

domingo, 17 de abril de 2011
10:57

Una de las técnicas para medir la potencia de un láser se basa en la convección de un cuerpo que absorbe la luz o radiación electromagnética procedente del láser o cualquier otra fuente de radiación.

Algunos detalles de construcción se omiten por estar ya publicados con la versión 1.0 del bolómetro, ver enlace <http://alfon.fansub.org/bolometro/bolometro.html>

En este caso se usa el efecto Seebeck para medir las diferencias de temperatura, usando termopares tipo J que son fáciles de conseguir.

Las especificaciones según wiki:

Tipos de termopares

[editar]

- Tipo K (Cromo / Cromo / Aluminio (aleación de Ni-Al) Alumel):** con una amplia variedad de aplicaciones, está disponible a un bajo costo y en una variedad de sondas. Tienen un rango de temperatura de -200° C a +1.372° C y una sensibilidad 41µV/° C aprox. Posee buena resistencia a la oxidación.
- Tipo E (Cromo / Constantán (aleación de Cu-Ni)):** No son magnéticos y gracias a su sensibilidad, son ideales para el uso en bajas temperaturas, en el ámbito criogénico. Tienen una sensibilidad de 68 µV/° C.
- Tipo J (Hierro / Constantán):** debido a su limitado rango, el tipo J es menos popular que el K. Son ideales para usar en viejos equipos que no aceptan el uso de termopares más modernos. El tipo J no puede usarse a temperaturas superiores a 760° C ya que una abrupta transformación magnética causa un desajuste permanente. Tienen un rango de -40° C a +750° C y una sensibilidad de -52 µV/° C. Es afectado por la corrosión.
- Tipo T (Cobre / Constantán):** ideales para mediciones entre -200 y 260 °C. Resisten atmósferas húmedas, reductoras y oxidantes y son aplicables en criogenia. El tipo termopares de T tiene una sensibilidad de cerca de 43 µV/°C.
- Tipo N (Nicrosil (Ni-Cr-Si) / Nisil (Ni-Si)):** es adecuado para mediciones de alta temperatura gracias a su elevada estabilidad y resistencia a la oxidación de altas temperaturas, y no necesita del platino utilizado en los tipos B, R y S que son más caros.

Por otro lado, los termopares tipo B, R y S son los más estables, pero debido a su baja sensibilidad (10 µV/° C aprox.) generalmente son usados para medir altas temperaturas (superiores a 300° C).

- Tipo B (Platino (Pt)-Rodio (Rh)):** son adecuados para la medición de altas temperaturas superiores a 1.800° C. Los tipo B presentan el mismo resultado a 0° C y 42° C debido a su curva de temperatura/voltaje, limitando así su uso a temperaturas por encima de 50° C.
- Tipo R (Platino (Pt)-Rodio (Rh)):** adecuados para la medición de temperaturas de hasta 1.300° C. Su baja sensibilidad (10 µV/° C) y su elevado precio quitan su atractivo.
- Tipo S (Platino / Rodio):** ideales para mediciones de altas temperaturas hasta los 1.300° C, pero su baja sensibilidad (10 µV/° C) y su elevado precio lo convierten en un instrumento no adecuado para el uso general. Debido a su elevada estabilidad, el tipo S es utilizado para la calibración universal del punto de fusión del oro (1064,43° C).

Los termopares con una baja sensibilidad, como en el caso de los tipos B, R y S, tienen además una resolución menor. La selección de termopares es importante para asegurarse que cubren el rango de temperaturas a determinar.

El Tipo J tenemos un rango de -40 a 750, con una respuesta de 52µV/°C

Al ser tan poco voltaje se hace necesario usar un amplificador operacional con una ganancia que coincida en una escala que pueda ser medible e interpretado fácilmente por el usuario.

Se puede elegir para empezar una escala que nos proporcione 1 voltio de salida por cada Watío que reciba el bolómetro.

