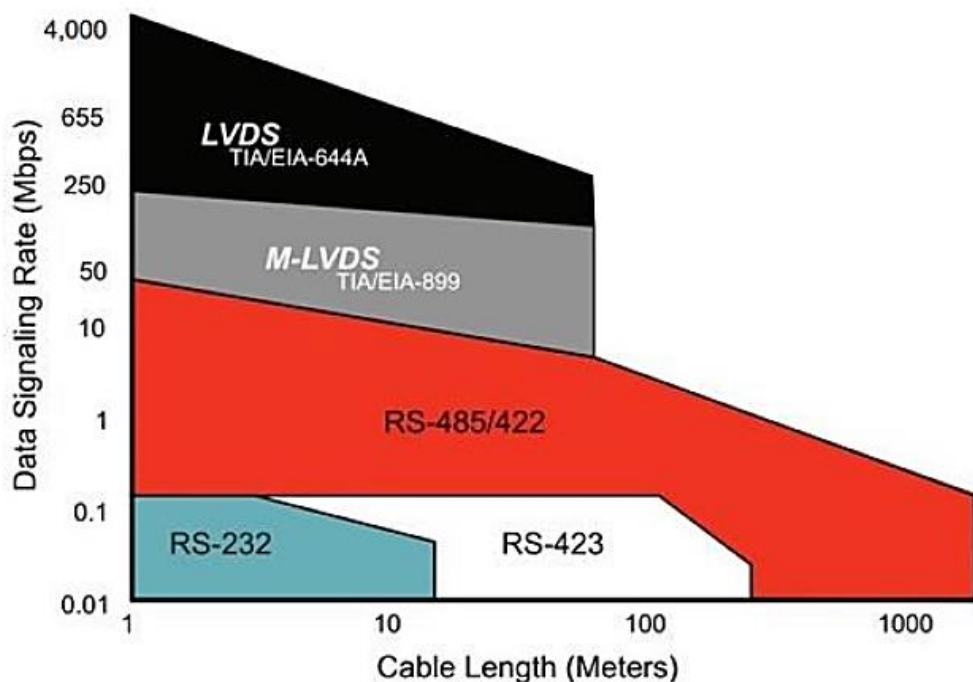


Introducción

En 1983, la Asociación de Industrias Electrónicas (EIA) aprobó un nuevo estándar de transmisión balanceado llamado RS-485. Encontrar una amplia aceptación y uso en aplicaciones industriales, médicas y de consumo, RS-485 se ha convertido en el caballo de batalla de la interfaz de la industria.

El estándar RS-485 solo especifica las características eléctricas de los controladores y receptores, **no especifica un protocolo**. Muchos estándares de interfaz de nivel superior hacen referencia a RS-485 para su capa física, como el bus Modicon (ModBus), bus de campo de proceso (ProfiBus) entre otros.



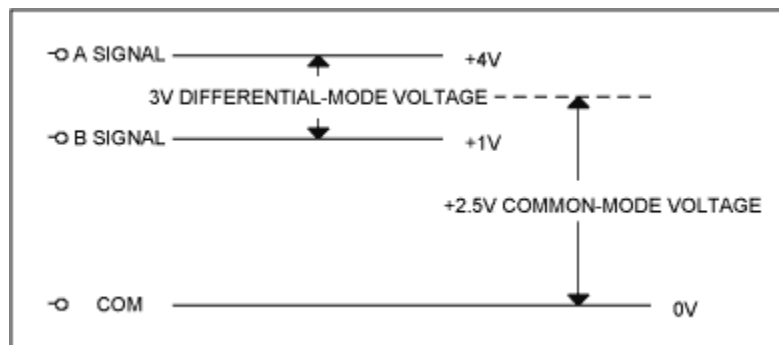
Estándar y características

RS-485 es un estándar solo eléctrico. A diferencia de los estándares de interfaz completos, que definen la funcionalidad, especificaciones mecánicas y eléctricas, RS-485 solo define las características eléctricas de los controladores y receptores que podrían ser utilizados para implementar una línea de transmisión multipunto balanceada.

