



**FACULTAD  
DE INGENIERIA**

Universidad de Buenos Aires

Laboratorio de Microcomputadoras - 66.09

# Dispositivo Autorregulador de la Percepción Térmica Corporal

Profesor:			Ing. Guillermo Campiglio									
Cuatrimestre/Año:			1º/2015									
Turno de las clases prácticas			miercoles									
Jefe de trabajos prácticos:			Ricardo Arias									
Docente guía:			Ricardo Arias									
Autores			Seguimiento del proyecto									
Gaston	Martinez	91383										
Matías	Vázquez	91523										

## Observaciones:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Fecha de aprobación			Firma J.T.P		

Coloquio	
Nota final	
Firma profesor	

## Índice

<b>1. Objetivos</b>	<b>2</b>
1.1. Diagrama de Bloques	2
1.2. Diagrama de Flujo	3
1.3. Especificaciones	4
1.3.1. Componentes	4
<b>2. Diseño</b>	<b>5</b>
2.1. Esquemático	5
2.2. Componentes	6
2.3. Regulador de Corriente con Puente H	6
2.4. Medición de las temperaturas	8
2.5. Interruptor selector de modo	8
<b>3. Especificaciones del microcontrolador</b>	<b>9</b>
3.1. Microcontrolador	9
3.2. Configuraciones	9
3.2.1. Low Fuse	9
3.2.2. UCSRC	9
3.2.3. UBRRL	9
3.2.4. TCCR2	9
3.2.5. ADCSRA	10
<b>4. Software</b>	<b>10</b>
4.1. Monitoreo de datos	10
4.2. Protocolo puerto serie	10
4.3. Autorregulación de la corriente	10
<b>5. Resultados</b>	<b>11</b>
<b>6. Conclusiones</b>	<b>12</b>
<b>A. Código Proyecto</b>	<b>13</b>
A.1. Pulsera.S	13
A.2. Makefile	24
<b>B. Presupuesto</b>	<b>25</b>
<b>C. Consumo de Corriente</b>	<b>25</b>
<b>D. Referencias</b>	<b>25</b>
<b>E. Datasheets</b>	<b>25</b>

## 1. Objetivos

Se diseñó e implementó una pulsera térmica que regula la temperatura de la muñeca del usuario. Se utiliza un módulo termoelectrico para enviar variaciones de calor o frío a fin de modificar la percepción térmica del cuerpo.

Su función es generar pulsos de frío o calor, de manera de generar una sensación de confort para una persona en condiciones donde la temperatura es muy alta o muy baja respectivamente. Está basado en el proyecto *Wristify* [1] ganador del concurso de Intel: *Make It Wearable* [2].

### 1.1. Diagrama de Bloques

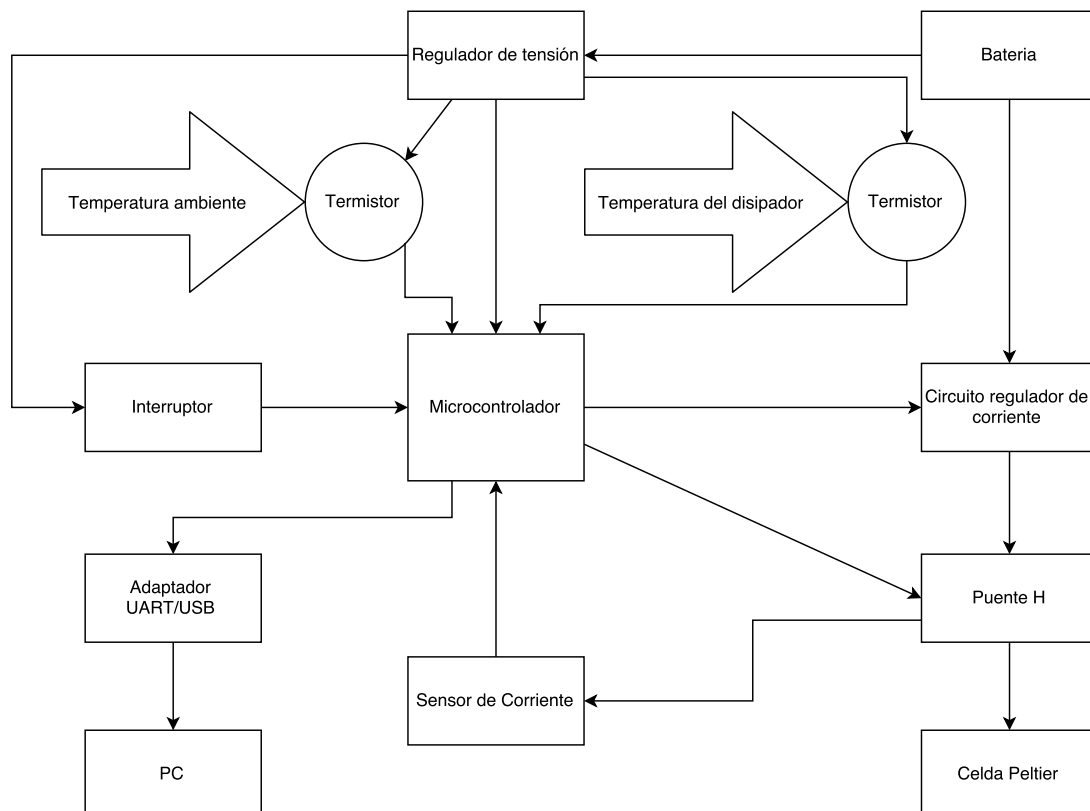


Figura 1: Diagrama de bloques

## 1.2. Diagrama de Flujo

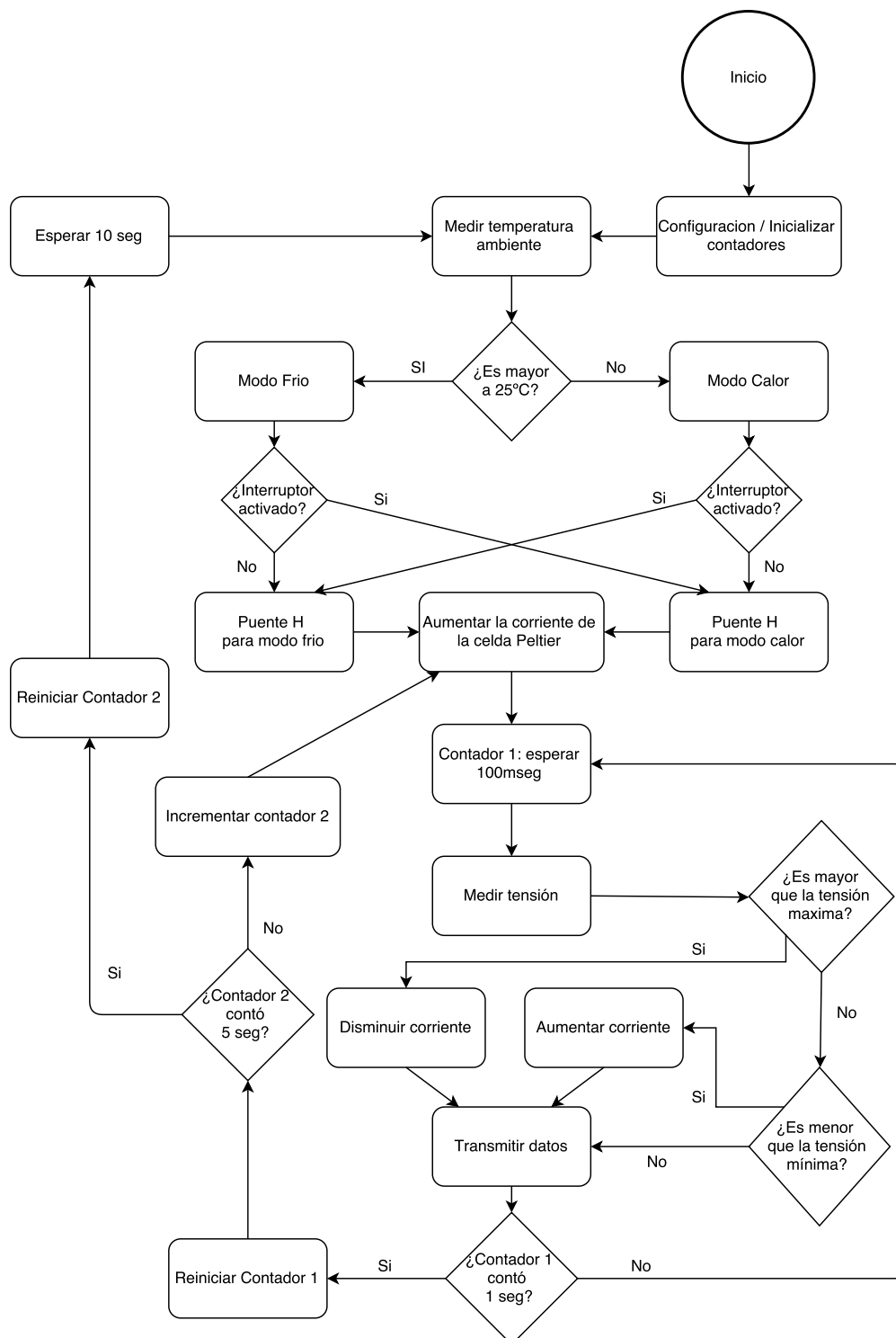


Figura 2: Diagrama de flujo del proceso

### 1.3. Especificaciones

El dispositivo utiliza una celda Peltier para enviar pulsos de calor o frío. De forma que se logra una diferencia de temperatura mayor a  $0,4^{\circ}\text{C}/\text{seg.}$  durante 5 segundos y durante los siguientes 10 segundos entra en estado de espera, para luego volver a iniciar el ciclo.

Cuenta con un termistor para medir la temperatura ambiente y analizar si debe enviar o recibir calor. Finalmente controla que se cumpla el ciclo en base a la corriente que circula por la celda Peltier.

#### 1.3.1. Componentes

A continuación se lista la función de cada componente.

- Celda Peltier: Realiza los cambios de temperatura en la muñeca del usuario.
- Circuito regulador de corriente: Regula la corriente suministrada a la celda peltier.
- Puente H: Invierte la polaridad de la celda Peltier, para así poder alternar entre modo frío o modo calor.
- Disipador: La celda Peltier cuenta con un disipador para mantener la temperatura de una de sus caras a un valor cercano a la temperatura ambiente.
- Termistores: Cuenta con dos termistores. Uno para medir la temperatura ambiente y en base a esta decidir el modo de trabajo, frío o calor. El segundo termistor mide la temperatura del disipador conectado a la celda Peltier para poder realizar una estimación de la temperatura de la celda.
- Salida de puerto serie: Sirve para poder monitorear en una computadora la temperatura de la placa.
- Adaptador UART-USB: Sirve para recibir los datos enviados desde el microcontrolador en una PC a través del puerto USB.
- Bateria: Suministra la corriente necesaria a la celda Peltier y proporciona alimentación a todos los dispositivos utilizados.
- Interruptor: Para poder invertir el estado de trabajo, de frío a calor y viceversa.
- Controlador: Se utilizara un microcontrolador AVR. Es el encargado de obtener las temperaturas de los termistores para definir el modo de trabajo y autorregular la corriente de la celda Peltier mediante el circuito regulador de corriente.

