

Acerca de la placa de desarrollo

Ernesto M. Corbellini, Sebastián García Marra y Ariel Burman
Facultad de Ingeniería UBA

31 de julio de 2014

Índice

1. La placa de desarrollo	2
2. Diseño y armado	3
2.1. Elementos principales del diseño	3
2.2. Consideraciones iniciales	5
2.2.1. Soldado de los componentes	6
2.2.2. Componentes con polaridad	6
2.2.3. Conexión de circuitos integrados (IC's)	8
2.3. Componentes y su función	8
3. Midiendo en la placa de desarrollo	11
3.1. Referencia de tensión	11
3.1.1. Medición con multímetro	11
3.1.2. Medición con osciloscopio	12
3.1.3. Medición de corriente	12
3.2. Verificación de funcionamiento	13
3.3. Mediciones generales	13

1. La placa de desarrollo

La placa de desarrollo fue diseñada por el Club de Robótica de FIUBA con el objetivo de simplificar el proceso de aprendizaje en lo que respecta a la programación de un microcontrolador. Para ello la misma cuenta con los elementos básicos para que el microcontrolador funcione y también una serie de periféricos que permiten la interacción con el entorno, esto es, en un sentido muy amplio, capturar señales de entrada y generar señales de salida.

El código que funcione como programa en el microcontrolador, será escrito en una computadora, luego pasará por el proceso de compilación (que es objeto de estudio de otro de los tutoriales), y por último se copiará de la computadora al microcontrolador, para ser ejecutado.

Para esta última parte del camino que recorrerá el código desarrollado se necesita un dispositivo específicamente diseñado, conocido como “programador”, el cual se conecta a la computadora a través de un puerto USB y a la placa de desarrollo por medio de un conector provisto para tal fin. Dicho conector se puede identificar en placa como P1 y el punto ubicado en uno de sus extremos se corresponde con el pin 1 del mismo. Para su correcto funcionamiento el programador debe conectarse con el pin 1 coincidente con el mismo pin del conector de la placa.

Una vez que el microcontrolador tenga grabado el programa desarrollado, sólo restará alimentar la placa para que el mismo comience su ejecución.

Lo anterior fue un resumen muy somero de cuáles son los pasos a seguir para llevar un programa desde la computadora a nuestra placa de desarrollo. En las siguientes secciones vamos a ocuparnos de describir los elementos principales que la componen, así como la correcta utilización de la misma y las posibles mediciones que podrán ser realizadas una vez que se encuentre lista para su uso.

2. Diseño y armado

2.1. Elementos principales del diseño

Empecemos entonces por conocer algunas de las características que posee la placa en cuestión.

En las figuras 1 y 2 puede verse respectivamente, el *esquemático* y el *PCB (Printed Circuit Board)* de la placa de desarrollo con la que vamos a trabajar.

El esquemático es un plano del circuito y es la manera estándar de referirse a un circuito electrónico o eléctrico porque brinda una manera sencilla de describir al circuito y su función. En el esquemático los componentes se encuentran “simbolizados”, es decir, no responden a sus formas reales sino a un símbolo que permite fácilmente dar cuenta del tipo de elemento del que se trata. Luego estos esquemas serán asociados a la forma física del componente que representan, con el fin de poder diseñar la placa del circuito.