Con un simple tester podemos medir mínimo 100µV, por lo tanto tendremos una resolución que equivaldrá a 100µW, en la escala de 200mV con un máximo de 0,2W, en la siguiente escala del tester medimos en rangos de 1mV, por lo tanto 1mW y con un máximo de 2 Watios.

Nota: Existe la máxima temperatura que puede alcanzar el bolómetro por efectos de la pintura que lleva, se puede quemar si se excede los 100 grados, por lo tanto estará limitada a una determinada potencia.

Cálculos para determinar el multiplicador a usar:

En el anterior documento del bolómetro usando un termómetro de IR, ya calculamos el coeficiente de convección que quedó en unos $70,69 \frac{W}{m^2 \cdot K}$, y la escala en Kelvin se pasa a Celsius por ser lineal.

Según la formula para calcular la convección: $I = h \cdot A \cdot \Delta T \cdot e$

Aislamos los términos constantes: $I = \Delta T \cdot (h \cdot A \cdot e) \rightarrow h \cdot A \cdot e$, h=coeficiente de convección, A=Area del bolómetro, e=emisividad de la pintura.

$$1W = \Delta T \cdot (70 \cdot 0,0004 \cdot 0,92) \rightarrow \Delta T = \frac{1}{70 \cdot 0,0004 \cdot 0,92} = 38,82^{\circ}C$$

La emisividad la podemos variar según la pintura, desde 0,9 hasta lo más mate y negro posible que puede llegar a 0,95. El bolómetro tiene una medida de 20X20mm, por lo tanto 0,0004 m^2, y el coeficiente de convección lo redondeamos a 70.

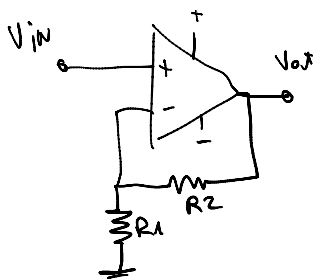
La sonda tipo J tiene unos 52µV/°C, y si queremos 1 voltios con una diferencia de 38,82°C entonces pasamos esa diferencia de temperatura a voltaje que aparecerá en la sonda:

$$38,82^{\circ}C \cdot \frac{52\mu V}{^{\circ}C} \cdot \frac{1V}{1000000\mu V} = 0,0020186 \text{ Voltios}$$

Que tendremos que amplificar usando un operacional hasta 1 voltio, por lo tanto: $\Delta = \frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{0,0020186} = 495,38$

Ahora elegimos un operacional en modo no inversor con una ganancia de 495,38:

Unos pequeños cálculos para este caso de demostración:



$$\Delta = 1 + \frac{R2}{R1} \rightarrow R1 \cdot (\Delta - 1) = R2 \rightarrow R1 = \frac{R2}{\Delta - 1}$$