## 2. Diseño

### 2.1. Esquemático

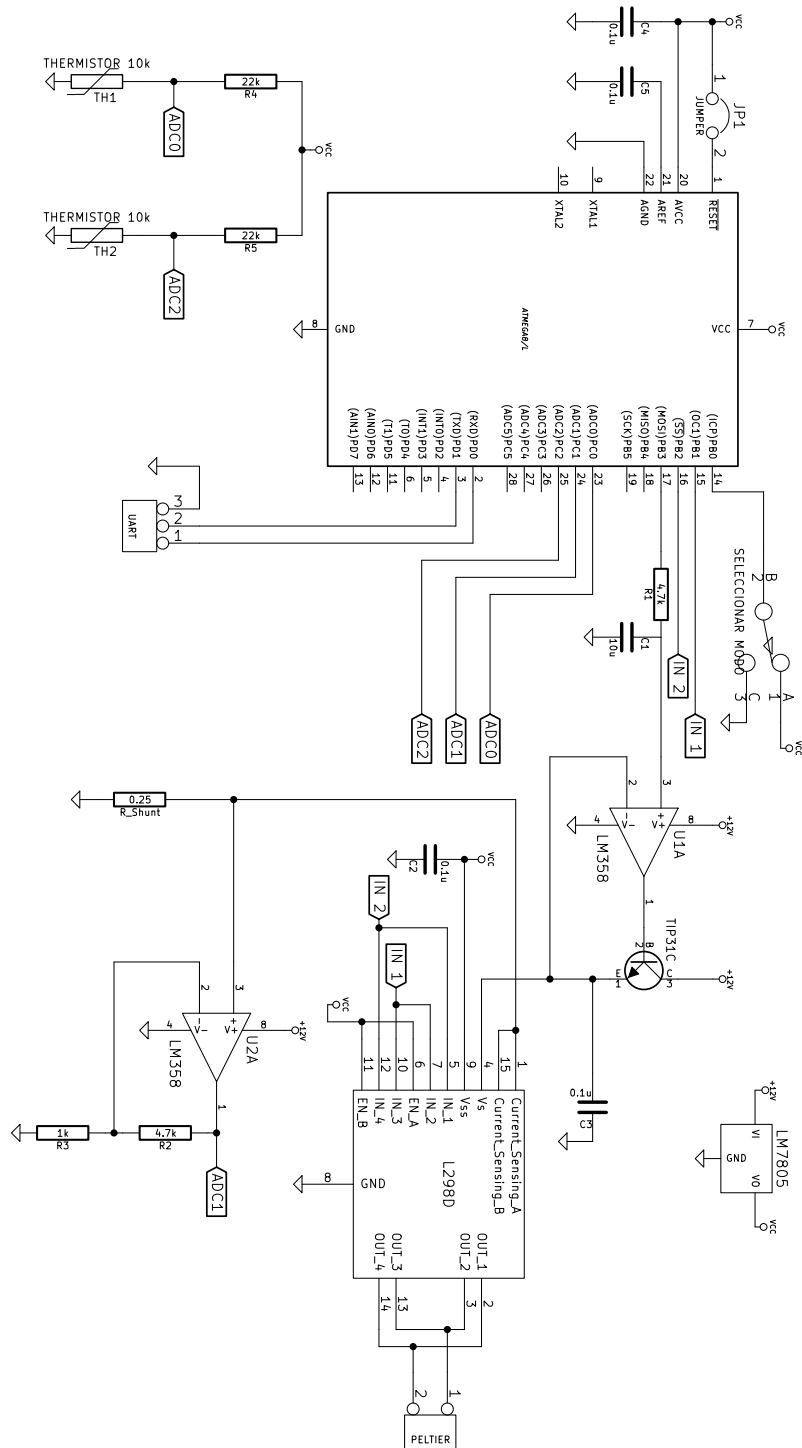


Figura 3: Diagrama esquemático

## 2.2. Componentes

- Celda Peltier: Celda peltier de 10 W y 15 mmx15 mm
- LM7805: Regulador de tensión para habilitar el puente H, alimentar el microcontrolador y suministrarle tensión constante a las resistencias conectadas en serie a los termistores.
- Interruptor: Interruptor para activar la inversión de la polaridad.
- Resistencias:
  - Dos resiststencias de 4,7 k $\Omega$
  - Dos resiststencias de 22,0 k $\Omega$
  - Una resistencia de 1,0 k $\Omega$
- Capacitores:
  - 1 capacitor de 10  $\mu$ F para generar tensión constante del PWM recibido.
  - 4 capacitores de 0.1  $\mu$ F Conectados en paralelo a las alimentaciones del puente H, recomendados por el fabricante.
- LM358: Dos amplificadores operacionales. Uno para suministrar corriente a la base del NPN y el segundo para amplificar la tensión leída sobre el shunt.
- TIP31C: Transistor de potencia NPN, utilizado para regular la corriente.
- L298D: Puente H utilizado para invertir la polaridad de la celda Peltier
- Constantán: alambre de 2 cm (0,5 mm de diámetro) utilizado para sensar la corriente generada.
- Bateria: de 12 V y 2,9 Ah
- Pines:
  - 3 pines para el puerto serie.
  - 2 pines para el reseteo del microcontrolador.
  - 2 pines para conectar la celda peltier al circuito.
- Termistores: Dos termistores NTC de 10 k $\Omega$

## 2.3. Regulador de Corriente con Puente H

Se utilizó un regulador de corriente controlado por un PWM como se muestra en la figura 4

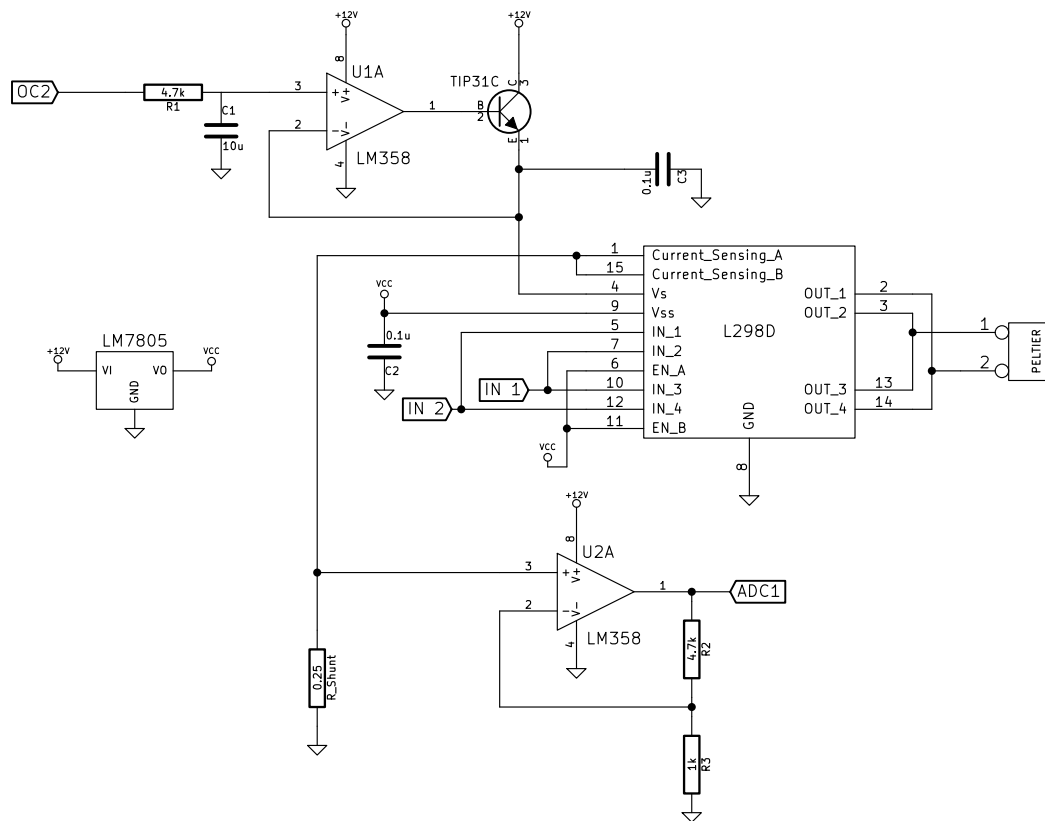


Figura 4: Regulador de Corriente

El circuito RC filtra la señal del PWM generado por el microcontrolador. Presentando el valor medio en la entrada no inversora del LM358 U1A, cuya salida regulará la corriente suministrada a la base del transistor NPN por el amplificador operacional, generando una corriente constante entre el colector y el emisor del transistor.

Se optó por utilizar un L298D para el puente H ya que cuenta en un mismo integrado con dos puentes H que soportan 2 A de corriente. Conectados en paralelo como se muestra en la figura 4 se puede duplicar dicha corriente máxima para que soporte hasta 4 A de corriente.

La corriente que circula por la celda se mide con una resistencia hecha con alambre constantán. La tensión que cae sobre este es amplificada por el LM358 U2A. Para que la tensión de salida varíe entre 0 V y 2,56 V y sea leído por el microcontrolador.

Las resistencias del amplificador U2A se obtuvieron considerando que para la corriente máxima registrada de 1,75 A, la salida no supere los 2,56 V. Siendo de 0,25  $\Omega$  la resistencia del alambre constantán.

La tensión de salida se obtiene mediante:

$$V_{ADC1} = R_{constantan} I_{MAX} \frac{R_3 + R_2}{R_3} \quad (1)$$

Luego fijando  $R_3 = 1 \text{ k}\Omega$  y  $R_2 = 4,7 \text{ k}\Omega$  se verificó que la tensión no supere los 2,56 V:

$$V_{ADC1} = 0,25 \Omega \cdot 1,75 \text{ A} \frac{1 \text{ k}\Omega + 4,7 \text{ k}\Omega}{1 \text{ k}\Omega} = 2,49 \text{ V} < 2,56 \text{ V}$$



## 2.4. Medición de las temperaturas

Se utilizaron dos termistores. Uno para medir la temperatura ambiente y otro para la temperatura del disipador conectado a la celda Peltier para poder estimar la temperatura a la que se encuentra la celda. Ambos termistores están conectados de la misma manera como se indica a continuación.

Se utilizó un divisor resistivo para medir la tensión en los termistores y poder obtener la temperatura utilizando tablas con la relación entre la tensión leída y la temperatura a la que se encuentra. Se obtuvieron las resistencias a conectar en serie con los termistores de forma que la tensión máxima no supere los 2,56 V

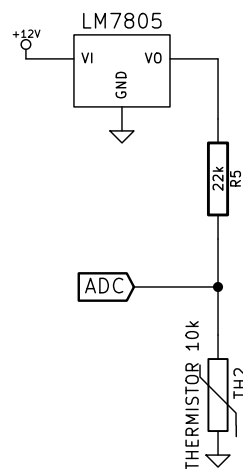


Figura 5: Divisor de tensión de los termistores

$$V_{termistor} = 5V \frac{R_{termistor}}{R_{termistor} + R_{serie}} \quad (2)$$

Finalmente se eligió una resistencia de  $R_{serie} = 22k\Omega$  para  $R_4$  y  $R_5$  verificando que la tensión en los termistores no supere la tensión de referencia del ADC del microcontrolador para la resistencia máxima registrada en los termistores a  $R_{0^{\circ}C} = 15k\Omega$  :

$$V_{termistor} = 5V \frac{15k\Omega}{15k\Omega + 22k\Omega} = 2V$$

## 2.5. Interruptor selector de modo

La salida del interruptor es recibida por el microcontrolador, para en el siguiente ciclo invertir la polaridad de la celda Peltier mediante el puente H y evitar un cambio brusco de corriente en la celda Peltier.

El interruptor invertirá el modo de trabajo actual. En caso de encontrarse el dispositivo a temperaturas ambiente menores a  $25^{\circ}C$  automáticamente entrará en modo calor. En caso de estar el interruptor

habilitado entrará en modo frío. Caso contrario ocurre para temperaturas ambiente mayores a 25 °C por defecto entrará en modo frío, con el interruptor habilitado entrará en modo calor.

### 3. Especificaciones del microcontrolador

#### 3.1. Microcontrolador

Para este proyecto se utilizó un microcontrolador Atmega8L. El datasheet del mismo se puede obtener en la página de Atmel[4]

#### 3.2. Configuraciones

##### 3.2.1. Low Fuse

Se configuró este registro para que el clock del microcontrolador sea de 8MHz.

7	6	5	4	3	2	1	0
1	1	1	0	0	1	0	0
BODLVL	BODEN	SUT1	SUT0	CKSEL3	CKSEL2	CKSEL1	CKSEL0

Solo se modificaron los valores de CKSEL, el resto de los bits fue dejado en la configuración que venía de fábrica.

##### 3.2.2. UCSRC

Se configuró este registro para setear que el puerto serie envíe datos de 8bits, con un bit de stop y sin bit de paridad

7	6	5	4	3	2	1	0
1	0	0	0	0	1	1	0
URSEL	UMSEL	UPM1	UPM0	USBS	UCSZ1	UCSZ0	UCPOL

Configuración según el bit

Bit 7: Selecciona entre acceder al UCSRC seteando el bit en 1 o acceder al UBRRH seteando el bit en 0.

Bit 6: Modo Asíncrono

Bit 5 y 4: Sin bit de paridad

Bit 3: Un bit de STOP

Bit 2 y 1: Datos de 8 bits

Bit 0: 0 Por modo Asíncrono

##### 3.2.3. UBRRL

Se configuró este registro para setear el Baud Rate del puerto serie a 38,4Khz

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	1	1	0	0
UBRR[7:0]							

##### 3.2.4. TCCR2

Se configuró este registro para setear el modo de funcionamiento del contador 2.

7	6	5	4	3	2	1	0
0	1	1	1	0	0	0	1
FOC2	WGM20	COM21	COM20	WGM21	CS22	CS21	CS20

Configuración según el bit

Bit 7: 0, por ser modo PWM

Bit 6 y 3: Modo PWM, Phase Correct

Bit 5 y 4: Modo set on match en subida y clear on match en bajada

Bit 2 - 0: Sin prescaler

### 3.2.5. ADCSRA

Se configuro este registro para el conversor analógico digital

7	6	5	4	3	2	1	0
1	1	0	0	1	1	1	1
ADEN	ADSC	ADFR	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0

Configuracion segun el bit

Bit 7: Habilita ADC

Bit 6: Inicializa la conversión

Bit 5: Desabilita el free runing

Bit 4: Resetea el flag de interrupción pasandole 1

Bit 3: Habilita la interrupción

Bit 2 a 0: Factor de división: 128 para 111

## 4. Software

### 4.1. Monitoreo de datos

Durante la implementación del proyecto se monitorearon los datos manejados por el microcontrolador, para verificar su correcto funcionamiento, mediante un adaptador UART-USB. Para obtener los datos en una PC.

Finalizado el proyecto se utilizó este dispositivo para poder monitorear el correcto funcionamiento del mismo, enviando tanto la temperatura ambiente como la estimada de la celda Peltier y así poder verificar si cumple con los objetivos del proyecto.

### 4.2. Protocolo puerto serie

Para la comunicación desde el puerto serie se utilizo un protocolo con el siguiente formato:

- **Primer bloque:** Un byte con un carácter *ASCII* alfanumerico identificador el dato a mandar.
- **Siguientes bloque:** Uno o mas bytes con el dato a enviar. El receptor se debe encargar de determinar el largo de este en base a lo recibido en el primer bloque.

En particular para este proyecto, se utilizaron datos de un byte<sup>1</sup> y se enviaron con la configuración detallada en la sección 3.2.2 (Pagina: 9), con lo cual los paquetes enviados por puerto respetan el siguiente formato:

1-bit	8-bits	1-bit	1-bit	8-bits	1-bit
START	Tipo de dato	STOP	START	Dato enviado	STOP

### 4.3. Autorregulación de la corriente

Para autorregular la corriente se armaron dos tablas, una para modo frío y otra para modo calor. En donde se muestra la relación entre la tensión amplificada del  $R_{Shunt}$  y la temperatura a la que se encuentra la celda Peltier. La tabla a utilizar dependerá del modo de operación, frío o calor.

Durante la ejecución del programa se recorre dicha tabla utilizando un iterador que avanza de posición en cada segundo. En base a la posición del iterador se obtienen las tensiones máximas y mínimas, para regular el PWM de forma que la tensión leída se encuentre entre dichos valores.

Las tablas se armaron de forma que en la ultima iteración no llegue a temperaturas que puedan dañar al usuario. Para el modo calor se procuró no superar los 40°C en el fin del ciclo, y para el modo frio se procuró que la temperatura no sea menor a los 12°C.

<sup>1</sup>Esto fue en parte una consecuencia de la elección del modelo del microcontrolador. Por otro lado, tampoco eran necesarios datos mas grandes.

## 5. Resultados

A continuación se muestran los resultados obtenidos durante la ejecución del modo calor.

Como se puede observar en la figura 6 a una temperatura ambiente de 23,0 °C el dispositivo entró automáticamente en modo calor.

En el gráfico de la izquierda se muestra una estimación de la temperatura de la celda Peltier. Como se puede observar cumple con los objetivos del proyecto, generando cambios bruscos de temperatura en cada segundo.