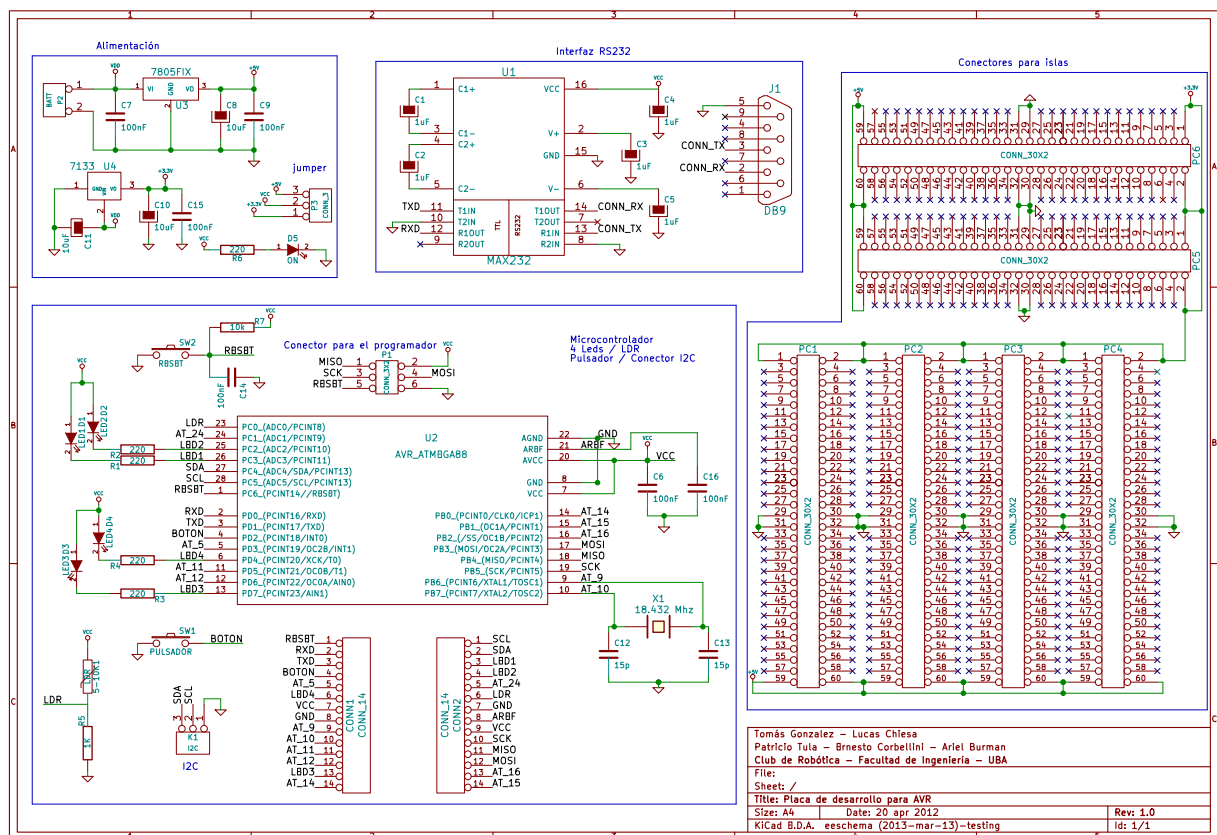


Figura 1: Esquemático de la placa de desarrollo

El PCB por su parte representa la placa de circuito impreso tal y como la veríamos si estuviera construida. En él los componentes responden a sus formas reales, y las conexiones no son simples cableados esquematizados, sino que representan el trazado verdadero que seguirá la pista en la placa terminada. No obstante, en la mayoría de los programas de diseño, uno construye el circuito a través de un esquemático, preocupándose únicamente de que el mismo esté hecho de modo de cumplir su función circuitalmente hablando, y cuando se pasa a la etapa de diseño del PCB el propio software verifica que lo que se haya conectado en el esquemático se corresponda con la conexión que se quiera realizar en el PCB. Si intentamos conectar cosas que no corresponden, el programa no nos permitirá hacerlo, y si faltan conexiones nos avisará.

