

FISIOESTIMULADOR DE PROPOSITO GENERAL

PORTER GUTIERREZ F.R., LLERENA FERNANDEZ J.E.
YONEMOTO MEDINA R. Y REYES ESPARZA J.A.

Dpto. Biofísica y Fisiología, Ing. Biomédica
UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE BIOTECNOLOGIA, I.P.N.

RESUMEN

Se describe el diseño de un fisioestimulador de propósito general, que puede proporcionar voltajes de $\pm 10\text{mV}$ a $\pm 10\text{V}$ a frecuencias de 0.01 a 1000Hz, de ciclo útil variable, temporización del tren, y retardo de 0.1 a 100Qms entre pares de pulsos, para ser empleado en las prácticas del Departamento de Biofísica y Fisiología de la Unidad.

INTRODUCCION.

La presencia en los tejidos excitables de canales iónicos sensibles a voltaje, permiten el uso de instrumentos que generan voltajes y/o corrientes regulables para inducir depolarización o hiperpolarización en el laboratorio o clínica, tanto para estudiar las características biofísicas del tejido, como para el diagnóstico, tratamiento y rehabilitación.

El nombre genérico que comúnmente recibe este tipo de aparatos es el de fisioestimulador. Si bien es posible improvisar este tipo de fuentes de estímulo, es deseable que éste sea proporcionado por un aparato que controle las variables de los pulsos (señal eléctrica) estimulatorios como son:

- Amplitud (mV o mA),
- Duración del ciclo de servicio (ms),
- Frecuencia de la señal (Hz),
- Tren de pulsos o pulso sencillo,

Disparo coordinado (por otro instrumento) con retardo o sin él (ms), etcétera.

Actualmente los estimuladores eléctricos están siendo utilizados en el diagnóstico, la terapéutica y rehabilitación de algunas patologías como son:

Ciertos trastornos del SNC, la médula espinal y nervios periféricos pueden responder favorablemente, a saber: epilepsia, enfermedades crónicas intratables y algunas psicosis (esquizofrenia, depresión).⁽⁷⁾

Puede emplearse para el electrodiagnóstico de parálisis. Existe una técnica de estimulación neuromuscular clínicamente competitiva con terapias ortopédicas que además es más aceptable para el paciente (electrogimnasia).⁽⁸⁾

Se usan principalmente marcapasos implantables y temporales o de emergencia, fundamentalmente contra: taquicardia y fibrilación.⁽⁴⁾

Se estimula para promover la restauración de huesos en fracturas y donde la reparación normal pudiera no llevarse a cabo.⁽⁵⁾

Se pueden introducir, por medio de una corriente eléctrica, iones de sustancias diversas en los tejidos orgánicos con objeto terapéutico (iontoforesis).⁽¹⁰⁾

El objetivo del presente trabajo consistió en el diseño y desarrollo de un fisioestimulador capaz de cubrir los requerimientos del laboratorio de Biofísica de nuestra Unidad.

DESCRIPCION GENERAL.

Conceptualmente un estimulador fisiológico es muy simple: consiste en una fuente de energía en contacto eléctrico con el tejido blanco a través de cables conductores conectados a un electrodo; un control de amplitud; un interruptor para prevenir cargas excesivas que dañen el tejido y una cubierta que lo proteja.

