

Universidad Complutense de Madrid

Proyecto de Innovación y Mejora de la Calidad Docente 215
(Convocatoria 2009)



Manual de Construcción del boLEDgrafo

Autores:

M. O. Soler, E. Cabrera-Granado, E. Díaz, O. G. Calderón y S. Melle

Director:

E. Cabrera-Granado

Manual de Construcción del boLEDgrafo

Índice

1	Introducción	1
2	Construcción	1
A	Materiales	1
1	el LED infrarrojo	1
2	el cuerpo	1
3	el pulsador	1
4	la fuente de tensión	2
B	Herramientas	2
1	soldador de estaño	2
2	alicates y pinzas	2
3	sierra de metal y <i>cutter</i> o cuchilla de modelismo	2
4	lima y lija	2
5	otras herramientas útiles	2
C	Lugar de trabajo	3
D	Esquema de funcionamiento	3
E	Guía paso a paso	3
1	zócalo	3
2	fuente de tensión	4
3	punta emisora	5
4	circuito eléctrico	6
3	Consejos Generales	7
A	A tener en cuenta	7
B	Versiones caseras	7
C	Cómo soldar	8

1. Introducción

El objetivo de este proyecto (referencia **PIMCD 215**) es el desarrollo de un puntero infrarrojo de bajo coste y fácil construcción para su uso en enseñanza. Por un lado se trata de una herramienta docente que, combinada con un detector comercial (el *Wii Remote*), permite convertir cualquier pantalla en un dispositivo táctil. Por otro la construcción de este puntero puede ser realizada por el alumnado como un proyecto introductorio a la electrónica.

En esta guía se aportará la información necesaria para diseñar, construir y verificar el funcionamiento del boLEDgrafo.

2. Construcción

A. Materiales

Existen muchas maneras de construir un puntero infrarrojo sencillo y práctico. En esta guía comentaremos las características generales que dicho dispositivo debe tener, y mostraremos varios ejemplos contruidos con

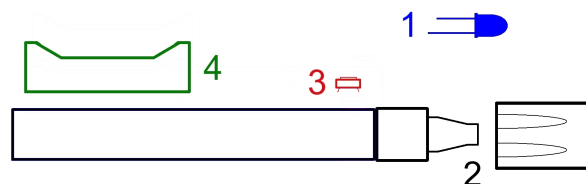


Fig. 1. Un boLEDgrafo se compone de cuatro partes, sin incluir los cables (que deberán ser tan estrechos y flexibles que sea posible). 1: LED infrarrojo. 2: cuerpo (formado por fuste, punta y tapón). 3: pulsador. 4: fuente de tensión.

distintos materiales. El único componente del boLEDgrafo que inevitablemente tendremos que adquirir es el LED infrarrojo. Todos los demás pueden ser reutilizados a partir de material de oficina o electrodomésticos averiados.

1. el LED infrarrojo

Para asegurar un funcionamiento óptimo emplearemos un LED infrarrojo de alta emisividad (al menos $40mW/sr$) y de longitud de onda $\lambda = 940nm$. Aunque dispositivos de este tipo se pueden encontrar en diversos electrodomésticos es muy recomendable adquirir en una tienda especializada un LED que cumpla con estos requisitos, pues su perfecto funcionamiento es imprescindible. El precio de este componente suele ser inferior a los 50 céntimos/ud. Recomendamos usar el modelo *TSAL7200* de *Vishay Semiconductors* pero cualquier dispositivo de iguales características servirá. El color del encapsulado (normalmente azul o transparente) no afecta a las prestaciones del LED.

2. el cuerpo

Escogeremos un bolígrafo o rotulador grueso como soporte sobre el que montar y conectar el resto de elementos. El cuerpo está formado por el fuste, la punta y uno o dos tapones (delantero y/o trasero). Debemos elegir un cuerpo con fuste ancho y hueco, ya sea de plástico o metal. También se puede emplear un tubo, un palo hueco o incluso una lámina de plástico o metal enrollada sobre sí misma.

3. el pulsador

Ya sea comprado en una tienda, reutilizado de cualquier electrodoméstico o incluso construido *ex profeso* (ver 2), su cometido es claro y su función sencilla. Sin embargo al comprarlo en una tienda asegúrate de que obtienes un **pulsador abierto**, que es el que mantiene el circuito abierto hasta ser pulsado.

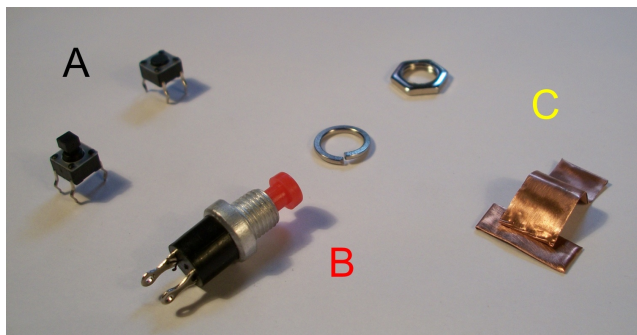


Fig. 2. Distintos modelos de pulsadores. A: pulsadores encastrables de 4 terminaciones y botón alto o bajo. B: pulsador para panel con rosca. C: pulsador casero hecho con una lámina de cobre (ver *Versiones caseras*).