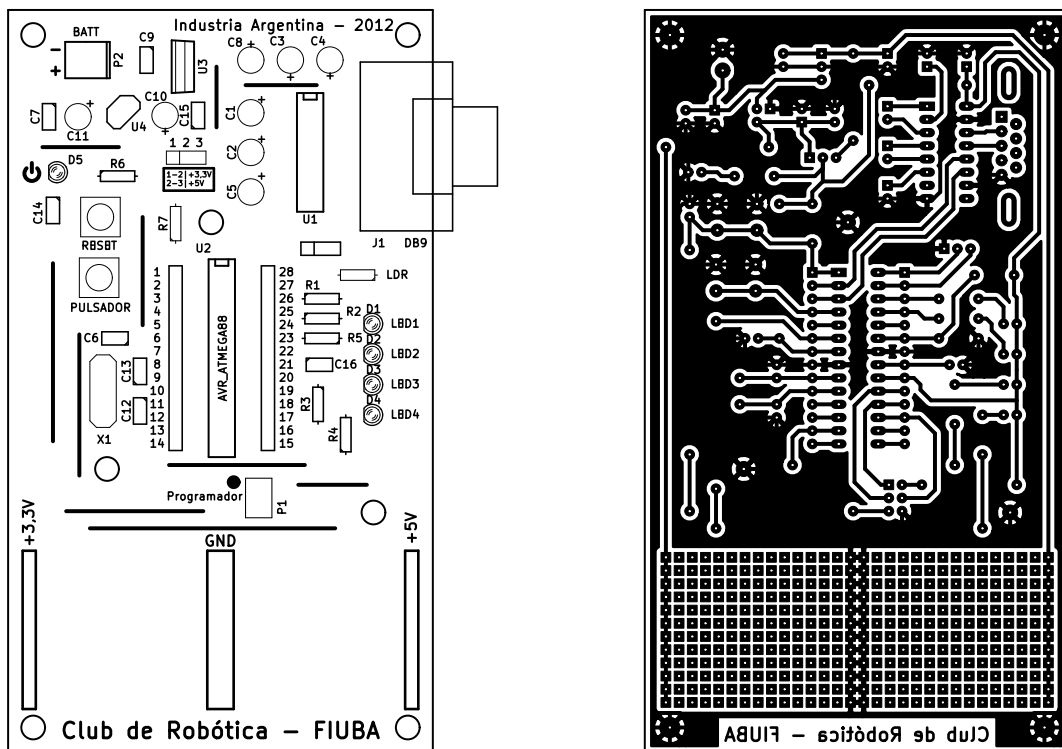


Figura 2: Vista de componentes y pistas de cobre para la placa de circuito impreso (ambas vistas desde el lado de los componentes)

La figura 3, por otro lado, muestra una versión terminada de la placa, indicando los elementos de mayor importancia o interés de entre los que comprenden la misma.

Más adelante en este tutorial iremos conociendo mejor algunas de las partes que la componen, y su funcionamiento.

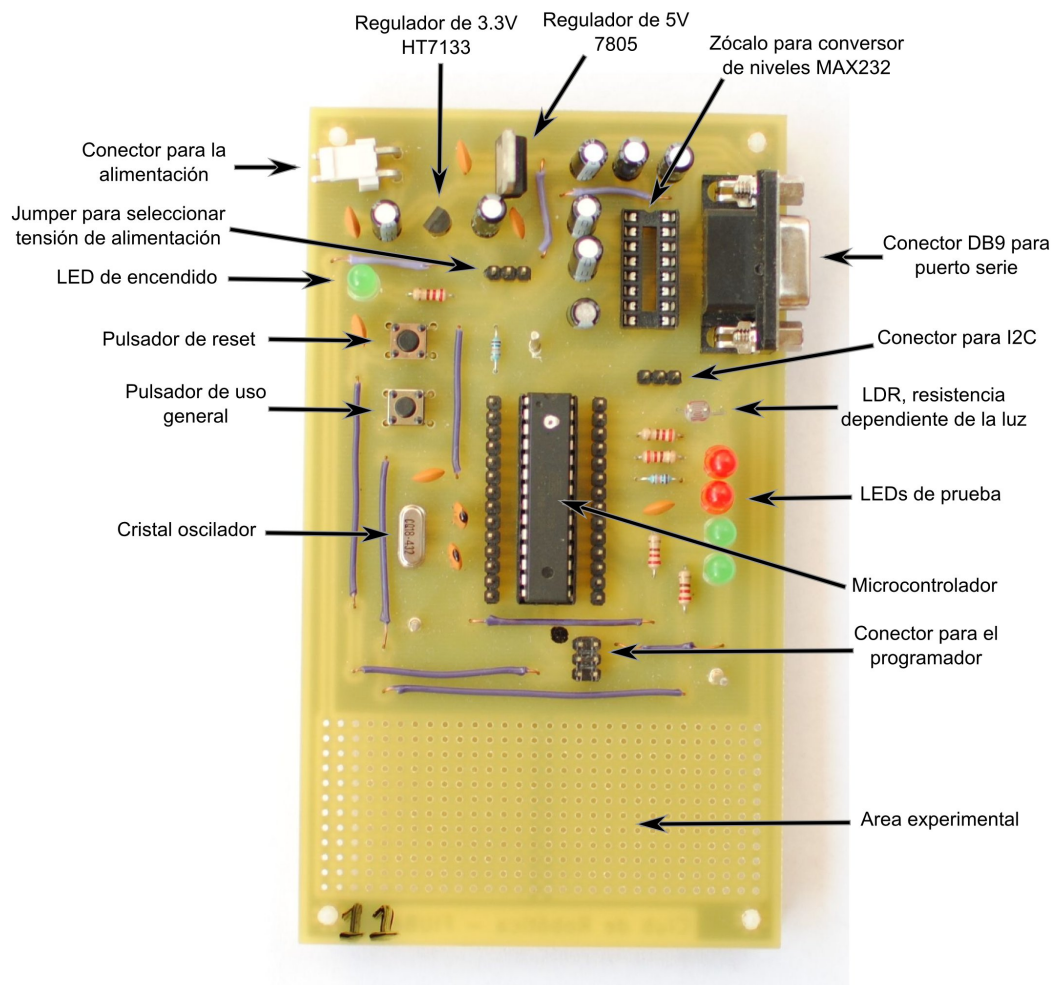


Figura 3: Componentes principales de la placa

Finalmente, un detalle interesante del desarrollo es que la placa posee un área con agujeros distribuidos en filas y columnas, como si se tratara de una placa universal, con la idea de que ese sector sea utilizado para agregar hardware relacionado específicamente con el proyecto que se realice.