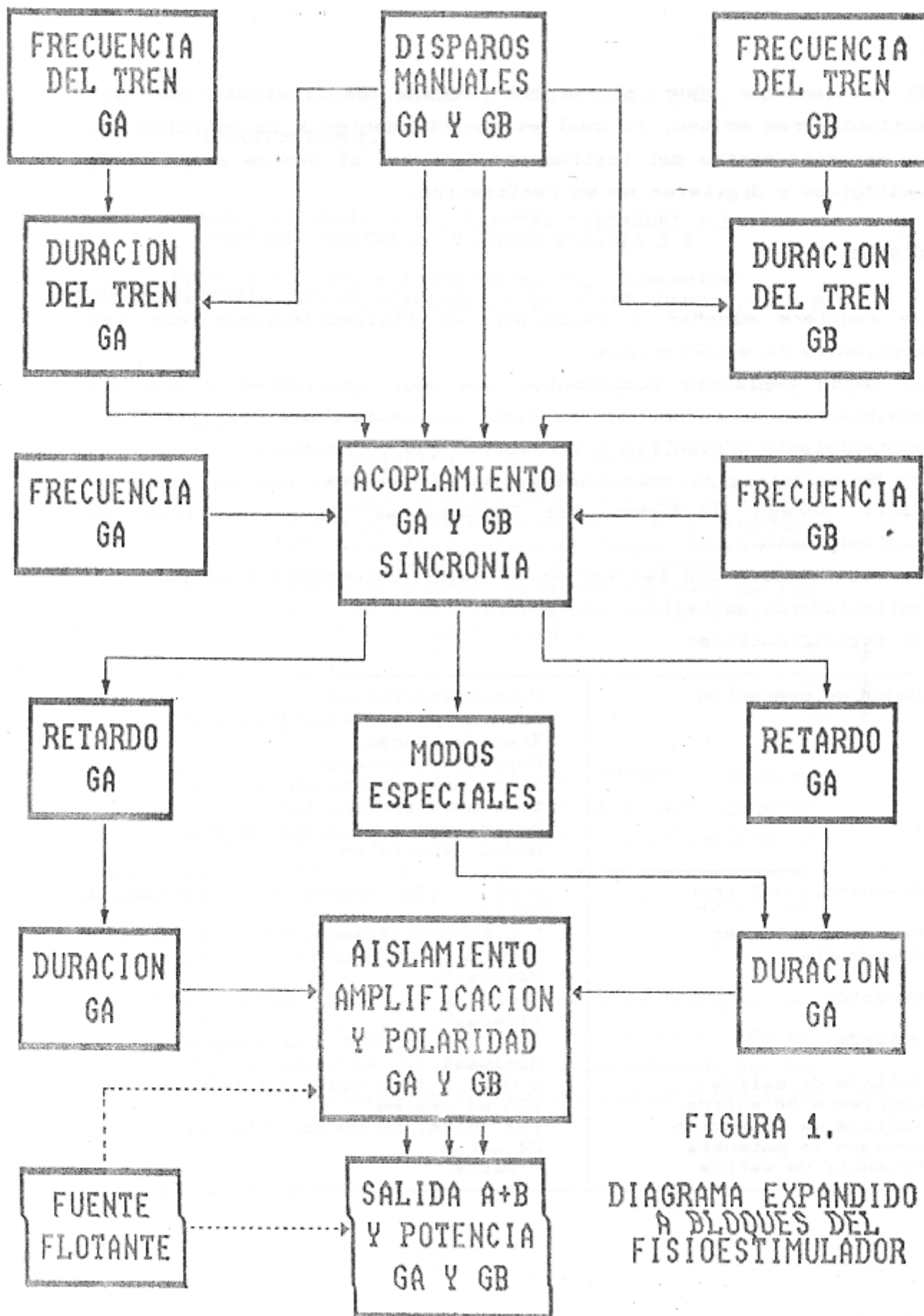


FIGURA 1.

DIAGRAMA EXPANDIDO A BLOQUES DEL FISIOESTIMULADOR

El estimulador que se diseñó consta en realidad de dos estimuladores en uno, lo cual es posible debido a la optimización de espacios dentro del instrumento, gracias al uso de componentes analógicos y digitales en su realización.

DISEÑO.

Se requiere diseñar y construir un fisioestimulador con las siguientes características:

- a) Deben emplearse componentes que sean confiables y que sea posible encontrar en el mercado nacional, para facilitar el mantenimiento preventivo y correctivo que se requiera.
- b) Su construcción debe hacerse de tal manera, que se tenga un fácil acceso a todos las componentes para facilidad de mantenimiento.
- c) Debe cumplir con las normas de seguridad establecidas para los estimuladores de tejidos biológicos.
- d) Especificaciones

Modos de operación	Pulsos sencillos, Tren de pulsos (continuo o único), Tren de trenes, Pulsos con retardo Sincronía interna en frecuencia Sincronía interna total Salida sobre un nivel de C.D. Modos especiales
Frecuencia del tren	0.01 a 100 trenes por segundo (4 décadas).
Duración del tren	1 a 10000 milisegundos (4 décadas).
Frecuencia	0.01 a 1000 pulsos por segundo (5 décadas).
Duración	0.01 a 10000 milisegundos (6 décadas).
Retardo	0.1 a 10000 milisegundos (5 décadas).
Voltaje de salida	± 0.01 a ± 10 volts (3 décadas).
Corriente de salida	200 mA máximo.
Voltaje de operación	127 volts, 50-60 Hz.
Consumo de potencia	24 watts.
Potencia de salida	2 watts.

e) Su versatilidad debe satisfacer las necesidades de un laboratorio de biofísica de una carrera de Medicina, Biología e Ingeniería Biomédica.