4. la fuente de tensión

Siguiendo las especificaciones del LED recomendamos que sea de 1.5 V y capaz de suministrar una corriente de al menos 100mA. Una pila convencional del tipo AAA es una de las mejores opciones por ser fácil de adquirir y remplazar. Si se elige una fuente que proporcione mayor voltaje se tendrá que incluir una resistencia en el circuito para ajustar la intensidad (ver *Esquema de funcionamiento*).

B. Herramientas

Conectar, soldar y pegar las distintas piezas que componen el boLEDgrafo será más sencillo cuanto mejores y más precisas sean las herramientas empleadas. No obstante, con la excepción de un soldador de estaño, todas las herramientas listadas en este apartado son sustituibles.

1. soldador de estaño

Imprescindible para conectar las distintas partes del circuito. Existe una gran variedad de soldadores en el mercado, desde los eléctricos conectados a la red hasta versiones autónomas que funcionan quemando gas butano y que se cargan como un mechero reutilizable. Es crucial el tamaño de su punta o espátula, que deberá ser tan pequeña como sea posible. La potencia recomendada para este tipo de trabajos es de entre 15 y 30 W. Para utilizar adecuadamente el soldador necesitarás también un soporte adecuado y una esponja húmeda.

2. alicates y pinzas

Los alicates sirven para cortar y pelar los cables y para sostener piezas durante su soldado. Lo ideal es emplear unos alicates de punta fina, que nos permitirán sostener y manipular piezas con precisión y firmeza. A la hora de trabajar en el interior del fuste (por ejemplo, acomodando cables) o de colocar las piezas más

pequeñas y delicadas, a menudo el uso de pinzas es imprescindible. Han de ser rígidas y tener las puntas romas.

3. sierra de metal y cutter o cuchilla de modelismo

Si se elige un fuste de metal será necesaria una sierra para realizar incisiones. También es práctica en plásticos, aunque tiende a acumular restos entre los dientes, perdiendo algo de eficacia. El *cutter* se emplea para cortar rebabas y realizar y agrandar pequeñas incisiones. Cuando la punta de la cuchilla pierde filo se debe recortar doblando la parte embotada con un alicate (y mucho cuidado). Una cuchilla mal afilada es mucho más peligrosa que una nueva, porque nos obliga a emplearla ejerciendo mayor fuerza (y menor control) y nos puede cortar prácticamente igual.

4. lima y lija

La lima se utiliza para desbastar cortes y ajustar la forma de agujeros. Teniendo en cuenta el pequeño tamaño de un boLEDgrafo se recomienda emplear una lima de punta estrecha y sección rectangular. Si deseamos quitar la pintura original del fuste tendremos que echar mano de una lija de grano fino. Por otro lado lijar los extremos que se van a soldar aumenta la solidez de la unión porque limpia las superficies y las cubre de pequeños arañados propensos al agarre.

5. otras herramientas útiles

Disponer de un **berbiquí** nos permitirá perforar el fuste y el tapón trasero con comodidad. Si el fuste es de plástico se puede sustituir el berbiquí por un clavo calentado sobre una vela. Evidentemente el clavo se debe sujetar con unos alicates y emplear con el máximo cuidado. Para perforar fustes de metal delgado suele bastar con un clavo y un martillo. En este caso se recomienda apoyar el fuste sobre un soporte blando para evitar que se hunda o melle.

También es muy recomendable emplear un **multímetro**. Aunque este aparato electrónico no es imprescindible para construir un boLEDgrafo contar con uno nos permitirá, de manera rápida y cómoda, realizar tres tipos de medición muy útiles:

en modo *voltímetro* y en la escala del 2 nos servirá para comprobar la carga de las pilas (midiendo el voltaje entre sus polos, que debe rondar los 1.5v).

en modo *resistómetro* o *zumbador de continuidad* (indicado por un signo de diodo acústico) nos permitirá comprobar la idoneidad de nuestras soldaduras, así como detectar posibles derivaciones en el circuito.

en modo *amperímetro* nos confirmará que la intensidad que atraviesa el LED es la adecuada.

Si no disponemos con un multímetro podemos hacer pruebas algo más complejas pero igualmente válidas para comprobar el funcionamiento del boLEDgrafo. Consulta la sección *Versiones Caseras* para leer algunos ejemplos.

C. Lugar de trabajo

Como en todo trabajo buscaremos un puesto alejado del tránsito de otras personas y suficientemente espacioso para nosotros y nuestras herramientas. Si trabajamos sentados nuestra silla deberá tener la altura y el sorpote lumbar adecuados. Durante el trabajo el tronco ha de estar erguido y sin torsionar. Procuraremos trabajar en una mesa amplia con superficie resistente a la abrasión mecánica y al calor. También hay que tener en cuenta que la ventilación e iluminación del área de trabajo son factores muy importantes a la hora de optimizar el confort y, con él, reducir el cansancio y mejorar los resultados.

Si nuestro soldador es eléctrico necesitaremos un enchufe a la red, preferentemente a través de una regleta con piloto luminoso (por razones de seguridad).

