

oscilloscope numérique FNIRSI 1014D

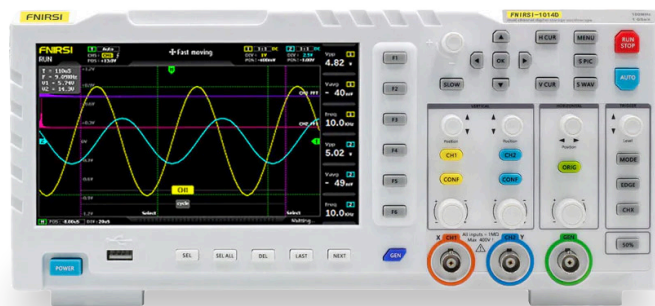
de bonnes performances
pour des budgets serrés

Günter Spanner (Allemagne)

Un oscilloscope est un outil essentiel dans un labo d'électronique. Lorsqu'on travaille sur des projets en électronique numérique et analogique simples, une bande passante de 100 MHz et deux voies sont largement suffisantes. Un générateur de fréquence ou de fonction est également utile dans de nombreuses applications. Avec le FNIRSI 1014D, les deux fonctions sont rassemblées en un seul appareil. Regardons-le de plus près.

Avec une station de soudage, un multimètre et une alimentation, le prochain outil indispensable dans un atelier d'électronique est l'oscilloscope [1]. Cependant, pour un atelier amateur, il n'est pas nécessaire d'avoir un appareil avec une bande passante de 500 MHz, de nombreuses voies ou des fonctions d'analyse sophistiquées. Pour des activités impliquant des amplificateurs, des capteurs et des cartes à microcontrôleurs comme Arduino, ESP, Raspberry Pi, ou la réparation d'appareils électroniques grand public, une bande passante de 100 MHz et deux voies sont tout à fait suffisants. Un générateur de fréquences ou de fonctions est également utile dans de nombreuses applications, comme pour générer des signaux de test ou vérifier des filtres. Avec le FNIRSI 1014D [2], vous obtenez les deux fonctions dans un seul appareil.

L'oscilloscope est livré avec deux sondes commutables (1× et 10×), une alimentation USB, un manuel et un outil de réglage des sondes. L'oscilloscope est alimenté par une alimentation USB qui fournit



2 A sous 5 V. Avec des dimensions de 310 mm × 145 mm × 70 mm, il est compact et portable, mais suffisamment grand pour être utilisé confortablement. Grâce à ses pieds dépliables, il peut être placé avec un bon angle de vue dans le laboratoire.

Caractéristiques techniques

Les caractéristiques techniques les plus importantes sont :

- 2 voies avec une bande passante de 100 MHz
- Écran LCD de 7 pouces avec une résolution de 800×480 pixels
- Taux d'échantillonnage de 1 Géchs/s
- Profondeur de mémoire : 240 Kbit
- Impédance d'entrée : 1 MΩ (1:1) et 10 MΩ (1:10)
- Sensibilité : 50 mV à 400 V
- Base de temps : 50 s à 10 ns
- Modes de déclenchement : Simple/Normal/Auto - Front : Montant/Descendant
- Couplage : CA/CC
- Bouton de réglage automatique
- Générateur de fréquence avec 14 formes d'ondes jusqu'à 10 MHz (sinusoïdale)
- Export avec USB

Comme bien souvent avec les oscilloscopes numériques, outre la représentation du signal, les valeurs telles que la tension (crête, RMS, minimum, maximum, etc.), la fréquence et le rapport cyclique sont affichées numériquement (**figure 1**). L'utilisateur peut sélectionner les valeurs à afficher à partir d'un menu. Deux curseurs permettent de mesurer avec précision les intervalles de temps et les tensions.

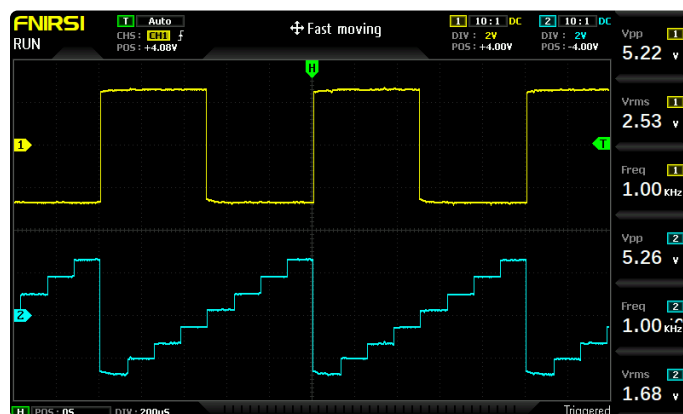


Figure 1. Formes d'ondes et résultats des mesures.

