

CAPÍTULO 4

ETAPA DE RECEPCIÓN

ETAPA DE RECEPCIÓN

La Etapa de Recepción completa el Sistema de Transmisión-Recepción de Datos sobre una portadora de Video análogo.

La función para la cual se diseñó la Etapa de Recepción es extraer la información digital que este introducida en la Señal de Video Enriquecido o Señal de Video+Datos, es decir, decodificar la Señal de Datos, y enviar esta información a una PC para que ésta se muestre en pantalla y pueda ser utilizada de la forma más conveniente en este punto del Sistema.

Para conseguir esto la Etapa de Recepción, consta de un **Circuito de Selección de Línea de Video**, un **Circuito de Reconstrucción de Señal**, un **Circuito de Datos** y una **PC** con la misma aplicación utilizada en la Etapa de Transmisión.

La Señal de Entrada a la Etapa de Recepción es una Señal de Video+Datos. El primer paso en esta Etapa es encontrar la Línea de Video que contiene la Información Digital, y aislar esta Línea para leer la información que contiene. Dado que esta información se ajustó para que entrara en el formato de la Señal de Video, es ahora necesario reconstruir esta señal de información en una señal de datos TTL que pueda ser manipulada por un Microcontrolador aquí en esta Etapa, y sea enviada a una PC para observar la información que se ingresó en la Señal de Video+Datos desde la Etapa de Transmisión.

El Proceso de Recuperación de Datos que se realiza en esta Etapa es relativamente similar al Proceso de Incrustación de Datos, lo que genera una gran similitud en el diseño de ambas Etapas.

Sin embargo, debido a que el Proceso de Recuperación de Datos se basa en el hecho de aislar la Línea de Video transportadora de Datos, y luego, leer estos Datos para que el Microcontrolador los procese y los envíe a la PC; se deben de tomar en cuenta dos casos particulares, con la finalidad de extraer exactamente los Datos que se incrustaron en la Etapa de Transmisión y no Datos erróneos o falsos debidos al Proceso de Extracción de Datos o DECODIFICACION. Estos dos casos particulares son:

1. **Línea de Video Vacía**, es decir, la Línea dedicada a Transportar Datos, esta en el nivel de Tierra o "0" lógico, no transporta Datos, ya que en la Etapa de Transmisión NO existían Datos que enviar, lo que generará Datos Erróneos, es decir, la Etapa de Recepción entregará como respuesta uno o más CEROS "0", dependiendo de las veces que lea la Línea de Video y cada vez que encuentre la Línea de Video Seleccionada es posible que generé "0" CEROS (uno o más) que no hayan sido introducidos en la Etapa de Transmisión.
2. **Línea de Video con Datos Falsos**; es decir, que el Proceso de Recuperación de Datos, entregue los Datos introducidos originalmente, más uno o más "0" CEROS al inicio o fin del byte debido a defases en tiempo de la Señal, lo que provocaría información Falsa que impediría identificar si estos "CEROS" son reales en la información recuperada, dado que el usuario puede introducirlos, o bien, si el Proceso de Recuperación esta incluyendo CEROS arbitrariamente.

Para solucionar este inconveniente tan notorio e indeseable en esta Etapa, será de gran utilidad el hecho de haber generado en la Etapa de Transmisión el frame formado por el ENCABEZADO y el DATO. Sin embargo, se debe de aprovechar esto correctamente para asegurar la integridad de los datos recuperados a través del Sistema.

4.1 DECODIFICADOR DE VIDEO+DATOS

Todo proceso de Codificación requiere de un proceso de decodificación con la finalidad de recuperar aquella información que haya sido ocultada o montada sobre otra señal.

Para obtener la señal de datos separada de la señal de video, es necesario tratar la Señal de Video Enriquecida o Señal de Video+Datos a través de un sistema decodificador, para esto se elaboró un circuito capaz de separar la información contenida en la señal de video enriquecida y mostrarla primero en un osciloscopio, para fines de prueba y finalmente en pantalla de PC, para fines de funcionamiento práctico.

Dadas las características de la Señal de Video Enriquecido generada por el Circuito Codificador de Video+Datos, no existe ningún problema para que ésta pueda ser vista en cualquier televisión o monitor tan solo alimentando la señal al equipo.

Para recuperar de forma segura la información montada o combinada en la Señal de Video+Datos, se necesita encontrar la Línea que contiene la información,

reconstruir la información, procesarla con un PIC y mostrarla en la pantalla de una PC, por ello el diagrama a bloques se muestra en la Figura 4.1.

