

Auteur : Boris Adlung, RIGOL Technologies, Sales Manager Europe

Types d'erreurs

La synchronisation est cruciale dans tout système utilisant des données série, mais trouver les limites de synchronisation du système qui sont liées aux composants, à la distance de transmission, au temps de traitement et à d'autres variables, peut s'avérer difficile. Commençons avec un simple convertisseur CNA 8 bits. Tout d'abord, assurez-vous de bien comprendre les spécifications de données et de synchronisation du protocole utilisé. L'échantillonnage des données se fait-il exactement sur le front d'horloge ? Quel décalage maximum peut-il y avoir entre l'horloge et les données pour que l'on puisse encore espérer un échantillonnage correct des données ? En d'autres termes : avons-nous défini un budget de défaut de synchronisation d'horloge ? Une fois bien comprises ces contraintes de synchronisation, on peut alors vérifier expérimentalement les deux sous-systèmes de transmission (Tx) et de réception (Rx). On peut maintenant analyser les délais de synchronisation au niveau système, et la précision globale des conversions, en effectuant des mesures directes sur les canaux logiques et analogiques en corrélation avec le temps. On pourra également visualiser simultanément les séquences de bits décodées sous forme numérique sur l'oscilloscope MSO5000.

The screenshot shows a RIGOL oscilloscope interface. The top bar includes the RIGOL logo, a green 'TD' button, a yellow 'H' button, a time scale of '10.0us', a sampling rate of '2GSa/s' and memory depth of '1Mpts', a 'Measure' button, a red 'STOP/RUN' button, a yellow 'D' button, a time of '0.00s', a voltage scale of '2.80V', and a 'T' button. The main display area shows a yellow sine wave and a cyan digital signal. The digital signal is labeled 'Parallel' and shows a sequence of 1s and 0s. The bottom bar displays measurement results for four channels: 1 = 1.00V +120mV, 2 = 200mV -480mV, 3 = 100mV 0.00V, and 4 = 100mV 0.00V. The bottom right corner shows a time base of '14:2'.

Figure 1 : Sortie du CNA et l'un des bits d'entrée

En utilisant le décodage de bus parallèle (Figure 1), on peut obtenir un aperçu rapide des transitions de cette ligne unique. Mais cela ne nous donne pas toutes les informations dont nous avons besoin, étant donné que le CNA a besoin de plusieurs lignes de données pour générer sa tension de sortie. Pour obtenir des données plus complètes, il faut adopter une approche différente. Mettons les 8 lignes du CNA (Figure 2) sur les entrées numériques du MSO. Désormais, on voit bien la relation entre les lignes numériques en entrée et la tension de sortie du CNA.

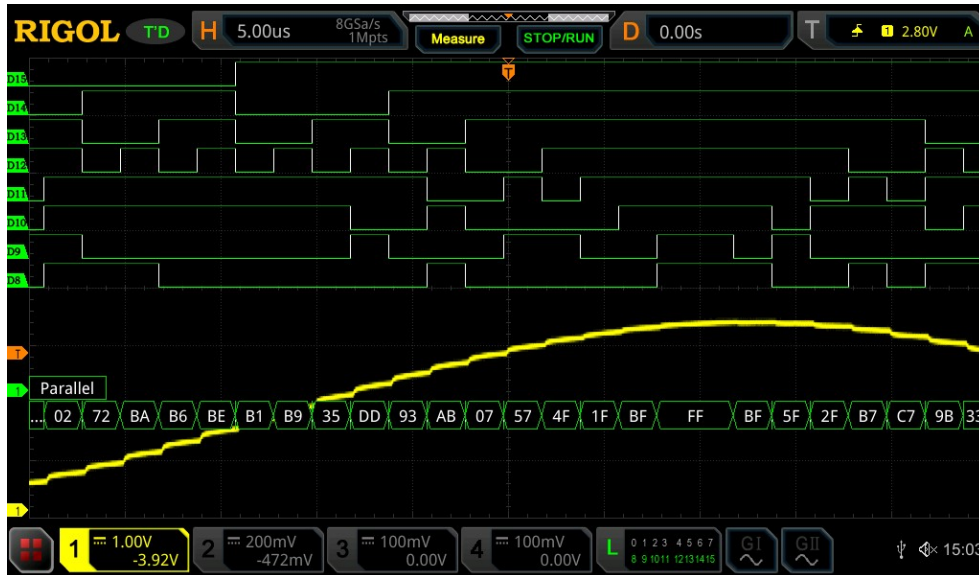


Figure 2 : Sortie du CNA et les 8 bits d'entrée (parallèle) du CNA

Pour aller plus loin, on peut afficher les valeurs hexadécimales correspondant au décodage des 8 bits d'entrée, et zoomer pour visualiser les données décodées.

