



Lab 3: PWM y ADC

1. Objetivo

Este laboratorio busca introducir a los estudiantes al manejo de dos nuevas operaciones de entrada/salida. La primera de estas corresponde a la generación de PWM o *Pulse Width Modulation*, la cual es una funcionalidad de *output* que permite generar salidas pseudo-analógicas en el rango de 0 a V_{CC} Volts. De esta forma, permite llevar a cabo una gran variedad de aplicaciones, como el control de velocidad de motores, el brillo de LEDs o de *displays* LCD. La segunda de estas operaciones corresponde al Conversor Análogo Digital o ADC. Esta es una funcionalidad de *inputs* que permite digitalizar una señal de entrada analógica de voltaje en un pin.

A modo de concretar el objetivo antes señalado, deberán comprender como llevar a cabo estos modos de operación a partir de la documentación presente en los correspondientes *datasheets*. Una vez comprendida a cabalidad la operación de estas funcionalidades, deberán hacer uso del ADC para medir los niveles de voltaje y luminosidad utilizando un potenciómetro y un fotorresistor. Ya digitalizados estos datos, deberán representar las mediciones obtenidas mediante señales PWM que controlen el brillo de un LED y el color de un LED RGB. Esta experiencia estará separada en **2 tareas distintas, una para cada microcontrolador**.

2. Descripción de la actividad

Task 1: Tu color favorito :) MSP430. [Suspendido hasta nuevo aviso]

Para la siguiente actividad deberá hacer uso del potenciómetro entregado en clases y el LED RGB en su kit de SEP. La actividad consiste en la lectura y digitalización del voltaje medido en la línea central del potenciómetro al variar la resistencia del mismo, y su posterior conversión a un color de su elección en el led RGB.

Para concretar esta actividad, deberá conectar el potenciómetro tal como se muestra en la figura 1, para así poder medir el voltaje en la línea central, utilizando el ADC incorporado en el microcontrolador.

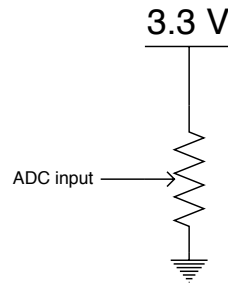


Figura 1: Conexión potenciómetro

Una vez obtenido dicho valor, debe convertirlo a una escala que permita modificar el ciclo de trabajo de una PWM, para poder controlar la intensidad de los canales Rojo, Verde y Azul del led RGB, permitiendo obtener una gama de colores distintos al mezclar visualmente dichos canales.

Para poder configurar cada canal por separado, solamente cuenta con un potenciómetro, en el que girando la perilla de este, irá cambiando el valor que mide el ADC. Esta cifra deberá derivar en un valor fijo de ciclo de trabajo de la PWM que está actuando en dicho canal. Para cambiar al canal siguiente, deberá presionar el botón de la placa (manteniendo fija la configuración anterior) y así determinar la PWM del nuevo canal.

Por ejemplo, si es que desea que el LED RGB solo muestre el **color rojo** a intensidad máxima, y actualmente se encuentra configurando el **canal verde** y en un **color aleatorio**, lo que deberá hacer es lo siguiente:

1. Llevar el **canal verde** al valor mínimo girando la perilla.
2. Presionar el botón (cambiando así a la configuración del **canal azul**).
3. Llevar el **canal azul** al valor mínimo girando la perilla.
4. Presionar el botón (cambiando así a la configuración del **canal rojo**).
5. Llevar al máximo la perilla, mostrando únicamente el **color rojo**.

La configuración para otros colores intermedios se deberá realizar de la misma forma, cambiando canal por canal y girando la perilla del potenciómetro (por ejemplo, el **morado** se forma al llevar al máximo el **canal azul** y el **canal rojo** y llevando al mínimo el **canal verde**). Es importante que la configuración pueda realizarse en todo momento, sin requerir resetear el microcontrolador y sin tener que presionar un botón extra para mostrar el resultado. Debe

mantenerse constante el valor de la PWM en cada canal y permitir que el usuario cambie el valor de las variables la cantidad de veces que desee.

Importante: La PWM se debe mantener en todo momento. Es por eso que al cambiar de canal, el canal anterior debe mantener el valor configurado previamente, lo que permitirá ver los distintos colores y como estos van cambiando en tiempo real. Otro tipo de soluciones no se permitirán.

