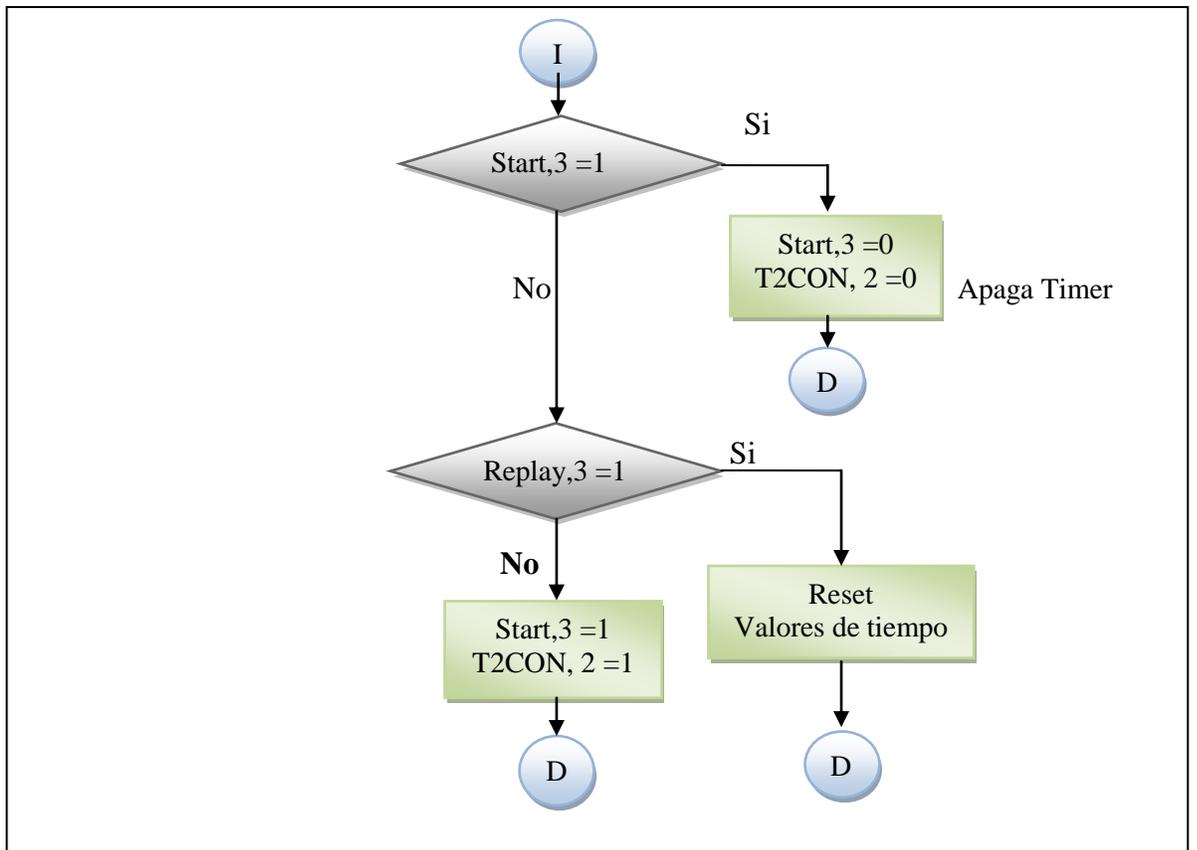


Figura 2.9 Subrutina de PORTB, 4 (Play/ Pausa)



2.2. Placa de control

Posee los componentes electrónicos necesarios para realizar las señales de control de los diferentes elementos. Aquí se encuentra el micro controlador en el cual se alojará el programa que realiza el control de tipo de terapia, valores de voltaje, frecuencia y tiempo, onda de salida según la terapia seleccionada ya sea electro estimulación o electro anestesia.

El diseño de la placa de control se la realizó en el programa Altium Designer Winter 09. En la figura 2.10 se muestra el esquemático correspondiente a la placa de control del equipo, la placa posee varias salidas adicionales las cuales son para pruebas en la placa, la distribución de las entradas y salidas es la siguiente:

- Entradas de control de PORTB,0 a 4
- Salidas para control de los multiplexores son PORTA2,3,5; PORTB5,6,7; PORTC6
- Salidas de onda cuadrada PORTA0,1
- Puertos utilizados en el LCD PORTA,4; PORTC0,1; PORTD0-7
- Señalización luminosa PORTE0-2
- La placa proporciona voltajes de salida de +5, +12, -12.

En la figura 2.11 se muestra el diseño PCD de la placa de control realizado en Altium Designer y en la figura 2.12 se observa la placa en su forma física después de salir de la fábrica. En la figura 2.13 se observa la placa con sus respectivos componentes después del respectivo proceso de soldadura de componentes.

Figura 2.10 Esquemático de la Placa de Control

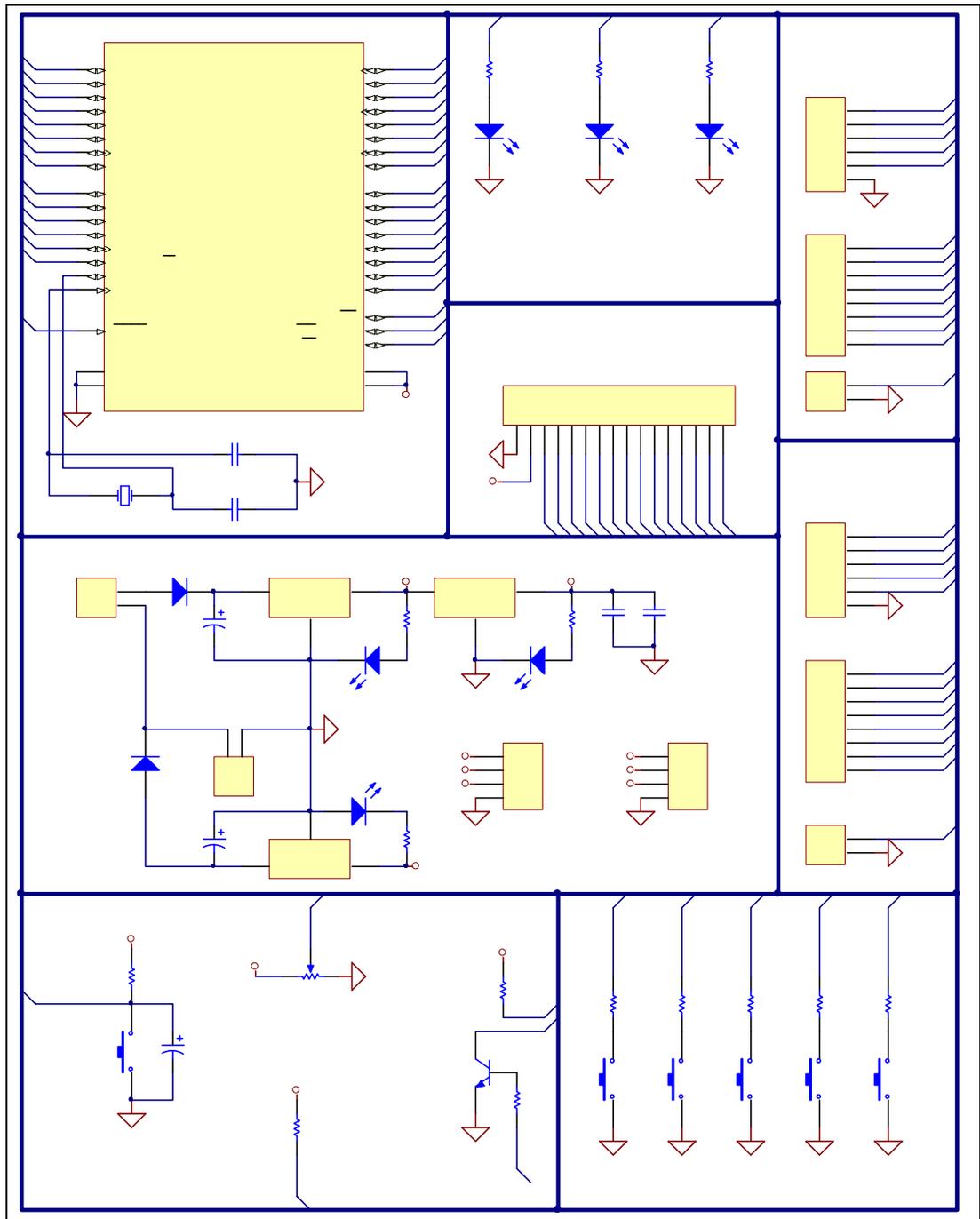


Figura 2.11 Diseño PCD de la Placa de control

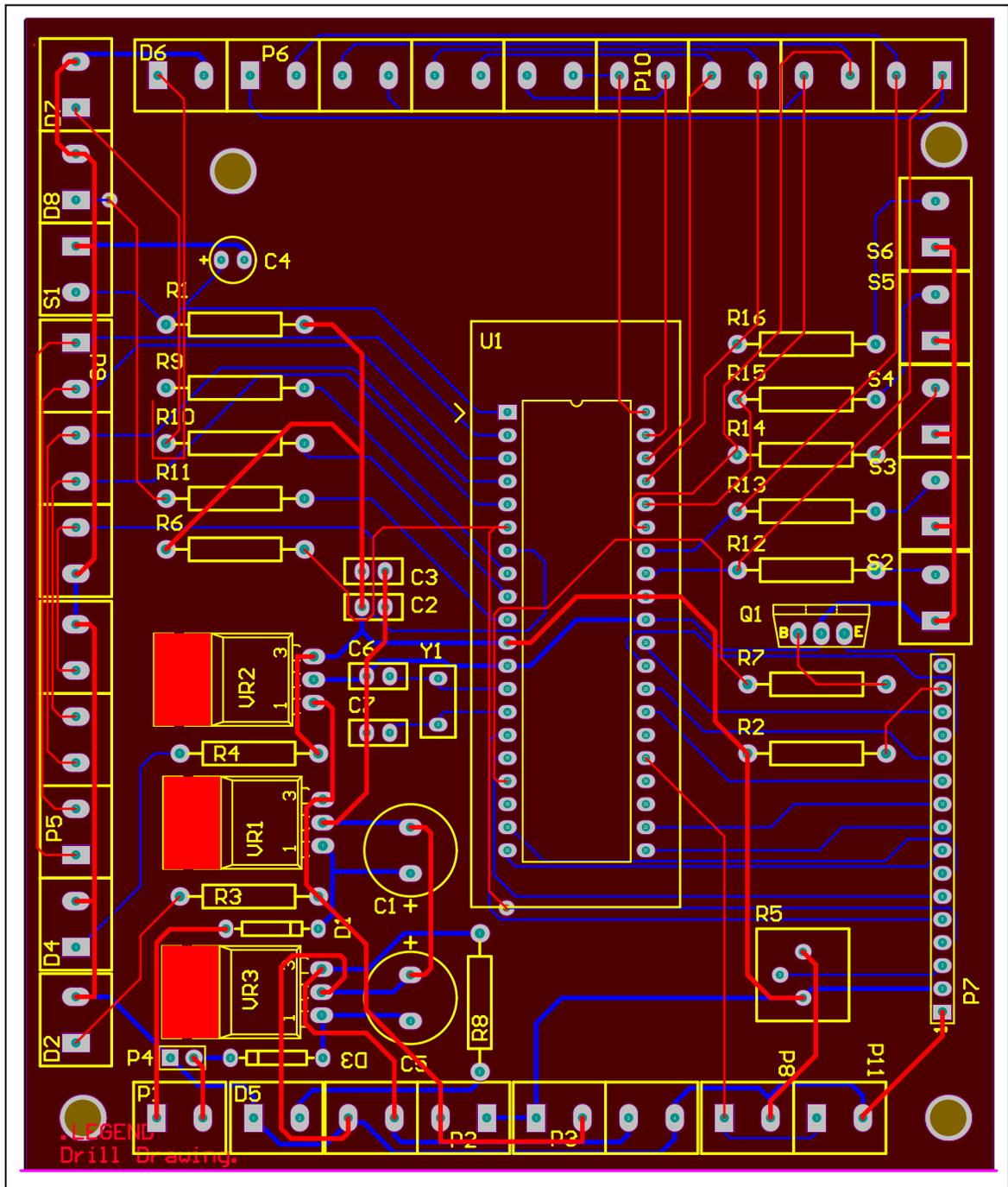
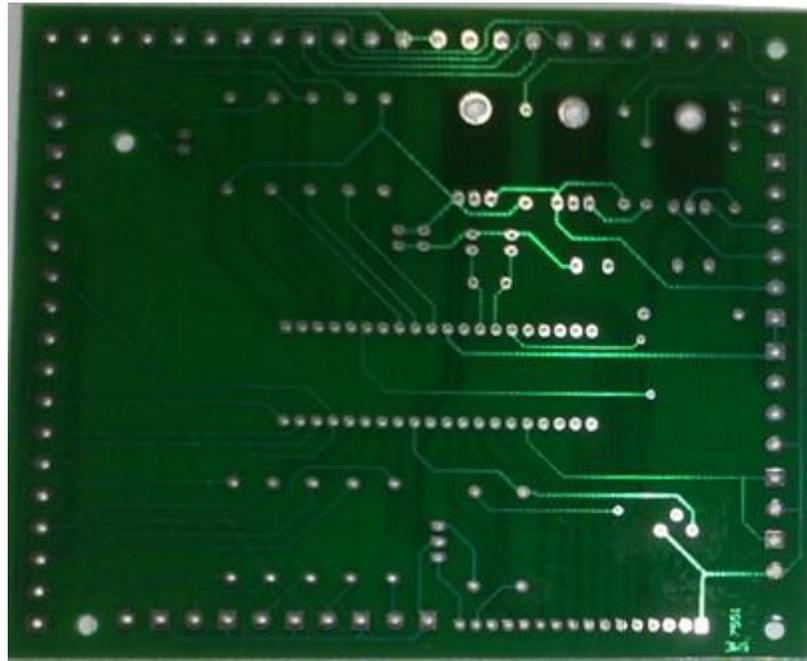