Fijamos R2 = 10Mohm al 1% de tolerancia

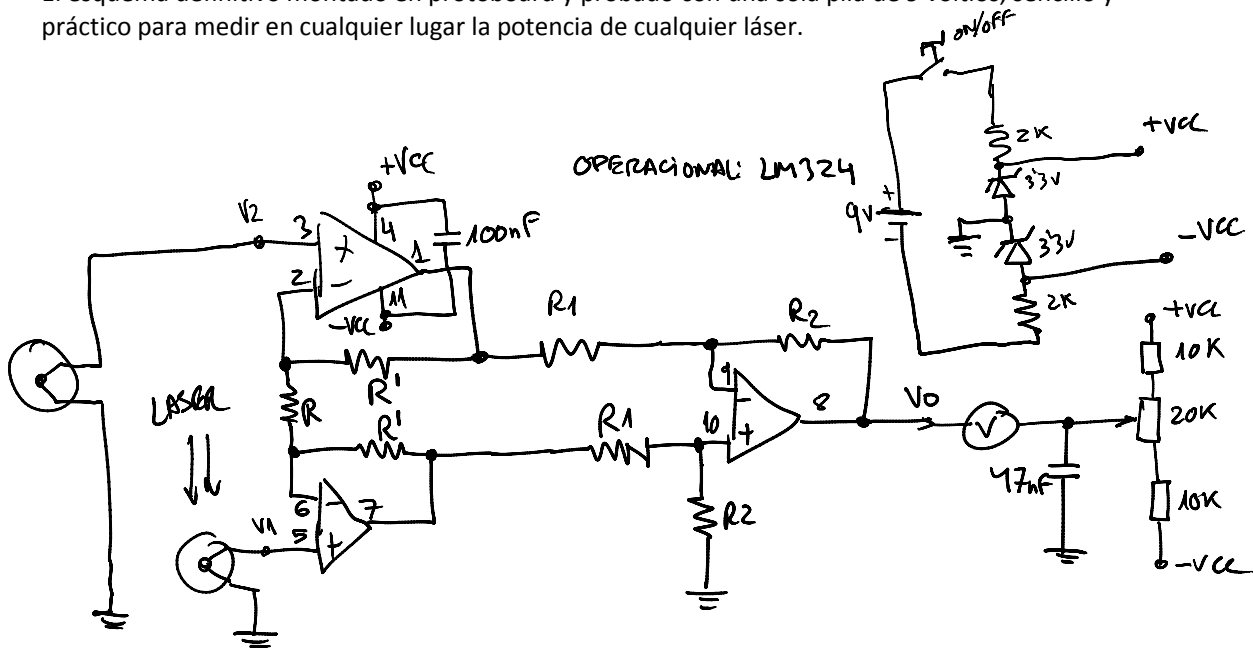
$$R1 = \frac{10E6}{495,38 - 1} = 20227 \text{ ohms} = 20Kohms \text{ 1\% tolerancia}$$

Por lo tanto ya tenemos todos los datos para nuestro bolómetro, que podremos ajustar por ejemplo con

R1 variable, nuestra ganancia para que se ajuste con algún patrón conocido.

Este esquema es teórico, y falta acoplar las dos sondas diferenciales con un amplificador mejor adaptado para sondas, ver siguiente esquema completo.

El esquema definitivo montado en protoboard y probado con una sola pila de 9 voltios, sencillo y práctico para medir en cualquier lugar la potencia de cualquier láser.



$$V_o = (V_2 - V_1) * \frac{R_2}{R_1} * \left(1 + \frac{2 * R'}{R}\right) = \Delta * (V_2 - V_1)$$

Esta es la fórmula para calcular la ganancia según los parámetros de los diferentes componentes.

Necesitaremos una ganancia de 495 que hemos calculado antes.

Podemos fijar las resistencias R1 y R2 por ser de una ganancia de 1, deben ser todas iguales, por ejemplo 10K a ser posible todas de 1% de tolerancia.

De la formula ya podemos decir que R2/R1= 1, no nos afecta para los cálculos siguientes.

Si fijamos la R' a 10Mohms por ejemplo:

$$V_o = (V_2 - V_1) * \frac{R_2}{R_1} * \left(1 + \frac{2 * R'}{R}\right) \rightarrow \frac{V_o}{(V_2 - V_1)} = \frac{R_2}{R_1} * \left(1 + \frac{2 * R'}{R}\right) \rightarrow \text{sabemos que } \frac{V_o}{(V_2 - V_1)} = \Delta$$

$$\text{Por lo tanto } \left(1 + \frac{2 * R'}{R}\right) = \Delta = 495 \rightarrow \frac{2 * 10000000}{R} = 495 - 1 \rightarrow R = \frac{20000000}{495 - 1} = 40485 \text{ ohms}$$

La que más se acerca es la de 39Kohms.