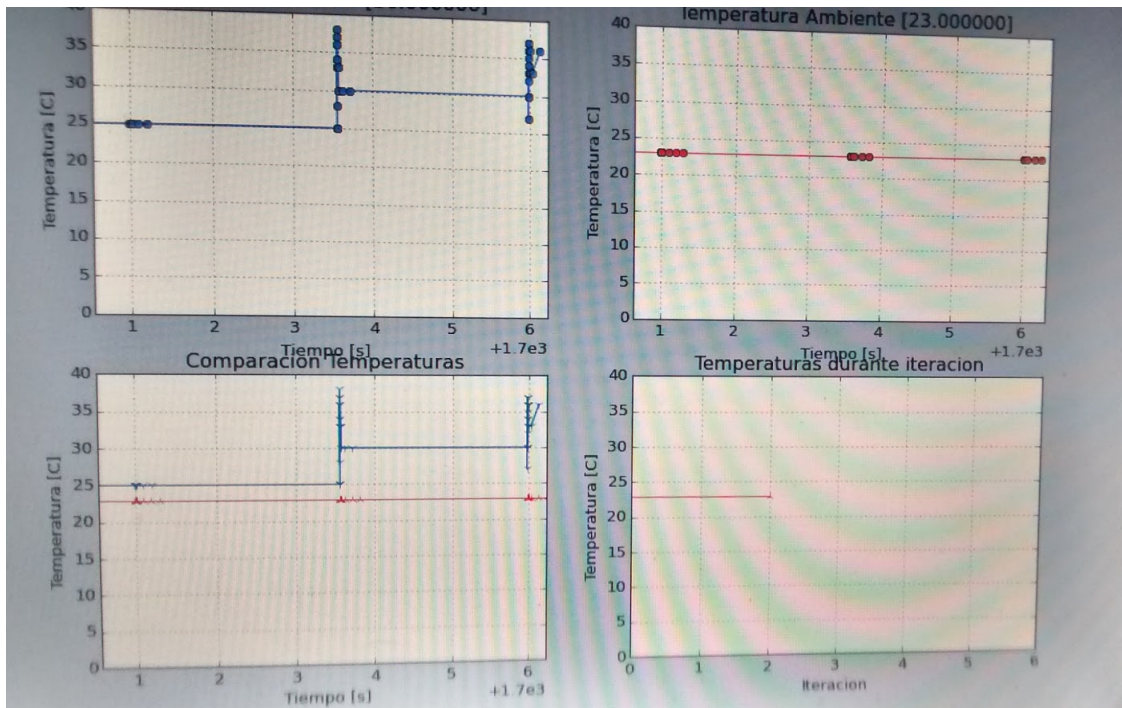


Figura 6: Monitoreo de datos durante la ejecución

En la figura 7 se puede ver una fotografía del dispositivo.

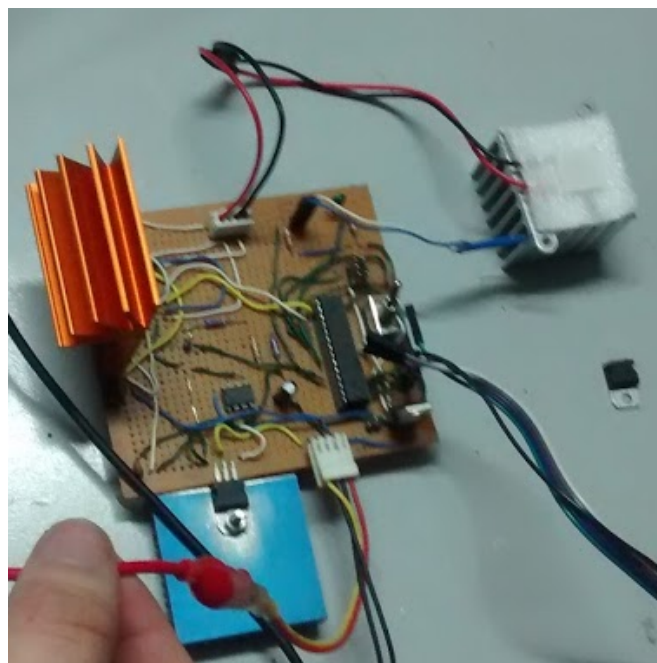


Figura 7: Dispositivo

## 6. Conclusiones

La función del dispositivo es lograr una sensación confort térmico mediante el envío de pulsos de calor o frío a la muñeca del usuario. Ya que el cuerpo humano al ser sometido a cambios de temperatura en alguna parte del cuerpo obtiene una sensación de frío o calor en todo el cuerpo, según el cambio sufrido.

Si bien se logró cumplir con los objetivos del proyecto, no se notaron cambios en la percepción térmica corporal, sí en la muñeca pero no en todo el cuerpo. Como se trata de algo tan relativo entre cada individuo, se deberían realizar mas pruebas con distintas diferencias de temperatura entre cada segundo, y evaluarlo en distintas temperaturas ambientes.

Las pruebas realizadas se centraron mas en el modo calor ya que actualmente nos encontramos en períodos de frío. Una tarea pendiente es probar el dispositivo durante días de calor para evaluar los efectos del modo frío.

Una posible mejora sería que el usuario pueda ajustar las diferencias de temperatura. Y que el dispositivo registre cuando el usuario utiliza el interruptor para cambiar de modo, y almacenar esa temperatura ambiente como la temperatura en la cual el dispositivo cambia de modo.

Las celdas Peltier son dispositivos muy delicados, por lo que requerirá estar bien protegidas a posibles impactos, ya que el mínimo impacto las daña permanentemente. No se logró encontrar una relación simple entre la corriente de la celda y su diferencia de temperatura, ya que esta no solo depende de la corriente sino también de la temperatura inicial y del tiempo. Por los datos medidos para realizar las tablas se llegó a la conclusión de que la corriente fija una velocidad a la que la temperatura variará durante intervalos cortos.

Fue mas fácil regular el modo frío ya que al iniciar el standby la temperatura regresaba rápidamente a su valor inicial. En cambio para el modo calor, al iniciar el standby la celda peltier no llega a enfriarse hasta obtener su valor inicial luego del standby, por lo que en cada ciclo irá acumulando temperatura hasta llegar a un valor máximo que depende de la corriente máxima que reciba.

Una mejora a este problema sería que durante el modo calor, al iniciar el standby entre en modo frío y reduzca la temperatura del peltier hasta obtener la temperatura ambiente. El problema que conlleva esta solución es que el transistor que regula la corriente se calentará más al no tener un período de standby de 10 segundos sin transmitir corriente.

Por las mismas razones mencionadas sobre el comportamiento de la celda Peltier, deducir su temperatura en base a la temperatura del disipador y la corriente que circula por la celda devuelve datos poco precisos, lo que se podría calcular es la diferencia de temperatura entre cada pulso con el inicio del ciclo. Para medir la temperatura del Peltier se deberá poner un termistor o termocupla entre el peltier y el disipador para obtener en base a esta la temperatura del peltier.

Finalmente, para lograr las condiciones especificadas por el proyecto no es necesario generar corrientes altas. Con una corriente máxima de 500 mA bien reguladas se hubiese logrado el objetivo del producto y se habría reducido su tamaño debido a que no requiere una batería de gran tamaño.

## A. Código Proyecto

### A.1. Pulsera.S

```
1  #include <avr/io.h>

3  .section .data
   .org 0x000

5
6  Temp_Ambiente:  .byte 0
7  Temp_Disipador: .byte 0
8  Temp_Peltier:   .byte 0
9  Tension_Salida: .byte 0

11 Modo_Operacion: .byte 0

13 Modo_Standby:   .byte 0

15 PWM:            .byte 0
   Tension_min:    .byte 0
17 Tension_max:    .byte 0
   Iterador:       .byte 0

19
20 .section .text
21 .org 0x0
   .global main
23 rjmp    main

25 #define low(x)    lo8(x)
   #define high(x)  hi8(x)

27
28 ;Regs:
29 ;r16: Temporal, pasaje de parametro y de retorno
   #define Reg_Temporal r16

31
32 ;r20: Contador
33 #define Contador r20

35 ;Constantes:
36 ;Tipos de dato para mandar por serial

37
38 #define Dato_Tempe_Ambiente    'A'
39 #define Dato_Tempe_Disipador   'T'
   #define Dato_Num_Iteracion    'I'
41 #define Dato_Tension_Salida    'P'
   #define Dato_Tempe_Peltier    'X'
43 #define Dato_PWM                'W'
   #define Dato_max                'M'
45 #define Dato_min                'N'

47 #define Incremento_Pulso_Calor    3
   #define Incremento_Pulso_Frio    10
49 #define Incremento_Regulacion     1
   #define PWM_inicial              95

51

52 #define Eeprom_Inicio_Calor    0x64
   #define Eeprom_Inicio_Frio    0x94

55
```

```

57 ;Saltea el vector de interrupcion
.org 0x0020
59 main:

61 STACK_Init:
    ldi    Reg_Temporal,    low(RAMEND)
63    out    _SER_IO_ADDR(SPL), Reg_Temporal
    ldi    Reg_Temporal,    high(RAMEND)
65    out    _SER_IO_ADDR(SPH), Reg_Temporal

67    rcall  PWM_Init
    rcall  PUENTE_H_Init
69    rcall  USART_Init

71 LOOP:
    clr    Contador

73
    rcall  GET_MODE                ;obtengo el modo de operacion

75
    ldi    r29,    PWM_inicial    ;PWM
77    sts    PWM,    r29
    rcall  RESET_PWM                ; Inicializa el PWM con el valor inicial

79 REDUCIR_LOOP:
81
    mov    Reg_Temporal,    Contador
83
    ldi    r27,    10
85    rcall  ESPERA                ; Espera de 1 seg, mientras espera regul
    rcall  AUMENTAR_PULSO        ; Modifica el PWM para el siguiente segu

87
89    inc    Contador                ;Cumpli una vuelta
    ldi    Reg_Temporal,    6
91    cpse   Contador,    Reg_Temporal    ;No saltar si ya ejecuto 5 vueltas

93    rjmp   REDUCIR_LOOP

95    cbi    _SER_IO_ADDR(DDRB), 3    ;(OC2) para salida
    sbi    _SER_IO_ADDR(DDRB), 3    ;(OC2) para salida
97    cbi    _SER_IO_ADDR(PORTB),3

99    rcall  STANDBY
    rjmp   LOOP

101
;-----Funciones-----
103 ; Reinicia el PWM al valor inicial de cada ciclo y carga las tablas a ser
    ; recorridas dependiendo del modo de operacion
105 RESET_PWM:
    clr    r17                    ;8 bits mas significativos de la direcci
107    lds    r31,    Modo_Operacion
    cpi    r31,    0
109    breq   TABLA_FRIO
TABLA_CALOR:
111    ldi    Reg_Temporal,    Eeprom_Inicio_Calor
    rjmp   CARGAR_TABLA
113 TABLA_FRIO:
    ldi    Reg_Temporal,    Eeprom_Inicio_Frio
115 CARGAR_TABLA:
    inc    Reg_Temporal

```

```

117     inc      Reg_Temporal
118     sts      Iterador ,          Reg_Temporal
119     rcall    LEER_EEPROM
120     sts      Tension_min ,      r25
121
122     inc      Reg_Temporal
123     inc      Reg_Temporal
124     rcall    LEER_EEPROM
125     sts      Tension_max ,      r25
126
127     lds      r29 ,          PWM
128     out      _SFR_IO_ADDR(OCR2) , r29
129
130     ret
131 ;-----
132 ; espera r27 * 100mseg. Cada 100 mseg hace un muestre de datos y regula
133 ; el PWM
134 ESPERA:
135     rcall    SET_PWM
136     rcall    TRANSMITIR_DATOS
137     rcall    DEMORA
138
139     dec      r27
140     clr      Reg_Temporal
141     cpse     r27 ,          Reg_Temporal
142     rjmp     ESPERA
143     ret
144
145 ;-----
146 ; Lee de eeprom en la direccion indicada en los registros r17 para los 8 bits
147 ; mas significativos y r16 para los 8 bits menos significativos. Guarda el contenido
148 ; en el registro r25
149 LEER_EEPROM:
150     ;Espera hasta que la ultima escritura este terminada
151     sbic     _SFR_IO_ADDR(EECR) , EWE
152     rjmp     LEER_EEPROM
153
154     ;r17 elige la tabla
155     out      _SFR_IO_ADDR(EEARH) , r17
156     ;r16 el campo
157     out      _SFR_IO_ADDR(EEARL) , r16
158
159     ;habilita el modo lectura
160     sbi      _SFR_IO_ADDR(EECR) , EERE
161     ;guarda el contenido de la ódireccin antes cargada en r25
162     in       r25 ,          _SFR_IO_ADDR(EEDR)
163     ret
164
165 ;-----
166 ; Inicializa el puente H seteando los pines 1 y 2 del puerto B como salida.
167 PUENTE_H_Init:
168     sbi      _SFR_IO_ADDR(DDRB) , 2
169     sbi      _SFR_IO_ADDR(DDRB) , 1
170     ret
171
172 MODO_FRIO:
173     sbi      _SFR_IO_ADDR(PORTB) , 1
174     cbi      _SFR_IO_ADDR(PORTB) , 2
175     ret

```



```

177 MODO_CALOR:
    cbi    _SFR_IO_ADDR(PORTB), 1
179    sbi    _SFR_IO_ADDR(PORTB), 2
    ret

181 ;-----

183 TRANSMITIR_DATOS:
    rcall  LEER_AMBIENTE
185    rcall  LEER_DISPADOR
    rcall  LEER_PELTIER

187    ;Envio la iteracion
189    ldi    Reg_Temporal, Dato_Num_Iteracion    ; tipo de dato a mandar
    rcall  USART_Transmit
191    mov    Reg_Temporal, Contador
    rcall  USART_Transmit

193    ldi    Reg_Temporal, Dato_Tempe_Ambiente    ; tipo de dato a mandar
195    rcall  USART_Transmit
    lds    Reg_Temporal, Temp_Ambiente
197    rcall  USART_Transmit

199    ldi    Reg_Temporal, Dato_Tension_Salida    ; tipo de dato a mandar
201    rcall  USART_Transmit
    lds    Reg_Temporal, Tension_Salida
203    rcall  USART_Transmit

205    ldi    Reg_Temporal, Dato_Tempe_Disipador    ; tipo de dato a mandar
207    rcall  USART_Transmit
    lds    Reg_Temporal, Temp_Disipador
209    rcall  USART_Transmit

211    ldi    Reg_Temporal, Dato_Tempe_Peltier    ; tipo de dato a mandar
213    rcall  USART_Transmit
    lds    Reg_Temporal, Temp_Peltier
215    rcall  USART_Transmit

217    ldi    Reg_Temporal, Dato_PWM    ; tipo de dato a mandar
219    rcall  USART_Transmit
    lds    Reg_Temporal, PWM
221    rcall  USART_Transmit

223    ldi    Reg_Temporal, Dato_min    ; tipo de dato a mandar
225    rcall  USART_Transmit
    lds    Reg_Temporal, Tension_min
227    rcall  USART_Transmit

229    ret

231 ;-----
LEER_AMBIENTE:
233    ldi    Reg_Temporal, 0b11000000    ; canal 0 temperatura ambiente
    rcall  READ_ADC    ; leer tension del peltier
235    rcall  TRADUCIR_TERMISTOR
    sts    Temp_Ambiente, Reg_Temporal