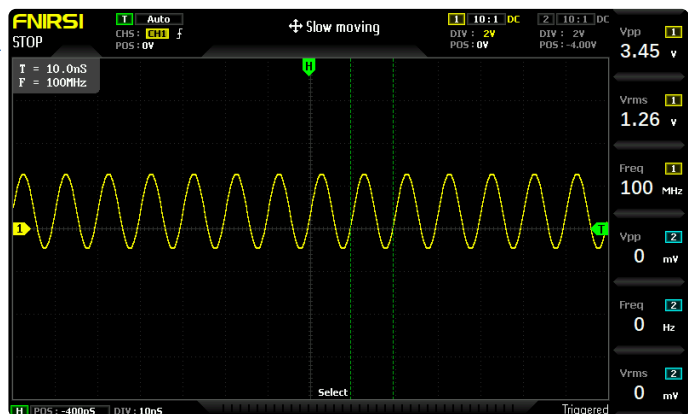


Figure 2. Un signal de 5 V à 100 MHz généré par le FNIRSI 1014D.

Une fonction d'*auto-set* configure automatiquement l'oscilloscope, pour mesurer les signaux en fonction du signal d'entrée actuel. Même une simple représentation en transformée de Fourier (FFT) du signal peut être affichée.

Le FNIRSI-1014D peut supporter une tension d'entrée maximale de 400 V. Le déclenchement peut se faire sur front montant ou descendant. L'oscilloscope est également doté d'une fonction de déclenchement automatique qui fonctionne de manière fiable.

Alimentation : bloc d'alimentation USB ou batterie externe

En plus de l'alimentation USB standard, l'oscilloscope peut également être alimenté par une batterie externe. Dans ce cas, l'oscilloscope est complètement isolé électriquement, ce qui permet d'effectuer des mesures dans des alimentations à découpage, etc., sans avoir besoin d'un transformateur d'isolement. Cet aspect en lui seul rend le FNIRSI 1014D intéressant pour cette application, en évitant les dépenses de sondes différentielles coûteuses, qui coûtent aussi cher que l'oscilloscope, même dans une version économique. En outre, l'utilisation d'une batterie externe rend l'oscilloscope très portable et permet de l'utiliser dans n'importe quel endroit, tel qu'un rack ou une voiture.

En utilisant une batterie externe standard de 12 Ah ($I_{\text{max}} > 2 \text{ A}$), le FNIRSI 1014D fonctionne pendant environ 5 heures en continu. Cette durée est suffisante pour la plupart des applications.

Attention : Le manuel du FNIRSI 1014D indique que « l'alimentation d'origine doit être utilisée ». L'utilisation d'une batterie externe se fait donc à vos risques et périls, même si aucun problème n'est apparu au cours des tests.

Contrôle des performances

En ce qui concerne la bande passante spécifiée de 100 MHz, certains éléments ne doivent pas être négligés. Pour mesurer un signal dont la composante en fréquence maximale est de 50 MHz, il faut un oscilloscope doté d'une bande passante de 100 MHz. Pour qu'une mesure soit vraiment significative et bien résolue, la règle du 1:5 est couramment utilisée. Un oscilloscope avec une bande passante de 100 MHz peut afficher de manière efficace et précise un signal dont la composante en fréquence maximale est de 20 MHz.

Pour les mesures sur des cartes Arduino, amplificateurs audio, Raspberry Pi, etc., une bande passante de 100 MHz est tout à

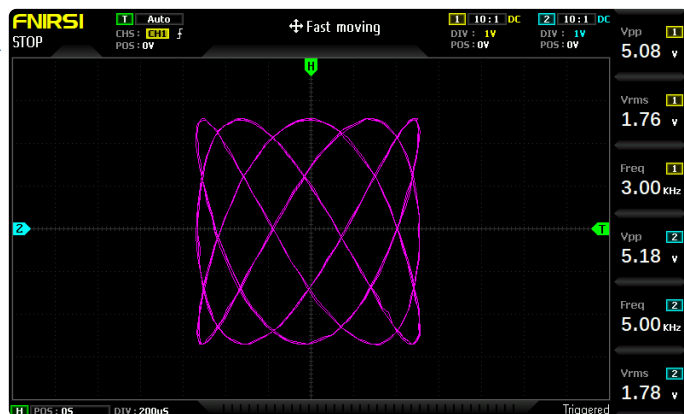


Figure 3. Fonctionnement X/Y et figure de Lissajous.

fait suffisante. Néanmoins, la bande passante spécifiée du FNIRSI 1014D de 100 MHz est quelque peu élevée. L'appareil répond à peine au critère classique de bande passante de -3 dB, même s'il affiche un signal de 100 MHz d'une manière acceptable **(figure 2)**. Pour plus de détails, voir la section « Pour les professionnels : bande passante et taux d'échantillonnage » ci-dessous.