Al terminar una sesión de trabajo y antes de abandonar tu puesto recoge las herramientas y materiales, especialmente si te encuentras en un espacio compartido con más personas. Agradecerás este hábito cada vez que necesites una herramienta y la encuentres en su sitio. Por último, presta atención a las limaduras de metal, a los trozos de plástico y a otros desperdicios.

D. Esquema de funcionamiento

El funcionamiento del boLEDgrafo es enormemente simple: cuando el pulsador es accionado se cierra un circuito eléctrico consistente en la fuente de tensión, una resistencia, el LED infrarrojo y los cables que los unen. Por lo tanto todo lo que el boLEDgrafo tiene que hacer es encender el LED al ser presionado el pulsador.

Si empleamos LEDs con un voltaje de trabajo similar al proporcionado por la fuente de tensión no necesitaremos incluir una resistencia en el circuito, con lo que reduciremos la complejidad del mecanismo y aumentaremos el aprovechamiento de la batería. No obstante, si nos hemos decidido emplear una fuente de alimentación que suministre más de 1.6v, deberemos añadir una resistencia para asegurarnos de que la intensidad que atraviesa el circuito es de aproximadamente 100mA. Como el LED tiene una resistencia de unos 15Ω si empleamos un cargador de 2 pilas AAA (3v) la resistencia a incluir tendrá que ser también de 15Ω, si alimentamos con 5v (el voltaje que proporciona una toma USB) una resistencia de 35Ω, y así sucesivamente.

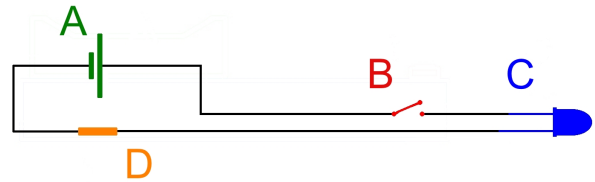


Fig. 3. Esquema de funcionamiento del boLEDgrafo. A: fuente de tensión. B: pulsador. C: LED infrarrojo. D: resistencia.

E. Guía paso a paso

En esta sección se explica cómo construir un boLEDgrafo a partir de materiales de uso frecuente. Antes de empezar por el primer apartado lee toda la sección y los *Consejos Generales*.

No es necesario que sigas el orden de esta sección, pero hacerlo probablemente te ahorre problemas. Dar marcha atrás en muchas partes del proceso será costoso en tiempo y en esfuerzo, así que es importante que antes de dar el primer paso sepas en qué va a consistir el último.

1. zócalo

Empezaremos abriendo el hueco que va a alojar el pulsador. Lo más recomendable es emplear pulsadores encastrados en el fuste para que los cables queden ocultos en el interior. Aunque dispongas de pulsadores aptos para su instalación en la superficie procura que los cables queden siempre lo más protegidos posible.

Como ilustra la figura 4 el primer paso es vaciar el fuste. Para ello quitamos el tapón, desmontamos (normalmente desenroscando) la punta del rotulador y extraemos tanto la punta de escribir como el cartucho de tinta.

Podemos lijar el fuste para eliminar la pintura (ver Fig. 5). Si tenemos previsto pintarlo el lijado uniformiza el color resultante y, en algunos casos, mejora la adherencia del esmalte. Debe hacerse en sentido perpendicular al fuste para que los arañazos resulten menos visibles.

En lugar de recortar directamente el zócalo según la forma del pulsador es recomendable empezar por un orificio menor e ir apliándolo cuidadosamente. Como muestra la figura 6, en el caso de disponer de un pulsador encastrable cuadrado el primer paso es realizar dos cortes paralelos de pequeño tamaño, separados por el ancho del interruptor que vayamos a instalar. Una vez hemos realizado estos dos cortes haremos un tercero en diagonal entre ellos. Como resultado tendremos dos pestañas triangulares que debemos recortar para despejar el zócalo, por lo que las doblaremos alternativamente en sentidos opuestos hasta que se partan.

En el caso de que emplees un pulsador con rosca (ver Fig. 7) probablemente tendrás que practicar otro orificio.



Fig. 4. Desmontamos la punta del rotulador y sacamos tanto la barrita de fieltro como el depósito de tinta, que en este caso es un mazo de fibras empapadas en tinta recubierto por una cobertura de plástico flexible.



Fig. 5. Lijar el rotulador proporciona un buen efecto.

Estos pulsadores, fabricados para incorporarse al panel de máquinas de todo tipo, se instalan de dentro a fuera (la rosca que los fija se pone desde el exterior). Como normalmente no es práctico elegir un fuste suficientemente ancho como para guiar un pulsador por su interior hasta que emerja por el zócalo, tendrás que volver a agujerear el fuste por el otro lado e introducir por ahí el pulsador.