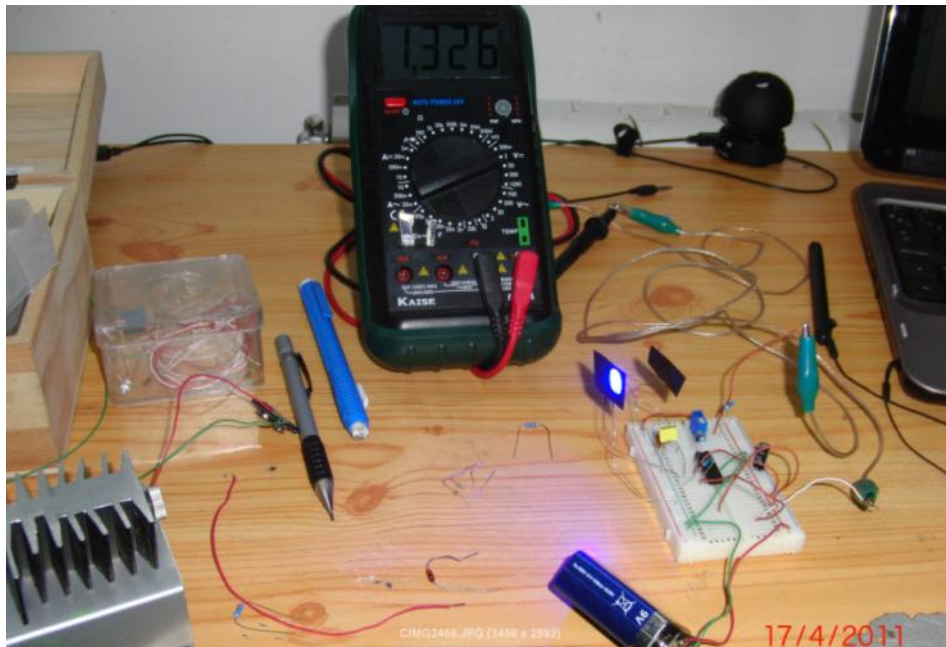
Ya tenemos nuestro circuito para hacer funcionar el bolómetro, que por diferencia de temperatura y una vez estabilizada con el láser apuntando en el captador, marcará un voltaje proporcional a la potencia en vatios, a razón de 1 W/V.

Prueba con láser 70mW, ha dado una salida de 0,075 voltios = 75mW es correcto.

Prueba con láser 1W azul, ha dado una salida de 1,3 voltios = 1,3 vatios, es correcto.

Se puede ajustar mejor la potencia variando la R de 39K por una ajustable para calibrarlo con un patrón conocido.

Unas imágenes del montaje en protoboard:



Probando el láser azul 445nm, que funcionando a 1,1Ah da aproximadamente 1,3Wattios

