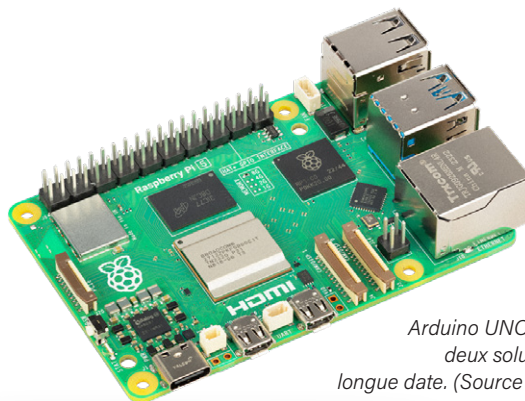


## explorer les défis et la valeur commerciale de l'électronique (2)

# open source

Par Mark Patrick (Mouser Electronics)

Dans le premier volet [1] de cette série de deux articles consacrée à l'open source, nous nous sommes tout d'abord penchés sur ce qui définit un logiciel ou un matériel open source avant de voir quelles étaient les certifications disponibles et de passer en revue quelques-uns des produits matériels de développement et d'éducation les plus populaires. Dans ce deuxième article, nous allons voir ce que les solutions open source ont à apporter au marché de l'électronique. Nous observerons également quelques tendances comme l'association de matériel closed source avec des solutions open source avant de conclure sur la viabilité de l'utilisation de matériel open source (ou OSHW, pour Open Source Hardware) dans des produits commerciaux.



Arduino UNO et Raspberry Pi sont deux solutions open source de longue date. (Source : Mouser Electronics)

de pénuries dans la chaîne d'approvisionnement. En effet, la mise à disposition de fichiers de conception ouverts permet de fabriquer ce matériel localement et favorise le développement rapide de variantes de conception.

### L'impact des logiciels open source sur le PIB de l'UE

En 2021 sont parus les résultats d'une étude [2] menée par la Commission européenne sur les avantages financiers liés à l'utilisation de logiciels et de matériel open source. D'après cette étude, les entreprises européennes ont investi 1 milliard d'euros dans les logiciels open source pour l'année 2018, ce qui a, selon les estimations, créé une valeur de 65 à 95 milliards d'euros. Toujours d'après la Commission européenne, une augmentation de 10 % de la part de l'open source pourrait doper le PIB de 0,4 % à 0,6 % supplémentaire en injectant pas moins de 100 milliards d'euros dans l'économie. Les logiciels open source dont le code source est mis à disposition sur des sites de référentiels tels que Github peuvent bénéficier du travail collaboratif de milliers de développeurs qui auront à cœur de déboguer et de perfectionner ensemble le système. La productivité et l'engagement associés aux logiciels open source dépassent de loin ce que l'on peut observer, même pour les meilleures solutions propriétaires soutenues par une communauté. Il en résulte que l'utilisateur ressent bien souvent un sentiment de propriété sur ce type de logiciel.

Par ailleurs, les applications modernes sont parfois si complexes et étendues qu'il peut s'avérer difficile de développer une solution propriétaire dans un délai satisfaisant pour répondre aux attentes du marché. De même, l'interopérabilité est un facteur essentiel dans le monde numérique, en particulier dans les domaines de l'Internet des objets (IoT) et des applications Web. Or, les solutions open source sont en mesure de répondre à ces exigences de rapidité de développement et d'interopérabilité.

### Que signifie l'open source pour l'industrie électronique ?

Le point fort des systèmes open source réside dans leur accessibilité, laquelle présente à son tour plusieurs avantages dérivés. Pour ce qui est des logiciels, une conception open source facilite le travail des développeurs en leur offrant la possibilité de modifier le code source, ce qui favorise la collaboration, l'innovation et permet de développer des solutions hôtes plus abouties.