```

```

237      ret

239  LEER_DISIPADOR:
      ldi      Reg_Temporal,      0b11000010      ; canal 2 temperatura disipador
241      rcall   READ_ADC          ; leer tension del termistor
      rcall   TRADUCIR_TERMISTOR
243      sts     Temp_Disipador,    Reg_Temporal
      ret

245  LEER_PELTIER:
247      ldi      Reg_Temporal,      0b11000001      ; canal 1 tension peltier
      rcall   READ_ADC          ; leer tension del peltier
249      sts     Tension_Salida,    Reg_Temporal
      rcall   TRADUCIR_PELTIER
251      ret

253  ;-----
254  ; Set PWM
255  ; Setea el pum del pin OC2 con el tiempo en bajo pasado como parametro
256  ; Reg_Temporal: tiempo en bajo a asignar
257
258  SET_PWM:
259      lds      r30, PWM
      lds      Reg_Temporal,      Modo_Standby
261      cpi      Reg_Temporal,      1
      ; Si esta en modo standby no realiza cambios
263      breq     APLICAR_CAMBIO

265      lds      r29, Tension_Salida
      lds      r17, Tension_min
267      lds      r18, Tension_max
      ldi      r26, Incremento_Regulacion ; valor a ser restado o sumado
269
      cp       r29, r17
271      brlo     AUMENTAR

273      cp       r29, r18
      brlo     APLICAR_CAMBIO

275  DISMINUIR:
277      cpi      r30, 100
      breq     APLICAR_CAMBIO
279      add      r30, r26
      rjmp     APLICAR_CAMBIO
281  AUMENTAR:
      cpi      r30, 0
283      breq     APLICAR_CAMBIO
      sub      r30, r26
285  APLICAR_CAMBIO:
      sts      PWM, r30
287      out     _SFR_IO_ADDR(OCR2), r30
      ret

289  ;-----
290  ; Aumenta el pulso de calor/frio del segundo que recién empieza,
291  ; Carga la tension minima y maxima leidas de eeprom de la iteracion
292  ; correspondiente.
293  AUMENTAR_PULSO:
      clr      r17

295      lds      Reg_Temporal,      Iterador

```

```

297     inc      Reg_Temporal
298     inc      Reg_Temporal
299     sts      Iterador ,          Reg_Temporal

301     rcall    LEER_EEPROM
302     sts      Tension_min ,      r25
303     inc      Reg_Temporal
304     inc      Reg_Temporal
305     rcall    LEER_EEPROM
306     sts      Tension_max ,      r25

307
308     lds      r31 ,              Modo_Operacion
309     cpi      r31 ,              0
310     breq     AUMENTO_FRIO
311 AUMENTO_CALOR:
312     ldi      r26 ,              Incremento_Pulso_Calor
313     rcall    AUMENTAR
314     ret
315 AUMENTO_FRIO:
316     ldi      r26 ,              Incremento_Pulso_Frio
317     rcall    AUMENTAR
318     ret
319
320 ;-----
321 ;Espera durante 100mseg
DEMORA:
322     ldi      Reg_Temporal ,      0xCF          ; Valores de los que empieza a contar
323     out      _SFR_IO_ADDR(TCNT1H) , Reg_Temporal
324     ldi      Reg_Temporal ,      0x2B
325     out      _SFR_IO_ADDR(TCNT1L) , Reg_Temporal
326     ldi      Reg_Temporal ,      4              ; 0000 0100 habilita poner en 1
327     out      _SFR_IO_ADDR(TIFR) , Reg_Temporal ; Reinicia el overflow flag
328     out      _SFR_IO_ADDR(TIMSK) , Reg_Temporal ; bit 2 en 1 habilita la interrupcion por timer
329     ldi      Reg_Temporal ,      0b00000011    ; velocidad: clk/64
330     out      _SFR_IO_ADDR(TCCR1B) , Reg_Temporal
331
332 DEMORA_LOOP:
333     in       Reg_Temporal ,      _SFR_IO_ADDR(TIFR)
334     sbrs     Reg_Temporal ,      2
335     rjmp     DEMORA_LOOP
336
337     ldi      Reg_Temporal ,      1
338     out      _SFR_IO_ADDR(TIFR) , Reg_Temporal ; Se limpia TIRF
339     clr      Reg_Temporal        ; finalizo contador
340     out      _SFR_IO_ADDR(TIFR) , Reg_Temporal
341     out      _SFR_IO_ADDR(TCCR1B) , Reg_Temporal
342
343     ret
344
345
346 ;-----
347 ;Standby
348 ;Espera durante 10 segundos, setea el PWM en 255 para no generar corriente.
STANDBY:
349     ldi      Reg_Temporal ,      1
350     sts      Modo_Standby ,      Reg_Temporal
351     ldi      r29 ,              255          ;PWM
352     sts      PWM ,              r29
353     rcall    SET_PWM
354     ldi      r27 ,              100

```

```

357     rcll    ESPERA
358     clr     Reg_Temporal
359     sts     Modo_Standby,      Reg_Temporal
360     ret
361
362 ;-----
363 ;Transmit
364 ;Transmite por el puerto paralelo el dato pasado como parametro
365 ;Reg_Temporal: valor a transmitir
366
367 USART_Transmit:
368     sbis     _SFR_IO_ADDR(UCSRA), UDRE          ;Espero a que se libere el UDRE
369     rjmp     USART_Transmit
370
371     out      _SFR_IO_ADDR(UDR),  Reg_Temporal
372     ret
373
374 ;-----
375 ;Uart init
376 ;Inicializa el USART para poder enviar datos
377
378 USART_Init:
379     ldi      Reg_Temporal,      (1<<TXEN)          ;enable
380     out      _SFR_IO_ADDR(UCSRB), Reg_Temporal
381
382     ldi      Reg_Temporal,      (1<<URSEL)|(3<<UCSZ0) ;8bits, 1bit de stop, sin bit de
383     out      _SFR_IO_ADDR(UCSRC), Reg_Temporal
384
385     ldi      Reg_Temporal,      0xC                ;Baud 38400 (Clock de 8Mhz)
386     out      _SFR_IO_ADDR(UBRR1), Reg_Temporal
387
388     ret
389
390 ;-----
391 ;Read adc
392 ;Lee un dato del conversor adc y lo devuelve
393 ;Reg_Temporal: canal del cual leer
394 ;Reg_Temporal: valor leído devuelto
395
396 READ_ADC:
397
398     out      _SFR_IO_ADDR(ADMUX), Reg_Temporal      ; Canal a ser leído, 7 y 6 en 1 para v
399     ldi      Reg_Temporal,      0b11001111          ; habilita ADC, inicia la conversion, a
400     out      _SFR_IO_ADDR(ADCSRA), Reg_Temporal      ; buts 2:0 Factor de division 128
401
402 WAIT_ADC:
403     ;Espera a que finalice la lectura
404     in       Reg_Temporal,      _SFR_IO_ADDR(ADCSRA)
405     sbrs     Reg_Temporal,      4
406     rjmp     WAIT_ADC
407
408     sbi      _SFR_IO_ADDR(ADCSRA), 4                ; Reinicia el interrupt flag
409
410     in       Reg_Temporal,      _SFR_IO_ADDR(ADCL)
411     in       r17,               _SFR_IO_ADDR(ADCH)
412     lsl      r17
413     ror      Reg_Temporal
414     lsl      r17
415     ror      Reg_Temporal

```

```

417     ret

419 ;-----
419 ;PWM init
421 ;Inicializa los puertos de salida del pum
PWM_Init:
423     sbi     _SFR_IO_ADDR(DDRB) , 3           ;(OC2) para salida
424     ldi     Reg_Temporal , 0x71             ;(01110001) Phase correct,
425     out     _SFR_IO_ADDR(TCCR2) , Reg_Temporal ; no pre escalar, clear on match
426     ret

427 ;-----
429 ;Traducir termistor
430 ;Convierte el valor recibido por parametro en su temperatura equivalente
431 ;entrada: Reg_Temporal: valor leído por el ADC

433 TRADUCIR_TERMISTOR:
434     mov     r18 , Reg_Temporal
435     ldi     r17 , 0                         ;tabla termistor
436     ldi     Reg_Temporal , 0                 ;indice

437 LOOP_BUSQUEDA_TERM:
438     rcall   LEER_EEPROM
439     cpi     r25 , 0
440     breq    FIN_TABLA
441     cp      r18 , r25                       ;leído vs valor tabla
442     brsh    END_TERMISTOR
443     inc     Reg_Temporal
444     inc     Reg_Temporal
445     rjmp    LOOP_BUSQUEDA_TERM

447 END_TERMISTOR:
448     inc     Reg_Temporal
449     rcall   LEER_EEPROM
450     mov     Reg_Temporal , r25
451     ret

453 FIN_TABLA:
454     dec     Reg_Temporal
455     dec     Reg_Temporal
456     rjmp    END_TERMISTOR

457 ;-----
459 ;Traducir peltier
460 ;Convierte el valor recibido por parametro en su temperatura equivalente
461 ;entrada: Temp_Disipador, Tension_Salida, Modo_Operacion
462 ;salida: Temp_Peltier

463 TRADUCIR_PELTIER:
464     lds     r18 , Tension_Salida
465     ldi     r17 , 0                         ;tabla termistor
466     lds     r31 , Modo_Operacion
467     cpi     r31 , 0
468     breq    TABLA_FRIO_PELTIER
469 TABLA_CALOR_PELTIER:
470     ldi     Reg_Temporal , Eeprom_Inicio_Calor
471     rjmp    LOOP_BUSQUEDA_TERM_PELTIER
472 TABLA_FRIO_PELTIER:
473     ldi     Reg_Temporal , Eeprom_Inicio_Frio
474     rjmp    LOOP_BUSQUEDA_TERM_PELTIER
475

```

```

477 LOOP_BUSQUEDA_TERM_PELTIER:
    rcall    LEER_EEPROM
479    cpi     r25,          0xFF
    breq     FIN_TABLA_PELTIER
481    cp      r25,          r18          ; valor tabla vs leído
    brsh     END_PELTIER
483    inc     Reg_Temporal
    inc     Reg_Temporal
485    rjmp    LOOP_BUSQUEDA_TERM_PELTIER
END_PELTIER:
487    inc     Reg_Temporal
    rcall    LEER_EEPROM
489    lds     r17,          Temp_Disipador
    lds     r18,          Modo_Operacion
491
    mov      Reg_Temporal,    r25
493
    sbrc     r18,          0
495    rjmp    CALCULO_CALOR
    rjmp    CALCULO_FRIO
497
CALCULO_CALOR:
499    add     Reg_Temporal,    r17
    sts     Temp_Peltier,    Reg_Temporal
501    ret

503 CALCULO_FRIO:
    sub     r17,          Reg_Temporal
505    mov     Reg_Temporal,    r17
    sts     Temp_Peltier,    Reg_Temporal
507    ret

509 FIN_TABLA_PELTIER:
    dec     Reg_Temporal
511    dec     Reg_Temporal
    rjmp    END_PELTIER
513
;-----
515 ;Get mode
;Devuelve el valor del modo en el cual se ejecuta para la temperatura Reg_Temporal
517 ;Reg_Temporal: temperatura leida
;Reg_Temporal: valor leído devuelto
519 GET_MODE:
    ldi     Reg_Temporal,    0b11000000    ; canal 0 temperatura ambiente
521    rcall    READ_ADC
    rcall    TRADUCIR_TERMISTOR    ; obtengo la temperatura
523    cpi     Reg_Temporal,    50          ; temperatura*2 arbitraria para el modo de
    brsh     COLD_MODE
525
HOT_MODE:
527    sbic    _SFR_IO_ADDR(PINB), 0          ; Si el pin esta en 1 cambia de modo
    rjmp    SET_COLD
529
SET_HOT:
531    cbi     _SFR_IO_ADDR(PORTB), 1
    sbi     _SFR_IO_ADDR(PORTB), 2
533
    ldi     Reg_Temporal,    1          ; 1 es modo calor
535    sts     Modo_Operacion,    Reg_Temporal    ; Modo_Operacion modo de operacion iniciado

```

```

537         ret

539 COLD_MODE:
        sbic     _SFR_IO_ADDR(PINB) , 0           ; Si el pin esta en 1 cambia de modo
541         rjmp    SET_HOT

543 SET_COLD:
        sbi     _SFR_IO_ADDR(PORTB) , 1
545         cbi     _SFR_IO_ADDR(PORTB) , 2

547         ldi     Reg_Temporal , 0           ; 0 es el modo frio
        sts     Modo_Operacion , Reg_Temporal ; Modo_Operacion modo de operacion inicia
549
        ret

551
        .section .eeprom
553         .org    0x0000

555 ; Tablas de conversion
; Formato: [(Tension medida, Temperatura*2),...]
557         .byte    204 , 30
        .byte    204 , 31
559         .byte    204 , 32
        .byte    204 , 33
561         .byte    204 , 34
        .byte    204 , 35
563         .byte    204 , 36
        .byte    204 , 37
565         .byte    204 , 38
        .byte    201 , 39
567         .byte    199 , 40
        .byte    197 , 41
569         .byte    195 , 42
        .byte    194 , 43
571         .byte    193 , 44
        .byte    192 , 45
573         .byte    190 , 46
        .byte    188 , 47
575         .byte    186 , 48
        .byte    184 , 49
577         .byte    182 , 50
        .byte    181 , 51
579         .byte    172 , 52
        .byte    169 , 53
581         .byte    166 , 54
        .byte    163 , 55
583         .byte    160 , 56
        .byte    159 , 57
585         .byte    158 , 58
        .byte    157 , 59
587         .byte    156 , 60
        .byte    155 , 62
589         .byte    154 , 64
        .byte    153 , 66
591         .byte    152 , 68
        .byte    151 , 70
593         .byte    147 , 72
        .byte    145 , 74
595         .byte    143 , 76
        .byte    141 , 78