Maintenant, on peut zoomer pour observer clairement la relation entre le bit et les transitions du CNA (Figure 3). Pour le zoom, on a activé le canal analogique 2 (en bleu) qui correspond à l'horloge du CNA. En zoomant d'un facteur 500x, les 50 ns par division deviennent 100 ns, et l'on peut voir que les transitions de bits se produisent 140 ns avant la transition d'horloge. L'horloge effectue sa transition en moins de 5 ns, et la sortie du CNA commence à changer en synchronisation avec l'horloge. On peut aussi utiliser les curseurs du scope pour mieux observer le timing des transitions.

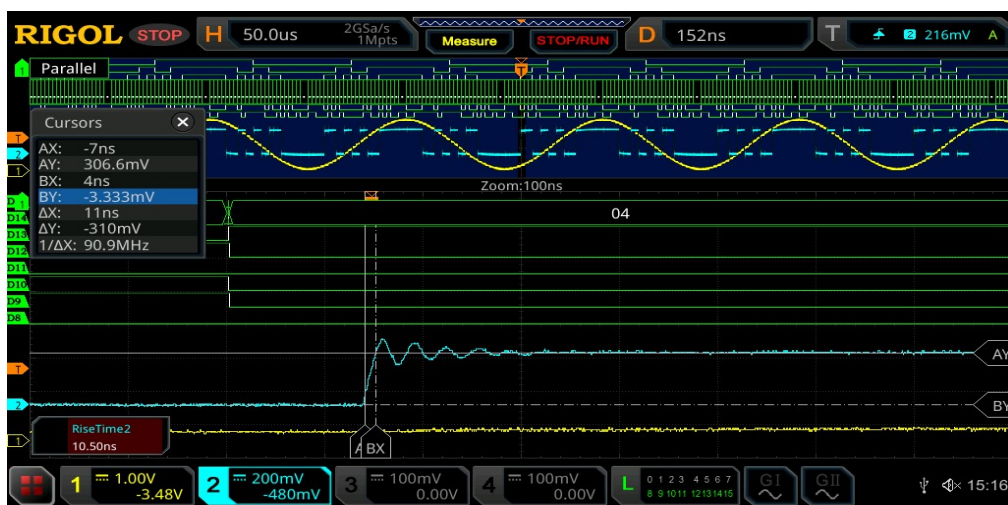


Figure 3 : Zoom sur le bus d'entrée 8 bits et sur la sortie du CNA. Utilisation du curseur pour observer le

La synchronisation précise des signaux série bas-débit est primordiale pour la stabilité du système. Par conséquent, il est vital que vos outils de mesure soient à la hauteur pour garantir précisément le déclenchement, la surveillance et l'analyse de vos signaux, afin d'assurer la productivité de la R&D et, au bout du compte, une commercialisation dans les temps.

L'un des problèmes les plus courants affectant la mesure de données série est le traitement du bruit système. Le bruit présent dans les mesures peut avoir plusieurs origines, notamment une mauvaise mise à la masse, des problèmes de bande passante, de diaphonie, ou de parasites électromagnétiques (EMI). Parfois, le problème est au niveau de l'appareil à tester, mais l'amélioration des techniques de sondage et de mesure permet aussi d'améliorer les résultats de manière sensible, sans changer de dispositif à tester. Une bonne première étape consiste à toujours s'assurer d'utiliser les meilleures pratiques de mesure.

RIGOL T'D H 50.0us 2GSa/s 1Mpts Measure STOP/RUN D 230.5us T PC 144mV A

I2C

Write:: ... Data:R ... Data:I ... Data:G ... Data:O ... Data:L ...