Sur le plan du matériel, les avantages sont pratiquement les mêmes, bien qu'il faille tenir compte de la dépense liée à l'acquisition du matériel proprement dit. Le matériel open source a pour autre avantage de pouvoir pallier, dans une certaine mesure, les problèmes

## Les défis du matériel open source

Avec la réussite de projets aussi renommés que Mozilla Firefox et Android, la valeur des logiciels open source n'est plus à démontrer. Mais le matériel open source, de son côté, a connu une histoire plus mouvementée. Même le rapport de la Commission européenne publié en 2021 que nous évoquions plus tôt admet qu'il est difficile d'estimer l'incidence du matériel open source sur le marché de l'électronique.

Alors, à quel point le matériel open source peut-il constituer une solution viable en termes de commercialisation et dans quelle mesure cela influence-t-il le marché de l'électronique ?

Utilisé pour le prototypage, le matériel open source peut contribuer à accélérer le développement d'un projet, car il facilite la réalisation d'expériences dans le cadre de la recherche et du développement et permet d'utiliser des conceptions et des bibliothèques de références prédéfinies. Seulement, lorsqu'il s'agit de passer d'une solution en phase de développement à un produit fini prêt à être commercialisé, ce sont justement les atouts du matériel open source qui en deviennent les inconvénients.

L'adaptabilité du matériel open source a un coût. Peu d'applications matérielles finales utiliseront effectivement l'ensemble des E/S disponibles sur des solutions comme le Raspberry Pi 5 [3] ou l'Arduino UNO REV 4 [4]. De ce fait, dès qu'il s'agira de lancer la production du produit final, même en petite série, une solution open source standardisée sera toujours plus coûteuse qu'une conception simplifiée ne comportant rien de plus qu'un microcontrôleur et les composants auxiliaires nécessaires.

En outre, le fait même d'être open source rend ce type de matériel plus facile à cloner – une éventualité qui peut fortement compromettre l'avenir commercial du produit final, surtout si son code est lui aussi open source ou relativement simple à copier.

## Les imprimantes 3D

L'impression 3D est un domaine de l'industrie électronique où les avantages des solutions open source soutenues par la communauté ont souvent été mis en avant. Mais même dans ce domaine, le clonage est devenu un problème. L'histoire de MakerBot, aujourd'hui filiale de Stratasys, l'un des plus grands fabricants d'imprimantes 3D au monde, l'illustre parfaitement.

MakerBot a longtemps défendu l'emploi de matériels open source. L'entreprise doit d'ailleurs son premier succès commercial à son projet d'imprimante 3D open source RepRap. Cependant, à partir de son modèle Replicator 2, l'entreprise a délaissé l'open source et opté pour du matériel et une interface graphique propriétaires.

Dans un article de blog de 2012, MakerBot justifie ce choix du fait que la mise sur le marché de copies exactes de leurs produits constituait une menace pour l'entreprise [5]. À l'époque, cette démarche avait suscité des réactions partagées tant au sein de la communauté que dans l'ensemble de l'industrie électronique. Si la plupart des observateurs comprenaient le problème que posait le clonage des produits et soutenaient son changement de politique, d'autres n'ont pas hésité à faire part de leur mécontentement à voir le fabricant renoncer à un modèle commercial basé sur l'open source et le soutien de la communauté.

En mars 2023, dans une lettre ouverte qu'il adresse à la communauté de l'impression 3D [6], Josef Prusa, CEO de Prusa Research et ardent défenseur des solutions open source, appelle à redéfinir le matériel open source de façon à limiter la possibilité de produire des clones

à des fins commerciales, mais sans transiger sur d'autres aspects essentiels du concept open source. Il y pointe également du doigt les entreprises, de plus en plus nombreuses, qui s'appuient sur toute ou partie d'une solution open source pour développer leur propre conception, qu'elles se permettent ensuite de faire breveter avant leur commercialisation, ce qui a pour effet de fermer un marché autrefois ouvert.

## L'alliance des solutions open source et des solutions propriétaires

Combiner des solutions open source à des solutions propriétaires permet de profiter des avantages de chacun des deux modèles économiques tout en se prémunissant de leurs faiblesses. L'approche « hybride » la plus courante consiste à se servir de solutions open source en phase de développement et d'évaluation avant de passer à une conception finale sur mesure et plus épurée.

