
CAPITULO 6

Aplicaciones.

6.1 Aplicaciones de demostración.

Para el desarrollo de este proyecto se llevaron acabo 2 aplicaciones con esta tecnología, con el objetivo de demostrar que esta tecnología es fiable y útil para proyectos que requieran control por medio de radio frecuencias.

La primera aplicación se encarga que posicionar un servo-motor inalámbricamente. En la parte de la transmisión se debe de enviar la posición que se desea por medio de un potenciómetro y en la recepción, se debe de hacer la interpretación del dato entrante, traducirlo, representarlo en una matriz de leds y al mismo tiempo posicionar el servo según el valor que se le envió.

La segunda aplicación debe de medir la presión dentro de una botella de refresco y compararla con la presión ambiente por medio de un sensor de presión diferencial, dependiendo de la presión que existe dentro de la botella en comparación con la del medio ambiente, se genera un voltaje diferencial, el cual se transmite inalámbricamente y el valor de éste se despliega en una matriz de leds en el receptor.

Antes de profundizar en las aplicaciones, es conveniente hablar del material y dispositivos que se utilizó para estas:

Servo-motor:

Los servos (figura 6.1) son un tipo especial de motor que se caracterizan por su capacidad para movilizarse de forma inmediata en cualquier posición dentro de su rango de operación. Para ello, el servo espera un tren de pulsos que se corresponden con el movimiento a realizar. Están generalmente formados por un amplificador, un motor, la reducción de engranaje y la realimentación, todo en una misma caja de pequeñas dimensiones. El resultado es un servo de posición con un margen de operación de 180° aproximadamente.

El control de un servo se limita a indicar en que posición se debe situar. Estas "ordenes" consisten en una serie de pulsos. La duración del pulso indica el ángulo de giro del motor. Cada servo tiene sus márgenes de operación, que se corresponden con el ancho del pulso máximo y mínimo que el servo entiende. [3]

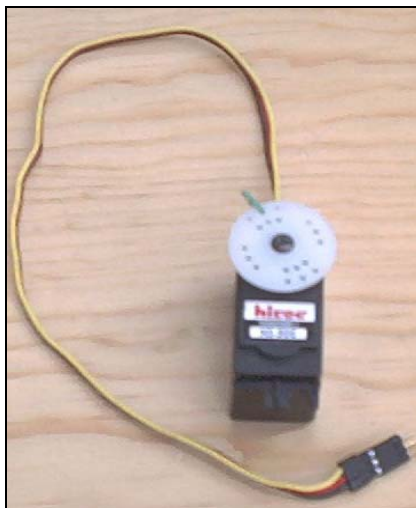


Figura 6.1 imagen de un servo-motor.

El periodo entre pulso y pulso no es crítico, e incluso puede ser distinto entre uno y otro pulso. Se suelen emplear valores entre 10 ms y 30 ms. Si el intervalo entre pulso y pulso es inferior al mínimo, puede interferir con la temporización interna del servo, causando un zumbido y una vibración de salida. Si el intervalo es mayor que el máximo permisible, entonces el servo pasará a estado dormido y no se moverá. Esto provoca que se mueva con intervalos pequeños.

Es importante destacar que para que un servo se mantenga en la misma posición durante un cierto tiempo, es necesario enviarle continuamente el pulso correspondiente. De este modo, si existe alguna fuerza que le obligue a abandonar esta posición, intentará resistirse. Si se deja de enviar pulsos (o el intervalo entre pulsos es mayor del máximo) entonces el servo perderá fuerza y dejará de intentar mantener su posición, de modo que cualquier fuerza externa podría desplazarlo. [3]

PWM (*Pulse Width Modulation*) o "Modulación por Ancho de Pulso", es uno de los sistemas más empleados para el control de servos. Este sistema consiste en generar una onda cuadrada, donde se varía el tiempo que el pulso está a nivel alto, manteniendo el mismo periodo (normalmente), con el objetivo de modificar la posición del servo según se desee. [3]

Sensor de presión diferencial de MOTOROLA MPX10:

Es un sensor de presión diferencial de hasta 10kPa, bastante sencillo y de bajo costo.