1 2.00V +2.16V 2 200mV -552mV 3 100mV 0.00V 4 100mV 0.00V L 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

16:3

Passons ces problèmes en revue, du plus facile au plus difficile. Tout d'abord, examinons les connexions de nos sondes. Normalement, il faut utiliser une sangle à pince crocodile qui se branche sur la sonde pour assurer la mise à la terre. En supposant que la sangle ait bien été utilisée et que le problème persiste, il se peut qu'il faille utiliser à la place un « ressort de (mise à la) masse de sonde ». Le ressort de masse de sonde se connecte à proximité immédiate de la pointe de la sonde, ce qui réduit considérablement la surface de la boucle de connexion. Cela peut nettement réduire le niveau de bruit et améliorer la qualité

The screenshot displays a RIGOL oscilloscope interface with two waveforms. The top waveform is a high-frequency digital signal (blue) with a period of 50.0us. The bottom waveform is a lower-frequency digital signal (blue) with a period of 200mV. The interface includes various measurement and control buttons at the top and bottom.

Top Panel:

- Channel 1 (H):** 50.0us, 2GSa/s, 1Mpts, Measure, STOP/RUN, D 230.5us, T, FC 144mV, A

Waveform 1 (Top): High-frequency digital signal (blue) with a period of 50.0us.

Waveform 2 (Bottom): Lower-frequency digital signal (blue) with a period of 200mV.

Bottom Panel:

- Channel 1 (1):** 2.00V, +2.16V
- Channel 2 (2):** 200mV, -552mV
- Channel 3 (3):** 100mV, 0.00V
- Channel 4 (4):** 100mV, 0.00V
- Cursor (L):** 0 1 2 3 4 5 6 7, 8 9 10 11 12 13 14 15
- Buttons:** G1, G2, USB, 16:30

Si le bruit de masse est toujours présent, essayez d'isoler de la terre le dispositif à tester. Le scope fonctionne mieux s'il est relié à la terre par le biais de sa prise secteur. Si le dispositif ou le système à tester peut-être isolé de la terre, cela élimine les boucles de masse. Si le bruit de masse est toujours un problème, vous pouvez envisager l'utilisation d'une sonde différentielle, comme la RP1100D de Rigol, qui permet d'effectuer des mesures sans référence à la masse du scope. Les mesures différentielles peuvent se révéler l'unique méthode envisageable pour visualiser clairement certaines données série bas-débit, comme celles d'un bus différentiel basse tension (LVDS). De tels bus déplacent délibérément la ligne de référence pour maximiser la bande passante et augmenter les distances de communication, mais ils peuvent nécessiter de véritables sondes différentielles ou l'utilisation conjointe de plusieurs canaux de l'oscilloscope pour obtenir une bonne visualisation du signal.

Maintenant que nous avons amélioré notre rapport signal/bruit en diminuant le bruit injecté par la masse, nous pouvons nous concentrer sur le filtrage de la bande passante. Du bruit haute fréquence peut également s'introduire dans vos mesures par diaphonie ou à cause de la présence d'autres sources haute fréquence à proximité ou à l'intérieur de votre dispositif. Une façon de résoudre le problème est d'utiliser les limites de bande passante de chaque canal. Tous les canaux de scope RIGOL peuvent limiter la bande passante vers le CAN. Une limite de 20 MHz est plus ou moins la norme. En outre, un certain nombre de paramètres de mode d'acquisition et de déclenchement peuvent améliorer les performances face au bruit. Plusieurs types de déclencheurs proposent un article de menu permettant d'activer la réjection de bruit pour le type de déclenchement considéré. La série 5000 propose même une réjection haute fréquence (HFR) et une réjection basse fréquence (LFR) parmi les options de couplage du signal servant de déclencheur. La série MSO5000 dispose d'un mode « High Res » ou Haute Résolution. Ce mode fait appel à un sur-échantillonnage additionnel, qui se fait en coulisses sur plusieurs mesures, afin de fournir une moyenne présentant un niveau de bruit inférieur. Cette méthode permet de moyenner, plutôt que de rejeter, les signaux haute-fréquence. Assurez-vous donc de bien identifier les sources d'erreurs potentielles, et de bien comprendre comment elles sont susceptibles d'interagir avec votre système de mesure. Enfin, les oscilloscopes de la série 5000 disposent aussi d'une fonction de réjection du bruit (NRJ) directement dans le menu de déclenchement. Cette fonction permet d'éliminer le bruit apparaissant par rafales, et elle peut être paramétrée en temps plutôt qu'en fréquence. Pour mieux isoler et localiser les sources de bruit de votre système, concentrez-vous sur les problèmes de compatibilité électromagnétique (CEM) et d'interférences électromagnétiques (IEM).