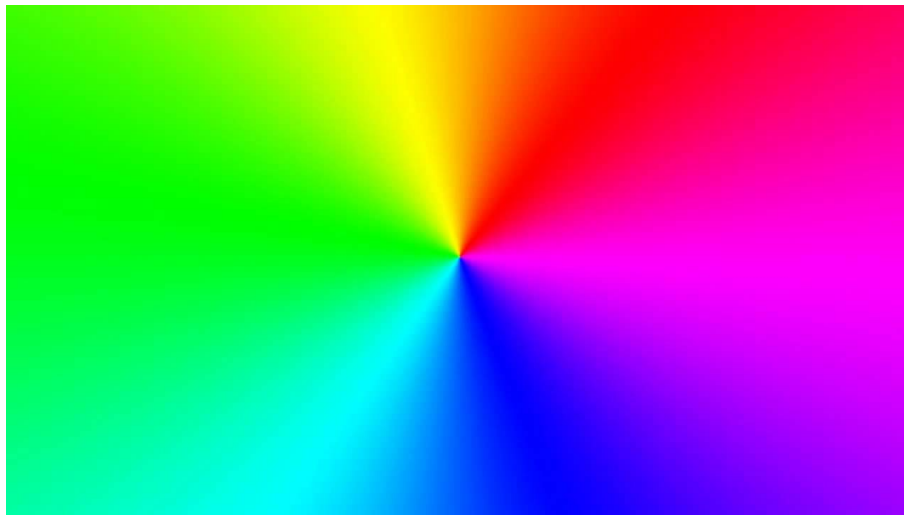


Figura 2: Escala continua para LED RGB

Task 2: ATmega328P. Sensor de iluminación

La siguiente actividad corresponde a la utilización del fotorresistor entregado y un LED a su elección (puede ser rojo, verde, amarillo o el RGB). Para esto deberá controlar la intensidad del LED mediante PWM, variando la intensidad desde el umbral más bajo hasta el más alto. Esta variación deberá ser proporcional a la cantidad de luz que recibe el fotorresistor.

Para lo anterior deberán realizar su propia escala, para que pueda ser perceptible visualmente en las condiciones que se tendrán en el laboratorio. Una sugerencia es que se utilice la luz ambiente como un punto intermedio, el punto más bajo que sea al tapar el fotorresistor con la mano y que el brillo máximo sea al iluminar directamente el fotorresistor (puede ser con una linterna o el *flash* del celular).

Para la realización de esta actividad, debe utilizar un osciloscopio para ver el duty cycle de la PWM generada. Un multímetro podría ser útil para determinar las resistencias del fotorresistor. Se recomienda utilizar un LED RGB para ver de mejor forma la variación

de intensidad de luz. Se le entregará un código base que genera una PWM funcional para TinkerCad.