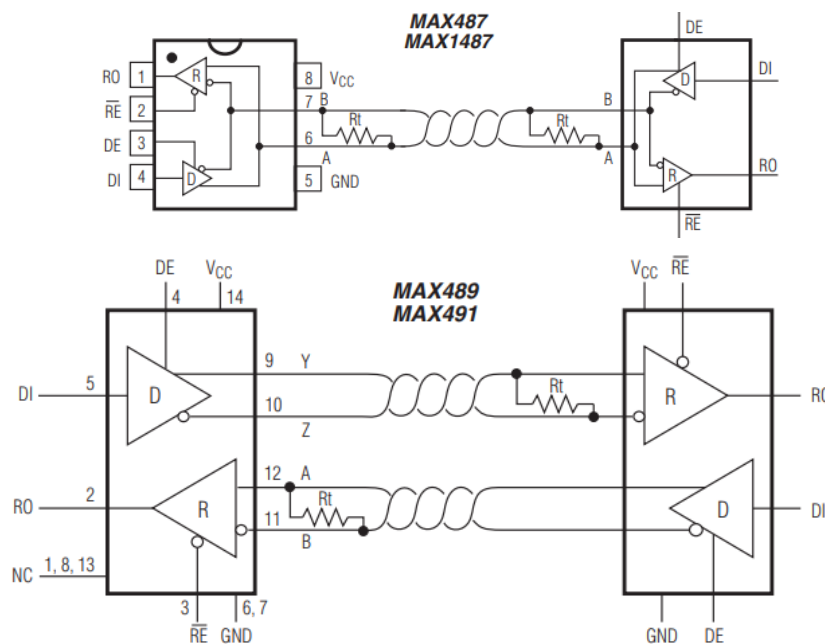


Las características de RS-485 son:

- Operación multipunto desde un solo suministro de 5 V
- Rango de modo común del bus de -7 V a $+12\text{ V}$
- Hasta 32 unidades de carga (o más dependiendo del IC utilizado)
- Velocidad de datos máxima de 10 Mbps (1 m)
- Longitud máxima de cable de 1200 m (a 100 kbps)



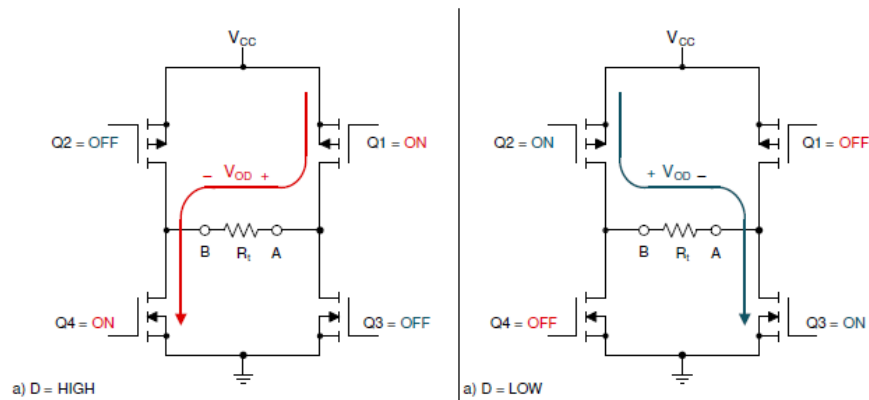
Las redes RS-485 constan de múltiples nodos conectados en paralelo a un bus. A continuación, se muestra la red típica Conexiones para implementaciones RS-485 half-dúplex y full-dúplex. La mayoría de las aplicaciones RS-485 implementan comunicación half-dúplex (dos hilos). La comunicación full-duplex requiere dos pares de señales (cuatro hilos) y facilita un mayor rendimiento al permitir que los nodos transmitan y reciban datos simultáneamente.



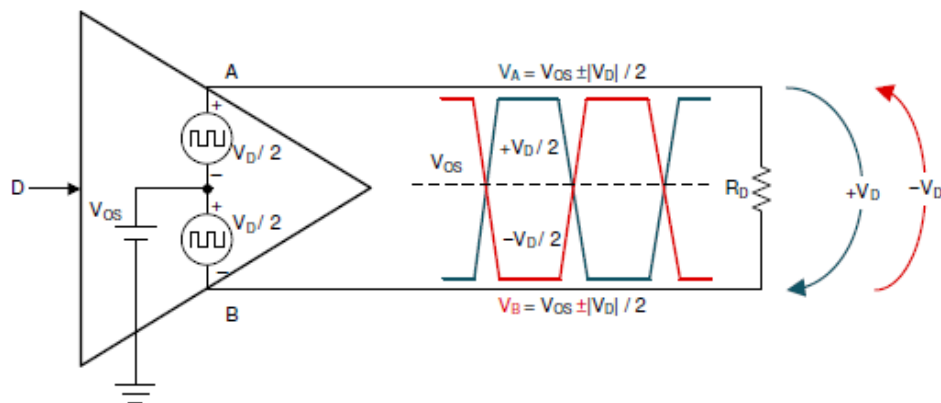
Driver RS-485

Muchas preguntas comunes de RS-485 se pueden resolver con una comprensión básica de la estructura y el funcionamiento del conductor y el receptor.

