



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Control de una bobina de magnetoterapia con
Arduino.

Grado en Ingeniería eléctrica

Autor:

Diego Agustí Muñoz

Director y codirector:

Antonio Pardina Carrera y Juan Antonio Tejero Gómez

Anexos

Tomo 2/2



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

Índice

Resumen.....	2
I. Anexos I Referencias bibliográficas.....	3
I.a Artículos.....	3
I.b Normativa	19
I.c Páginas webs	19
II. Anexos II Cálculos y fórmulas.....	20
II.a Cálculo matemático para hallar el valor de la corriente $i_d(t)$ de la bobina	20
II.b Fórmulas necesarias para la caracterizar los parámetros de la bobina.	22
II.c Código fuente Modelado de la bobina en MATLAB.	24
III. Anexos III - Arduino.....	29
III.a Placa Arduino Nano y periféricos.....	29
III.b Protocolo de comunicación I2C.	33
III.c Sketch de Arduino, “Control de una bobina de magnetoterapia”.	35
IV. Anexos IV - Otros.....	54
IV.a Plano de fabricación de la bobina.....	54
IV. b Fabricación de PCBs mediante insolación.....	57
IV. c Listado de componentes.....	60
IV. d Datasheet de los componentes.	62

Control de una bobina de magnetoterapia con Arduino.

Resumen

El presente documento es el segundo tomo correspondiente con el trabajo fin de grado “Control de una bobina de magnetoterapia con Arduino.”

Este tomo es el correspondiente a los Anexos, el cual recopila documentación y cálculos, los cuales son necesarios para el desarrollo del proyecto, a los que se hace referencia en la memoria, pero no se pueden añadir en la misma.

Así pues, sirva este documento como apoyo a la hora de entender mejor la memoria o como justificación de algunos cálculos a los que se hace mención en el tomo anterior.

I. Anexos I Referencias bibliográficas.

I.a Artículos

Efectos y aplicaciones de la magnetoterapia.

Dr. Jorge E. Martín Cordero y Dr. José A. García Delgado, Especialistas de Primer Grado en Medicina Física y Rehabilitación

Efectos biológicos a nivel de órganos y sistemas.

El Dr. Roy Davis, estudioso norteamericano, considerado el padre de la Biomagnética, ha estudiado de modo profundo y sistemático los efectos de los campos magnéticos sobre los sistemas biológicos. (18)

La comprobación de los efectos terapéuticos de los campos magnéticos planteó la posibilidad de su empleo; así como su producción, mediante corrientes de baja frecuencia que al contrario que en la alta frecuencia origina un campo magnético mucho más intenso que el eléctrico. Los primeros ensayos fueron muy alentadores, y de las experiencias biológicas se pasó pronto a la aplicación clínica.

En la actualidad, la frecuencia empleada en la producción de campos magnéticos terapéuticos es de 1 a 100 Hz. (2)

Los campos magnéticos producen efectos bioquímicos, celulares, tisulares y sistémicos.

En el ámbito bioquímico encontramos los siguientes efectos fundamentales: (2)

- a) Desviación de las partículas con carga eléctrica en movimiento.
- b) Producción de corrientes inducidas, intra y extracelulares.
- c) Efecto piezoeléctrico sobre hueso y colágeno.
- d) Aumento de la solubilidad de las distintas sustancias en agua.

En el ámbito celular, los efectos indicados en el ámbito bioquímico determinan los siguientes efectos: (2)

- a) Estímulo general del metabolismo celular.
- b) Normalización del potencial de membrana alterado.

Por una parte, las corrientes inducidas por el campo magnético producen un estímulo directo del trofismo celular, que se manifiesta por el estímulo en la síntesis de la energía que requiere el organismo para su función a nivel celular favoreciendo de esta manera la multiplicación celular, la síntesis proteica y la producción de prostaglandinas (efecto antiinflamatorio).

Por otra parte, hay un estímulo del flujo iónico a través de la membrana celular, en especial de los iones Ca^{++} , Na^{+} y K^{+} . Esta acción tiene gran importancia cuando el potencial de membrana está alterado. Las cifras normales del potencial de membrana

se sitúan entre 60 y 90 mV.(18) Este potencial se mantiene mediante un mecanismo activo, en el que es fundamental la expulsión al exterior de la célula del ión Na^+ , que penetra en ella espontáneamente (bomba de sodio).

Desde el punto de vista tisular y orgánico, la magnetoterapia presenta una serie de acciones, de las cuales las más importantes son:

Vasodilatación.

Aumento de la presión parcial del oxígeno en los tejidos. Efecto sobre el metabolismo del calcio en el hueso y sobre el colágeno. Relajación muscular.

1.- Vasodilatación. (3,9,12,14,20,21,22,23,24)

La magnetoterapia produce una importante vasodilatación con dos consecuencias fundamentales, una de ellas es la hiperemia o aumento de la circulación en la zona tratada y la otra, si se tratan zonas amplias del organismo, una hipotensión más o menos importante.

Como es conocido en la vida diaria, una gran parte de nuestro árbol circulatorio permanece de reserva para momentos de alarma o de emergencia del organismo; en este sentido se ha demostrado que el campo magnético es capaz de abrir el número de capilares o pequeños vasos sanguíneos que funcionan por unidad de volumen tisular.

La hiperemia local tiene los siguientes efectos terapéuticos, ya conocidos:

- **Efectos tróficos**, por mayor aporte de nutrientes a la zona.
- **Efecto antiinflamatorio**, por mayor aporte de elementos de defensa, bioquímicos.
- **Efecto de regulación circulatoria**, tanto por producir vasodilatación arterial como por el estímulo del retorno venoso.

2.- Aumento de la presión parcial de oxígeno en los tejidos. (2,3,12,14,23,25,26)

Un efecto particular de los campos magnéticos, bien demostrado por Warnken, es el aumento de la capacidad de disolución del oxígeno atmosférico en el agua y, por tanto, en el plasma sanguíneo. Con ello, la presión parcial del oxígeno puede incrementarse notablemente.

Este aumento local de la circulación conduce a un mayor aporte de oxígeno, tanto en órganos internos como en zonas distales, lo que mejora su trofismo.

El oxígeno se acumula en los sitios en donde la intensidad del campo magnético es máxima. Dado que el oxígeno (O_2) es paramagnético, el C.M. ejerce una acción de migración alineada sobre el oxígeno disuelto en el líquido, ocasionando un cambio en la concentración del elemento dentro de la célula. Al aumentar la intensidad de C.M., hay una mayor concentración de oxígeno que ha de beneficiar aquellos tejidos isquémicos, donde la circulación arterial se encuentra empobrecida. (14)

Para entender el grado de oxigenación de que estamos hablando, imaginemos que el Oxígeno es recogido a nivel de los pulmones por la hemoglobina y luego transportado por esta, hasta la célula más alejada al final del árbol circulatorio; supuestamente el órgano más lejano en este sentido es la piel, que de alguna manera constituye el límite del sistema; la piel de modo fisiológico libera pequeñas cantidades de oxígeno que por supuesto están en dependencia del grado de oxigenación del organismo. Se han realizado mediciones de esta liberación transcutánea de oxígeno y se sabe que se eleva como promedio hasta un 200 % por la aplicación del campo magnético.

3.- Efecto sobre el metabolismo del calcio en el hueso y sobre el colágeno. (2,3,14,27,32)

Un efecto importante de la magnetoterapia es su capacidad para el estímulo trófico del hueso y del colágeno, efecto ligado a la producción local de corrientes de muy débil intensidad, por el mecanismo de la piezoelectricidad o también llamada en este caso magnetostricción.

Ya comentamos la observación de la osteoporosis producida en ausencia de campos magnéticos. A la inversa, la magnetoterapia ayuda a la fijación del calcio en el hueso, por lo que se emplea en osteoporosis general o localizada, síndrome de Sudeck, retardos de osificación y pseudoartrosis.

Ya desde finales de los años 70`Basset demostró las bondades del campo magnético, con sus trabajos en pacientes con fallo en la consolidación de fracturas, e incluso trabajos importantes con pacientes operados en varias oportunidades por fracaso de injertos óseos, muchos de los cuales con osteomielitis y supuración por largos meses.

En este sentido declaró:

“Si la única ventaja de los campos electromagnéticos fuera su habilidad para reducir el tiempo de invalidez, después del primer procedimiento quirúrgico, ya estaría justificado el empleo de este método como primer acercamiento.

“La seguridad del método continúa siendo evidenciada por la carencia relativa de complicaciones y por la tasa de éxito en fracturas con infección activa (sólo el 1,5 % no se unió)”.

O sea, que en su grupo de pacientes existió un buen resultado independientemente del tiempo de evolución de la enfermedad, del número de operaciones fallidas previas, de la presencia de infección e independientemente del tipo de germen.

Los campos magnéticos estimulan la producción de colágeno, lo cual es de interés tanto en los procesos de cicatrización como para la prevención del envejecimiento de la piel. Aplicando campos magnéticos a cultivos de condroblastos, se ha observado un aumento en la síntesis del colágeno (Basset y Frank). Se ha comprobado además (14), un incremento en la conversión de 3H-prolina en 3H-hidroxiprolina, en cultivos de células óseas embrionarias, expuestas a la acción del campo magnético (Jackson y Basset).

Dado que el colágeno forma la sustancia intercelular, es posible encontrarlo, en distintas proporciones, en todo el organismo. Los ligamentos, las fascias musculares, el estroma de la membrana sinovial presentan fibras colágenas en disposición laxa. El cartílago articular muestra una trama de fibras colágenas en una matriz de sustancia fundamental de proteoglicanos. En los huesos, el colágeno junto con los mucopolisacaridos y mucoproteínas constituyen la materia orgánica, y representan un 25% del tejido óseo.

Se ha reportado que, la aplicación de campos magnéticos produce efectos benéficos, en la reducción del proceso inflamatorio y la detención del proceso degenerativo fibrinoide, originados en la ruptura del tejido conectivo. (14)

4.- Relajación muscular. (3,10,12,19,33-35)

Los campos magnéticos tienen un importante efecto de relajación muscular, tanto sobre la fibra lisa que constituye las paredes de los vasos sanguíneos, el tubo digestivo y las vías urinarias, como en la fibra estriada que constituye la musculatura fundamental del esqueleto. Este efecto de relajación se debe a la disminución del tono simpático o del nivel de contracción involuntaria de estos músculos.

Esta acción sobre la fibra estriada supone un efecto relajante o, en su caso, descontracturante sobre el músculo esquelético. En su actuación sobre la fibra lisa, la magnetoterapia presenta un efecto relajante y antiespasmódico en espasmos digestivos, de las vías biliares y de las vías urinarias, así como en el asma. Para influir en estas acciones se producen efectos tanto a nivel local en el sitio de lesión, como a nivel central lo que trae consigo de modo general una disminución del tono simpático y un efecto de relajación o de sedación global.

Luego de abordar someramente estos cuatro efectos biológicos entre los tantos que se pueden precisar de los campos magnéticos hay que hacer mención de los tres efectos generales resultantes de esta terapéutica.

- 1.- Efecto antiinflamatorio o antiflogístico.
- 2.- Efecto regenerador de tejidos.
- 3.- Efecto analgésico.

1. - Efecto antiinflamatorio o antiflogístico. (2,3,11,14,22,23,27,32,34,37)

Tiene como base fisiológica los efectos a nivel circulatorio, de restauración del flujo sanguíneo del extremo arterial al extremo venoso del capilar, esto permite por una parte la llegada de oxígeno, nutrientes, y otras materias primas del metabolismo celular, además del arribo de células del sistema defensivo al lugar de lesión; por otra parte ayuda a eliminar todas las sustancias y elementos de desecho del metabolismo celular, así como los elementos retenidos derivados del proceso inflamatorio que muchas veces son responsables de complicaciones y mayores molestias para el paciente.

Todo esto apoyado además por el efecto de regulación del transporte de la membrana celular y la activación de diferentes proteínas y/o enzimas a nivel plasmático, repercute de forma efectiva en la disminución de dos problemas principales presentes en un número importante de enfermedades; la hipoxia, y el edema.

Al respecto de la influencia enzimática se ha demostrado (14) un aumento de la actividad de la tripsina con la aplicación de campos magnéticos. También se ha estudiado la actividad de la desoxirribonucleasa (DNAasa) con campos magnéticos y se ha verificado el aumento del treinta por ciento en la velocidad de hidrólisis del ácido nucleico. Además con respecto a los sistemas de “limpieza” del organismo de radicales y desechos para contribuir a preservar la salud y contrarrestar el envejecimiento se han citado efectos específicos de los campos magnéticos sobre la Superóxido Dismutasa (SOD)(3,23,37)

El Dr. Luigi Zecca (14) investigó sobre las inflamaciones provocadas por la inyección de compuestos irritantes y demostró que el edema disminuye considerablemente al aplicar la terapéutica de campos magnéticos. El Dr. Curri (22), en base a sus investigaciones, formuló como hipótesis la posible reconstrucción de la vaina pericapilar de mucopolisacáridos, seguida de disminución de la permeabilidad capilar anormal.

2. - Efecto regenerador de tejidos. (23,37-43)

Se describen diferentes efectos que pueden influir en la capacidad de los campos magnéticos para estimular los procesos de regeneración tisular, ya hemos hablado de la apertura circulatoria en el área de la lesión o el tejido dañado, con esta apertura se deposita gran cantidad de macrófagos y otros sistemas de limpieza (23,37) del tejido, pero además se estimula la función de los elementos propios del tejido en el sentido de renovar todo el material dañado.

Se destaca aquí el papel de los campos magnéticos demostrado en la estimulación de los fibroblastos hacia la producción de fibra colágena (14,22,30,32) para la matriz del tejido, e incluso la diferenciación de células madres o mesenquimales en la dirección de fibroblastos, y en la dirección de la angiopoyésis o neoformación de vasos sanguíneos (22).

Está descrita también la estimulación de los sistemas antioxidantes del organismo lo que tendría un papel significativo en la explicación de la creencia popular y milenaria de que los campos magnéticos contrarrestan el envejecimiento y son una fuente permanente de juventud. (3,14,37)

In vitro, se observó que la incorporación de la 3H-timidina en el DNA nuclear, aumentó en cultivos de fibroblastos, al ser expuestos a la influencia de un campo magnético. Se ha demostrado un significativo incremento en la síntesis del DNA en cultivos de condroblastos sometidos a la influencia de campos magnéticos.

Dicho aumento se interpreta como el reflejo de una modulación, directa o indirecta, de la duplicación del mismo ácido desoxirribonucleico. Se ha estudiado también que la actividad del RNA mensajero aumenta por efecto de los campos magnéticos. (14)

3. - Efecto analgésico. (12,14,19,23,24,33,35,44,45)

No cabe duda que el efecto analgésico de los campos magnéticos se deriva en gran medida de los efectos antiflogísticos, una vez se libera la compresión a que son sometidos prácticamente todos los receptores sensitivos en el lugar de la lesión.

Además, el efecto de regular el potencial de membrana ayuda a elevar el umbral de dolor en las fibras nerviosas sensitivas, de este modo se puede decir que tiene una intervención indirecta y también directa sobre los mecanismos del dolor.

Existe otro nivel de acción que es a nivel central debido al efecto de sedación general de los campos magnéticos, de regulación y normalización de las etapas del sueño lo cual es esencial en el manejo de pacientes con dolor crónico en los que inevitablemente se presentan alteraciones psicológicas.

De hecho, la magnetoterapia es una buena técnica para el tratamiento del estrés y los trastornos de él, derivados: intranquilidad, insomnio, cefaleas, taquicardias emocionales y otros cuadros de origen tensional.

Indicaciones.

El campo de las indicaciones de la magnetoterapia es muy amplio (ver tabla de indicaciones). Como cualquier agente terapéutico tiene mayor efectividad en un grupo de afecciones donde su participación juega un papel esencial, mientras que en otras es muy útil su aplicación, pero siempre como complemento de un esquema de tratamiento convencional. Realizar una explicación detallada de cada una de ellas rebasa el objetivo de este documento, por lo que nos vamos a concretar en mencionar algunas de ellas y dar algunas orientaciones para el empleo de los equipos Mag-200 y Mag-80 en determinadas patologías, las cuales se anexan en tablas. Por otra parte, existen algunas indicaciones descritas en la literatura que, por diversas razones, no aplicamos en nuestra práctica diaria.

Piel:

Abscesos (13)

Úlcera de diversa etiología (13,22,38,39)

Quemaduras (13,22)

Acné (14)

Celulitis (14,22)

Dermatitis (14)

Lesiones herpéticas (14)

Psoriasis (14) - Verrugas (14)

Lunares (14)

Envejecimiento (3,14,37) Sistema Nervioso:

Agresividad (13) - Angustia (13)

Ansiedad (13)

Cefalea tensional (13-15) - Insomnio (13,14,45) - Hemicránea (14,15)

Lesiones nerviosas (15,34) - Parálisis (14,15)

Neuralgias (14,15,34)

Herpes zoster (14) - Neuritis (14)

Parálisis facial (14)

Enfermedad de Parkinson. (14)

Enfermedad Cerebrovascular (20,24,33,41)

Esclerosis múltiple (14,44)

Trastornos de la memoria (14,45)

Síndrome de Guillain-barré *

Polineuropatía nutricional y diabética (14,44)

Traumatismo craneoencefálico * - Parálisis braquial obstétrica (14) Aparato respiratorio:

Asma bronquial (13,14)

Bronquitis aguda y crónica (13,14)

Insuficiencia respiratoria (13) - Sinusitis (14)

Aparato Cardiovascular:

Anemia (13)

Hemorragia (13)

Hipertensión arterial (13,20)

Insuficiencia cardíaca (2,13)

Taquicardia (13) - Várices (13)

Angina de pecho (14) - Arritmias (14)

Isquemia miocárdica. (14,41) - Flebitis (14,26,39)

Úlceras varicosas (14,26,39) - Linfedema (14,26)

Pie diabético (14,26) Aparato digestivo:

Atonía del colon o intestino perezoso (13,14) - Atonía estomacal o gastroatonía (13)

Cálculos biliares (vesiculares) o colelitiasis (13)

Colecistitis (13)

Colon irritable (13,14)

Cólicos biliares (13)

Cólicos estomacales e intestinales (13)

Colitis aguda, crónica y ulcerosa (2,13,14)

Dispepsia e indigestión (13)

Gastritis aguda y crónica (13,14)

Hepatitis (2,13)

Hemorroides (13) - Meteorismo (14)

Hernia de hiato (14) - Constipación crónica. (14) Aparato osteomioarticular:

Calambres musculares o espasmos (13)

Artritis (13,28,29)

Fracturas (13,27-29,32,34) - Gota (Artritis úrica) (13)

Dolor de espalda (15,28,29)

Artritis reumatoide (14,15,28,29)

Artropatía aguda (15,28,29) - Osteoartrosis (15,28,29)

Contusiones (14,15,28,29) - Luxaciones (15,28)

Bursitis (14,15,28,29)

Estados postraumáticos (15,28,29) - Lumbociatalgia (14,15,28,29)

Osteoporosis (9,14,15,27,28,29)

Cervicobraquialgias (14,28,29)

Dorsalgias (14)

Lumbalgias (14)

Coxartrosis (14,28)

Espondiloartrosis (14,28,29) - Gonartrosis (14,28,29)

Síndrome de túnel carpiano (14)

Espolón calcáneo (14)

Tendinitis aquiliana (14)

Artropatías agudas (14,28,29)

Desgarros musculares (14,34)

Epicondilitis (14)

Esguinces (14,28,29) - Hematomas (14)

Hernia de disco (14)

Osteomielitis (14,27-29)

Pseudoartrosis (27-29)

Retardo de consolidación ósea (14,27-29)

Hombro doloroso (14,28,29)

Calcificaciones (14) - Atrofia de Sudek *

Injertos óseos (27-29) - Fijadores externos *

Sustitución protésica *

Lesión ligamentosa aguda y subaguda (2,3)

Tenosinovitis *

Síndrome compresivo radicular cervical y lumbar *

Síndrome vertiginoso de origen cervical * - Cervicobraquialgia crónica *

Mielopatía espondilótica cervical * - Espondilitis anquilopoyética *

Espondilolisis Espondilolistesis *

Sacroileítis *

Pubalgia *

Arrancamiento de la EIAS * - Coccigodínea traumática *

Periartritis escapulo humeral *

Insercionitis y ruptura del supraespinosa *

Necrosis avascular de la cabeza del fémur *

Trocanteritis *

Hallux valgus sintomático * Aparato Urinario:

Cálculos en los riñones (renales), uréteres y vejiga (13)

Cistitis (13)

Infertilidad masculina (13)

Impotencia masculina (13,14)

Nefritis (13) - Nefrosis (2)

Nefrosclerosis (2) - Prostatitis (13) - Orquitis (13)

Uretritis (13,14) - Enuresis. (14)

Aparato ginecológico:

Fibromas (13)

Frigidez (13)

Infertilidad femenina (13)

Reglas abundantes (13)

Reglas, ausencia (Amenorrea) e insuficientes (13,14)

Reglas con frecuencia o ritmo irregular (13)

Reglas dolorosas (Dismenorrea) (13,14)

Cervicitis (14)

Síndrome premenstrual (14)

Herpes genital (14) - Várices pelvianas *

Enfermedad inflamatoria pélvica aguda * Oftalmología:

Glaucoma (14)

Retinopatías diabéticas (14)

Conjuntivitis (14) - Cataratas (14)

Presbicia. (14)

Úlcera de córnea *

Chalasiom *

Exoftalmos postirotoxicosis *

Otras:

Cáncer (5,11,13)

Diabetes (13)

Páncreas (13)

Tumores benignos (13)

Estados postquirúrgicos (15)

* Según la experiencia de nuestro departamento.

Contraindicaciones.

No existen contraindicaciones absolutas para el empleo de la magnetoterapia. Sin embargo, existen situaciones que requieren precauciones especiales, son las siguientes:

- Hemorragias o heridas hemorrágicas, por la posibilidad de agravamiento de la hemorragia. Advertencia la a mujer con menstruación en aplicaciones abdominales.
- Enfermos portadores de marcapasos.
- Embarazo.
- Enfermedades virales, micosis.
- Hipotensión, por la posible producción de una lipotimia. La presencia de placas o implantes metálicos no constituye una contraindicación para la magnetoterapia, debido a que su posibilidad de calentamiento es muy remota.

Parámetros del tratamiento.

Para los tratamientos médicos, además de los milenarios imanes permanentes, se emplean con mucha frecuencia, campos magnéticos variables, de baja frecuencia e intensidad. (2,11)

Por campos variables entendemos aquellos cuya intensidad varía respecto al tiempo. Según la forma (forma de onda) de realizarse esta variación distinguimos:

- a) Campos sinusoidales.

- b) En forma de impulsos aislados, son los más utilizados en terapéutica: los impulsos son sinusoidales, rectangulares y en forma de dientes de sierra.
- c) Por otra parte, la aplicación puede corresponder a una sola polaridad (monopolar, norte o sur) u oscilar entre polaridad norte y polaridad sur (bipolar). Se entiende por baja intensidad a un valor máximo de la intensidad de aplicación que no exceda los 100 Gauss para tratamientos con solenoide regional o en la técnica "total body". Para tratamientos locales es posible alcanzar valores de más de 300 Gauss. Sin embargo, en el tratamiento con imanes permanentes, las intensidades de estos suelen estar en el orden de los 1000 a 3000 gauss.

Por baja frecuencia entendemos frecuencias no superiores a 100 Hz. Muchas aplicaciones se realizan a 50/60 Hz, tanto por los buenos resultados que se obtienen con ella, como por el hecho de que, al ser la frecuencia de la corriente alterna de la red, resulta sencilla la construcción de unidades de magnetoterapia con esta frecuencia específica.