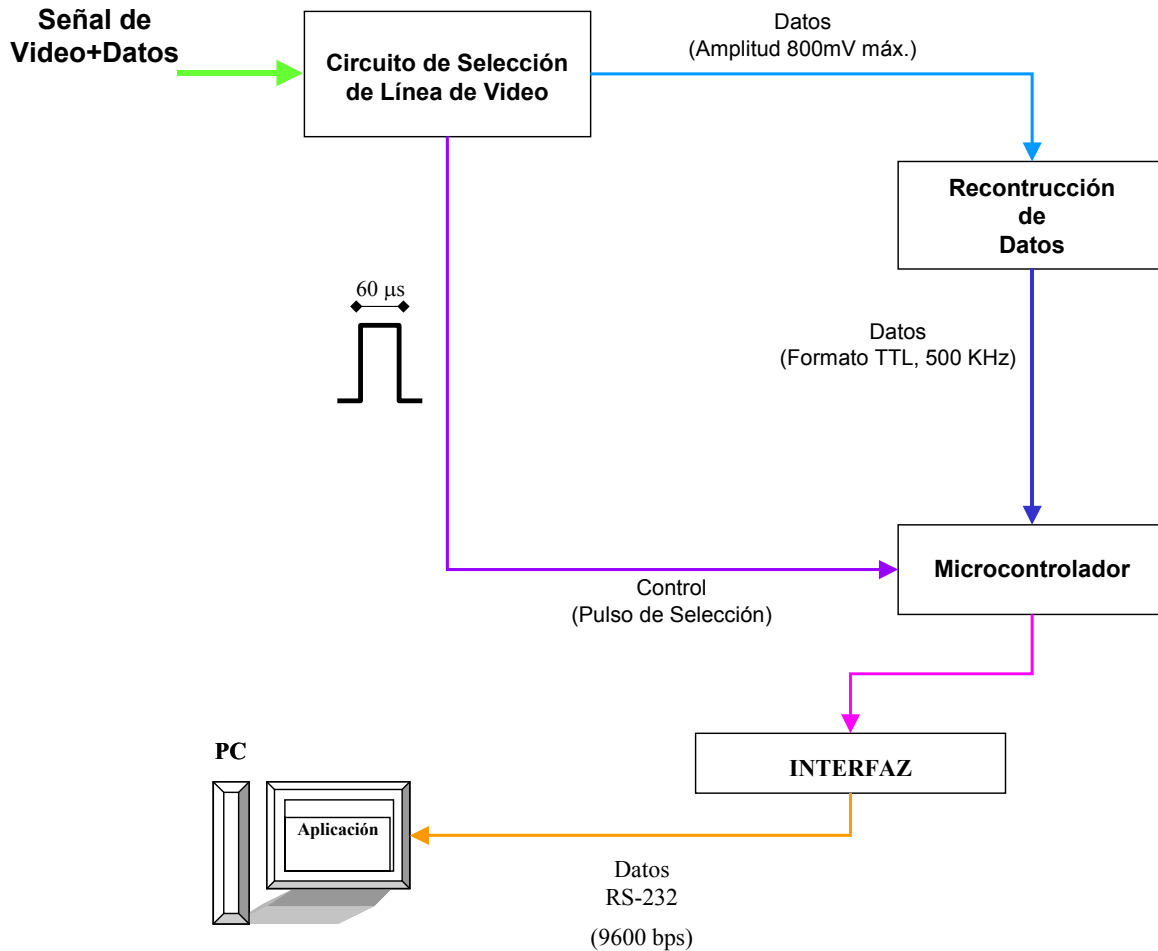


Figura 4.1. Diagrama a bloques del Circuito Decodificador.

Como se ve en la Figura 4.1, al Circuito Decodificador entra una Señal de Video+Datos mediante el Circuito de Selección de Línea de Video se aísla a la Línea de Video que contiene la información codificada, libre de la Señal de Video.

Sin embargo, como la señal de Datos fue Codificada con una amplitud máxima, por ejemplo, de 800mV, los datos extraídos de la Señal de Video+Datos se obtienen con esta amplitud. Por esto, es necesario pasar la Señal de Datos por una Etapa de Reconstrucción, para que la información sea reconstruida al elevarla en voltaje y convertirla en una señal TTL que pueda ser manipulada por el resto de la Circuitería del Sistema.

La Etapa de Reconstrucción de Datos, se basa en un Circuito Comparador de Voltaje diseñado con un Amplificador Operacional LM339, el cual tiene ancho de banda muy cercano para manejar los datos, los cuales vienen codificados a una frecuencia de unos 500 KHz; y un búfer de alta velocidad implementado con compuertas NOT tipo FAST, para regenerar la Salida del Opamp LM339 en una Señal TTL fiable y que mejore la deficiencia en frecuencia del LM339.

El Circuito de Selección de Línea de Video, es fundamental, ya que con él se busca la línea de video que contenga la información montada en el proceso de Codificación. La salida del Circuito de Selección de Línea permitirá observar los datos recibidos o montados en la señal de video y el Pulso de Selección permitirá sincronizar aún mejor al microcontrolador. En la Figura 4.2 se muestra el Diagrama del Circuito Decodificador.

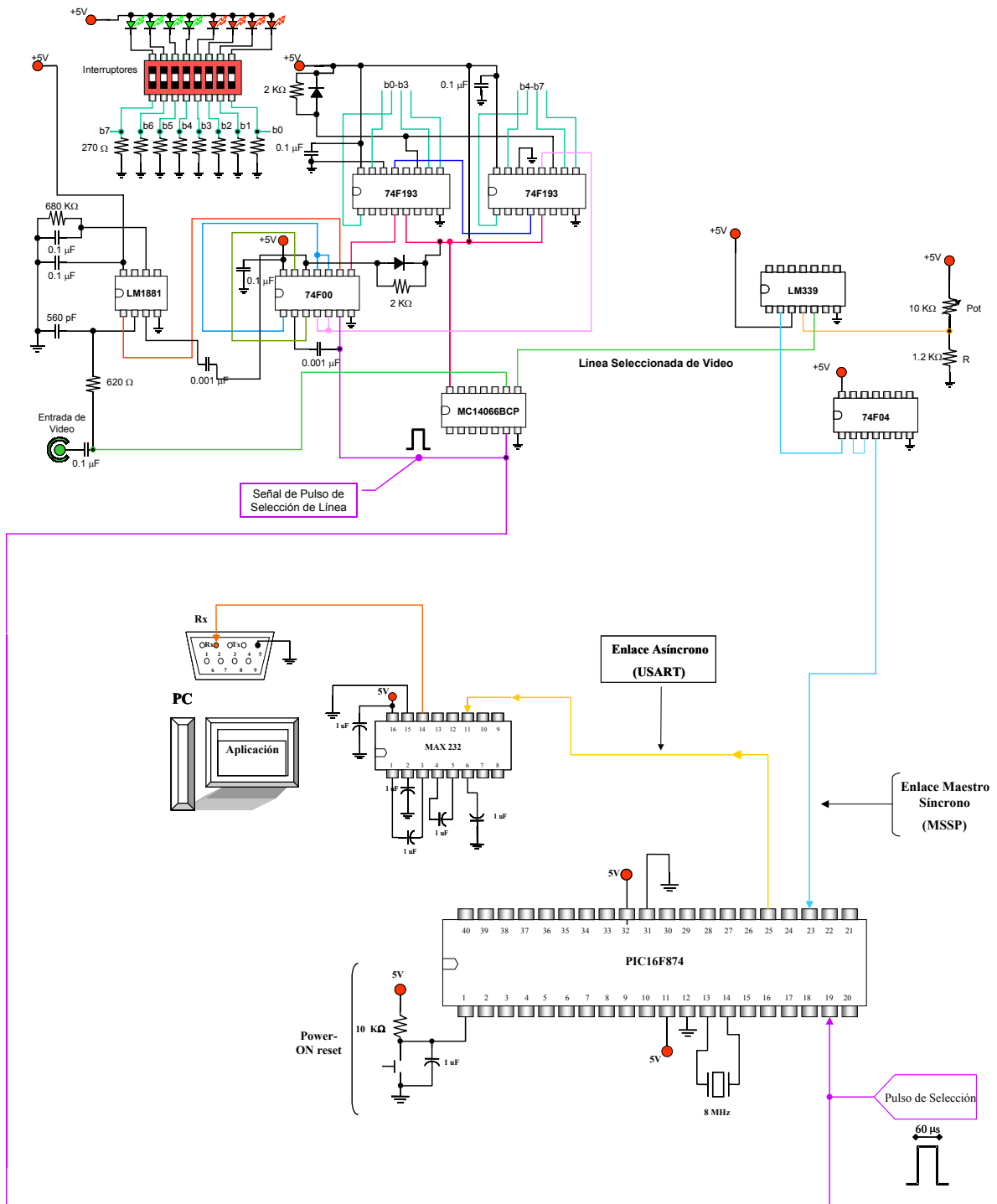


Figura 4.2. Diagrama del Circuito Decodificador.