La figura siguiente muestra el esquema de salida equivalente para un controlador. La estructura de salida consta de un controlador de puente H con transistores de lado alto y bajo en cada una de las salidas: A y B.

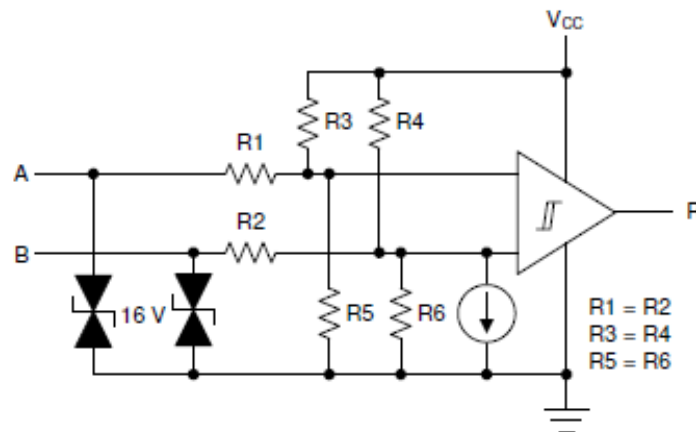


La forma de onda resultante se puede modelar como una tensión diferencial positivo y negativo superpuesto a una tensión de compensación de modo común, que normalmente está cerca de $V_{CC}/2$, como se muestra a continuación:



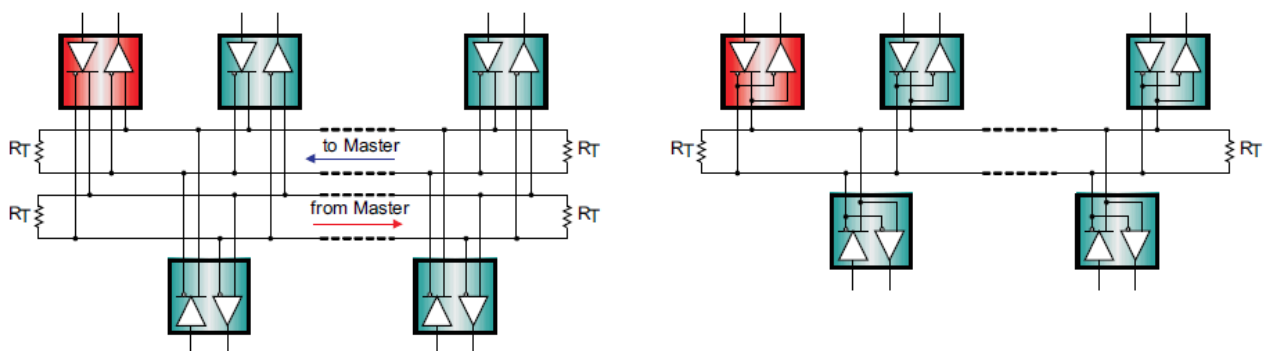
Receptor RS-485

Los receptores RS-485 tienen un esquema de entrada de receptor equivalente como el que se muestra. El circuito de entrada del receptor consta de protección contra descargas electrostáticas (ESD), una red de resistencia divisor y una corriente de polarización, todos los cuales juegan un papel en la configuración de la magnitud y el modo común tensión que llega al comparador diferencial.



Topología de red

Los estándares RS-485 sugieren que sus nodos se conecten en cadena, también conocida como línea compartida. En esta topología, los controladores, receptores y transmisores participantes se conectan a un troncal de cable a través de stubs de red cortos. El bus de interfaz se puede diseñar para transmisión full-duplex o half-duplex.