Como se puede observar en la figura 6.2, éste cuenta con 2 boquillas, en las cuales se le aplican distintas presiones, representando un voltaje en orden a la diferencia entre las

presiones, si en la boquilla P1 hay mas presión que en la boquilla P2, habrá como resultado un voltaje positivo, en cambio si en P2 hay mayor presión que en P1, el voltaje será negativo, cabe destacar que la salida de este, esta dada en mili volts. [9]

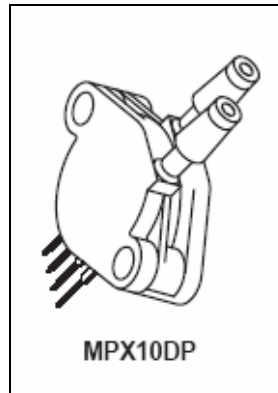


Figura 6.2 Figura de un sensor de presión diferencial MPX10. [9]

La curva característica de éste sensor se muestra en la figura 6.3, indica que cuando la presión es la misma en cada boquilla, la salida será aproximadamente de 20 mV, por lo que se tiene que hacer un tratamiento analógico para éste offset.

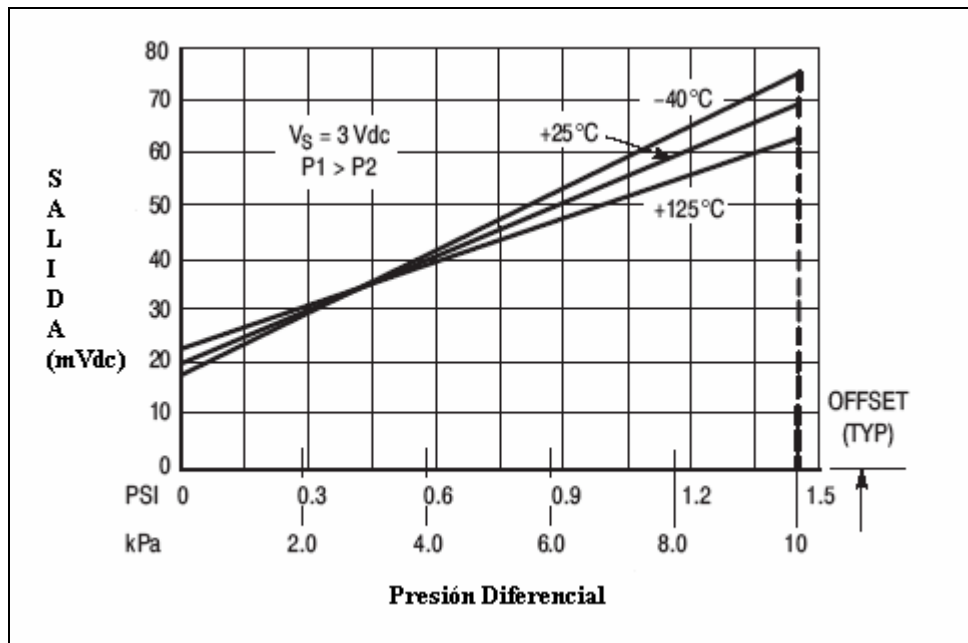


Figura 6.3 Respuesta del sensor de presión diferencial. [9]

6.2 Primera Aplicación. Control de un servo-motor inalámbricamente.

En esta aplicación se planeó controlar un servo-motor por medio de la tecnología rfPIC. Se debe destacar que el control de un servo-motor por medio de las radio frecuencias no es nuevo, pero se demuestra que a partir de la tecnología rfPIC también se puede llevar acabo y sobre todo con menos hardware.

Para esto se necesitaba la unidad transmisora de MICROCHIP que trabaja con el rfPIC12F675-K (figura 6.4), mientras que en la parte receptora se realizó una implementación de la unidad receptora rfRXD0420 junto con un microcontrolador de propósito general 16F877-A, éste a su vez conectado a otro microcontrolador 16F877-A, el cual generaba el PWM del servo-motor.