Los equipos de magnetoterapia constan de una consola y un aplicador o solenoide. Los mandos de la consola permiten seleccionar: (2) La forma de la onda que hay que aplicar: continua, a impulsos, sinusoidal, rectangular, etc.

- La frecuencia entre 1 y 100 Hz. Como hemos indicado algunas unidades presentan frecuencias fijas a 50/60 Hz.
- La intensidad de 1 a 100 gauss.
- El temporizador, generalmente hasta 60 minutos, ya que las sesiones pueden ser largas.

Tiempo y frecuencia de aplicación. (1,3,6,10,12,14,23)

Los tratamientos se realizan habitualmente en forma de ciclos de 10 y 15 sesiones luego de los cuales se pueden readecuar los parámetros de tratamiento. La frecuencia se estima generalmente entre 3 y 5 veces por semana e incluso en el caso que se requiere se puede asociar más de una sesión por día, existe, además literatura (14) que propone hasta 1 sesión por semana. El tiempo de aplicación puede variar entre 15 y 45 minutos por sesión. Los imanes portables facilitan la continuidad y frecuencia de las aplicaciones. Los controles en consultorio pueden realizarse una vez a la semana, hasta comprobar la remisión de los síntomas.

Los tratamientos ambulatorios requieren mini-imanes de baja potencia, del tamaño de una cabeza de alfiler. Permanecen aplicados sobre el cuerpo, sostenidos por una banda adhesiva hipoalergénica, durante varios días. Sólo son retirados en caso que produzcan eritema o aumento de temperatura en la zona.

De cualquier manera, la frecuencia de aplicación, el modo y la duración de la aplicación va a estar directamente influenciado por la intensidad de los síntomas, por el tipo de

entidad, por el tiempo de evolución y por la presencia de lesiones o entidades asociadas. Efectos colaterales. (1,3,6,10,12,14,23)

El campo magnético induce al sueño, sobre todo en el momento del tratamiento y mejora la calidad del sueño durante la noche, en la práctica no encontramos que el paciente duerma más, sino que duerme mejor. En determinados pacientes se presenta una ligera cefalea en el transcurso del tratamiento que puede corregirse disminuyendo la intensidad en Gauss. En un grupo importante de casos, puede presentarse, al principio del tratamiento una intensificación de los síntomas, pero, la tendencia es la disminución a partir de la tercera o cuarta sesión de tratamiento. El máximo estimado para que cedan las molestias es de aproximadamente seis sesiones. Se ha planteado además un aumento en la diuresis durante las aplicaciones de campo magnético, sensación de hormigueo en la parte tratada, una aceleración del proceso de supuración presente, en el caso de infecciones, favoreciéndose, de este modo, la eliminación de cuerpos extraños. Durante los períodos menstruales de nuestras pacientes, no recomendamos la aplicación de tratamiento debido a la posibilidad de un mayor sangramiento.

Ventajas de la magnetoterapia.

1. Tiene como principal ventaja, la de tener una influencia eminentemente fisiológica que estimula al organismo en el sentido de su propia curación.
2. No tiene prácticamente contraindicaciones.
3. No tiene como objetivo específico la sustitución de ningún método terapéutico convencional, sino que por el contrario se logra complementar muy bien con la mayoría de ellos.
4. Resulta una terapia indolora.
5. Tiene una ejecución sencilla y rápida tanto para el paciente como para el terapeuta.
6. No necesita tener contacto directo con el cuerpo del paciente para ejercer su efecto terapéutico.
7. Tiene un elevado poder de penetración.
8. Los efectos obtenidos siempre perduran más allá del final del tratamiento.

En el sentido de la influencia terapéutica, es necesario señalar que se ha convertido casi en imprescindible para nosotros en algunas situaciones diarias: - Presencia de inmovilización con yeso u otro elemento permanente: el campo magnético por su naturaleza atraviesa prácticamente todas las estructuras, de modo se puede realizar un tratamiento de consolidación muy precoz, además en presencia de lesiones de piel asociadas, resulta vital para la recuperación y la prevención de sepsis.

- Presencia de fijadores externos: No están contraindicados ante la presencia de implantes metálicas de ningún tipo, por el contrario, aceleran la evolución y previenen la posibilidad de fístulas o sepsis a nivel de la entrada de los alambres en la piel.

- Presencia de implantes protésicos: Al igual que en el caso anterior, ayuda a acelerar la evolución, disminuyendo el proceso flogístico, mejorando la situación circulatoria, mejorando la situación del tejido conectivo y la fisiología muscular.

- Presencia de colecciones líquidas, como hematomas, serohematomas, abscesos, etc, a cualquier nivel: Habiendo superado la fase hemorrágica, resulta a veces espectacular la velocidad con que ayuda a la reabsorción de estas lesiones, incluso en presencia de infección (con apoyo antibiótico), no dejando secuelas y permitiendo una rápida recuperación funcional. En el caso del uso de imanes permanentes, el tratamiento es barato, pues un imán se puede usar durante mucho tiempo (varios años si se cuida bien) y con múltiples personas. Los imanes son tan baratos que el terapeuta puede permitir que el paciente se lleve el imán puesto y se lo quede consigo. Debido a esto, esta terapia es muy útil en lugares o situaciones en donde no haya posibilidad de usar técnicas o terapias más caras.

Bibliografía.

1.-Córdova O. X Forum de Ciencia y Técnica. Memorias.Magnetismo Aplicado a la Medicina.

2.-Rubira Zaragoza.Magnetoterapia. Cap. 22.

-División Médica-Electrónica de Sauna Italiana: "Magnetoterapia. Programa Magneto. 1994.

-Pérez Martínez G.: "La vida en la tierra depende del campo geomagnético". Google 2001. ...\.circuloazul/index. html. 2001 09-03.

–Easterly C.E.: "Cancer link to magnetic exposure: A hypotesis. Am J Epidemiol. 1981; 114(2): 98-102.

–Neumann I.: Magnetic field in pain clinics, Biophysics and medicine report, science and clinic. Ontario: Barclay courthornhill. 1993.

-Villoresi G.: Effect of interplanetary and geomagnetic disturbances on the increase in number of clinically serious medical pathologies (Myocardial infart and stroka). Biofizika 1995; 40(5): 283-93.

8.-War Baskin I.: "La bobina magnética". Medical and surgical. Giorgia: Biomagnetics Corporation. 1986.

–Romero Romero B.: Osteoporosis experimental: respuesta a los campos magnéticos y al tratamiento con calcitonina. Rehabilitación 1995; 29(2): 63-71.

–Monteagudo J.L.: Aplicación biomecánica de los estímulos magnéticos. En: Pros IV Simp Soc Iber Biomecánica. Valencia; 1981.

11.-Bistolfy, F. : "Campi Magnetici in Medicina", Minerva, Torino, 1986.

–Fichtner M.: Magnetic field therapy in practice. Germany: Elecsystem,S.A.

-Ramírez Escalona F. : Magnetoterapia. images/mag _book_big. jpgimages/ vidas _big.jpg.. 2001-9-3.

- :“¡Error! Marcador no definido. Como influye el magnetismo en los seres vivos”. . Google 2001. http://WWW.Mantra.Com.ar/contenido/zona2/frame_magsalud.Html 2001-9-6
- “Magnetoterapia”. Google 2001. http://WWW.biocyber.com.mx/magnetoterapia_aplicaciones.htm. 2001-9-6.
- Pérez Martínez G.: 2001 Google. “Un universo que vibra” ...\.circuloazul/index.html. 2001 09-03.
- De Galiana Mingot T.: Campo Magnético. Magnetismo. En: Pequeño Larousse de Ciencia y Técnica, C. Habana: Cient. Técn, 1988. Pp. 201, 645.
- 18.- Pérez Martínez G.: "Introducción a la ciencia de los imanes 3". Google 2001. <http://WWW.mantra.com.ar/circuloazul/index.html>. 2001-9-3.
- Cook M.R., Graham C., Coher H.D.: A replication study of human exposure to 60 Hz field; effects on neurobehavioral measures. Bioelectro-magnetics 1992; 13(4): 261-85.
- Orlov L.: Haemodynamic and humoral mechanics of a therapeutic effect of travelling impulse magnetic field in essential hypertension. Vopr Kurortol Fizioter Lech Kult. 1985; (1): 23-7.
- Rodríguez D.J.M.: Efectos biológicos de los campos magnéticos, indicaciones y contraindicaciones. En: Nuevas técnicas diagnósticas y terapéuticas en patologías del aparato locomotor. De Mapfre 1986. Pp. 227-34.
- Curri S.B.: Campi ELF, tessuto connettivo e microvascolarizzazione. En: Franco Bistolfy. Campi magnetici in medicina. Torino: 1986. P.441-57.
- Rioja Toro J.: Magnetoterapia. En su: Electroterapia y Electrodiagnóstico. Valladolid: Secretariado de Publicaciones Universidad de Valladolid 1993. Pp.219-31.
- Miasnikov I.G.: Magnetotherapy of initial manifestation of cerebrovascular disorders in hypertension. Zh Nevropatol Pskhiatr. 1992; 92(1): 63-7. 25. -Mestre V.E.: Campos Magnéticos en Medicina. Italy: Level, 1986.
26. -Schukón H.N. et al.: Aspectos clinicobiológicos del efecto que ejerce el Campo Magnético en la insuficiencia venosa crónica. Aspectos de Balneología, Fisioterapia y Cultura Física. 1984; (1): 52-7.
- 27.- Basset, C.A.L., Mitchell, S.N., Norton, L., Pilla, A.A. : "Repair of nonunions by resistant pseudoarthrosis and nonunion by pulsing electromagnetic fields" ; Clin. Orthop. Rel. Res. 124-8, 1977.
- 28.- Basset, C.A.L. : "Biomedical implication of pulsing electromagnetic fields" ; Surgical Rounds (Jan.) 22-31, 1983.

- 29.-Basset.C.A.: Fundamental and practical aspects of therapeutic uses of electromagnetic field.(PEMF) Crit-Rev-Biomed-Eng 1989; 17(5): 451-529.
- 30.- Barker , A. T. & Lunt, M.J.: "The Effects of pulsed magnetic fields of the type used in the stimulation of bone fracture healing" ; Clin. Phys. Physiol. 4 ; 127, 1983.
- 31.- Fabbri, F. : "Calcitonina e campi elettromagnetici nella terapia dell'osteoporosi", 7o. Corso di Agg. Electromedicina, Editorial S.I.M.M.E. ; Modena, 1985.
- 32.- Norton, L.A. : "Effects of a pulsed electromagnetic field on a mixed chondroblastic tissue culture" ; Clin. Orthoped. 167 ; 280-290 ; 1982.
33. –Shchepin T.P.: Cerebral circulation in patients with peripheral neurologic syndromes of osteochondrosis, response to physiotherapy (ultrasound dopplerography data). Vopr. Kurortol Fizioter Lech Fiz Kult 1987; (1): 31-3. 34. –Narbona. : Aplicación de medios físicos en el tratamiento de roturas fibrilares musculares. Sevilla: Universidad de Sevilla 1986. Tesis Doctoral. 35. –Robinson L.R., Goldstein B.S., Little J.W.: Silent periods after electromagnetic stimulation of the motor cortex. Am. J. Phy. Med. Rehab 1993; 72(1): 23-8.
- 36.- Mizushima-Y ; Akaoka-I ; Nishida-Y . Effects of magnetic field on inflammation. Experientia. 1975 Dec 15; 31;(12) :1411-2.
- Yuri A.: Photoreactivation of superoxide dismutase by intensive red (láser) light. Free radical biology and medicine. 1988; (5): 281-6.
- Aleksenko A.V., Gusak V.V.: Treatment of trophic ulcers of the lower extremities using a magnetic field. Klin-Khir 1991; 44(11-12): 485-8.
- Duran V., Zamurovic A.: Therapy of venous ulcers using pulsating electromagnetic field-parsonal results. Med Pregl 1991; 44(11-12): 485-8.
- Blanco P.A., Alvarez B.M., Fernández B.L.: Aplicación de las corrientes inducidas por campos electromagnéticos pulsados en el tratamiento de la pseudoartrosis (15 años después). Madrig. Mapfre 1989. pp.57-76.
- Grant G., Cadossi R., Steinberg G.: Protection against focal cerebral ischemia following exposure to a pulsed electromagnetic field. Bioelectromagnetic 1994; 15(3): 205-16.
- 42.- Goman, R., Basset, C.A.L., & Henderson A.S. : "Pulsing electromagnetic fields induce cellular transcription" ; Science, 220, 1283-1285 ; 1983.
- 43.- Pérez Martínez G.: "Introducción a la ciencia de los imanes 2". Google 2001.
- <http://WWW.mantra.com.ar/circuloazul/index.html>. 2001-9-12.
- Sandyk R.: Treatment with electromagnetic fields improves fatigue associated with multiple sclerosis. Int. J. Neurosci 1996; 84(1-4): 177-86.

I.b Normativa

Directiva (93/42/CEE, 2007)

<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1993L0042:20071011:es:PDF>

Real Decreto 1591/2009

<https://www.boe.es/buscar/pdf/2009/BOE-A-2009-17606-consolidado.pdf>

I.c Páginas webs

Artículo sobre la magnetoterapia aplicada a lesiones deportivas

<https://www.elconfidencialdigital.com/articulo/cuidate/magnetoterapia-lesiones-deportivas/20190702114921127567.html>

Ayuda con la programación

<https://forum.arduino.cc/>

<https://creatividadcodificada.com/>

<https://www.luisllamas.es/>

Información Arduino Nano y pin out

<https://descubrearduino.com/>

Información Pantalla LCD

<https://www.geekfactory.mx/tienda/pantallas-lcd/pantalla-lcd-de-16x2-hd44780-azul-blanco/>

Información modulo interfaz I2C

<https://www.taloselectronics.com/products/modulo-interfaz-i2c-para-lcd-16x2>

II. Anexos II Cálculos y fórmulas.

II.a Cálculo matemático para hallar el valor de la corriente $i_d(t)$ de la bobina

$$L \frac{di}{dt} + Ri = V_o \operatorname{sen} \omega t$$

$$\frac{di}{dt} + Ri = \frac{V_o}{L} \operatorname{sen} \omega t$$

$$(D + \frac{R}{L})i = \frac{V_o}{L} \operatorname{sen} \omega t \Rightarrow \boxed{i_g = k e^{-\frac{R}{L}t}}$$

$$i_p = A \operatorname{sen} \omega t + B \cos \omega t; \quad \frac{di_p}{dt} = A \omega \cos \omega t - B \omega \operatorname{sen} \omega t$$

$$A \omega \cos \omega t - B \omega \operatorname{sen} \omega t + \frac{R}{L} A \operatorname{sen} \omega t + \frac{R}{L} B \cos \omega t = \frac{V_o}{L} \operatorname{sen} \omega t$$

$$\left(A \omega + \frac{R}{L} B \right) \cos \omega t + \left(\frac{R}{L} A - B \omega \right) \operatorname{sen} \omega t = \frac{V_o}{L} \operatorname{sen} \omega t$$

$$\left. \begin{aligned} A \omega + \frac{R}{L} B &= 0 \\ \frac{R}{L} A - B \omega &= \frac{V_o}{L} \end{aligned} \right\} A = -\frac{R}{L \omega} B$$

$$-\frac{R}{L} \frac{R}{L \omega} B - B \omega = \frac{V_o}{L}; \quad B = -\frac{V_o}{L \left(\frac{R^2}{L^2 \omega} + \omega \right)} = -\frac{V_o}{\frac{R^2}{L \omega} + L \omega} = -\frac{V_o \omega L}{R^2 + L^2 \omega^2}; \quad \boxed{B = -\frac{V_o \omega L}{R^2 + L^2 \omega^2}}$$

$$A = -\frac{R}{L \omega} \left(-\frac{V_o \omega L}{R^2 + L^2 \omega^2} \right) = \frac{V_o R}{R^2 + L^2 \omega^2}; \quad \boxed{A = \frac{V_o R}{R^2 + L^2 \omega^2}}$$

$$i_p = A \operatorname{sen} \omega t + B \cos \omega t$$

$$i_p = \left(\frac{V_o R}{R^2 + L^2 \omega^2} \right) \operatorname{sen} \omega t - \left(\frac{V_o \omega L}{R^2 + L^2 \omega^2} \right) \cos \omega t$$

$$i_p = I_o \operatorname{sen}(\omega t + \phi) = I_o \operatorname{sen} \omega t \cos \phi + I_o \cos \omega t \operatorname{sen} \phi$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{V_o R}{R^2 + L^2 \omega^2} &= I_o \cos \phi \\ -\frac{V_o \omega L}{R^2 + L^2 \omega^2} &= I_o \operatorname{sen} \phi \end{aligned} \right\} I_o = \sqrt{\frac{V_o^2 R^2 + V_o^2 \omega^2 L^2}{R^2 + L^2 \omega^2}} = \frac{V_o}{\sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}}$$

$$\operatorname{tg} \phi = -\frac{\omega L}{R} \Rightarrow \phi = \operatorname{arctg} \left(-\frac{\omega L}{R} \right) = -\operatorname{arctg} \left(\frac{\omega L}{R} \right)$$

$$\boxed{i_p = \frac{V_o}{\sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}} \operatorname{sen} \left(\omega t - \operatorname{arctg} \frac{\omega L}{R} \right)}$$

$$\boxed{i = k e^{-\frac{R}{L}t} + \frac{V_o}{\sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}} \operatorname{sen} \left(\omega t - \operatorname{arctg} \frac{\omega L}{R} \right)}$$

Por último, solo nos falta hallar el valor de la constante de integración K, por tanto, para $t=0$ e $i=0$ resulta:

$$0 = k + \frac{V_o}{\sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}} \operatorname{sen} \left(-\operatorname{arctg} \frac{\omega L}{R} \right) = k - \frac{V_o}{\sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}} \operatorname{sen} \left(\operatorname{arctg} \frac{\omega L}{R} \right)$$

$$k = \frac{V_o}{\sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}} \operatorname{sen} \left(\operatorname{arctg} \frac{\omega L}{R} \right)$$

$$i = \frac{V_o}{\sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}} \operatorname{sen} \operatorname{arctg} \frac{\omega L}{R} e^{-\frac{R}{L}t} + \frac{V_o}{\sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}} \operatorname{sen} \left[\omega t - \operatorname{arctg} \frac{\omega L}{R} \right]$$

$$\text{llamando : } Z = \sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}$$

$$\phi = \operatorname{arctg} \frac{\omega L}{R}$$

$$i = \frac{V_o}{Z} \operatorname{sen} \phi e^{-\frac{R}{L}t} + \frac{V_o}{Z} \operatorname{sen}(\omega t - \phi)$$

$$i = \frac{V_o}{Z} \operatorname{sen}(\omega t - \phi) + \frac{V_o}{Z} \operatorname{sen}(\theta_1 - \phi)$$

Llegando así, a la ecuación mencionada en el apartado 3.1 de la memoria.

II.b Fórmulas necesarias para la caracterizar los parámetros de la bobina.

1. Número de espiras.

$$\beta = \frac{\mu_0 N I}{2L} \left[\frac{x_1}{\sqrt{R^2 + x_1^2}} - \frac{x_2}{\sqrt{R^2 + x_2^2}} \right]$$

Para $x_1 = x_2 = \frac{L_B}{2}$ y $n = \frac{N_B}{L_B}$; $D_B = 2R$

$$\beta = \frac{\mu_0 N_B I}{\sqrt{4R^2 + L^2}} = \frac{\mu_0 N_B I}{\sqrt{D_B^2 + L_B^2}}$$

$$N_B = \frac{\beta}{\mu_0 I} \sqrt{D_B^2 + L_B^2}; \quad D_B \text{ (cm)}; L_B \text{ (cm)}$$

2. Resistencia.

$$R = \rho \frac{\ell}{S} = \rho \frac{L_H}{S_H} = 0,0175 \frac{\pi D_B N_B}{\pi \frac{D_H^2}{4}} = 0,07 \frac{D_B N_B}{D_H^2}; \quad D_B \text{ (m)}; D_H \text{ (mm)}$$

$$R = 0,0007 \frac{D_B N_B}{D_H^2}; \quad D_B \text{ (cm)}; D_H \text{ (mm)}$$

3. Coeficiente de autoinducción.

$$L = \frac{0,000394 r^2 N^2}{9r + 10\ell}; \quad (\text{mH})$$

$$L = \frac{0,000394 \frac{D_B^2}{4} N_B^2}{9 \frac{D_B}{2} + 10 L_B} = \frac{0,000394 D_B^2 N_B^2}{18 D_B + 40 L_B}; \quad D_B \text{ (cm)}; L_B \text{ (cm)}$$

4. Impedancia.

$$Z = \sqrt{R^2 + L^2 \omega^2} = \sqrt{R^2 + L^2 (2\pi f)^2} = \sqrt{R^2 + (100\pi L)^2}; \quad L(H); Z(\Omega)$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (100 \cdot 10^{-3} \pi L)^2} = \sqrt{R^2 + (0,1\pi L)^2}; \quad L(\text{mH}), f = 50\text{Hz}$$

5. Desfase de la corriente.

$$\phi = \arctg \frac{\omega L}{R} = \arctg \frac{2\pi f L}{R} = \arctg 100\pi \frac{L}{R}; \quad L(H); R(\Omega)$$

$$\phi = \arctg \left(0,1\pi \frac{L}{R} \right); \quad L(mH); R(\Omega)$$

6. Tensión de pico.

$$V = Z \cdot I; \quad V(V)$$

7. Intensidad eficaz.

$$I_{ef} = \frac{I}{2}; \quad I(A)$$

8. Densidad de corriente.

$$J = \frac{I_{ef}}{S_H} = \frac{I_{ef}}{\pi \frac{D_H^2}{4}} = \frac{4I_{ef}}{\pi D_H^2}; \quad J(A/mm^2), D_H(mm)$$

9. Potencia.

$$P = R \cdot I_{ef}^2; \quad P(W)$$

10. Longitud del hilo.

$$L_H = \pi D_B N_B; \quad D_B(cm), L_H(cm)$$

$$L_H = 0,01\pi D_B N_B; \quad D_B(cm), L_H(m)$$

11. Peso del hilo.

$$P = \delta_m \tau = \delta_m \pi \frac{D_H^2}{4} L_H; \quad D_H(dm), L_H(dm)$$

$$P_{eso} = 8,9 \frac{\pi}{4} (D_H \cdot 10^{-2})^2 L_H \cdot 10 = 2,225 \cdot 10^{-3} \pi D_H^2 L_H; \quad D_H(mm), L_H(m)$$

12. Número de capas.

$$N_C = \frac{N_B D_H}{10 L_B} = 0,1 \frac{N_B D_H}{L_B}; \quad D_H(mm), L_B(cm)$$

II.c Código fuente Modelado de la bobina en MATLAB.

