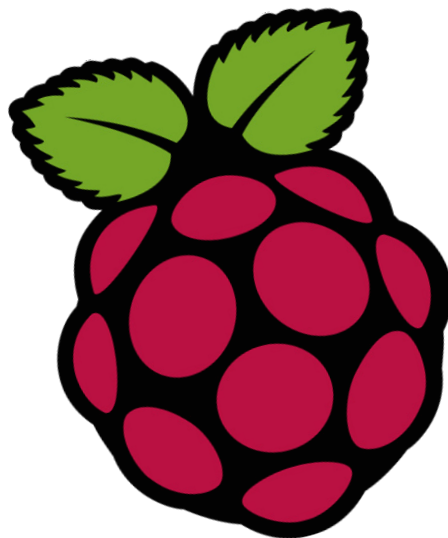


Raspberry Pi Compute Module 4

Un Raspberry Pi industriel



Mathias Claußen (Elektor)

Le Raspberry Pi Compute Module 4 est arrivé. Avec un nouveau facteur de forme et de nouveaux périphériques, que vaut-il ? Associé à la carte d'E/S pour Raspberry Pi Compute Module, il ouvre, pour des systèmes animés par des Raspberry Pi, des possibilités inédites et irréalisables avec les anciens modules. L'interface PCI Express permet maintenant de choisir des périphériques à haute vitesse pour les raccorder au Raspberry Pi.

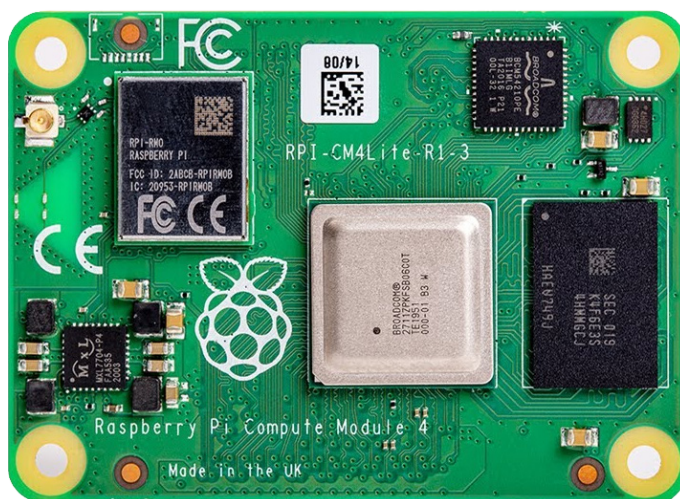


Figure 1. Recto du Raspberry Pi Compute Module 4.

Les rumeurs allaient bon train, et maintenant c'est réel, il existe bel et bien un « module de calcul » basé sur le Raspberry Pi 4 – le Raspberry Pi Compute Module 4 (CM4). Le Compute Module est un Raspberry Pi qui a rétréci pour être intégré dans d'autres produits nécessitant une plus grande souplesse de conception que le Raspberry Pi habituel. Il permet également d'ajouter ses propres circuits électroniques autour du SoC du Raspberry Pi (par ex. pour une utilisation industrielle ou de la signalétique numérique). Les modules de calcul dotés des SoC que l'on trouve sur les Raspberry Pi Zero et 3B(+) ont été commercialisés avec un facteur de forme SO-DIMM, qui s'installe comme de la RAM dans votre PC. Même si cette solution offre une grande souplesse, elle présente aussi quelques inconvénients, car le module ne comporte ni Ethernet ni hub USB. Vous deviez donc les ajouter par vos propres moyens. De même, il n'y avait pas d'option Wi-Fi. Il fallait l'installer sur votre propre

carte de base, d'où une augmentation du coût de la carte. Le Compute Module 3 et le Compute Module 1 n'étaient donc pas adaptés pour certaines applications. De plus, l'absence d'une interface à haut débit (les deux modules n'ayant qu'un seul port USB2.0) n'aidait pas pour ajouter des périphériques à large bande passante ou à faible latence. Compte tenu des prix des CM1 et CM3, vous pouviez utiliser un Raspberry Pi ordinaire pour certains projets, car tout ce dont vous aviez besoin était déjà installé dans un facteur de forme bien connu. Le Compute Module 4 change radicalement les choses, car on a beaucoup réfléchi pour le rendre meilleur que les versions précédentes.