Figura 6.4 Foto de la unida transmisora de MICROCHIP.

Inicialmente ya se contaba con la parte del control del servo-motor, pero el propósito de esta aplicación era posicionar el servo inalámbricamente, por lo que se tenía que hacer la etapa de comunicación vía radio frecuencia y la interfaz entre el receptor y la parte con la que ya se contaba: el control del servo-motor.

Antes de iniciar esta aplicación, se debía de hacer una transmisión y recepción sencilla para que en base a está, se desarrollara la aplicación.

En la parte de la recepción, se propuso hacerla en base a un microcontrolador de mayor poder, un 16F877-A. De esta forma se logra independencia de la tarjeta de MICROCHIP y más flexibilidad para llevar acabo la aplicación, esta se muestra en la figura 6.5.

El Programa de recepción que venía incluido con el kit de desarrollo (Rcvr_demo.asm) inicialmente estaba configurado para programarse en el microcontrolador 16F676 por lo que se tenía que cambiar el programa de éste microcontrolador al 16F877-A. Migrar el programa costó un poco de trabajo puesto que no es la misma arquitectura interna

en ambos microcontroladores y a veces había registros que uno utilizaba y en el otro no existían.

Esta parte trabaja de la siguiente manera: cuando llega un dato a la tarjeta que trabaja con el rRXD0420 este lo demodula y lo pasa a un formato digital, la trama es enviada al primer microcontrolador 16F877-A, este se encarga de validar el dato que se recibió, guardarlo y representarlo en una pequeña matriz de leds para visualizar el dato.

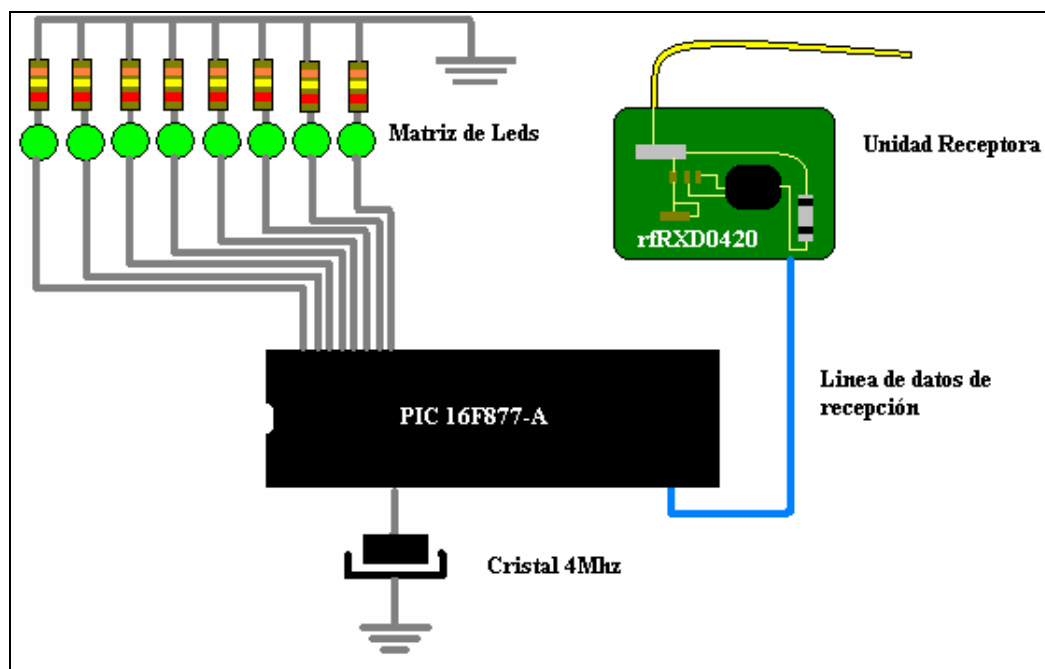


Figura 6.5 Esquemático del hardware de recepción.