Figura 2.12 Placa de control en su forma física



Frontal

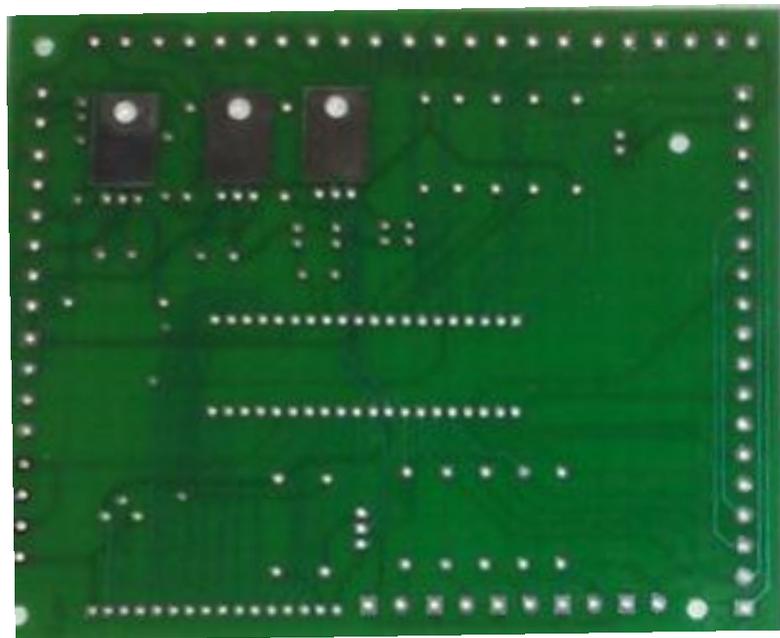
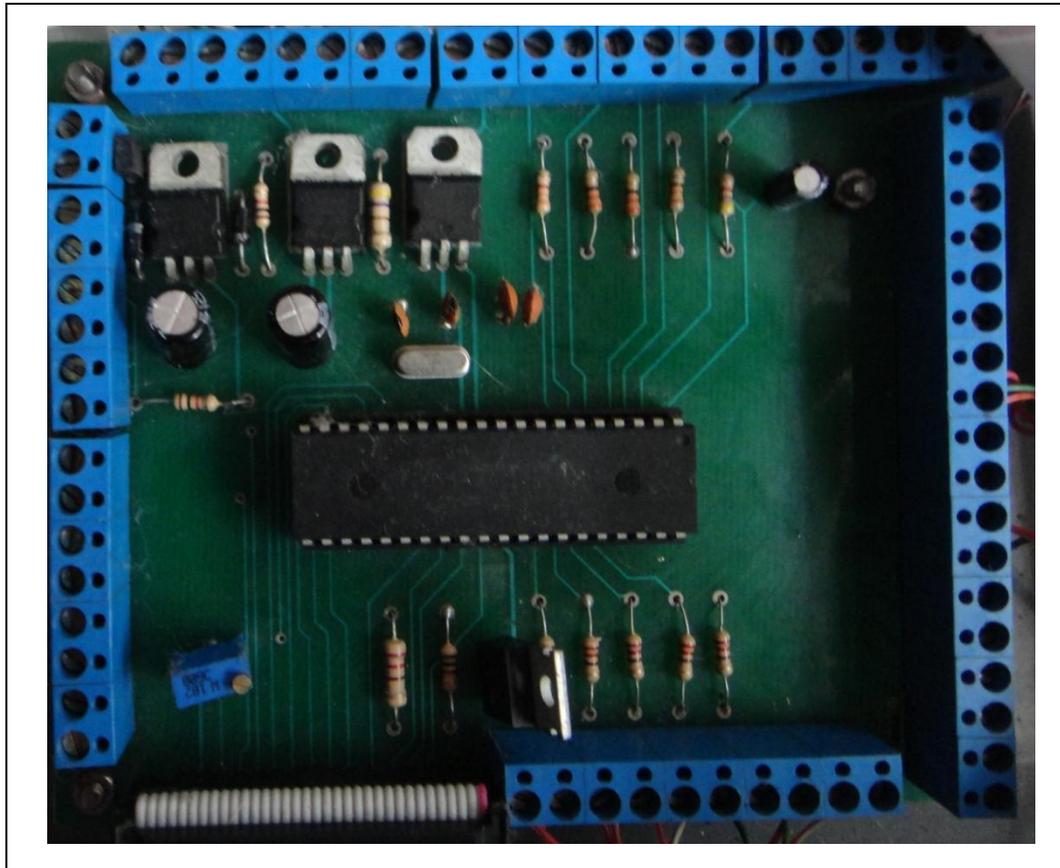


Figura 2.13 Placa de control con sus componentes



2.3. Placa de potencia

Debido a la homogeneidad en el diseño de la placa de control para el módulo de electroestimulación y electro anestesia se procedió a realizar un único diseño de la placa de control, el cual posee los componentes necesarios para cumplir con los requerimientos de salida de los dos módulos, con la única diferencia que para obtener una señal o la otra en la salida se deben realizar conexiones específicas en el mosfet, transformador, resistencia y condensador C2.

Conexiones para electroestimulación: La onda cuadrada proveniente de PORTA, 0 ingresa a un mosfet el cual efectúa su conmutación. Su terminal Drain va conectado en serie al paralelo del condensador y el transformador y este paralelo van conectados en serie con una resistencia de $56\Omega/20w$ la cual va conectada a V+, como se muestra en la

figura 2.14. El secundario del transformador va conectado a un arreglo de relés dobles en los cuales conmuta el relé necesario para producir el voltaje de salida seleccionado; esta selección se realiza a través de dos multiplexores, el esquemático de la placa se observa en la figura 2.15. El secundario del transformador se conecta en las borneras de Trans_p y Trans_n, la señal de salida se obtiene en las bornes de out y Trans_n.

Las entradas y salidas cumplen las mismas funciones que las de la placa de control. En la figura 2.16 se muestra el diseño PCD de la placa de potencia y en la figura 2.17 se observa la placa en su forma física. En la figura 2.18 se observa la placa con sus respectivos componentes.