4.1.2 Circuito de Selección de Línea de Video

El circuito de Selección de Línea de Video armado fue como el de la Figura 3.3, del apartado “3.1 Circuito de Selección de Línea de Video”:

El funcionamiento del Circuito de Selección de Línea en la Etapa de Recepción es igual al del diseñado en la Etapa de Transmisión. Este circuito selecciona cualquier línea de video que se elija mediante la combinación aplicada a los contadores del circuito.

El circuito fabricado funciona muy bien y esto se aprecia en la Figura 4.3, que muestra la Señal de Video+Datos y la Señal de Pulso de Selección eligiendo la línea de video que contiene Datos. Nótese que la información montada en la señal de video tiene una forma de onda distinguible de la señal de video.

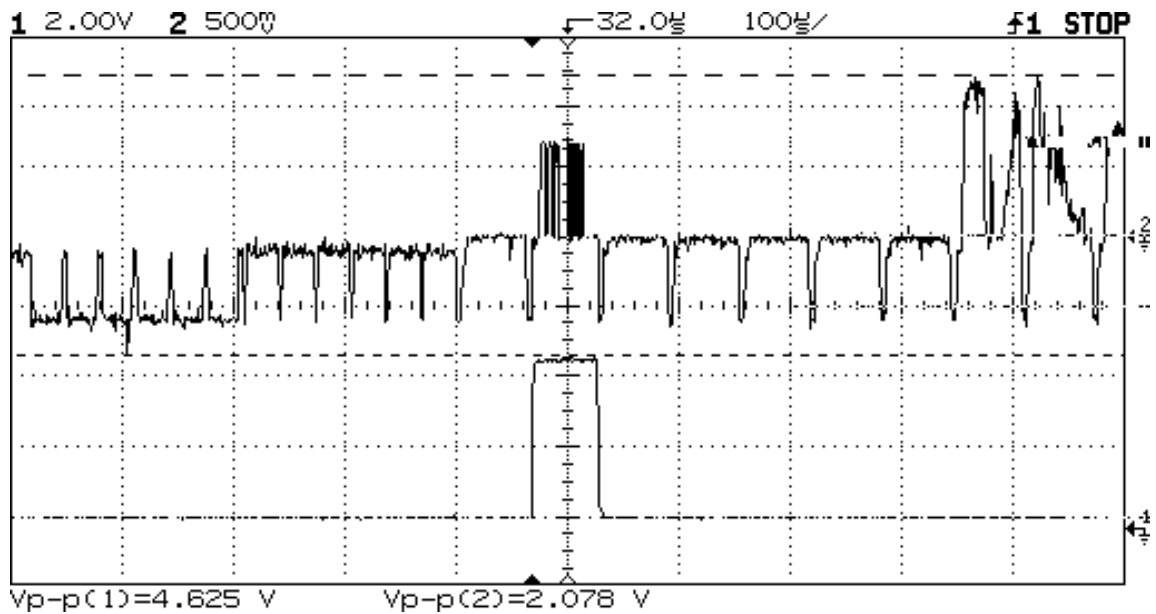


Figura 4.3. Señal de Video+Datos y Pulso de Selección.

La Figura 4.4 muestra un acercamiento a las señales de Video Enriquecido y el Pulso de Selección de Línea de Video, en esta Etapa de Recepción. Como se puede apreciar, la Información que aparece montada en la línea de video seleccionada son los Datos que fueron añadidos a la Señal de Video desde la Etapa de Transmisión.

Los Datos se ven claramente mediante el uso de un osciloscopio y la Señal de Pulso de Selección facilita al osciloscopio observar la línea que contiene la información y además identifica visualmente la línea de video que se utilizó en la Etapa de Transmisión para enviar la información.

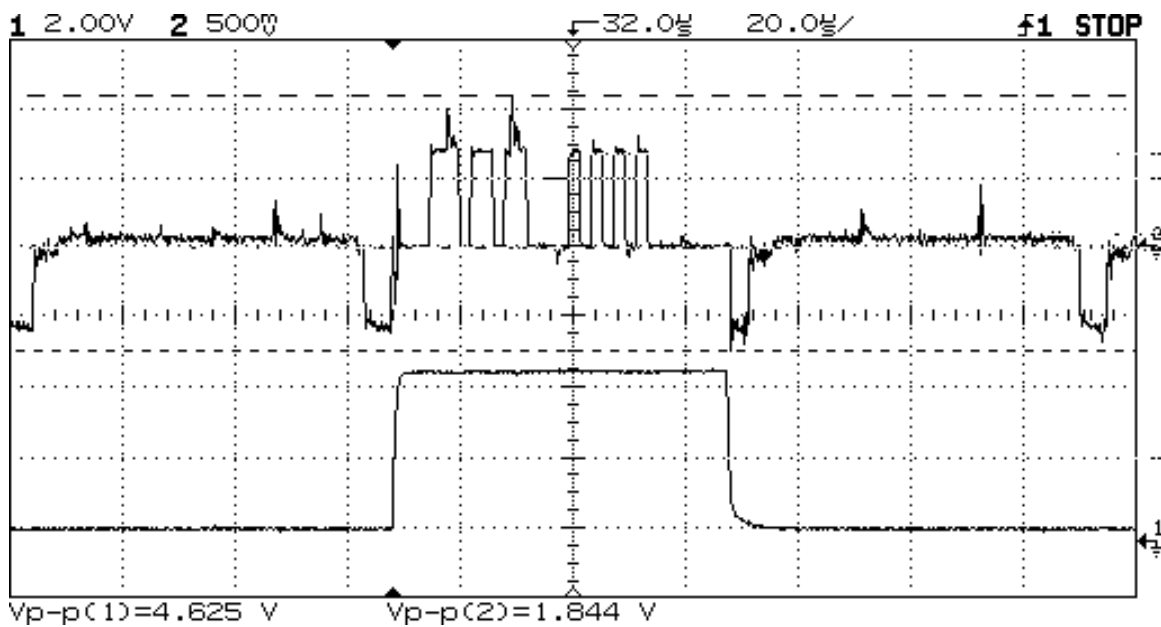


Figura 4.4. Acercamiento a la Señal de Video+Datos.

4.1.3 Circuito de Reconstrucción de Datos

Este es un Circuito Comparador de voltaje implementado con un Amplificador Operacional LM339, algunos elementos discretos y un chip inversor de alta velocidad. Su función es extraer la información contenida en la Línea de Video aislada con el Circuito de Selección de Línea y amplificar la señal de datos extraída. Esto se debe hacer ya que la información que se monto mezclada con la señal de video solo podrá tener una amplitud máxima de 1V.