Después de este paso, lo siguiente fue llevar el dato que se recibió al control del servo. Aquí se necesitaba una interacción entre el microcontrolador que recibe el dato y el microcontrolador que lleva a cabo la operación del servo-motor. Para esto, se programó en el microcontrolador de recepción una rutina en donde identifica que llegó un dato, genera un pulso de interrupción en el pin 6 del puerto C y mueve el dato que llegó al puerto B,

todo esto para avisar al microcontrolador que se encarga de la posición del servo-motor que acaba de llegar un dato nuevo y que es posible que pueda afectar la posición del servo.

El pulso de interrupción esta directamente conectado con el segundo microcontrolador exactamente al pin INT/RB0, un pin que sirve para introducir interrupciones externas (figura 6.6).

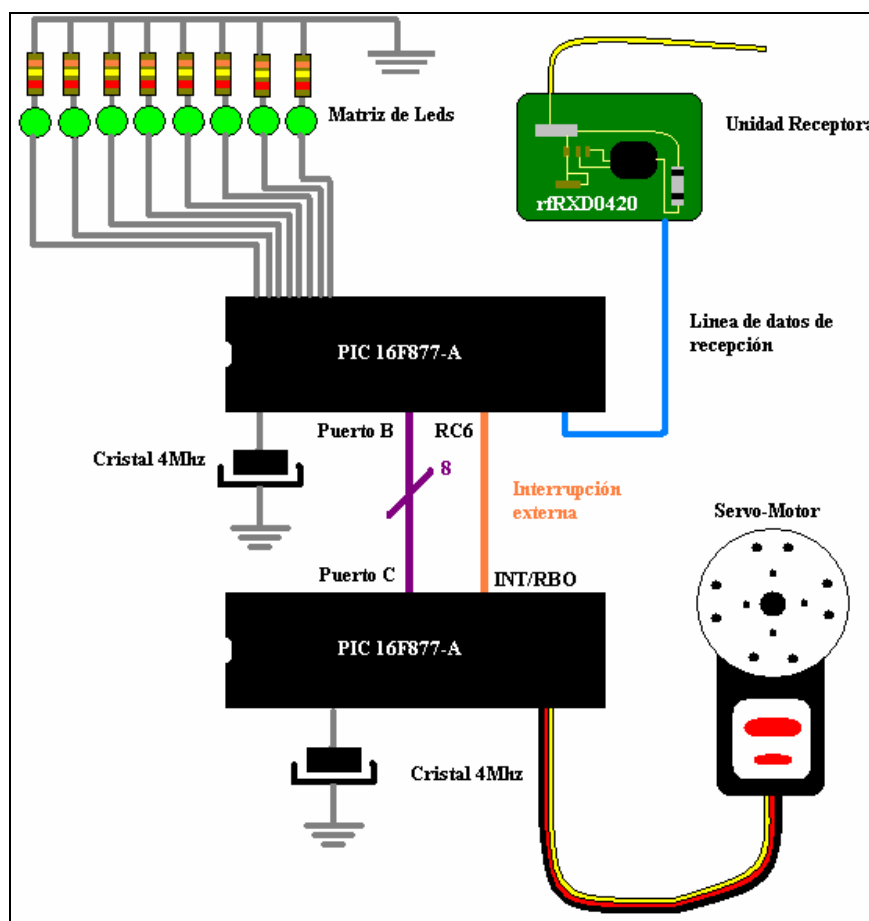


Figura 6.6 Esquemático de la primera aplicación.

El microcontrolador que hace la rutina del servo se encarga generar la señal de PWM que requiere el motor para moverse a determinada posición. Esta posición, como ya se habló esta dada por la longitud del pulso que toma el PWM.

Al poner en alto el pin 6 de puerto C, pone en alto al pin INT/RB0 del microcontrolador de control del servo y genera una interrupción en el microcontrolador, lo siguiente que hace es tomar el dato que el microcontrolador de recepción pone en su puerto B, el cual esta directamente conectado al puerto C del microcontrolador de control del servo y lo lleva a la rutina de la generación de PWM, con lo que se puede cambiar la longitud del pulso dependiendo del valor que se le envíe y por lo tanto modificar la posición que el servo-motor va a tener .