Figura 2.14 Esquema de conexión para generación de señal de electro estimación

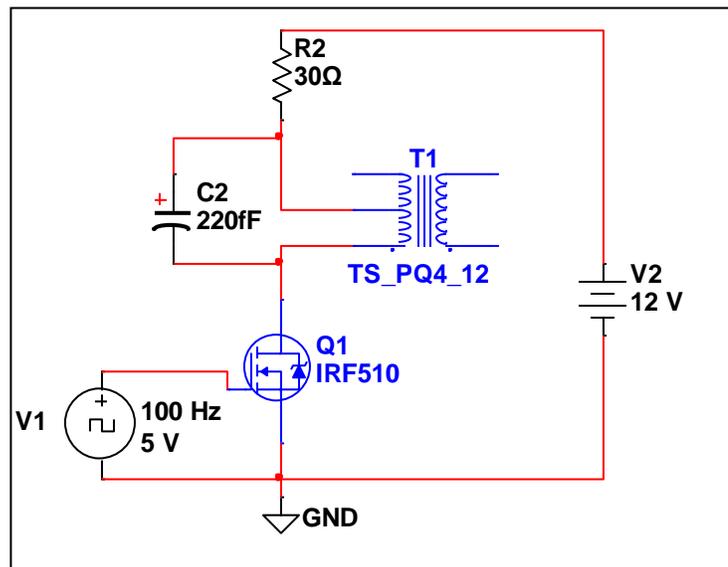


Figura 2.15 Esquemático de la Placa de Potencia

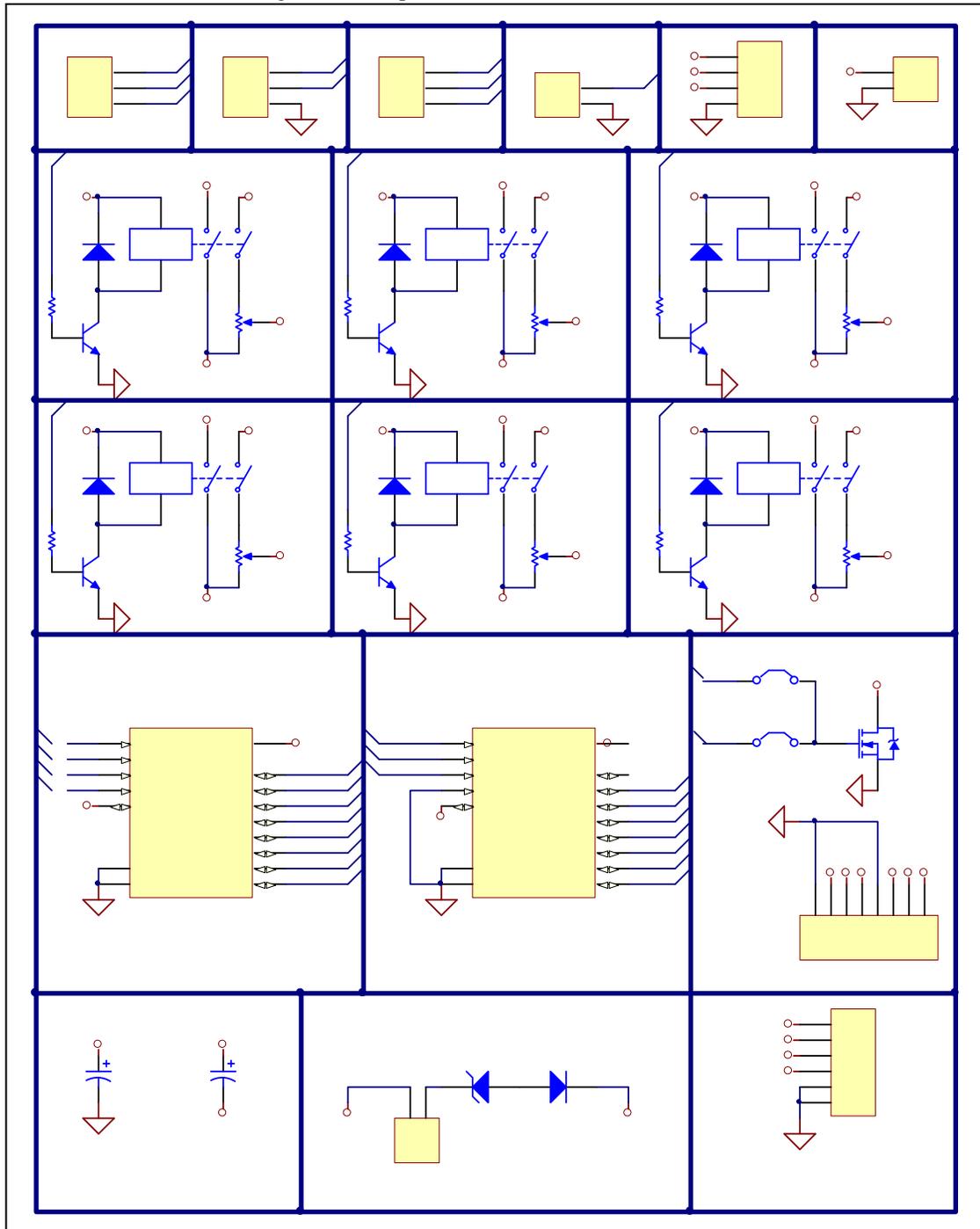


Figura 2.16 Diseño PCB de la Placa de Potencia

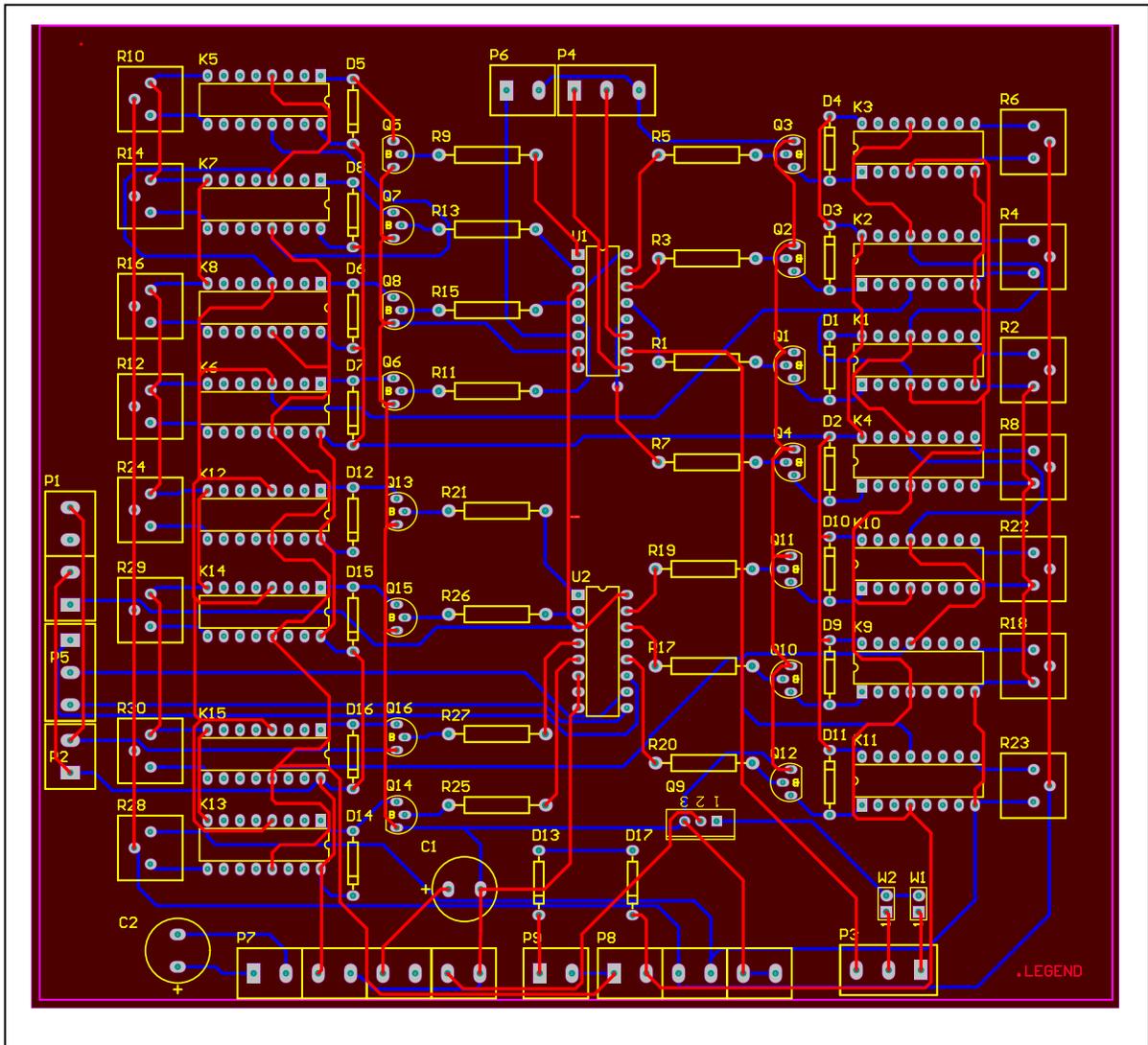


Figura 2.17 Placa en su forma física

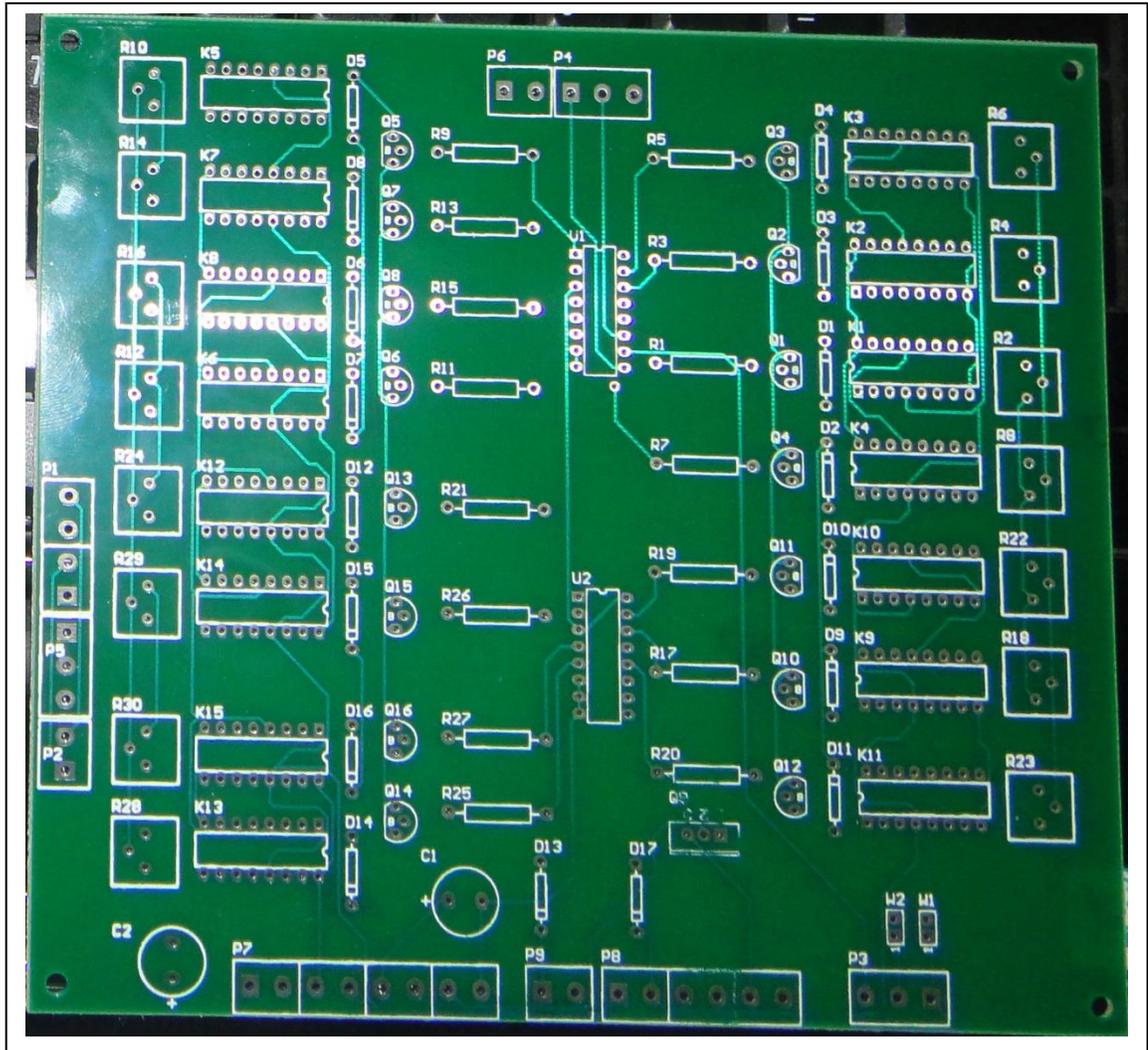
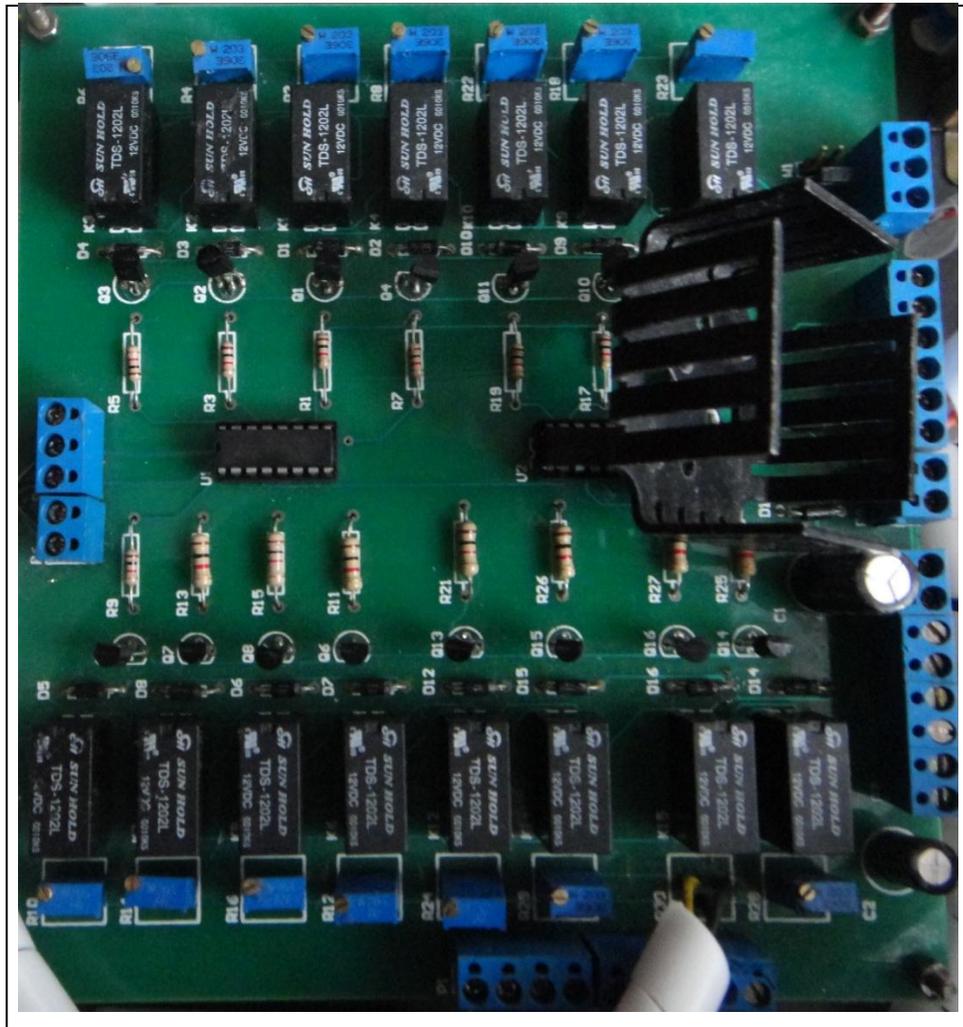


Figura 2.18 Placa con sus componentes



2.4 Conclusiones

En el programa realizado en el microcontrolador recomiendo siempre realizar primero los diagramas de flujo puesto que ellos te darán una primera idea clara y concisa de cómo realizar la programación. Para realizar el diseño de la placa en Altium se sugiere al lector que en el caso que no encuentre un footprint acorde al elemento que necesita utilice un footprint de otro componente siempre cuando se respete la ubicación de los pines. Además nunca hay que olvidar revisar la distribución de los pines en el esquemático con la distribución en el pcb.

CAPÍTULO III

DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL MODULO DE ELETRO ANESTESIA

Introducción

En el presente capítulo se abordarán temas referentes al diseño y construcción del módulo de electroanestesia como son: su placa de control, su placa de potencia realizada en Altium Designer Winter 09, y el programa utilizado para generar la visualización de terapias, características y valores para la terapia tanto de frecuencia, voltaje y tiempo, ondas de salida, señales de ingreso realizo en MPLAB IDE v 8.30.

3. Diseño del módulo de electro anestesia

El módulo de electroanestesia tal como el de electro estimulación está compuesto de las siguientes partes: Placa de control, Placa de Potencia y un programa necesario para producir las diferentes señales para la terapia, el cual posee una amplia gama de selección para el usuario para lograr un tratamiento menos icomodo para el paciente.

3.1 Programa de micro controlador

Toda la explicación del programa, los flujogramas se encuentran en el capítulo II, en las secciones 2.1 Programa de micro controlador, 2.1.1 Programa principal, 2.1.2 Interrupción. Con sus respectivos flujogramas los cuales facilitan la comprensión y el desplazamiento de los datos dentro del mismo.

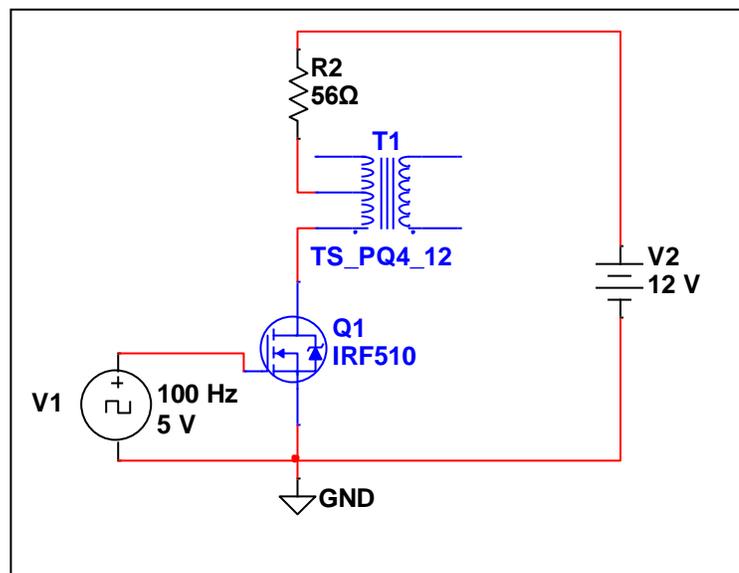
3.2 Placa de control

Se realizó una única placa de control para los dos módulos. La salida de las señales de anestesia es por el puerto RA1. El diseño fue realizado en altium Designer y sus respectivas explicaciones y recomendaciones así como las de la construcción de la placa de control se encuentran en el capítulo II sección 2.2.

3.3 Placa de potencia

El diseño y construcción de la placa de potencia del módulo de electroanestesia es igual al del módulo de electroestimulación con unas respectivas consideraciones que se mencionan a continuación: La onda cuadrada proveniente de PORTA, 1 ingresa a un mosfet el cual efectúa su conmutación. Su terminal Drain va conectado en serie con del transformador y una Resistencia de $56\Omega/20w$, la cual va conectada a $V+$, como se muestra en la figura 3.1. El diseño y construcción de la placa de control se les puede observar en el capítulo II sección 2.3

Figura 3.1 Esquema de conexión para generación de señal de electro anestesia



3.4 Conclusiones

Para realizar el diseño en Altium designer se recomienda la utilización del bus de datos como se realizó en la presente capítulo, esto ayudará al ordenamiento del diseño, a tener facilidad de revisión, y a evitar el excesivo cableado que confunde al diseñador; etiquetar los cables y componentes siempre contribuirá al momento de revisar el diseño para realizar alguna corrección o mejora. Recomiendo la utilización de soquet de conexión en lugar de bornes puestos que estos facilitan la conexión entre tarjetas y evitan la confusión y enredo de cables.

Se deben realizar pruebas continuas de varias horas de trabajo para comprobar que los elementos no presenten excesivo aumento en su temperatura, en cuyo caso se debe proceder a colocar un respectivo disipador de calor o, a su vez, buscar un componente de mayor potencia; por tal razón, siempre se deben realizar pruebas de circuitos en el protoborad antes de proceder al diseño en pcb puesto que una vez que se ha diseñado el pcb y se lo haya construido, representará un gran pérdida de dinero y tiempo si se tienen que realizar modificaciones que no fueron contempladas.

El diseño de la placa de potencia de los módulos de electroestimulación y electroanestesia es la misma, la razón de esto se debe a que el mantener la homogeneidad facilita la revisión de las placas y se puede convertir el módulo de electroestimulación en electroanestesia o viceversa cuando se considere necesario, ya que la diferencia radica en la configuración del transformador, de las resistencias y el condensador.

CAPITULO IV

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Introducción

En el presente capítulo se realizan las pruebas de funcionamiento al equipo, a los módulos de electroestimulación y electroanestesia, en lo que se refiera a los diferentes valores de frecuencias, voltajes de salida, calidad de señal, la cual fue visualizada en el osciloscopio y los tiempos de las terapias.

4.1 Pruebas de frecuencia de trabajo

La señal generada en el PIC es la igual para los dos módulos, por esa razón se realizó la misma prueba. Se procedió a visualizar la señal cuadrada en los puertos RA0 y RA1. Para visualizar las señales en la computadora se utiliza el módulo de adquisición de datos “myDAQ” de National Instruments con su herramienta de trabajo virtual “NI ELVISmx”. En las figuras 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4 se observan algunos valores de frecuencias. La señal celeste es la señal generada en la placa de control por el programa del PIC, la señal verde es la generadora por el módulo myDAQ