2. fuente de tensión

Como ya hemos comentado lo más recomendable es emplear un cargador de pilas AAA. Estas pilas mantienen un voltaje de aproximadamente 1.5V y suministran suficiente intensidad como para operar el LED durante muchas horas. Su forma, algo más estrecha que las AA, permite incluso introducir algunos soportes en el interior del fuste. Lo más frecuente, sin embargo, será que deban ser instalados en la superficie. Si no tienes un cargador adecuado puedes construir una fuente de tensión de

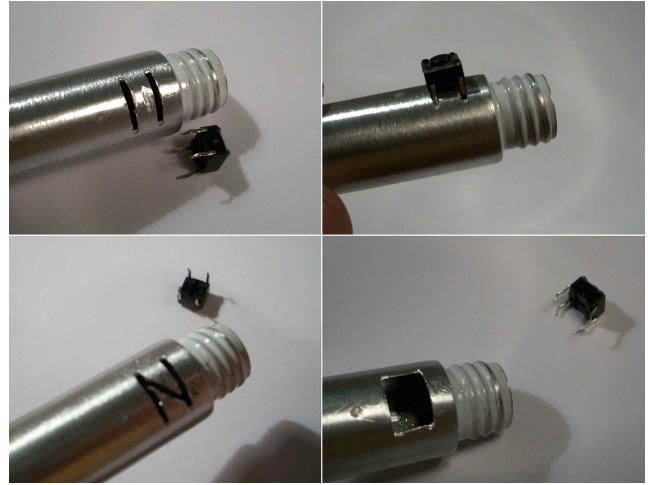


Fig. 6. Comenzamos a tallar un hueco (zócalo) para el interruptor. Siempre que se estén realizando orificios es preferible empezar practicando agujeros menores de lo deseado para luego ampliarlos cuidadosamente. Con ayuda de la lima o de la cuchilla ajustamos los bordes hasta que el interruptor entre a presión, sin holgura.



Fig. 7. Otros modelos de pulsador han de instalarse de manera similar. Si es necesario practica una segunda abertura bajo el zócalo para introducir por ahí el pulsador con los cables ya soldados a sus bornes.

muchas otras maneras. Consulta *Versiones Caseras* para ver algunos ejemplos.

Un cargador en superficie presenta importantes ventajas: asegura un contacto eléctrico más resistente que otras opciones más caseras, las pilas se pueden sustituir con facilidad y se puede medir la carga de estas *in situ* y sin necesidad de extraerlas.

Incluso cuando el cargador cabe en el interior del fuste hay que plantearse si es conveniente instalarlo dentro. Para recargarlo hay que tener un acceso suficientemente cómodo, lo que normalmente implica practicar grandes agujeros en el fuste. Otra opción, que todo el cargador sea extraíble para la recarga, presente el inconveniente de idear e instalar un sistema de retención para el cargador que prevenga su salida accidental.

Si elegimos un cargador externo, ya sea comprado o construido, tendremos que perforar el tapón trasero o la pared del fuste para permitir la entrada de los cables, que recordemos han de estar lo más protegidos posible. Para marcar los puntos donde perforar se presentan ambas



Fig. 8. En este ejemplo hemos realizado los agujeros percutiendo a martillazos un clavo. Aunque perforamos la pared perpendicularmente, una vez atravesado el fuste hemos inclinado el clavo para deformar el orificio y garantizar una entrada oblicua de los cables.

piezas, se determina el mejor lugar para que los cables penetren en el fuste y se marcan estos dos puntos con un rotulador o un raspado de cuchilla. Buscaremos fijar la fuente en la posición más cómoda para nosotros que sea posible, que normalmente será unos centímetros tras el pulsador. Sostén el cuerpo y sitúa tu dedo índice sobre el pulsador como si estuvieras empleando el boLEDgrafo, y comprueba que el futuro emplazamiento del cargador no te impide sostener con comodidad y firmeza el puntero mientras actúas sobre el pulsador.

Cuando marques los puntos retira el cargador, apoya el fuste sobre un paño de cocina doblado (o un lecho de papel de periódico) y practica los agujeros con la herramienta más adecuada: si dispones de una broca suficientemente estrecha utiliza un berbiquí y, en caso contrario, un clavo percutido (ver Fig. 8) o calentado para fustes metálicos o plásticos, respectivamente. También se pueden hacer orificios ovales si se usa una sierra o una lima.

Antes de fijar el cargador debes introducir los cables que lleva unidos a los bornes por los orificios que acabas de practicar. Si empleas una fuente de 1.5V el cable que irá conectado al polo negativo debe ser suficientemente largo como para salir por la punta del boLEDgrafo, pues irá directamente al LED. El cable del borne positivo sólo tiene que llegar hasta el zócalo del pulsador. Introducir los cables es fácil si el orificio tiene el grosor adecuado, pero extraer los cables por el agujero correcto puede ser más difícil. Si no puedes realizar esta operación con las pinzas tal vez una herramienta más sencilla te sirva de utilidad: dobla un trozo de alambre formando una semicircunferencia que tenga un diámetro aproximadamente igual a la mitad del ancho del fuste, y ayúdate con él para guiar los cables hasta la salida correcta (ver Fig. 9). Si tu cuerpo tiene tapón trasero tal vez por ese acceso puedas controlar mejor el proceso.