Le bruit est toujours une préoccupation lorsque l'on travaille avec des signaux série bas-débit. Par définition, ces signaux évoluent en permanence vers des débits plus élevés, un codage plus élaboré, des distances de transmission plus longues, et des niveaux de tension et de puissance plus faibles. Toutes ces tendances rendent le matériel plus sensible au bruit. En effectuant des mesures minutieuses qui limitent le bruit ou évitent d'en rajouter à notre système, on peut se concentrer sur le bruit issu du système lui-même, qui peut encore entraîner des problèmes de conception à long terme.

Qualité des signaux

La surveillance et l'amélioration de la qualité des signaux série bas-débit est une autre composante essentielle du processus de débogage. Les problèmes d'impédances mal adaptées, de bande passante et de défauts de charge, peuvent tous affecter la qualité des signaux même en l'absence de bruit. Maintenant que nous nous intéressons de plus près à la nature exacte de ces signaux, il faut aussi vérifier la façon dont nous utilisons notre oscilloscope pour effectuer ces tests. Pour les tests de qualité de signaux, nous allons utiliser les canaux analogiques parce qu'ils permettent d'obtenir le meilleur aperçu de ce qui se passe réellement avec nos signaux. Cela nécessite une réflexion supplémentaire. Pour pouvoir bien observer les transitions de données, il faut absolument utiliser un taux d'échantillonnage aussi élevé que possible. Un échantillonnage à 5 fois le débit binaire du bus numérique doit être considéré comme un minimum, compte tenu des composantes haute fréquence que nous devons visualiser. Un échantillonnage à 10 fois le débit binaire doit permettre de voir tous les problèmes.

Pour capturer plus d'octets décodés que vous ne pouvez en afficher à l'écran, utilisez la fonction « tableau des événements » (Figure 6). Vous pouvez également exporter les résultats du tableau vers un fichier texte à partir du menu « tableau des événements » à des fins d'archivage ou d'analyse ultérieure de la synchronisation.

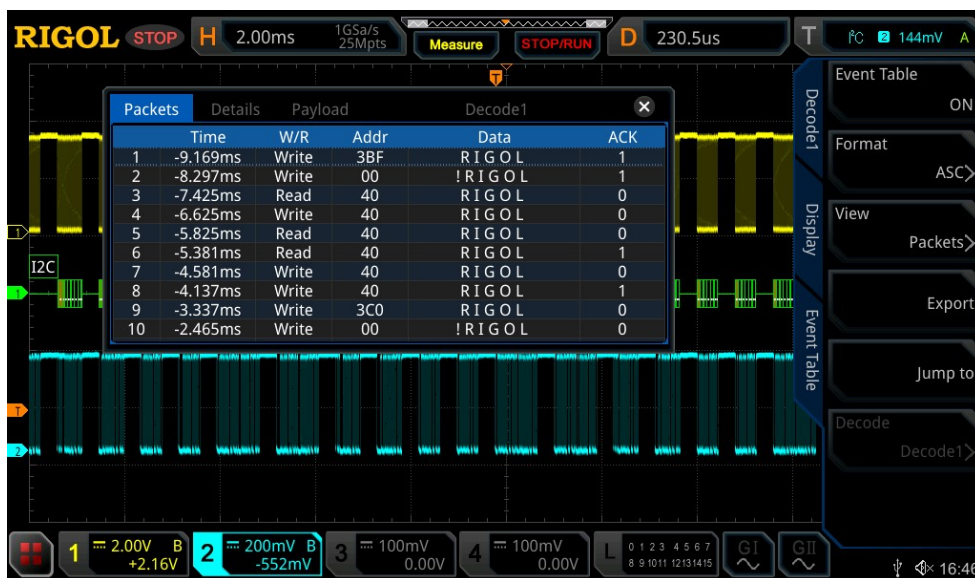


Figure 6 : Utilisation du tableau des événements, que l'on peut aussi enregistrer dans un fichier csv.