Figura 4.1 Señal de 20 Hz

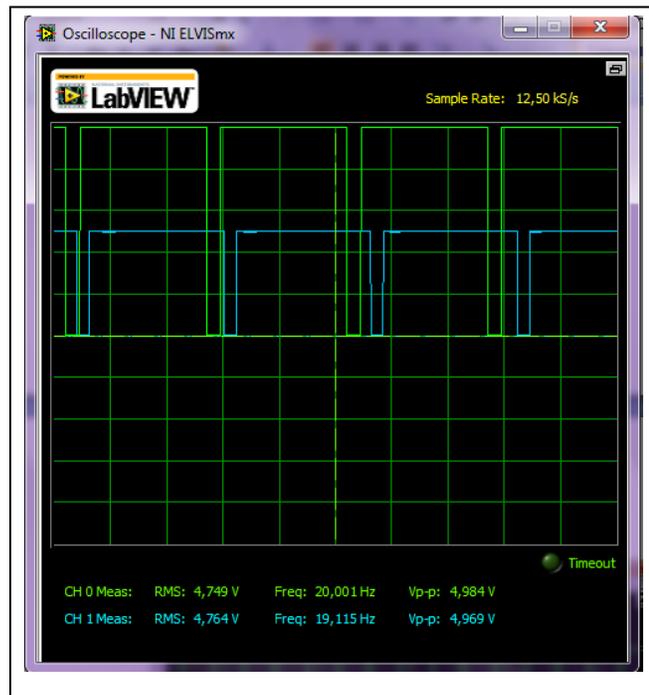


Figura 4.2 Señal de 40 Hz

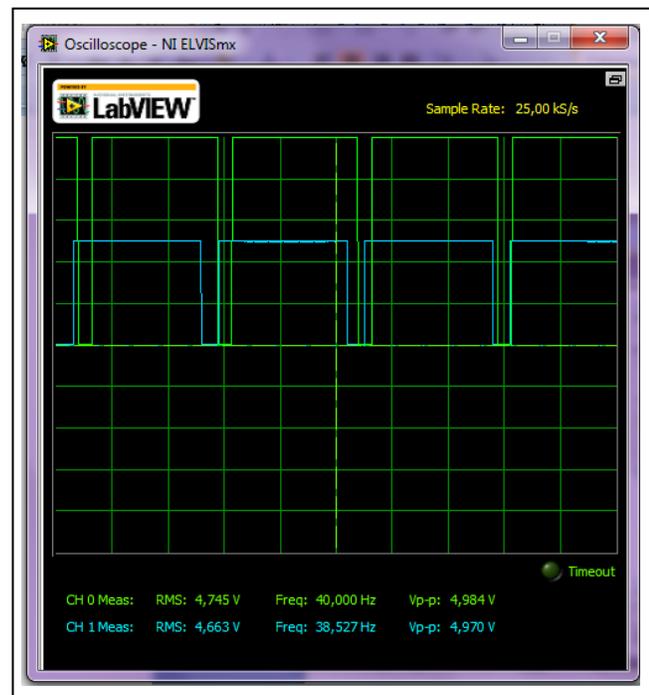


Figura 4.3 Señal de 100 Hz

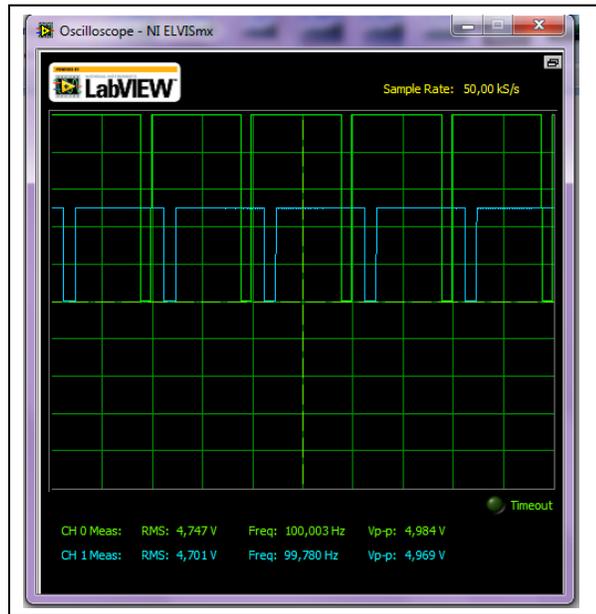


Figura 4.4 Señal de 150 Hz

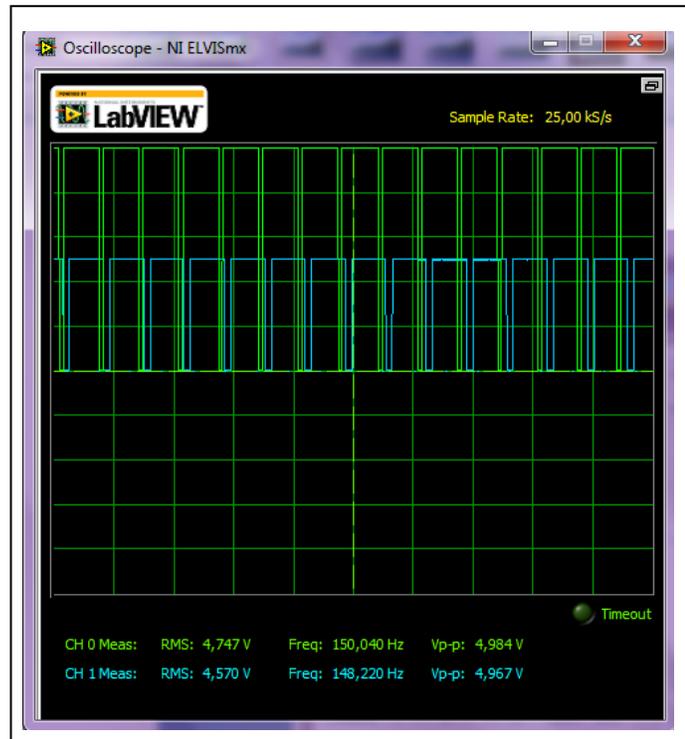


Tabla 4.1 Valores de Frecuencia obtenidas y frecuencia ideal

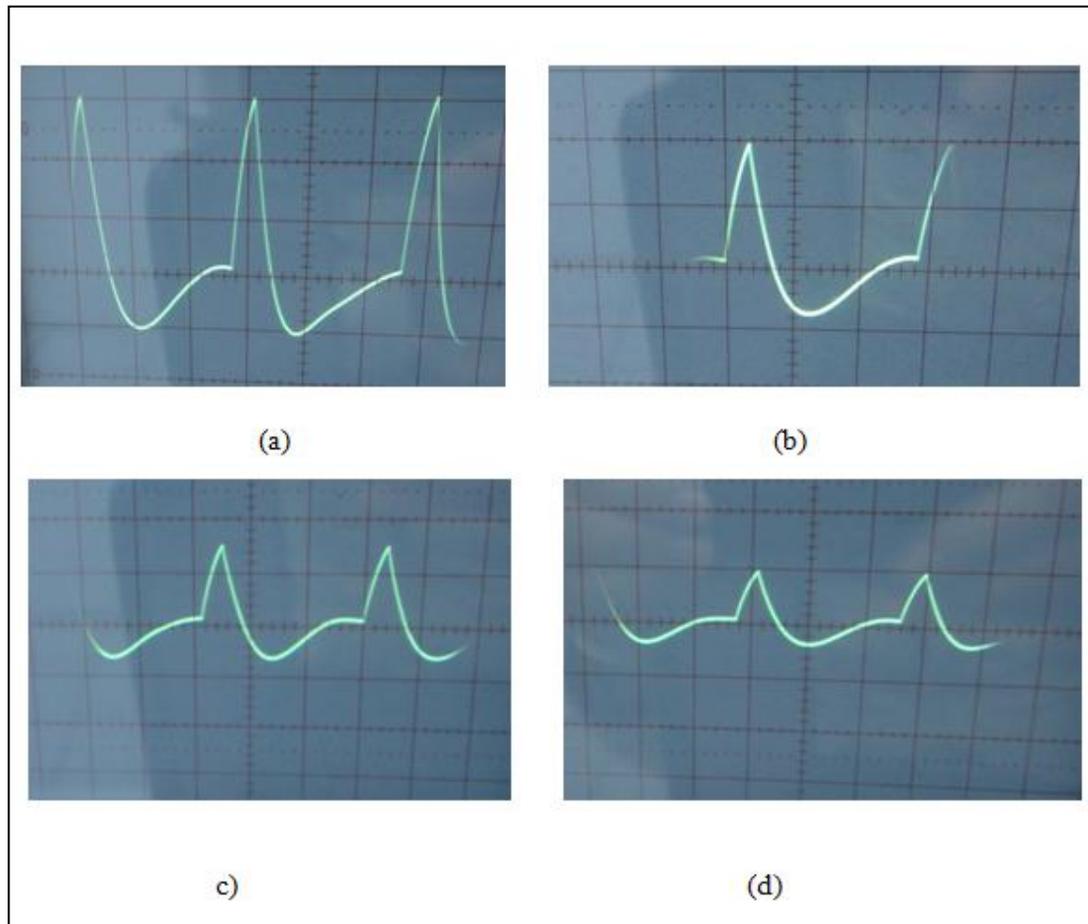
F. Ideal(Hz)	F. Obtenida (Hz)
10	10,3
20	19,1
30	28,9
40	38,4
50	48,3
60	58,1
70	70,2
90	91,06
100	99,9
110	109,3
120	119,5
130	129,6
140	138,3
150	148,4

4.2 Pruebas de voltaje de salida

4.2.1 Pruebas de voltaje de salida para el módulo de electro estimulación

En la figura 4.5 a, b, c, d se observan diferentes voltajes de salida para una frecuencia de trabajo de 100hz.

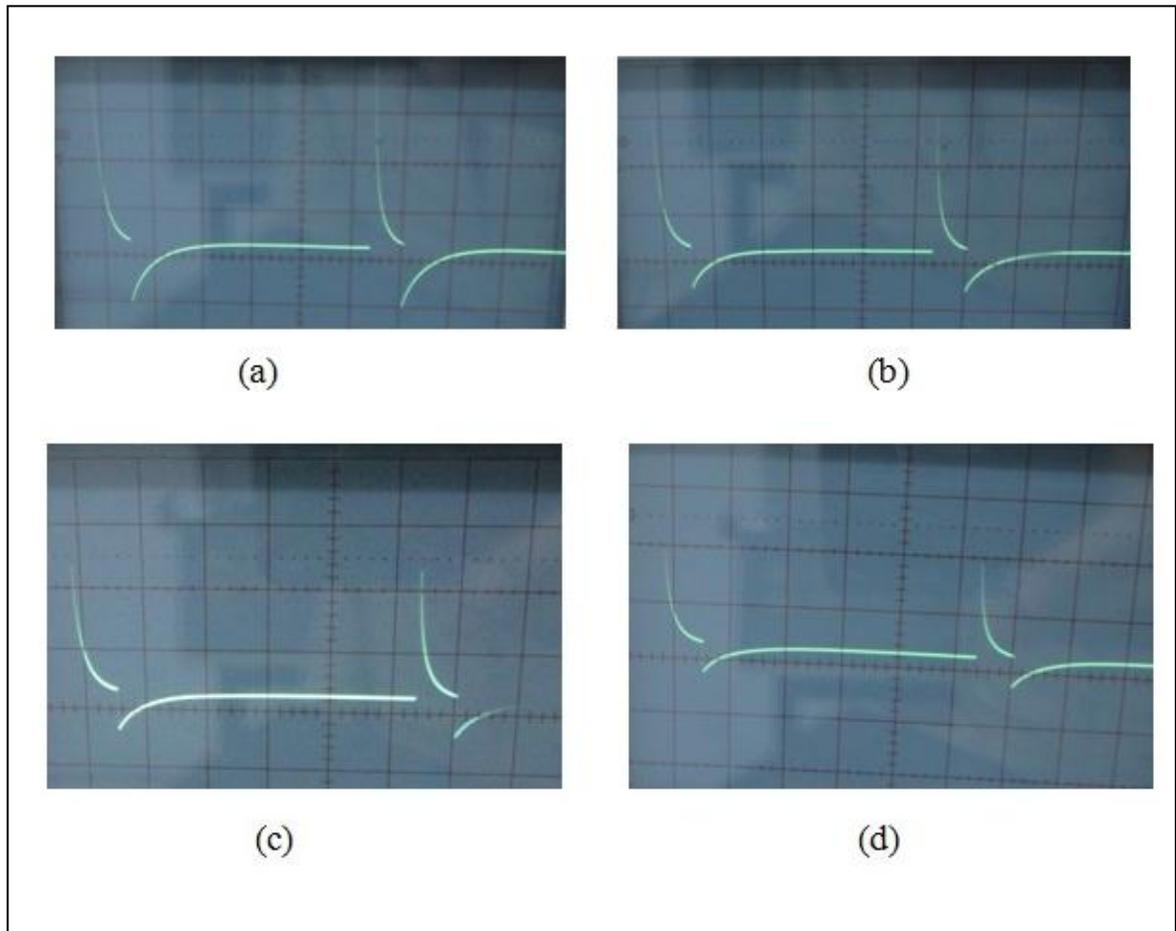
Figura 4.5 Voltajes de Salida para electro estimulación



4.2.2 Pruebas de voltaje de salida para el módulo de Electroanestesia

En la figura 4.6 a, b, c, d se observan diferentes voltajes de salida para una frecuencia de trabajo de 100hz.

Figura 4.6 Voltajes de Salida para electroanestesia



4.3 Pruebas de tiempo de terapias

Tabla 4.2 Valores de tiempos obtenida y tiempo ideal

T. Ideal(min)	T. obtenida(min)
1	1:01
2	2:02
3	3:04
4	4:05
5	5:02
10	10:10
15	15:07
20	20:08
25	25:11
30	30:14

4.5 Conclusiones

Como se puede apreciar en las diferentes figuras y tablas, con el diseño propuesto se obtienen las señales de salida requeridas para las terapias, tanto de electroestimulación y electroanestesia; además, con la programación realizada se obtuvieron valores muy cercanos a la frecuencia esperada, de igual manera con los valores de tiempo. Cabe recalcar que si bien los valores no son exactos esto no tiene mayor influencia en la terapia del paciente. En lo que se refiere a los valores de voltajes obtenidos se puede observar que se cumplió con el objetivo que es trabajar con diferentes niveles de voltaje.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la presente tesis se cumplieron con los objetivos propuestos como son el diseño y construcción de los módulos de electroestimulación y electroanestesia, tanto para sus valores de voltaje, frecuencia y tiempo. Esto se pudo llevar a cabo gracias a las herramientas aprendidas en la vida universitaria, herramientas como: Altium Designer con la que se realizaron los diseños esquemáticos y pcb de las placas y Mplab, con la que se realizó la programación del microcontrolador 18f4550.

Si bien se puede observar que el programa realizado en el microcontrolador 18f4550 es bastante extenso esto se debe a que en el programa mplab se lo realiza en el orden de bits y no como en otros programas que facilitan la programación y hacen que el programa sea en menos líneas de código pero con el tamaño mucho mayor. Para la programación siempre se recomienda realizar diagramas de flujo, esto es, dibujarlos las veces que sean necesarias, puesto que esto siempre le ayudará al diseñador a tener una idea clara y concisa de cómo debe realizar la programación sea cual sea el lenguaje que esté utilizando.

En lo que se refiere al diseño de la electrónica requerida para producir las señales de salida necesarias, se puede observar que el diseño es sencillo; se requiere de un mosfet de potencia con su respectivo disipador de calor, transformador, condensador y resistencias. Se recomienda utilizar buses de datos para comunicación de información entre placas puesto que presenta una mejor estética, mayor facilidad de conexión y menor riesgo de confusiones entre cables. Por otra parte, la utilización de cables presenta el inconveniente que debido a su calibre este se quebrará, lo que llevará a realizar nuevas conexiones.

Se invita a los electrónicos a seguir mejorando los diseños de electroestimuladores; la mejor terapia se consigue realizando estimulación a corriente constante. Sin embargo, el diseño de la fuente de corriente fue un problema para el autor de la presente investigación, por tal motivo se realizó estimulación a voltaje constante, si alguien se aventura a realizar este diseño a corriente constante se le recomienda realizar un trabajo solo enfocado a la fuente de corriente que es el núcleo del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Del águila, Carlos. *Electromedicina*. Colombia: Hispano americana s.a. 1994.
- 2.- LG. *Manual de usuario televisor lcd*. 2012.
- 3.- National instruments corporation. *NI myDAQ User Guide and Specifications*. 2010-2011.
- 4.- Medix i.c.s.a. *Manual de usuario servocuna Medix sm- 401*. 2010.
- 5.- Microchip technology inc. *PIC18F2455/2550/4455/4550 Data Sheet*. USA. 2004.
- 6.- Nueva electrónica. *La tens un electromedicamento que elimina el dolor*. 2001.
- 7.- Nueva electrónica. *Nueva iontoforesis con microprocesador*. 2001.
8. - Nxp semiconductors, *HEF4051B 8-channel analog multiplexer/Demultiplexer*. 2010
- 9.- Pérez, Leonel. *Clases micro controladores: Hardware basado en Microcontrolador*. 2010.
10. - Philips semiconductors, *N-channel enhancement mode irfz44n trenchmostm transistor*. 1999.

Referencias en linea

- 11.- Manual de usuario altium designer, (29-05-2013)
<http://www.slideshare.net/liberaunlibroupeg/altium-curso-espaol>
- 12.- Electroestimulador (29-05-2013)
<http://comutecno.com.ar/index.php?topic=12>
- 13.- Electroestimulación (29-05-2013)
<http://www.vertebien.com.ar/manual-electro.html>
14. – Electroanestecia (29-05-2013)
<http://www.monografias.com/trabajos14/anestesia-electron/anestesia-electron.shtml>

15.- Beneficios de la Electroestimulacion (29-05-2013)

<http://www.slideshare.net/juangonzalezleija/indicaciones-de-electroestimulacion>

16.- Diseño de un electroestimulador (29-05-2013)

<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/165>

17.- Diseño de un electroestimulador (29-05-2013)

<http://sergiols.blogspot.com/2010/01/electroestimulador-muscular.html>

18.- Musculos de la Pierna (29-05-2013)

<http://www.slideshare.net/alex10z/msculos-de-la-pierna-15092783>

ANEXOS

Anexo 1 Programa en el Microcontrolador

```
#include "p18f4550.inc"

;F. Cabrera Electroestimulador <2012>

;PROGRAMA

;*****

;SUBROUTINA DE INICIACIÓN DEL LCD*

;*****

;inicia el LCD para el trabajo en modo de transferencia de datos de 8 bits
;el bus de datos del LCD se maneja con el puerto "D" de un MCU de 40 pines.
;las líneas de control RS, R/*W y E, se conectan a los pines RC4, RC0 y RC1
;del puerto "C" respectivamente.

;AVANCES

; lectura de teclas por medio d interrupcion del timmer 0
; teclas del puerto b sirven para el manejo de menus
; rbo down, rb1 up, rb2 enter, rb3 back
; los incementos de los contadores se realizan en las interuupnciones
; llaves de impresion menus key
; para eliminar rebotes se utiliza dos demoras
; te_1 y te_2 variables de los valores de terafias y valores
; dir_tri y dir_cua son direccion de seleccion
; los valores de f t v se almacenan en va_v, va_f, va_t
; todos los valores para frecuencias de electroestimulacion
;-----
;se toma el puertoA como salida
; play_on genera los valores de frecuencia de salida
```

; obtensiojn de todos los valores de frecuencia para electroanestecia
 ; timer 2 en 10ms para generar los pulsos de 1s para el reloj
 ; generacion de un segundo para el proceso de conteo
 ; se enciende el tmr2 cuando se selecciona play
 ; segundo es la variable para el conteo de segundos
 ; se realiza la asignacion de va_t, va_v
 ; replay variable para reiniciar el tiempo
 ; 0x58 es el valor para el pr2 para obtener un segundo para el conteo
 ; minuto variable que cuenta los minutos
 ; se crean variables de minutos y segundos para el tiempo de terapia
 ; asignacion de 30min para el valor de tiempo en pregrabado
 ; se apaga el valor de seleccion de voltaje al terminar la terapia
 ; porta,1 puerto de salida para anestecia
 ; correccion de problemas en multiseleccion
 ; correccion de seleccion de valores prefabricados

; variables para demora

M=0

N1=1

cont1 = 2

cont2 = 3

cont3 = 4

; variables para escritura de carteles

ch_cont = 5

index = 6

size = 7

;banco de respaldo de registros en RAM

w_temp = 8

status_temp = 9

bsr_temp = 0x0a

; variables para control de menus de seleccion

contr0 = 0x0b

contr1 = 0x0c

key = 0x0d

te_1 = 0x0e

te_2 = 0x0f

va_f = 0x10

va_v = 0x11

va_t = 0x12

;variables para demora interrupcion

M1 = 0x14

M2 = 0x15

cont1_i = 0x16

cont2_i = 0x17

cont3_i = 0x18

start = 0x19

; variable de tiempo de reloj

bip = 0x1a

segundo = 0x1b

replay = 0x1c

minuto = 0x1d

cont_us = 0x1e

cont_ds = 0x1f

cont_um = 0x23

cont_dm = 0x21

index1 = 0x22

;tabla de bienvenida.