En la figura 6.7 se muestra una fotografía de la primera aplicación, primeramente se puede observar la unidad transmisora y al fondo de la imagen la implementación de la unidad receptora y el control del servo-motor, esta fue la presentación final de esta aplicación..

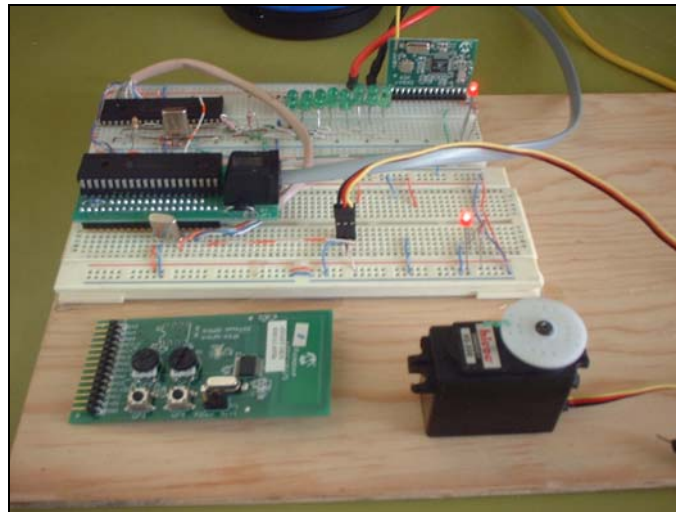


Figura 6.7 Foto de la primera aplicación.

Para está aplicación se genera un PWM en el cual, la salida de éste es el pin 0 del puerto D; El PWM tiene un período de 10 ms, ósea que cada 10 ms se pone en alto el RD0 y el tiempo que esta arriba depende de los valores que le lleguen, por ejemplo para que el

servo-motor vaya a la posición de 0° , el pulso del PWM tiene que estar en alto durante 0.5 ms, y para que vaya a la posición de 180° el pulso tiene que tener una duración de 2.5 ms, a continuación, en la tabla 6.1 se muestra los ángulos y los tiempos que debe de durar el pulso.

Tabla 6.1 Relación entre ángulo del servo-motor y tiempo del pulso del PWM.

Angulo	Tiempo (ms)
0	0.500
15	0.667
30	0.833
45	1.00
60	1.167
75	1.333
90	1.500
105	1.667
120	1.833
135	2.000
150	2.167
165	2.333
180	2.500

La figura 6.8 muestra una gráfica comparativa de 3 diferentes posiciones del servo-motor y el período del PWM que requiere, estas posiciones pudieron ser verificadas en el osciloscopio (figuras 6.9 y 6.10)

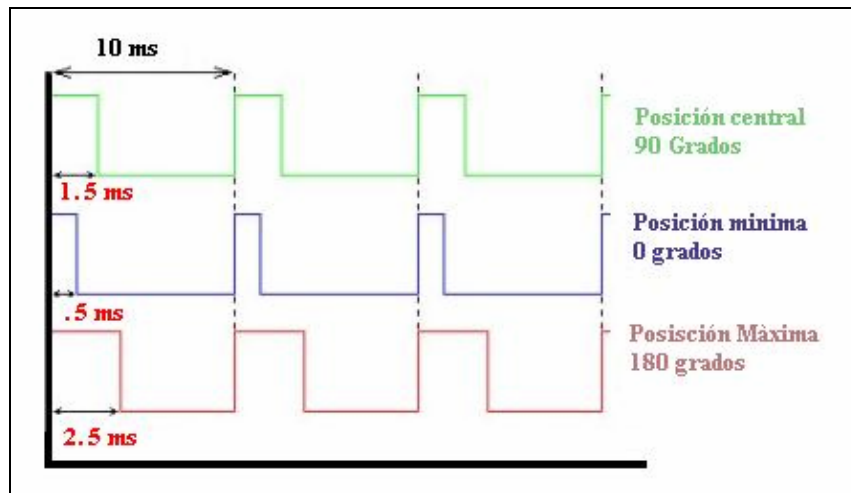


Figura 6.8 Gráfica del PWM.