```

```
597 .byte    140 ,    80
    .byte    0, 0 ;FIN DE TABLA
599
    ; TABLA PARA MODO CALOR
601 ;Formato: [Tension minima, Dif_Temperatura*2]
    .org      0x0064
603 .byte    0      ,    0
    .byte    1      ,    0
605 .byte    20     ,    10
    .byte    25     ,    15
607 .byte    30     ,    17
    .byte    35     ,    21
609 .byte    40     ,    23
    .byte    50     ,    24
611 .byte    55     ,    18
    .byte    58     ,    20
613 .byte    60     ,    24
    .byte    62     ,    28
615 .byte    70     ,    7
    .byte    0xFF, 0xFF ;FIN DE TABLA
617
    ; TABLA PARA MODO FRIO
619 ;Formato: [Tension minima, Dif_Temperatura*2]

621 .org      0x0094
    .byte    0      ,    0
623 .byte    1      ,    0
    .byte    30     ,    14
625 .byte    35     ,    16
    .byte    40     ,    18
627 .byte    45     ,    20
    .byte    50     ,    22
629 .byte    60     ,    30
    .byte    100    ,    36
631 .byte    110    ,    40
    .byte    115    ,    42
633 .byte    0xFF, 0xFF ;FIN DE TABLA

635 .end
```



## A.2. Makefile

```
1  EXE = pulsera
   MICRO = atmega8
3
   MSG_EEPROM = Creando archivo para la EEPROM:
5  FORMAT = ihex

7
   all: $(EXE).hex $(EXE).eep
9
   clean:
11      rm -f *.hex *.o *.elf *.eep *.d *.syb

13  $(EXE).elf: $(EXE).S
      #avr-gcc -Wall -g -g2 -gstabs -O0 -fpack-struct -fshort-enums -funsigned-char -funsi
      -Wa,-as=$(EXE).syb
15      avr-gcc -Wall -Wextra -pedantic -g -mmcu=$(MICRO) $(EXE).S -o $(EXE).elf
      -Wa,-as=$(EXE).syb #O3

17  send: $(EXE).hex $(EXE).eep
      sudo avrdude -c usbtiny -p m8 -U flash:w:$(EXE).hex:i
19
   send_table: $(EXE).hex $(EXE).eep
21      sudo avrdude -c usbtiny -p m8 -U flash:w:$(EXE).hex:i -U eeprom:w:$(EXE).eep:i

23  $(EXE).hex: $(EXE).elf
      avr-objcopy -O ihex $(EXE).elf $(EXE).hex
25
      ##$(EXE).eep: $(EXE).elf
27      # avr-objcopy -j .eeprom --no-change-warnings --change-section-lma .eeprom=0 -O ihex $

29  show_size: $(EXE).elf
      avr-size --format=avr --mcu=atmega8 $(EXE).elf
31

33  $(EXE).eep: $(EXE).elf
      @echo
35      @echo $(MSG_EEPROM) $@
      -avr-objcopy -j .eeprom --set-section-flags=.eeprom="alloc,load" \
37      --change-section-lma .eeprom=0 -O $(FORMAT) $< $@
```

## B. Presupuesto

Componente	Precio xU	Cantidad	Precio total
Celda Peltier 10 W 15 mmx15 mm	\$120.00	1	\$120.00
Atmega8-L	\$42.00	1	\$42.00
L298	\$47.00	1	\$47.00
LM358	\$8.00	1	\$8.00
LM7850	\$5.00	1	\$5.00
Disipador	\$12.00	3	\$36.00
Termistor	\$7.00	2	\$14.00
Resistencia	\$0.50	5	\$2.50
Capacitor	\$0.50	5	\$2.50
Bateria	\$160.00	1	\$160.00
Interruptor	\$5.00	1	\$5.00
Placa perforada	\$26.00	1	\$26.00
Adaptador UART/USB	\$152.00	1	\$152.00
Total			\$620.00

## C. Consumo de Corriente

Se obtuvieron distintas corrientes máximas para cada modo:

- Modo frio: 1,00 A
- Modo calor: 400 mA

## D. Referencias

- [1] <http://www.embrlabs.com/>
- [2] <https://youtu.be/sDZHITVfYrI>
- [3] <https://youtu.be/kvUMCip-r4A>
- [4] [http://www.atmel.com/images/atmel-2486-8-bit-avr-microcontroller-atmega8\\_1\\_datasheet.pdf](http://www.atmel.com/images/atmel-2486-8-bit-avr-microcontroller-atmega8_1_datasheet.pdf)

## E. Datasheets

## Features

- High-performance, Low-power Atmel® AVR® 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
  - 130 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
  - 32 × 8 General Purpose Working Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 16MIPS Throughput at 16MHz
  - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory segments
  - 8Kbytes of In-System Self-programmable Flash program memory
  - 512Bytes EEPROM
  - 1Kbyte Internal SRAM
  - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
  - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C<sup>(1)</sup>
  - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
  - In-System Programming by On-chip Boot Program
  - True Read-While-Write Operation
  - Programming Lock for Software Security
- Peripheral Features
  - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler, one Compare Mode
  - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
  - Real Time Counter with Separate Oscillator
  - Three PWM Channels
  - 8-channel ADC in TQFP and QFN/MLF package
    - Eight Channels 10-bit Accuracy
  - 6-channel ADC in PDIP package
    - Six Channels 10-bit Accuracy
  - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
  - Programmable Serial USART
  - Master/Slave SPI Serial Interface
  - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
  - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
  - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
  - Internal Calibrated RC Oscillator
  - External and Internal Interrupt Sources
  - Five Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, and Standby
- I/O and Packages
  - 23 Programmable I/O Lines
  - 28-lead PDIP, 32-lead TQFP, and 32-pad QFN/MLF
- Operating Voltages
  - 2.7V - 5.5V (ATmega8L)
  - 4.5V - 5.5V (ATmega8)
- Speed Grades
  - 0 - 8MHz (ATmega8L)
  - 0 - 16MHz (ATmega8)
- Power Consumption at 4Mhz, 3V, 25°C
  - Active: 3.6mA
  - Idle Mode: 1.0mA
  - Power-down Mode: 0.5µA



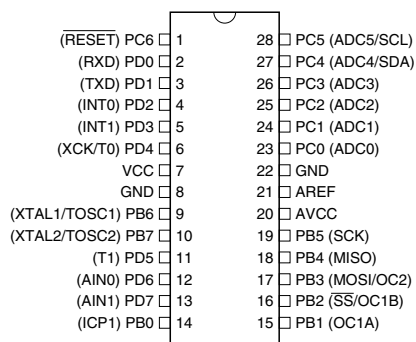
**8-bit Atmel with  
8KBytes In-  
System  
Programmable  
Flash**

**ATmega8  
ATmega8L**

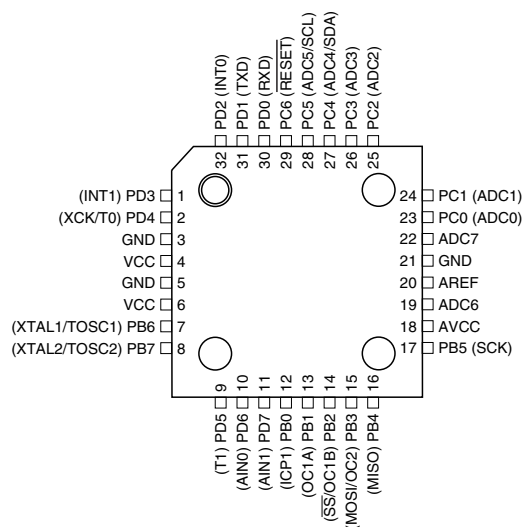
Rev.2486AA-AVR-02/2013

## Pin Configurations

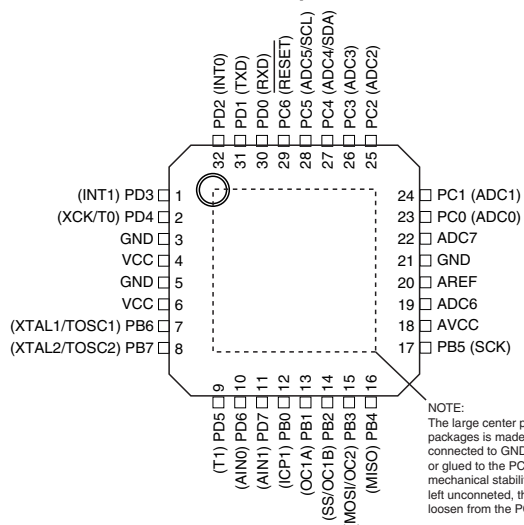
PDIP



TQFP Top View



MLF Top View



# NTC Thermistor : TTC05 Series



## Φ5 mm Lead Type for Temperature Sensing/Compensation

### ■ Features

1. RoHS compliant
2. Halogen-Free (HF) series are available
3. Body size: Φ5mm
4. Radial lead resin coated
5. Operating temperature range: -30°C~+125°C
6. Wide resistance range
7. Cost effective
8. Agency recognition: UL / cUL / CSA / TUV / CQC



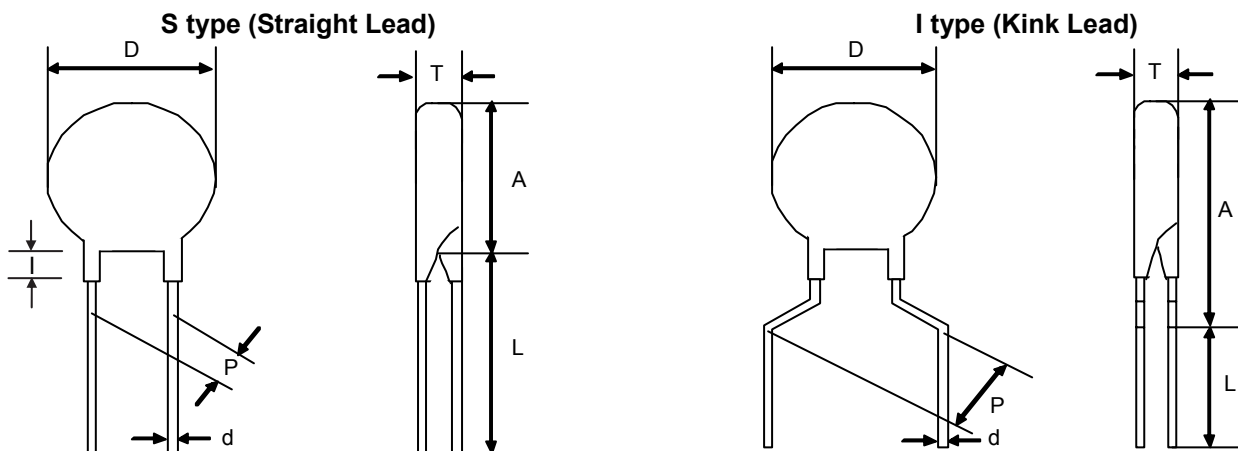
### ■ Recommended Applications

1. Home appliances
2. Automotive electronics
3. Computers
4. Switch mode power supplies
5. Adapters

### ■ Part Number Code

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Product Type		Body Size		Zero Power Resistance at 25°C (R <sub>25</sub> )		Tolerance of R <sub>25</sub>		Appearance		Optional Suffix			
TTC	THINKING NTC Thermistor TTC Series	05	Φ5mm	R <sub>25</sub> < 100Ω 005: 5Ω 015:15Ω 050:50Ω	R <sub>25</sub> ≥ 100Ω 101:100Ω 682:6800Ω 474:470000Ω	J ±5% K ±10% L ±15%	S Straight lead I Kink lead	Y RoHS Compliant E RoHS & HF Compliant					

### ■ Structure and Dimensions



(Unit: mm)

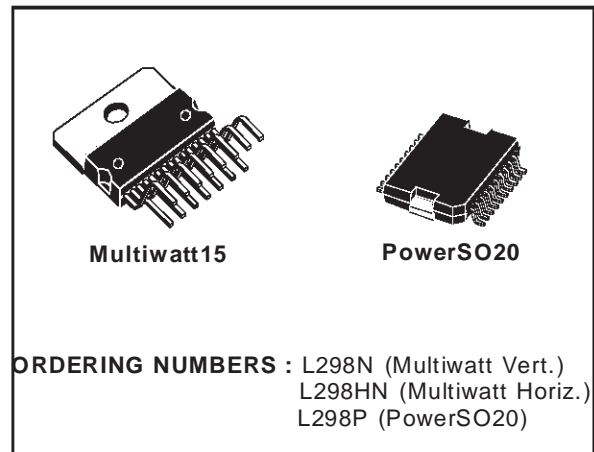
Type	D max.	P	d	I max.	A max.	L min.	T max.
S Type	6.5	3.5± 0.5	0.5±0.02	3	6.5	31	5
I Type	6.5	5± 0.5	0.5±0.02	—	10	29	5

## DUAL FULL-BRIDGE DRIVER

- OPERATING SUPPLY VOLTAGE UP TO 46 V
- TOTAL DC CURRENT UP TO 4 A
- LOW SATURATION VOLTAGE
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)