Après avoir défini et vérifié nos temps d'échantillonnage pour obtenir les meilleurs résultats analogiques et de décodage, il faut aussi régler l'affichage pour vérifier que les conditions de déclenchement sont optimales. Lors du déclenchement sur le front montant d'un signal analogique, veillez à maintenir le niveau de déclenchement à au moins 1 division de l'état bas du signal. Une telle distance permet un déclenchement cohérent, en évitant tout déclenchement intempestif. Pour visualiser les signaux numériques avec les canaux analogiques, utilisez la plus grande surface d'écran possible. Utiliser environ 2 divisions verticales et 1/2 à 1 division horizontale par caractère décodé, vous permettra de détecter tout problème majeur « d'overshoot » (dépassement de niveau) ou d'impédance, ainsi que d'autres types d'erreurs que nous allons examiner. Voici la configuration préférée (Figure 7) pour contrôler les données décodées d'un bus type RS232.

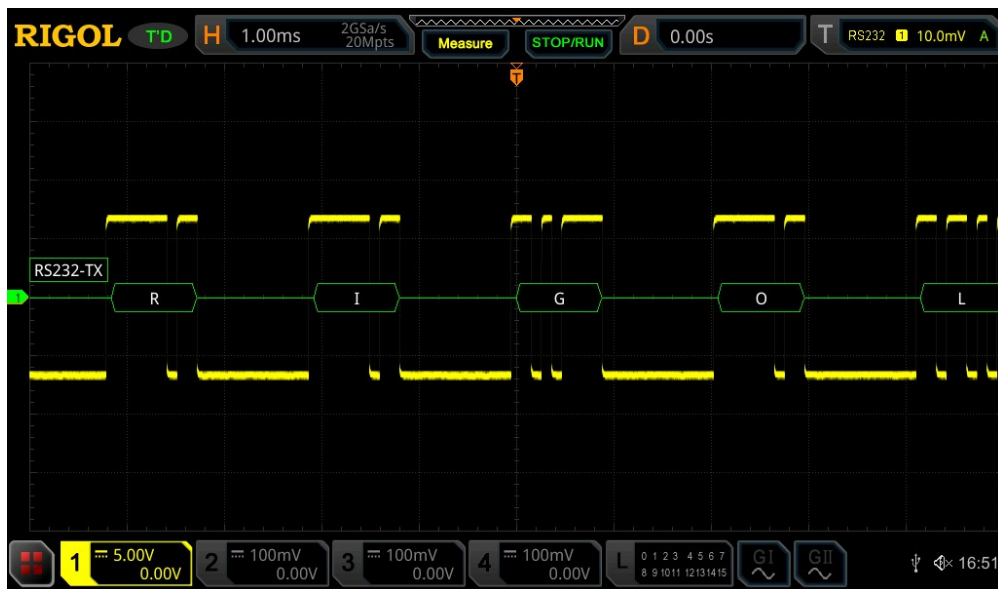


Figure 7 : Configuration pour suivre les données décodées d'un bus RS232

Sur un bus plus complexe comme I2C, il faut visualiser à la fois l'horloge et les lignes de données, à l'écran. La corrélation temporelle entre les bus multi-lignes est, bien sûr, essentielle à un bon décodage. Effectuer à l'écran certaines mesures critiques comme celles du temps de montée ou de l'overshoot pour chaque ligne permet de simplifier la réalisation de tests de fiabilité. En plus du temps de montée et de l'overshoot pour les 4 lignes de bus série, vous pouvez aussi observer la gigue d'horloge par rapport aux transitions de données. En (figure 8), on zoome sur une transition de donnée pour obtenir une mesure plus précise du temps de montée et de l'overshoot.



Figure 8 : Zoom sur un signal I2C pour mesurer le temps de montée et analyser la gigue.