Se debe utilizar un Opamp que maneje un buen ancho de banda debido a que la información viene a una frecuencia de unos 500 KHz, sin embargo, aunque el LM339 no tiene el suficiente ancho de banda, la Señal se regenera muy bien si a la salida del OPAMP colocamos un búfer de alta velocidad, como el implementado con un par de compuertas NOT de alta velocidad.

Para convertir la señal de datos de unos 800mV a una señal TTL, se realiza una comparación entre esta señal y un voltaje de umbral ajustable mediante un potenciómetro. Este umbral o voltaje de referencia para la comparación puede cruzar en cualquier ubicación a la señal de datos extraída, en la Figura 4.5 cruza al 80.25% de la señal de datos.

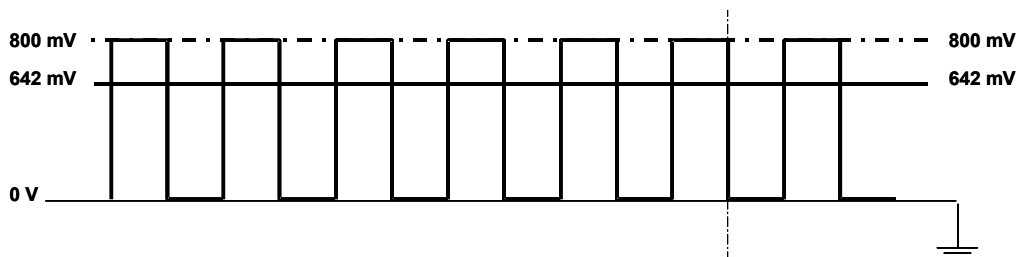


Figura 4.5. Simulación de un Tren de Pulsos obtenidos con el Circuito Decodificador y Señal de Referencia utilizada para comparar la forma de la información.

Con un voltaje de referencia que cruce por cerca del 80%, la comparación será segura incluso si la señal de datos se atenúa hasta cerca del 20%, o si se introduce un offset involuntario, incluso si la señal se deforma un poco y no se ve tan cuadrada y tiende a curvarse, como en el caso de la salida del OPAMP.

Fijando la alimentación (+) a 5V y la alimentación (-) a 0V en el Opamp, entonces a la salida del Amplificador habrá un “1 lógico” cuando la entrada sea mayor al voltaje de umbral y un “0 lógico”, cuando la señal sea menor al umbral; de tal forma que a la salida de este comparador de voltaje existirá una señal binaria de 5 V de amplitud, equivalente a la información extraída a la señal de video mediante el Decodificador de Video; sin embargo, debido a la falta de ancho de banda en el Opamp, la señal resultante es una especie de diente de sierra curvado, por lo que, esta señal es enviada por dos compuertas inversoras de alta velocidad con la finalidad de asegurar el formato TTL de la señal. El Diagrama del Circuito de Acondicionamiento de Datos, es el de la Figura 4.6.

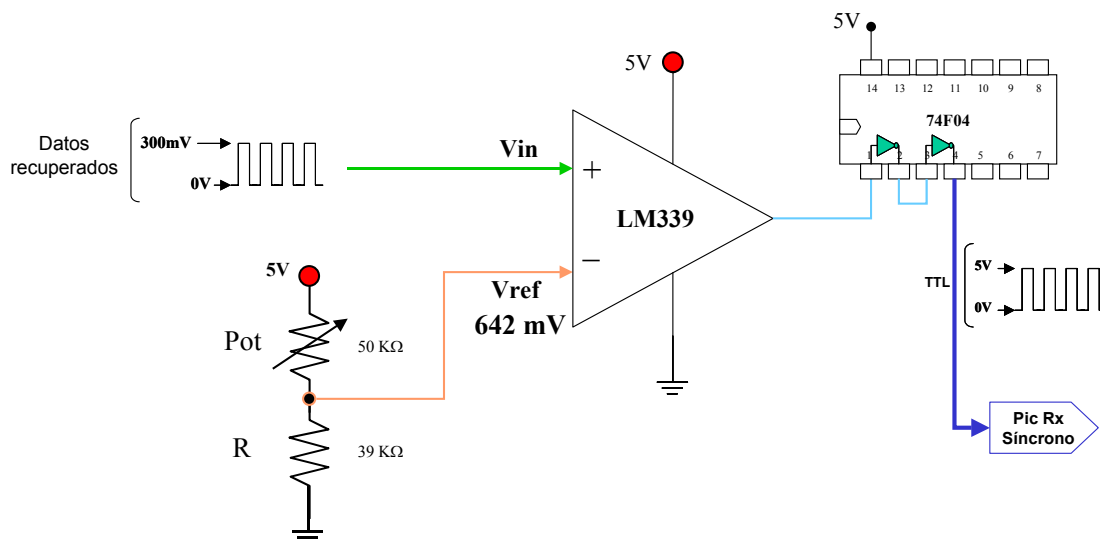


Figura 4.6. Circuito de Acondicionamiento de Datos y conexión al Microcontrolador de Recepción.

La Figura 4.7 muestra la salida del comparador LM339 y el pulso de selección de línea cuando no existe información en la Línea seleccionada.

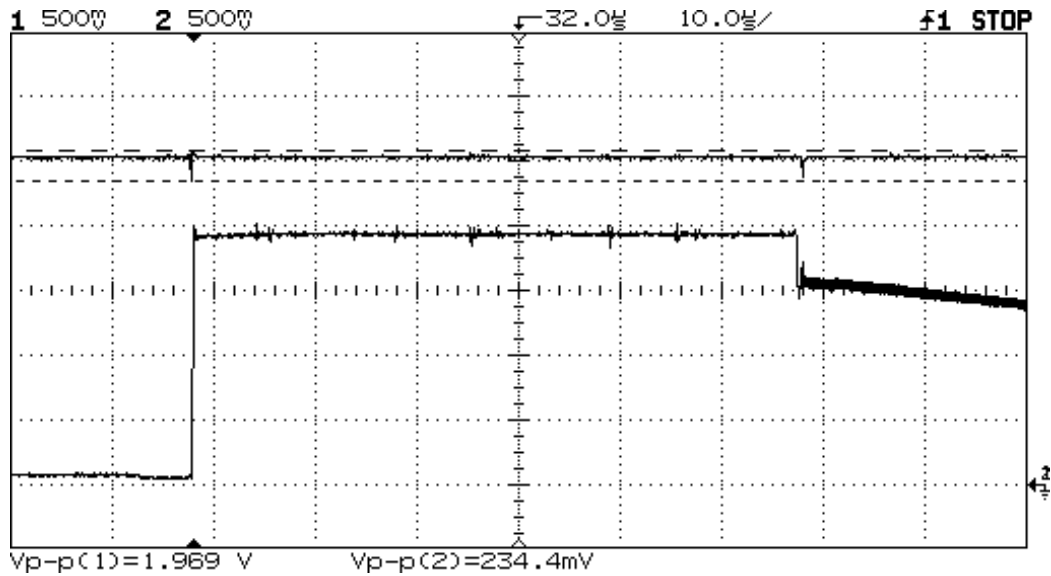


Figura 4.7. Salida del Comparador cuando Línea de selección vacía.