% cálculo bobina magnetoterapia

clc

clear all

V=24; % tensión eficaz

f=50; % frecuencia

T1=8.19; % tiempo de disparo en ms

Nes=350; % número de espiras

DH=1; % diámetro hilo en mm

LB=12.5; % longitud bobina en cm

DC=20.8; % diámetro carrete en cm

r=0; % resistencia en serie con la bobina

N=500; % número de muestras del periodo

VO=V*sqrt(2); % tensión de pico

Ncapas=round(Nes*DH/(LB*10)); % cálculo del número de capas del bobinado

DB=DC+Ncapas*DH/10; % cálculo del diámetro medio del bobinado

RB=7e-4*Nes*DB/DH^2; % cálculo resistencia bobina

R=RB+r; % resistencia total

L=394e-9*DB^2*Nes^2/(18*DB+40*LB); % cálculo coeficiente autoinducción

XL=2*pi*f*L; % cálculo reactancia

Z=sqrt(R^2+XL^2); % cálculo impedancia

FI=atan(XL/R); % cálculo argumento

% puesta a cero de los valores instantáneos de la corriente

```
for i=1:N;
```

```
    I(i)=0;
```

```
end
```

% cálculo de los valores instantáneos de la corriente desde el instante de disparo

```
for i=fix(N*T1*f/1000)+1:N;
```

```
    t=i*(1/f)/N;
```

```
    I(i)=-(VO/Z)*(sin(2*pi*f*T1/1000-FI)*exp(-R*(t-T1/1000)/L))+(VO/Z)*sin(2*pi*f*t-FI);
```

```
end
```

% cálculo de los intervalos de tiempo

```
S=0;
```

```
t(1)=0;
```

```
for i=2: N;
```

```
    t(i)=S+(1/f)/N;
```

```
    S=S+(1/f)/N;
```

```
end
```

% busca valor de pico de la corriente

```
i=1;
```

```
while I(i+1)-I(i)>=0;
```

```
    i=i+1;
```

```
end
```

```
IP=I(i);
```

% valor de pico de la corriente

```

% busca valor de paso por cero de la corriente

i=1;
while I(i+1)>=0;
    i=i+1;
end

NF=i;          % número de muestra de la corriente hasta el paso por cero

% calcula la corriente eficaz

S=0;
for i=1:NF;
    S=S+I(i)^2;
end

Ief=sqrt(S/N);    % valor eficaz de la corriente

% Campo en Gauss

B=0.4*pi*Nes*IP/sqrt(LB^2+DB^2);

% Valores instantáneos de campo

Bi=0.4*pi*Nes*I/sqrt(LB^2+DB^2);

% Densidad de corriente en A/mm^2

J=4*Ief/(pi*DH^2);

% Potencia en W

P=RB*Ief^2;

% Potencia disipada por unidad de superficie en mW/cm2

PS=1000*P/(pi*DB*LB);

```

% Peso de cobre en kg

Peso= $2.225e-5 \cdot \pi^2 \cdot DH^2 \cdot DB \cdot Nes$;

% pone a cero los valores de la corriente inversa

for i=NF:N;

 I(i)=0;

end

% pone a cero los valores del campo inverso

for i=NF:N;

 Bi(i)=0;

end

% dibuja la corriente desde el inicio hasta que pasa por cero

plot(t(1:N)*1000,I(1:N));

grid

title(strcat('Intensidad por la bobina, retardo ', num2str(T1), ' ms'))

xlabel('t (milisegundos)');

ylabel('I (Amperios)');

% dibuja el campo desde el inicio hasta que pasa por cero

plot(t(1:N)*1000,Bi(1:N));

grid

title(strcat('Campo magnético creado por la bobina, retardo',num2str(T1), ' ms'))

xlabel('t (milisegundos)');

ylabel('B (Gauss)');

```

disp(sprintf('TENSIÓN ALIMENTACIÓN      =% f V',V));
disp(sprintf('FRECUENCIA                  =% f Hz',f));
disp(sprintf('DIAMERTO CARRETE           =% f cm',DC));
disp(sprintf('DIAMERTO BOBINA             =% f cm',DB));
disp(sprintf('LONGITUD BOBINA              =% f cm',LB));
disp(sprintf('NUMERO DE ESPIRAS              =% f',Nes));
disp(sprintf('DIAMERTO HILO                  =% f mm',DH));
disp(sprintf('RESISENCIA BOBINA                =% f Ohmios',RB));
disp(sprintf('RESISENCIA EN SERIE                =% f Ohmios',r));
disp(sprintf('COEFICIENTE AUTOINDUCCIÓN =% f mH',L*1000));
disp(sprintf('"%f mm',"));
disp(sprintf('INICIO DEL DISPARO                  =% f ms',T1));
disp(sprintf('CORRIENTE DE PICO                      =% f A',IP));
disp(sprintf('CORRIENTE EFICAZ                      =% f A',Ief));
disp(sprintf('DENSIDAD DE CORRIENTE                  =% f A/mm2',J));
disp(sprintf('POTENCIA BOBINA                      =% f W',P));
disp(sprintf('POTENCIA RESISTENCIA                  =% f W',r*Ief^2));
disp(sprintf('POTENCIA SUPERFICIAL                  =% f mW/cm2',PS));
disp(sprintf('CAMPO MAGNÉTICO                      =% f Gauss',B));
disp(sprintf('"%f mm',"));
disp(sprintf('PESO COBRE                            =% f kg',Peso));
disp(sprintf('NÚMERO DE CAPAS                      =% f capas',Ncapas));
disp(sprintf('"%f mm',"));

```

III. Anexos III - Arduino.

III.a Placa Arduino Nano y periféricos.

1 ARDUINO UNO NANO

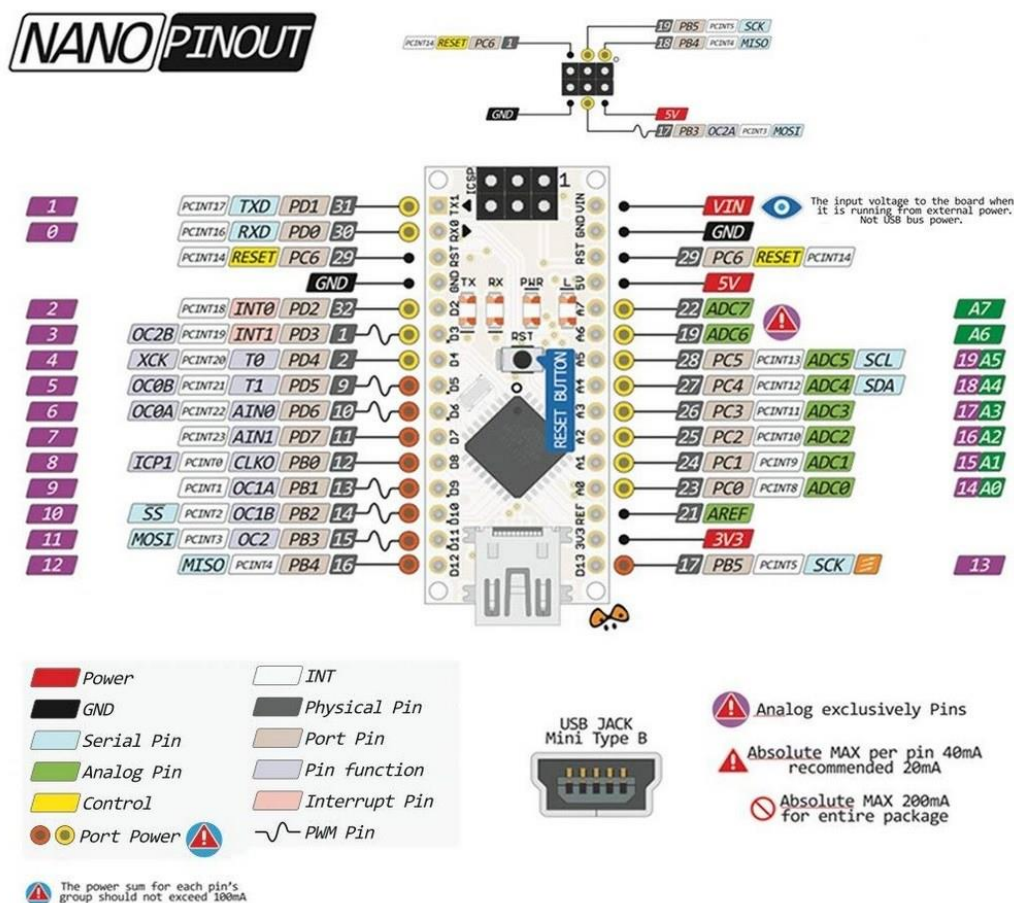
La placa Arduino Uno es una placa electrónica basada en el chip de Atmel ATmega328. Tiene 14 pines digitales de entrada / salida, es el Arduino Pinout de los cuales 6 los puede utilizar como salidas PWM, 8 entradas analógicas, un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión mini USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP y un botón de reset. El software de la placa incluye un controlador USB que puede simular un ratón, un teclado y el puerto serie.

Esta placa tiene todo lo necesario para apoyar el microcontrolador basta con conectarlo a un ordenador con un cable mini USB. El Arduino Uno se diferencia de todas las placas anteriores en que no utiliza el FTDI USB a serie driver chip. En lugar de ello, cuenta con el Atmega8U2 programado como convertidor de USB a serie.

Especificaciones:

- Microcontrolador: ATmega328
- Voltaje de operación: 5V
- Voltaje de entrada (recomendado): 7-12V
- Voltaje de entrada (límites): 6-20V
- Pines de E/S digitales: 14 (de los cuales 6 proporcionan salida PWM)
- Pines de entrada analógica: 8
- Corriente DC por pin de E/S: 40 mA
- Corriente DC para 3.3V Pin: 50 mA
- Memoria Flash: 32 KB de los cuales 0,5 KB utilizados por el bootloader
- SRAM: 2 KB (ATmega328)
- EEPROM: 1 KB (ATmega328)
- Velocidad de reloj: 16 MHz

A continuación, se muestra el PinOut de la placa Arduino Nano:



Descubrearduino.com

2 PERIFERICOS.

Para este proyecto se eligió una pantalla LCD de 16x2, ya que es capaz de mostrar la información necesaria, además de ser un periférico bastante fácil de controlar. En nuestro caso la comunicación se ha hecho mediante I2C, liberando así un mayor número de entradas y salidas de Arduino, ya que este protocolo solo necesita dos cables para la transmisión. Para ello, se ha usado una placa de interfaz I2C para LCD.

A continuación, se muestran las características de ambos periféricos:

Pantalla LCD 16x2



Descripción

Pantalla LCD de 16x2 caracteres ideal para utilizarse en proyectos de Arduino y con microcontroladores PIC. Es de 16 caracteres y 2 líneas, compatible con el controlador HD44780 de Hitachi. Esta pantalla cuenta con iluminación de fondo azul con letras blancas, con capacidad de regulación de contraste, pines A y K.

El chip controlador de esta pantalla es extremadamente común y es código de libre acceso. Se puede utilizar fácilmente con cualquier microcontrolador que tenga al menos 6 pines disponibles.

Especificaciones:

- Controlador HD44780
- Color: Fondo azul, letras blancas
- Modo de Operación: 4 y 8 bits
- Voltaje de operación: 4.5 – 5.5V
- -Dimensiones: 84x44 mm (Ancho x Alto)
- - Dimensiones - Pantalla: 64,6x16 mm (Ancho x Alto)

Modulo Interfaz I2C para LCD 16x2



Descripción

Este módulo permite la comunicación entre un Arduino o microcontrolador y un LCD1602 por medio de I2C, lo cual facilita las conexiones a la hora de llevar a cabo cualquier tipo de aplicación. Este adaptador permite administrar de una manera mucho más óptima la distribución de puertos ya que se pueden llevar a cabo la presentación de datos a través de solamente dos cables.

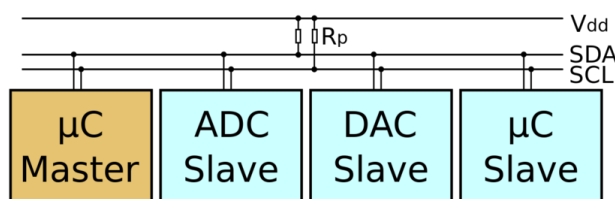
Especificaciones:

- Voltaje de alimentación: 3.3V/5V
- Interfaz (protocolo): I2C/TWI/SPI
- Potenciómetro: Ajustar contraste y luz de fondo
- Líneas de salida: 4
- Dirección del dispositivo: 0x20/0x27
- Tamaño: 5.4cm x 1.9cm
- Peso: 16 gramos

III.b Protocolo de comunicación I2C.

I2C hace referencia a Inter-Integrated Circuit, es decir, circuito inter-integrado. Es un bus serie de comunicación de datos desarrollado en 1982 por la empresa Philips Semiconductors. En un inicio se creó para las televisiones de esta marca, para comunicar varios chips internos de forma sencilla. Pero desde 1990 el I2C se ha extendido y es usado por muchos fabricantes.

Detalles técnicos del bus I2C:



El bus I2C se ha transformado en un estándar en la industria, y Arduino lo ha implementado para la comunicación con los periféricos que lo necesiten. Solo necesita de dos líneas o cables para su funcionamiento, uno para la señal de reloj (CLK) y otro para el envío de datos serie (SDA). Eso resulta ventajoso frente a otras comunicaciones frente al bus SPI, aunque su funcionamiento es algo más complejo por la circuitería adicional necesaria.

En este bus, cada dispositivo conectado a él dispone de una dirección que se emplea para acceder a estos dispositivos de forma individual. Esta dirección es fija por hardware, modificando los últimos 3 bits mediante jumpers o por software. Cada dispositivo tendrá una dirección única, aunque puede que varios de ellos la tengan igual y que se necesite usar un bus secundario para no generar conflicto.

Además, el bus I2C tiene una arquitectura tipo Master-Slave. Eso significa que cuando se inicia la comunicación por parte de un dispositivo maestro, éste podrá mandar o recibir datos de sus esclavos. Los esclavos no podrán iniciar la comunicación, solo lo puede hacer el maestro, y tampoco pueden hablar los esclavos entre sí de forma directa sin que intervenga el maestro.

Si se tienen varios maestros en el bus, solo uno podrá ejercer de maestro simultáneamente.

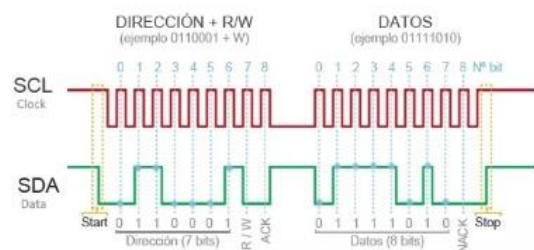
Hay que tener en cuenta que el maestro proporciona la señal de reloj para sincronizar todos los dispositivos del bus. Eso elimina la necesidad de que cada esclavo necesite tener su propio reloj.

Señal

La trama de comunicación de la que consta una señal del bus I2C se compone de los bits o estados (los empleados en Arduino, ya que el estándar I2C permite otros):

- 8 bits, 7 de ellos de dirección del dispositivo esclavo al que se quiere acceder para enviar o recibir datos de él. Y el bit adicional que indica si se quiere enviar o recibir información del dispositivo esclavo.
- Existe también un bit de validación.
- Luego vendrían los bytes de datos que se quieren enviar o recibir por los esclavos. Por cada 8-bit o 1 byte de datos enviados o recibidos se necesitan 18 bits adicionales de validación, dirección, etc., lo que significa que el bus está muy limitado en cuanto a velocidad.
- Un bit final de validación de la comunicación.

la frecuencia de reloj para las transmisiones es de 100 Mhz de forma estándar, aunque existe un modo más rápido a 400 Mhz.



Así pues, las ventajas del protocolo I2C son:

- Sencillez al solo usar dos líneas.
- Dispone de mecanismos para saber si la señal ha llegado frente a otros protocolos de comunicación.

Por el contrario, las desventajas son:

- Velocidad de transmisión bastante baja.
- No es un full dúplex, es decir, no puede enviar y recibir de forma simultánea.
- No usa paridad ni otro tipo de mecanismo de verificación para saber si los bits de datos que se reciben son correctos.

I2C en Arduino

En Arduino, según el modelo, los pines que se pueden habilitar para usar el bus I2C varían. En el caso que nos compete con la placa Arduino Nano: se usa el A4 para SDA (datos) y A5 para SCK (reloj).

Para usar este tipo de comunicación, se debe hacer uso de la biblioteca Wire.h.

III.c Sketch de Arduino, “Control de una bobina de magnetoterapia”.

/ Trabajo de fin de grado - Diego Agusti*

** Control de una bobina de magnetoterapia con Arduino*

**/*

```
#include <Wire.h>                                // Librería para la comunicación I2C.
#include <LCD.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>                    // Librería para la pantalla LCD
LiquidCrystal_I2C lcd (0x27, 2,1,0,4,5,6,7); // (0x3f,16,2) Dirección en comunicación I2C para la LCD 16x2.
const int kSize = 11;
const int kSizeR = 11;

int i=0;                                          //Contador
int k=4;                                          //Número pulsadores (3)
int P[4] = {8,9,10,11};                        //Pulsadores de entrada: P[0] Stop, P[1] Select, P[2] Decrementa, P[3] Incrementa
int x[4] = {1,1,1,1};                          //Variable de asignación estado de un pulsador x[0] para P[0],...,x[3] para P[3],
int x_ant[4] = {1,1,1,1};                      //Variable de asignación anterior de un estado de un pulsador (HIGH o LOW).
int index = 0;
int Estado;
int Salida=4;
int Int1 = 2;
int T = 0;
long startTime = 0;

//Vector que almacena los porcentajes que se muestran
int v_Porcentaje[kSize] = {0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100};
//Vector con el recorrido del modo auto
```

```

int v_indexRecorrido[kSizeR] = {2, 4, 6, 8, 10, 10, 8, 6, 4, 2, 0};

//Vector que contiene el retardo en us para cada uno de los porcentajes

int v_Tdelay[kSize] = {9900, 8475, 7725, 7080, 6475, 5885, 5265, 4590, 3820, 2840, 1000};

float campoMax = 90.65;

volatile int Int1 = 2;

volatile int cuenta = 0;

volatile int tRestante = 0;

volatile int Tdelay = 0;

volatile int anchoDePulso = 200;

volatile bool interrupcionActiva = LOW;

volatile bool pulso = LOW;

void setup() {

    SREG = (SREG & 0b01111111);           //Deshabilitar interrupciones
    TIMSK2 = TIMSK2|0b00000001;          //Habilita la interrupción por desbordamiento
    TCCR2B = 0b00000111;                  //Configura preescala para que FT2 sea de 7812.5Hz
    SREG = (SREG & 0b01111111) | 0b10000000; //Habilitar interrupciones //Deshabilitar interrupciones

    Wire.begin();                          // Inicializa la comunicación serie

    lcd.setBacklightPin(3,POSITIVE);        // Inicializa los parámetros de la pantalla LCD
    lcd.setBacklight(HIGH);                // Activa la retroiluminación de la pantalla LCD
    lcd.begin(16,2);
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(6, 0);
    lcd.print("PFG ");
    lcd.setCursor(2, 1);
    lcd.print("DIEGO AGUSTI");

```

```
delay (3000);
```

```
lcd.clear();
```

```
lcd.setCursor(1, 0);
```

```
lcd.print("Control bobina");
```

```
lcd.setCursor(1, 1);
```

```
lcd.print("Magnetoterapia");
```

```
delay (3000);
```

```
lcd.clear();
```

```
for(i=0;i<k;++i) { //Define los pulsadores de entrada como INPUT con resistencia PULLUP
```

```
    pinMode (P[i], INPUT_PULLUP);
```

```
}
```

```
pinMode (Int1, INPUT); //Define el pin 2 como INPUT.
```

```
pinMode (Salida, OUTPUT); //Define el pin 4 como OUTPUT.
```

```
Estado = 0; //Inicializamos la variable Estado.
```

```
}
```

/ BUCLE PRINCIPAL: MAQUINA DE ESTADOS*

** La función loop() es el bucle principal, en este caso se trata de una máquina de estados usando una función*

** switch-case que a través de la variable Estado, va pasando por cada uno de los casos en función de su valor.*

**/*

void loop()

{

switch (Estado) {

case 0:

index=0;

tRestante=0;

lcd.**clear**();

lcd.**setCursor**(0, 0);

lcd.**print**("Seleccion");

lcd.**setCursor**(0, 1);

lcd.**print**("de tiempo:");

lcd.**setCursor**(13, 1);

lcd.**print**("min");

T = seleccionTiempo();

delay (500);

lcd.**clear**();

lcd.**setCursor**(0, 0);

lcd.**print**("Ajustar modo:");

lcd.**setCursor**(0, 1);

lcd.**print**("MAN1 AUTO2 MAX3");

Estado = seleccionModo ();

delay (500);

attachInterrupt (0, inter, **RISING**); //Definición de la interrupción 0,

break;

case 1:

lcd.**clear**();

```

    lcd.setCursor(3, 0);
    lcd.print("Modo manual");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("T:");
    lcd.setCursor(10, 1);
    lcd.print("P:");
    estadoManual ();
    detachInterrupt (0);
    delay (1000);
    Estado=4;
    break;

```

case 2:

```

    lcd.clear();
    lcd.setCursor(3, 0);
    lcd.print("Modo auto");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("T:");
    lcd.setCursor(10, 1);
    lcd.print("P:");
    estadoAuto();
    detachInterrupt (0);
    delay (1000);
    Estado=4;
    break;

```

case 3:

```

    lcd.clear();
    lcd.setCursor(2, 0);
    lcd.print("Campo Maximo");

```

```
    lcd.setCursor(0, 1);  
    lcd.print("T:");  
    estadoMaxCampo(T);  
    detachInterrupt (0);  
    delay (1000);  
    Estado=4;  
    break;
```

case 4:

```
    lcd.clear();  
    lcd.setCursor(3, 0);  
    lcd.print("Tratamiento");  
    lcd.setCursor(3, 1);  
    lcd.print("Finalizado");  
    delay (3000);  
    Estado=0;
```

break;

}

}

```
/* FUNCION PARA EL MODO DE FUNCIONAMIENTO 1: MODO MANUAL
```

```
* Esta función consta de un bucle Do-While, el cual se ejecuta mientras el tiempo se mayor que cero, o se pulse
* el pulsador de STOP el cual pone el tiempo a cero. Mientras esto no ocurra está continuamente leyendo los
* pulsadores p[2] y p[3] los cuales disminuyen o aumentan la variable index, esta variable se usa para recorrer el
* vector v_Tdelay, que en cada una de sus posiciones contiene el valor del retardo en us correspondiente a cada
* nivel de potencia. Este vector se usa en una función microseconds, la cual está dentro de una sentencia if, cuya
* condición es la activación de la interrupción física. La cual activa una salida con el retardo especificado, durante
* un periodo de tiempo definido por la variable anchoDePulso.
*/
```

```
void estadoManual ()
```

```
{
    tRestante = T*60; //pasamos los minutos a segundos
```

```
do {
```

```
    mostrarCuentaAtras (tRestante);
```

```
    mostrarPotencia (v_Porcentaje[index]);
```

```
    Tdelay = v_Tdelay[index];
```

```
for(i=0;i<k;++i) {
```

```
    x[i]=digitalRead(P[i]);
```

```
}
```

```
if (x[0]== LOW and x_ant[0]== HIGH) {
```

```
    tRestante = 0;
```

```
}
```

```
else {
```

```
    if (index >= 0 or index < kSize) {
```

```
        if (x[3] == LOW and x_ant[3]== HIGH) {
```

```
            lcd.setCursor(12,1);
```

```
            lcd.print(" ");
```

```
            index++;
```

```

    }
    x_ant[3] = x[3];
    if (x[2] == LOW and x_ant[2] == HIGH ) {
        lcd.setCursor(12,1);
        lcd.print("  ");
        index--;
    }
    x_ant[2] = x[2];
    }
    if (index < 0) {
        index=0;
    }
    if (index >= kSize) {
        index=kSize-1;
    }
    }
    x_ant[0] = x[0];
    } while (tRestante >=0);
}