Exploration du circuit imprimé

La **figure 1** et la **figure 2** permettent de découvrir le circuit imprimé. Le CM4 est maintenant disponible en 32 variantes : avec ou sans

liaison sans-fil ; EMMC embarquée de 8, 16 ou 32 Go ; sans EMMC embarquée ; 1, 2, 4 ou 8 Go de RAM. Choisissez la version qui vous convient le mieux. Consultez l'encadré **Caractéristiques** (elles sont identiques à celles du RPi 4). La **figure 3** montre l'emplacement des composants que l'on trouve dans un CM4 avec et sans EMMC installée. Sur la gauche se trouve le PMIC, en charge de tous les rails d'alimentation nécessaires au fonctionnement du CM4 (**fig. 4**). À côté se trouve le module sans fil qui prend en charge le Wi-Fi à 5 et 2,4 GHz et fournit également la connectivité Bluetooth. Au centre (**fig. 5**), on voit le SoC qui anime le CM4 : le BCM2711 à quatre cœurs Cortex-A72. En haut à droite (**fig. 6**), un BCM54210PE s'occupe de l'Ethernet 1000Base-T, avec prise en charge de l'IEEE1588-2008 pour la synchronisation de précision. Cela signifie qu'il vous suffit de monter un connecteur MagJack® sur votre carte de base pour disposer d'une connexion Ethernet (toutefois n'oubliez pas d'ajouter une protection contre les décharges électrostatiques). Sur le côté droit (**fig. 7**), nous avons un module de RAM et sur le dessus une petite puce flash avec les informations primaires de démarrage.

Au dos de la carte (**fig. 2**), vous trouvez les traditionnels condensateurs et oscillateurs nécessaires pour le fonctionnement du SoC. Vous pouvez également voir deux connecteurs Hirose à 100 broches prévus pour fixer le CM4 sur une carte de base. Il s'agit d'un changement par rapport à l'ancien CM. L'un des côtés du connecteur est relié aux alimentations et aux signaux à faible vitesse ; l'autre côté porte tous les signaux à haute vitesse, ce qui rend le routage moins compliqué. Pour l'alimentation, il suffit de fournir 5 V au module ; le convertisseur CC/CC embarqué produit toutes les tensions requises pour le CM4. Reportez-vous à nouveau à l'encadré **Caractéristiques**. L'interface USB 3.0 du RPi 4B n'est pas répertoriée, et il y a une bonne raison à cela. Avec le RPi 4B, il y avait un contrôleur USB 3.0 relié au BCM2711 via une connexion PCI Express 2.0 à ligne unique. Ce circuit n'est pas inclus dans le CM4 et rend disponible la ligne PCI Express pour notre usage propre. Cela ouvre de nouvelles possibilités pour utiliser un Raspberry Pi là où les précédents ne pouvaient pas fonctionner. Dans la section suivante, je vais expliquer comment débiter avec le module et développer vos propres montages.

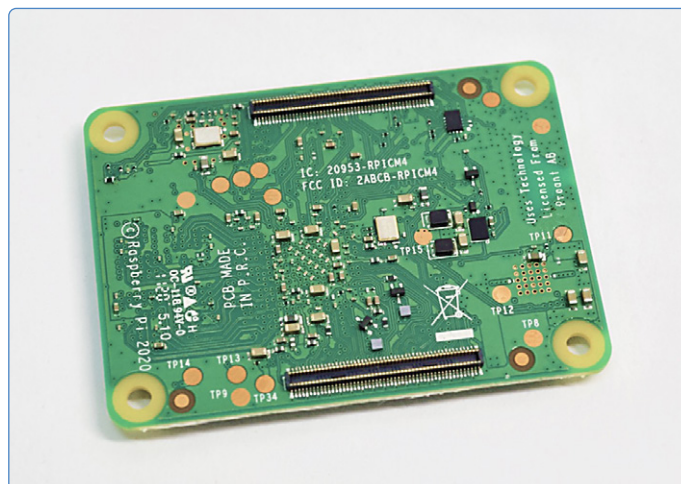


Figure 2. Verso du Raspberry Pi Compute Module 4.

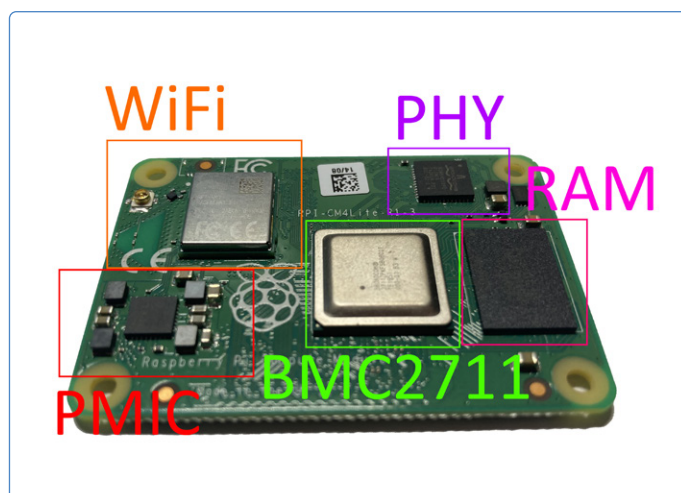


Figure 3. Emplacement des composants du Raspberry Pi Compute Module 4.