La Figura 4.8 muestra la salida del comparador cuando si hay datos en la Línea de video seleccionada, y se muestra el nivel umbral de comparación.

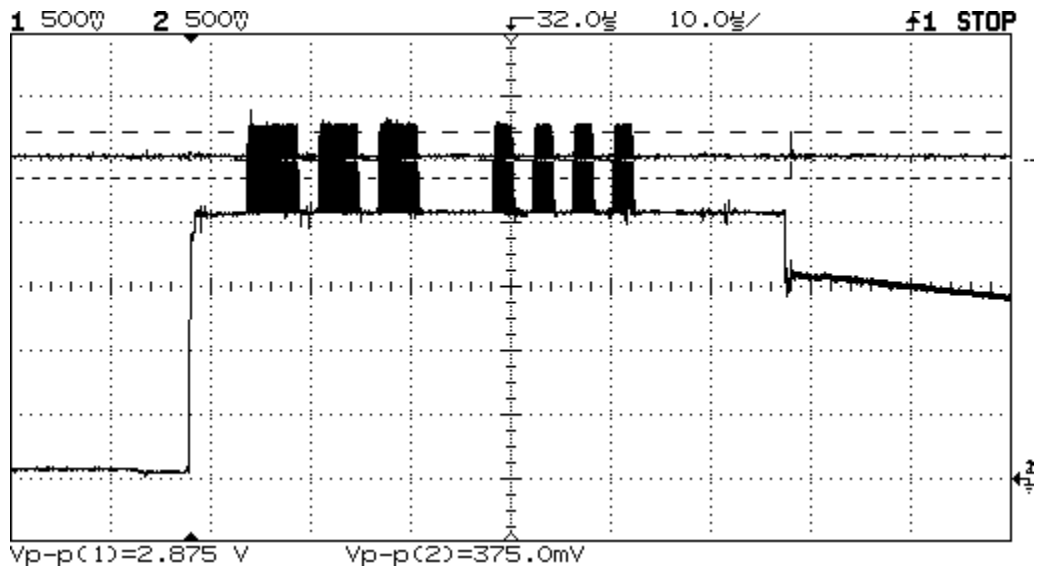


Figura 4.8. Salida del comparador y nivel del umbral de comparación.

A la salida del Circuito de Acondicionamiento de datos se obtienen una Señal sin datos como la Figura 4.9 y otra con datos como la Figura 4.10, dependiendo si la línea de video seleccionada tenía información montada.

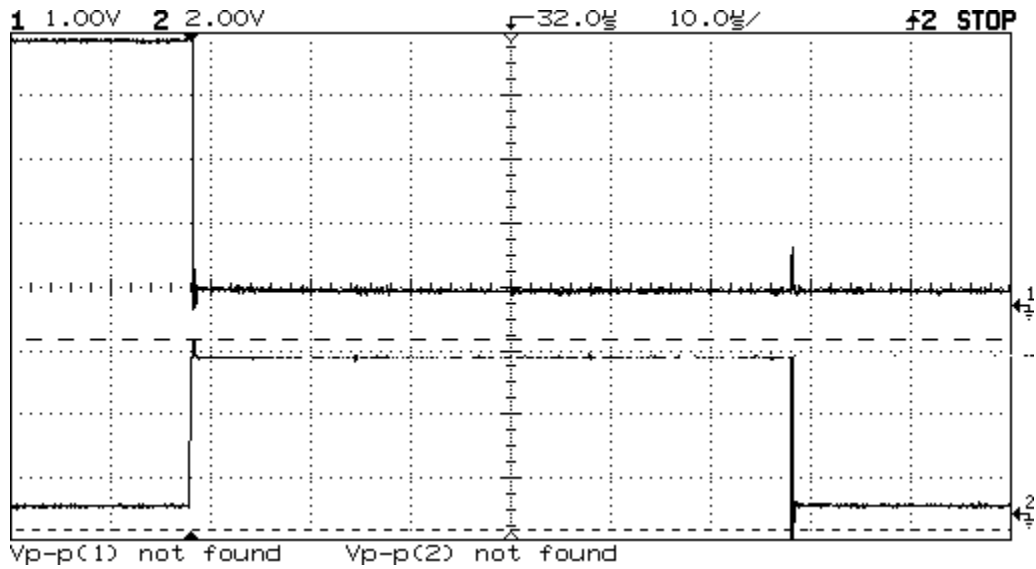


Figura 4.9. Salida sin datos.

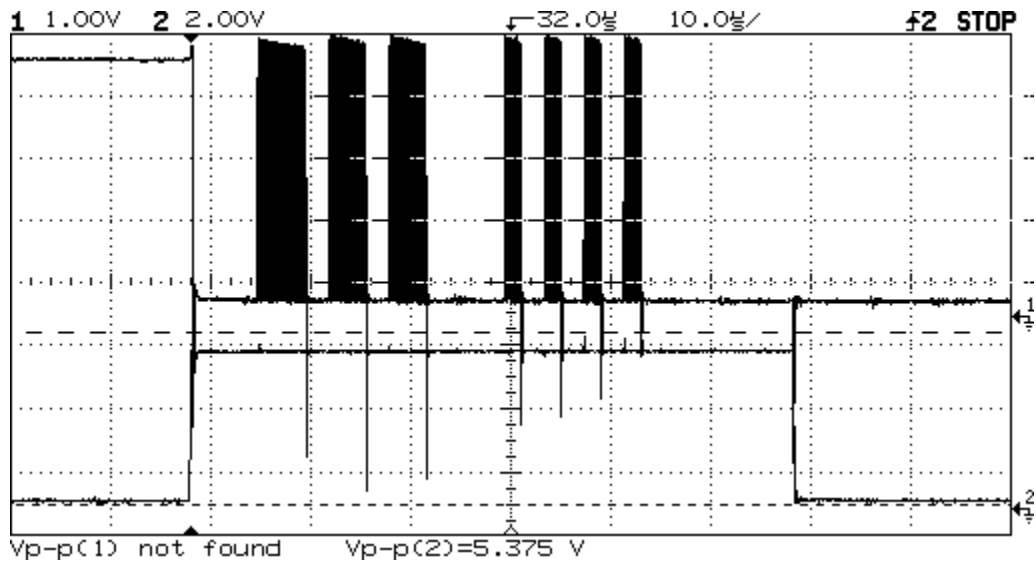


Figura 4.10. Salida con datos.