```

/ FUNCION PARA EL MODO DE FUNCIONAMIENTO 2: MODO AUTO*

** Esta función consta de un bucle Do-While, el cual se ejecuta mientras el tiempo se mayor que cero, o se pulse el*
** pulsador de STOP el cual pone el tiempo a cero. En este caso la potencia va variando automáticamente con el*
** paso del tiempo, en un total de 10 pasos, cada paso tiene una duración del tiempo seleccionado entre 10, cuando*
** ese tiempo pasa, se aumenta la variable index, que en esta ocasión hace de índice del vector v_indexRecorrido,*
** el cual hace de índice del vector v_Tdelay, que en cada una de sus posiciones contiene el valor del retardo en*
** us correspondiente a cada nivel de potencia. Este vector se usa en una función microSeconds, la cual está*
** dentro de una sentencia if, cuya condición es la activación de la interrupción física, la cual activa una salida con*
** el retardo especificado, durante un periodo de tiempo definido por la variable anchoDePulso.*

**/*

void estadoAuto()

```
{
    int salto = (T*60) / 10;    //Calculamos el tiempo a transcurrir entre cada salto
    tRestante = T*60-1;       //pasamos los minutos a segundos

    do {
        Tdelay = v_Tdelay[v_indexRecorrido[index]];
        mostrarCuentaAtras (tRestante);
        mostrarPotencia (v_Porcentaje[v_indexRecorrido[index]]);
        x[0] = digitalRead (P[0]);
        if (x[0] == LOW and x_ant[0] == HIGH) {
            tRestante = 0;
        }
        else {
            if (index >= 0 or index < kSizeR) {
                if ( tRestante % salto == 0 and interrupcionActiva == HIGH) {
                    lcd.setCursor(12,1);
                    lcd.print("  ");
                    index++;
                }
            }
        }
    } while (tRestante > 0 || boton == LOW);
}
```

```
    interrupcionActiva = LOW;
}

    }
    if (index < 0) {
        index=0;
    }
    if (index >= kSize){
        index=kSize;
    }
}
x_ant[0] = x[0];
} while (tRestante >=0);
}
```

/ FUNCION PARA EL MODO DE FUNCIONAMIENTO: MODO CAMPO MAXIMO*

** Esta función consta de un bucle Do-While, el cual se ejecuta mientras el tiempo se mayor que cero, o se pulse
 * el pulsador de STOP el cual pone el tiempo a cero. Mientras esto no ocurra, cada vez que se active la interrupción
 * física, activa una salida sin retardo, durante un periodo de tiempo definido por la variable anchoDePulso.
 /

void estadoMaxCampo (**int** t)

```
{
    tRestante = t*60;           //se pasan los minutos a segundos
    Tdelay = 600;
    do {
        mostrarCuentaAtras (tRestante);
        mostrarCampoMax (campoMax);
        for(i=0;i<k;++i) {
            x[i]=digitalRead(P[i]);
        }
        if (x[0] == LOW and x_ant[0] == HIGH) {

            tRestante = 0;
        }
    } while (tRestante > 0);
}
```

```
/* FUNCION inter()

* Esta función se ejecuta cada vez que se detecta una interrupción en el pin 2.

*/

void inter ()
{
    if (pulso==HIGH and digitalRead (Int1) ==HIGH) {
        delayMicroseconds (Tdelay);
        digitalWrite (Salida,HIGH);
        delayMicroseconds (anchoDePulso);
        digitalWrite (Salida,LOW);
        pulso=LOW;
    }
}
```

```
/* FUNCION seleccionModo()
```

```
* Esta función es una de las que se ejecuta en el Estado 0, consta de un bucle Do-While, el cual se ejecuta
* mientras no se pulse el pulsador de Select, p[1], el cual selecciona el modo. Mientras esto no ocurra está
* continuamente leyendo los pulsadores p[2] y p[3] los cuales disminuyen o aumentan la variable modo, esta
* variable cuando se pulsa select se asigna a Nestado, el valor de esta variable es el que devuelve la función.
*/
```

```
int seleccionModo ()
```

```
{
    bool selectMode = LOW;
    byte modo = 1;
    byte Nestado = 0;

    do {
        mostrarModo(modo);
        for (i=0;i<k;++i) { //Lee los cuatro pulsadores (X[0]=P[0],X[1]=P[1],X[2]=P[2],X[3]=P[3])
            x[i]=digitalRead(P[i]);
        }
        if (x[1] == LOW and x_ant[1] == HIGH) {
            selectMode = HIGH;
        }
        else {
            if (x[3]==LOW and x_ant[3] == HIGH) {
                if ((modo >=1) and (modo <=3)) {
                    lcd.setCursor(14,0);
                    lcd.print(" ");
                    ++modo;
                }
            }
            x_ant[3] = x[3];
        }
    }
}
```

```

    if (x[2] == LOW and x_ant[2] == HIGH) {
        if ((modo >= 1) and (modo <= 3)) {
            lcd.setCursor(14,0);
            lcd.print(" ");
            --modo;
        }
    }
    x_ant[2] = x[2];

    if (modo < 1) {
        modo=1;
    }
    if (modo >= 3) {
        modo=3;
    }
}
x_ant[1] = x[1];
} while (selectMode == LOW);
Nestado = modo;
return Nestado;
}

```

```
/* FUNCION seleccionTiempo()
```

```
* Esta función es la primera que se ejecuta en el Estado 0, consta de un bucle Do-While, el cual se ejecuta mientras
```

```
* no se pulse el pulsador de Select, p[1], el cual selecciona el tiempo. Mientras esto no ocurra está leyendo los
```

```
* pulsadores p[2] y p[3] que disminuyen o aumentan la variable minutos, la cual es el valor que devuelve la función.
```

```
*/
```

```
int seleccionTiempo ()
```

```
{
```

```
    bool timeSet = LOW;
```

```
    int aminutos = 1;                //Variable a mostrar por LCD de los minutos
```

```
    do {
```

```
        mostrarTiempo (aminutos);
```

```
        for (i=0;i<k;++i) {
```

```
            x[i] = digitalRead (P[i]);
```

```
        }
```

```
        if (x[1] == LOW and x_ant[1] == HIGH) {
```

```
            timeSet = HIGH;
```

```
        }
```

```
        else {
```

```
            if (x[3] == LOW and x_ant[3] == HIGH) {
```

```
                if (aminutos >= 10 and aminutos <= 59) {
```

```
                    lcd.setCursor(12,1);
```

```
                    lcd.print(" ");
```

```
                    ++aminutos;
```

```
                }
```

```
            if (aminutos >=1 and aminutos < 10){
```

```
                lcd.setCursor(11,1);
```

```
                lcd.print(" ");
```

```
                ++aminutos;
```

```
            }
```

```
        }
```

```

x_ant[3] = x[3];
if (x[2] == LOW and x_ant[2] == HIGH ) {
    if (aminutos >=2 and minutos <= 9) {
        lcd.setCursor(11,1);
        lcd.print(" ");
        --aminutos;
    }
    if (aminutos >=10 and minutos <= 59) {
        lcd.setCursor(12,1);
        lcd.print(" ");
        --aminutos;
    }
}

```

```

x_ant[2] = x[2];
if (aminutos == 1) {
    minutos = 1;
}
if (aminutos >= 60) {
    minutos = 60;
}
}

```

```

x_ant[1] = x[1];
} while (timeSet == LOW);

```

```

return minutos;

```

```

}

```

```

void mostrarTiempo (int minutos)

```

```

{

```

```

    lcd.setCursor(11,1);

```

```

    lcd.print(minutos);

```

```
if (minutos < 10 ) {  
    lcd.setCursor(11,1);  
    lcd.blink();  
}  
else {  
    lcd.setCursor(12,1);  
    lcd.blink();  
}  
delay (50);  
}
```

```
void mostrarModo (int mod)  
{  
    lcd.setCursor(14,0);  
    lcd.print(mod);  
    lcd.setCursor(14,0);  
    lcd.blink();  
    delay (50);  
}
```

```

/* FUNCION mostrarCuentaAtras ()
*
* Esta función es requerida en cada uno de los modos de funcionamiento, y lo que hace es mostrar el tiempo
* restante en el formato "mm:ss"
*/

```

void mostrarCuentaAtras (**int** tRest)

```

{
    int minRes = (tRest / 60) % 60; //Convertimos los segundos totales en minutos
    int segRes = tRest % 60; //Convertimos los segundos totales en periodos de 60 segundos
    lcd.setCursor(2, 1);
    if (minRes < 10) { // Si los minutos son menor que 10, pone un "0" delante.
        lcd.print("0");
    }
    lcd.print(minRes); // Sin este código, se muestra así: H:M:S (H:1:S)
    lcd.print(":");
    if (segRes < 10) { // Si los segundos son menor que 10, pone un "0" delante.
        lcd.print("0");
    }
    lcd.print(segRes); // Sin este código, se muestra así: H:M:S (H:M:1)
}

```

void mostrarPotencia (**int** pot)

```

{
    lcd.setCursor(12, 1);
    lcd.print(pot);
    lcd.print("%");
    lcd.setCursor(12, 1);
}

```

void mostrarCampoMax (**float** campo)

```

{

```

```

    lcd.setCursor(9, 1);
    lcd.print(campo);
    lcd.print("G");
}

```

```

/* FUNCION ISR(TIMER2_OVF_vect)

```

```

*

```

```

* Esta función genera una interrupción cada 32.64ms, mediante el uso del Timer 2 de Arduino,

```

```

* dicha interrupción va aumentando la variable cuenta hasta que llega a 30 ( $0.03264s \times 30 = 0.9792s$ ), valor que se

```

```

* puede aproximar a un segundo, y descuenta uno a la variable tRestante

```

```

*/

```

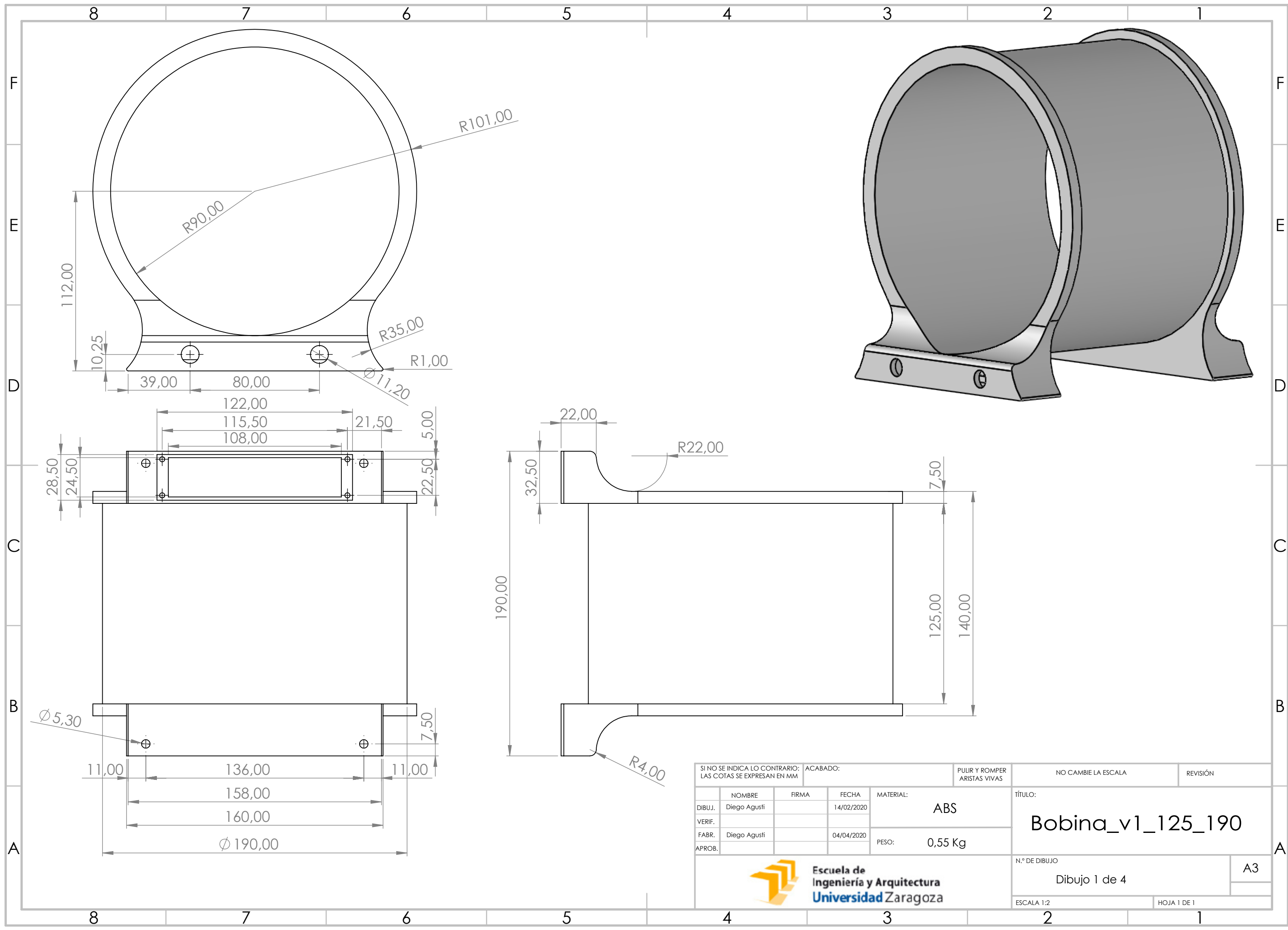
```

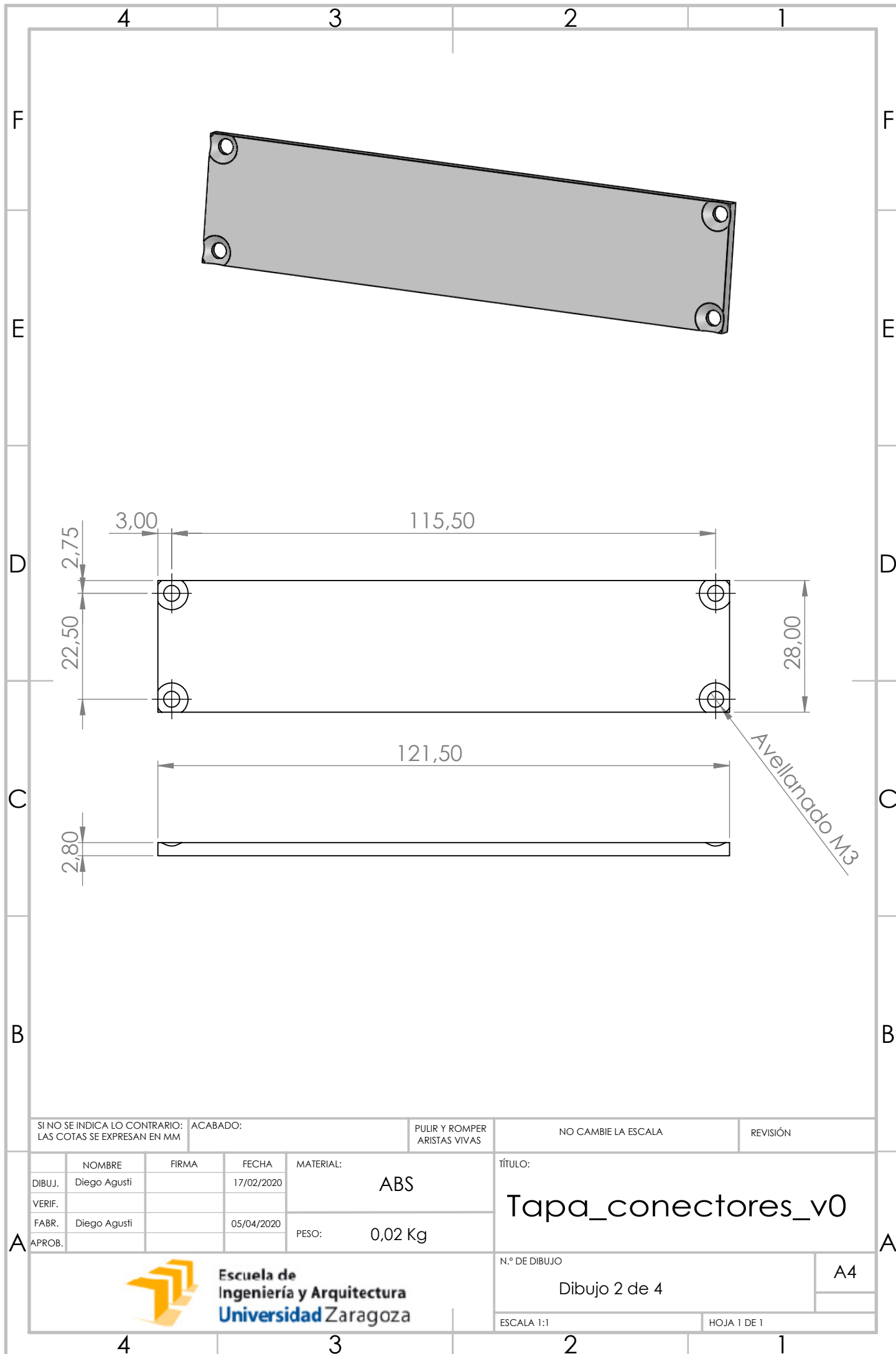
ISR(TIMER2_OVF_vect) {
    cuenta++;
    interrupcionActiva=LOW;
    if (cuenta > 29) {
        if (tRestante >= 0) {
            tRestante--;
        }
        else {
            tRestante = 0;
        }
        cuenta = 0;
        interrupcionActiva = HIGH;
    }
}

```

IV. Anexos IV - Otros.

IV.a Plano de fabricación de la bobina.





IV. b Fabricación de PCBs mediante insolación.

1.- Introducción:

En primer lugar, se va a enumerar los materiales necesarios para la creación de circuitos impresos mediante este método y su composición.

- Placa Fotosensible:

Por lo general pueden estar compuestas por una capa base hecha de fibra de vidrio y resina denominada (FR-4), la clásica baquelita. Sobre esta base se coloca por electrolisis una fina capa de cobre, al eliminar parte de este cobre podremos crear las pistas. La parte superior de cobre se “pinta” con un esmalte fotosensible. Este material cambia sus características químicas al contacto con la luz ultravioleta.

- Fitolito:

Está compuesto por un soporte transparente o translúcido al que se le aplica una capa opaca con la forma de nuestro diseño de PCB. El material soporte tendrá efecto en la insolación debido a su índice de refracción se explicará más adelante. La imagen debe ser impresa invertida y en la vista lateral lo pintado en negro es la tinta adherida al soporte.

2.- Teoría del proceso:

El proceso de insolación se basa la técnica de exposición de la capa fotosensible de una placa a la luz ultravioleta. Para hacer que ciertas partes de nuestra PCB no se vean afectadas por dicha luz se colocara una barrera opaca, Esta barrera es el fitolito. Por lo general está compuesto de una tinta opaca aplicada en una lámina translúcida o transparente, como puede ser acetato o papel vegetal (papel cebolla). El fitolito se debe colocar lo mejor posible, y es en este proceso donde se pueden producir la mayor parte de los errores en la insolación, debido a factores ópticos.

3.- Fases de la fabricación

3.1- Insolación:

Una vez que se ha conseguido una correcta colocación del fitolito se procederá a insolar la placa. La luz más adecuada para este proceso es la que tenga mayor contenido en rayos ultravioleta (UV) tanto clase A como B.

Las lámparas tipo actínicas y black-blue tienen una gran componente de UV, por lo que no es recomendable mirarlas muy continuamente. Los tubos fluorescentes también poseen una componente de UV, pero en mucha menor medida, esto influye en el tiempo de insolación.

Si el fotolito es lo suficientemente opaco una exposición excesiva no afectara a las pistas. En caso contrario se podrán observar en la placa ya terminada unos pequeños puntitos y líneas insoladas en zonas donde no deberían aparecer. Los haces de luz al incidir sobre la capa fotosensible provocarán una reacción química de esta zona. Este cambio químico hace que sea sensible al líquido revelador que la disolverá.

3.2.- Revelado:

En este proceso se hace reaccionar la parte de la capa fotosensible, que fue insolada. El líquido es una dilución de sosa cáustica en agua de una relación dependiente del tipo de capa fotosensible. Esta mezcla diluye la parte de la capa que reaccionó con la luz UV, dejando solo la protegida por el fotolito.

3.3.- Ataque químico:

En el ataque químico se utiliza un producto ácido para eliminar el cobre que ha quedado al desnudo, solo será atacada esta zona debido a que la capa no insolada es resistente al ácido.

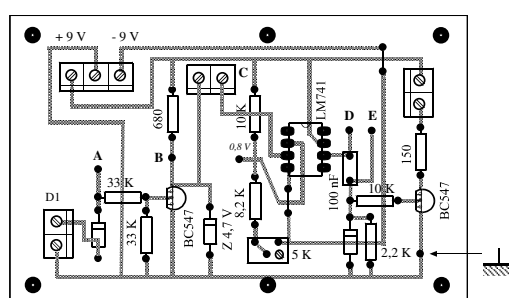
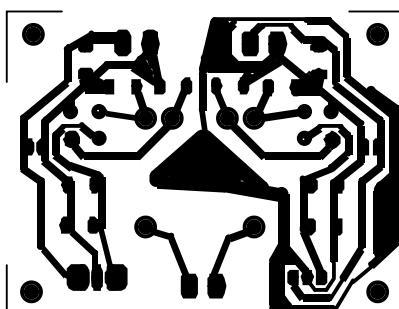
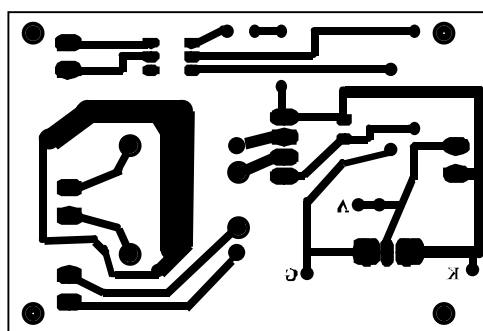
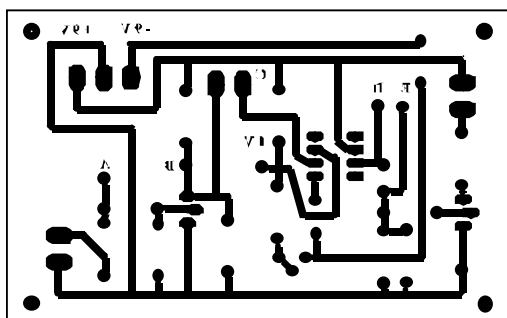
Existen diferentes productos para el ataque químico en esta tabla se muestran los más comunes y sus mezclas.

Atacador lento	Cloruro férrico Fe_3Cl
	0,5 Kg de agua /1Kgr de Fe_3Cl .
Atacador rápido	200 ml ácido clorhídrico (HCl 35%)
	30 ml agua oxigenada de 110 volúmenes (H_2O_2 30%)
	770 ml agua (H_2O)

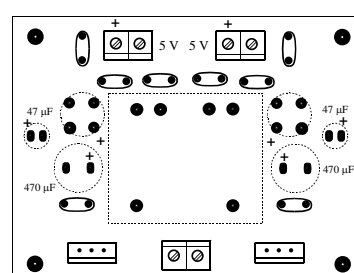
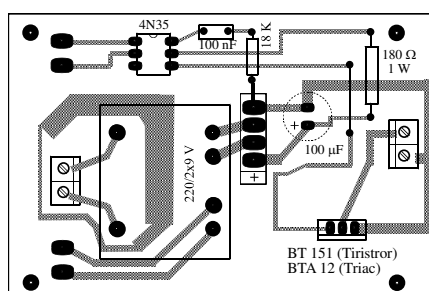
3.4.- Limpieza:

Para eliminar la capa fotosensible se utilizará alcohol y algodón o cualquier líquido disolvente para PCB.

En la siguiente página, se muestran los fotolitos empleados y los esquemas topográficos de las placas usadas en el proyecto.