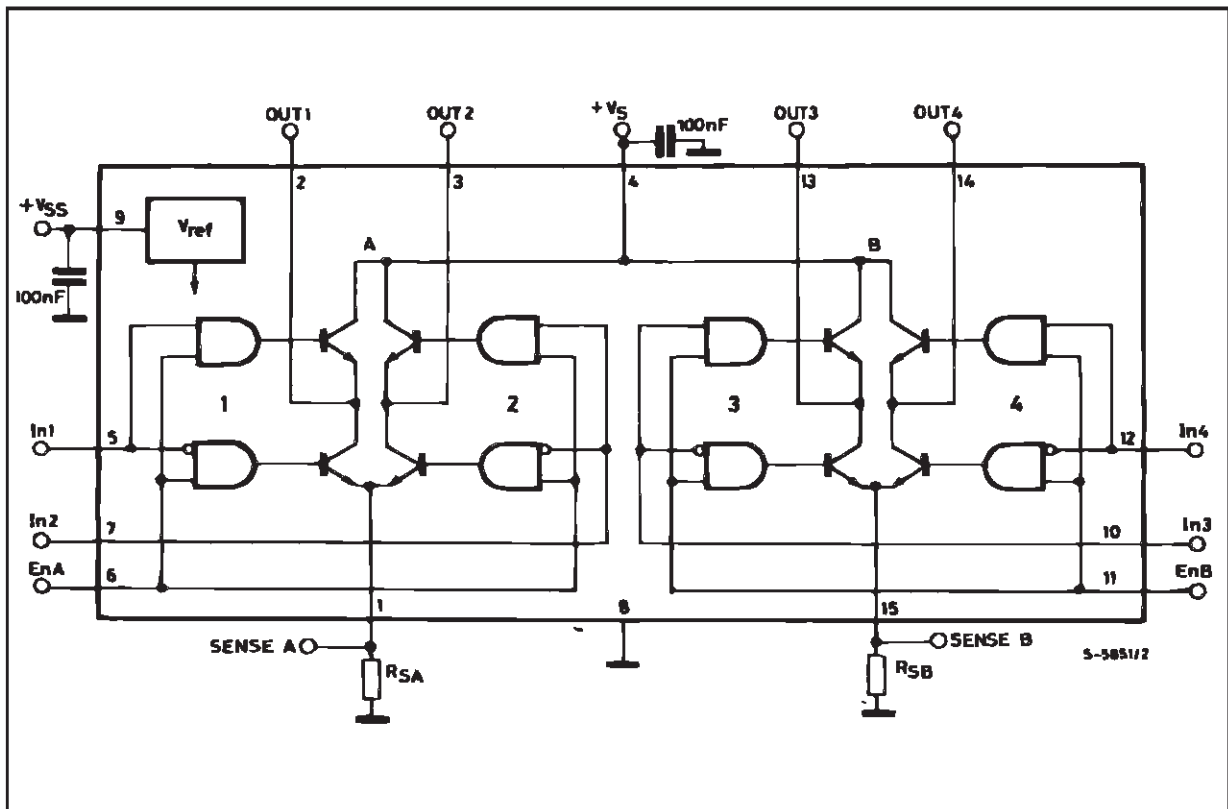
### DESCRIPTION

The L298 is an integrated monolithic circuit in a 15-lead Multiwatt and PowerSO20 packages. It is a high voltage, high current dual full-bridge driver designed to accept standard TTL logic levels and drive inductive loads such as relays, solenoids, DC and stepping motors. Two enable inputs are provided to enable or disable the device independently of the input signals. The emitters of the lower transistors of each bridge are connected together and the corresponding external terminal can be used for the con-



nection of an external sensing resistor. An additional supply input is provided so that the logic works at a lower voltage.

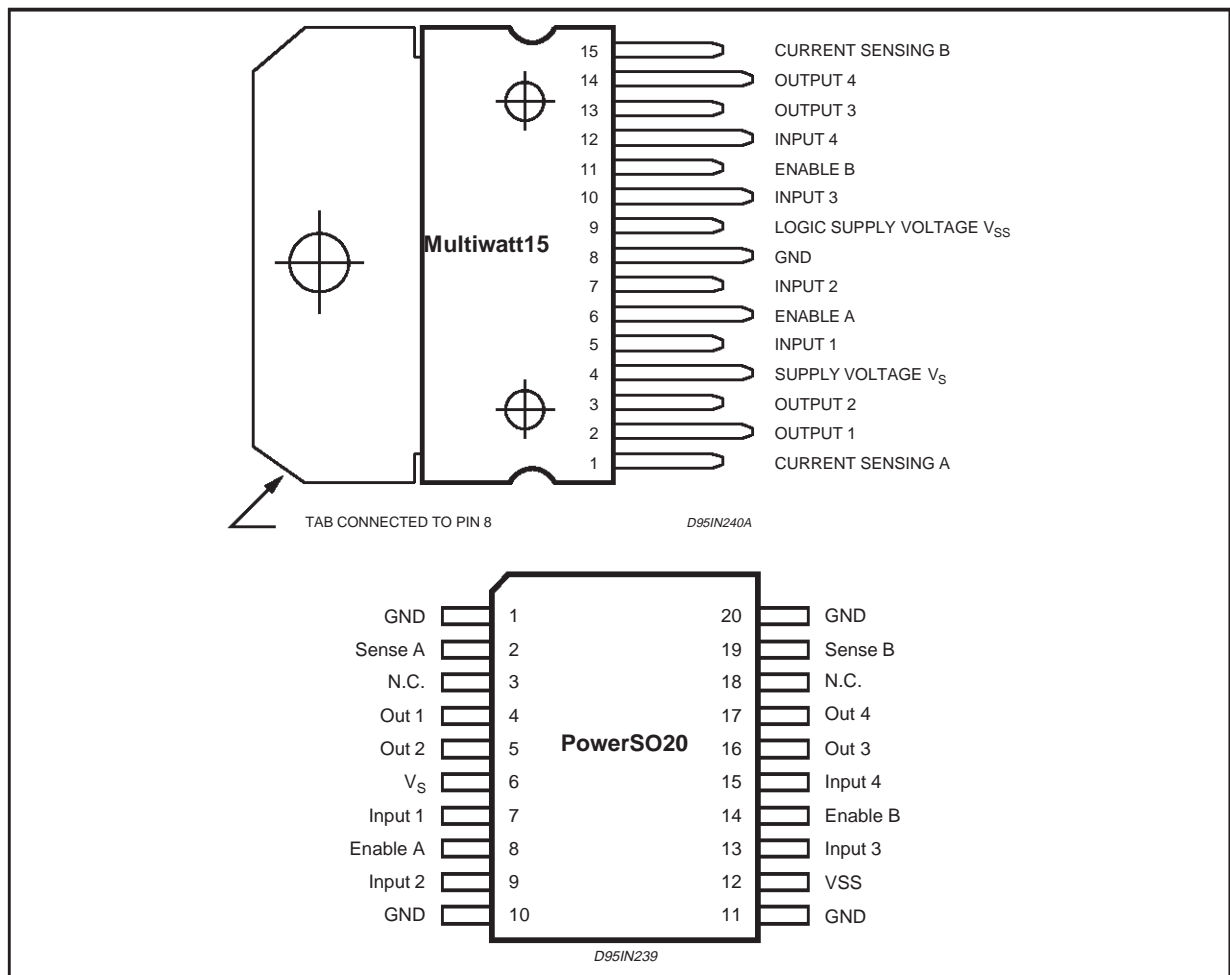
### BLOCK DIAGRAM



## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
$V_S$	Power Supply	50	V
$V_{SS}$	Logic Supply Voltage	7	V
$V_I, V_{en}$	Input and Enable Voltage	-0.3 to 7	V
$I_O$	Peak Output Current (each Channel)		
	– Non Repetitive ( $t = 100\mu s$ )	3	A
	– Repetitive (80% on -20% off; $t_{on} = 10ms$ )	2.5	A
	– DC Operation	2	A
$V_{sens}$	Sensing Voltage	-1 to 2.3	V
$P_{tot}$	Total Power Dissipation ( $T_{case} = 75^\circ C$ )	25	W
$T_{op}$	Junction Operating Temperature	-25 to 130	$^\circ C$
$T_{stg}, T_j$	Storage and Junction Temperature	-40 to 150	$^\circ C$

## PIN CONNECTIONS (top view)



## THERMAL DATA

Symbol	Parameter	PowerSO20	Multiwatt15	Unit
$R_{th\ j-case}$	Thermal Resistance Junction-case	Max. –	3	$^\circ C/W$
$R_{th\ j-amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max. 13 (*)	35	$^\circ C/W$

(\*) Mounted on aluminum substrate

**PIN FUNCTIONS** (refer to the block diagram)

MW.15	PowerSO	Name	Function
1;15	2;19	Sense A; Sense B	Between this pin and ground is connected the sense resistor to control the current of the load.
2;3	4;5	Out 1; Out 2	Outputs of the Bridge A; the current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 1.
4	6	V <sub>S</sub>	Supply Voltage for the Power Output Stages. A non-inductive 100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
5;7	7;9	Input 1; Input 2	TTL Compatible Inputs of the Bridge A.
6;11	8;14	Enable A; Enable B	TTL Compatible Enable Input: the L state disables the bridge A (enable A) and/or the bridge B (enable B).
8	1,10,11,20	GND	Ground.
9	12	V <sub>SS</sub>	Supply Voltage for the Logic Blocks. A100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
10; 12	13;15	Input 3; Input 4	TTL Compatible Inputs of the Bridge B.
13; 14	16;17	Out 3; Out 4	Outputs of the Bridge B. The current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 15.
–	3;18	N.C.	Not Connected

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** (V<sub>S</sub> = 42V; V<sub>SS</sub> = 5V, T<sub>j</sub> = 25°C; unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V <sub>S</sub>	Supply Voltage (pin 4)	Operative Condition	V <sub>IH</sub> +2.5		46	V
V <sub>SS</sub>	Logic Supply Voltage (pin 9)		4.5	5	7	V
I <sub>S</sub>	Quiescent Supply Current (pin 4)	V <sub>en</sub> = H; I <sub>L</sub> = 0      V <sub>i</sub> = L		13	22	mA
		V <sub>i</sub> = H		50	70	mA
I <sub>SS</sub>	Quiescent Current from V <sub>SS</sub> (pin 9)	V <sub>en</sub> = L      V <sub>i</sub> = X			4	mA
		V <sub>en</sub> = H; I <sub>L</sub> = 0      V <sub>i</sub> = L		24	36	mA
		V <sub>i</sub> = H		7	12	mA
		V <sub>en</sub> = L      V <sub>i</sub> = X			6	mA
V <sub>iL</sub>	Input Low Voltage (pins 5, 7, 10, 12)		–0.3		1.5	V
V <sub>iH</sub>	Input High Voltage (pins 5, 7, 10, 12)		2.3		V <sub>SS</sub>	V
I <sub>iL</sub>	Low Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	V <sub>i</sub> = L			–10	μA
I <sub>iH</sub>	High Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	V <sub>i</sub> = H ≤ V <sub>SS</sub> –0.6V		30	100	μA
V <sub>en</sub> = L	Enable Low Voltage (pins 6, 11)		–0.3		1.5	V
V <sub>en</sub> = H	Enable High Voltage (pins 6, 11)		2.3		V <sub>SS</sub>	V
I <sub>en</sub> = L	Low Voltage Enable Current (pins 6, 11)	V <sub>en</sub> = L			–10	μA
I <sub>en</sub> = H	High Voltage Enable Current (pins 6, 11)	V <sub>en</sub> = H ≤ V <sub>SS</sub> –0.6V		30	100	μA
V <sub>CEsat(H)</sub>	Source Saturation Voltage	I <sub>L</sub> = 1A	0.95	1.35	1.7	V
		I <sub>L</sub> = 2A		2	2.7	V
V <sub>CEsat(L)</sub>	Sink Saturation Voltage	I <sub>L</sub> = 1A (5)	0.85	1.2	1.6	V
		I <sub>L</sub> = 2A (5)		1.7	2.3	V
V <sub>CEsat</sub>	Total Drop	I <sub>L</sub> = 1A (5)	1.80		3.2	V
		I <sub>L</sub> = 2A (5)			4.9	V
V <sub>sens</sub>	Sensing Voltage (pins 1, 15)		–1 (1)		2	V



## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$T_1 (V_i)$	Source Current Turn-off Delay	$0.5 V_i$ to $0.9 I_L$ (2); (4)		1.5		$\mu s$
$T_2 (V_i)$	Source Current Fall Time	$0.9 I_L$ to $0.1 I_L$ (2); (4)		0.2		$\mu s$
$T_3 (V_i)$	Source Current Turn-on Delay	$0.5 V_i$ to $0.1 I_L$ (2); (4)		2		$\mu s$
$T_4 (V_i)$	Source Current Rise Time	$0.1 I_L$ to $0.9 I_L$ (2); (4)		0.7		$\mu s$
$T_5 (V_i)$	Sink Current Turn-off Delay	$0.5 V_i$ to $0.9 I_L$ (3); (4)		0.7		$\mu s$
$T_6 (V_i)$	Sink Current Fall Time	$0.9 I_L$ to $0.1 I_L$ (3); (4)		0.25		$\mu s$
$T_7 (V_i)$	Sink Current Turn-on Delay	$0.5 V_i$ to $0.9 I_L$ (3); (4)		1.6		$\mu s$
$T_8 (V_i)$	Sink Current Rise Time	$0.1 I_L$ to $0.9 I_L$ (3); (4)		0.2		$\mu s$
$f_c (V_i)$	Commutation Frequency	$I_L = 2A$		25	40	KHz
$T_1 (V_{en})$	Source Current Turn-off Delay	$0.5 V_{en}$ to $0.9 I_L$ (2); (4)		3		$\mu s$
$T_2 (V_{en})$	Source Current Fall Time	$0.9 I_L$ to $0.1 I_L$ (2); (4)		1		$\mu s$
$T_3 (V_{en})$	Source Current Turn-on Delay	$0.5 V_{en}$ to $0.1 I_L$ (2); (4)		0.3		$\mu s$
$T_4 (V_{en})$	Source Current Rise Time	$0.1 I_L$ to $0.9 I_L$ (2); (4)		0.4		$\mu s$
$T_5 (V_{en})$	Sink Current Turn-off Delay	$0.5 V_{en}$ to $0.9 I_L$ (3); (4)		2.2		$\mu s$
$T_6 (V_{en})$	Sink Current Fall Time	$0.9 I_L$ to $0.1 I_L$ (3); (4)		0.35		$\mu s$
$T_7 (V_{en})$	Sink Current Turn-on Delay	$0.5 V_{en}$ to $0.9 I_L$ (3); (4)		0.25		$\mu s$
$T_8 (V_{en})$	Sink Current Rise Time	$0.1 I_L$ to $0.9 I_L$ (3); (4)		0.1		$\mu s$

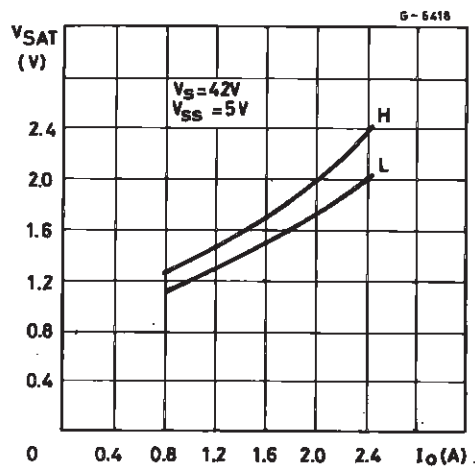
1) Sensing voltage can be  $-1 V$  for  $t \leq 50 \mu s$ ; in steady state  $V_{sens} \min \geq -0.5 V$ .