4.2 CIRCUITO DE DATOS (RECEPCIÓN)

Así Como en la etapa de Transmisión un Microcontrolador se encargaba de procesar la información proveniente de una PC y la enviaba al Circuito de Codificación. Ahora, en esta etapa de recepción se necesita un proceso análogo pero en sentido inverso, es decir, otro microcontrolador procesará la información que le llegue desde el Circuito Decodificador y la enviará hacia una PC para observar la información incrustada en la señal de video desde la Etapa de Transmisor, y así completar el Sistema de Transmisión-Recepción de Datos.

El Circuito de Procesamiento de Datos esta constituido por un Microcontrolador PIC16F874 y una etapa de acondicionamiento de señales basada en un MAX-232 que se conecta al puerto serial de una PC, para mostrar la información recibida en el Campo de Recepción en una aplicación igual a la que se utilizó en el origen del sistema para enviarla. El diagrama a bloques de este Circuito es el de la Figura 4.11.

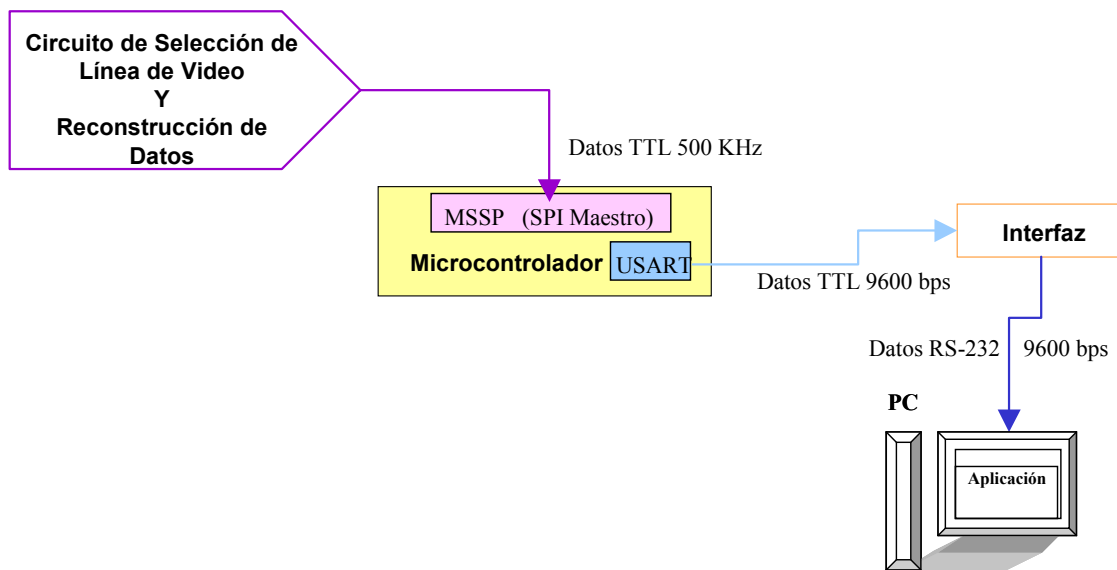


Figura 4.11. Diagrama a bloques del Circuito de Procesamiento de Datos.

En este Circuito de Datos el PIC16F874, se encarga de procesar la información reconstruida que recibe de la Línea de Video Seleccionada.

4.2.1 Funcionamiento del Circuito de Datos (Recepción)

El Circuito Decodificador enviará un byte o un nivel de tierra, cada vez que el Circuito de Selección de Línea del Decodificar genere el pulso de selección en la línea de video cargada con la información. Esta información con frecuencia de 500 KHz será convertida del nivel de 0 a 800mV que maneja, a niveles TTL, con lo cual la información puede ser leída por un microcontrolador.

Esta información será recibida por el microcontrolador mediante la interfaz SPI a una velocidad programada de 500 KHz o la que se haya definido para transmisión del otro lado del enlace. El PIC monitoreará todo el tiempo la llegada de un byte al puerto SPI, en cuanto el byte este completo pasara del SSPBUF a la memoria temporal W del PIC, será procesada y luego enviada hacia la PC mediante el módulo USART, finalmente la información aun en formato TTL pasara por el integrado MAX-232 y será convertida al formato RS-232 y entrara por el puerto serial y la información será desplegada en la zona de recepción de la aplicación de la otra PC; finalizando el viaje de la señal.

Esto a grandes rasgos, explica la manera en que se extrae, procesa y, finalmente, se muestra en pantalla la información incluida en la Señal de Video desde el otro lado del Sistema.

4.3 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN TRANSMISIÓN-RECEPCIÓN

Un protocolo de comunicación parte de la necesidad de establecer una serie de reglas básicas para definir en un proceso de comunicación la manera en que fluirá información y la manera en que se distinguirá a la información del ruido o información falsa que pueda estar presente en el medio de comunicación, ya sea por causas externas o características propias del sistema, como se menciona en el apartado “**3.4.2 Funcionamiento del Circuito de Datos con Búfer**”.

Debido a esta necesidad, se planteo un simple pero efectivo Protocolo de Comunicación, que permita al Microcontrolador de la Etapa de Recepción definir si la Línea Seleccionada de Video contiene o no información y así poder mostrarla con certeza en la pantalla de la PC.

Como se mencionó en el apartado “**3.4.2. Funcionamiento del Circuito Procesador de Datos con Búfer**”, el Protocolo de Comunicación se basa en el hecho de enviar un byte de **DATO** unido a un byte **ENCABEZADO**, enviando primero el **ENCABEZADO** y luego el **DATO**, dando lugar a una trama (Como se ve en la Figura 4.12).

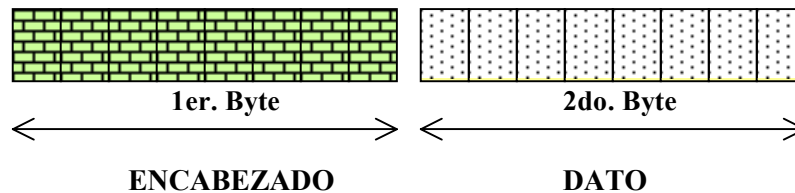


Figura 4.12. Trama generada por el Protocolo de Transmisión.