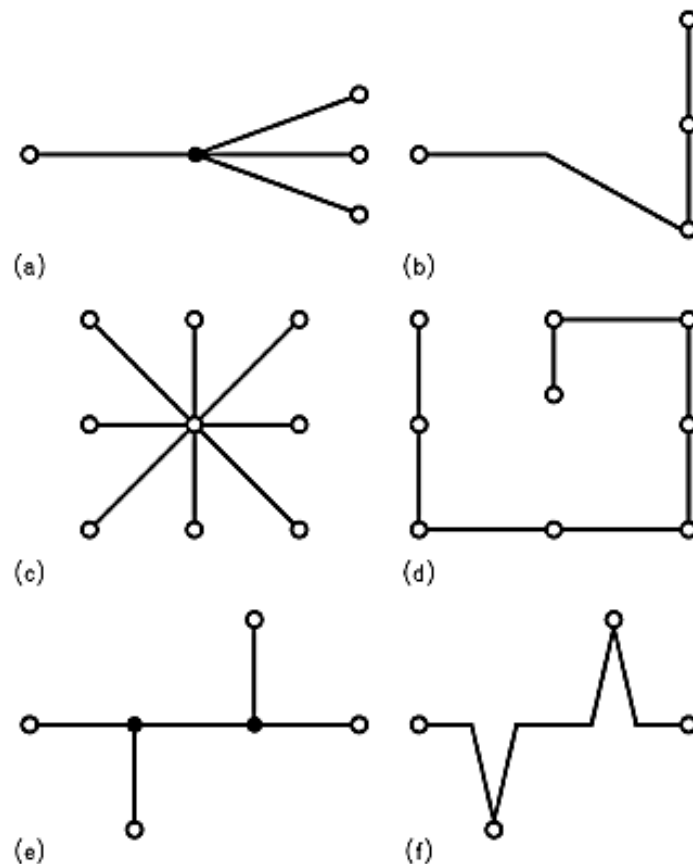
En half-duplex, solo se usa un par de señales, lo que requiere que la transmisión y la recepción de datos ocurran en diferentes momentos. Ambas implementaciones requieren la operación controlada de todos los nodos a través de señales de control de dirección, como señales de habilitación del conductor/receptor, para garantizar que solo



un conductor esté activo en el autobús en cualquier momento. Tener más de un conductor que accede al autobús al mismo tiempo conduce a la contención del autobús, que, en todo momento, debe evitarse a través del **software de control**.

Configuraciones

Dado que RS-485 permite conectar varios transceptores, la configuración del bus no es tan sencilla. En un bus punto a punto, un solo conductor se conecta a una solo receptor. La configuración óptima para el bus RS-485 es la conexión en cadena desde el nodo 1 al nodo 2 al nodo 3 al nodo n . El bus debe formar un solo camino continuo, y los nodos en el medio del bus no debe estar en los extremos de ramas largas, radios o ramales.



Niveles de señales

Los controladores conformes con el estándar RS-485 proporcionan una salida diferencial de un mínimo de 1,5 V a través de una carga de 54 Ω , mientras que los receptores de conformidad estándar detectan una entrada diferencial de hasta 200 mV. Los dos valores proporcionan un margen suficiente para una transmisión de datos confiable

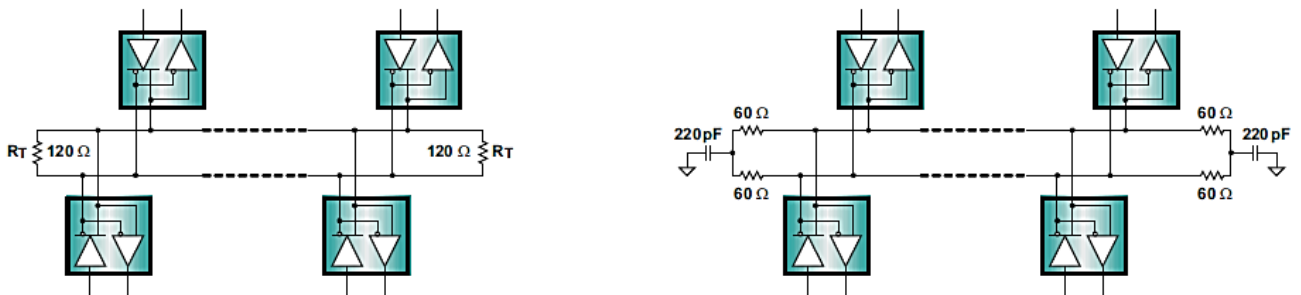


incluso en condiciones de degradación severa de la señal a través del cable y los conectores. Esta robustez es la razón principal por la que RS-485 es ideal para redes de larga distancia en entornos ruidosos.