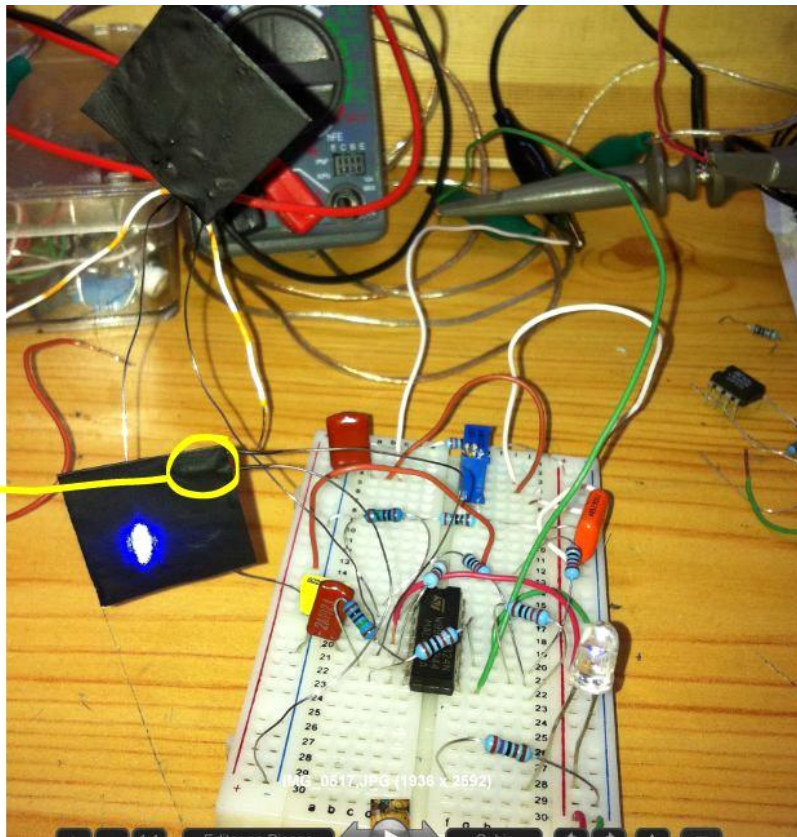


Probando un puntero verde de 70mW, marca unos 77mW.

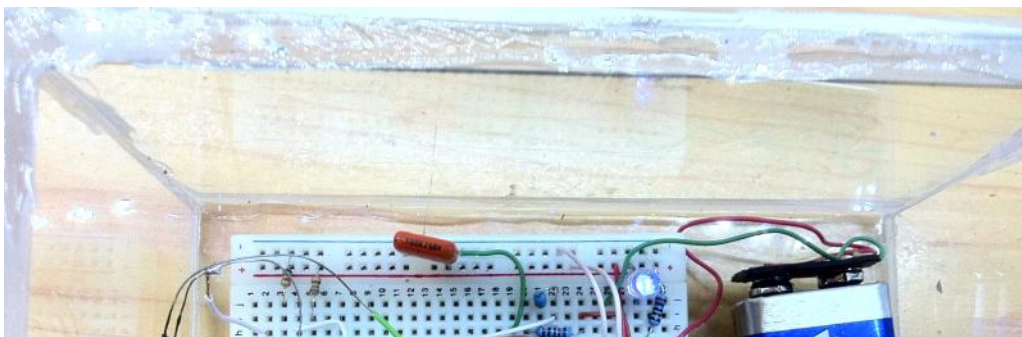
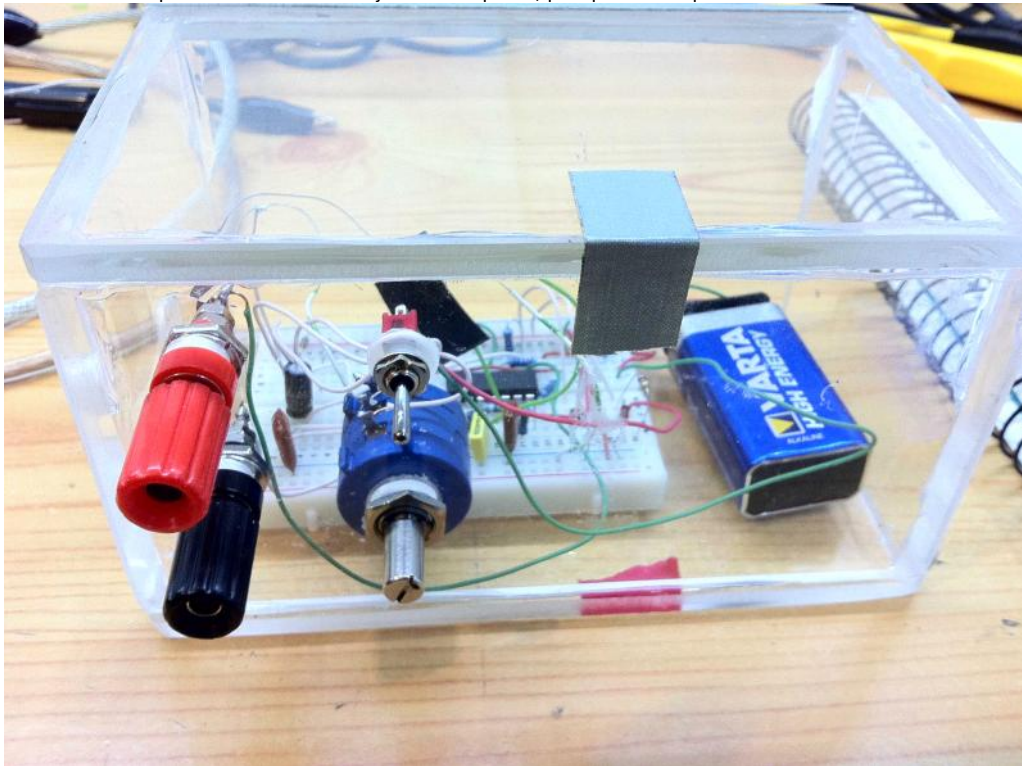
Conclusiones y detalles de funcionamiento:

- La potencia máxima para este bolómetro será de unos 2,5 wattios, por encima de esa potencia la pintura del captador alcanzará más de 100 grados, por lo que se pueden cambiar las propiedades de la misma y no medir correctamente.
- El Ajuste offset se puede hacer con un potenciómetro de 10 vueltas para un ajuste fino. Se puede ver en el esquema un condensador para acoplar la masa virtual formada por un divisor de dos resistencias de 5K con la masa del voltímetro en el offset, es imprescindible no olvidar esa parte para tener una buena estabilidad y evitar interferencias.
- Con resistencias de tolerancia 1% se evitan errores en los componentes y el resultado final ha sido bastante acertado.
- Para medir la potencia en láseres, hay que vigilar en no focalizar el punto en la zona donde está puesta la unión del termopar, hay que repartir el haz en toda la zona para una mayor precisión, como se puede ver con el láser azul de la foto.
- Pruebas posteriores he notado que la mayor estabilidad en la medición se consigue poniendo la sonda termopar en un extremo dentro del aluminio, y en la parte superior del cuadrado captador que se ve en las fotos. También limitando la zona donde se apunta con el láser en el centro.

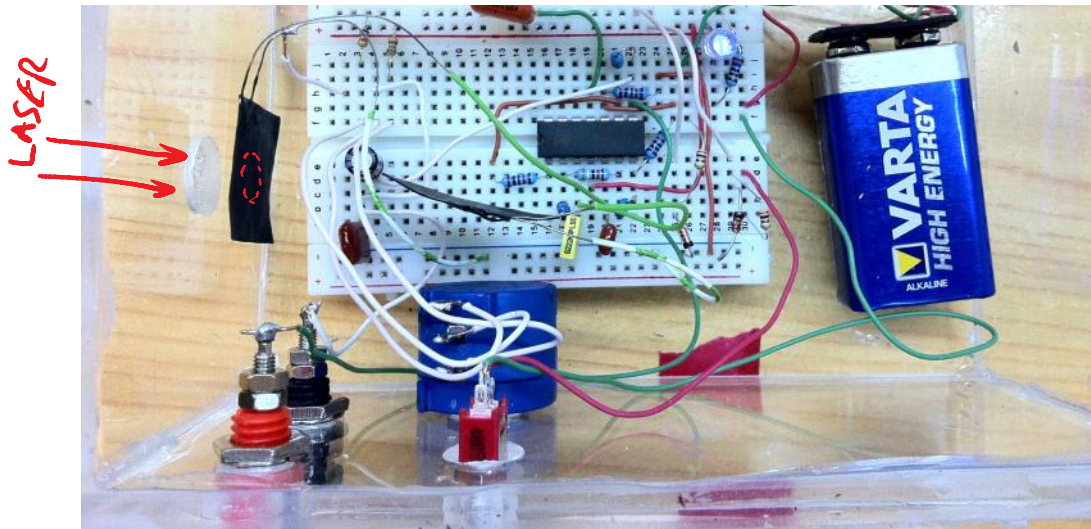
ZONA Sonda
TERMOPAR



Unas fotos con la placa montada en una caja de metraquilato, para poder transportar.



ER



Alfonso Torres Rodríguez
25-04-2011