El diseño fue realizado por bloques de elementos que llevan a cabo funciones específicas, con la finalidad de brindar la posibilidad del mantenimiento preventivo y correctivo en un tiempo relativamente corto. El funcionamiento está basado en un circuito oscilador que puede operar con suministros de voltaje de +5 a +18 volts, por lo cual es compatible tanto con circuitos que manejan la lógica TTL, como con amplificadores operacionales.

El oscilador tiene dos modos de operación, ya sea como multivibrador biestable (de carrera libre), o como multivibrador monoestable (un solo disparo). El tiempo de salida se determina por un circuito capacitor-resistor conectado en forma externa al oscilador.

El estimulador tiene implementado un bloque basado en compuertas lógicas (TTL) de alta velocidad de respuesta, que controlan las fases de sincronización y de retardo.

Se cuenta además con una fuente flotante que alimenta a los circuitos de las etapas de salida, lo cual permite el uso en tejido blanco.

A continuación se explica el principio del funcionamiento de cada uno de los bloques del diagrama presentado en la figura 1.

Disparos manuales (A y B)

El disparo para iniciar el funcionamiento de los generadores en los modos en los que el disparo es manual, se lleva a cabo mediante un interruptor supresor de rebotes y de alta velocidad que utiliza un arreglo diodo-capacitor-resistor, con lo cual se obtiene un único disparo negativo, no importando por cuanto tiempo se presione el botón y eliminando los rebotes mecánicos, muy comunes en los interruptores que utilizan resortes.

contador, que después de un tiempo (regulable) envía otro disparo que activa al bloque de Duración (A y B) (fig. 2). Cabe mencionar que el retardo puede ser anulado.

Para lograr los modos especiales se utiliza el RETARDO B que con una combinación de interruptores puede ofrecer una amplia gama de formas de onda.

Aislamiento, Amplitud y Polaridad

La salida del bloque Duración (A y B) se conecta a un optoaislador que a su vez se conecta a una etapa de amplificación y atenuación. Se utilizó amplificadores operacionales en la configuración amplificador inversor; así es posible obtener salidas positivas y negativas.

Salida A + B

Las salidas de los dos generadores se conectan a un sumador, que permiten obtener en una misma salida las formas de onda de los modos especiales.

Etapa de potencia

Es una configuración de amplificador de corriente basada en un amplificador operacional (seguidor) y un transistor en seguidor emisor, que permite obtener para cada salida (A, B y A + B) una potencia total mayor de la que los amplificadores por sí solos pueden proporcionar. Tiene la característica de mantener el voltaje constante.

Fuente aislada

Las etapas Aislamiento, Amplitud, Polaridad, Salida A + B y Potencia son alimentadas con una fuente flotante, cuyas características son: voltaje $\pm 15V_{cc}$, corriente máxima de 500 mA, con un voltaje de rizo máximo de 3mV.

Frecuencia, Frecuencia del tren (A y B)

Estos bloques controlan la frecuencia de los pulsos o de los trenes, utilizando un multivibrador biestable, cuyo tiempo en estado alto puede ser regulable. Las salidas de los bloques están conectadas a la entrada de los de Acoplamiento y Duración del tren (A y B) respectivamente.

Duración del tren (A y B)

Se utiliza un multivibrador monoestable cuya salida es un nivel de estado alto que después de un tiempo variable cae a un estado bajo, activando y desactivando el bloque de Frecuencia del tren (A y B).

Acoplamiento (A y B), Sincronía

Es la etapa que permite seleccionar los modos de operación: pulso sencillo, trenes de pulsos (continuo o único) y tren de trenes. Los modos de sincronía se logran mediante un juego de interruptores que nos permiten obtener pulsos con parámetros iguales de duración, retardo y/o frecuencia (controladas por el generador A).

Duración (A y B)

Utilizando un multivibrador monoestable se genera la duración en estado alto de los pulsos de salida, independientemente de la frecuencia seleccionada.