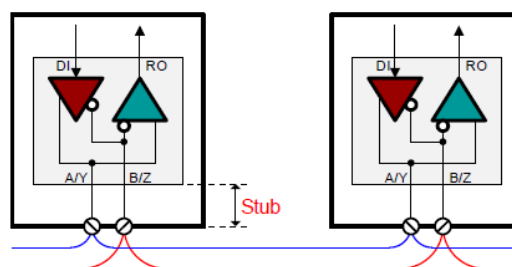


Terminación del bus y longitud del stub

Las líneas de transmisión de datos siempre deben estar terminadas y los ramales deben ser lo más cortos posible para evitar reflexiones de la señal en la línea. La terminación adecuada requiere la coincidencia de las resistencias de terminación, R_T , con la impedancia característica, Z_0 , del cable de transmisión. Porque el estándar RS-485 recomienda cables con $Z_0 = 120$, la troncal del cable suele terminar con resistencias de 120, una en cada extremo del cable.



Las aplicaciones en entornos ruidosos suelen tener las resistencias de 120 Ω reemplazadas por dos filtros de paso bajo de 60 Ω para proporcionar filtrado de ruido de modo común adicional. Es importante hacer coincidir la resistencia (preferiblemente con resistencias de precisión del 1 %), para garantizar frecuencias de reducción uniformes de ambos filtros. Resistencia más grande tolerancias, (es decir, 20%), hacen que las frecuencias de esquina del filtro difieran y el ruido de modo común se convierta en ruido diferencial, comprometiendo así la inmunidad al ruido del receptor.



La longitud eléctrica del stub (la distancia entre un transceptor y el cable troncal) debe ser inferior a 1/10 del tiempo de subida de salida del driver, y viene dado por:

$$L_{stub} \leq \frac{t_r}{10} v c$$

En donde:

L_{stub} : Longitud máxima del ramal [ft]

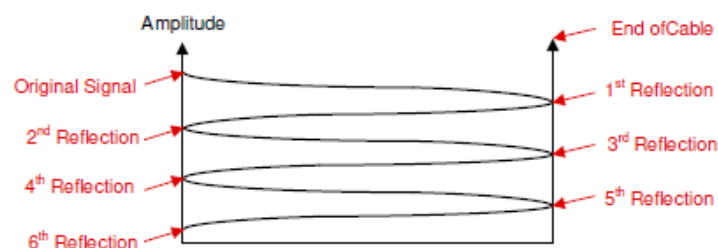
t_r : Rise time del driver (10/90) [nS]

v : Velocidad de la señal como factor de "c"

c : Velocidad de la luz ($9,8 \cdot 10^8 \frac{ft}{s}$)

¿Por qué existen terminaciones?

Hacer coincidir la impedancia característica del cableado con la red de terminación permite que el receptor del extremo del bus reciba la potencia máxima de la señal. Al dejar una línea de transmisión sin terminar o terminada con algún valor diferente a la impedancia del cable, se introduce un desajuste que crea reflexiones en el extremo de la red. Una reflexión es donde parte de la energía de la señal regresa literalmente a la línea, que luego puede interferir de manera constructiva o destructiva con los siguientes bits que se propagan por el bus. Un destructivo ejemplo es si la señal reflejada que rebota está fuera de fase con la señal entrante, lo que resulta en que el receptor detecta una señal entrante más pequeña. Si el desajuste es lo suficientemente grande, la energía reflejada de vuelta puede hacer que los bits subsiguientes sean mal interpretados y decodificados incorrectamente por el receptor.



Estimar que el extremo no terminado del bus tiene una impedancia de entrada de 96 kΩ (una octava unidad de carga), y la impedancia de la fuente del controlador es de 60 Ω,



los reflejos de la señal decaerían de acuerdo con los cálculos enumerados en la tabla siguiente.