En el caso de que alguno de los cables no tenga la longitud suficiente puedes empalmarlo con otro. Para ello pela ambos extremos (con dejar al descubierto 1 cm de cable bastará) y únelos siguiendo las indicaciones de **Cómo soldar**. Toda soldadura que vaya a ocupar una

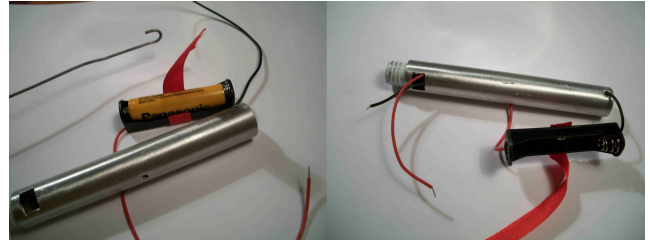


Fig. 9. Para guiar los cables por el interior del fuste ayúdate con un gancho de alambre. Es recomendable hacer pasar los cables antes de fijar la fuente. Retira la pila siempre que manipules cables unidos al cargador.

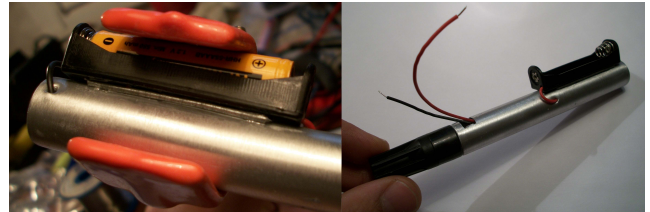


Fig. 10. Izq: Detalle de los refuerzos de alambre entre la fuente y el fuste. Dch: la fuente ya fijada.

posición indeterminada dentro del fuste debe envolverse en cinta aislante para prevenir derivaciones. Emplea siempre un cable un poco más largo de lo que creas necesario y, una vez esté fijado su primer extremo y listo para fijar el segundo, vuelve a cortarlo por el punto que más te convenga. Recuerda, no obstante, que el volumen de cable que puedes alojar dentro del fuste es limitado, especialmente si el cable es muy rígido o grueso.

Haz un pequeño nudo en los extremos de los cables que emergen por la punta y el zócalo para impedir que accidentalmente se deslicen de vuelta al interior del fuste. Fija el cargador al fuste con pegamento de contacto. Para mantener ambas partes unidas aprisionálas con una pinza, un trozo de cinta aislante o bajo un peso. En ocasiones es más fácil si dejas la pila puesta en el cargador. Si el apoyo de éste sobre el fuste te parece precario puedes reforzarlo pegando trozos de alambre cuando la primera junta esté seca (como se aprecia en la figura 10).

3. punta emisora

El LED y sus conexiones forman la parte más delicada del boLEDgrafo. Las mediciones, cortes y soldaduras de estos elementos han de estudiarse con detenimiento. A la hora de elegir el cuerpo de nuestro boLEDgrafo deberemos prestar especial atención no sólo al fuste, sino también a la punta. La punta ha de tener un hueco suficientemente ancho como para quepan por él las patas del LED sin tocarse. Cualquier contacto entre las partes del circuito que quedan a cada lado del LED cortocircuitará la fuente de tensión descargando la pila, en ocasiones en cuestión de segundos.

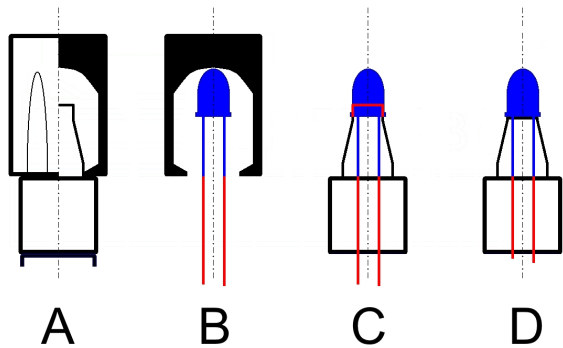


Fig. 11. A: sección parcial del tapón en posición sobre la punta. B: Introducimos el LED y marcamos el lugar donde las patas asoman. En este esquema dicha marca consiste en el cambio de color. C: presentamos el LED y la punta, situando la marca del LED a la altura a la que descansará el tapón. En este caso se comprueba que la punta es demasiado larga: apoyado sobre ella el LED asomaría demasiado. Se resalta en rojo la parte de la punta que sobra. D: Tras recortar el exceso de punta el LED cabrá con el tapón puesto. Para terminar recortamos también las patas del LED procurando que, una vez en posición, no asomen demasiado de la punta.

Si queremos aprovechar el tapón delantero de nuestro cuerpo para proteger el LED cuando no se esté usando (lo cual es muy recomendable) tendremos que verificar que el LED entra sin presión en el tapón y que entre la punta y el fondo del tapón queda suficiente hueco para el encapsulado. En la figura 11 se esquematiza cómo medir, marcar y (en caso de que sea necesario) recortar la punta. Las patas del LED también se deben recortar, sobretodo cuando el fuste es metálico, para que no encuentren elementos conductores que conecten ambas patas puenteando al LED. Existe el convenio de representar y recortar la pata positiva un poco más corta que la negativa.

Una vez recortes las patas dóblalas levemente y con mucho cuidado hacia el exterior para garantizar que las soldaduras de cada pata no se tocarán. Sostén la pata por dos puntos para no forzar su unión con el LED (nunca fuerces el encapsulado). Siguiendo los consejos de la sección *Cómo soldar*, se realizan las dos uniones con la punta ya enroscada al fuste y los cables pasando a través de ella. Se recomienda emplear cable negro para la pata negativa y de otro color (en este caso rojo) para la positiva. Ambos cables deben tener una longitud suficiente como para, una vez unidos al LED, atravesar toda la punta del rotulador y aún darnos margen para soldar los extremos libres. En la figura 12 puedes ver una secuencia de este proceso.