Todos los potenciómetros: - Giro horario (+)
- Giro antihorario (-)



IV. c Listado de componentes.

A continuación, se enumeran todos los componentes usados para el prototipo:

COMPONENTES EQUIPO MAGNETOTERAPIA	
Arduino	
Arduino Nano	1
Pantalla LCD 16x2	1
Interfaz I2C LCD	1
Pulsador negro	2
Pulsador rojo	1
Pulsador verde	1

Circuitos control y potencia	
Componente	Cantidad
Transistor BC547	2
Optoacoplador 4N35	1
Diodo 1N4002	1
Tiristor BT151	1
Puente rectificador 4 diodos (plano)	1
Resistencias 1/4 W 150 W	1
Resistencias 1/4 W 1 K	2
Resistencias 1/4 W 1,5 K	1
Resistencias 1/4 W 4,7 K	2
Resistencias 1/4 W 10 K	2
Resistencias 1/4 W 18 K	1
Condensador poliéster multicapas 100 nF	2
Condensador electrolítico 100 mF 63 V	1
Regleta 2 bornes	4
Regleta 3 bornes	1
Transformador 230/2x9 V 2,8 VA	1
Transformador toroidal 230V/2x12V 80VA	1
Conector tipo c14	1
Interruptor redondo 6A	1
Conector hembra tipo banana seguridad 4mm azul	2
Tapa de metacrilato de 3 mm	1

Fuente de alimentación	
Transformador 230/2x9 V 2,8 VA	1
Condensador electrolítico 470 mF 63 V	2
Condensador electrolítico 47 mF 63 V	2
Condensador poliéster multicapas 100 nF	8
Regulador 7809	2
Puente rectificador 4 diodos W06G	2
Regleta 2 bornes	3

Bobina	
Hilo de cobre de 1mm para bobinar	2 kg
Barniz aislante	
Bobina PLA blanco, 2,85mm 1000g	1
Conector hembra tipo banana seguridad 4mm azul	2
Cable macho tipo banana seguridad 4mm azul	2

IV. d Datasheet de los componentes.

- Datasheet 4N25
- Datasheet 7809
- Datasheet BC547
- Datasheet BT151
- Datasheet RS201L
- Datasheet Transformador 220/2x9 V 2,8 VA
- Datasheet Transformador toroidal 230V/2x12V 80VA
- Datasheet W06G

4N25, 4N26, 4N27, 4N28 OPTOCOUPERS

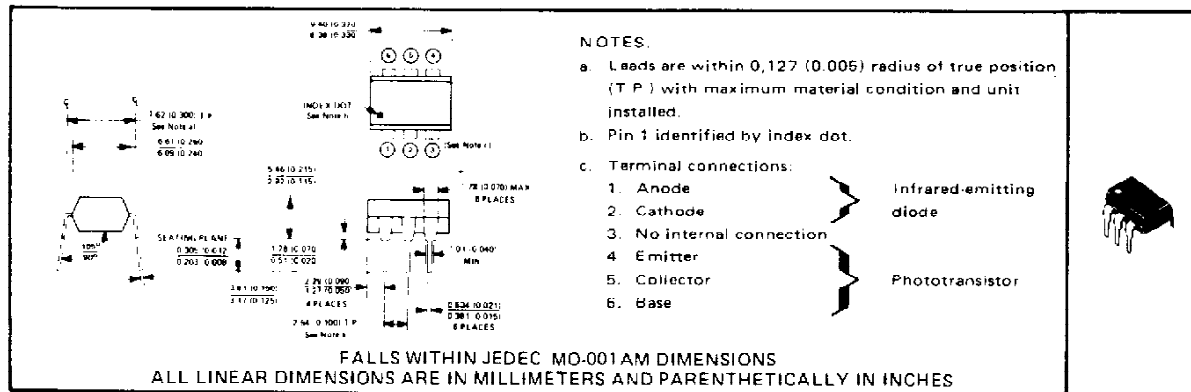
SOOS035 D2493 SEPTEMBER 1978 - REVISED MARCH 1983

COMPATIBLE WITH STANDARD TTL INTEGRATED CIRCUITS

- Gallium Arsenide Diode Infrared Source Optically Coupled to a Silicon N-P-N Phototransistor
- High Direct-Current Transfer Ratio
- High-Voltage Electrical Isolation . . . 2.5-kV, 1.5-kV, or 0.5-kV Rating
- Plastic Dual-In-Line Package
- High-Speed Switching . . . $t_r = 2 \mu s$, $t_f = 2 \mu s$ Typical

mechanical data

The package consists of a gallium arsenide infrared-emitting diode and an n-p-n silicon phototransistor mounted on a 6-lead frame encapsulated within an electrically nonconductive plastic compound. The case will withstand soldering temperature with no deformation and device performance characteristics remain stable when operated in high-humidity conditions. Unit weight is approximately 0.52 grams.



absolute maximum ratings at 25°C free-air temperature (unless otherwise noted)

*Peak Input-to-Output Voltage:	4N25	±2.5 kV
	4N26, 4N27	±1.5 kV
	4N28	±0.5 kV
*Collector-Base Voltage		70 V
*Collector-Emitter Voltage (See Note 1)		30 V
*Emitter-Collector Voltage		7 V
Emitter-Base Voltage		7 V
*Input-Diode Reverse Voltage		3 V
*Input-Diode Continuous Forward Current at (or below) 25°C Free-Air Temperature (See Note 2)		80 mA
*Input-Diode Peak Forward Current ($t_W = 300 \mu s$, duty cycle = 2%)		3 A
*Continuous Power Dissipation at (or below) 25°C Free-Air Temperature:		
Infrared-Emitting Diode (See Note 3)		150 mW
Phototransistor (See Note 3)		150 mW
Total, Infrared-Emitting Diode plus Phototransistor (See Note 4)		250 mW
*Storage Temperature Range		-55°C to 150°C
*Lead Temperature 1.6 mm (1/16 inch) from Case for 10 Seconds		260°C

*JEDEC registered data. This data sheet contains all applicable JEDEC-registered data in effect at the time of publication.

- NOTES:
- This value applies when the base-emitter diode is open-circuited.
 - Derate linearly to 100°C free-air temperature at the rate of 1.33 mA/°C.
 - Derate linearly to 100°C free-air temperature at the rate of 2 mW/°C.
 - Derate linearly to 100°C free-air temperature at the rate of 3.33 mW/°C.

PRODUCTION DATA documents contain information current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

TEXAS
INSTRUMENTS

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 1983, Texas Instruments Incorporated

4N25, 4N26, 4N27, 4N28 OPTOCOUPERS

electrical characteristics at 25°C free-air temperature (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	4N25, 4N26			4N27, 4N28			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
*V _{BR} (CBO) Collector-Base Breakdown Voltage	I _C = 100 μ A, I _E = 0, I _F = 0	70			70			V
*V _{BR} (CEO) Collector-Emitter Breakdown Voltage	I _C = 1 mA, I _B = 0, I _F = 0	30			30			V
*V _{BR} (ECO) Emitter-Collector Breakdown Voltage	I _E = 100 μ A, I _B = 0, I _F = 0	7			7			V
*I _R Input Diode Static Reverse Current	V _R = 3 V			100			100	μ A
*I _{C(on)} On-State Collector Current (Phototransistor Operation)	V _{CE} = 10 V, I _B = 0, I _F = 10 mA	2	5		1	3		mA
I _{C(on)} On-State Collector Current (Photodiode Operation)	V _{CB} = 10 V, I _E = 0, I _F = 10 mA	20			20			μ A
*I _{C(off)} Off-State Collector Current (Phototransistor Operation)	V _{CE} = 10 V, I _B = 0, I _F = 0	1	50		1	50		nA
*I _{C(off)} Off-State Collector current (Photodiode Operation)	V _{CB} = 10 V, I _E = 0, I _F = 0	0.1	20		0.1	20		nA
*V _F Input Diode Static Forward Voltage	I _F = 10 mA	1.25	1.5		1.25	1.5		V
*V _{CE(sat)} Collector-Emitter Saturation Voltage	I _C = 2 mA, I _B = 0, I _F = 50 mA	0.25	0.5		0.25	0.5		V
r _{IO} Input-to-Output Internal resistance	V _{in-out} = $\pm$ 2.5 kV for 4N25, $\pm$ 1.5 kV for 4N26, 4N27, $\pm$ 0.5 kV for 4N28, See Note 5	10 ¹¹	10 ¹²		10 ¹¹	10 ¹²		Ω
C _{IO} Input-to-Output Capacitance	V _{in-out} = 0, f = 1 MHz, See Note 5	1			1			pF

*JEDEC registered data

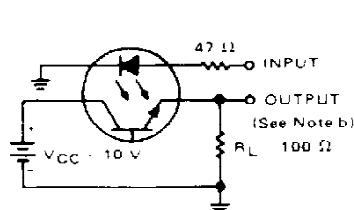
NOTE 5: These parameters are measured between both input diode leads shorted together and all the phototransistor leads shorted together

switching characteristics at 25°C free-air temperature

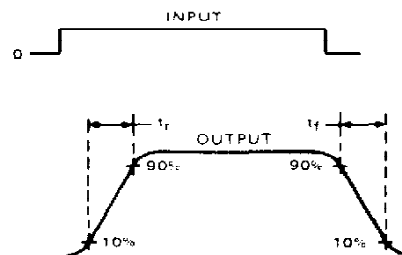
PARAMETER			TEST CONDITIONS		TYP	UNIT
t _r	Rise Time	Phototransistor Operation	V _{CC} = 10 V, I _B = 0, I _{C(on)} = 2 mA,		2	μ s
t _f	Fall Time		R _L = 100 Ω , See Test Circuit A of Figure 1		2	
t _r	Rise Time	Photodiode Operation	V _{CC} = 10 V, I _E = 0, I _{C(on)} = 20 μ A,		1	μ s
t _f	Fall Time		R _L = 1 k Ω , See Test Circuit B of Figure 1		1	

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

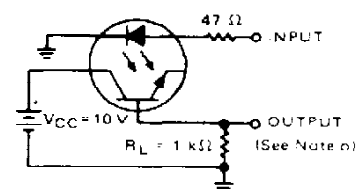
Adjust amplitude of input pulse for:
I_{C(on)} = 2 mA (Test Circuit A) or
I_{C(on)} = 20 μ A (Test Circuit B)



TEST CIRCUIT A
PHOTOTRANSISTOR OPERATION



VOLTAGE WAVEFORMS



TEST CIRCUIT B
PHOTODIODE OPERATION

- NOTES
- The input waveform is supplied by a generator with the following characteristics: Z_{out} = 50 Ω , t_r $\leq$ 15 ns, duty cycle $\approx$ 1%, t_W = 100 μ s.
 - The output waveform is monitored on an oscilloscope with the following characteristics: t_r $\leq$ 12 ns, R_{in} $\geq$ 1 M Ω , C_{in} $\leq$ 20 pF.

FIGURE 1 – SWITCHING TIMES

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments (TI) reserves the right to make changes to its products or to discontinue any semiconductor product or service without notice, and advises its customers to obtain the latest version of relevant information to verify, before placing orders, that the information being relied on is current.

TI warrants performance of its semiconductor products and related software to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are utilized to the extent TI deems necessary to support this warranty. Specific testing of all parameters of each device is not necessarily performed, except those mandated by government requirements.

Certain applications using semiconductor products may involve potential risks of death, personal injury, or severe property or environmental damage ("Critical Applications").

TI SEMICONDUCTOR PRODUCTS ARE NOT DESIGNED, INTENDED, AUTHORIZED, OR WARRANTED TO BE SUITABLE FOR USE IN LIFE-SUPPORT APPLICATIONS, DEVICES OR SYSTEMS OR OTHER CRITICAL APPLICATIONS.

Inclusion of TI products in such applications is understood to be fully at the risk of the customer. Use of TI products in such applications requires the written approval of an appropriate TI officer. Questions concerning potential risk applications should be directed to TI through a local SC sales office.

In order to minimize risks associated with the customer's applications, adequate design and operating safeguards should be provided by the customer to minimize inherent or procedural hazards.

TI assumes no liability for applications assistance, customer product design, software performance, or infringement of patents or services described herein. Nor does TI warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right of TI covering or relating to any combination, machine, or process in which such semiconductor products or services might be or are used.

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments and its subsidiaries (TI) reserve the right to make changes to their products or to discontinue any product or service without notice, and advise customers to obtain the latest version of relevant information to verify, before placing orders, that information being relied on is current and complete. All products are sold subject to the terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgement, including those pertaining to warranty, patent infringement, and limitation of liability.

TI warrants performance of its semiconductor products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are utilized to the extent TI deems necessary to support this warranty. Specific testing of all parameters of each device is not necessarily performed, except those mandated by government requirements.

CERTAIN APPLICATIONS USING SEMICONDUCTOR PRODUCTS MAY INVOLVE POTENTIAL RISKS OF DEATH, PERSONAL INJURY, OR SEVERE PROPERTY OR ENVIRONMENTAL DAMAGE ("CRITICAL APPLICATIONS"). TI SEMICONDUCTOR PRODUCTS ARE NOT DESIGNED, AUTHORIZED, OR WARRANTED TO BE SUITABLE FOR USE IN LIFE-SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS OR OTHER CRITICAL APPLICATIONS. INCLUSION OF TI PRODUCTS IN SUCH APPLICATIONS IS UNDERSTOOD TO BE FULLY AT THE CUSTOMER'S RISK.

In order to minimize risks associated with the customer's applications, adequate design and operating safeguards must be provided by the customer to minimize inherent or procedural hazards.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right of TI covering or relating to any combination, machine, or process in which such semiconductor products or services might be or are used. TI's publication of information regarding any third party's products or services does not constitute TI's approval, warranty or endorsement thereof.



Micro Commercial Components

Micro Commercial Components
20736 Marilla Street Chatsworth
CA 91311
Phone: (818) 701-4933
Fax: (818) 701-4939

MC7809CT

Features

- Output current in excess of 1.0 Ampere
- No external components required
- Internal thermal overload protection
- Internal short-circuit current limiting
- Output voltage offered in 2% tolerance
- Case Material: Molded Plastic. UL Flammability Classification Rating 94V-0

Maximum Ratings @ $T_A=25^\circ\text{C}$, Unless Otherwise Noted

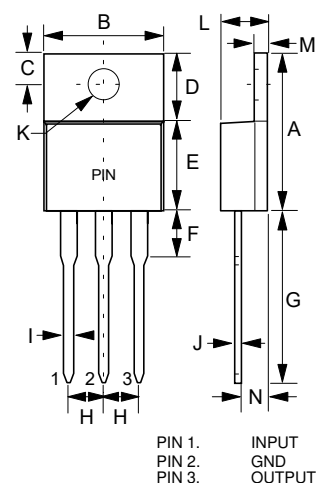
Parameter	Symbol	Value	Unit
Input Voltage	V_I	30	V
Operating Ambient Temperature	P_D	15	W
Operating Junction Temperature	T_{OPR}	-20---+75	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	T_{STG}	-55---+125	$^\circ\text{C}$

Electrical Characteristics ($V_I=15\text{V}$, $I_O=500\text{mA}$, $0^\circ\text{C}<T_J<125^\circ\text{C}$, $C_i=0.33\mu\text{F}$, $C_o=0.1\mu\text{F}$, Unless Otherwise Specified)

Parameter	Sym	Min	Typ	Max	Test conditions
Output Voltage	V_O	8.82V	9.0V	9.18V	$T_J=25^\circ\text{C}$
		8.77V		9.23V	$10.5\text{V} \leq V_I \leq 27\text{V}$, $5\text{mA} \leq I_O \leq 1.0\text{A}$, $P_D=15\text{W}$
Load Regulation	ΔV_O		12mV	160mV	$5\text{mA} \leq I_O \leq 1.5\text{A}$, $T_J=25^\circ\text{C}$
			4.0mV	80mV	$250\text{mA} \leq I_O \leq 750\text{mA}$, $T_J=25^\circ\text{C}$
Line regulation	ΔV_O		6.0mV	160mV	$11.5\text{V} \leq V_I \leq 30\text{V}$, $T_J=25^\circ\text{C}$
			2.0mV	80mV	$12\text{V} \leq V_I \leq 18\text{V}$, $T_J=25^\circ\text{C}$
Quiescent Current	I_q		4.3mA	8.0mA	$T_J=25^\circ\text{C}$, $I_O=0$
Quiescent Current Change	ΔI_q			1.0mA 0.5mA	$14.5\text{V} \leq V_I \leq 30\text{V}$, $5\text{mA} \leq I_O \leq 1.0\text{A}$
Output Noise Voltage	V_N		52 μV		$10\text{Hz} \leq f \leq 100\text{KHz}$, $T_J=25^\circ\text{C}$
Ripple Rejection	RR	55dB	72dB		$f=120\text{Hz}$
Dropout Voltage	V_d		2.0V		$I_O=1.0\text{A}$, $T_J=25^\circ\text{C}$
Output Short Circuit Current	R_O		16mohm		$f=1.0\text{KHz}$
Output Short Circuit Current	I_{OS}		450mA		$T_J=25^\circ\text{C}$
Peak Output Current	I_{Opeak}		2.2A		$T_J=25^\circ\text{C}$
Temperature Coefficient of Output voltage	$\frac{\Delta V_O}{\Delta T_J}$		1.8mV/ $^\circ\text{C}$		$0^\circ\text{C} \leq T_J \leq 125^\circ\text{C}$, $I_O=5\text{mA}$

Three-Terminal Positive Voltage Regulators

TO-220

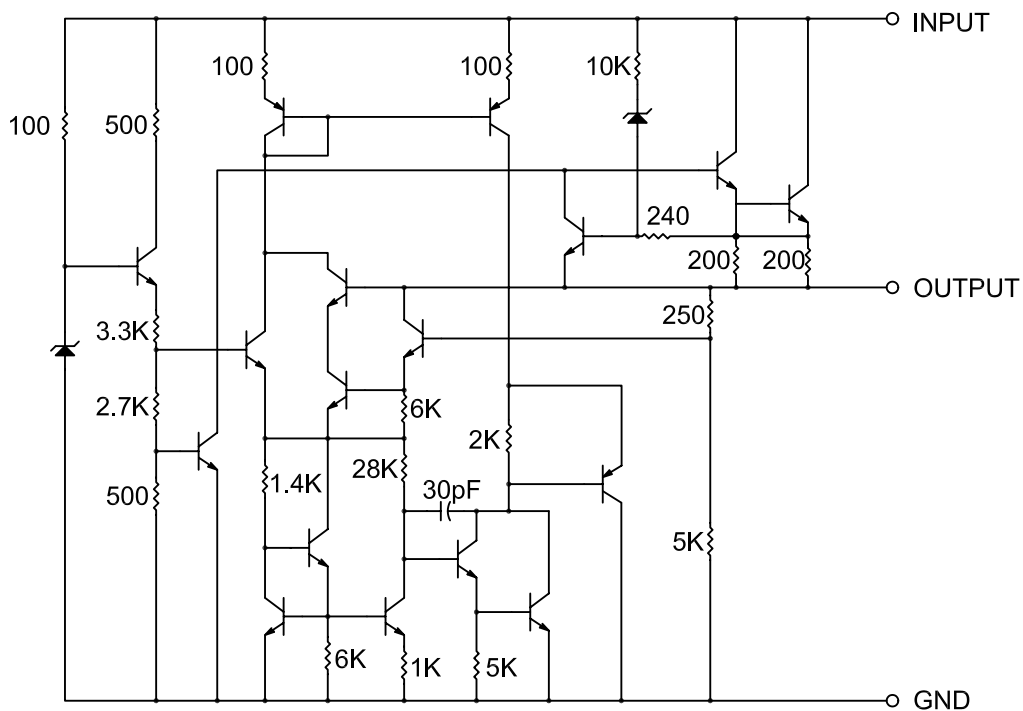


DIMENSIONS

DIM	INCHES		MM		NOTE
	MIN	MAX	MIN	MAX	
A	.560	.625	14.22	15.88	
B	.380	.420	9.65	10.67	
C	.100	.135	2.54	3.43	
D	.230	.270	5.84	6.86	
E	.380	.420	9.65	10.67	
F	-----	.250	-----	6.35	
G	.500	.580	12.70	14.73	
H	.090	.110	2.29	2.79	
I	.020	.045	0.51	1.14	
J	.012	.025	0.30	0.64	
K	.139	.161	3.53	4.09	Ø
L	.140	.190	3.56	4.83	
M	.045	.055	1.14	1.40	
N	.080	.115	2.03	2.92	

MC7809CT

Representation Schematic Diagram





TM

Micro Commercial Components

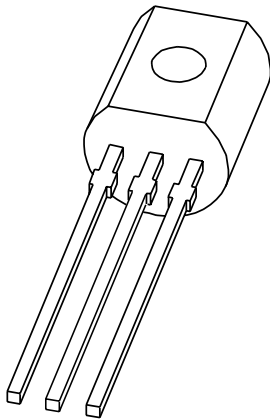
*****IMPORTANT NOTICE*****

Micro Commercial Components Corp. reserves the right to make changes without further notice to any product herein to make corrections, modifications, enhancements, improvements, or other changes. *Micro Commercial Components Corp.* does not assume any liability arising out of the application or use of any product described herein; neither does it convey any license under its patent rights, nor the rights of others. The user of products in such applications shall assume all risks of such use and will agree to hold *Micro Commercial Components Corp.* and all the companies whose products are represented on our website, harmless against all damages.

*****APPLICATIONS DISCLAIMER*****

Products offer by *Micro Commercial Components Corp.* are not intended for use in Medical, Aerospace or Military Applications.

DATA SHEET



BC546; BC547 NPN general purpose transistors

Product specification
Supersedes data of 1999 Apr 15

2004 Nov 25

NPN general purpose transistors

BC546; BC547

FEATURES

- Low current (max. 100 mA)
- Low voltage (max. 65 V).

APPLICATIONS

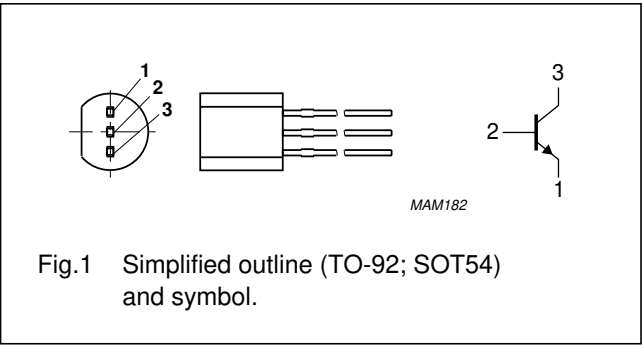
- General purpose switching and amplification.

DESCRIPTION

NPN transistor in a TO-92; SOT54 plastic package.
PNP complements: BC556 and BC557.

PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	emitter
2	base
3	collector



ORDERING INFORMATION

TYPE NUMBER	PACKAGE		
	NAME	DESCRIPTION	VERSION
BC546A	SC-43A	plastic single-ended leaded (through hole) package; 3 leads	SOT54
BC546B			
BC547			
BC547B			
BC547C			

NPN general purpose transistors

BC546; BC547

LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 60134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V _{CBO}	collector-base voltage BC546A; BC546B BC547	open emitter	–	80	V
			–	50	V
V _{CEO}	collector-emitter voltage BC546A; BC546B BC547; BC547B; BC547C	open base	–	65	V
			–	45	V
V _{EBO}	emitter-base voltage BC546A; BC546B BC547; BC547B; BC547C	open collector	–	6	V
			–	6	V
I _C	collector current (DC)		–	100	mA
I _{CM}	peak collector current		–	200	mA
I _{BM}	peak base current		–	200	mA
P _{tot}	total power dissipation	T _{amb} ≤ 25 °C; note 1	–	500	mW
T _{stg}	storage temperature		–65	+150	°C
T _j	junction temperature		–	150	°C
T _{amb}	ambient temperature		–65	+150	°C

Note

1. Transistor mounted on an FR4 printed-circuit board.

THERMAL CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	VALUE	UNIT
R _{th(j-a)}	thermal resistance from junction to ambient	note 1	250	K/W

Note

1. Transistor mounted on an FR4 printed-circuit board.

NPN general purpose transistors

BC546; BC547

CHARACTERISTICS

$T_{\text{amb}} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ unless otherwise specified.