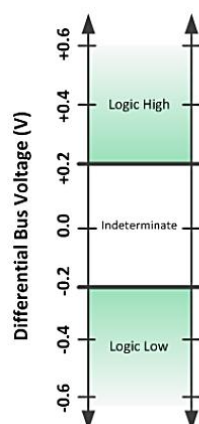
$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_S}{Z_L + Z_S}$$

Signal	Percentage of Signal	Calculation $\left(\frac{Z_L - Z_S}{Z_L + Z_S} \right)$
Original signal	100%	
After first reflection	99.75%	$1 \times \left(\frac{96,000 - 120}{96,000 + 120} \right) = 0.9975$
After second reflection	-33.24%	$0.9975 \times \left(\frac{60 - 120}{60 + 120} \right) = -0.3324$
After third reflection	-33.16%	$-0.3324 \times \left(\frac{96,000 - 120}{96,000 + 120} \right) = -0.3317$
After fourth reflection	11.05%	$-0.3317 \times \left(\frac{60 - 120}{60 + 120} \right) = 0.1106$
After fifth reflection	11.02%	$0.1106 \times \left(\frac{96,000 - 120}{96,000 + 120} \right) = 0.1102$
After sixth reflection	-3.68%	$0.1102 \times \left(\frac{60 - 120}{60 + 120} \right) = -0.0368$

Failsafe

La operación a prueba de fallas es la capacidad de un receptor para asumir un estado de salida determinado en ausencia de una señal de entrada. Tres posibles causas pueden provocar la pérdida de señal:

1. Circuito abierto, causado por la rotura de un cable o por la desconexión de un transceptor del bus.
2. Cortocircuito, causado por una falla de aislamiento que conecta los cables de un par diferencial a otro
3. Bus inactivo, que ocurre cuando ninguno de los conductores del autobús está activo.



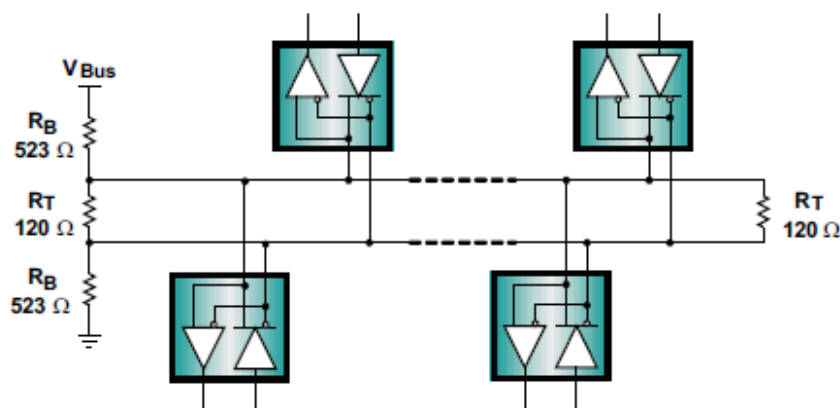
Debido a que estas condiciones pueden hacer que los receptores convencionales asuman estados de salida aleatorios cuando la entrada la señal es cero, los diseños de transceptores modernos incluyen circuitos de polarización para circuito abierto, cortocircuito y bus inactivo a prueba de fallas, que fuerzan la salida del receptor a un estado determinado.

Una desventaja de estos diseños a prueba de fallas es su margen de ruido en el peor de los casos de solo 10 mV, por lo que requieren circuitos a prueba de fallas para aumentar el margen de ruido para aplicaciones en entornos ruidosos. Un circuito externo a prueba de fallas consta de un divisor de voltaje resistivo que genera suficiente voltaje de bus diferencial, para llevar la salida del receptor a un estado determinado. Para garantizar un margen de ruido suficiente, VAB debe incluir el ruido diferencial máximo medido además del umbral de entrada del receptor de 200 mV, $V_{AB} = 200 \text{ mV} + V_{\text{Ruido}}$.

$$R_B = \frac{V_{bus-min}}{V_{AB} \left(\frac{1}{375} + \frac{4}{Z_0} \right)}$$

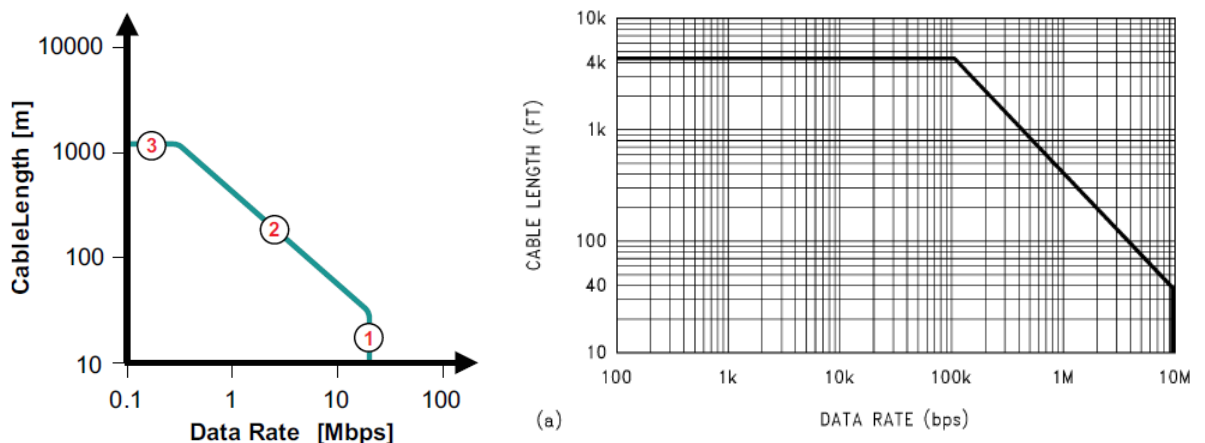
Ejemplo:

$$R_B = \frac{4,75 \text{ V}}{0,25 \text{ V} \left(\frac{1}{375} + \frac{4}{120} \right)} \cong 527,8 \, \Omega$$



Velocidad vs longitud

La longitud máxima del bus está limitada por las pérdidas de la línea de transmisión y la fluctuación de la señal a una velocidad de datos determinada. Debido a que la confiabilidad de los datos disminuye drásticamente para una fluctuación del 10% o más del período de baudios, la figura siguiente muestra la longitud del cable frente a la velocidad de datos característica de un cable RS-485 convencional para una fluctuación de señal del 10 %.



La sección 1 del gráfico presenta el área de altas velocidades de datos en cables de corta longitud. Aquí, las pérdidas de la línea de transmisión pueden ser despreciadas y la velocidad de datos está determinada principalmente por el tiempo de subida del controlador. Aunque el estándar recomienda 10 Mbps, se pueden lograr funcionar a velocidades de datos de hasta 40 Mbps.

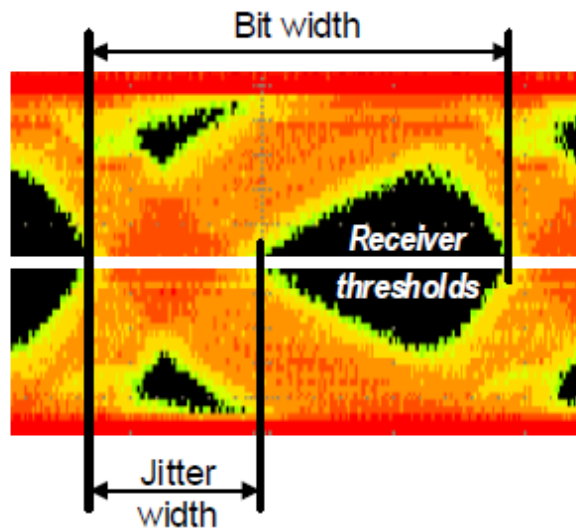
La Sección 2 muestra la transición de líneas de datos cortas a largas. Hay que tener en cuenta las pérdidas de las líneas de transmisión. De este modo, al aumentar la longitud del cable, la tasa de datos debe reducirse. Una regla general establece que el producto de la longitud de la línea [m] por los datos tasa [bps] debe ser < 107 . Esta regla es mucho más conservadora que el rendimiento actual del cable y, por lo tanto, mostrará menos longitud en una velocidad de datos dada que la que presenta el gráfico.

La Sección 3 presenta el rango de frecuencia inferior donde la resistencia de la línea, y no la conmutación, limita la longitud del cable. Aquí, la resistencia del cable se aproxima al valor de la resistencia de terminación. Este divisor de voltaje disminuye la señal en -6 dB.