Retardo (A y B) y modos especiales

Este bloque retarda el disparo del de Duración (A y B)

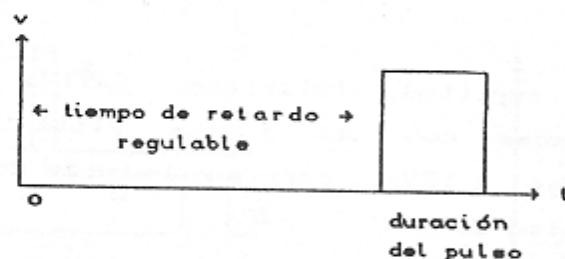


Fig. 2

éste disparo activa un circuito oscilador (biestable) y un

contador, que después de un tiempo (regulable) envía otro disparo que activa al bloque de Duración (A y B) (fig. 2). Cabe mencionar que el retardo puede ser anulado.

Para lograr los modos especiales se utiliza el RETARDO B que con una combinación de interruptores puede ofrecer una amplia gama de formas de onda.

Aislamiento, Amplitud y Polaridad

La salida del bloque Duración (A y B) se conecta a un optoaislador que a su vez se conecta a una etapa de amplificación y atenuación. Se utilizó amplificadores operacionales en la configuración amplificador inversor; así es posible obtener salidas positivas y negativas.

Salida A + B

Las salidas de los dos generadores se conectan a un sumador, que permiten obtener en una misma salida las formas de onda de los modos especiales.

Etapa de potencia

Es una configuración de amplificador de corriente basada en un amplificador operacional (seguidor) y un transistor en seguidor emisor, que permite obtener para cada salida (A, B y A + B) una potencia total mayor de la que los amplificadores por sí solos pueden proporcionar. Tiene la característica de mantener el voltaje constante.

Fuente aislada

Las etapas Aislamiento, Amplitud, Polaridad, Salida A + B y Potencia son alimentadas con una fuente flotante, cuyas características son: voltaje $\pm 15V_{cc}$, corriente máxima de 500 mA, con un voltaje de rizo máximo de 3mV.