En este caso la placa fue diseñada de antemano, por lo cual solo resta armarla con sus componentes, teniendo las precauciones necesarias para no romper ningún elemento y poder llegar a la placa completa funcionando. Por eso no nos detendremos en el proceso de diseño sino que nos focalizaremos en el armado.

2.2. Consideraciones iniciales

Antes de comenzar es importante tener en cuenta algunas cuestiones que nos harán ahorrar tiempo y evitar dañar la placa de desarrollo.

2.2.1. Soldado de los componentes

Al momento de comenzar con el montaje nos encontramos frente a una hoja en blanco que es nuestro PCB sin ninguno de sus componentes, y tenemos que decidir por dónde empezar. Lo conveniente es comenzar soldando siempre los de más bajo perfil, es decir, aquellos de menor altura, pues en el proceso de montaje vamos a tener que dar vuelta la placa muchas veces buscando primero ubicar el componente y luego soldarlo del lado opuesto, y para esto deberemos sostener la placa o apoyarla sobre alguna superficie. Si primero soldamos los componentes altos y luego intentamos soldar, por ejemplo, resistencias, lo que va a ocurrir es que éstas se caerán al girar la placa.

Por otro lado es importante cuando se sueldan los zócalos intentar que queden apoyando por completo sobre la placa, y no que queden más levantados de alguno de sus lados. Para esto es conveniente soldar primero dos extremos opuestos, de modo que quede firmemente sostenido, y verificar que además se encuentre en su correcta posición. Una vez verificado esto, se puede continuar con el soldado del resto de los pines. Si en cambio notáramos que el zócalo quedó inclinado, habrá que proceder calentando el pin que haya quedado con mayor separación respecto de la placa, y presionar para ubicarlo en su correcta posición.

2.2.2. Componentes con polaridad

Una cuestión central a la que se le debe prestar especial atención es la polaridad de los componentes. Mientras que una resistencia o una tira de pines pueden ser montadas en cualquier posición, otros componentes como algunos tipos de capacitores, los LED's, los reguladores de tensión, etc. requieren que se los coloque de una manera específica porque de otro modo no van a funcionar correctamente y muy probablemente se dañen al alimentarlos electricamente.

Veamos algunos ejemplos:

- Capacitor:

El terminal más largo indica que ese es el de mayor potencial (el positivo respecto del otro). Pero si los terminales estuvieran cortados, aun podemos identificar el terminal positivo y el negativo, pues el negativo viene marcado por una tira de signos “-” a lo largo del cuerpo del capacitor.



Figura 4: Capacitor electrolítico

- LED:

Prácticamente lo mismo ocurre con los LED's. El terminal más largo indica el terminal positivo. Pero a su vez, existe un pequeño corte, o parte plana en el borde inferior del encapsulado, que permite identificar el terminal negativo sin importar si los terminales fueron cortados.



Figura 5: Diodo LED - polaridad

- Integrado regulador de tensión (7805):

Este integrado en particular tiene un encapsulado llamado TO-220. Esta denominación corresponde con la forma del componente. Este tipo de encapsulado posee tres terminales dispuestos en fila, con un cuerpo cuadrado de un tamaño de 1 cm de lado aprox. y una parte metálica que actúa como disipador (y puede o no estar conectado internamente a alguno de los terminales).

Dentro de los componentes que utilizan este encapsulado, como ocurre con muchos otros encapsulados, se pueden encontrar distintas clases que realizan distintas tareas. Existen transistores, reguladores de tensión de distintas características, y algunos otros componentes lo utilizan. Por supuesto la distribución de los terminales ya no responden a una única configuración posible, lo que significa que en este caso será necesario recurrir a la hoja de datos del componente en sí mismo para conocer el *pinout* o distribución de pines.