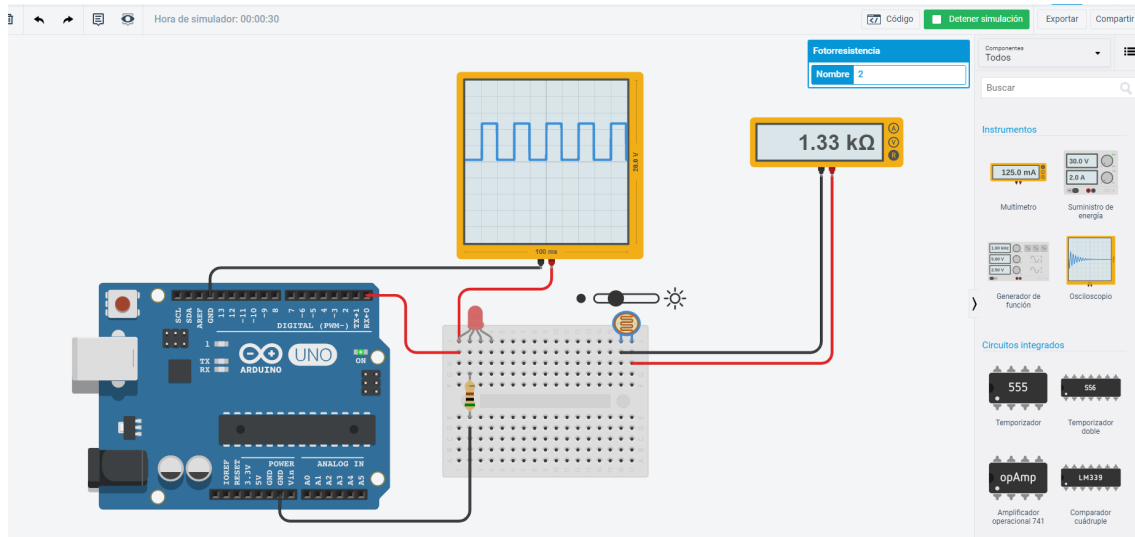


Figura 3: Modelación en Tinkercad



3. Lectura recomendada

- [ATmega328/P Complete Datasheet](#).
- [MSP430x5xx and MSP430x6xx Family User's Guide](#)
- [MSP430F552x, MSP430F551x Mixed-Signal Microcontrollers datasheet](#).
- Capitulo 28: Analog to Digital Converter del MSP .
- Capítulos 19 al 22: TC0, TC1, TC0/1 Prescalers y TC2 del [ATmega328/P Complete Datasheet](#).
- Capitulo 28: ADC12_A del [MSP430x5xx and MSP430x6xx Family User's Guide](#).
- Capitulo 17 y 18: Timer_A y Timer_B del [MSP430x5xx and MSP430x6xx Family User's Guide](#).
- [MSP430F552x, MSP430F551x Mixed-Signal Microcontrollers datasheet](#).
- Datasheet del [fotorresistor](#).
- Datasheet del [LED RGB](#).



4. Rúbrica de Evaluación

4.1. Consideraciones generales

- Debe cumplir con el horario asignado y solamente tendrá aproximadamente 15 min para realizar la presentación. Se pide encarecidamente respetar esta regla.
- Cualquier consulta sobre los criterios de evaluación de cada laboratorio debe ser realizada en las **issues**, donde estará disponible para que sea revisada por todos los alumnos.
- No se reciben trabajos después del módulo de presentación. Trabajos no entregados son calificados con nota mínima.
- **IMPORTANTE:** se prohibirá el uso de funciones de Arduino IDE y Energia.nu para la programación de las tarjetas de desarrollo, esto por la simplicidad que involucra, por lo que deberán mostrar que entienden qué están realizando al momento de programar.

4.2. Criterios de aprobación

4.2.1. Task 1: MSP430

1. Funcionamiento de los requerimientos. El alumno realiza una presentación de su trabajo y se responsabiliza de exponer que su trabajo satisfaga todos los requerimientos mínimos solicitados en la *descripción de la actividad*, los cuales incluyen en este laboratorio:
 - Programa compilado y ejecutándose
 - Utilización de canal rojo, verde y azul del LED RGB.
 - Variación visible de color al girar el potenciómetro
 - Utilización de ADC para medir el voltaje en el potenciómetro.
 - Mantiene fijo el valor de los dos canales que no están siendo utilizados.
 - Utilización de *Timers* dedicados a la generación de PWM (No se permite usar *dekeys* para simular una PWM).
2. Preguntas. Se responde satisfactoriamente preguntas aleatorias al momento de la presentación final, las cuales abarcan los siguientes temas:
 - Modo utilizado para generar la PWM.



- Modo utilizado para el ADC.
- Especificaciones ADC y *Timer* utilizado (cantidad de bits, modos, conversión, entre otros).
- Qué representa cada línea de código y en qué se traducen en el funcionamiento del programa.

Solo se dispone de una oportunidad para responder estas preguntas y únicamente será posible si es que cumple con el mínimo informado en la rúbrica. Fallar en este requisito se traduce en que no se considerarán los puntos obtenidos en la parte **Funcionamiento de requerimientos**.

4.3. Task 2: Atmega328P

1. Funcionamiento de los requerimientos. El alumno realiza una presentación de su trabajo y se responsabiliza de exponer que su trabajo satisfaga todos los requerimientos mínimos solicitados en la *descripción de la actividad*, los cuales incluyen en este laboratorio:
 - Programa ejecutándose.
 - Variación visible de la intensidad del LED.
 - Utilización de ADC para medir la intensidad de luz recibida.
 - Variación cumple con lo solicitado, (Brillo bajo LED → casi nula presencia de luz en el sensor , Brillo alto LED → directa iluminación al sensor).
 - Header completado del código, código ordenado y bien comentado.
2. Preguntas. Se responde satisfactoriamente preguntas aleatorias al momento de la presentación final, las cuales abarcan los siguientes temas:
 - Modo utilizado para generar la PWM.
 - Modo utilizado para el ADC.
 - Especificaciones ADC y *Timer* utilizado (cantidad de bits, modos, conversión, entre otros).
 - Qué representa cada línea de código y en qué se traducen en el funcionamiento del programa.



Solo se dispone de una oportunidad para responder estas preguntas y únicamente será posible si es que cumple con el mínimo informado en la rúbrica. Fallar en este requisito se traduce en que no se considerarán los puntos obtenidos en la parte **Funcionamiento de requerimientos**.

4.4. Bonus

Al cumplir con todos los puntos indicados en la **Rúbrica de Evaluación** obtendrá la nota máxima equivalente a 6.0. Para poder aumentar esta nota existirán una serie de bonus que estarán indicados en la rúbrica. La asignación de estos puntos estarán sujetos a cumplir un mínimo en la presentación y condicionados a preguntas que se le harán al momento de presentarlo, ya que debe mostrar un dominio en el tema indicado.