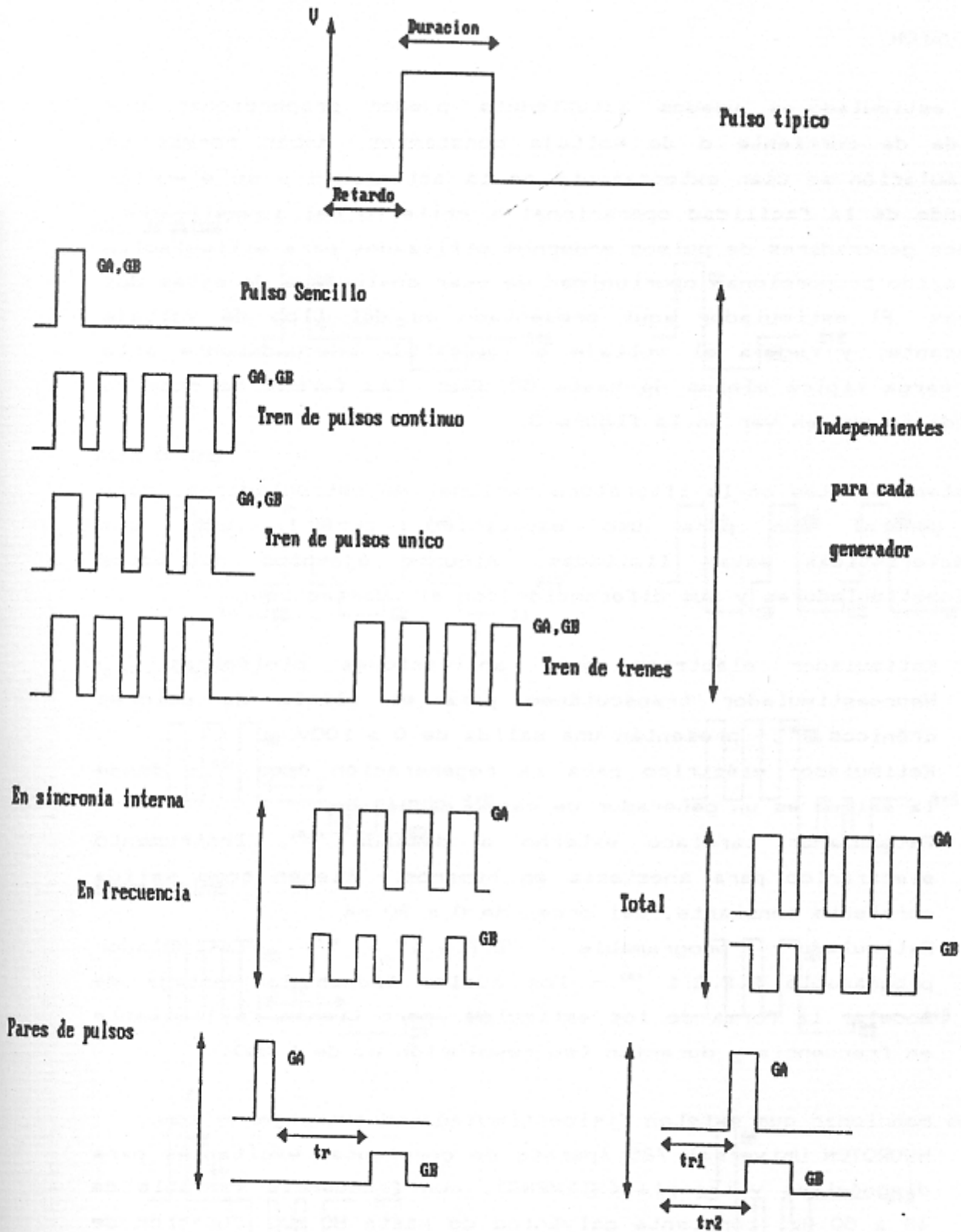


Figura 3. Formas de onda que se obtienen con el Fisiostimulador

DISCUSION

Los estimuladores usados actualmente pueden proporcionar una salida de corriente o de voltaje constantes. Ambas formas de estimulación se usan extensamente en la actualidad y su elección depende de la facilidad operacional a criterio del investigador. Muchos generadores de pulsos modernos utilizados para estimulación de tejido proporcionan oportunidad de usar cualquiera de estas dos formas. El estimulador aquí presentado es del tipo de voltaje constante, y regula el voltaje a la salida adecuadamente ante una carga típica mínima de hasta 50 ohms. Las formas de onda de salida se pueden ver en la figura 3.

Existen reportes en la literatura nacional de estimuladores, pero en general son para uso específico, por lo cual sus características están limitadas. Algunos ejemplos de estos fisioestimuladores y sus diferencias con el nuestro son:

Estimulador eléctrico para aplicaciones biológicas ⁽²⁾, Neuroestimulador transcutáneo para el alivio de dolores crónicos ^(7,8). - presentan una salida de 0 a 100v.

Estimulador eléctrico para la regeneración ósea ⁽⁹⁾. - donde la salida es un generador de campo magnético.

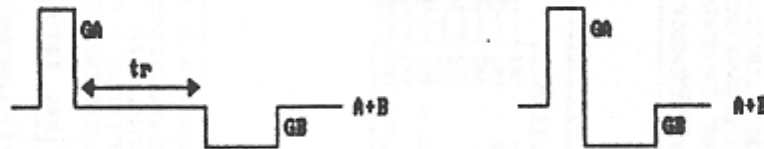
Estimulador cardíaco externo a demanda ^(4,6), Instrumento electrónico para anestesia en humanos. - tienen como salida corriente constante, del orden de 0 a 30 mA.

Estimulador programable "E.P.1.1" ⁽³⁾ y Estimulador programable E.P.2.1 ⁽⁸⁾. - los cuales tienen la ventaja de modelar la forma de los estímulos, pero tienen la limitante en frecuencia y duración (su resolución es de 1 ms).