Un ingénieur peut, par exemple, avoir créé un prototype fonctionnel sur la base d'un Arduino UNO REV 4, mais passer ensuite à une conception finale adaptée s'appuyant sur le même microcontrôleur Renesas R4M1 32 bits [7] que celui que l'on retrouve sur la carte UNO REV 4, mais ne comportant rien d'autre que les composants indispensables.

Une autre approche « hybride » du sujet consiste à utiliser des logiciels open source sur des plateformes propriétaires. Les fabricants qui produisent ce type de matériel ont ainsi l'assurance de protéger leur propriété intellectuelle et leur viabilité commerciale, tandis que les utilisateurs finaux peuvent toujours compter sur une large gamme de ressources et de codes de référence open source pour soutenir leur parcours de développement.

## Les maisons intelligentes open source

La multiplication des solutions domotiques a aussi fait exploser le nombre d'interfaces et de protocoles. L'incompatibilité entre les différents produits et la complexité des réseaux résultent en une dégradation de l'expérience utilisateur.

Heureusement, le standard de connectivité Matter [8] est venu mettre un peu d'ordre dans le milieu de la maison intelligente en tentant de résoudre les problèmes causés par les solutions propriétaires. Il s'appuie pour cela sur le Wi-Fi open source et le protocole de communication Thread. Le développement de ce standard est géré par la Connectivity Standards Alliance (CSA), un consortium d'entreprises réunissant des fournisseurs de composants matériels, des développeurs de logiciels et des fabricants de produits parmi lesquels figurent des leaders dans leurs domaines respectifs comme Google, Amazon, Intel et Infineon.

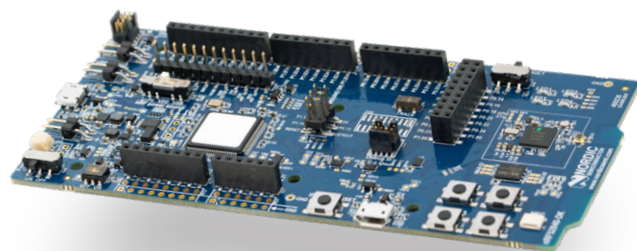


Figure 1. Le kit de développement nRF52840 de Nordic Semiconductor prend en charge Matter et les shields Arduino UNO REV 3.  
(Source : Mouser Electronics)

Pour beaucoup, Matter est la réponse idéale aux problèmes de communication dans la domotique. En effet, cette solution logicielle libre et open source pour la communication sans fil est soutenue par un grand nombre de fournisseurs et de fabricants. Ce standard permet de s'affranchir de certains problèmes pour améliorer l'interopérabilité et renforcer la sécurité. Il peut en outre être commandé localement sans connexion à Internet.

Le kit de développement (DK) nRF52840 [9] de Nordic Semiconductor [10] permet de développer le système sur une puce (SoC) nRF52840 Multi-Protocol 2,4 GHz [11] à l'aide du protocole open source (**figure 1**). Cet outil de développement complet prend en charge les protocoles de communication Bluetooth 5.2 (comprenant la technologie Bluetooth Low Energy), 802.15.4/Thread, ANT/ANT+, ainsi que les applications propriétaires sur la bande 2,4 GHz et la communication en champ proche (NFC).

Le kit de développement nRF52840 permet une approche hybride, ce qui se traduit d'une part par sa compatibilité open source avec Matter et d'autre part par la prise en charge des shields Arduino UNO respectant le standard ouvert REV 3 et acceptant de ce fait le montage de matériel open source tiers. Cette solution hybride proposée par Nordic permet aux ingénieurs d'exploiter des logiciels et du matériel open source en s'appuyant sur son matériel propriétaire, ce qui permet de rationaliser le développement d'appareils IoT, mais qui profite également à l'utilisateur final en favorisant l'interopérabilité entre applications domotiques.