Cuando ambas patas estén soldadas coloca el LED en la posición que va a ocupar y comprueba que puedes introducir el exceso de cable a través de la punta y dentro del fuste. Si todo encaja, separa un poco el LED y pégalo a la punta empleando pegamento de contacto.

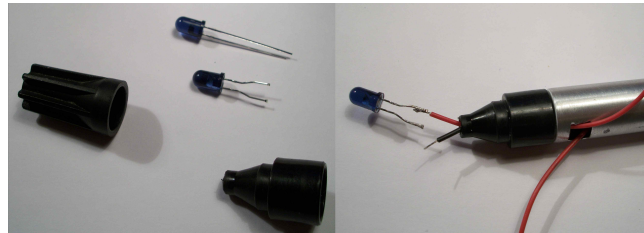


Fig. 12. Izq: tapón, punta recortada, LED de fábrica y LED ya recortado y doblado. Dch: soldando del LED a sus terminales, extraídas por la punta. El extremo negativo (negro) viene desde la fuente, mientras que el positivo (rojo) entra por el zócalo. El otro cable rojo que asoma pertenece a la fuente. Los dos cables positivos se soldarán a las terminales del pulsador. Si hay una pila en el cargador y estos dos extremos rojos se unen el LED debería encenderse.

Procura aplicar el pegamento sólo en la base del LED y nunca sobre la superficie por la que va a emerger la luz: el pegamento de contacto probablemente produzca un efecto de esmerilado que empeore las prestaciones del boLEDgrafo.

4. circuito eléctrico

Como se muestra en el esquema de funcionamiento (Fig. 3), uno de los dos cables conectados a la fuente de tensión debe soldarse a la resistencia (en el caso de que esta sea necesaria) y continuar desde ella y sin interrupción hasta el LED (en este caso, el negro del polo negativo). El otro cable ha de estar interrumpido por el pulsador. Con la ayuda del multímetro en modo *resistómetro* comprueba el funcionamiento del pulsador antes de instalarlo, sobretodo si dudas de su buen funcionamiento o si tiene varias terminaciones que debes identificar.

Los cables que se van a soldar al pulsador han de asomar por el zócalo. Córtalos para que se puedan introducir dentro del fuste, pero asegúrate de que tengan suficiente longitud como para soldarlos cómodamente. Suelda los dos extremos al pulsador y comprueba que todo funciona.

Antes de introducir el pulsador en su zócalo átalos con un hilo fino. Así si durante su colocación se te cuelga dentro del fuste podrás extraerlo.

Con mucho cuidado ve recogiendo los cables dentro del fuste. Si son suficientemente flexibles bastará con empujarlos con las puntas romas de unas pinzas. Si son algo más rígidos es posible que necesites introducir primero un pliegue de cable y luego todo lo demás. Poco a poco introduce todo el cable hasta que el pulsador tape la abertura. Aplica adhesivo de contacto sobre el pulsador y sobre el cerco del zócalo, espera a que se seque un poco (siguiendo las instrucciones del fabricante) y a continuación introduce el pulsador con cuidado de no pegarte

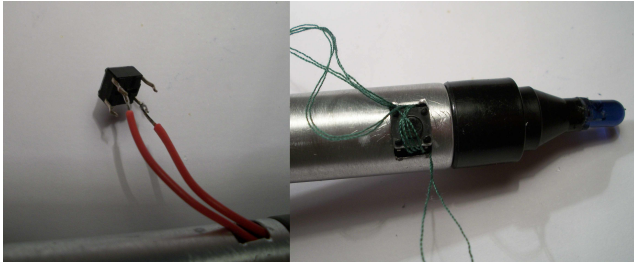


Fig. 13. Izq: pulsador ya soldado. Antes de continuar basta con pulsarlo y verificar la emisión del LED para comprobar que todo funciona. De ser así ya habremos terminado de soldar. Dch: antes de introducir el pulsador en su zócalo es conveniente atarlo con un hilo para poder recuperarlo en caso de que se cuele.



Fig. 14. Dos boLEDgrafos terminados y listos para su uso. El de la parte superior tiene cargador de pilas AAA y pulsador encastrado. El de la parte inferior equipa cargador de pilas casero (confeccionado con un tubo de plástico con tapón a rosca) y pulsador de rosca. Su fuste no se ha lijado para resaltar el trozo de chapa reutilizado para tapar el segundo agujero bajo el zócalo.

los dedos.

Cuando el pegamento se seque comprueba el funcionamiento. Si todo va bien, retira el hilo de recuperación del pulsador.

Si lo deseas puedes pintar o decorar el boLEDgrafo, pero en ningún caso pintes, barnices o lijes la superficie del LED o los bornes del cargador.

3. Consejos Generales

A. A tener en cuenta

* **La seguridad es lo primero:** Las dos cosas que convierten a una herramienta en un elemento peligroso

son la falta de la debida atención y el uso inadecuado. Emplea las herramientas para la función que tienen. Si nunca has empleado una herramienta con anterioridad busca a alguien que pueda instruirte, o examínala minuciosamente mientras haces algunas pruebas. Conoce tus herramientas y adquiere confianza con ellas antes de trabajar con elementos delicados o difíciles de sustituir.