La sensibilité minimale de 50 mV/div n'est pas extraordinaire. En général, la plupart des oscilloscopes à mémoire numérique (DSO) offrent une sensibilité d'au moins 10 mV/div. Pourtant, les valeurs mesurées se situent dans les tolérances spécifiées et les options d'analyse sont satisfaisantes.

Sauvegarde et analyse de signaux

Toutes les mesures peuvent être sauvegardées sous forme de capture d'écran et/ou de forme d'onde et être accessibles par le biais d'une galerie. Lors de l'enregistrement d'une forme d'onde, celle-ci peut être analysée même après la mesure, comme si les signaux de mesure étaient encore présents **(figure 3)**. Pour les formes d'onde et les captures d'écran, une mémoire interne de 1 Go est disponible, qui peut être lue par un ordinateur. En mode USB, le FNIRSI 1014D est simplement reconnu comme un disque amovible, et aucun pilote ou logiciel supplémentaire n'est nécessaire.

Aucune fonction avancée, telle que les fonctions mathématiques, le décodage de bus, etc., n'est disponible, ce qui est raisonnable compte tenu du prix. On peut cependant disposer d'un affichage simple de la transformée de Fourier. Comme l'oscilloscope ne possède pas d'applications de mesure détaillées, sa valeur est limitée à une simple analyse harmonique **(figure 4)**.



Figure 4. L'affichage de la FFT est assez simple.

Pour les professionnels : bande passante et taux d'échantillonnage

Comme indiqué précédemment, les spécifications relatives à la bande passante (100 MHz) et au taux d'échantillonnage (1 Géch/s) sont un peu « étirées ». Les termes « taux d'échantillonnage », « bande passante » et « suréchantillonnage » sont déterminants dans le cas des oscilloscopes, car ils influencent les performances et la précision de ces appareils.

Voici quelques notions de base : le taux d'échantillonnage fait référence au nombre de points de données qu'un oscilloscope enregistre par seconde et est mesuré en échantillons/s (1 Géch/s = 1 000 000 000 d'échantillons par seconde). Un taux d'échantillonnage plus élevé permet une reconstitution plus précise des signaux rapides. Le taux d'échantillonnage doit être suffisamment élevé pour représenter correctement une forme d'onde. Selon le théorème d'échantillonnage de Nyquist-Shannon, le taux d'échantillonnage doit être au moins le double de la composante de fréquence la plus élevée du signal à analyser, afin de garantir une reproduction correcte. Par conséquent, pour un signal ayant une fréquence maximale de 100 MHz, un taux d'échantillonnage d'au moins 200 Méch/s (200 mégaéchantillons par seconde) est nécessaire.

Le suréchantillonnage consiste à faire fonctionner l'oscilloscope avec une fréquence d'échantillonnage nettement supérieure à la fréquence d'échantillonnage minimale requise pour l'affichage du signal. Il permet aux oscilloscopes de capturer les signaux avec une plus grande précision, en particulier lorsqu'il s'agit d'afficher des changements de signaux rapides.

Un oscilloscope peut capturer le signal avec un taux d'échantillonnage élevé, puis utiliser des techniques de traitement numérique du signal pour créer une représentation plus précise du signal. Cela permet de mieux capturer les détails et les événements rapides du signal. En résumé, le taux d'échantillonnage indique le nombre de points de données par seconde qu'un oscilloscope enregistre, tandis que le suréchantillonnage est une technique par laquelle l'oscilloscope fonctionne avec un taux d'échantillonnage plus élevé, afin de capturer et d'afficher des informations plus précises sur le signal. Par conséquent, un taux d'échantillonnage de 1 Géch/s (= 1000 Méch/s) est bien adapté à une bande passante de 100 MHz (suréchantillonnage de 5x). Malheureusement, le FNIRSI 1014D a un taux d'échantillonnage en temps réel de seulement 200 Méch/s, et non de 1 Géch/s. Il utilise deux convertisseurs analogique-numérique à deux canaux de 100 MHz en mode entrelacé. L'oscilloscope emploie un CA/N de performance moyenne et utilise un échantillonnage décalé successif, ce qui nécessite un signal stable pour combiner la forme d'onde réelle.