### Développement d'un microcontrôleur open source

Cette hybridation entre matériel propriétaire et logiciels open source connaît également un certain succès dans le domaine des systèmes d'exploitation temps réel (RTOS) pour microcontrôleurs. Le fait que les RTOS devenaient de plus en plus compliqués à implémenter en raison de leur code a motivé l'émergence de Zephyr [12], un RTOS open source soutenu par la communauté, mais développé sous l'égide d'un consortium d'entreprises leaders dans leurs secteurs respectifs (parmi lesquelles Intel [13], Google, Meta et NXP Semiconductors). Zephyr a été pensé pour suivre l'évolution des exigences en matière de déploiement de microcontrôleurs et s'adapter aussi bien à des solutions Edge que IoT, par exemple.

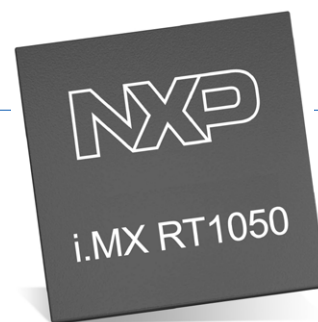
Grâce à sa conception modulaire et à la facilité de réutilisation de son code, Zephyr permet aux développeurs de gagner du temps dans les premières étapes de leurs projets tout en encourageant la collaboration au sein d'une communauté en plein essor. De tous les RTOS, c'est déjà celui qui compte le plus grand nombre de contributeurs uniques et de commits en amont par mois [14]. Il prend en charge une large gamme de matériel, ce qui démontre la popularité, mais aussi l'excellente capacité d'adaptation de la plateforme.

La famille de microcontrôleurs i.MX RT Crossover [15] de NXP (**figure 2**) est un exemple de solution matérielle propriétaire conçue pour fonctionner avec des logiciels open source comme Zephyr.

Afin de favoriser une conception hybride, le matériel NXP est livré avec MCUXpresso, une suite de développement propriétaire, mais gratuite. Cette offre complète est profondément intégrée à sa communauté de développeurs et comprend des interfaces IDE, des kits d'évaluation et des outils de configuration qui permettent la mise en œuvre transparente et efficace de logiciels open source tels que Zephyr et Matter avec les microcontrôleurs NXP dotés de noyaux Arm Cortex-M.

En combinant les microcontrôleurs i.MX RT de NXP, MCUXpresso et

Figure 2. MCU i.MX RT1050 de NXP.  
(Source : Mouser Electronics)



des logiciels et intergiciels embarqués open source comme Zephyr, les développeurs peuvent désormais rapidement produire des solutions temps réel pour les marchés industriel et grand public, depuis l'interface homme-machine (IHM) aux systèmes audio haut de gamme.

### Conclusion

Si l'importance des solutions open source pour les logiciels ne peut être contestée, cela paraît moins évident pour ce qui est du matériel. De nombreux ingénieurs qui conçoivent des produits commerciaux trouvent que le matériel open source est trop susceptible de se faire cloner, ce qui peut nuire à la réputation du fabricant initial et lui faire perdre sa position sur le marché.

Ajoutons à cela que les principaux critères de sélection du matériel dans le cadre d'un projet sont les performances et les coûts. Une solution open source qui ne répond pas à ces exigences a peu de chances d'être préférée à un produit propriétaire correspondant à ces critères. On remarquera cependant que les conceptions finales prêtes à être mises sur le marché bénéficient souvent de solutions open source. L'open source intervient ici soit au moment du développement ou du prototypage, soit à travers la combinaison de matériel propriétaire et de solutions open source pour ce qui est de la partie logiciel, micrologiciel ou des modules matériels complémentaires tiers.