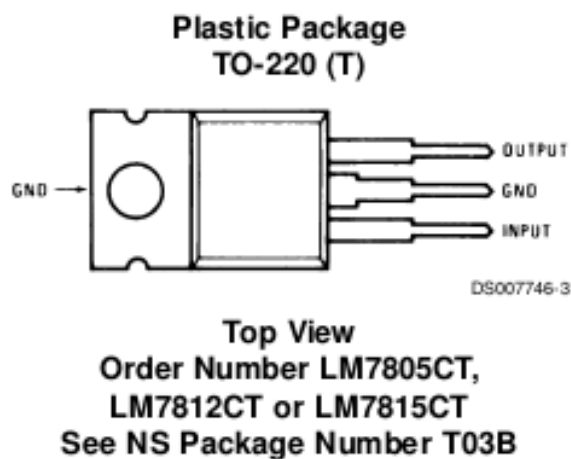


Figura 6: Regulador de tensión - distribución de los terminales

2.2.3. Conexión de circuitos integrados (IC's)

Así como los componentes más básicos requieren que prestemos atención a la hora de conectarlos debido a que poseen polaridad, componentes más complejos como son los circuitos integrados, requieren que prestemos atención no ya solo a su polaridad sino a la posición en que se los conecta. El tratamiento es similar, debemos fijarnos que la posición sea la correcta pues de otra forma corremos el riesgo de quemarlo por aplicarle tensión a los terminales incorrectos, pero la forma de darnos cuenta cuál es la posición correcta es un poco diferente.

Tomemos como ejemplo el microcontrolador que usaremos en esta práctica. Para eso vamos a comparar el encapsulado real del micro, con el esquemático tomado de la hoja de datos. Se observa que el esquemático refiere a una marca en el extremo superior, como media circunsferencia la cual se corresponde con una marca o muesca en una posición similar en el encapsulado real. Esto nos indica cómo debemos mirar el microcontrolador para conocer su distribución de pines, es decir, desde donde comienza la numeración. A su vez debe coincidir con una marca similar en el zócalo del IC. **Siempre y cuando el zócalo haya sido también correctamente soldado, para lo cual hay que ser cuidadoso a la hora de soldarlo ubicándolo en la posición que indique el PCB.**



Figura 7: Distribución de pines - ATmega88

2.3. Componentes y su función

A continuación se listan los componentes que integran la placa de desarrollo, brindando en algunos casos detalles de su utilización, función y otros detalles adicionales. La denominación que reciben los mismos en cada uno de los items coincide con la denominación que llevan en el correspondiente esquemático de placa, de modo que sea sencillo referirlos al buscarlos en uno y otro lado.

- Capacitores

1. C1 a C5 1uF
2. C6, C7, C9, C14, C15 y C16 100nF
3. C8, C10 y C11 10uF
4. C12 y C13 15pF

C1 a C5, C8, C10, C11 son capacitores electrolíticos de 25V o 50V. Este tipo de capacitores tienen polaridad y por ello hay que tener cuidado de respetarla, tal y como se mencionó en la sección anterior. El resto de los capacitores son cerámicos, estos no tienen polaridad, pueden ser soldados en cualquiera de sus dos posibles ubicaciones.

- LED's

1. D1 LED1

2. D2 LED2
3. D3 LED3
4. D4 LED4
5. D5 ON

Los LED's de D1 a D4 son LED's conectados a pines del microcontrolador, de modo de poder ser usados para interactuar con los programas que se ejecuten en el microcontrolador. Por otro lado D5 es un diodo indicador que se encuentra encendido cuando la placa está recibiendo alimentación. Todos los LED's pueden ser indistintamente de cualquier color. El tamaño de los mismos debe ser de 5mm para que entren adecuadamente en la placa.

- Conectores

1. CONN1 CONN_14
2. CONN2 CONN_14

Ambos elementos son “tiras de pines” que exponen los pines del microcontrolador, permitiendo acceder una vez que se encuentra todo soldado, ya sea para conectar algún periférico externo, como así también algún instrumento de medición. Comunmente a los pines colocados con este fin se los denomina *headers*.

3. P1 CONN_3X2: Este conector posee seis pines, y puede fabricarse cortando una tira de pines de 2x40, formato en el que comunmente se consiguen en el mercado, o bien como un conector de seis pines, con un marco plástico, como los antiguos conectores IDE de los discos rígidos, que reciben el nombre de “IDC”, en este caso de 3x2 pines.
4. J1 DB9: Este conector permite vincular el puerto serie de la placa con el puerto USB de la PC. Se conoce como conector DB9 para circuito impreso, de tipo “hembra”.
5. K1 I2C: El nombre de este conector no se debe particularmente a su forma, porque de hecho está compuesto tan solo por tres pines de una tira de pines convencional, sino que tiene que ver con el periférico del microcontrolador al que se encuentra conectado. “I2C” es un protocolo de comunicación serial que permite tener muchos dispositivos conectados a la vez, en el cual cada dispositivo tiene un número que lo identifica. Cuando un dato se envía utilizando este protocolo, parte de la información transmitida es el número o dirección del dispositivo a quien va dirigido el mensaje. De esta forma, aunque todos los demás reciben la información, solo responde el destinatario del mensaje. Es muy usado en dispositivos que trabajan con microcontroladores, porque es muy sencillo de utilizar y robusto para comunicarse con sensores y distintos tipos de periféricos que comunmente forman parte de un dispositivo electrónico o “Sistema Embebido”, entre otras cosas por la poca cantidad de cables que requiere, y por la manera en que se transmiten los datos.
6. P2 BATT: El conector de la batería es conocido con el nombre de *Molex*. Existen molex de muchas formas y tamaños, y se utilizan mucho sobre todo para conectar elementos que tiene polaridad, porque en general no son simétricos y eso facilita determinar si estamos conectando algo correctamente o estamos invirtiendo la polaridad.
7. P3 CONN_3: Nuevamente se trata de un conector de tres pines que puede fabricarse a partir de una tira de 1x40. Se utiliza para seleccionar tensiones de 3.3V y 5V dentro de la placa.