org 0x2000

data 'B','i','e','n','v','e','n','i','d','o'

;terapia 1.

org 0x1400

data '1',' ','-',' ','E','s','t','i','m','u','l','a','c','i','o','n'

;terapia 2.

org 0x1500

data '2',' ','-',' ','A','n','e','s','t','e','s','i','a'

;Frecuencia

org 0x1300

data '1',' ','-',' ','F','r','e','c','u','e','n','c','i','a'

;voltaje.

org 0x2100

data '2',' ','-',' ','V','o','l','t','a','j','e'

;tiempo.

org 0x1600

data '3',' ','-',' ','T','i','e','m','p','o'

; tiempo numeros

org 0x1700

data '0','1','2','3','4','5','6','7','8','9'

```
;------  
org 0  
call inicio          ;vector de reset  
goto menus_ini  
org 0x18  
goto int             ;vector de interrupcion  
;Bloque de configuracion  
inicio  movlb 0          ;BSR = 00  
movlw 0x01  
movwf contr0  
movwf contr1  
movwf te_1  
movwf te_2  
movwf va_f  
movwf va_v  
movlw 0x0a  
movwf va_t  
clrf key             ;llave que indica q ya s imprimio un cartel  
clrf start  
clrf bip  
clrf segundo  
clrf replay  
clrf minuto  
clrf cont_us  
clrf cont_ds  
clrf cont_um  
clrf cont_dm  
;Configuracion Puertos
```

```

;=====
;Puerto A
;=====

clrf PORTA

movlw 0x0F

movwf ADCON1          ;Puerto A es digital

movlw 0x07

movwf CMCON          ;Inhabilita los comparadores del Puerto A

movlw b'11000000'

movwf TRISA

;=====

;Puerto B
;=====

clrf TRISB

movlw 0Eh            ;carga al ADCON con 0x0E

movf ADCON1,w        ;para desabilitar los conversores del puerto B

bcf INTCON2, 7       ;Activacion de los Pull-Ups

movlw 1Fh            ;son entradas del puerto b rb0 - rb3

movwf TRISB

clrf PORTB

;=====

;Puerto C
;=====

movlw b'00111000'

movwf TRISC

;=====

;Puerto D

```

```
;=====
clrf TRISD

;=====
;Puerto E
;=====

movlw 0x0F          ;W = 0x0F (acumulador se carga con 0000 1111)
movwf              ;ADCON1 = W = 0000 1111 (todo el PORTE es digital)
clrf TRISE
CLRF PORTE

;Configuracion del timer 0 (T0CON)
;8 bits => 1ms
;apagado al inicio
;prescalador 1:8
movlw b'01000010'
movwf T0CON

;Configuracion del timer 2 (T0CON)
;8 bits => 10ms
;apagado al inicio
;prescalador 1:16
;postescalador 1:10
movlw b'01010010'
movwf T2CON

;-----
;Interrupciones
;No prioridades (Vector en la 0x...18)
```

```

bcf RCON,7

;Carga del INTCON
movlw b'01100000'
movwf INTCON

;-----
;iniciacion de temporizadores e inerrupciones
;-----

clrf TMR0H
clrf TMR0L           ;timer 0 = 00
clrf TMR2           ;timer 2 = 00
bsf INTCON,7       ;interrupciones habilitadas
bsf PIE1,1         ;habilita la interrupcion de TMR2
bsf T0CON,7        ;enciende timer 0
movlw 0x57
movwf PR2          ; registro Timer 2

;=====
;SUBROUTINA DE INICIACIÓN DEL LCD (Modo 8 Bits).
;=====

bcf PORTC,1       ;E = 0 (LCD inhabilitado E = 0)
bcf PORTA,4       ;RS = 0 (Modo de Instrucciones)
bcf PORTC,0       ;R/*W = 0 (habilitación de escritura al LCD)
bsf PORTC,2       ;back light

;INICIO DE LA SECUENCIA DE RESET DEL CRISTAL
call dem_15ms     ;demora de power UP
movlw 0x38
movwf PORTD
call pulse        ;enable

```

```

call dem_40us

;FIN DE SECUENCIA DE RESET DEL CRISTAL
;*****
;FUNCTION SET INST
;*****

;Modo de transferencia de Datos: 8 bits

;Display en 2 líneas

;Matriz de 5x7 puntos

movlw 0x38          ;funtion set = 38h

movwf PORTD

call pulse          ;pulso de 1us en "E"

call dem_40us      ;demora de 40 us

;*****

;DISPLAY ON/OFF CONTROL

;*****

;display ON

;cursor ON

;cursor parpadea

movlw 0x0e          ;display ON/OFF control = 0ch

movwf PORTD

call pulse          ;pulso de 1us en "E"

call dem_40us

;*****

;ENTRY MODE SET INST

;*****

;La posición del cursor se incrementa (direcciones de la DD RAM)

;No desplazar el Dato

```

```

movlw b'00000110'

movwf PORTD

call pulse           ;pulso de 1us en "E"

call dem_40us

;*****

;DISPLAY CLEAR

;*****

;limpia la RAM de display y pone el cursor en la posición cero

movlw 1              ;display clear = 1

movwf PORTD

call pulse           ;pulso de 1us en "E"

call dem_1640us

;*****

;RAM A LA 80H

;*****

;limpia la RAM de display y pone el cursor en la posición cero

movlw 0x80           ;display clear = 1

movwf PORTD

call pulse           ;pulso de 1us en "E"

call dem_40us

bsf PORTA,4          ;modo datos

return

;=====

;SUBROUTINA DE HABILITACIÓN DEL LCD (Pulso en Enable).

;=====

pulse bcf PORTC,1

bsf PORTC,1          ;E = 1

```

```

nop
nop
nop
nop                ;demora de 1 us
bcf PORTC,1 ;E = 0
return

;=====
;Subrutinas de DEMORA (Valores de N y M calculados para Fosc = 16.000 MHz.)
;=====
;-----
;DEMORA DE 5.32 ms
;-----

dem_15ms
call dem_5ms
call dem_5ms
call dem_5ms
return

;-----
;DEMORA DE 5.32 ms
;-----

dem_5ms    movlw d'37'
movwf N1           ;parámetro a cargar en contadores
movlw d'5'
movwf M           ;parámetro a cargar en contadores
call demora       ;demora de 5 ms.
return

;-----

```

```
;DEMORA DE 1.64MS (1640 US)
;-----
dem_1640us
movlw d'46'
movwf N1          ;parámetro a cargar en contadores
movlw d'1'
movwf M           ;parámetro a cargar en contadores
call demora      ;demora de 1640 US
return
;-----
;DEMORA DE 47US*
;-----
dem_40us
movlw d'6'
movwf N1          ;parámetro a cargar en contadores
movlw d'1'
movwf M           ;parámetro a cargar en contadores
call demora      ;demora de 47us
return
;-----
;DEMORA DE 100US*
;-----
dem_100us
movlw d'6'
movwf N1          ;parámetro a cargar en contadores
movlw d'2'
movwf M           ;parámetro a cargar en contadores
```

```

call demora          ;demora de 100us
return

;-----
;DEMORA DE 100US*
;-----

pausa
movlw d'150'
movwf N1            ;parámetro a cargar en contadores
movlw d'125'
movwf M            ;parámetro a cargar en contadores
call demora        ;demora de 100us
return

;-----
;DEMORA PARAMÉTRICA DE TIEMPOS (GENERAL)
;-----

demoramovf N1,w
movwf cont1
movwf cont2
movf M,w
movwf cont3
loop  decfsz cont1
goto loop
movf N1,w
movwf cont1
decfsz cont2
goto loop
movf N1,w

```

```

movwf cont2

decfsz cont3

goto loop

;fin del proceso, inicia contadores

return

;=====

;WRITE; SUBROUTINA QUE ESCRIBE CUALQUIER CARTEL

;=====

write   clrf ch_cont           ;contador de caracteres del
;cartel que se está sacando

next_char

call tabla           ;tabla de caracteres del cartel

movwf PORTD         ;saco caracter

call pulse          ;pulso enable

call dem_40us       ;demora de ejecución

movf ch_cont,w

cpfseq size

goto next_dato

return              ;RETORNA, se escribió completo

;próximo caracter del cartel

next_dato

incf index

incf ch_cont

goto next_char

;=====;
WRITE; SUBROUTINA QUE ESCRIBE CUALQUIER CARTEL
;=====

write_1

```

```

call pulse          ;pulso enable
call dem_40us      ;demora de ejecución
return

```

```

;=====
;CLRDISP; LIMPIA LA PANTALLA LÍQUIDA

```

```

;=====
clrdisp

```

```

bcf PORTA,4
movlw 1           ;display clear = 1
movwf PORTD
call pulse        ;pulso de 1us en "E"
call dem_1640us
bsf PORTA,4      ;modo datos
return

```

```

;=====
;extraer datos de la tabla

```

```

;=====
tabla

```

```

movf index,w     ;indexo
mullw 2
movff PRODL, TBLPTRL
;leer tabla segun indice (dato de entrada)
TBLRD *
movf TABLAT,w
RETURN

```

```

;=====

```

;CHDIR; SUBROUTINA QUE ESTABLECE UNA DIRECCIÓN INICIAL DE ESCRITURA

=====

ch_dir

bcf PORTA,4 ;modo comandos

movwf PORTD ;la dirección viene en el acumulador

call pulse

call dem_40us

bsf PORTA,4

return

=====

;CURSOR; ENCIENDE EL CURSOR DEL LCD.

=====

cur_on

bcf PORTA,4 ;modo comando

movlw 0x0f ;encender cursor, cursor parapadea

movwf PORTD

call pulse

call dem_40us

bsf PORTA,4

return

=====

;CUR_OFF; APAGA EL CURSOR DEL LCD.

=====

cur_off

bcf PORTA,4 ;modo comando

movlw 0x0c ;apaga cursor, cursor parapadea

movwf PORTD

```

call pulse
call dem_40us
bsf PORTA,4
return

;=====
;DIRECCION INICIAL
;=====

dir_ini
bcf PORTA,4          ;RS = 0 modo de comandos
movlw 0x80
call ch_dir          ;cambio de direccion de la RAM de displays
bsf PORTA,4          ;RS = 1 modo de datos
return

;=====
;SEGUNDA FILA
;=====

dir_sec
bcf PORTA,4          ;RS = 0 modo de comandos
movlw 0xC0
call ch_dir          ;cambio de direccion de la RAM de displays
bsf PORTA,4          ;RS = 1 modo de datos
return

;=====
;FILA DE SELECCION
;=====

dir_tri

```

```

bcf PORTA,4           ;RS = 0 modo de comandos
movlw 0xC2
call ch_dir           ;cambio de direccion de la RAM de displays
bsf PORTA,4           ;RS = 1 modo de datos
return

;=====;
;FILA DE SELECCION dos
;=====;

dir_cua bcf PORTA,4   ;RS = 0 modo de comandos
movlw 0xC3
call ch_dir           ;cambio de direccion de la RAM de displays
bsf PORTA,4           ;RS = 1 modo de datos
return

;=====;

;FILA DE TIEMPOS
;=====;
dir_time

bcf PORTA,4           ;RS = 0 modo de comandos
movlw 0xC8
call ch_dir           ;cambio de direccion de la RAM de displays
bsf PORTA,4           ;RS = 1 modo de datos
return

;=====;

;tabla para los timepos
;=====;

```

```

tabla_1
movf index1,w          ;indexo
mullw 2
movff PRODL, TBLPTRL
;leer tabla segun indice (dato de entrada)
TBLRD *
movf TABLAT,w
RETURN
;=====
;MENU INICIO
;=====
menus_ini
    bsf PORTC,6          ; bit para apagar la salida del voltaje
    call clrdisp         ; cartel de bienvenida
    call dir_ini
    movlw d'9'
    movwf size
    clrf TBLPTRL
    movlw 0x20
    movwf TBLPTRH
    clrf TBLPTRU
    clrf index
    call write
    call pausa
    goto ppol
opc_1
    bcf PORTE,0

```

```

bcf PORTE,1
call clrdisp
call dir_ini           ;cartel de ELECTROESTIMULACION
movlw d'15'
movwf size
clrf TBLPTRL
movlw 0x14
movwf TBLPTRH
clrf TBLPTRU
clrf index
call write
call dir_sec          ;cartel de ELECTROANESTECIA
movlw d'12'
movwf size
clrf TBLPTRL
movlw 0x15
movwf TBLPTRH
clrf TBLPTRU
clrf index
call write
call dir_ini
return

```

```

;=====
;PROGRAMA PRINCIPAL

```

```

;=====
ppol

```

```

    btfss start,3
    goto escojer

```

```
        goto play_on
escoger
        bsf PORTC,6           ; bit para apagar la salida del voltaje
        bcf PORTB,5         ; bits para apagar la salida de voltaje de parte alta
        bcf PORTB,6
        bcf PORTB,7
        movlw 0x01
        cpfseq contr1
        goto sig_1
        btss key,0          ; menu de terapias
        call print_1
        movlw 0x01
        cpfseq contr0
        goto next_0
        call dir_ini
        goto ppol

next_0
        movlw 0x00
        cpfseq contr0
        goto ppol
        call dir_sec
        goto ppol

print_1
        call clrdisp        ; impreme cartel terapias
        call opc_1
        call cur_on
```

```
    bsf key,0
    return
sig_1
    movlw 0x02          ; menus cartel (f,v,t)
    cpfseq contr1
    goto sig_2
    movlw 0x02
    cpfseq contr0
    goto s_print
    goto n_print
s_print
    btfs key,1         ;llave de impresion de 2do cartel
    call print_2
n_print
    movlw 0x01
    cpfseq contr0
    goto next_1
    call dir_ini
    call dem_5ms
    goto ppol
next_1
    movlw 0x00
    cpfseq contr0
    goto next_2
    call dir_sec
    goto ppol
next_2
```

```

movlw 0x02
cpfseq contr0
goto ppol
btfss key,2           ; llave de impresion de tiempo
call print_3
goto ppol
print_2
call opc_2           ;imprime el segundo cartel
call cur_on
bsf key,1
return
opc_2
call clrdisp
call dir_ini        ;cartel de frecuencia
movlw d'13'
movwf size
clrf TBLPTRL
movlw 0x13
movwf TBLPTRH
clrf TBLPTRU
clrf index
call write
call dir_sec        ;cartel de voltaje
movlw d'10'
movwf size
clrf TBLPTRL
movlw 0x21

```

```
movwf TBLPTRH
```

```
clrf TBLPTRU
```

```
clrf index
```

```
call write
```

```
call dir_ini
```

```
bcf key,2
```

```
return
```

```
print_3
```

```
call opc_3
```

```
bcf key,1
```

```
bsf key,2
```

```
return
```

```
opc_3
```

```
call clrdisp
```

```
call dir_ini ;cartel de tiempo
```

```
movlw d'9'
```

```
movwf size
```

```
clrf TBLPTRL
```

```
movlw 0x16
```

```
movwf TBLPTRH
```

```
clrf TBLPTRU
```

```
clrf index
```

```
call write
```

```
call dir_ini
```

```
return
```

```
sig_2
```

```
movlw 0x03 ;imprime el primer cartel - valores
```

```

    cpfseq contr1
    goto ppol
    btfss key,3
    call print_4
    btfss key,4
    call print_5
    goto ppol
print_5
    bsf key,4
    movlw 0x00          ; imprimen los valores de voltaje
    cpfseq te_2
    goto sig_v1
    movff contr0,va_v
    movlw 0x01
    cpfseq contr0
    goto next_3

    call dir_sec
    movlw '1'          ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    movlw '0'          ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    movlw ' '          ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1