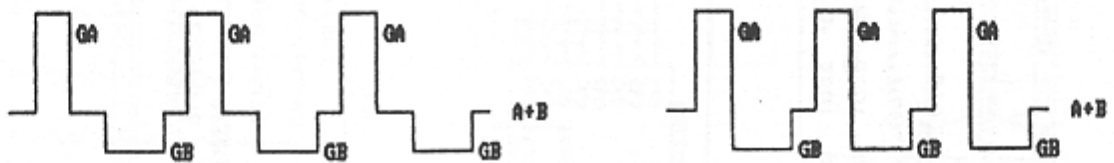
Cabe mencionar que existen fisioestimuladores extranjeros como:

NEURON Universal 726 Aparato de corrientes excitantes para diagnóstico y terapia (SIEMENS), con frecuencia variable de 48 a 60 Hz, corriente galvánica de hasta 80 mA, duración de los impulsos 0.01 a 1000 ms, salida de corriente rectangular,

Pares de pulsos



Trenes de Pares



Pares de trenes



Trenes y pulsos

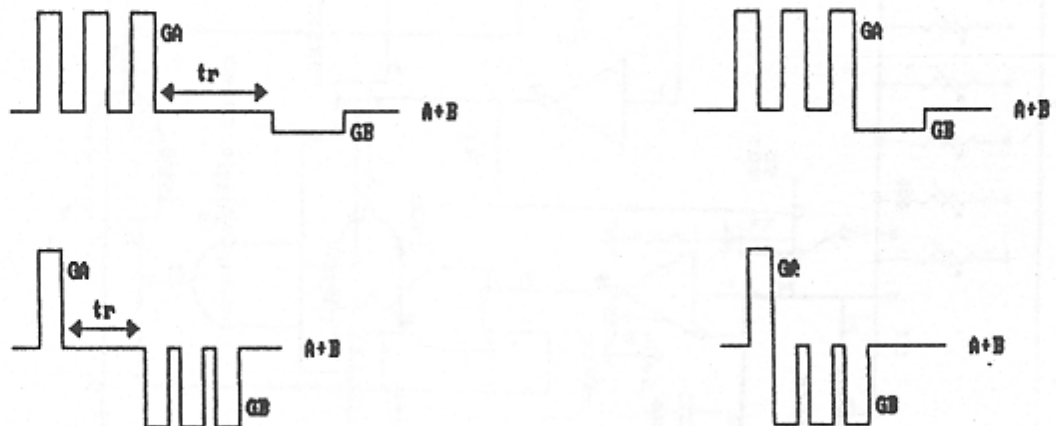
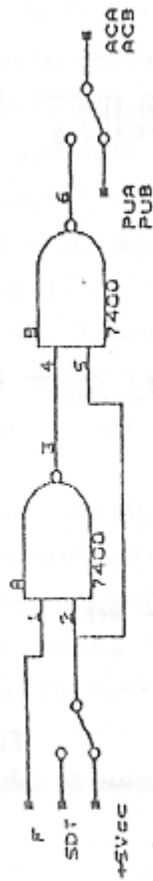
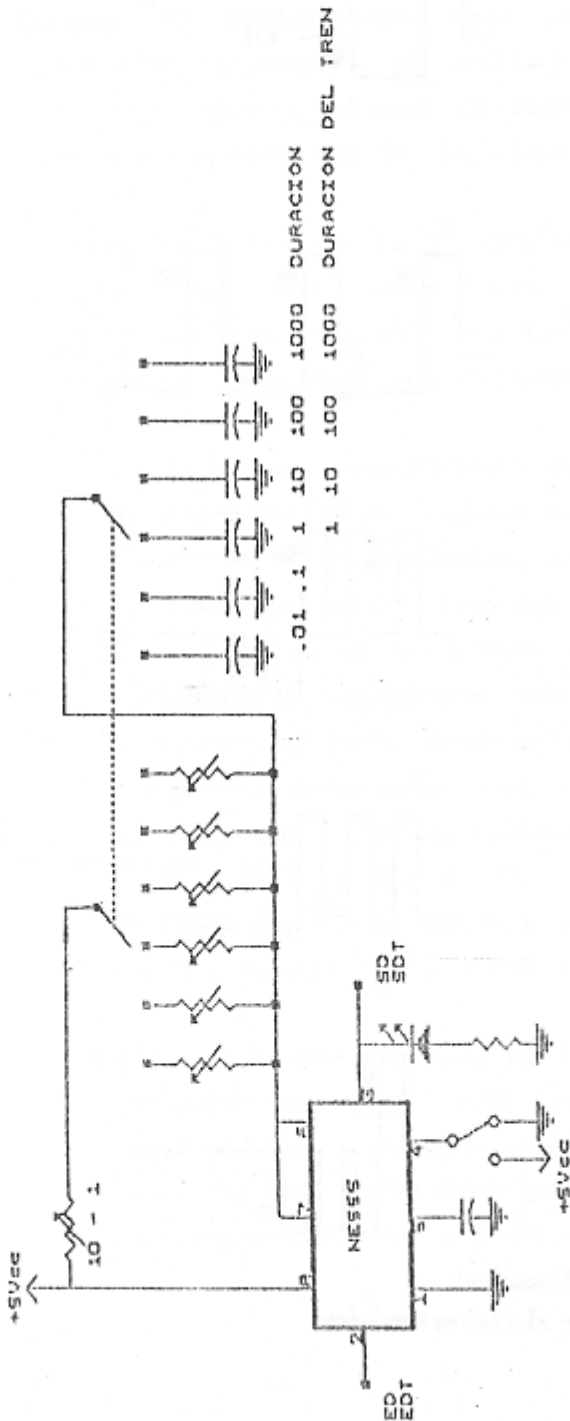