2) See fig. 2.

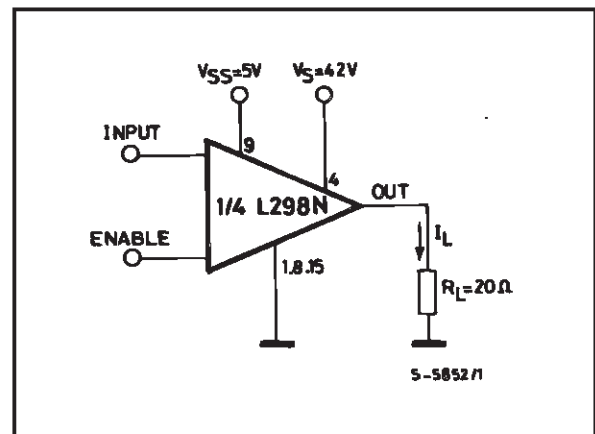
3) See fig. 4.

4) The load must be a pure resistor.

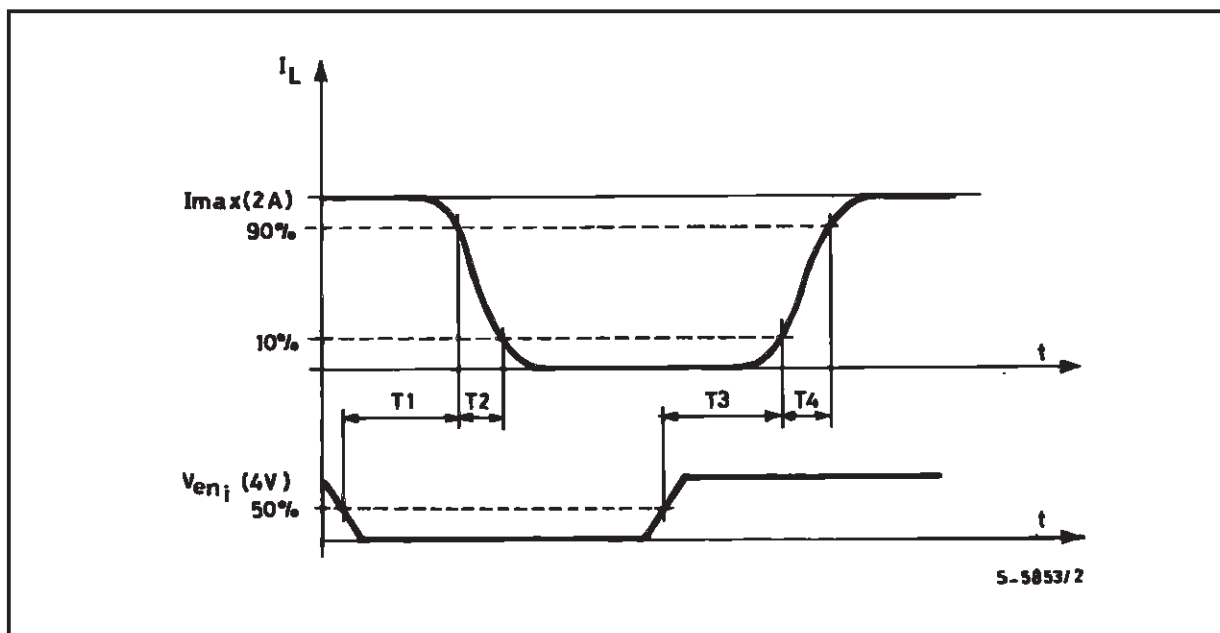
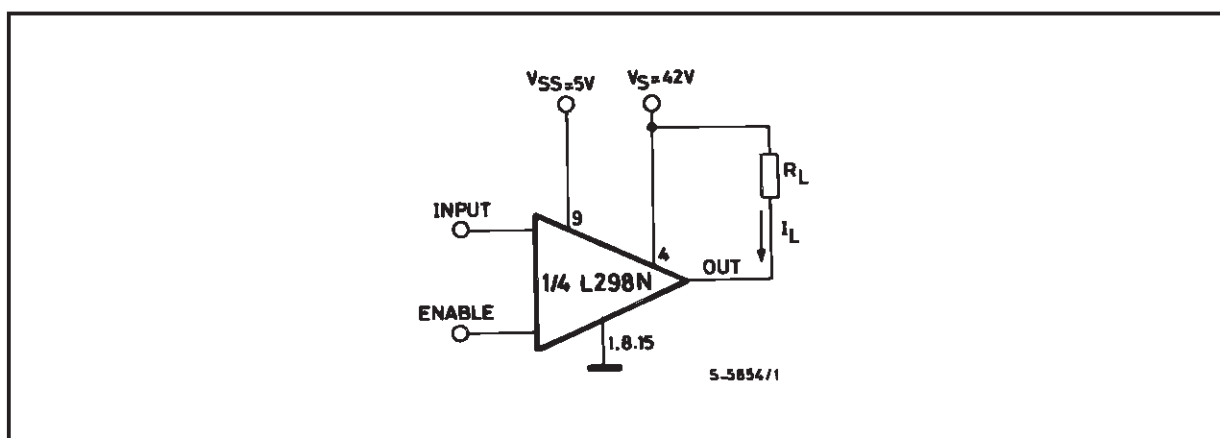
**Figure 1 :** Typical Saturation Voltage vs. Output Current.



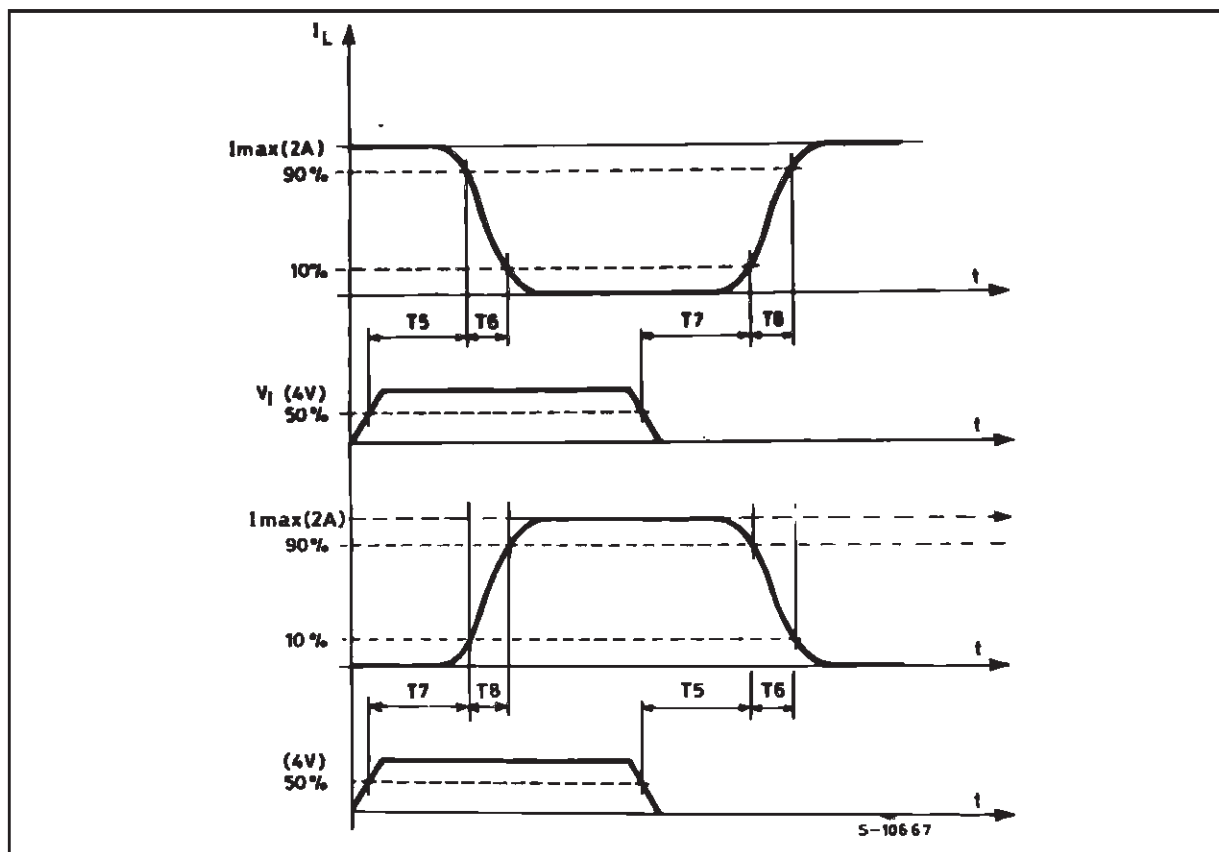
**Figure 2 :** Switching Times Test Circuits.



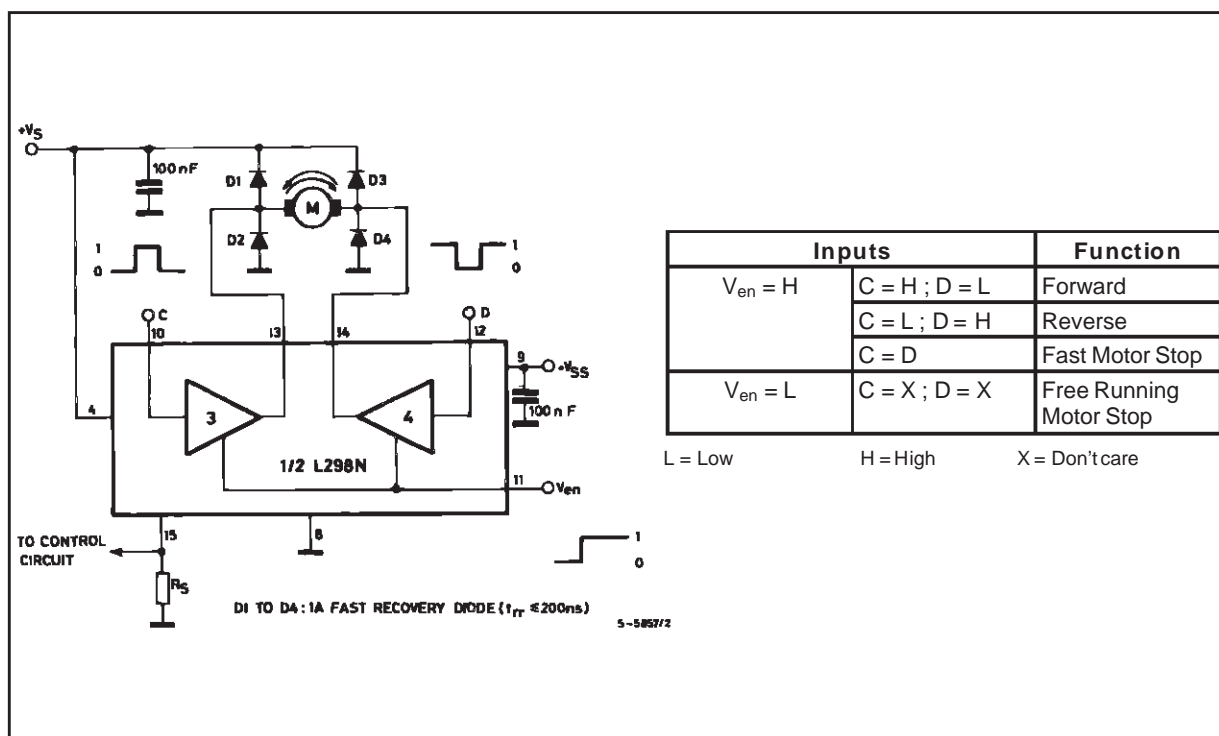
Note : For INPUT Switching, set EN = H  
For ENABLE Switching, set IN = H

**Figure 3 :** Source Current Delay Times vs. Input or Enable Switching.**Figure 4 :** Switching Times Test Circuits.

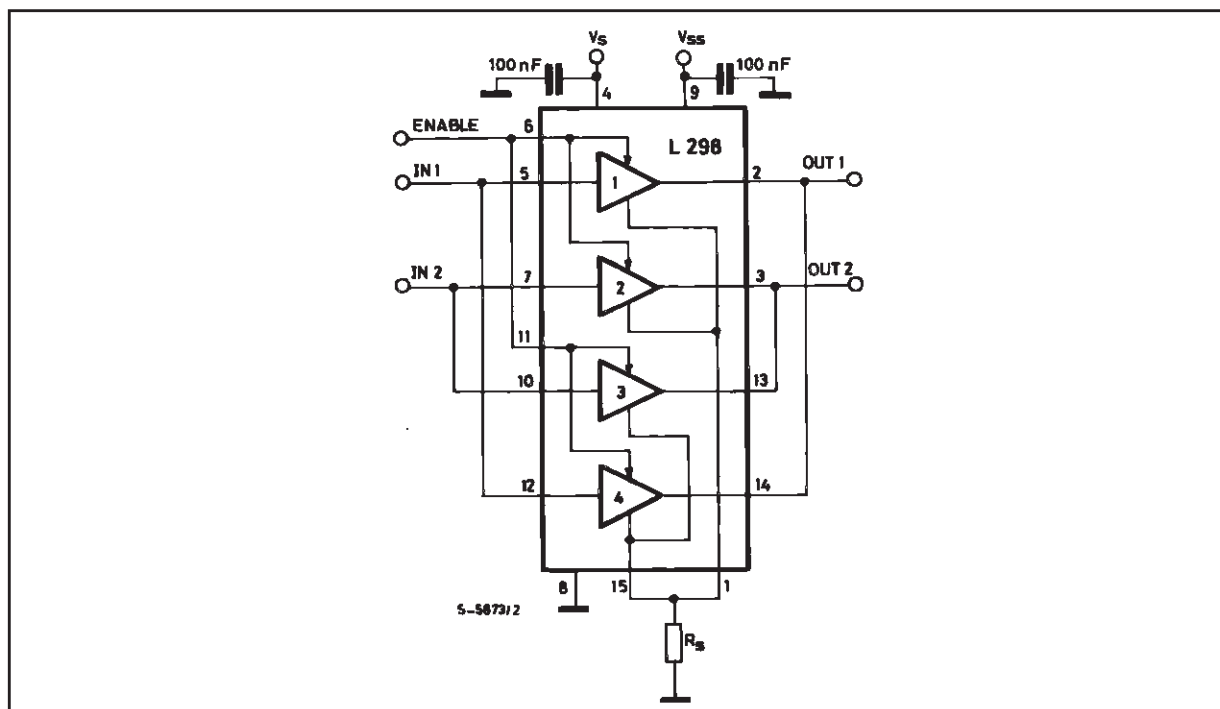
**Note :** For INPUT Switching, set EN = H  
 For ENABLE Switching, set IN = L



**Figure 6 : Bidirectional DC Motor Control.**



**Figure 7 :** For higher currents, outputs can be paralleled. Take care to parallel channel 1 with channel 4 and channel 2 with channel 3.