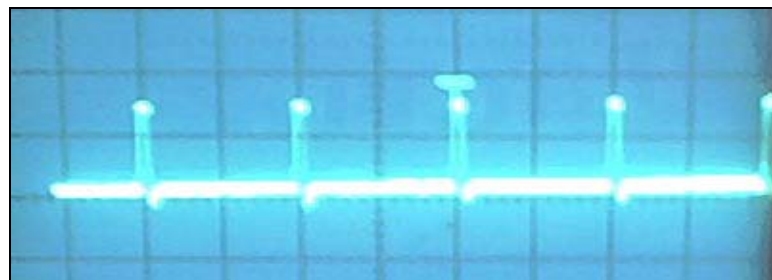


Figura 6.9 Foto de la respuesta del PWM que entrega el Microcontrolador a 0 grados.



Figura 6.10 Foto de la respuesta del PWM que entrega el Microcontrolador a 180 grados.

Dependiendo del valor que se asigna en el potenciómetro en la unidad transmisora, será la posición que tome el servo-motor.

Se puede decir que la posición del servo varía casi en tiempo real al momento en que se cambia de posición en el potenciómetro.

Este programa esta generando constantemente un PWM, a la hora de que llega un dato nuevo, este se guarda y va a la rutina de la generación del pulso, modificando el tiempo la duración de éste y por ende, cambiando el valor del PWM. El servo-motor identifica que el tamaño del pulso cambió y cambia su posición. Mientras no se reciba un dato nuevo, el PWM se genera con el último valor recibido (figura 6.11).

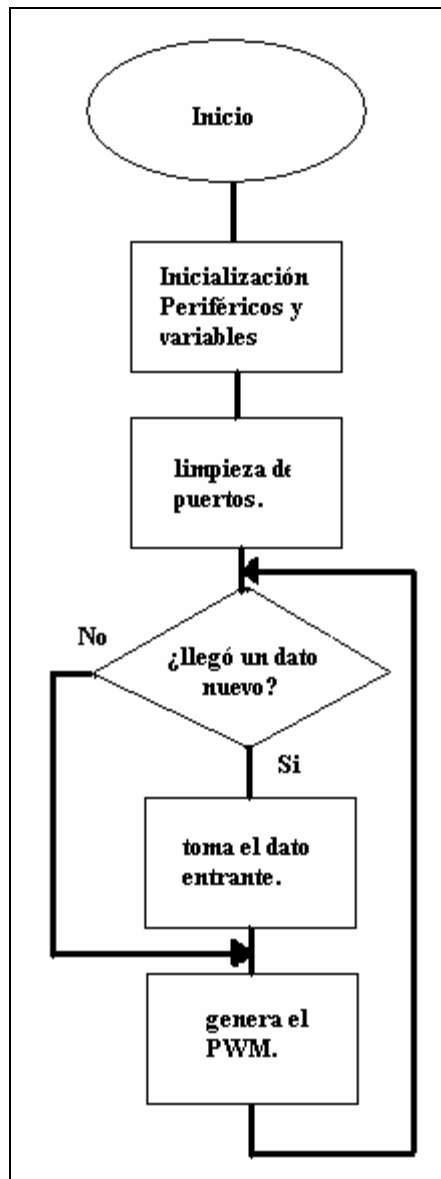


Figura 6.11. Diagrama de flujo del programa que genera el PWM.

Esta aplicación es ideal para hacer controles inalámbricos, donde se requiera de cambiar de posición por medio de un servo-motor, tales como brazos, robots, carros ó mecanismos electromecánicos.

6.3 Segunda Aplicación. Medición de la presión diferencial inalámbricamente.

Para esta aplicación se planteaba realizar un sensado de presión diferencial con un máximo de 10 kPa, por lo que el sensor de presión MPX10 de MOTOROLA resulto ser una dispositivo ideal.