Degradación de la señal por Jitter

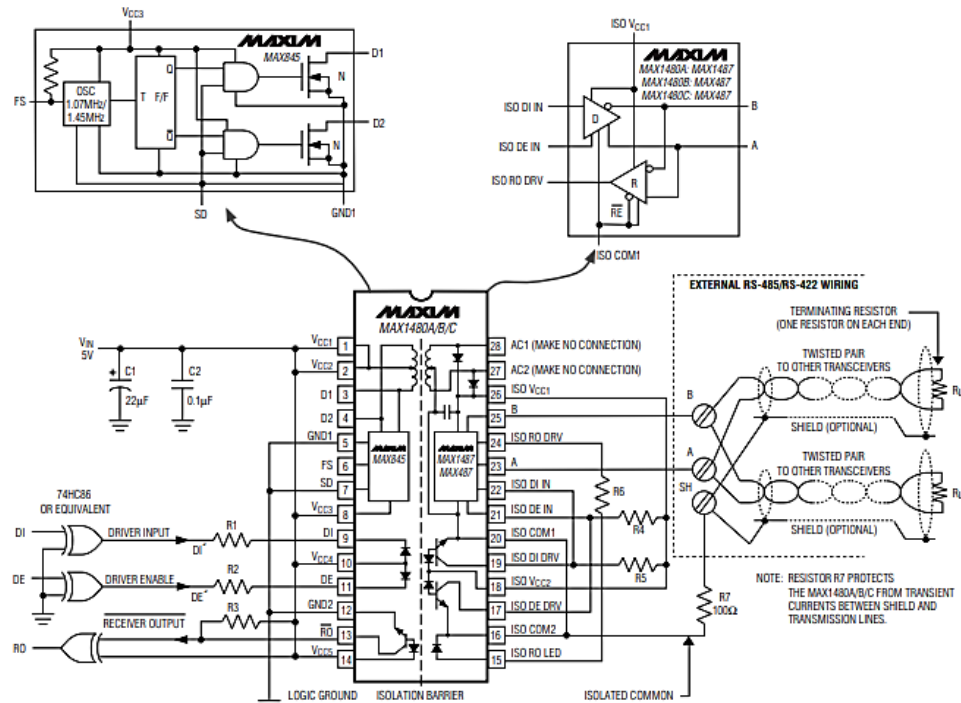
Los enlaces de datos RS-485 de alta velocidad tienen una longitud de cable limitada debido a la degradación de la señal en forma de fluctuaciones. Tanto el pulso del controlador como del receptor y el cable es lo que causa la fluctuación de la signal. El pulso del controlador y del receptor es la diferencia en los retrasos de propagación para los flancos ascendentes y descendentes del conductor y receptor. La figura siguiente muestra que este fenómeno que determina la distorsión del pulso que ocurre entre la entrada de un solo extremo y la salida diferencial de un controlador, y entre la entrada y la salida de un solo extremo de un receptor.



$$Jitter = 100 \frac{jitter\ width}{bit\ width}$$

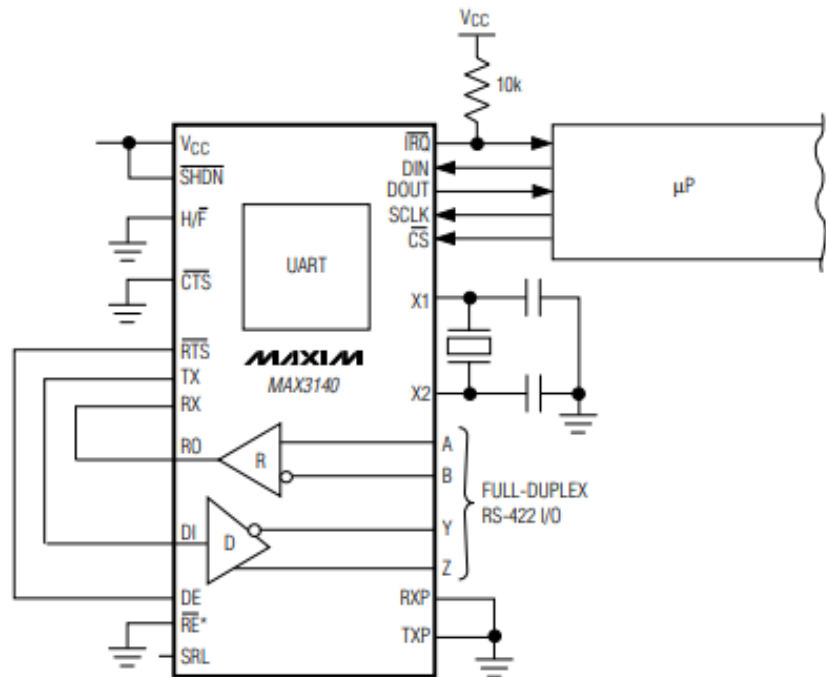
Comunicación aislada

Max 1480



Conversor de SPI a UART

Max 3140



*NOTE: TO SHUT DOWN THE RS-485 TRANSCEIVER, DRIVE \overline{RE} SEPARATELY WITH AN I/O OF A μP .