Figura 3. (Continuacion)
Formas de onda generadas por el fisioestimulador.



ACOPLAMIENTO (A+B)

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
 UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA
 DE BIOTECNOLOGIA
 DEPARTAMENTO DE BIOFISICA Y FISILOGIA
 INGENIERIA BIOMEDICA

Razon DURACION Y DURACION DEL TREN (CGA Y,GB)

Dim. Documento Num. REV
 A FIOESTIMULADOR
 Dia: Oct. 1, 1991 HGJA

exponencial y neofarádica (normalmente resultado de un arreglo RC).

MODEL S88 STIMULATOR (GRASS) sin duda es el fisiostimulador más versátil que se encontró, por lo cual nuestro diseño trato de acercarse a sus características.⁽¹⁾ Las desventajas que el fisiostimulador presentado en este trabajo tiene comparado contra el modelo S88 de GRASS son:

- Menor potencia de salida;
- La mínima escala del retardo es 10 veces mayor que la del GRASS; y
- Falta de modos de sincronía externa.

Y las ventajas sobre dicho modelo son:

- Mayor número de modos de operación por generador;
- Suma interna de la salida de los generadores A y B;
- Selector de polaridad sin necesidad de otro accesorio externo;
- Unidad de aislamiento interno;

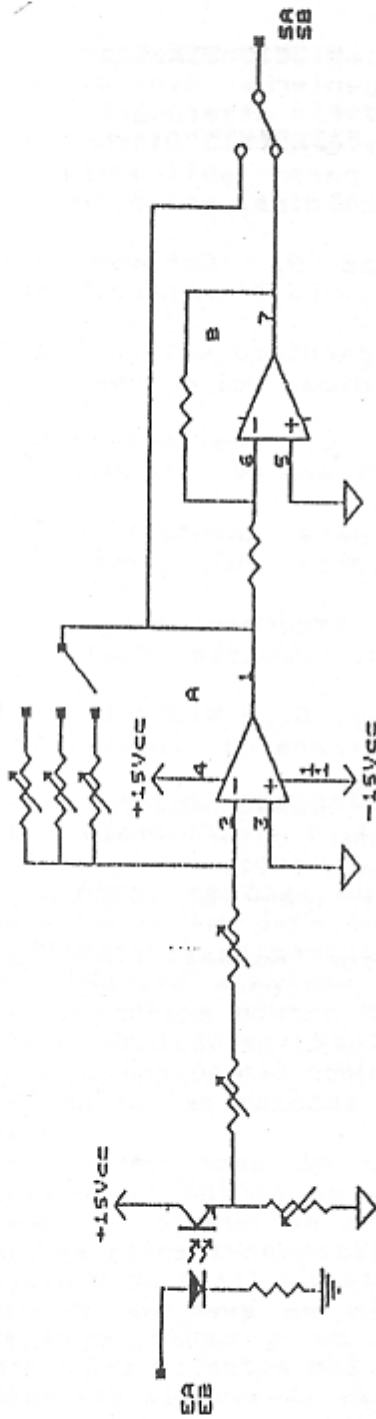
CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS.

El primer paso para demostrar la efectividad del fisiostimulador consistirá en comprobar su eficiencia y funcionabilidad en sesiones de laboratorio, y esperamos de esta forma que su implementación final sirva para apoyar las prácticas experimentales del departamento de Biofísica y Fisiología de la Unidad.

Se pretende construir varios módulos externos que puedan proporcionar: salida de corriente constante y salida de mayor potencia.