* Cuando termines una sesión de trabajo **asegúrate siempre de que:**

- el soldador está apagado y apoyado en su soporte
- los botes de pegamento, esmalte y otros productos están cerrados
- has guardado tus herramientas más peligrosas de manera adecuada

* **Comprueba antes de avanzar:** al final de cada paso es recomendable comprobar que todas las piezas funcionan correctamente. De este modo descubrirás si has cometido errores identificando la polaridad, si parte del cableado se cortocircuita o si alguna soldadura está mal realizada. Para ello basta con que hagas llegar una diferencia de voltaje de 1.5 V hasta el LED. Como los modelos de LED emiten principalmente en infrarrojo es necesario emplear una cámara digital (una webcam o incluso un teléfono móvil servirá). Estos dispositivos tienen un detector de silicio que responde a la luz infrarroja asignándole un color violáceo o blanco, según los modelos o la intensidad. Un modo de comprobar este efecto es sostener un mando a distancia (por ejemplo de televisión) frente a la cámara que vayamos a emplear y pulsar cualquier botón. Aunque a simple vista no ocurra nada a través de la cámara deberíamos ver cómo el LED se ilumina, a menudo parpadeando.

B. Versiones caseras

Carecer de un **multímetro** no impedirá que podamos verificar el correcto funcionamiento de cada componente del boLEDgrafo. Si necesitas comprobar la carga de las pilas pon en contacto sus polos con las patas de un LED. Con pelar el extremo de los cables bastará, pues si enrollas estas terminaciones en las patas del LED conseguirás un contacto poco duradero pero suficiente para una comprobación. Como el LED sólo emitirá si la diferencia de voltaje es aplicada en un sentido concreto con éste método te permitirá identificar su polaridad. Cuando identifiques por primera vez la polaridad de un LED recorta un poco su pata positiva para ahorrarte tener que repetir esta operación en el futuro.

Según tu circuito vaya creciendo podrás hacer cada vez pruebas de funcionamiento más completas. En este contexto es muy útil tener a mano siempre una fuente de tensión distinta a la que estemos instalando.

Si no vas a emplear un cargador comercial tendrás que fabricar una *fente de tensión casera* para suministrar el voltaje al LED. El modo más rápido consiste en en-



Fig. 15. Fuente de tensión casera construida a partir de un bote y de unos bornes de cobre. El borne negativo (en contacto con el fuste) lleva soldada una lámina aún más pequeña para mejorar el contacto y el ajuste. El borne positivo tiene un orificio que encaja en la pila impidiendo que se deslice.

volver en cinta aislante la pila con un cable en contacto con cada polo. Para asegurar el contacto basta con pelar tres centímetros de cable, enrollarlos sobre sí mismos y apoyar el disco resultante sobre cada borne. El método más rudimentario consiste en fijar al fuste una fuente de tensión improvisada (ver *Consejos*). La sustitución de pila será bastante incómoda y el aspecto es francamente mejorable, pero sin duda es el método más rápido y sencillo de dotar de una fuente a tu boLEDgrafo.

Si dispones de botes o tubos del diámetro adecuado puedes construir unos bornes de cobre e introducir dentro las pilas, como se ve en la figura 15. Estos tubos pueden ser fijados posteriormente al fuste como si se trataran de cargadores de pilas comerciales. El diseño y la construcción de los bornes dependerá enormemente del tipo de tubo empleado. Siempre que puedas construye tus contactos a partir de láminas de cobre, de venta en tiendas de manualidades. Lija bien estas láminas antes de cortarlas y darles la forma adecuada para garantizar un contacto limpio y constante.

En el caso de que no dispongas ni de un cargador ni de material para confeccionarlo tal vez merezca la pena que emplees un fuste muy grueso para poder alojar dentro la pila. Si tu fuste es metálico asegúrate de que no se producen cortocircuitos que descarguen la pila o comprometan el correcto funcionamiento.

Otro elemento de fácil construcción es el *pulsador casero*. Si no encuentras un pulsador que te resulte cómodo de instalar y emplear puedes construir tu propio pulsador empleando una pieza de metal flexible convenientemente fijada al fuste. Aunque lo mejor es utilizar una lámina

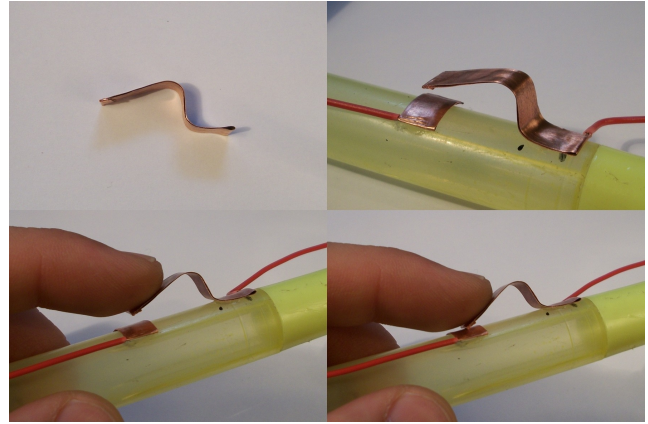


Fig. 16. Pulsador casero construido con una lámina de cobre. Para que no se deforme con el uso se debe accionar sólo en el sentido mostrado en las fotografías. Una vez comprobemos que flexa y recupera adecuadamente se debe forrar la parte superior con cinta aislante. Por motivos de seguridad **nunca se debe utilizar un pulsador de este tipo para circuitos que no estén alimentados por pilas.**

delgada de cobre (ver Fig. 16) también servirá un trozo de alambre o cualquier pieza de metal que puedas doblar unos milímetros sin que se deforme permanentemente.