- Resistencias

1. R1 a R6 220Ω
2. R5 1kΩ
3. R7 10kΩ

Todas las Resistencias son de $\frac{1}{4}$ W de carbón (5%)

- Pulsadores

1. SW1 PULSADOR
2. SW2 RESET

Estos pulsadores se conocen como “TAC switch” y son pulsadores especialmente diseñados para ser soldados en circuitos impresos. En nuestra placa estos pulsadores nos permitirán interactuar con el programa que desarrollemos, dado que a través de ellos podemos indicarle al microcontrolador que haga algo una vez que un pulsador sea presionado, o bien durante el tiempo que permanezca pulsado. Incluso podremos programar distintas funciones dependiendo del tiempo que se encuentra pulsado, tal y como ocurre con dispositivos que usamos diariamente como los teléfonos celulares o MP3, que disponen de muy poco espacio y cada vez menos botones con los que interactuar.

- Circuitos Integrados

1. U1 MAX232: Este integrado adapta las tensiones de trabajo del puerto serie del microcontrolador (UART), y la tensión de funcionamiento convencional del puerto serie de la PC, norma RS232.
2. U2 AVR_ATmega88: Este es el elemento principal de la placa de desarrollo, el cerebro de la misma. Posee 28 pines que brindan diferentes funciones al usuario como ser: puertos de entrada y salida (para conectar botones, sensores, LED's, etc), conversores analógicos digitales (ADC), *Timers*, y muchas otras cosas que le dan gran versatilidad para la realización de distintas tareas.
3. U3 7805: Este IC es un regulador de tensión, ajusta la tensión de salida, la que en este caso alimentará alguna parte de nuestro circuito, a un valor fijo en este caso de 5v, siempre que la tensión a la entrada no exceda las tensiones límite que soporta el circuito integrado, ni se encuentre por debajo de un determinado valor mínimo de funcionamiento.
El encapsulado del regulador se conoce como TO-220, y fue explicado brevemente en sección 2.2.2 de la página 6.
4. U4 7133: Este IC cumple la misma función que el 7805 con la diferencia de que ajusta la tensión de salida a 3.3V, que es la tensión con la que funcionan algunos dispositivos que no soportan funcionar con 5V. En particular el microcontrolador elegido para este proyecto puede funcionar tanto con 3.3V como con 5V, brindando flexibilidad en el caso de necesitar trabajar con una u otra tensión, decisión que a veces depende del tipo de dispositivos que vayan a interactuar con nuestra placa.

El encapsulado de este IC en particular, si bien los hay también de tipo TO-220, se conoce como TO-92 que es un tipo de encapsulado muy popular por ser empleado en una gran variedad de transistores.

- Cristal X1 18,432 MHz: El cristal es un elemento que aprovecha una propiedad física del cuarzo, por la cual al estar sometido a una determinada tensión, produce una señal de salida (una señal que toma distintos valores de tensión) que oscila a una frecuencia específica. Esa señal es de frecuencia conocida y se conoce como *señal de clock* del microcontrolador. Ésta es quien fija la velocidad de funcionamiento de todo el sistema. Es decir, por cada cambio de estado de esa señal de alto a bajo (valor de tensión máximo a mínimo) y viceversa, el micro ejecuta una nueva “instrucción”, haciendo que todo el programa se vaya ejecutando en orden de a una instrucción por vez.
- *Light Dependent Resistor* 5-10 kΩ LDR: Este elemento se comporta como un resistor cuyo valor de resistencia no es fijo sino que depende de la cantidad de luz que incide sobre su superficie. En la placa de desarrollo puede emplearse para variar algún parámetro del programa desarrollado, por ejemplo podríamos prender más o menos LED's en función de la cantidad de luz que recibe el LDR, o bien podríamos variar la frecuencia de alguna señal generada. En resumen, es un elemento más de interacción con nuestro hardware y software.