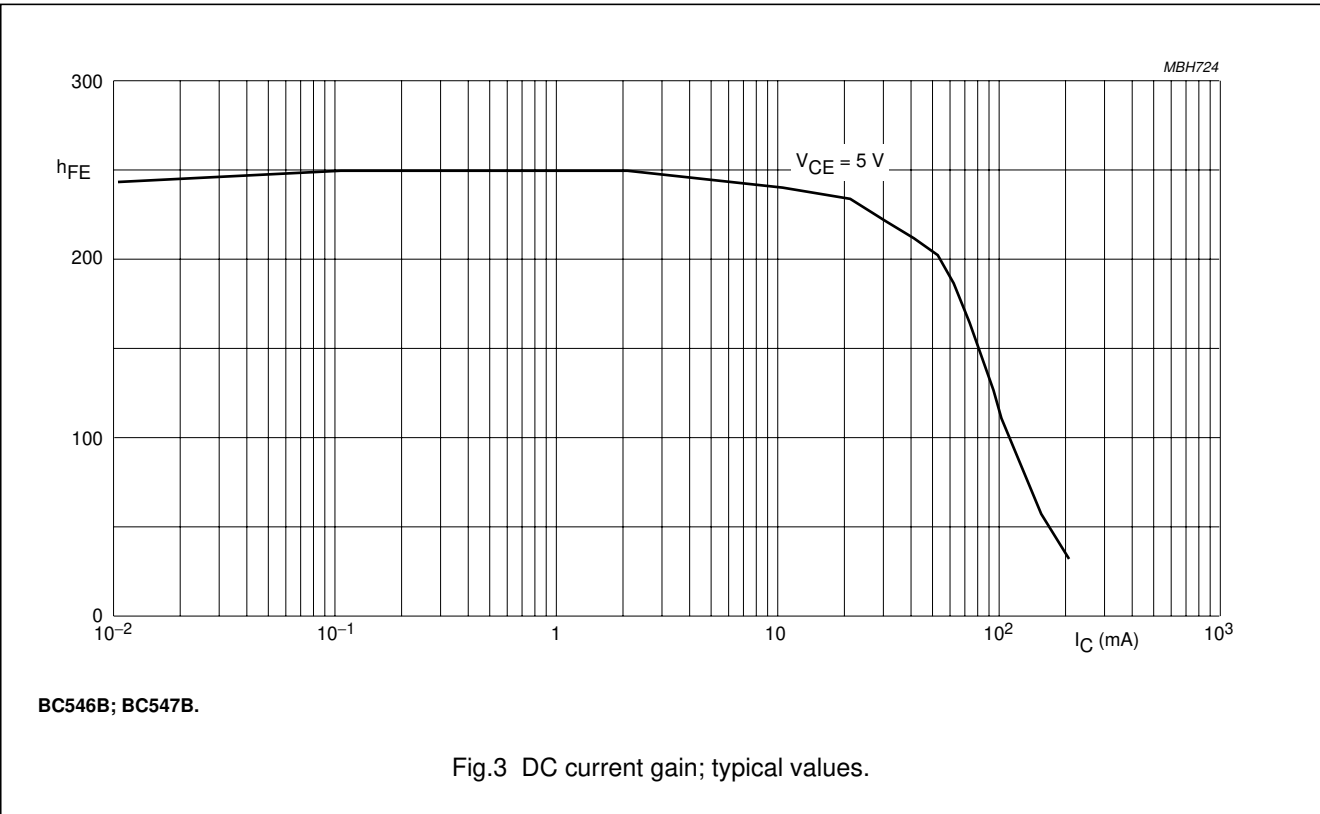
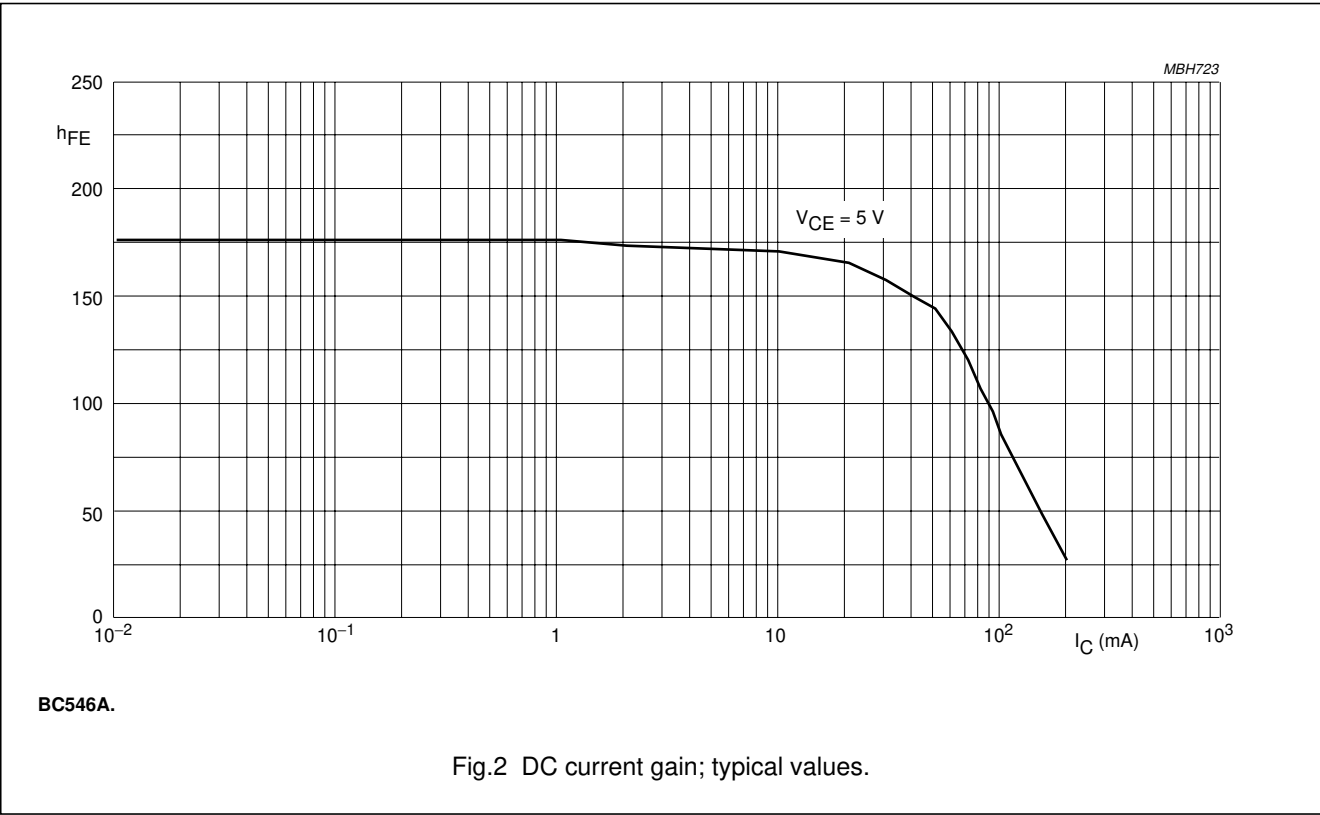
SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
I_{CBO}	collector-base cut-off current	$V_{\text{CB}} = 30\text{ V}; I_{\text{E}} = 0\text{ A}$	–	–	15	nA
		$V_{\text{CB}} = 30\text{ V}; I_{\text{E}} = 0\text{ A}; T_{\text{J}} = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$	–	–	5	μA
I_{EBO}	emitter-base cut-off current	$V_{\text{EB}} = 5\text{ V}; I_{\text{C}} = 0\text{ A}$	–	–	100	nA
h_{FE}	DC current gain	$V_{\text{CE}} = 5\text{ V}; I_{\text{C}} = 10\text{ }\mu\text{A};$ see Figs 2, 3 and 4	–	–	–	–
	BC546A		–	90	–	–
	BC546B; BC547B		–	150	–	–
	BC547C		–	270	–	–
	DC current gain	$V_{\text{CE}} = 5\text{ V}; I_{\text{C}} = 2\text{ mA};$ see Figs 2, 3 and 4	110	180	220	–
	BC546A		200	290	450	–
V_{CEsat}	collector-emitter saturation voltage	$I_{\text{C}} = 10\text{ mA}; I_{\text{B}} = 0.5\text{ mA}$	–	90	250	mV
		$I_{\text{C}} = 100\text{ mA}; I_{\text{B}} = 5\text{ mA}$	–	200	600	mV
V_{BEsat}	base-emitter saturation voltage	$I_{\text{C}} = 10\text{ mA}; I_{\text{B}} = 0.5\text{ mA};$ note 1	–	700	–	mV
		$I_{\text{C}} = 100\text{ mA}; I_{\text{B}} = 5\text{ mA};$ note 1	–	900	–	mV
V_{BE}	base-emitter voltage	$V_{\text{CE}} = 5\text{ V}; I_{\text{C}} = 2\text{ mA};$ note 2	580	660	700	mV
		$V_{\text{CE}} = 5\text{ V}; I_{\text{C}} = 10\text{ mA}$	–	–	770	mV
C_{c}	collector capacitance	$V_{\text{CB}} = 10\text{ V}; I_{\text{E}} = i_{\text{e}} = 0\text{ A}; f = 1\text{ MHz}$	–	1.5	–	pF
C_{e}	emitter capacitance	$V_{\text{EB}} = 0.5\text{ V}; I_{\text{C}} = i_{\text{c}} = 0\text{ A};$ $f = 1\text{ MHz}$	–	11	–	pF
f_{T}	transition frequency	$V_{\text{CE}} = 5\text{ V}; I_{\text{C}} = 10\text{ mA}; f = 100\text{ MHz}$	100	–	–	MHz
F	noise figure	$V_{\text{CE}} = 5\text{ V}; I_{\text{C}} = 200\text{ }\mu\text{A}; R_{\text{S}} = 2\text{ k}\Omega;$ $f = 1\text{ kHz}; B = 200\text{ Hz}$	–	2	10	dB

Notes

- V_{BEsat} decreases by about 1.7 mV/K with increasing temperature.
- V_{BE} decreases by about 2 mV/K with increasing temperature.

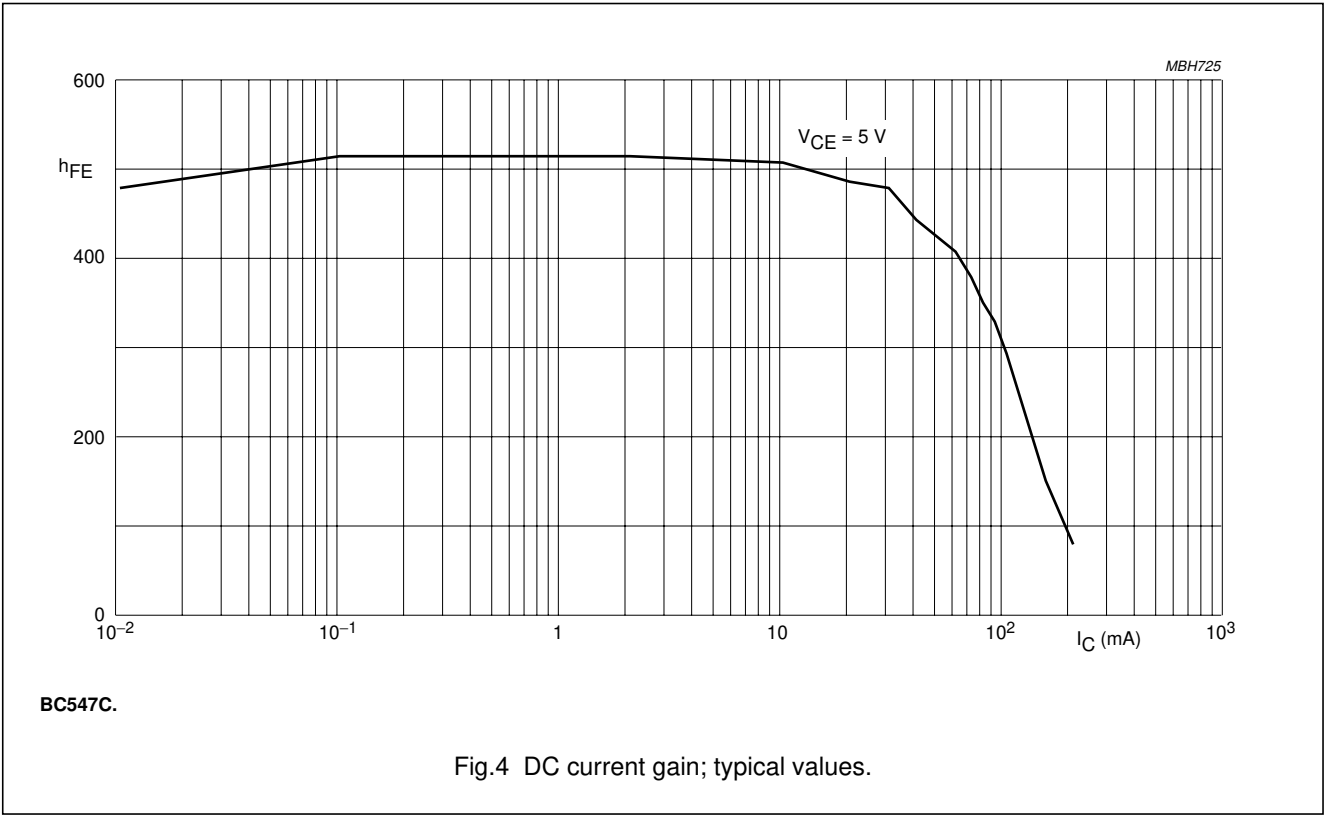
NPN general purpose transistors

BC546; BC547



NPN general purpose transistors

BC546; BC547



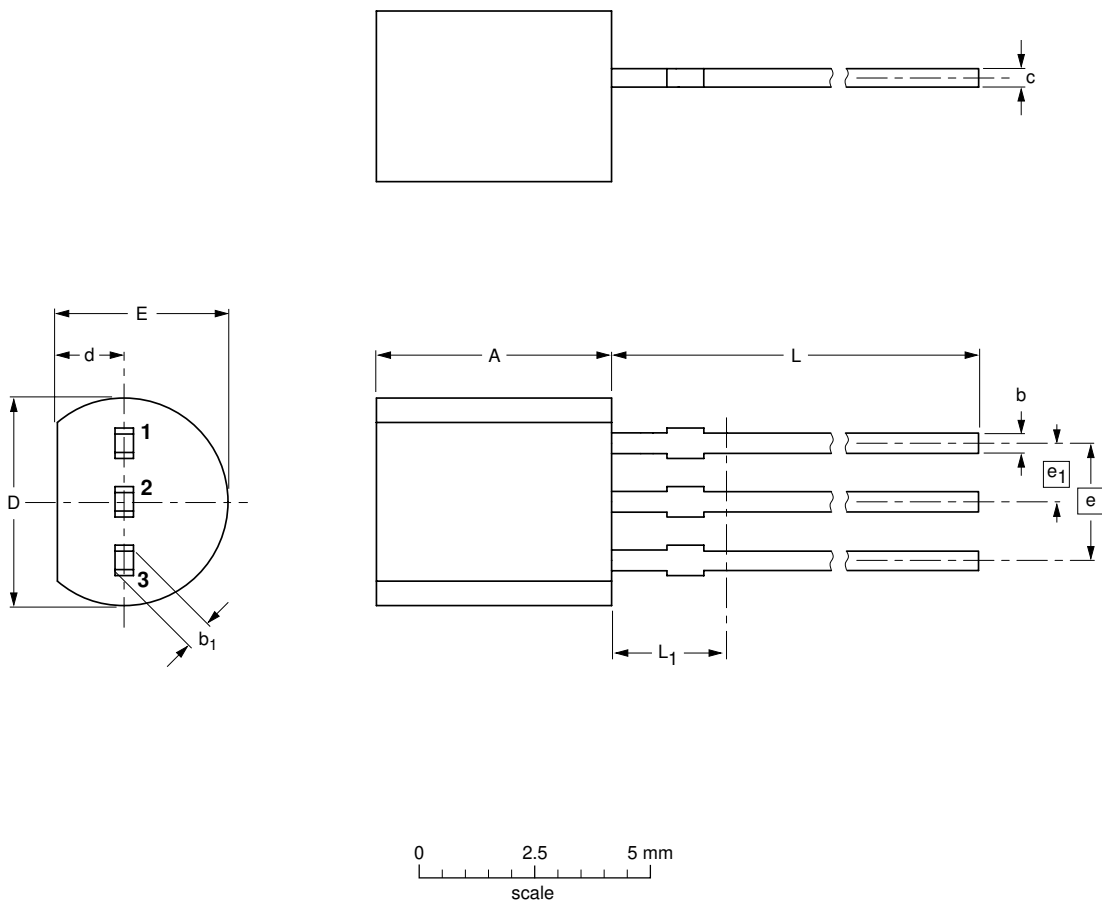
NPN general purpose transistors

BC546; BC547

PACKAGE OUTLINE

Plastic single-ended leaded (through hole) package; 3 leads

SOT54



DIMENSIONS (mm are the original dimensions)

UNIT	A	b	b ₁	c	D	d	E	e	e ₁	L	L ₁ ⁽¹⁾ max.
mm	5.2 5.0	0.48 0.40	0.66 0.55	0.45 0.38	4.8 4.4	1.7 1.4	4.2 3.6	2.54	1.27	14.5 12.7	2.5

Note

1. Terminal dimensions within this zone are uncontrolled to allow for flow of plastic and terminal irregularities.

OUTLINE VERSION	REFERENCES				EUROPEAN PROJECTION	ISSUE DATE
	IEC	JEDEC	JEITA			
SOT54		TO-92	SC-43A			04-06-28 04-11-16

NPN general purpose transistors

BC546; BC547

DATA SHEET STATUS

LEVEL	DATA SHEET STATUS ⁽¹⁾	PRODUCT STATUS ⁽²⁾⁽³⁾	DEFINITION
I	Objective data	Development	This data sheet contains data from the objective specification for product development. Philips Semiconductors reserves the right to change the specification in any manner without notice.
II	Preliminary data	Qualification	This data sheet contains data from the preliminary specification. Supplementary data will be published at a later date. Philips Semiconductors reserves the right to change the specification without notice, in order to improve the design and supply the best possible product.
III	Product data	Production	This data sheet contains data from the product specification. Philips Semiconductors reserves the right to make changes at any time in order to improve the design, manufacturing and supply. Relevant changes will be communicated via a Customer Product/Process Change Notification (CPCN).

Notes

1. Please consult the most recently issued data sheet before initiating or completing a design.
2. The product status of the device(s) described in this data sheet may have changed since this data sheet was published. The latest information is available on the Internet at URL <http://www.semiconductors.philips.com>.
3. For data sheets describing multiple type numbers, the highest-level product status determines the data sheet status.

DEFINITIONS

Short-form specification — The data in a short-form specification is extracted from a full data sheet with the same type number and title. For detailed information see the relevant data sheet or data handbook.

Limiting values definition — Limiting values given are in accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 60134). Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and operation of the device at these or at any other conditions above those given in the Characteristics sections of the specification is not implied. Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.

Application information — Applications that are described herein for any of these products are for illustrative purposes only. Philips Semiconductors make no representation or warranty that such applications will be suitable for the specified use without further testing or modification.

DISCLAIMERS

Life support applications — These products are not designed for use in life support appliances, devices, or systems where malfunction of these products can reasonably be expected to result in personal injury. Philips Semiconductors customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Philips Semiconductors for any damages resulting from such application.

Right to make changes — Philips Semiconductors reserves the right to make changes in the products - including circuits, standard cells, and/or software - described or contained herein in order to improve design and/or performance. When the product is in full production (status 'Production'), relevant changes will be communicated via a Customer Product/Process Change Notification (CPCN). Philips Semiconductors assumes no responsibility or liability for the use of any of these products, conveys no license or title under any patent, copyright, or mask work right to these products, and makes no representations or warranties that these products are free from patent, copyright, or mask work right infringement, unless otherwise specified.

Philips Semiconductors – a worldwide company

Contact information

For additional information please visit **<http://www.semiconductors.philips.com>**. Fax: **+31 40 27 24825**

For sales offices addresses send e-mail to: **sales.addresses@www.semiconductors.philips.com**.

© Koninklijke Philips Electronics N.V. 2004

SCA76

All rights are reserved. Reproduction in whole or in part is prohibited without the prior written consent of the copyright owner.

The information presented in this document does not form part of any quotation or contract, is believed to be accurate and reliable and may be changed without notice. No liability will be accepted by the publisher for any consequence of its use. Publication thereof does not convey nor imply any license under patent- or other industrial or intellectual property rights.

Printed in The Netherlands

R75/04/pp9

Date of release: 2004 Nov 25

Document order number: 9397 750 13568

Let's make things better.

**Philips
Semiconductors**



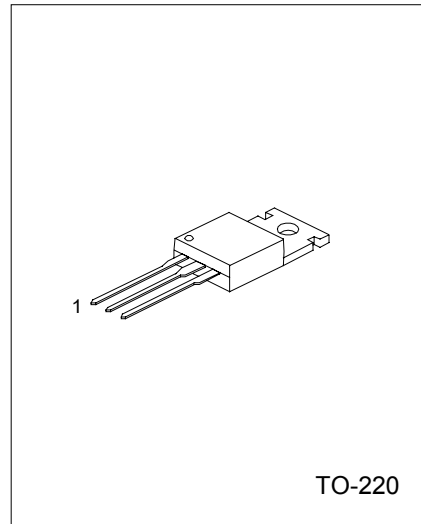
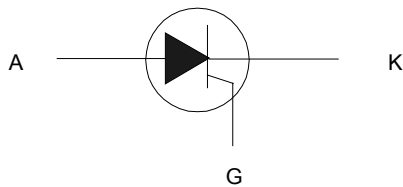
PHILIPS

SCRs

DESCRIPTION

Passivated thyristors in a plastic envelope, intended for use in applications requiring high bidirectional blocking voltage capability and high thermal cycling performance. Typical applications include motor control, industrial and domestic lighting, heating and static switching.

SYMBOL



1: CATHODE 2: ANODE 3: GATE

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS.

PARAMETER	SYMBOL	RATING	UNIT
Repetitive peak off-state voltages BT151-500 BT151-650 BT151-800	V_{DRM} , V_{RRM}	500* 650* 800	V
Average on-state current (half sine wave; $T_{mb} \leq 109^\circ\text{C}$)	$I_{T(AV)}$	7.5	A
RMS on-state current (all conduction angles)	$I_{T(RMS)}$	12	A
Non-repetitive peak on-state current (half sine wave; $T_j = 25^\circ\text{C}$ prior to surge) $t = 10\text{ ms}$ $t = 8.3\text{ ms}$	I_{TSM}	100 110	A
I^2t for fusing ($t = 10\text{ ms}$)	I^2t	50	A^2s
Repetitive rate of rise of on-state current after triggering ($I_{TM} = 20\text{ A}$; $I_G = 50\text{ mA}$; $dI_G/dt = 50\text{ mA/ms}$)	dI_T/dt	50	$\text{A}/\mu\text{s}$
Peak gate current	I_{GM}	2	A
Peak gate voltage	V_{GM}	5	V
Peak reverse gate voltage	V_{RGM}	5	V
Peak gate power (over any 20 ms period)	P_{GM}	5	W
Average gate power	$P_{G(AV)}$	0.5	W
Storage temperature	T_{stg}	-40~150	$^\circ\text{C}$
Operating junction temperature	T_j	125	$^\circ\text{C}$

*Although not recommended, off-state voltages up to 800V may be applied without damage, but the thyristor may switch to the on-state. The rate of rise of current should not exceed $15\text{ A}/\mu\text{s}$.