Données

Pour toute application série bas-débit, la clé est de pouvoir examiner rapidement et facilement les données transmises. Cela suppose de pouvoir effectuer un décodage directement sur l'oscilloscope. Le décodage affecte à la fois le déclenchement et l'affichage sur le scope. Cela ajoute l'affichage du bus décodé à l'écran de l'instrument. Vous pouvez décoder les valeurs en ASCII, en hexadécimal, en octal ou

en binaire, selon ce que vous souhaitez. Vous pouvez aussi déclencher sur telle ou telle valeur, pour être sûr d'observer les paquets qui vous intéressent. Outre la possibilité de déclencher en fonction du résultat d'un certain décodage, vous pouvez aussi déclencher sur tout type de signal grâce à un déclencheur de zone, qui permet non seulement de déclencher sur tout type de signal, mais aussi d'exclure tout bruit ou donnée indésirable d'un signal. Il suffit simplement de tracer un rectangle à l'écran de l'instrument pour créer le déclencheur de zone en question.

En Figure 9, deux déclencheurs de zone sont utilisés à titre d'exemple. L'oscilloscope se déclenche si aucune de ces deux zones n'est traversée par un signal. Ce signal peut également être affiché via le menu de recherche et navigation. De cette façon, plusieurs points de déclenchement peuvent être affichés, et l'on peut facilement naviguer de l'un à l'autre le long du signal, une fois que l'oscilloscope a terminé son balayage. Tous les points de déclenchement sont affichés dans le menu de recherche et navigation, et correspondent aux triangles blancs en haut de l'écran. Le point de déclenchement surligné en rouge dans le tableau correspond au triangle rouge en haut de l'écran. Pour observer comment les segments décodés diffèrent dans le temps, ou comparer des événements déclenchés alors que d'autres signaux sont susceptibles d'affecter les résultats, il vaut mieux utiliser le mode enregistrement. Le mode enregistrement de RIGOL permet l'acquisition de milliers d'images par rapport à un événement déclencheur. Par exemple, la Figure 9 montre 18 images de 50 Mpoints chacune. Cela signifie que 900 Mpoints ont été enregistrés avec le MSO5000.



Figure 9 : Déclenchement par zone et exploration du bus RS-232, avec enregistrement de 18 images de 50 Mpoints chacune, incluant le décodage du bus RS-232

Ces enregistrements peuvent aussi être stockés et rejoués en vidéo, mais les fonctions d'analyse vous permettent de rechercher les défauts et les valeurs aberrantes, tout en visualisant les données décodées à des fins de comparaison. Les erreurs de données ainsi que le processus de débogage sont toujours étroitement liés au protocole et à ses spécifications. Pour être efficace avec votre équipement de test, assurez-vous d'utiliser la meilleure méthode d'analyse pour visualiser les données qui vous intéressent, sans être gêné par d'autres résultats.

Une autre méthode pour détecter les erreurs consiste à utiliser un masque « Pass/Fail » (réussite/échec) (Figure 10). Cela permet d'afficher le nombre de clichés bons (« Pass ») et le nombre de clichés mauvais (« Fail »). Pour ce test, l'appareil est configuré pour qu'une capture d'écran soit faite, ou que la sortie « Pass/Fail » à l'arrière de l'appareil génère un signal TTL, à chaque fois qu'un défaut (« Fail ») est détecté.

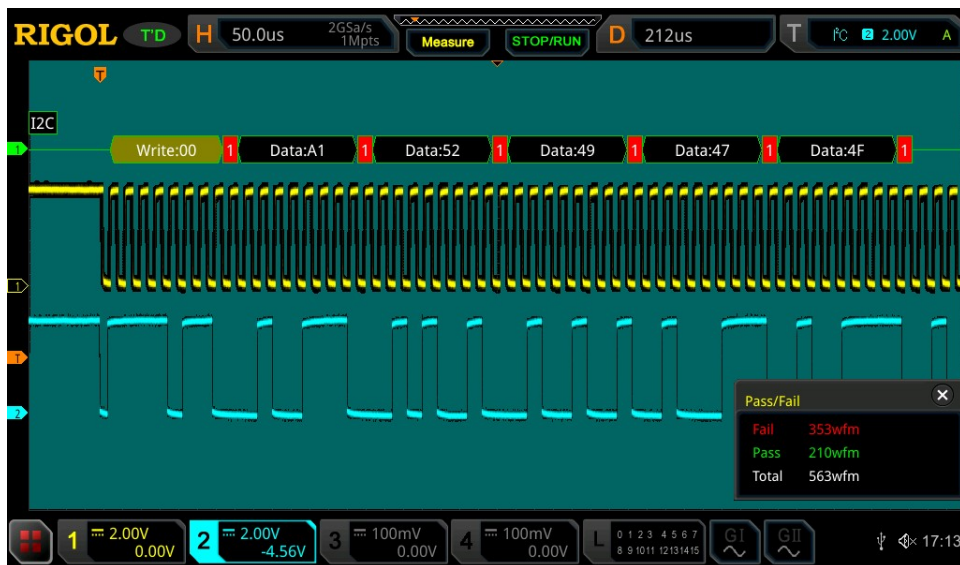


Figure 10 : Utilisation du masque « Pass/Fail » sur le signal d'horloge d'un bus I2C