```

```
    movlw ''          ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    movlw ''          ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    movlw ''          ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    call dir_tri
    goto ppol
next_3
    movlw 0x02
    cpfseq contr0
    goto next_4
    call dir_sec
    movlw '2'         ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    call dir_tri
    goto ppol
next_4
    movlw 0x03
    cpfseq contr0
    goto next_5
    call dir_sec
    movlw '3'         ;carga la tabla
```

```
    movwf PORTD
    call write_1
    call dir_tri
    goto ppol
next_5
    movlw 0x04
    cpfseq contr0
    goto next_6
    call dir_sec
    movlw '4'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    call dir_tri
    goto ppol
next_6
    movlw 0x05
    cpfseq contr0
    goto next_7
    call dir_sec
    movlw '5'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    call dir_tri
    goto ppol
next_7
    movlw 0x06
    cpfseq contr0
```

```
    goto next_8
    call dir_sec
    movlw '6'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    movlw '0'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    call dir_tri
    goto ppol
next_8
    movlw 0x07
    cpfseq contr0
    goto next_9
    call dir_sec
    movlw '6'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    movlw '5'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    call dir_tri
    goto ppol
next_9
    movlw 0x08
    cpfseq contr0
    goto next_10
```

```
    call dir_sec
    movlw '7'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    movlw '0'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    call dir_tri
    goto ppol
next_10
    movlw 0x09
    cpfseq contr0
    goto next_11
    call dir_sec
    movlw '7'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    movlw '5'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    goto ppol
next_11
    movlw 0x0a
    cpfseq contr0
    goto next_12
    call dir_sec
    movlw '8'           ;carga la tabla
```

```
    movwf PORTD
    call write_1
    movlw '0'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    call dir_tri
    goto ppol
next_12
    movlw 0x0b
    cpfseq contr0
    goto next_13
    call dir_sec
    movlw '8'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    movlw '5'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    call dir_tri
    goto ppol
next_13
    movlw 0x0c
    cpfseq contr0
    goto next_14
    call dir_sec
    movlw '9'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
```

```
    call write_1
    movlw '0'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    call dir_tri
    goto ppol
next_14
    movlw 0x0d
    cpfseq contr0
    goto next_15
    call dir_sec
    movlw '9'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    movlw '5'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    movlw ' '           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    call dir_tri
    goto ppol
next_15
    movlw 0x0e
    cpfseq contr0
    goto next_16
    call dir_sec
```

```
    movlw '1'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    movlw '0'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    movlw '0'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    movlw ' '           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    movlw ' '           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    movlw ' '           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    movlw ' '           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    call dir_tri
    goto ppol
next_16 call dir_sec
    movlw 'M'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    movlw 'A'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
```

```

    movlw 'N'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    movlw 'U'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    movlw 'A'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    movlw 'L'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    goto ppol

sig_v1 movlw 0x01      ; imprime valores de frecuencia
    cpfseq te_2
    goto sig_v2
    movff contr0,va_f
    movlw 0x01
    cpfseq contr0
    goto nf_2
    call dir_sec
    movlw '1'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    movlw '0'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1

```

```
    movlw ''          ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    call dir_tri
    goto ppol
nf_2  movlw 0x02
      cpfseq contr0
      goto nf_3
      call dir_sec
    movlw '2'        ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    call dir_tri
    goto ppol
nf_3  movlw 0x03
      cpfseq contr0
      goto nf_4
      call dir_sec
    movlw '3'        ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    call dir_tri
    goto ppol
nf_4  movlw 0x04
      cpfseq contr0
      goto nf_5
      call dir_sec
```

```
        movlw '4'           ;carga la tabla
        movwf PORTD
        call write_1
        call dir_tri
        goto ppol
nf_5    movlw 0x05
        cpfseq contr0
        goto nf_6
        call dir_sec
        movlw '5'           ;carga la tabla
        movwf PORTD
        call write_1
        call dir_tri
        goto ppol
nf_6    movlw 0x06
        cpfseq contr0
        goto nf_7
        call dir_sec
        movlw '6'           ;carga la tabla
        movwf PORTD
        call write_1
        call dir_tri
        goto ppol
nf_7    movlw 0x07
        cpfseq contr0
        goto nf_8
        call dir_sec
```

```
    movlw '7'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    call dir_tri
    goto ppol
nf_8  movlw 0x08
      cpfseq contr0
      goto nf_10
      call dir_sec
    movlw '9'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    call dir_tri
    movlw ' '           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    call dir_tri
    goto ppol
nf_10 movlw 0x09
      cpfseq contr0
      goto nf_11
      call dir_sec
    movlw '1'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    movlw '0'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
```

```
    call write_1
    movlw '0'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    goto ppol
nf_11 movlw 0x0a
    cpfseq contr0
    goto nf_12
    call dir_sec
    movlw '1'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    movlw '1'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    call dir_cua
    goto ppol
nf_12 movlw 0x0b
    cpfseq contr0
    goto nf_13
    call dir_sec
    movlw '1'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    movlw '2'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
```

```
    call dir_cua
    goto ppol
nf_13 movlw 0x0c
    cpfseq contr0
    goto nf_14
    call dir_sec
    movlw '1'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    movlw '3'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    call dir_cua
    goto ppol
nf_14 movlw 0x0d
    cpfseq contr0
    goto nf_15
    call dir_sec
    movlw '1'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    movlw '4'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    call dir_cua
    goto ppol
nf_15 call dir_sec
```

```

    movlw '1'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    movlw '5'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    movlw '0'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    goto ppol
sig_v2 movff contr0,va_t
    movlw 0x01          ; imprime los valores de tiempo
    cpfseq contr0
    goto nt_2
    call dir_sec
    movlw '1'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    movlw ' '           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    call dir_tri
    goto ppol
nt_2  movlw 0x02
    cpfseq contr0
    goto nt_3
    call dir_sec

```

```
        movlw '2'           ;carga la tabla
        movwf PORTD
        call write_1
        call dir_tri
        goto ppol
nt_3    movlw 0x03
        cpfseq contr0
        goto nt_4
        call dir_sec
        movlw '3'           ;carga la tabla
        movwf PORTD
        call write_1
        call dir_tri
        goto ppol
nt_4    movlw 0x04
        cpfseq contr0
        goto nt_5
        call dir_sec
        movlw '4'           ;carga la tabla
        movwf PORTD
        call write_1
        call dir_tri
        goto ppol
nt_5    movlw 0x05
        cpfseq contr0
        goto nt_6
        call dir_sec
```

```
        movlw '5'           ;carga la tabla
        movwf PORTD
        call write_1
        movlw ' '          ;carga la tabla
        movwf PORTD
        call write_1
        call dir_tri
        goto ppol
nt_6    movlw 0x06
        cpfseq contr0
        goto nt_7
        call dir_sec
        movlw '1'         ;carga la tabla
        movwf PORTD
        call write_1
        movlw '0'         ;carga la tabla
        movwf PORTD
        call write_1
        call dir_tri
        goto ppol
nt_7    movlw 0x07
        cpfseq contr0
        goto nt_8
        call dir_sec
        movlw '1'         ;carga la tabla
        movwf PORTD
        call write_1
```

```
    movlw '5'           ;carga la tabla
    movwf PORTD
    call write_1
    call dir_tri
    goto ppol
nt_8  movlw 0x08
      cpfseq contr0
      goto nt_10
      call dir_sec
      movlw '2'         ;carga la tabla
      movwf PORTD
      call write_1
      movlw '0'         ;carga la tabla
      movwf PORTD
      call write_1
      call dir_tri
      goto ppol
nt_10 movlw 0x09
      cpfseq contr0
      goto nt_11
      call dir_sec
      movlw '2'         ;carga la tabla
      movwf PORTD
      call write_1
      movlw '5'         ;carga la tabla
      movwf PORTD
      call write_1
```

```

        call dir_tri
        goto ppol
nt_11
        call dir_sec
        movlw '3'           ;carga la tabla
        movwf PORTD
        call write_1
        movlw '0'           ;carga la tabla
        movwf PORTD
        call write_1
        call dir_tri
        goto ppol
print_4 call clrdisp      ; imprime los cartels de f t v
        movlw 0x00
        cpfseq te_2
        goto sig_te1
        movlw d'10'
        movwf size
        movlw 0x21
        movwf TBLPTRH
        goto pte_2
sig_te1 movlw 0x01
        cpfseq te_2
        goto sig_te2
        movlw d'13'
        movwf size
        movlw 0x13

```

```

        movwf TBLPTRH
        goto pte_2
sig_te2 movlw d'9'
        movwf size
        movlw 0x16
        movwf TBLPTRH
pte_2  bsf key,3
        call dir_ini           ;cartel de tiempo
        clrf TBLPTRL
        clrf TBLPTRU
        clrf index
        call write
        clrf segundo         ;seteo de visualizacion
        clrf cont_us
        clrf cont_ds
        clrf cont_um
        clrf cont_dm
        ;movlw 0x01
        ;movwf va_t
        return

;=====
;Generacion de señales de salida
;=====

play_on call s_time
        call s_voltaje
        call s_fre
        goto ppol

```

```

s_time    movlw 0x03                ; escaneo de los valores de tiempo
          cpfseq contr1
          goto n_visu
          clrf TBLPTRL              ; visualizacion de los valores de tiempo
          movlw 0x17
          movwf TBLPTRH
          clrf TBLPTRU
          call dir_time             ; imprime valores de decenas min
          movff cont_dm,index1
          call tabla_1
          movwf PORTD
          call write_1

          movff cont_um,index1     ; imprime valores de unidades min
          call tabla_1
          movwf PORTD
          call write_1
          movlw ':'
          movwf PORTD
          call write_1

          movff cont_ds,index1     ; imprime valores de decenas seg
          call tabla_1
          movwf PORTD
          call write_1

          movff cont_us,index1     ; imprime valores de unidades seg

```

```

call tabla_1
movwf PORTD
call write_1

```

```

n_visu movlw 0x01                ; escaneo de los valores de tiempo
      cpfseq va_t
      goto sig_t2
      movlw 0x3C                ; valor de 1min
      cpfseq segundo
      return
      goto off

sig_t2 movlw 0x02                ; escaneo de los valores de tiempo
      cpfseq va_t
      goto sig_t3
      movlw 0x78                ;valor de 2min
      cpfseq segundo
      return
      goto off

sig_t3 movlw 0x03                ; escaneo de los valores de tiempo
      cpfseq va_t
      goto sig_t4
      movlw 0xB4                ;valor de 3min
      cpfseq segundo
      return
      goto off

sig_t4 movlw 0x04                ; escaneo de los valores de tiempo
      cpfseq va_t

```

```

    goto sig_t5
    movlw 0xF0                ;valor de 4min
    cpfseq segundo
    return
    goto off
sig_t5 movlw 0x05            ; escaneo de los valores de tiempo
    cpfseq va_t
    goto sig_t6
    movlw 0x3B                ;valor de 5min
    cpfseq segundo
    return
    incf minuto
    clrf segundo
    movlw 0x05
    cpfseq minuto
    return
    goto off
sig_t6 movlw 0x06            ; escaneo de los valores de tiempo
    cpfseq va_t
    goto sig_t7
    movlw 0x3b                ;valor de 10min
    cpfseq segundo
    return
    incf minuto
    clrf segundo
    movlw 0x0a
    cpfseq minuto

```

```
    return
    goto off
sig_t7 movlw 0x07           ; escaneo de los valores de tiempo
    cpfseq va_t
    goto sig_t8
    movlw 0x3b             ;valor de 15min
    cpfseq segundo
    return
    incf minuto
    clrf segundo
    movlw 0x0f
    cpfseq minuto
    return
    goto off
sig_t8 movlw 0x08           ; escaneo de los valores de tiempo
    cpfseq va_t
    goto sig_t9
    movlw 0x3b             ;valor de 20min
    cpfseq segundo
    return
    incf minuto
    clrf segundo
    movlw 0x14
    cpfseq minuto
    return
    goto off
sig_t9 movlw 0x09           ; escaneo de los valores de tiempo
```

```

    cpfseq va_t
    goto sig_ta
    movlw 0x3b                ;valor de 25min
    cpfseq segundo
    return
    incf minuto
    clrf segundo
    movlw 0x19
    cpfseq minuto
    return
    goto off
sig_ta movlw 0x0a            ; escaneo de los valores de tiempo
    cpfseq va_t
    goto off
    movlw 0x3b                ;valor de 10min
    cpfseq segundo
    return
    incf minuto
    clrf segundo
    movlw 0x1E
    cpfseq minuto
    return
    goto off
off   bcf T2CON,2           ; apaga el timer
      bcf start,3           ;limpia la llave para la salida de señales
      bsf PORTE,2
      bsf replay,3

```

```

        bsf PORTC,6
        clrf cont_us
        clrf cont_ds
        clrf cont_um
        clrf cont_dm
        return
s_voltaje                                ; escaneo de valores de voltaje
        bcf PORTC,6
        clrf PORTB
        movlw 0x01                        ;valores para 10
        cpfseq va_v
        goto pro_v2
        bcf PORTA,5
        bcf PORTA,2
        bcf PORTA,3
        return
pro_v2  movlw 0x02                        ;valores para 20
        cpfseq va_v
        goto pro_v3
        bsf PORTA,5
        bcf PORTA,2
        bcf PORTA,3
        return
pro_v3  movlw 0x03                        ;valores para 30
        cpfseq va_v
        goto pro_v4
        bcf PORTA,5
        bsf PORTA,2

```

```
        bcf PORTA,3
        return
pro_v4  movlw 0x04                ;valores para 40
        cpfseq va_v
        goto pro_v5
        bsf PORTA,5
        bsf PORTA,2
        bcf PORTA,3
        return
pro_v5  movlw 0x05                ;valores para 50
        cpfseq va_v
        goto pro_v6
        bcf PORTA,5
        bcf PORTA,2
        bsf PORTA,3
        return
pro_v6  movlw 0x06                ;valores para 60
        cpfseq va_v
        goto pro_v7
        bsf PORTA,5
        bcf PORTA,2
        bsf PORTA,3
        return
pro_v7  movlw 0x07                ;valores para 65
        cpfseq va_v
        goto pro_v8
        bcf PORTA,5
```

```
    bsf PORTA,2
    bsf PORTA,3
    return
pro_v8 movlw 0x08           ;valores para 70
    cpfseq va_v
    goto pro_v9
    bsf PORTA,5
    bsf PORTA,2
    bsf PORTA,3
    return
pro_v9 bsf PORTC,6
    movlw 0x09           ;valores para 75
    cpfseq va_v
    goto pro_va
    bsf PORTB,5
    bcf PORTB,6
    bcf PORTB,7
    return
pro_va movlw 0x0a           ;valores para 80
    cpfseq va_v
    goto pro_vb
    bcf PORTB,5
    bsf PORTB,6
    bcf PORTB,7
    return
pro_vb movlw 0x0b           ;valores para 85
    cpfseq va_v
```

```
        goto pro_vc
        bsf PORTB,5
        bsf PORTB,6
        bcf PORTB,7
        return
pro_vc  movlw 0x0c                ;valores para 90
        cpfseq va_v
        goto pro_vd
        bcf PORTB,5
        bcf PORTB,6
        bsf PORTB,7
        return
pro_vd  movlw 0x0d                ;valores para 95
        cpfseq va_v
        goto pro_ve
        bsf PORTB,5
        bcf PORTB,6
        bsf PORTB,7
        return
pro_ve  movlw 0x0e                ;valores para 100
        cpfseq va_v
        goto pro_vf
        bcf PORTB,5
        bsf PORTB,6
        bsf PORTB,7
        return
pro_vf  bsf PORTB,5                ;valores para manual
```

```

    bsf PORTB,6
    bsf PORTB,7
    return
s_fre  movlw 0x01          ; escaneo de los valores de frecuencia
       cpfseq te_1
       goto anestecia
       movlw 0x01          ; escaneo de los valores de frecuencia
       cpfseq va_f
       goto pro_f2
       bsf PORTA,0
       movlw d'48'         ;factores de demora
       movwf N1
       movwf M
       call demora
       movlw d'21'        ;factores de demora
       movwf N1
       movwf M
       bcf PORTA,0
       call demora
       return
pro_f2 movlw 0x02          ;valores para 20hz
       cpfseq va_f
       goto pro_f3
       bsf PORTA,0
       movlw d'39'        ;factores de demora
       movwf N1
       movwf M