En adoptant une approche hybride, les ingénieurs bénéficient des avantages des solutions open source sans en subir les éventuels inconvénients. Ils peuvent ainsi réduire les délais de développement tout en ajoutant de la valeur à leurs conceptions. Pour l'utilisateur final, cette approche fournit un produit plus intéressant qu'une conception totalement propriétaire, puisqu'en plus d'offrir une meilleure interopérabilité, il s'avère aussi généralement moins cher et plus convivial à commander, et ce, grâce à l'intégration de solutions open source. ◀

240184-04



### À propos de l'auteur

En tant que directeur du contenu technique chez Mouser Electronics dans la région EMEA, Mark Patrick est responsable de la création et de la diffusion du contenu technique dans la région – un contenu essentiel à la stratégie de Mouser pour soutenir, informer et inspirer le public technique. Avant de prendre la direction du contenu technique, Mark Patrick faisait partie de l'équipe EMEA Supplier Marketing de Mouser et a joué un rôle important dans l'établissement et le développement de relations avec les principaux partenaires de fabrication. L'expérience antérieure de Mark comprend des tâches pratiques d'ingénieur, l'assistance technique, les ventes techniques de semi-conducteurs et divers postes de marketing. Mark est un ingénieur pratique et possède un diplôme de premier ordre en génie électrique de l'université de Coventry. Il est passionné par les vieux synthétiseurs et les motos britanniques, et n'hésite pas à les entretenir ou à les réparer.



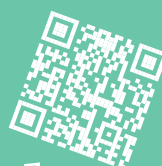
## LIENS

- [1] « Définition de l'open source et analyse de son importance pour le secteur de l'électronique » : <https://www.elektormagazine.fr/articles/definition-de-l-open-source-et-analyse-de-sa-importance-pour-le-secteur-de-l-electronique>
- [2] Étude sur l'incidence des logiciels et du matériel libres sur l'indépendance technologique, la compétitivité et l'innovation dans l'économie de l'UE : <https://tinyurl.com/uk5janxs>
- [3] Raspberry Pi 5 Single Board Computer : <https://tinyurl.com/raspberry-pi-5-mouser>
- [4] Arduino UNO R4 Microcontroller Board : <https://tinyurl.com/arduino-uno-rev-4-mouser>
- [5] Bre Pettis, "Let's try that again," September 24, 2012 : <https://web.archive.org/web/20121029023851/http://www.makerbot.com/blog/2012/09/24/lets-try-that-again/>
- [6] Josef Průša, "The state of open-source in 3D printing in 2023," March 29, 2023 : [https://blog.prusa3d.com/the-state-of-open-source-in-3d-printing-in-2023\\_76659/](https://blog.prusa3d.com/the-state-of-open-source-in-3d-printing-in-2023_76659/)
- [7] Renesas Electronics RA4M1 32-Bit Microcontroller Group: <https://tinyurl.com/Renesas-Electronics-RA4M1>
- [8] Mouser Presents — "Matter for a smarter home" : <https://tinyurl.com/matter-mouser>
- [9] kit de développement (DK) nRF52840 : <https://tinyurl.com/nRF52840-Development-Kit>
- [10] Nordic Semiconductor : <https://tinyurl.com/Nordic-Semiconductor>
- [11] système sur une puce (SoC) nRF52840 Multi-Protocol 2,4 GHz : <https://tinyurl.com/nRF52840-Multi-Protocol>
- [12] Zephyr : <https://zephyrproject.org/>
- [13] Intel: <https://tinyurl.com/intel-mouser>
- [14] Zephyr Project Overview [PDF]: <https://zephyrproject.org/wp-content/uploads/sites/38/2023/09/Zephyr-Overview.pdf>
- [15] NXP Semiconductors i.MX RT Crossover MCUs: <https://tinyurl.com/iMX-RT-Crossover-MCUs>

Stimulez vos innovations en  
électroniques avec

# ElektorLabs

- Partage gratuit de projets
- Soutien d'experts
- Opportunités de collaboration
- Accès à des ressources exclusives
- Publication dans la magazine Elektor



**Partagez vos projets dès maintenant !**  
[www.elektormagazine.fr/e-labs](http://www.elektormagazine.fr/e-labs)

**elektor**  
design > share > earn