Para comprender mejor el funcionamiento del microcontrolador y sus periféricos, como ser los puertos serie (UART, I2C, SPI), el conversor analógico digital (ADC), cómo configurar la frecuencia del clock del microcontrolador, el funcionamiento de los puertos de entrada y salida, etc, se recomienda referirse siempre a la hoja de datos del microcontrolador, que es la principal fuente de información del funcionamiento del mismo, y se encuentran muy detalladamente explicados todos los temas necesarios para su utilización.

3. Midiendo en la placa de desarrollo

Una vez finalizado el montaje de todos los componentes del circuito y con la placa lista para ser utilizada, antes de seguir adelante hay que hablar un poco sobre lo que podremos y/o deberemos medir sobre la misma.

Para empezar, hay una serie de mediciones que se deben realizar como paso previo a iniciar cualquier proyecto de modo de asegurarse que todo funciona bien y por ende ninguno de los componentes va a sufrir daño por algún problema eléctrico que no hayamos detectado previamente.

Por otro lado, como regla general, una vez que pongamos a funcionar un proyecto seguramente habrá variables que desearemos o necesitaremos medir, y para eso es necesario tener una buena idea de cómo hacerlo.

A su vez las mediciones que deberemos realizar en prácticamente todos los casos pueden llevarse a cabo con un multímetro o con un osciloscopio o bien con ambos, dependiendo cuál sea la medición o qué sea lo que nos importe obtener como resultado de la misma. Por ejemplo, podría interesarnos conocer el valor de tensión a la salida de un puerto del microcontrolador, en cuyo caso sería más práctico utilizar un multímetro, o bien podríamos querer ver la forma de una señal que generamos también generada a partir de nuestro programa, y para esto necesitaríamos sí o sí contar con un osciloscopio.

Repasemos entonces rápidamente algunos aspectos relacionados con estas temáticas.

3.1. Referencia de tensión

Siempre que se mide tensión o “diferencia de potencial”, según el ámbito en el que estemos hablando, lo que es de interés es justamente la “diferencia”, o bien la tensión de un punto “respecto” de algún otro punto. A este otro punto se lo conoce como “referencia”. Y por convención al valor de referencia de 0V, que resulta ser un valor práctico porque la diferencia se puede expresar directamente como la lectura del instrumento, se lo llama: “común”, “masa”, “tierra” o, en inglés, *ground* (*GND*). En realidad dependiendo el ámbito de uso, “común”, “masa” y “tierra” pueden no significar exactamente lo mismo, pero a los efectos de esta práctica vamos a considerarlos sinónimos.

Entonces siempre que hablemos de GND, común, o algunos de los otros términos mencionados, nos referimos a un punto que consideramos de potencial cero, o 0V de tensión “respecto” de lo que consideremos como punto de referencia, que en el caso de nuestra placa de desarrollo será el terminal negativo de la batería, que es coincidente con el terminal negativo de los reguladores de tensión.

3.1.1. Medición con multímetro

El multímetro es un instrumento que permite medir diferentes magnitudes y muestra el resultados en un display, si el multímetro es digital, o desplazando una aguja sobre un fondo con escalas graduadas, si se trata de uno analógico. Cuenta además con dos puntas por medio de las cuales vamos a tomar la medición, que deben conectarse de forma apropiada según los terminales de los que disponga el instrumento, (puede tener más de dos terminales de conexión) y la magnitud que se pretenda medir.

Cómo se posicionen las puntas en el circuito también dependerá de lo que se quiera medir. Si por ejemplo queremos saber el valor en Ω de una resistencia, o la caída de tensión sobre la misma, entonces colocaremos las puntas una sobre cada terminal de ésta. Si en cambio quisiéramos medir la tensión de un pin del microcontrolador respecto de la referencia (GND), deberemos ubicar una punta (generalmente la positiva para obtener una lectura de signo positivo) sobre el pin a medir, y la otra en algún lugar que sepamos que se encuentra conectado directamente a GND, por ejemplo alguno de los puntos de prueba

con los que cuenta en este caso la placa de desarrollo, sobre los cuales hablaremos algunos párrafos más adelante.

Las magnitudes que se pueden medir con un multímetro son:

- Tensión: Valor de tensión respecto de alguna referencia
- Resistencia: El valor de resistencia de algún resistor, o bien la resistencia entre dos puntos del circuito, si fuera necesario para alguna prueba.
- Continuidad: En este modo el multímetro mide si dos puntos del circuito están conectados entre sí o no. Si lo están suele hacer un ruido, o mostrar ceros en display, si no lo están muestra un uno en el display. Esto es de utilidad por ejemplo para saber si una pista está cortada o si dos puntos que no deben estar unidos, lo están por alguna razón (ejemplo: se nos cayó estaño donde no debía).