De tal forma que en cada Línea de Video Seleccionada se envíen dos bytes, el primero de los cuales especifique si la Línea Seleccionada transporta o no información, es decir, si el byte de **ENCABEZADO** no esta presente en la

Línea, esto quiere decir que esta Línea en particular no transporta información y por lo tanto no habrá nada que mostrar en pantalla.

Como puede notarse del párrafo anterior, el byte de **ENCABEZADO** funciona como una clave que indica la transportación de un byte de **DATO**, es decir, el byte **ENCABEZADO** funciona como una llave o método de validación de información que evita lecturas y muestras en pantalla de información falsa, además permite sincronizar eficazmente al PIC con la información transportada.

El byte de **ENCABEZADO** puede ser cualquier byte (a excepción del 00000000), debido a que este existiría en cualquier línea vacía y no sería útil para el propósito de encontrar la información montada en la Señal de Video+Datos.

En este caso se optó por utilizar el byte **11011011** (equivalente a 219 en decimal y DB en hexadecimal), debido a su fácil reconocimiento en osciloscopio por su forma de onda, y que su forma asemeja un tren de sincronía; sin embargo, como se mencionó anteriormente se puede utilizar cualquier otro byte, siempre y cuando se utilice el mismo en ambos microcontroladores presentes en el Sistema. Asimismo, esto permite especificar, si fuera necesario, los bytes que corresponden a **DATOS**, o bien, a otro tipo de información, sin necesidad de complicar el hardware del Sistema, sino solo el software.

De esta forma, una Línea que transporte un **DATO** será semejante en un osciloscopio a la Figura 4.13.

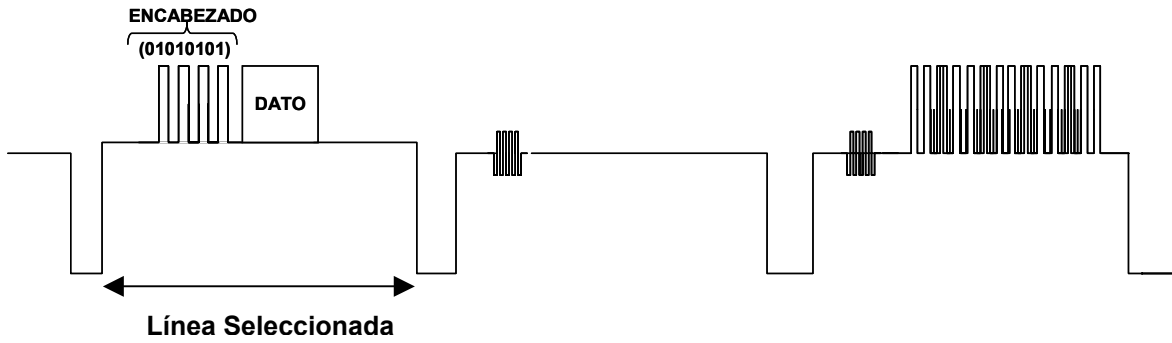


Figura 4.13. Ejemplo de una Línea de Video que transporta un DATO.

Mientras que una Línea sin información se verá como la de la Figura 4.14.

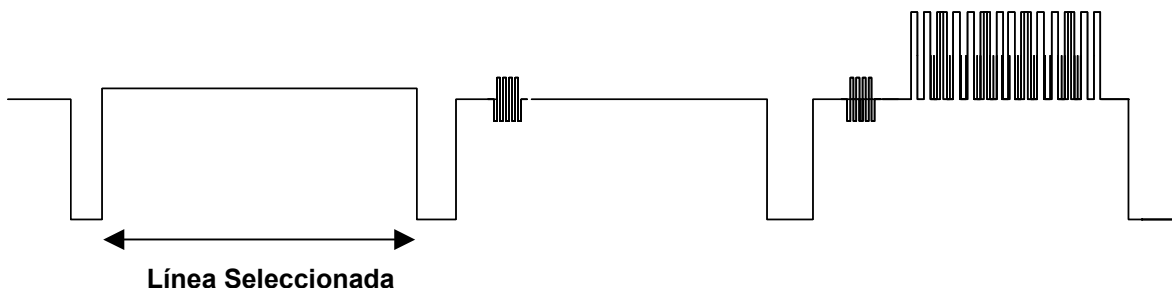


Figura 4.14. Ejemplo de una Línea de Video Vacía.

Observando de las Figuras anteriores, podemos concluir que generando una Trama de **ENCABEZADO** + DATO podemos enviar cualquier dato del rango 0-255 de un byte, de manera confiable y segura; lo cual generara una Trama de dos bytes de longitud de la forma:

ENCABEZADO								+	DATO							
1	1	0	1	1	0	1	1		X	X	X	X	X	X	X	X
11011011 = DBH = 219D X = Cualquier valor binario (0,1)																

Figura 4.15. Forma de la Trama ENCABEZADO + DATO.

4.4 INTERCONEXIÓN DEL MICROCONTROLADOR PIC16F874

El Microcontrolador del Circuito de Procesamiento de Datos, se encargará de Procesar los Datos que le entregue el Circuito Decodificador de Video+Datos a través de la Etapa de Acondicionamiento de Datos, en sincronía con el Circuito de Selección de Línea y luego los entregará ya con el formato RS-232 a la PC; de tal manera que el Circuito armado se ve como en el diagrama de la Figura 4.16.