C. Cómo soldar

Soldar es una operación sencilla de describir pero algo más compleja de dominar. Si nunca has soldado antes, realiza pruebas uniendo trozos de cable, alambre y chapa antes de soldar los componentes de tu boLEDgrafo. Esta precaución te ahorrará segundos y terceros viajes a tu tienda de electrónica...

Maneja con cuidado el soldador. Apóllalo sólo en su soporte y nunca lijes o fuerces la punta, pues podrías dañar el recubrimiento anticorrosivo que la protege.

Debes mantener la punta del soldador tan limpia como sea posible, eliminando los restos de estaño que en él queden pasándolo con suavidad por la esponja convenientemente humedecida. Nunca dejes gotas de estaño abandonadas en la punta caliente: a su superficie se pegará el polvo, contaminando el estaño y formando una película oscura y poco adherente. Por lo tanto, antes y después de emplear la punta, límpiala ligera pero cuidadosamente.

Antes de unir dos piezas asegúrate de que se encuentren limpias. Siempre que su tamaño lo permita, lija suavemente las superficies para cubrirlas de arañazos que mejorarán la adherencia del estaño.

Cuando tengas el soldador caliente y limpio sostén la primera de las superficies a soldar con un alicate y témplala unos segundos con la punta del soldador. Así cuando el estaño líquido entre en contacto con ella no se solidificará inmediata y independientemente, sino

que tendrá tiempo de unirse a la pieza. Es preferible templar poco y tener que repetir la operación a calentar demasiado, pues en el segundo caso puedes fundir piezas plásticas adyacentes (como por ejemplo la camisa plástica que cubre los cables) o incluso inutilizar piezas más sensibles. A este respecto es importante destacar que los LEDs suelen tener un *tiempo de soldado* o *soldering time* especificado por su fabricante. éste es el tiempo que puedes mantener una punta de un soldador estándar (que está entre 200 y 400°) en contacto con las patas del LED antes de que suficiente calor se transmita hasta la parte semiconductor y la estropee, y suele rondar los 5 segundos. Por seguridad y comodidad sostén siempre la pata del LED con un alicate entre el punto de soldadura y la cápsula. De este modo gran parte del calor se consumirá en aumentar la temperatura del alicate y no la del diodo.

Por separado, recubre con una capa delgada de estaño las superficies ya templadas. Para aplicar estaño existen dos técnicas: fusión en la pieza y fusión en el soldador. La primera consiste en poner el estaño en contacto con la parte de metal a soldar y aplicar a esta calor hasta que el estaño se funda. Esta técnica permite un buen recubrimiento, pero es inadecuada si la pieza es delicada, por lo que se ha de descartar si se trabaja con componentes electrónicos o piezas de metal en contacto con materiales fusibles (plásticos y semiconductores, pero también partes orgánicas como madera o cuero pueden resultar dañadas). La segunda, que es más difícil de dominar pero también mucho más segura, consiste en fundir el estaño sobre la punta del soldador y *pintar* con él la pieza, que se debe haber templado previamente. Si se domina el arrastre de la gota de estaño y se es cuidadoso empleando este método (y una punta en buenas condiciones) se pueden recubrir muchas piezas en poco tiempo sin someterlas a una tensión térmica de importancia.

Cuando tengas preestañadas todas las partes de una unión comprueba que no hay manchas negras ni suciedad de ningún tipo sobre el estaño ya depositado. Si todo está correcto, junta las partes y asegúrate de que permanecen en esa posición sujetándolas con pinzas, un tornillo de banco o incluso el peso de herramientas. Manteniéndolas en contacto apoya sobre ellas la punta del soldador, procurando que caliente de manera proporcionada todas las partes. Cuando veas que un cambio de brillo se extiende por la superficie de estaño retira cuidadosamente la punta, espera unos segundos y comprueba si las piezas se han unido. En caso afirmativo espera a que se enfríen completamente y luego tira de ellas para descartar una adherencia defectuosa (también llamada *soldadura fría*).

Si la unión no se separa ni se deforma al soportar una tensión de unos 100 gramos la soldadura se ha realizado correctamente. Es muy didáctico haber destruido

a tirones todas las soldaduras que hiciste practicando antes de pasar a las piezas, pues así se adquiere un buen conocimiento de cuánto debe aguantar una buena soldadura. Comprueba el funcionamiento eléctrico realizando una prueba de encendido o un análisis de resistencia con el multímetro. Una buena soldadura no debe tener más de una pocas décimas de ohmio, aunque un valor del orden de 10Ω es despreciable en un circuito de esta sencillez.