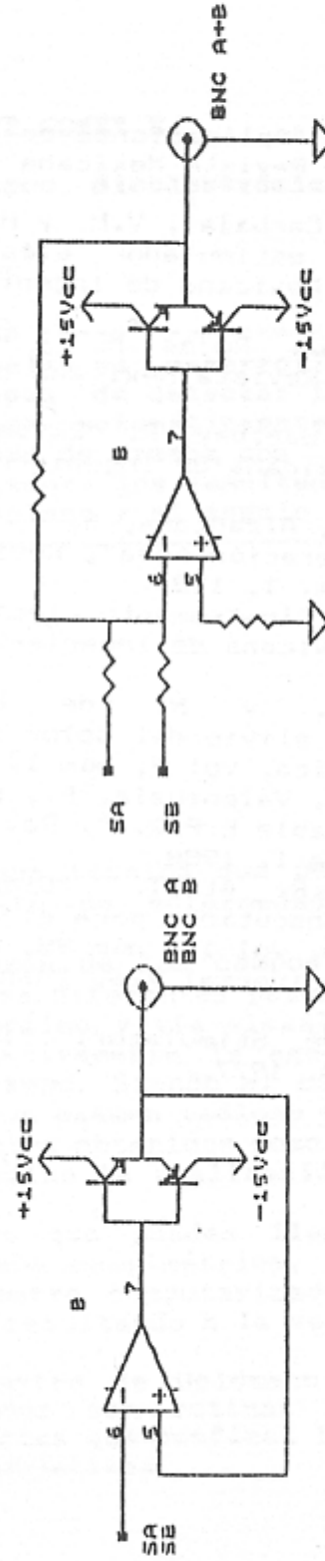
AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fué realizado bajo financiamiento del COSNET, número de proyecto EP#4.



ETAPA DE AISLAMIENTO

ETAPA DE AMPLITUD Y POLARIDAD



ETAPA DE POTENCIA

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
 UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA
 DE BIOTECNOLOGIA
 DEPARTAMENTO DE BIOFISICA Y FISIOLOGIA
 INGENIERIA BIOMEDICA

Razon

AISLAMIENTO, AMPLITUD, POLARIDAD Y POTENCIA

Dim. Documento Num.

A FIOESTIMULADOR

Dia: Sep. 30, 1991 Hoja 4 de 4

Agradecemos la colaboración de los alumnos, personal docente y técnico de Ingeniería Biomédica del Departamento de Biofísica y Fisiología de la Unidad.

REFERENCIAS.

- 1.- Moreno, J.L. "Aplicaciones de la estimulación eléctrica de tejido: revisión". Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica, vol 3, núm. 1, 1980.
- 2.- Macías, T., Carbajal, V.M. y Hernández, L.C. "Diseño y construcción de un estimulador eléctrico para aplicaciones biológicas". Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica, vol 5, núm. 1, 1984.
- 3.- Rodríguez, G., Rojas M. y Valencias N. "Estimulador programable EP 1.1". Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica. vol 6, núm. 2, 1985.
- 4.- Leija, L. y Garibay, R. "Estimulador cardiaco externo a demanda". Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica, vol 6, núm. 2, 1985.
- 5.- Papaqui, A., Alcantara, S. y Méndez, L. "Estimulación eléctrica para regeneración ósea". Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica, vol 7, núm. 1, 1986.
- 6.- Cabrera, M. "Instrumento electrónico para anestesia en humanos". Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica, vol 8, núm 1, 1987.
- 7.- Zapata, A. y R. de Lille, "Neuroestimulación transcutánea para el alivio del dolor crónico". Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica, vol 9, núm 1, 1988.
- 8.- Moncada, E., Valenzuela, F., Rodríguez, G. y Nieves, J. "Estimulador Programable E.P.2.1". Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica, vol 9, núm 1, 1988.
- 9.- Zapata, A.R. et.al. "Diseño y construcción de neuroestimulador transcutáneo para el alivio del dolor crónico". Ciencia y Desarrollo, vol 17, núm 98, mayo-junio 1991.
- 10.- NEUROTON universal 726, "Manual del usuario" SIEMENS, México, 1986
- 11.- Model S88 Stimulator, "Instruction Manual" GRASS, Quincy, Mass., U.S.A. 1977.