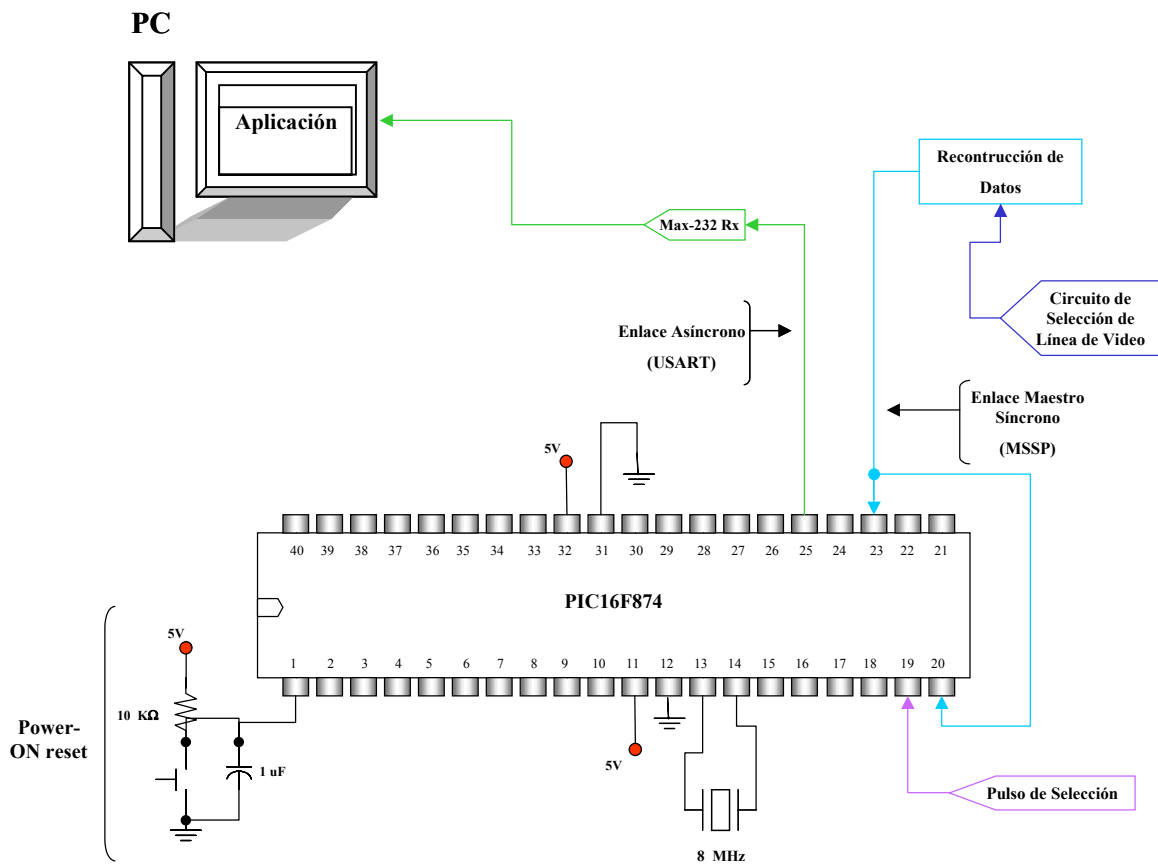


Figura 4.16. Diagrama de Interconexión entre el PIC16F874 y los otros Circuitos de la Etapa de Recepción.

4.4.1 Algoritmo de Programación del Microcontrolador en Etapa de Recepción

El programa escrito para esta Etapa se desarrolla a partir de las características fijadas en el Protocolo de Comunicación, descrito en el apartado “**4.3 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN TRANSMISIÓN-RECEPCIÓN**”. Es decir, el programa debe ser capaz de identificar las Líneas que contienen o no información; y para esto debe saber en que momento leer y analizar la Línea de Video Seleccionada. Para esto es necesario utilizar como referencia el Pulso de Selección de Línea generado por el Circuito, del mismo nombre y la información recuperada que se alimenta al Pin 20 del PIC y que también es alimentada al SDI del puerto SPI. Esto con la finalidad de sincronizar al Microcontrolador con la Línea de Video y con la información montada.

El Microcontrolador esperará hasta que la Línea de Video aparezca, y luego mediante software intentará sincronizarse con los datos, esperando un tiempo y buscando el **ENCABEZADO “11011011”**, si esto sucede, en ese momento (debido a las características del Enlace Síncrono Maestro en Modo SPI), el PIC enviará un dato cualquiera para luego recibir un byte de información, entonces procesará el byte de **DATO**, y lo enviará de manera adecuada a la PC mediante el puerto serial y entonces será mostrado el **DATO** en la Aplicación.

Debido al diseño de funcionamiento de este programa, el Algoritmo es sensiblemente más sencillo que el de la Etapa de Transmisión, sin embargo, parte de su estructura básica. Además, es necesario implementar una secuencia de sincronización. Se hace notar que los registros a utilizar para ajustar las

características de comunicación USART y MSSP son prácticamente idénticas que en la Etapa de Transmisión, a excepción de que en este caso no es necesario tener habilitada la conexión de RECEPCIÓN USART del PIC (Registro RCSTA), dado que la PC, en este lado del Sistema no enviará ninguna información al PIC, tan sólo el PIC enviará información a la PC, por lo que en el Algoritmo de programación no se implementa esta característica, además de que no es necesario implementar un búfer, tan solo se necesitan declarar dos variables para ajustar al sincronizador y la memoria de trabajo del PIC.

El algoritmo de Programación del PIC desarrollado para la Etapa de Recepción es:

1. Definir las variables TIEMPO y TIEMPO2 como registros en el PIC.
2. Configurar los pines que se utilizarán en los Puertos C y D.
3. Inicializar y Configurar los módulos USART para transmisión y MSSP (Modo SPI) para recepción.
4. Cargar la variable .15 en las variables TIEMPO y TIEMPO2.
5. Verificar el nivel de voltaje en el primer Pin del Puerto D.
BAJO: Ir al punto 5.
ALTO: Ir al punto 6.
6. Verificar durante $7.5\mu\text{s}$ el nivel de voltaje en el segundo Pin del Puerto D.
BAJO: Ir al punto 7.
ALTO: Ir al punto 5.
7. Verificar durante $7.5\mu\text{s}$ el nivel de voltaje en el segundo Pin del Puerto D.

BAJO: Ir al punto 5.

ALTO: Ir al punto 8.

8. Verificar el nivel de voltaje en el segundo Pin del Puerto D.

BAJO: Ir al punto 9.

ALTO: Ir al punto 8.

9. Verificar el nivel de voltaje en el segundo Pin del Puerto D.

BAJO: Ir al punto 9.

ALTO: Ir al punto 10.

10. Verificar el nivel de voltaje en el segundo Pin del Puerto D.

BAJO: Ir al punto 11.

ALTO: Ir al punto 10.

11. Verificar el nivel de voltaje en el segundo Pin del Puerto D.

BAJO: Ir al punto 9.

ALTO: Ir al punto 10.

12. Verificar el nivel de voltaje en el segundo Pin del Puerto D.

BAJO: Ir al punto 13.

ALTO: Ir al punto 12.

13. Esperar 5 instrucciones y mover el contenido del registro de trabajo W al registro SSPBUF.

14. Esperar y verificar a que llegue un byte al registro SSPBUF.

SI: Ir al punto 15.

NO: Ir al punto 14.

15. Mover el contenido del SSPBUF al registro de trabajo W.

16. Verifica si el transmisor USART esta libre para transmitir.

SI: Ir al punto 17.

NO: Ir al punto 16.

17. Mover el contenido del registro W al registro TXREG.

18. Repetir desde el punto 3.

Como se puede apreciar este algoritmo es sensiblemente más sencillo que el escrito para el PIC en la Etapa de Transmisión, debido a que ahora el Microcontrolador no necesita de un búfer para guardar la información; sin embargo, es necesario implementar una secuencia de sincronización y búsqueda de la llave para encontrar los datos incrustados.