Lo primero que se tenía que hacer era una etapa de acondicionamiento en el sensor, puesto que tiene un offset característico de 20 mV. Se hizo este acondicionamiento a base de amplificadores operacionales (LM741) dando como salida aproximadamente 0, cuando las presiones son iguales tanto en P1 como en P2 y cuando hay diferentes de presiones entre las boquillas y llegan aproximadamente a los 10kPa de diferencia, la salida llega a 3 volts (figura 6.12). Una vez que se resolvió esta etapa, se pasó a una etapa de acoplamiento entre la etapa de acondicionamiento de la señal del sensor y la tarjeta de transmisión. Aquí se tuvo que modificar un poco la tarjeta de transmisión para poder introducir el voltaje resultante del sensor y así poder enviarla vía RF.

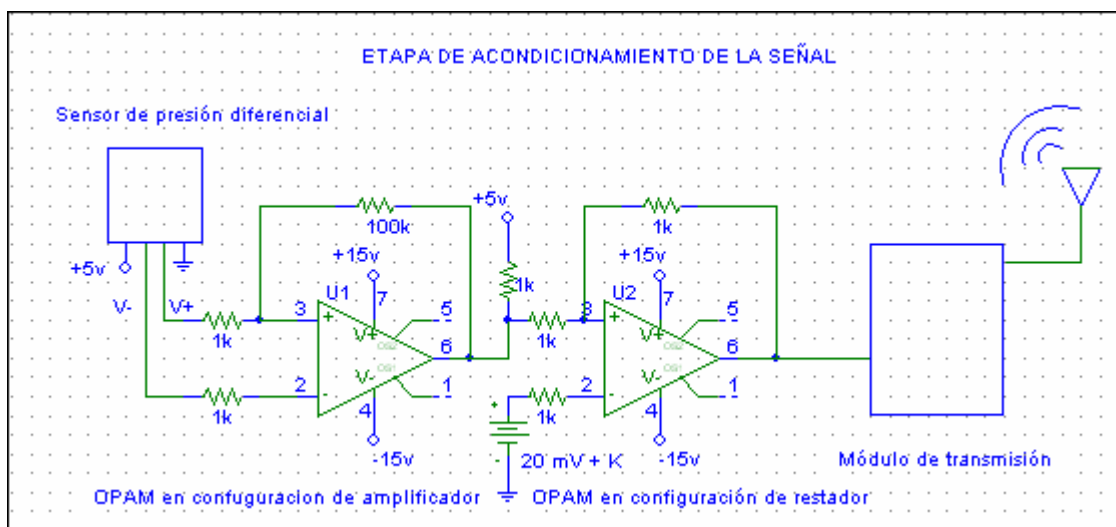


Figura 6.12 Esquemático de la etapa de acondicionamiento de señal.

En la parte de transmisión se realiza el envío de datos de tal forma que cuando el sensor entrega 3 volts, en otras palabras, la máxima captura de presión posible por este sensor, el transmisor envía la palabra 0xFF, y cuando el sensor le entregue el valor de cero, ósea que no hay diferencia de presiones entre ambas boquillas, envíe el valor de 0x00.

El Transmisor está caracterizado para que tenga una respuesta lineal dependiendo de los valores que entregue el sensor, estos valores comprenden de 0x00 a 0xFF.

Esta respuesta se puede verificar en la matriz de led del receptor, donde se despliega el dato que esta recibiendo y se puede verificar que a la máxima presión de 10 kPa, llegan al transmisor aproximadamente 3 Volts y el receptor se despliega 0xFF en los leds.

Ahora, se puede comprobar que este sistema esta trabajando en forma lineal, puesto que cuando existe una presión de aproximadamente 5 kPa, la etapa de acondicionamiento entrega 1.5 Volts, que se ven reflejados en los leds del receptor, al desplegar el dato 0x7F.

Para realizar todas estas pruebas, se recurrió a tomar la presión que existe dentro de una botella de refresco comparada con la presión ambiente. Se realizó una perforación a una botella de refresco y se introdujo una manguera de plástico (figura 6.13), se selló esta perforación para evitar que la presión dentro de botella cambiase; Esta manguera se conectaba a la boquilla P1, así cuando se agitaba la botella de refresco, se incrementaba la presión dentro de está, debido al gas que desprende el líquido.