Points clés à surveiller

Sur-échantillonnage et bande passante appropriés

Comme évoqué, un bon échantillonnage est crucial pour effectuer des mesures correctes et pour déboguer complètement votre signal série bas-débit. Une bonne règle empirique pour les signaux analogiques est de multiplier par 5 la bande passante du signal à mesurer. Cela limite l'erreur sur le temps de montée à 2% environ. Pour pouvoir observer tous les détails des composantes haute fréquence des signaux, réglez votre oscilloscope de manière à obtenir un sur-échantillonnage de 5 à 10 fois. Dans le cas de signaux numériques, cela signifie 5 à 10 échantillons sur la largeur d'un bit. Lors de l'échantillonnage de lignes numériques ou pour un échantillonnage destiné au décodage, le sur-échantillonnage est moins important, mais réglez votre oscilloscope de la même manière que le récepteur de signaux série bas-débit que vous utiliserez au final. Cela optimisera vos chances de vous concentrer sur les erreurs matérielles susceptibles de causer des problèmes par la suite. La série MSO5000, par exemple, présente une bande passante de 350 MHz et un taux d'échantillonnage de 8 Géch./s.

Mise à la terre, bruit et signalisation différentielle

Un sondage approprié, et une bonne compréhension de l'utilisation des signaux différentiels (par opposition aux signaux référencés par rapport à la masse), sont très importants pour effectuer le débogage. Si vos lignes de données ne sont pas référencées par rapport à la masse, assurez-vous de bien comprendre l'impact que les boucles de masse, et le bruit couplé à la masse, peuvent avoir sur vos mesures. Utilisez des techniques de sonde appropriées et pensez aussi à utiliser les fonctions avancées de réduction du bruit du scope, afin de limiter les sources de bruit. Si nécessaire, ajoutez des sondes différentielles à votre équipement pour améliorer la qualité des mesures.

Comment visualiser au mieux les signaux série bas-débit

Il existe un certain nombre de méthodes pour analyser, visualiser et évaluer l'activité des bus série bas-débit sur un oscilloscope moderne. La meilleure méthode diffère selon que vous voulez observer la transition d'un seul bit au niveau bruit, débit ou synchronisation ; ou bien un paquet complet de données ; ou bien encore plusieurs paquets et leur synchronisation sur une période plus longue. Assurez-vous que les outils de votre banc vous permettent bien d'observer tout ce dont vous avez besoin, et familiarisez-vous avec les fonctions comme le zoom, le mode enregistrement, la recherche et navigation, les tableaux d'événements, la mémoire profonde et les mesures automatiques. Assurez-vous aussi de bien comprendre les interactions de ces différentes fonctions, et de savoir passer de l'une à l'autre dans le cadre de votre plan de test. Idéalement, un oscilloscope doit vous permettre de visualiser tous les

résultats dont vous avez besoin, et de changer rapidement de mode pour obtenir des informations supplémentaires.

Conclusion

Le débogage de données numériques associé à la conception embarquée est une exigence de test croissante, pour un large éventail d'applications industrielles et grand public. Disposer du bon oscilloscope à signaux mixtes, comme ceux de la série MSO5000, facilite et accélère la visualisation, l'analyse et la résolution de problèmes de synchronisation, de bruit, de qualité de signaux, et de données. Cela permet d'améliorer la productivité de l'ingénierie et les délais de commercialisation. La gamme d'oscilloscopes RIGOL sous UltraVision II offre, en standard ou en option, toutes les possibilités évoquées plus haut. Ce sont de puissants instruments de laboratoire qui offrent des performances sans compromis, avec un rapport performances/prix sans précédent.

www.rigol.eu