```

```

    call demora
    movlw d'17'                ;factores de demora
    movwf N1
    movwf M
    bcf PORTA,0
    call demora
    return
pro_f3 movlw 0x03             ;valores para 30hz

    cpfseq va_f
    goto pro_f4
    bsf PORTA,0
    movlw d'33'                ;factores de demora
    movwf N1
    movlw d'34'                ;factores de demora
    movwf M
    call demora
    movlw d'17'                ;factores de demora
    movwf N1
    movwf M
    bcf PORTA,0
    call demora
    return
pro_f4 movlw 0x04             ;valores para 40hz

    cpfseq va_f
    goto pro_f5
    bsf PORTA,0

```

```
    movlw d'30'                ;factores de demora
    movwf N1
    movlw d'31'                ;factores de demora
    movwf M
    call demora
    movlw d'15'                ;factores de demora
    movwf N1
    movwf M
    bcf PORTA,0
    call demora
    return
pro_f5 movlw 0x05              ;valores para 50hz

    cpfseq va_f
    goto pro_f6
    bsf PORTA,0
    movlw d'28'                ;factores de demora
    movwf N1
    movwf M
    call demora
    movlw d'14'                ;factores de demora
    movwf N1
    movwf M
    bcf PORTA,0
    call demora
    return
pro_f6 movlw 0x06              ;valores para 60hz
```

```

    cpfseq va_f
    goto pro_f7
    bsf PORTA,0
    movlw d'26'           ;factores de demora
    movwf N1
    movlw d'26'           ;factores de demora
    movwf M
    call demora
    movlw d'14'           ;factores de demora
    movwf N1
    movwf M
    bcf PORTA,0
    call demora
    return
pro_f7 movlw 0x07        ;valores para 70hz

    cpfseq va_f
    goto pro_f8
    bsf PORTA,0
    movlw d'25'           ;factores de demora
    movwf N1
    movlw d'24'           ;factores de demora
    movwf M
    call demora
    movlw d'12'           ;factores de demora
    movwf N1
    movwf M
    bcf PORTA,0

```

```

    call demora
    return
pro_f8 movlw 0x08                ;valores para 90hz

    cpfseq va_f
    goto pro_f9
    bsf PORTA,0
    movlw d'23'                  ;factores de demora
    movwf N1
    movlw d'22'                  ;factores de demora
    movwf M
    call demora
    movlw d'10'                  ;factores de demora
    movwf N1
    movlw d'11'                  ;factores de demora
    movwf M
    bcf PORTA,0
    call demora
    return
pro_f9 movlw 0x09                ;valores para 100hz

    cpfseq va_f
    goto pro_fa
    bsf PORTA,0
    movlw d'22'                  ;factores de demora
    movwf N1
    movlw d'22'                  ;factores de demora
    movwf M

```

```
    call demora
    movlw d'10'                ;factores de demora
    movwf N1
    movlw d'9'                 ;factores de demora
    movwf M
    bcf PORTA,0
    call demora
    return
pro_fa movlw 0x0a             ;valores para 110hz

    cpfseq va_f
    goto pro_fb
    bsf PORTA,0
    movlw d'19'                ;factores de demora
    movwf N1
    movlw d'26'                ;factores de demora
    movwf M
    call demora
    movlw d'10'                ;factores de demora
    movwf N1
    movwf M
    bcf PORTA,0
    call demora
    return
pro_fb movlw 0x0b             ;valores de 120hz

    cpfseq va_f
    goto pro_fc
```

```

    bsf PORTA,0
    movlw d'21'           ;factores de demora
    movwf N1
    movlw d'20'           ;factores de demora

    movwf M
    call demora
    movlw d'9'            ;factores de demora
    movwf N1
    movwf M
    bcf PORTA,0
    call demora
    return

pro_fc movlw 0x0c        ;valores para 130

    cpfseq va_f
    goto pro_fd
    bsf PORTA,0
    movlw d'20'           ;factores de demora
    movwf N1
    movlw d'20'           ;factores de demora

    movwf M
    call demora
    movlw d'9'            ;factores de demora
    movwf N1
    movwf M
    bcf PORTA,0
    call demora

```

```

    return
pro_fd movlw 0x0d                ;valores para 140

    cpfseq va_f
    goto pro_fe
    bsf PORTA,0
    movlw d'17'                  ;factores de demora
    movwf N1
    movlw d'25'                  ;factores de demora
    movwf M
    call demora
    movlw d'9'                   ;factores de demora
    movwf N1
    movlw d'10'                  ;factores de demora
    movwf M
    bcf PORTA,0
    call demora
    return
pro_fe movlw 0x0e                ;segundo valor de la frecuencia

    cpfseq va_f
    goto ppol
    bsf PORTA,0
    movlw d'17'                  ;factores de demora
    movwf N1
    movlw d'23'                  ;factores de demora
    movwf M
    call demora

```

```

movlw d'9'           ;factores de demora
movwf N1
movlw d'10'         ;factores de demora
movwf M
bcf PORTA,0
call demora
return

anestecia
movlw 0x00          ;terapia de electroanestecia
cpfseq te_1
goto ppol
movlw 0x01          ;escaneo de los valores de frecuencia
cpfseq va_f
goto pro_f2a        ;valores para 10hz
bsf PORTA,1
movlw d'48'         ;factores de demora
movwf N1
movwf M
call demora
movlw d'21'         ;factores de demora
movwf N1
movwf M
bcf PORTA,1
call demora
return

pro_f2a
movlw 0x02          ;valores para 20hz
cpfseq va_f
goto pro_f3a

```

```

    bsf PORTA,1
    movlw d'39'           ;factores de demora
    movwf N1
    movwf M
    call demora
    movlw d'17'          ;factores de demora
    movwf N1
    movwf M
    bcf PORTA,1
    call demora
    return
pro_f3a    movlw 0x03     ;valores para 30hz

    cpfseq va_f
    goto pro_f4a
    bsf PORTA,1
    movlw d'33'           ;factores de demora
    movwf N1
    movlw d'34'           ;factores de demora
    movwf M
    call demora
    movlw d'17'          ;factores de demora
    movwf N1
    movwf M
    bcf PORTA,1
    call demora
    return
pro_f4a    movlw 0x04     ;valores para 40hz

```

```

    cpfseq va_f
    goto pro_f5a
    bsf PORTA,1
    movlw d'30'           ;factores de demora
    movwf N1
    movlw d'31'           ;factores de demora
    movwf M
    call demora
    movlw d'15'           ;factores de demora
    movwf N1
    movwf M
    bcf PORTA,1
    call demora
    return
pro_f5a    movlw 0x05           ;valores para 50hz
           cpfseq va_f
           goto pro_f6a
           bsf PORTA,1
           movlw d'28'           ;factores de demora
           movwf N1
           movwf M
           call demora
           movlw d'14'           ;factores de demora
           movwf N1
           movwf M
           bcf PORTA,1
           call demora

```

```

return
pro_f6a    movlw 0x06                ;valores para 60hz
           cpfseq va_f
           goto pro_f7a
           bsf PORTA,1
           movlw d'26'           ;factores de demora
           movwf N1
           movlw d'26'           ;factores de demora
           movwf M
           call demora
           movlw d'14'           ;factores de demora
           movwf N1
           movwf M
           bcf PORTA,1
           call demora
return
pro_f7a    movlw 0x07                ;valores para 70hz
           cpfseq va_f
           goto pro_f8a
           bsf PORTA,1
           movlw d'25'           ;factores de demora
           movwf N1
           movlw d'24'           ;factores de demora
           movwf M
           call demora
           movlw d'12'           ;factores de demora
           movwf N1
           movwf M

```

```

        bcf PORTA,1
        call demora
        return
pro_f8a  movlw 0x08                ;valores para 90hz
        cpfseq va_f
        goto pro_f9a
        bsf PORTA,1
        movlw d'23'              ;factores de demora
        movwf N1
        movlw d'22'              ;factores de demora
        movwf M
        call demora
        movlw d'10'              ;factores de demora
        movwf N1
        movlw d'11'              ;factores de demora
        movwf M
        bcf PORTA,1
        call demora
        return
pro_f9a  movlw 0x09                ;valores para 100hz
        cpfseq va_f
        goto pro_faa
        bsf PORTA,1
        movlw d'22'              ;factores de demora
        movwf N1
        movlw d'22'              ;factores de demora
        movwf M
        call demora

```

```

movlw d'10'           ;factores de demora
movwf N1
movlw d'9'           ;factores de demora
movwf M
bcf PORTA,1
call demora
return

pro_faa  movlw 0x0a           ;valores para 110hz

         cpfseq va_f
         goto pro_fba
         bsf PORTA,1
         movlw d'19'         ;factores de demora
         movwf N1
         movlw d'26'         ;factores de demora
         movwf M
         call demora
         movlw d'10'         ;factores de demora
         movwf N1
         movwf M
         bcf PORTA,1
         call demora
         return

pro_fba  movlw 0x0b           ;valores de 120hz

         cpfseq va_f
         goto pro_fca
         bsf PORTA,1

```

```

movlw d'21'                ;factores de demora
movwf N1
movlw d'20'                ;factores de demora

movwf M
call demora
movlw d'9'                 ;factores de demora
movwf N1
movwf M
bcf PORTA,1
call demora
return

pro_fca    movlw 0x0c        ;valores para 130
           cpfseq va_f
           goto pro_fda
           bsf PORTA,1
           movlw d'20'       ;factores de demora
           movwf N1
           movlw d'20'       ;factores de demora
           movwf M
           call demora
           movlw d'9'        ;factores de demora
           movwf N1
           movwf M
           bcf PORTA,1
           call demora
           return

pro_fda    movlw 0x0d        ;valores para 140
           cpfseq va_f

```

```
    goto pro_fea
    bsf PORTA,1
    movlw d'17'           ;factores de demora
    movwf N1
    movlw d'25'           ;factores de demora
    movwf M
    call demora
    movlw d'9'            ;factores de demora
    movwf N1
    movlw d'10'           ;factores de demora
    movwf M
    bcf PORTA,1
    call demora
    return
pro_fea    movlw 0x0e           ;valores para 150
           cpfseq va_f
           goto ppol
           bsf PORTA,1
           movlw d'17'           ;factores de demora
           movwf N1
           movlw d'23'           ;factores de demora
           movwf M
           call demora
           movlw d'9'            ;factores de demora
           movwf N1
           movlw d'10'           ;factores de demora
           movwf M
```

```

bcf PORTA,1
call demora
return

;=====
;Subrutina de servicio de interrupcion
;=====

int    ;respaldar registros en RAM (no utiliza "shadow")
      movwf w_temp           ;respalda WREG
      movff STATUS,status_temp ;respalda STATUS
      movff BSR,bsr_temp     ;respalda BSR
      movlw d'57'           ;factores de demora
      movwf M1
      movwf M2

      ;pregunta por banderas de ocurrencia de interrupcion
      btfss PIR1,1
      goto next_int
      goto pulso

next_int
      btfss INTCON,2         ; bandera del timer0
      goto back

      btfss PORTB,0         ;Scaneo de pulsantes
      goto down
      btfss PORTB,1
      goto up
      btfss PORTB,2
      goto sig_menu

```

```

        btfss PORTB,3
        goto back_menus
        btfss PORTB,4
        goto play
        goto back_to
up      call demora_1          ; menu de tecla rb0 down
        call demora_1
        movlw 0x01
        cpfseq contr1
        goto selec_1
        movlw 0x01
        movwf contr0
        movwf te_1
        goto back_to
selec_1 movlw 0x02          ; scroll de f v t
        cpfseq contr1
        goto selec_3
        incf contr0
        movlw 0x02
        cpfsgt contr0
        goto trans_1
        movlw 0x00
        movwf contr0
trans_1 movff contr0,te_2
        goto back_to
selec_3 bcf key,4          ; menu de valores f t v
        incf contr0

```

```
    movlw 0x00
    cpfseq te_2
    goto otro_1
    movlw 0x0f
    cpfsgt contr0
    goto back_to
    movlw 0x01
    movwf contr0
    goto back_to
otro_1 movlw 0x01
    cpfseq te_2
    goto otro_2
    movlw 0x0e
    cpfsgt contr0
    goto back_to
    movlw 0x01
    movwf contr0
    goto back_to
otro_2 clrf segundo
    clrf cont_us
    clrf cont_ds
    clrf cont_um
    clrf cont_dm
    movlw 0x0a
    cpfsgt contr0
    goto back_to
    movlw 0x01
```

```

movwf contr0
goto back_to

down call demora_1           ;menu de tecla rb1 up
call demora_1
movlw 0x01
cpfseq contr1
goto selec_2
movlw 0x00
movwf contr0
movwf te_1
goto back_to

selec_2 movlw 0x02           ; scroll de f v t
cpfseq contr1
goto selec_4
decf contr0
movlw 0x02
cpfsgt contr0
goto trans_1
movlw 0x02
movwf contr0
goto trans_1

selec_4 bcf key,4           ; menu de valores f t v
decf contr0
movlw 0x00
cpfseq te_2
goto ot_1

```

```
    movlw 0x00
    cpfseq contr0
    goto back_to
    movlw 0x0e
    movwf contr0
    goto back_to
ot_1  movlw 0x01
    cpfseq te_2
    goto ot_2
    movlw 0x00
    cpfseq contr0
    goto back_to
    movlw 0x0e
    movwf contr0
    goto back_to
ot_2  clrf segundo
    clrf cont_us
    clrf cont_ds
    clrf cont_um
    clrf cont_dm
    movlw 0x00
    cpfseq contr0
    goto back_to
    movlw 0x0a
    movwf contr0
    goto back_to
```

```

sig_menu    call demora_1                ; menu de tecla enter
            call demora_1
            movlw 0x01
            cpfseq contr1
            goto menu_2
            movlw 0x01
            cpfseq te_1
            goto s_te1
            bcf PORTE,1
            bsf PORTE,0
            goto menu_2
s_te1      bsf PORTE,1
            bcf PORTE,0
menu_2     movlw 0x01
            movwf contr0
            movlw 0x03
            cpfseq contr1
            goto no_tres
            decf contr1
            clrf key
            movff contr0,te_2
            goto back_to
no_tresincf contr1
            goto back_to
back_menus call demora_1                ; menu de tecla back
            call demora_1

```

```

        movlw 0x01
        movwf contr0
        movwf te_2
        clrf key
        decf contr1
        goto back_to
demora_1  movf M1,w           ; demora parametrica para las int
        movwf cont1_i
        movwf cont2_i
        movf M2,w
        movwf cont3_i
loop_1    decfsz cont1_i
        goto loop_1
        movf M1,w
        movwf cont1_i
        decfsz cont2_i
        goto loop_1
        movf M1,w
        movwf cont2_i
        decfsz cont3_i
        goto loop_1
        ;fin del proceso, inicia contadores
        return
play      ; submenu de play y stop
        call demora_1      ; menu de tecla rb4 play
        call demora_1
        btfss start,3      ; bandera de play y pausa

```

```

        goto ini
        bcf start,3
        bcf T2CON,2      ; apaga timer 2
        goto back_to
ini    btfss replay,3
        goto n_rplay
        bcf replay,3
        bcf PORTE,2
        bcf PORTC,6
        clrf segundo
n_rplay bsf start,3
        bsf T2CON,2      ; enciende timer 2
        goto back_to
pulso  incf bip
        movlw 0x64
        cpfseq bip
        goto back_to
        bsf PORTE,2
        movlw d'19'      ;factores de demora
        movwf M1
        movlw d'11'
        movwf M2
        call demora_1
        incf segundo
        bcf PORTE,2
        incf cont_us      ; ingrementa los contadores de tiempo
        movlw 0x0a

```

```
    cpfseq cont_us
    goto back_to
    clrf cont_us
    incf cont_ds
    movlw 0x06
    cpfseq cont_ds
    goto back_to
    clrf cont_ds
    incf cont_um
    movlw 0x0a
    cpfseq cont_um
    goto back_to
    clrf cont_um
    incf cont_dm
    goto back_to
back_tobcf INTCON,2      ;limpia bandera de IT del timer0
    bcf PIR1,1          ;limpia bandera de IT del timer
    ;devolver registros
back    movff bsr_temp,BSR ;restaurar BSR
    movff w_temp,WREG ; restaurar WREG
    movff status_temp, STATUS ; restaurar STATUS
    ;salida de interrupcion
    retfie
    END
```

ANEXO 2 Manual de Usuario

MANUAL DE USUARIO

ELECTRO ESTIMULADOR DEL TEJIDO VIVO

Lea lentamente este manual antes de poner en marcha el equipo y consérvelo para futuras consultas.