THERMAL RESISTANCES

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNIT
Thermal resistance Junction to mounting base	$R_{th\ j-mb}$			1.3	K/W
Thermal resistance Junction to ambient In free air	$R_{th\ j-a}$		60		K/W

STATIC CHARACTERISTICS($T_j=25^\circ\text{C}$, unless otherwise stated)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Gate trigger current	I_{GT}	$V_D = 12\text{ V}; I_T = 0.1\text{ A}$		2	15	mA
Latching current	I_L	$V_D = 12\text{ V}; I_{GT} = 0.1\text{ A}$		10	40	mA
Holding current	I_H	$V_D = 12\text{ V}; I_{GT} = 0.1\text{ A}$		7	20	mA
On-state voltage	V_T	$I_T = 23\text{ A}$		1.4	1.75	V
Gate trigger voltage	V_{GT}	$V_D = 12\text{ V}; I_T = 0.1\text{ A}$ $V_D = V_{DRM(max)}; I_T = 0.1\text{ A}; T_j = 125^\circ\text{C}$	0.25	0.6 0.4	1.5	V
Off-state leakage current	I_D, I_R	$V_D = V_{DRM(max)}; V_R = V_{RRM(max)};$ $T_j = 125^\circ\text{C}$		0.1	0.5	mA

DYNAMIC CHARACTERISTICS($T_j=25^\circ\text{C}$, unless otherwise stated)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Critical rate of rise of off-state voltage	dV_D/dt	$V_{DM} = 67\% V_{DRM(max)}; T_j = 125^\circ\text{C};$ exponential waveform; Gate open circuit $R_{GK} = 100\ \Omega$	50 200	130 1000		V/ μs
Gate controlled turn-on time	t_{gt}	$I_{TM} = 40\text{ A}; V_D = V_{DRM(max)}; I_G = 0.1\text{ A};$ $dI_G/dt = 5\text{ A}/\mu\text{s}$		2		μs
Circuit commutated Turn-off time	t_q	$V_D = 67\% V_{DRM(max)}; T_j = 125^\circ\text{C};$ $I_{TM} = 20\text{ A}; V_R = 25\text{ V}; dI_{TM}/dt = 30\text{ A}/\mu\text{s};$ $dV_D/dt = 50\text{ V}/\mu\text{s}; R_{GK} = 100\ \Omega$		70		μs

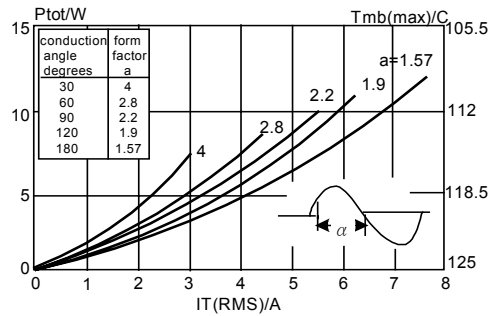


Fig. 1. Maximum on-state dissipation, P_{tot} , versus average on-state current, $I_{T(AV)}$, where $a = \text{form factor} = I_{T(RMS)}/I_{T(AV)}$.

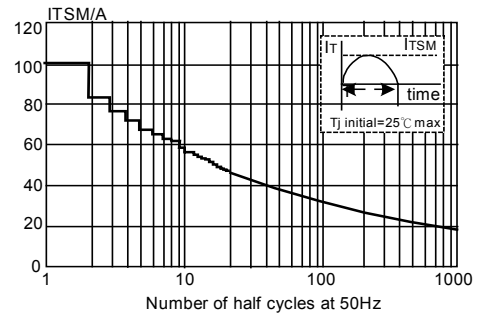


Fig. 4. Maximum Permissible non-repetitive peak on-state current I_{TSM} , versus number of cycles, for sinusoidal currents, $f=50\text{HZ}$.

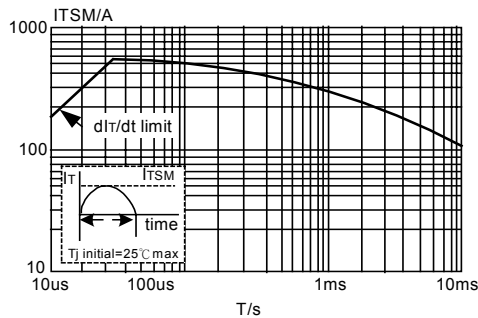


Fig. 2. Maximum Permissible non-repetitive peak on-state Current I_{TSM} , versus pulse width t_p for sinusoidal currents, $t_p \leq 10\text{ms}$.

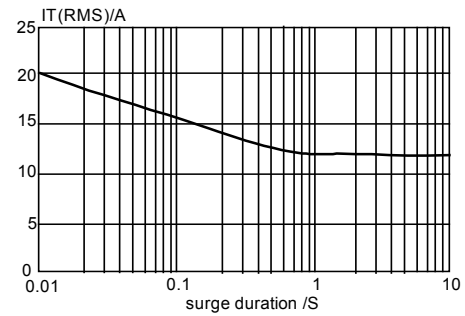


Fig. 5. Maximum permissible repetitive rms on-state current $I_T(RMS)$, versus surge duration, for sinusoidal currents, $f=50\text{HZ}$; $T_{mb} \leq 109^\circ\text{C}$.

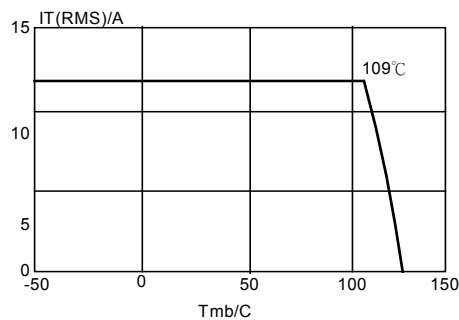


Fig. 3. Maximum permissible rms current $I_T(RMS)$, versus mounting base temperature T_{mb} .

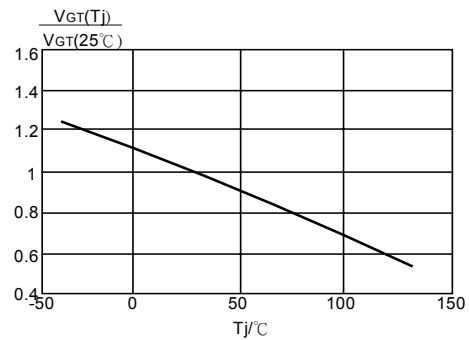
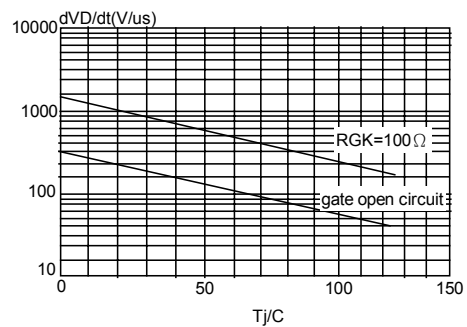
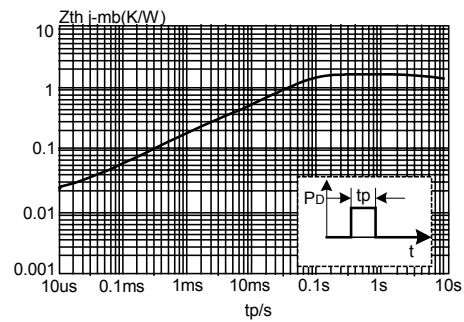
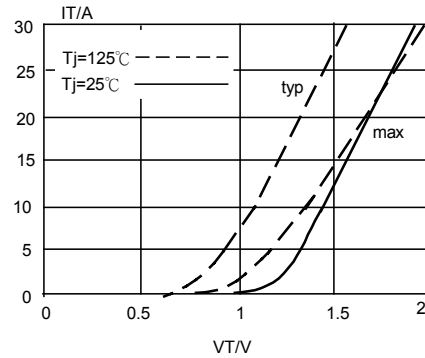
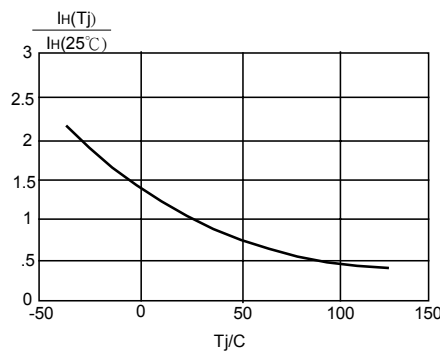
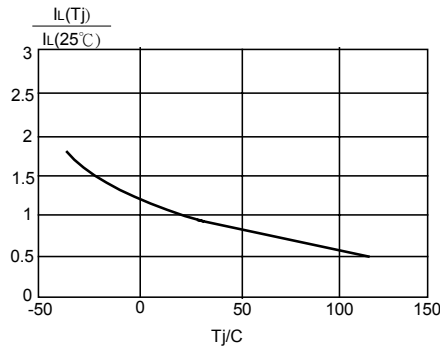
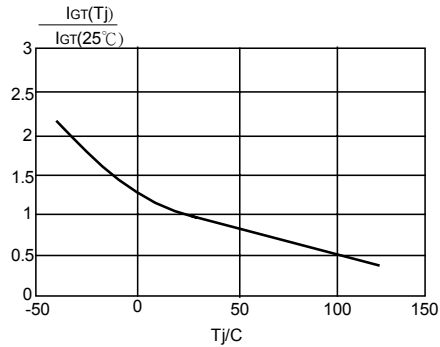


Fig. 6. Normalised gate trigger voltage $V_{GT}(T_j)/V_{GT}(25^\circ\text{C})$, versus junction temperature T_j .



UTC assumes no responsibility for equipment failures that result from using products at values that exceed, even momentarily, rated values (such as maximum ratings, operating condition ranges, or other parameters) listed in products specifications of any and all UTC products described or contained herein. UTC products are not designed for use in life support appliances, devices or systems where malfunction of these products can be reasonably expected to result in personal injury. Reproduction in whole or in part is prohibited without the prior written consent of the copyright owner. The information presented in this document does not form part of any quotation or contract, is believed to be accurate and reliable and may be changed without notice.

**SINGLE-PHASE GLASS PASSIVATED
SILICON BRIDGE RECTIFIER**
VOLTAGE RANGE 50 to 1000 Volts CURRENT 2.0 Amperes

FEATURES

- * Ideal for printed circuit board
- * Surge overload rating: 60 amperes peak

MECHANICAL DATA

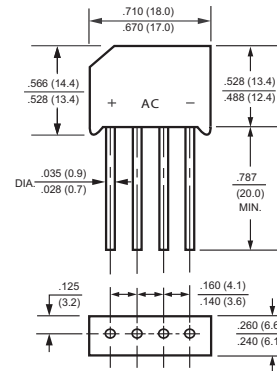
- * Epoxy: Device has UL flammability classification 94V-O
- * UL listed the recognized component directory, file #94233
- * Mounting position: Any

MAXIMUM RATINGS AND ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Ratings at 25 °C ambient temperature unless otherwise specified.
resistive or inductive load.



RS-2L



Dimensions in inches and (millimeters)

MAXIMUM RATINGS (@ T_A=25 °C unless otherwise noted)

RATINGS	SYMBOL	RS201L	RS202L	RS203L	RS204L	RS205L	RS206L	RS207L	UNITS
Maximum Recurrent Peak Reverse Voltage	V _{RRM}	50	100	200	400	600	800	1000	Volts
Maximum RMS Voltage	V _{RMS}	35	70	140	280	420	560	700	Volts
Maximum DC Blocking Voltage	V _{DC}	50	100	200	400	600	800	1000	Volts
Maximum Average Forward Rectified Current at T _A = 50°C	I _O	2.0							Amps
Peak Forward Surge Current 8.3 ms single half sine-wave superimposed on rated load (JEDEC method)	I _{FSM}	60							Amps
Current Squarad Time	i ² t	14.9							A ² /Sec
Typical Thermal Resistance (Note 1)	R _{θJC}	15							°C/W
	R _{θJA}	40							
Typical Junction Capacitance (Note 3)	C _J	15							pF
Operating and Storage Temperature Range	T _J , T _{STG}	-55 to + 150							°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (@ T_A=25 °C unless otherwise noted)

CHARACTERISTICS		SYMBOL	RS201L	RS202L	RS203L	RS204L	RS205L	RS206L	RS207L	UNITS
Maximum Instantaneous Forward Voltage at 2.0A DC		V _F	1.1							Volts
Maximum DC Reverse Current at Rated DC Blocking Voltage	@T _A = 25°C	I _R	2.0							uAmps
	@T _A = 150°C		1.0							mAmps

NOTES : 1. Thermal Resistance : Heat-sink case mounted or if PCB mounted.
2. " ROHS compliant"
3. Measured at 1MHz and applied reverse voltage of 4.0 volts.

2019-02
REV:A

RATING AND CHARACTERISTICS CURVES (RS201L THRU RS207L)

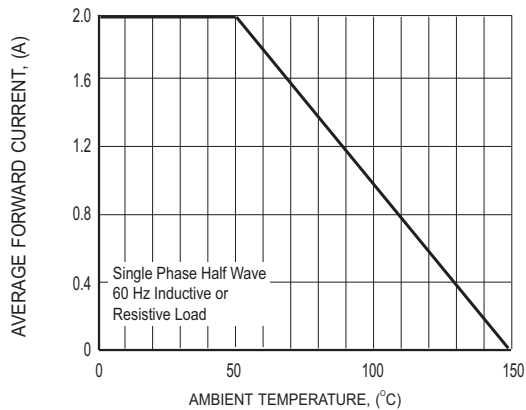


FIG.1 TYPICAL FORWARD CURRENT DERATING CURVE

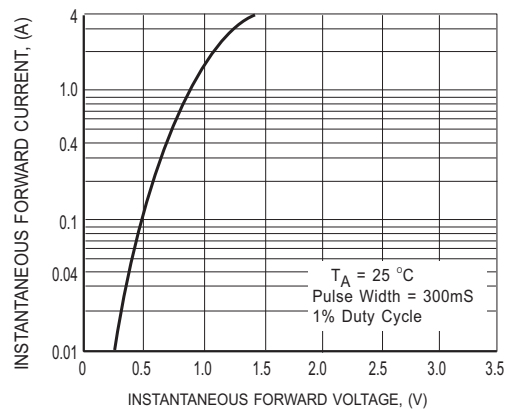


FIG.2 MAXIMUM INSTANTANEOUS FORWARD CHARACTERISTICS

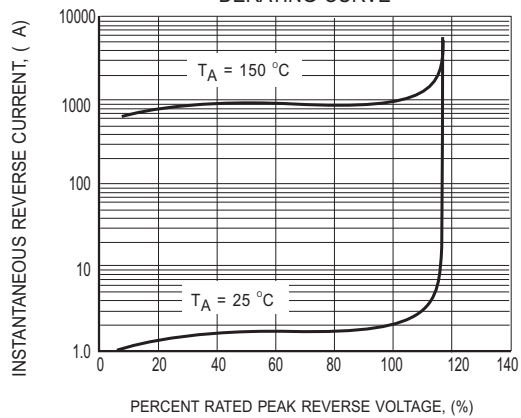


FIG.3 MAXIMUM REVERSE CHARACTERISTICS

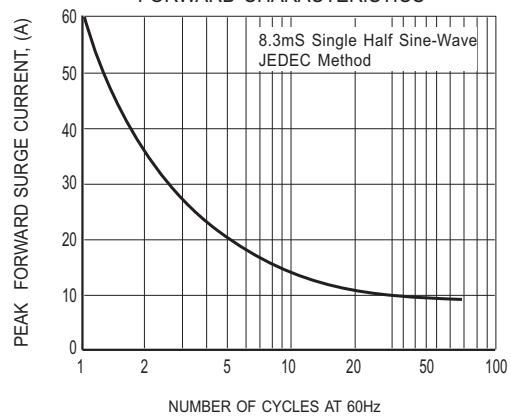
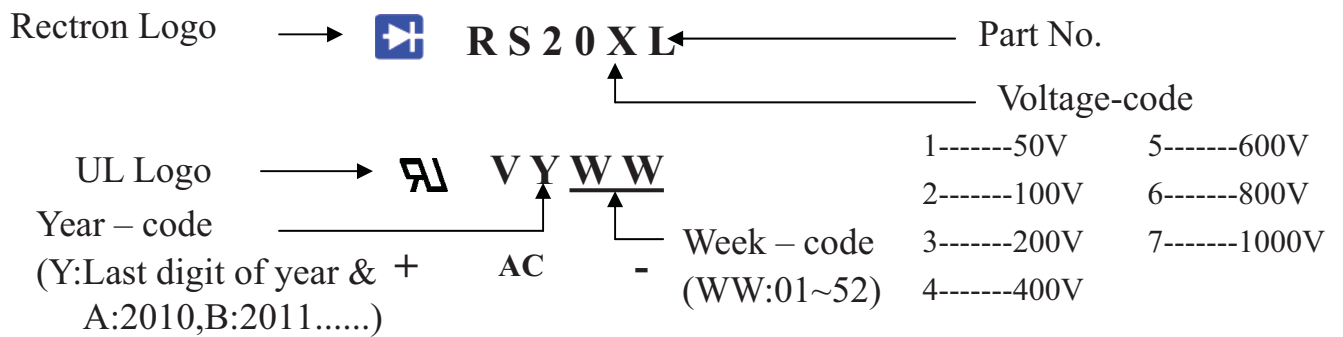


FIG.4 MAXIMUM NON-REPETITIVE FORWARD SURGE CURRENT

Marking Description



PACKAGING OF DIODE AND BRIDGE RECTIFIERS

TUBE PACK

PACKAGE	PACKING CODE	EA PER BOX	INNER BOX SIZE (mm)	CARTON SIZE (mm)	EA PER CARTON	WEIGHT(Kg)
RS-2L	-C	900	490*135*110	510*293*131	1,800	10.12

DISCLAIMER NOTICE

Rectron Inc reserves the right to make changes without notice to any product specification herein, to make corrections, modifications, enhancements or other changes. Rectron Inc or anyone on its behalf assumes no responsibility or liability for any errors or inaccuracies. Data sheet specifications and its information contained are intended to provide a product description only. "Typical" parameters which may be included on RECTRON data sheets and/ or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. Rectron Inc does not assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit.

Rectron products are not designed, intended or authorized for use in medical, life-saving implant or other applications intended for life-sustaining or other related applications where a failure or malfunction of component or circuitry may directly or indirectly cause injury or threaten a life without expressed written approval of Rectron Inc. Customers using or selling Rectron components for use in such applications do so at their own risk and shall agree to fully indemnify Rectron Inc and its subsidiaries harmless against all claims, damages and expenditures.

Mouser Electronics

Authorized Distributor

Click to View Pricing, Inventory, Delivery & Lifecycle Information:

[Rectron:](#)

[RS206L](#) [RS205L](#) [RS202L](#) [RS207L](#) [RS203L](#) [RS201L](#) [RS204L](#)



Kurzschlussfester Printtransformator VB

Short circuit proof PCB transformer VB Range

► **Minimale Baugröße bei hoher Leistung**
Maximum power from minimum size

► **Vakuum Epoxidharzverguss (selbstverlöschend, UL 94 V-0 gelistet)**
Vacuum epoxy resin moulded (self extinguishing to UL 94 V-0)

Kurzschlussfester Sicherheitstransformator nach IEC 61558-2-6, DIN EN 61558-2-6, VDE 0570 Teil 2-6

*Netztransformator nach IEC 61558-2-1, DIN EN 61558-2-1, VDE 0570 Teil 2-1 (ohne VDE-Prüfzeichen)

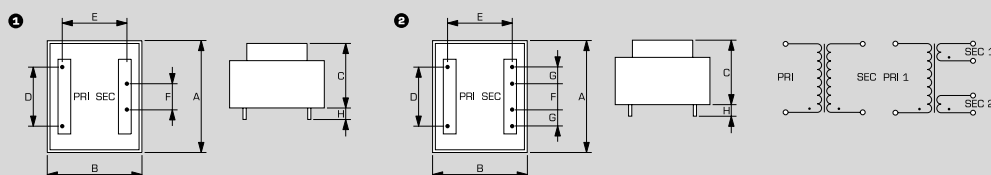
Short circuit proof safety isolating transformer to IEC 61558-2-6, DIN EN 61558-2-6, VDE 0570 part 2-6

*Transformer to IEC 61558-2-1, DIN EN 61558-2-1, VDE 0570 part 2-1 (without VDE-Approval)