## APPLICATION INFORMATION (Refer to the block diagram)

### 1.1. POWER OUTPUT STAGE

The L298 integrates two power output stages (A; B). The power output stage is a bridge configuration and its outputs can drive an inductive load in common or differential mode, depending on the state of the inputs. The current that flows through the load comes out from the bridge at the sense output: an external resistor ( $R_{SA}$ ;  $R_{SB}$ ) allows to detect the intensity of this current.

### 1.2. INPUT STAGE

Each bridge is driven by means of four gates the input of which are  $In_1$ ;  $In_2$ ;  $EnA$  and  $In_3$ ;  $In_4$ ;  $EnB$ . The  $In$  inputs set the bridge state when The  $En$  input is high; a low state of the  $En$  input inhibits the bridge. All the inputs are TTL compatible.

### 2. SUGGESTIONS

A non inductive capacitor, usually of 100 nF, must be foreseen between both  $V_s$  and  $V_{ss}$ , to ground, as near as possible to GND pin. When the large capacitor of the power supply is too far from the IC, a second smaller one must be foreseen near the L298.

The sense resistor, not of a wire wound type, must be grounded near the negative pole of  $V_s$  that must be near the GND pin of the I.C.

Each input must be connected to the source of the driving signals by means of a very short path.

Turn-On and Turn-Off : Before to Turn-ON the Supply Voltage and before to Turn it OFF, the Enable input must be driven to the Low state.

### 3. APPLICATIONS

Fig 6 shows a bidirectional DC motor control Schematic Diagram for which only one bridge is needed. The external bridge of diodes D1 to D4 is made by four fast recovery elements ( $t_{tr} \leq 200$  nsec) that must be chosen of a  $V_F$  as low as possible at the worst case of the load current.

The sense output voltage can be used to control the current amplitude by chopping the inputs, or to provide overcurrent protection by switching low the enable input.

The brake function (Fast motor stop) requires that the Absolute Maximum Rating of 2 Amps must never be overcome.

When the repetitive peak current needed from the load is higher than 2 Amps, a paralleled configuration can be chosen (See Fig.7).

An external bridge of diodes are required when inductive loads are driven and when the inputs of the IC are chopped; Schottky diodes would be preferred.

# LM258, LM358, LM358A, LM2904, LM2904A, LM2904V, NCV2904, NCV2904V

## Single Supply Dual Operational Amplifiers

Utilizing the circuit designs perfected for Quad Operational Amplifiers, these dual operational amplifiers feature low power drain, a common mode input voltage range extending to ground/ $V_{EE}$ , and single supply or split supply operation. The LM358 series is equivalent to one-half of an LM324.

These amplifiers have several distinct advantages over standard operational amplifier types in single supply applications. They can operate at supply voltages as low as 3.0 V or as high as 32 V, with quiescent currents about one-fifth of those associated with the MC1741 (on a per amplifier basis). The common mode input range includes the negative supply, thereby eliminating the necessity for external biasing components in many applications. The output voltage range also includes the negative power supply voltage.

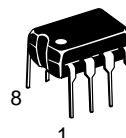
### Features

- Short Circuit Protected Outputs
- True Differential Input Stage
- Single Supply Operation: 3.0 V to 32 V
- Low Input Bias Currents
- Internally Compensated
- Common Mode Range Extends to Negative Supply
- Single and Split Supply Operation
- ESD Clamps on the Inputs Increase Ruggedness of the Device without Affecting Operation
- NCV Prefix for Automotive and Other Applications Requiring Unique Site and Control Change Requirements; AEC-Q100 Qualified and PPAP Capable
- These Devices are Pb-Free, Halogen Free/BFR Free and are RoHS Compliant



ON Semiconductor®

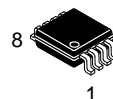
[www.onsemi.com](http://www.onsemi.com)



PDIP-8  
N, AN, VN SUFFIX  
CASE 626

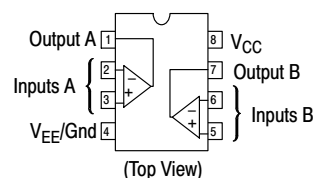


SOIC-8  
D, VD SUFFIX  
CASE 751



Micro8™  
DMR2 SUFFIX  
CASE 846A

### PIN CONNECTIONS



### ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 10 of this data sheet.

### DEVICE MARKING INFORMATION

See general marking information in the device marking section on page 11 of this data sheet.

# LM258, LM358, LM358A, LM2904, LM2904A, LM2904V, NCV2904, NCV2904V

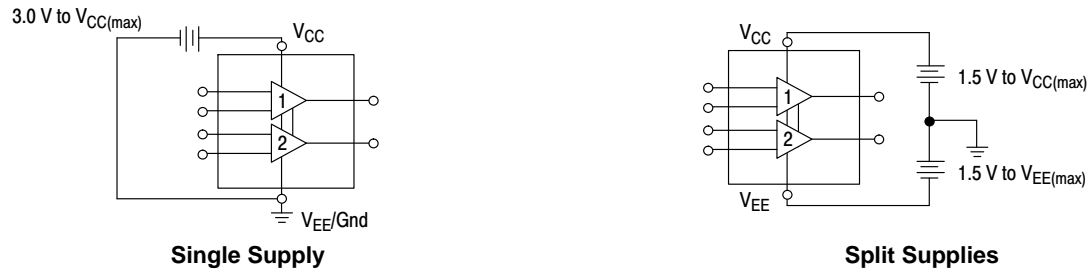


Figure 1.

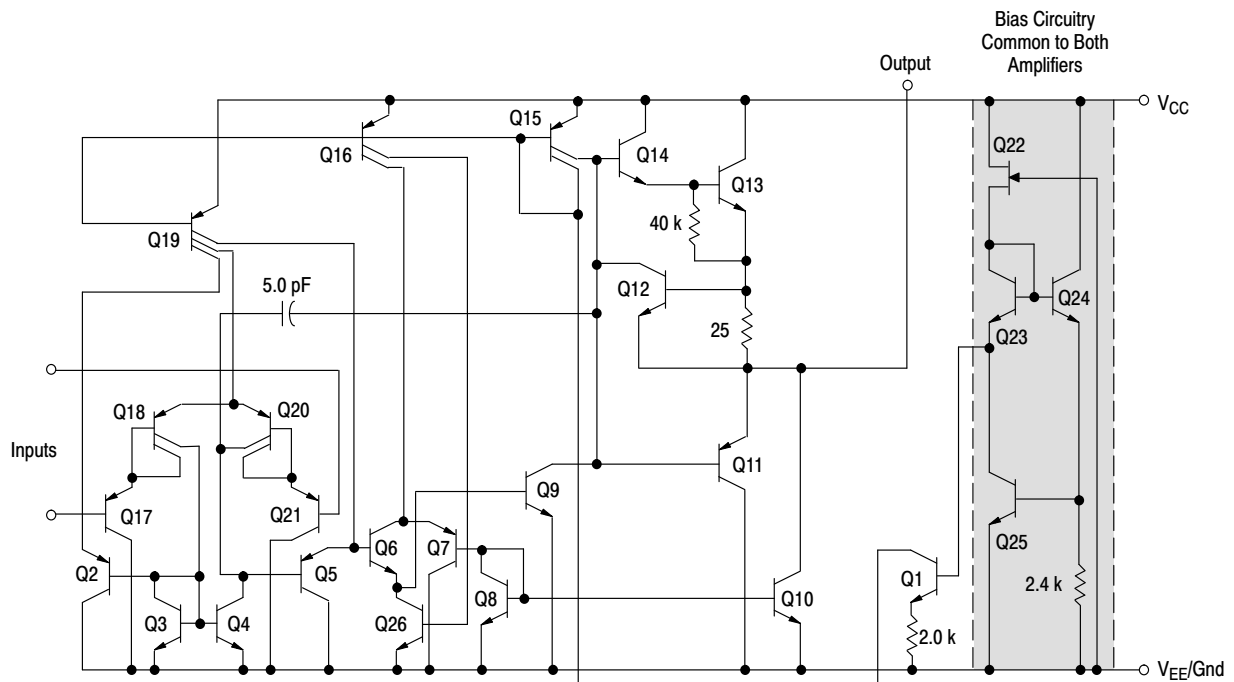


Figure 2. Representative Schematic Diagram  
(One-Half of Circuit Shown)

### General features

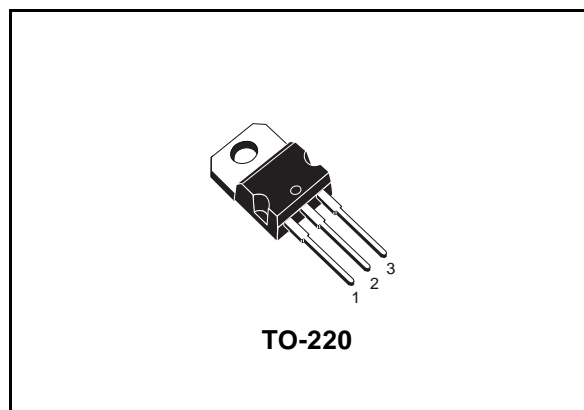
- New enhanced series
- High switching speed
- $h_{FE}$  improved linearity
- $h_{FE}$  Grouping

### Applications

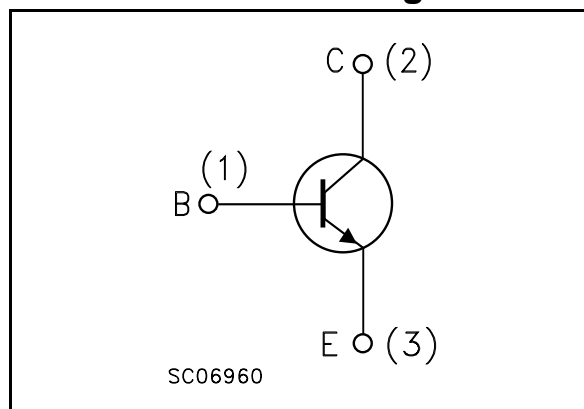
- Linear and switching industrial application

### Description

The TIP31C is a base island technology NPN power transistor in TO-220 plastic package with better performances than the industry standard TIP31C that make this device suitable for audio, power linear and switching applications. The PNP type is TIP32C.



### Internal schematic diagram



### Order codes

Part Number	Marking	Package	Packing
TIP31C <i>Note: on page 4</i>	TIP31C R TIP31C O TIP31C Y	TO-220	Tube

# 1 Absolute maximim ratings

**Table 1. Absolute maximim ratings**

Symbol	Parameter	Value	Unit
$V_{CBO}$	Collector-base voltage ( $I_E = 0$ )	100	V
$V_{CEO}$	Collector-emitter voltage ( $I_B = 0$ )	100	V
$V_{EBO}$	Emitter-base voltage ( $I_C = 0$ )	5	V
$I_C$	Collector current	3	A
$I_{CM}$	Collector peak current	5	A
$I_B$	Base current	1	A
$P_{TOT}$	Total dissipation at $T_{case} = 25^\circ\text{C}$	40	W
	Total dissipation at $T_{amb} = 25^\circ\text{C}$	2	W
$T_{stg}$	Storage temperature	-65 to 150	$^\circ\text{C}$
$T_J$	Max. operating junction temperature	150	$^\circ\text{C}$



## 2 Electrical characteristics

( $T_{\text{case}} = 25^{\circ}\text{C}$  unless otherwise specified)

**Table 2. Electrical characteristics**

Symbol	Parameter	Test conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$I_{\text{CEO}}$	Collector cut-off current ( $I_{\text{B}} = 0$ )	$V_{\text{CE}} = 60\text{V}$			0.3	mA
$I_{\text{EBO}}$	Emitter cut-off current ( $I_{\text{C}} = 0$ )	$V_{\text{EB}} = 5\text{V}$			1	mA
$I_{\text{CES}}$	Collector cut-off current ( $V_{\text{BE}} = 0$ )	$V_{\text{CE}} = 100\text{V}$			0.2	mA
$V_{\text{CEO(sus)}}^{(1)}$	Collector-emitter sustaining voltage ( $I_{\text{B}} = 0$ )	$I_{\text{C}} = 30\text{mA}$	100			V
$V_{\text{CE(sat)}}^{(1)}$	Collector-emitter saturation voltage	$I_{\text{C}} = 3\text{A}$ $I_{\text{B}} = 375\text{mA}$			1.2	V
$V_{\text{BE(on)}}^{(1)}$	Base-emitter voltage	$I_{\text{C}} = 3\text{A}$ $V_{\text{CE}} = 4\text{V}$			1.8	V
$h_{\text{FE}}^{(1)}$	DC current gain	$I_{\text{C}} = 1\text{A}$ $V_{\text{CE}} = 4\text{V}$ $I_{\text{C}} = 3\text{A}$ $V_{\text{CE}} = 4\text{V}$ Group R Group O Group Y	25  10 20 40		24 44 50	

1. Pulsed duration = 300 ms, duty cycle  $\geq 1.5\%$

**Note:** *Product is pre-selected in DC current gain (Group R, Group O and Group Y). STMicroelectronics reserves the right to ship each groups according to production availability. Please contact your nearest STMicroelectronics sales office for delivery details.*