Un oscilloscope en temps réel, comme son nom l'indique, numérise l'entrée en temps réel en échantillonnant suffisamment rapidement pour capturer et afficher avec précision un signal entrant. Chaque point de données sur l'écran a été échantillonné directement après le point précédent. Ces instruments sont parfois appelés oscilloscopes « single-shot » en raison de leur capacité à capturer un signal en une seule acquisition. Un oscilloscope à échantillonnage, quant à lui, utilise un « balayage » sur une fenêtre temporelle. Pour ce faire, il ajoute un petit délai fixe à chaque itération. Cela ne fonctionne qu'avec des signaux répétitifs. En utilisant

cette technique, le FNIRSI 1014D atteint un taux d'échantillonnage « effectif » de 1 Géch/s.

Le calcul de la moyenne est un autre problème. En général, l'étendue du calcul de la moyenne peut être réglée. La FNIRSI 1014D utilise manifestement une moyenne fixe. Cela indique généralement qu'il y a quelque chose à cacher. Dans ce cas, le FNIRSI 1014D met en œuvre des astuces mathématiques pour compenser la bande passante et le taux d'échantillonnage limités ou la faible sensibilité. Enfin, la bande passante d'un oscilloscope correspond à la fréquence à laquelle l'amplitude du signal d'entrée de l'oscilloscope est atténuée de 3 décibels (dB), par rapport à sa valeur basse fréquence. En d'autres termes, il s'agit de la fréquence à laquelle l'amplitude de la tension d'un signal d'entrée sinusoïdal est réduite à environ 71 % de sa valeur d'origine. Pour les oscilloscopes, la bande passante à -3 dB est un paramètre critique, car elle indique la gamme de fréquences que l'oscilloscope peut capturer et afficher avec précision. Dans la pratique, un signal dont la fréquence est égale à la bande passante à -3 dB est toujours affiché sur l'oscilloscope, mais son amplitude est réduite d'environ 30 % par rapport aux fréquences inférieures. Au-delà du seuil de -3 dB, la capacité de l'oscilloscope à représenter fidèlement les composantes de haute fréquence d'un signal diminue (**figure 5**). Cela signifie généralement que la bande passante est plate. C'est le principal problème du FNIRSI 1014D. La réponse en fréquence n'est pas régulière et atteint à peine la barre des 100 MHz.

La ligne verte dans la figure 5 indique la décroissance habituelle d'un oscilloscope. La ligne bleue a été mesurée sur l'appareil FNIRSI 1014D. Ainsi, même si le critère de -3 dB pour un signal de 100 MHz est respecté, la bande passante instable peut conduire à des résultats de mesure incorrects à des fréquences plus élevées.

Le générateur de fonctions

L'une des caractéristiques les plus intéressantes du FNIRSI 1014D est son générateur de fonctions intégré. Bien qu'il ne soit pas aussi crucial qu'un oscilloscope, un générateur est un outil standard dans la plupart des laboratoires d'électronique. Qu'il s'agisse de tester des amplificateurs, des résonateurs ou de servir d'horloge de référence pour les circuits numériques, un générateur de fonctions est indispensable.

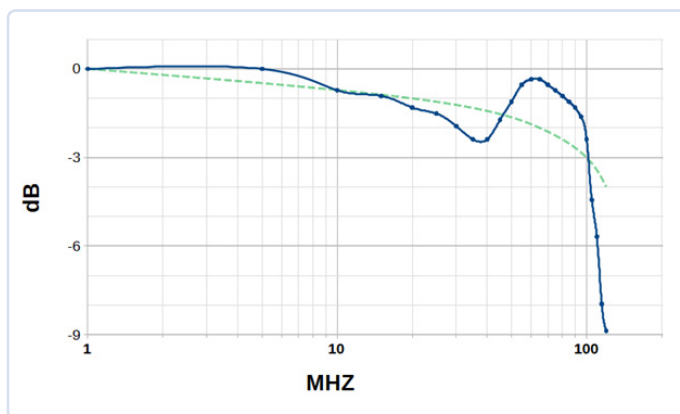


Figure 5. Bande passante mesurée du FNIRSI 1014D.