3.1.2. Medición con osciloscopio

Para medir con el osciloscopio disponemos de las llamadas “puntas de osciloscopio” que difieren en algunos aspectos de las puntas empleadas en los multímetros. La punta del osciloscopio posee dos terminales, uno que es la punta en sí misma, y otro que corresponde a la tierra del instrumento (Ver figura 8). Para que la medición sea buena la tensión medida por la punta debe estar referenciada a la tierra de nuestro circuito, para esto debemos conectar el terminal “común” del osciloscopio (el que tiene un conector “cocodrilo”) a un punto de referencia de tensión, y la otra punta conectarla al lugar del circuito donde se quiera realizar la medición.

Como en general es complicado sujetar la tierra del osciloscopio a algún lugar donde tengamos tierra en el circuito, la placa tiene unos terminales distribuidos en la misma, (como se puede ver en la figura 3 de la página 5) especialmente pensados para conectar las referencias de tensión de las puntas de los instrumentos.



Figura 8: Punta de osciloscopio

3.1.3. Medición de corriente

Medir corriente es en general una tarea que intentaremos evitar debido a que es poco práctico hacerlo directamente con el multímetro, dado que éstos suelen ser más frágiles en modo “Amperímetro” y que a su vez es más complicado por la manera en la que se debe colocar el instrumento en el circuito, y teniendo en cuenta también que no es posible realizar mediciones de corriente con un osciloscopio.

Entonces cuando se requiera conocer la corriente que circula por una determinada parte de un circuito, lo que haremos es medir tensión y luego por cálculo obtener el valor de la corriente. Por ejemplo para saber la corriente que circula por una resistencia, basta con medir el valor de la resistencia y luego la tensión que cae sobre la misma. Luego por ley de Ohm se puede determinar la corriente como la relación entre estas dos magnitudes $I = \frac{V}{R}$.

3.2. Verificación de funcionamiento

Antes de conectar nada debemos medir que no haya continuidad entre los terminales de alimentación porque de haberla implicaría que hay un cortocircuito en alguna parte, que puede dañar tanto la batería o la fuente de alimentación usada, como los reguladores de tensión u otros componentes del circuito.

El siguiente paso es verificar que la alimentación está funcionando adecuadamente. **Una buena práctica es NO conectar los IC hasta haber verificado que efectivamente los terminales de alimentación de cada integrado, tienen la tensión correcta.**

Entonces, sin colocar ni el ATmega88 ni el MAX232, alimentamos el circuito, tomamos el multímetro y medimos tensión en los bornes de salida de ambos reguladores. Si allí la tensión es 5V y 3.3V respectivamente, sabemos al menos que hemos conectado correctamente la alimentación de la placa.

Luego procederemos con la medición de la tensión en los pines de alimentación de cada IC. En el ATmega88 debemos medir tensión en los pines 7 y 8, y tener 5V. En el MAX232 la alimentación se encuentra entre los pines 15 y 16, (de todos modos es una buena práctica siempre revisar las hojas de datos correspondientes). Hecho esto, podemos colocar los integrados desconectando primero la alimentación.

3.3. Mediciones generales

Suponiendo ahora que ya grabamos algún programa en el microcontrolador, y asumiendo que este programa interactúa de alguna forma con el mundo exterior a través de sus periféricos y los componentes conectados a los mismos, resultará de utilidad medir algunos de los siguientes items:

- Tensiones en los pines de entrada o salida que hayan sido configurados para cambiar su valor en determinada condición del programa.
- Señales generadas por medio del uso de timers, o bien con el uso del ADC. Para esto utilizaremos el osciloscopio pues nos permite visualizar la señal.
- Tensión de algún sensor, con el fin de ver si está respondiendo correctamente a los estímulos del ambiente. Por ejemplo se puede medir la tensión sobre el LDR al variar la luz sobre el mismo. O en caso de haberse adicionado sensores infrarrojos de alguna clase, medir la salida respecto de tierra para ver si cambia de estado frente a variaciones en la superficie sobre la que mide el rebote de la luz.

También pueden ser necesarias y/o prácticas algunas otras mediciones en caso de que las cosas no estén funcionando según lo esperado, por ejemplo:

- Continuidad entre sectores específicos del circuito, si no estuviéramos recibiendo tensión en un lugar que debiera recibirla.
- Las tensiones respecto de tierra en los distintos pines del MAX232 si hubiese algún problema de comunicación, para descartar que el *hardware* no es el problema.