VB 2,0/2/12



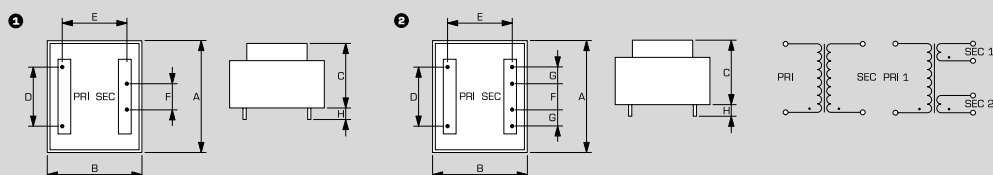
Typ Type	VB 0,35/1/..	VB 0,35/2/..	VB 0,5/1/..	VB 0,5/2/..	VB 1,0/1/..	VB 1,0/2/..	VB 1,2/1/..	VB 1,2/2/..
Eingangsspannung Input voltage	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V
Frequenzbereich Frequency range	50 - 60 Hz	50 - 60 Hz	50 - 60 Hz	50 - 60 Hz	50 - 60 Hz	50 - 60 Hz	50 - 60 Hz	50 - 60 Hz
Leerlaufverluste (typ.) No-load loss (typ.)	1,6 W	1,6 W	1,6 W	1,6 W	0,9 W	0,9 W	1,0 W	1,0 W
Ausgangsspannung/Bestellnr. Output voltage/Order no.	6 V: VB 0,35/1/6 8 V: VB 0,35/1/8 9 V: VB 0,35/1/9 12 V: VB 0,35/1/12 15 V: VB 0,35/1/15 18 V: VB 0,35/1/18 24 V: VB 0,35/1/24	2x6 V: VB 0,35/2/6 2x8 V: VB 0,35/2/8 2x9 V: VB 0,35/2/9 2x12 V: VB 0,35/2/12 2x15 V: VB 0,35/2/15* 2x18 V: VB 0,35/2/18* 2x24 V: VB 0,35/2/24*	6 V: VB 0,5/1/6 8 V: VB 0,5/1/8 9 V: VB 0,5/1/9 12 V: VB 0,5/1/12 15 V: VB 0,5/1/15 18 V: VB 0,5/1/18 24 V: VB 0,5/1/24	2x6 V: VB 0,5/2/6 2x8 V: VB 0,5/2/8 2x9 V: VB 0,5/2/9 2x12 V: VB 0,5/2/12 2x15 V: VB 0,5/2/15* 2x18 V: VB 0,5/2/18* 2x24 V: VB 0,5/2/24*	6 V: VB 1,0/1/6 8 V: VB 1,0/1/8 9 V: VB 1,0/1/9 12 V: VB 1,0/1/12 15 V: VB 1,0/1/15 18 V: VB 1,0/1/18 24 V: VB 1,0/1/24	2x6 V: VB 1,0/2/6 2x8 V: VB 1,0/2/8 2x9 V: VB 1,0/2/9 2x12 V: VB 1,0/2/12 2x15 V: VB 1,0/2/15 2x18 V: VB 1,0/2/18* 2x24 V: VB 1,0/2/24*	6 V: VB 1,2/1/6 8 V: VB 1,2/1/8 9 V: VB 1,2/1/9 12 V: VB 1,2/1/12 15 V: VB 1,2/1/15 18 V: VB 1,2/1/18 24 V: VB 1,2/1/24	2x6 V: VB 1,2/2/6 2x8 V: VB 1,2/2/8 2x9 V: VB 1,2/2/9 2x12 V: VB 1,2/2/12 2x15 V: VB 1,2/2/15 2x18 V: VB 1,2/2/18* 2x24 V: VB 1,2/2/24*
Leerlaufspannung (ca. x Faktor) No-load voltage (ca. x factor)	1,80	1,80	1,80	1,80	1,32	1,32	1,31	1,31
Leistung Power	0,35 VA	0,35 VA	0,50 VA	0,50 VA	1,00 VA	1,00 VA	1,20 VA	1,20 VA
Prüfzeichen Approvals	C-UL-US, ENEC 10 (VDEI)	C-UL-US, ENEC 10 (VDEI)	C-UL-US, ENEC 10 (VDEI)	C-UL-US, ENEC 10 (VDEI)	C-UL-US, ENEC 10 (VDEI)	C-UL-US, ENEC 10 (VDEI)	C-UL-US, ENEC 10 (VDEI)	C-UL-US, ENEC 10 (VDEI)
Kurzschlussfestigkeit Short circuit strength	unbedingt kurzschlussfest inherently short-circuit proof	unbedingt kurzschlussfest inherently short-circuit proof	unbedingt kurzschlussfest inherently short-circuit proof	unbedingt kurzschlussfest inherently short-circuit proof	unbedingt kurzschlussfest inherently short-circuit proof	unbedingt kurzschlussfest inherently short-circuit proof	unbedingt kurzschlussfest inherently short-circuit proof	unbedingt kurzschlussfest inherently short-circuit proof
Schutzart Protection index	IP 00	IP 00	IP 00	IP 00	IP 00	IP 00	IP 00	IP 00
Schutzklasse (vorbereitet) Safety class (prepared)	II	II	II	II	II	II	II	II
Umgebungstemperatur max. Ambient temperature max.	70 °C	70 °C	70 °C	70 °C	70 °C	70 °C	70 °C	70 °C
Isolierstoffklasse Class of Insulation System	VDE=B, UL=105	VDE=B, UL=105	VDE=B, UL=105	VDE=B, UL=105	VDE=B, UL=105	VDE=B, UL=105	VDE=B, UL=105	VDE=B, UL=105
Prüfspannung Test voltage	5000 V, 50 Hz	5000 V, 50 Hz	5000 V, 50 Hz	5000 V, 50 Hz	5000 V, 50 Hz	5000 V, 50 Hz	5000 V, 50 Hz	5000 V, 50 Hz
Wirkungsgrad Efficiency	30 %	30 %	40 %	40 %	55 %	55 %	57 %	57 %
Bauart Type	vergossen encapsulated	vergossen encapsulated	vergossen encapsulated	vergossen encapsulated	vergossen encapsulated	vergossen encapsulated	vergossen encapsulated	vergossen encapsulated
Kerntyp Core type	EE 20/6,1	EE 20/6,1	EE 20/10,5	EE 20/10,5	EI 30/10,5	EI 30/10,5	EI 30/12,5	EI 30/12,5
Anschlüsse Terminals	Lötstifte für Leiterplatten Pins for printed circuit boards	Lötstifte für Leiterplatten Pins for printed circuit boards	Lötstifte für Leiterplatten Pins for printed circuit boards	Lötstifte für Leiterplatten Pins for printed circuit boards	Lötstifte für Leiterplatten Pins for printed circuit boards	Lötstifte für Leiterplatten Pins for printed circuit boards	Lötstifte für Leiterplatten Pins for printed circuit boards	Lötstifte für Leiterplatten Pins for printed circuit boards
Stift (ø) Pin (ø)	0,6 mm	0,6 mm	0,6 mm	0,6 mm	0,8 mm	0,8 mm	0,8 mm	0,8 mm
Maße in mm A/B/C/D Dimensions in mm A/B/C/D	22/22,7/15/15	22/22,7/15/15	22/22,7/19/15	22/22,7/19/15	32,3/27,3/21,8/20	32,3/27,3/21,8/20	32,3/27,3/23,8/20	32,3/27,3/23,8/20
Maße in mm E/F/G/H Dimensions in mm E/F/G/H	15/5/-/5	15/5/5/5	15/5/-/5	15/5/5/5	20/10/-/5	20/10/5/5	20/10/-/5	20/10/5/5
Maßbild Dimension drawing	1	2	1	2	1	2	1	2
Gewicht Weight	0,02 kg	0,02 kg	0,04 kg	0,04 kg	0,07 kg	0,07 kg	0,08 kg	0,08 kg
Bestellnummer Order Number	siehe Ausgangsspannung see output voltage	siehe Ausgangsspannung see output voltage	siehe Ausgangsspannung see output voltage	siehe Ausgangsspannung see output voltage	siehe Ausgangsspannung see output voltage	siehe Ausgangsspannung see output voltage	siehe Ausgangsspannung see output voltage	siehe Ausgangsspannung see output voltage





Kurzschlussfester Printtransformator VB Short circuit proof PCB transformer VB Range

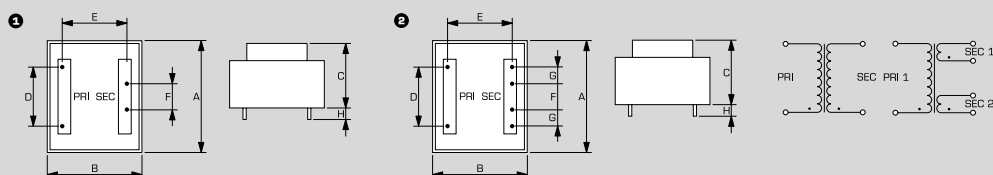
Typ Type	VB 1,5/1/..	VB 1,5/2/..	VB 2,0/1/..	VB 2,0/2/..	VB 2,3/1/..	VB 2,3/2/..	VB 2,8/1/..	VB 2,8/2/..
Eingangsspannung Input voltage	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V
Frequenzbereich Frequency range	50 - 60 Hz	50 - 60 Hz	50 - 60 Hz	50 - 60 Hz	50 - 60 Hz	50 - 60 Hz	50 - 60 Hz	50 - 60 Hz
Leerlaufverluste (typ.) No-load loss (typ.)	1.0 W	1.0 W	1.1 W	1.1 W	0.9 W	0.9 W	0.9 W	0.9 W
Ausgangsspannung/Bestellnr. Output voltage/Order no.	6 V: VB 1,5/1/6 8 V: VB 1,5/1/8 9 V: VB 1,5/1/9 12 V: VB 1,5/1/12 15 V: VB 1,5/1/15 18 V: VB 1,5/1/18 24 V: VB 1,5/1/24	2x6 V: VB 1,5/2/6 2x8 V: VB 1,5/2/8 2x9 V: VB 1,5/2/9 2x12 V: VB 1,5/2/12 2x15 V: VB 1,5/2/15 2x18 V: VB 1,5/2/18* 2x24 V: VB 1,5/2/24*	6 V: VB 2,0/1/6 8 V: VB 2,0/1/8 9 V: VB 2,0/1/9 12 V: VB 2,0/1/12 15 V: VB 2,0/1/15 18 V: VB 2,0/1/18 24 V: VB 2,0/1/24	2x6 V: VB 2,0/2/6 2x8 V: VB 2,0/2/8 2x9 V: VB 2,0/2/9 2x12 V: VB 2,0/2/12 2x15 V: VB 2,0/2/15 2x18 V: VB 2,0/2/18* 2x24 V: VB 2,0/2/24*	6 V: VB 2,3/1/6 8 V: VB 2,3/1/8 9 V: VB 2,3/1/9 12 V: VB 2,3/1/12 15 V: VB 2,3/1/15 18 V: VB 2,3/1/18 24 V: VB 2,3/1/24	2x6 V: VB 2,3/2/6 2x8 V: VB 2,3/2/8 2x9 V: VB 2,3/2/9 2x12 V: VB 2,3/2/12 2x15 V: VB 2,3/2/15 2x18 V: VB 2,3/2/18* 2x24 V: VB 2,3/2/24*	6 V: VB 2,8/1/6 8 V: VB 2,8/1/8 9 V: VB 2,8/1/9 12 V: VB 2,8/1/12 15 V: VB 2,8/1/15 18 V: VB 2,8/1/18 24 V: VB 2,8/1/24	2x6 V: VB 2,8/2/6 2x8 V: VB 2,8/2/8 2x9 V: VB 2,8/2/9 2x12 V: VB 2,8/2/12 2x15 V: VB 2,8/2/15 2x18 V: VB 2,8/2/18* 2x24 V: VB 2,8/2/24*
Leerlaufspannung (ca. x Faktor) No-load voltage (ca. x factor)	1.39	1.39	1.64	1.64	1.43	1.43	1.31	1.31
Leistung Power	1.50 VA	1.50 VA	2.00 VA	2.00 VA	2.30 VA	2.30 VA	2.80 VA	2.80 VA
Prüfzeichen Approvals	C-UL-US, ENEC 10 (VDEI)	C-UL-US, ENEC 10 (VDEI)	C-UL-US, ENEC 10 (VDEI)	C-UL-US, ENEC 10 (VDEI)	C-UL-US, ENEC 10 (VDEI)	C-UL-US, ENEC 10 (VDEI)	C-UL-US, ENEC 10 (VDEI)	C-UL-US, ENEC 10 (VDEI)
Kurzschlussfestigkeit Short circuit strength	unbedingt kurzschlussfest inherently short-circuit proof	unbedingt kurzschlussfest inherently short-circuit proof	unbedingt kurzschlussfest inherently short-circuit proof	unbedingt kurzschlussfest inherently short-circuit proof	unbedingt kurzschlussfest inherently short-circuit proof	unbedingt kurzschlussfest inherently short-circuit proof	unbedingt kurzschlussfest inherently short-circuit proof	unbedingt kurzschlussfest inherently short-circuit proof
Schutzart Protection index	IP 00	IP 00	IP 00	IP 00	IP 00	IP 00	IP 00	IP 00
Schutzklasse (vorbereitet) Safety class (prepared)	II	II	II	II	II	II	II	II
Umgebungstemperatur max. Ambient temperature max.	70 °C	70 °C	70 °C	70 °C	70 °C	70 °C	70 °C	70 °C
Isolierstoffklasse Class of Insulation System	VDE=B, UL=105	VDE=B, UL=105	VDE=B, UL=105	VDE=B, UL=105	VDE=B, UL=105	VDE=B, UL=105	VDE=B, UL=105	VDE=B, UL=105
Prüfspannung Test voltage	5000 V, 50 Hz	5000 V, 50 Hz	5000 V, 50 Hz	5000 V, 50 Hz	5000 V, 50 Hz	5000 V, 50 Hz	5000 V, 50 Hz	5000 V, 50 Hz
Wirkungsgrad Efficiency	57 %	57 %	52 %	52 %	59 %	59 %	57 %	57 %
Bauart Type	vergossen encapsulated	vergossen encapsulated	vergossen encapsulated	vergossen encapsulated	vergossen encapsulated	vergossen encapsulated	vergossen encapsulated	vergossen encapsulated
Kerntyp Core type	EI 30/12,5	EI 30/12,5	EI 30/15,5	EI 30/15,5	EI 30/18,0	EI 30/18,0	EI 30/23,0	EI 30/23,0
Anschlüsse Terminals	Lötstifte für Leiterplatten Pins for printed circuit boards	Lötstifte für Leiterplatten Pins for printed circuit boards	Lötstifte für Leiterplatten Pins for printed circuit boards	Lötstifte für Leiterplatten Pins for printed circuit boards	Lötstifte für Leiterplatten Pins for printed circuit boards	Lötstifte für Leiterplatten Pins for printed circuit boards	Lötstifte für Leiterplatten Pins for printed circuit boards	Lötstifte für Leiterplatten Pins for printed circuit boards
Stift (ø) Pin (ø)	0.8 mm	0.8 mm	0.8 mm	0.8 mm	0.8 mm	0.8 mm	0.8 mm	0.8 mm
Maße in mm A/B/C/D Dimensions in mm A/B/C/D	32.3/27.3/23.8/20	32.3/27.3/23.8/20	32.3/27.3/26.8/20	32.3/27.3/26.8/20	32.3/27.3/29/20	32.3/27.3/29/20	32.3/27.3/34/20	32.3/27.3/34/20
Maße in mm E/F/G/H Dimensions in mm E/F/G/H	20/10/-/5	20/10/5/5	20/10/-/5	20/10/5/5	20/10/-/5	20/10/5/5	20/10/-/5	20/10/5/5
Maßbild Dimension drawing	1	2	1	2	1	2	1	2
Gewicht Weight	0.08 kg	0.08 kg	0.10 kg	0.10 kg	0.11 kg	0.11 kg	0.14 kg	0.14 kg
Bestellnummer Order Number	siehe Ausgangsspannung see output voltage	siehe Ausgangsspannung see output voltage	siehe Ausgangsspannung see output voltage	siehe Ausgangsspannung see output voltage	siehe Ausgangsspannung see output voltage	siehe Ausgangsspannung see output voltage	siehe Ausgangsspannung see output voltage	siehe Ausgangsspannung see output voltage





Kurzschlussfester Printtransformator VB **Short circuit proof PCB transformer VB Range**

Typ Type	VB 3,2/1/..	VB 3,2/2/..
Eingangsspannung Input voltage	230 V	230 V
Frequenzbereich Frequency range	50 - 60 Hz	50 - 60 Hz
Leerlaufverluste (typ.) No-load loss (typ.)	0.8 W	0.8 W
Ausgangsspannung/Bestellnr. Output voltage/Order no.	6 V: VB 3,2/1/6 8 V: VB 3,2/1/8 9 V: VB 3,2/1/9 12 V: VB 3,2/1/12 15 V: VB 3,2/1/15 18 V: VB 3,2/1/18 24 V: VB 3,2/1/24	2x6 V: VB 3,2/2/6 2x8 V: VB 3,2/2/8 2x9 V: VB 3,2/2/9 2x12 V: VB 3,2/2/12 2x15 V: VB 3,2/2/15 2x18 V: VB 3,2/2/18* 2x24 V: VB 3,2/2/24*
Leerlaufspannung (ca. x Faktor) No-load voltage (ca. x factor)	1.57	1.57
Leistung Power	3.20 VA	3.20 VA
Prüfzeichen Approvals	ENEC 10 (VDE)	ENEC 10 (VDE)
Kurzschlussfestigkeit Short circuit strength	unbedingt kurzschlussfest inherently short-circuit proof	unbedingt kurzschlussfest inherently short-circuit proof
Schutzart Protection index	IP 00	IP 00
Schutzklasse (vorbereitet) Safety class (prepared)	II	II
Umgebungstemperatur max. Ambient temperature max.	50 °C	50 °C
Isolierstoffklasse Class of Insulation System	VDE=B, UL=105	VDE=B, UL=105
Prüfspannung Test voltage	5000 V, 50 Hz	5000 V, 50 Hz
Wirkungsgrad Efficiency	58 %	58 %
Bauart Type	vergossen encapsulated	vergossen encapsulated
Kerntyp Core type	EI 38/16,5	EI 38/16,5
Anschlüsse Terminals	Lötstifte für Leiterplatten Pins for printed circuit boards	Lötstifte für Leiterplatten Pins for printed circuit boards
Stift (ø) Pin (ø)	0.8 mm	0.8 mm
Maße in mm A/B/C/D Dimensions in mm A/B/C/D	41/35/30.8/20	41/35/30.8/20
Maße in mm E/F/G/H Dimensions in mm E/F/G/H	25/10/-/5	25/10/5/5
Maßbild Dimension drawing	1	2
Gewicht Weight	0.17 kg	0.17 kg
Bestellnummer Order Number	siehe Ausgangsspannung see output voltage	siehe Ausgangsspannung see output voltage



Datasheet

2 Output Toroidal Transformer, 80VA, 12 V ac

RS Stock number [671-8978](#)

Open Style, with leads, 230V Primary, 80VA

230V	Brown	Red	Vsec	Primary	230V @ 50/60Hz
		Black	0V	Secondary	2 x Vsec, @ 40VA Each
		Yellow	Vsec		Suitable for Series/Parallel Connection
0V	Blue	Orange	0V		

RS Code No.	RS Part No.	Full Load Vsec [V]	Rated Current per Sec [A]	No Load Vsec [V]	DC resistance [Ohms] @ 25° C
671-8974	81540-P1S2	2x9	4.444	2 x 10.20	2 x 0.1351
671-8978	81541-P1S2	2x12	3.333	2 x 13.64	2 x 0.2488
671-8987	81542-P1S2	2x15	2.667	2 x 17.08	2 x 0.3954
671-8980	81543-P1S2	2x18	2.222	2 x 20.40	2 x 0.5281
671-8984	81544-P1S2	2x25	1.600	2 x 28.30	2 x 1.0485
671-8993	81545-P1S2	2x55	0.7273	2 x 62.20	2 x 5.2056

Primary Winding

Input Voltage : 230V±10 % @ 50/60Hz
 DC Resistance @25°C = 28 Ohms (approx)
 Magnetising Current @ 230V = 85.0mA (approx)
 Magnetising Current @ 253V = 225.0mA(approx)

Losses

Iron Losses 5.50 Watts (approx)
 Copper Losses 13.9 Watts (approx)

Temperature Class

Winding Wire (Primary & Secondary). Class H (180° C)
 Insulation between input and output. Class B (130° C)
 Connection lead insulation. Class A (105° C)

Standards

Designed,manufactured and tested according to the requirements of:

EN61558 Class II, Non-Short-Circuit Proof
 VDE0570 Class II
 IEC61558 Class II
 UL506

Physical Data

Approximation Dimension Diameter 93mm*
 Height 38mm
 * Measured away from leadout bulge, allow extra 4mm at leads
 Approximate weight 1.04 Kg

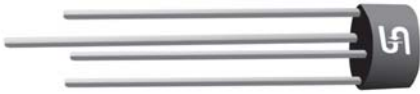
Terminations

Primary Solid Copper Conductors (Extension of winding wire)
 double Insulated over their entire length with PVC tubing
 150mm Long, with 10mm tinned ends.

Secondary Solid copper conductors (extension of winding wire)
 insulated over their entire length with PVC tubing
 150mm Long, with 10mm tinned ends.

1W005 THRU 1W10

Single Phase 1.0 AMP. Silicon Bridge Rectifiers



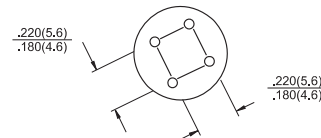
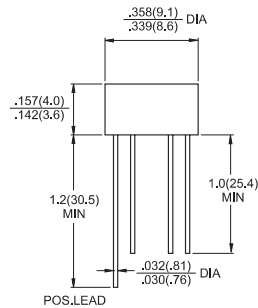
Voltage Range
50 to 1000 Volts
Current
1.0 Ampere

Features

- ✧ UL Recognized File # E-96005
- ✧ Surge overload ratings to 30 amperes peak
- ✧ Ideal for printed circuit board
- ✧ Reliable low cost construction technique results in inexpensive product
- ✧ High temperature soldering guaranteed: 260°C / 10 seconds / 0.375" (9.5mm) lead length at 5 lbs., (2.3 kg) tension

Mechanical Data

- ✧ Case: Molded plastic
- ✧ Lead: solder plated
- ✧ Polarity: As marked
- ✧ Weight: 1.07 grams

RB-15

Dimensions in inches and (millimeters)

Maximum Ratings and Electrical Characteristics

Rating at 25°C ambient temperature unless otherwise specified.

Single phase, half wave, 60 Hz, resistive or inductive load.

For capacitive load, derate current by 20%

Type Number	Symbol	1W005	1W01	1W02	1W04	1W06	1W08	1W10	Units
Maximum Recurrent Peak Reverse Voltage	V_{RRM}	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum RMS Voltage	V_{RMS}	35	70	140	280	420	560	700	V
Maximum DC Blocking Voltage	V_{DC}	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum Average Forward Rectified Current @ $T_A = 50^\circ C$	$I_{(AV)}$	1.0							A
Peak Forward Surge Current, 8.3 ms Single Half Sine-wave Superimposed on Rated Load (JEDEC method)	I_{FSM}	30							A
Maximum Instantaneous Forward Voltage @ 1.0A	V_F	1.0							V
Maximum DC Reverse Current @ $T_A=25^\circ C$ at Rated DC Blocking Voltage @ $T_A=100^\circ C$	I_R	10 500							μA μA
Typical Thermal Resistance (Note)	$R\theta_{JA}$ $R\theta_{JL}$	36 13							$^{\circ}C/W$
Operating Temperature Range	T_J	-55 to +125							$^{\circ}C$
Storage Temperature Range	T_{STG}	-55 to +150							$^{\circ}C$

Note: Thermal Resistance from Junction to Ambient and from Junction to Lead Mounted on P.C.B. with 0.2 x 0.2" (5 x 5mm) Copper Pads.

RATINGS AND CHARACTERISTIC CURVES (1W005 THRU 1W10)

FIG.1- MAXIMUM NON-REPETITIVE FORWARD SURGE CURRENT PER BRIDGE ELEMENT

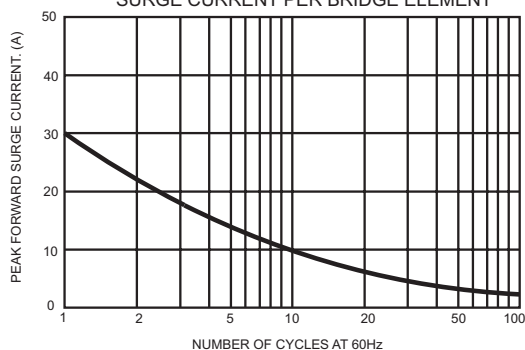


FIG.2- MAXIMUM FORWARD CURRENT DERATING CURVE

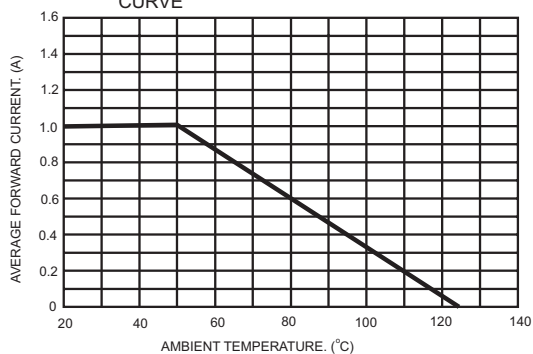


FIG.3- TYPICAL INSTANTANEOUS FORWARD CHARACTERISTICS PER BRIDGE ELEMENT

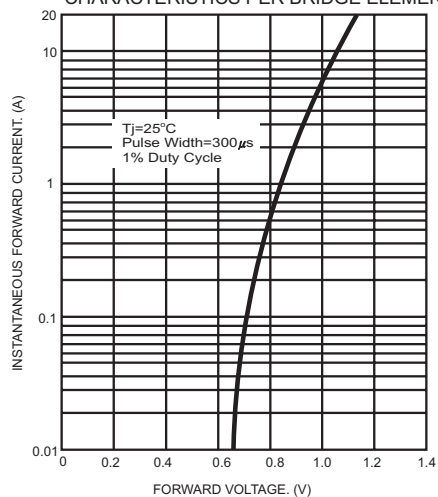


FIG.4- TYPICAL REVERSE CHARACTERISTICS PER BRIDGE ELEMENT