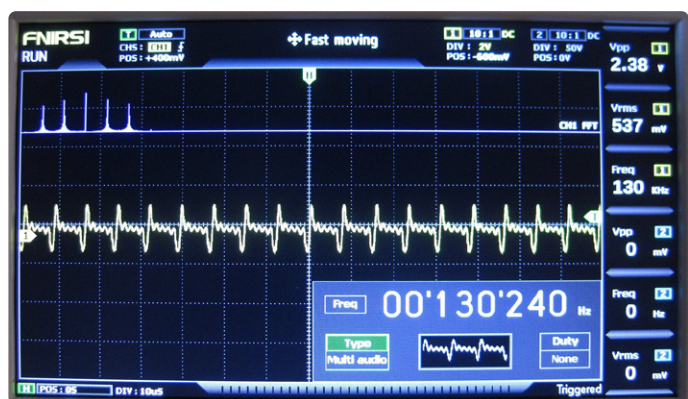


Figure 6. Générateur de fonctions intégré.

Le générateur du FNIRSI 1014D offre les fonctions suivantes :

- Amplitude fixe de crête à crête de 2,5 V
- Gamme de fréquences : 1 Hz à 10 MHz (sinus); 1 Hz à 2 MHz (tout les autres)
- 14 types de fonctions : sinusoïdale, carré, triangulaire, dent de scie, pas, demi-onde, onde complète, exponentielle, logarithmique, exp-log, racine carrée, multi-audio, impulsion de synchronisation, personnalisé
- Rapport cyclique : 1 % à 99 % (onde carrée)

Malheureusement, l'amplitude du générateur est fixée à 2,5 Vpp, ce qui limite sa polyvalence dans une certaine mesure. Pourtant, la plupart des applications standard restent possibles, telles que le test de courbes de résonance ou d'amplificateurs audio. Grâce au rapport cyclique variable, des impulsions et des ondes carrées asymétriques sont également disponibles.

Le générateur de fréquence intégré (**figure 6**) peut donc remplacer un appareil supplémentaire sur l'établi, à condition qu'aucune caractéristique particulière ne lui soit demandée.

Avantages et inconvénients

Dans l'ensemble, les résultats des tests donnent l'impression suivante :

Avantages

- Facilité d'utilisation
- Petite taille mais grand écran pour le format
- Affichage net et lumineux avec toutes les informations (Vpp, Vavg, fréquence, etc.) clairement visibles
- Un générateur de fonctions avec un connecteur BNC à l'avant est inclus

- La fonction FFT de base est disponible
- Alimentation par USB (5 V, 2 A), possibilité d'alimentation simplement avec une batterie externe

Inconvénients

- Pas de fonctions mathématiques (addition, soustraction, etc.)
- Calcul de la moyenne fixe
- Forme de bande passante « inhabituelle »
- 1 Géch/s uniquement en mode échantillonnage

Abordable et portable

Le FNIRSI 1014D ne trouvera probablement pas sa place dans de nombreux laboratoires de recherche et de développement haut de gamme. Par contre, pour ceux qui recherchent un appareil d'entrée de gamme à un prix abordable, il remplit bien sa fonction. Ses points forts ne résident pas dans les mesures à haute fréquence, ou dans l'extrême précision des amplitudes des signaux. Pourtant, pour la plupart des tâches impliquant un Arduino [3], un ESP32 [4] ou un Raspberry Pi [5], l'appareil peut sans aucun doute fournir des services utiles.

Dans l'ensemble, le FNIRSI 1014D est un oscilloscope numérique portable et abordable, doté de deux canaux avec des caractéristiques et des performances suffisantes. Il convient parfaitement aux ateliers de bricolage, aux écoles, aux passionnés d'électronique ou aux réparations courantes. ◀

VF : Laurent Rauber — 240074-04

Questions ou commentaires ?

Contactez Elektor (redaction@elektor.fr).



Produits

- **FNIRSI 1014D Oscilloscope 100 MHz à 2 voies et Générateur de signaux (2-en-1)**
www.elektor.fr/20639



LIENS

- [1] Jean-François Simon, « choisir et utiliser un oscilloscope (tutoriel) », elektormagazine.fr, novembre 2023 : <https://www.elektormagazine.fr/articles/oscilloscope-guide-debutants>
- [2] Le FNIRSI 1014D sur l'e-choppe Elektor : <https://elektor.fr/fnirsi-1014d-2-in-1-2-ch-oscilloscope-100-mhz-signal-generator>
- [3] Articles sur Arduino sur notre site web : <https://elektormagazine.fr/tags/arduino>
- [4] Articles sur l'ESP32 sur notre site web : <https://elektormagazine.fr/tags/espressif/esp32>
- [5] Raspberry Pi Select Page sur notre site web : <https://elektormagazine.fr/raspberry-pi>