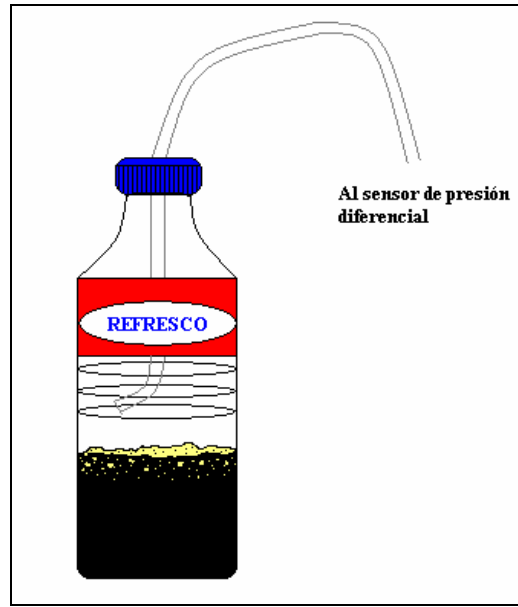


Figura 6.13 Imagen de la botella perforada para esta aplicación.

La figura 6.14 muestra el diagrama a bloques de esta aplicación, donde se ve la conexión entre la etapa de acoplamiento y la unidad transmisora, esta conexión se hizo con un pequeño puente soldado entre ambos módulos.

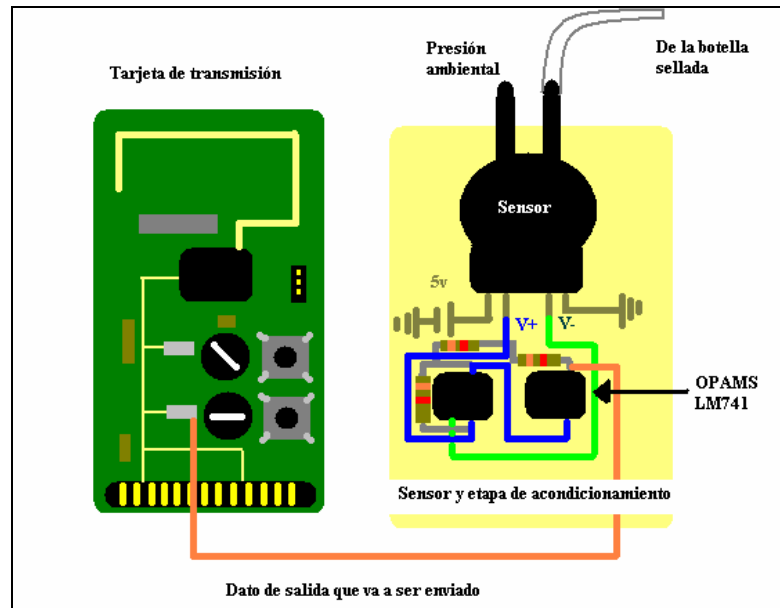


Figura 6.14 Diagrama a bloques de la segunda aplicación.

Las figuras 6.15 y 6.16 muestran fotos de la segunda aplicación, como se puede ver, la implementación ocupa muy poco espacio y fácilmente entraría en una tarjeta impresa de 15cms*15cms.



Figura 6.15 Foto de la segunda aplicación.



Figura 6.16 Foto de la segunda aplicación trabajando.

Como se mencionó, la respuesta en la unidad receptora era desplegar unos leds dependiendo de los valores de la presión, esta respuesta se puede ver en la tabla 6.2. Como se podrá observar, se sigue un patrón de linealidad.

Tabla 6.2 Relación entre la salida de la etapa de acondicionamiento y el valor hexadecimal que se recibe.

Voltaje de salida del sensor después De la etapa de acondicionamiento.	Valor en Hexadecimal que se representa en la matriz de Leds.
0	0
0.5	2B
1.0	55
1.5	7F
2.0	A9
2.5	D4
3.0	FF

Esta fue una forma sencilla de demostrar el uso de esta aplicación y al mismo tiempo comprobar que se puede hacer el sensado de de presión de forma inalámbrica con la tecnología rPIC de forma eficiente.