CONTENIDO

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD	3
DESCRIPCIÓN DEL PANEL FRONTAL	4
DESCRIPCIÓN DEL PANEL POSTERIOR	6
INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN	7
CONSEJOS PARA EL USO DEL EQUIPO	10
MANTENIMIENTO Y SOLUCIÓN DE PROBLEMAS	11

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

Siga siempre estas instrucciones para evitar situaciones peligrosas y garantizar el rendimiento máximo del producto.

ADVERTENCIA

Para reducir el riesgo de incendios o descargas eléctricas no exponga el producto a la lluvia ni a la humedad.

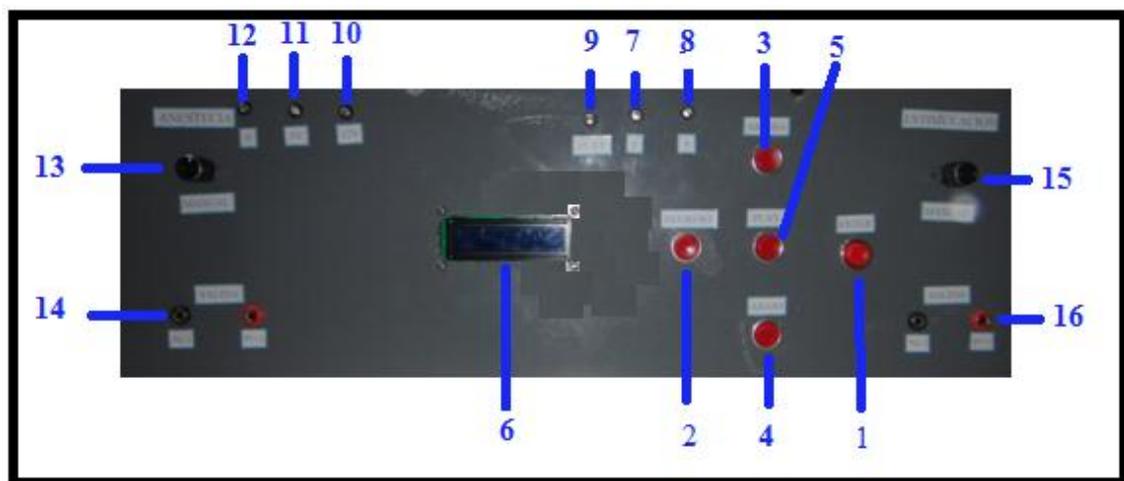
INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD PARA EL USUARIO

- No use el quipo cerca del agua
- Limpie únicamente con paño húmedo
- No instale el equipo a fuentes cercanas de calor o aparatos que emitan calor.
- Asegúrese de que el cable de alimentación no corra el riesgo de ser pisado o aplastado.
- Use el producto únicamente en mesas portátiles o fijas, para evitar riesgos de caídas.
- Desenchufe el aparato durante tormentas eléctricas.
- No inserte objetos de metal u otro material conductor en el cable de alimentación.
- No exponga el producto a la lluvia.
- No exponga el producto a ningún tipo de goteo o salpicadura.
- No coloque encima del equipo ningún objeto que contenga líquido.
- No intente realizar mantenimientos o desarmar el equipo sin la autorización del servicio técnico.
- **Limpieza:** al realizar la limpieza desenchufe el adaptador de alimentación y limpie suavemente con paño suave para evitar rayaduras en la superficie. No rocíe agua ni otros productos directamente sobre el equipo.
- **Traslados:** Asegúrese que el equipo se encuentre apagado, desenchufado y que todos los cables se encuentren desconectados.

DESCRIPCION DEL PANEL FRONTAL 4

- No coloque el equipo en lugares con poca ventilación.
- Si percibe a humo u otros olores provenientes de equipo, desconecte el cable de alimentación y comuníquese con servicio técnico.
- Mantenga el equipo alejado de la luz solar directa.
- No permita que se golpee el equipo.

DESCRIPCION DEL PANEL FRONTAL

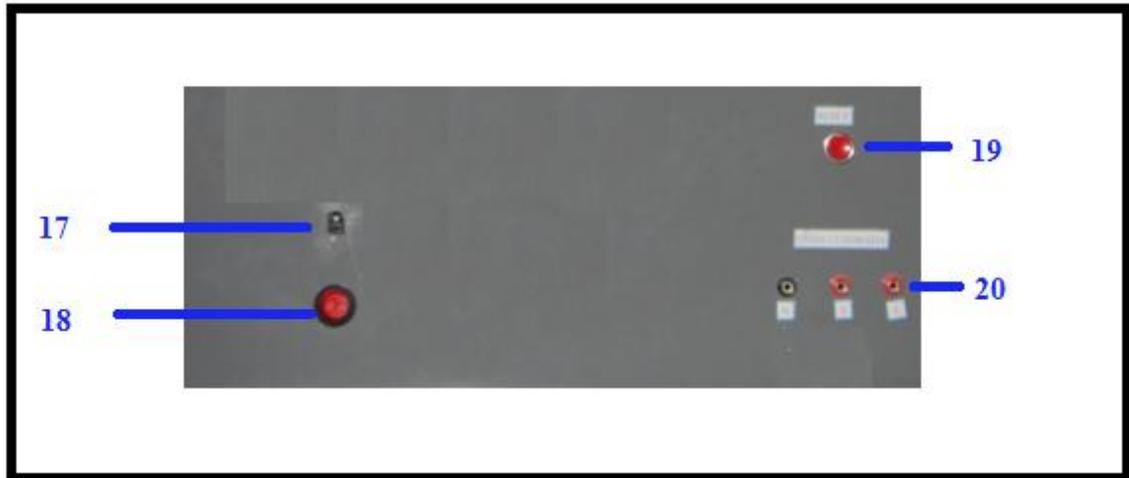


- 1.- Botón **ENTER** al ser presionado permite la selección de la opción seleccionada.
- 2.- Botón **REGRESAR** al ser presionado permite retornar al menú anterior.
- 3.- Botón **ARRIBA** al ser presionado permite ascender en el menú de selección.
- 4.- Botón **ABAJO** al ser presionado permite ascender en el menú de selección.
- 5.- Botón **PLAY** al ser presionado permite empezar o reanudar la terapia seleccionada.
- 6.- **LCD**: Exhibe los diferentes menús de selección.
- 7.- Indicador modo **ELECTRO ESTIMULACIÓN** se enciende permanentemente cuando el equipo funciona en modo de terapia de electroestimulación.

DESCRIPCION DEL PANEL FRONTAL 5

- 8.- Indicador modo **ELECTRO ANESTESIA** se enciende permanentemente cuando el equipo funciona en modo de terapia de electroanestesia.
- 9.- Indicador de **PLAY** se enciende intermitentemente cuando el equipo está realizando la terapia.
- 10.- Indicador **ENERGIA 12v** se enciende indicando que existe regulación de 12v en el equipo.
- 11.- Indicador **ENERGIA 5v** se enciende indicando que existe regulación de 5v en el equipo.
- 12.- Indicador **PROTECCION** se enciende indicando la desconexión de tierra en la fuente del equipo o del sistema de seguridad.
- 13.- Regulador **VOLTAJE ANESTESIA** permite la regulación manual del voltaje de salida para el paciente en terapia de Electroanestesia cuando previamente se ha seleccionado en el menú de voltaje la opción manual.
- 14.- Bornes **SALIDA ANESTESIA** conectores para el voltaje de salida para la terapia de electroanestesia.
- 15.- Regulador **VOLTAJE ESTIMULACIÓN** permite la regulación manual del voltaje de salida para el paciente en terapia de electroestimulación cuando previamente se ha seleccionado en el menú de voltaje la opción manual.
- 16.- Bornes **SALIDA ESTIMULACIÓN** conectores para el voltaje de salida para la terapia de electroestimulación.

DESCRIPCION DEL PANEL POSTERIOR



17.- Conector para cable de alimentación del adaptador

18.- Interruptor para el encendido y apagado del equipo

19.- Botón **RESET** al ser presionado permite reiniciar el equipo.

20.- Bornes **ONDA CUADRADA** conectores de salida de las señales de onda cuadrada de estimulación, anestesia y tierra.

INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN

En la presente sección se detallan los procedimientos sugeridos para la operación del equipo en sus diferentes modos de operación. Los números colocados entre paréntesis son los correspondientes a los descritos en las secciones: Descripción panel frontal y Descripción panel posterior.

- 1.- Conecte el adaptador de corriente en el conector (17).
- 2.- Conecte el adaptador de voltaje a un tomacorriente de 120v.
- 3.- Coloque el interruptor (18) en la posición de encendido.
- 4.- En el lcd (6) aparece un mensaje de “Bienvenido” por algunos segundos.



- 5.- En el lcd (6) aparece un primer menú de selección del tipo de terapia.



- 6.- Escoger el tipo de terapia con los botones (3) y (4).

INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN 8

7.- Para seleccionar la terapia presionar el boton enter (1)

8.- Aparecerá el segundo menú de selección, conjuntamente se encenderá un led (7) u (8) indicando el tipo de terapia seleccionada.



9.- Proceda a seleccionar un valor de Frecuenca, Voltaje y Tiempo, el equipo posee valores predertimados para cada una de estos ítems.



10.- Debe ubicarse con los botones (3) y (4) sobre el valor a ítem (frecuencia, voltaje y tiempo), y presionar el botón enter (1) para ingresar al menú de selección del respectivo ítem.

11.- Usted puede regrasar a menú de selección anterior en el momento que usted desee, simplemente presionado el botón Regresar (2).

INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN 9

12.- En el lcd (6) aparece el menu de selección de cada ítem, con los botones (3) y (4) puede desplazarse a través del menú y al escoger el valor deseado, presionar el botón enter (1) para seleccionarlo, en ese momento usted volverá al menú de selección de los ítem de frecuencia voltaje o tiempo.

13.- Proceda a Presionar el boton Play (5) para empezar la terapia.

14.- Un led (9) se encenderá intermitentemente indicando que el equipo se encuentra trabajando.

15.- Al terminar la terapia el indicador (9) permanecerá prendido.

CONSEJOS PARA EL USO DEL EQUIPO

- 1.- Usted puede encender y pausar la terapia en cualquier momento aplastando la tecla Play (5).
- 2.- Al terminar una terapia puede presionar el botón play para reiniciarla.
- 3.- Si se desea conocer la sensibilidad de un paciente a distintos niveles de voltaje de terapia el usuario puede realizar esta prueba dentro del ítem de voltaje, seleccionando uno por uno cada valor y presionando el botón play para empezar la terapia y volverlo a presionar para volver al menú de selección.
- 4.- El caso anterior lo puede realizar de igual manera para los ítems de frecuencia y tiempo.
- 5.- Si se desea se puede escoger la opción manual dentro del ítem de voltaje y proceder a variar el voltaje de salida a través de los reguladores (13) y (15)

MANTENIMIENTO

Algunos de los consejos que a continuación se nombran requieren de personal capacitado, en caso de no contar con el personal comuníquese con servicio técnico.

- 1.- Realice periódicamente la limpieza de la cubierta exterior del equipo.
- 2.- Dependiendo del uso del equipo verifique que todos los indicadores se enciendan correctamente, asimismo verifique la accesibilidad a todos los menús de selección, y la correcta selección de los diferentes valores.
- 3.- Verifique la calidad del voltaje suministrado por el adaptador. Nivel de voltaje, calidad de la señal.

SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Problema	Posible Causa	Solución
El equipo no enciende	Fallo del suministro eléctrico	Espere que el servicio se reestablezca
	Adaptador desconectado	Conecte el adaptador a un tomacorriente de 120Vca
		Verifique que el cable del equipo esté conectado en el conector del equipo
	Interruptor de Encendido en posición de apagado	Coloque el Interruptor en la posición de Encendido
Indicador de 12v y/o 5v no enciende	Equipo Apagado	Encienda el equipo
	Indicador Quemado	Reemplace el Indicador
	Indicador Desconectado Internamente	Revise el cableado del Indicador a la Tarjeta de control, puede estar desconectado o quebrado.

Indicador de Protección Encendido	Seguro Interno Desconectado	Conecte el seguro Interno
	Falla de Tierra en la Placa de control	Revise y establezca la conexión de tierra
Indicador de Electroestimulación no enciende	Indicador Quemado	Reemplace el Indicador
	Indicador Desconectado Internamente	Revise el cableado del Indicador a la Tarjeta de control, puede estar desconectado o quebrado.
	No se ha escogido esta opción	Verifique la opción de terapia seleccionada o seleccione la opción de terapia anestesia
Indicador de Electro Anestesia no enciende	Indicador Quemado	Reemplace el Indicador
	Indicador Desconectado Internamente	Revise el cableado del Indicador a la Tarjeta de control, puede estar desconectado o quebrado.
Indicador de Play no enciende	Indicador Quemado	Reemplace el Indicador
	Indicador Desconectado Internamente	Revise el cableado del Indicador a la Tarjeta de control, puede estar desconectado o quebrado.
	No se ha escogido esta opción	Verifique la opción de terapia seleccionada o presione el botón Play
LCD no enciende	Equipo apagado	Encienda el equipo
	Cable del LCD desconectado	Realice la revisión de la conexión del cable entre la tarjeta del control y el LCD
LCD presenta errores del visualización	Problema de transmisión de datos	Reinicie el equipo presionando el botón Reset
	LCD quemado	Reemplace el LCD
Botones de selección no funcionan	Botón dañado	Reemplace el botón
	Botón desconectado internamente	Revise el cableado del botón a la Tarjeta de control, puede estar desconectado o quebrado.
Control manual no realiza regulación	No se ha escogido esta opción	Seleccione la opción Manual en el menú de selección de Voltaje

	No se presionó el botón de Play	Presione el botón de Play
	Potenciómetro dañado	Reemplace el potenciómetro
	Regulador desconectado Internamente	Revise el cableado del regulador a la Tarjeta de potencia, puede estar desconectado o quebrado.
	Circuitería interna dañada	Realice la revisión de activación de señales, tanto del Multiplesor, Transistor y Rele
No existe voltaje en los bornes de salida	Error en selección de terapia	Verifique la terapia seleccionada con los indicadores respectivos
	No se presionó el boton de Play	Presione el botón de Play
	Bornes Desconectado Internamente	Revise el cableado del regulador a la Tarjeta de potencia, puede estar desconectado o quebrado.
	Circuitería Interna dañada	Revisión tarjeta de control
	Error en transmisión de información	Verifique con un osciloscopio la señal en los bornes de onda cuadrada