Figure 4. PMIC.



Figure 5. SoC BCM2711.



Figure 6. Ethernet.

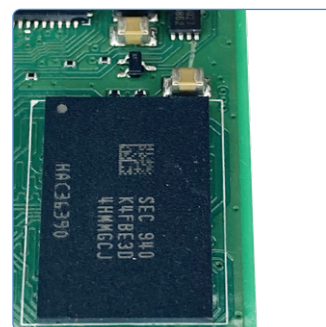


Figure 7. Puce RAM et EEPROM.

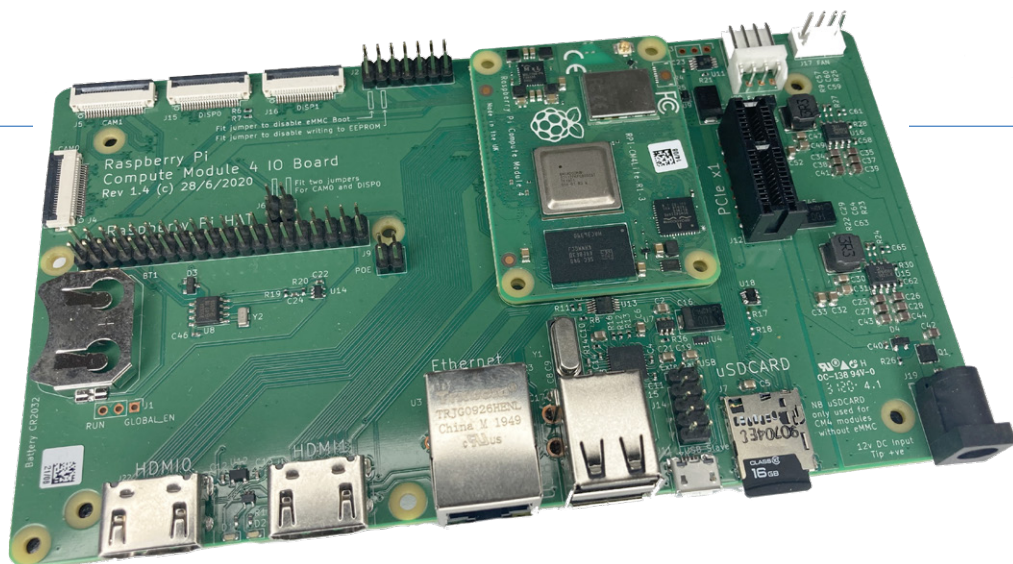


Figure 8. Carte d'E/S.

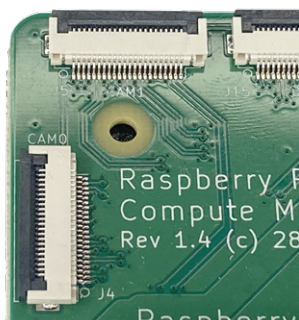


Figure 9. Ports CSI.

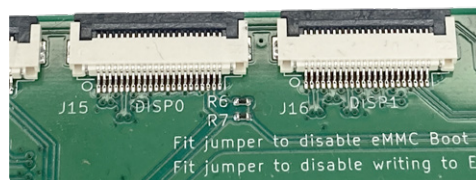


Figure 10. Ports DSI.

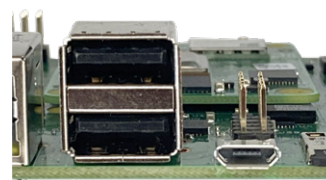


Figure 11. Ports USB.

Carte Raspberry Pi Compute Module 4 I/O

Pour faciliter la prise en main du CM4, la Fondation Raspberry Pi a créé une carte d'E/S (**fig. 8**) qui donne accès à toutes les fonctions intéressantes du module de calcul et inclut également un emplacement PCI Express 1x. La carte offre plus de connectivité que les autres produits RPi 4, comme deux entrées caméra (interface CSI-2 avec deux ou quatre canaux, voir **fig. 9**) ou deux connecteurs d'affichage (DSI avec deux ou quatre canaux, voir **fig. 10**). Cela permet l'emploi de plusieurs moniteurs et de fonctions de traitement de la vision. Besoin de connecter une souris et un clavier ? Le port USB 2.0 interne du CM4 a été ajouté sur la carte d'E/S sous la forme d'un hub USB 2.0, ce qui fournit jusqu'à quatre ports USB 2.0 (**fig. 11**). La carte d'E/S comprend également un module RTC qui peut être utilisé comme chien de garde ou pour démarrer le système à intervalles donnés.

Pour son alimentation, la carte se contente d'un bloc d'alimentation de 12 V (si vous utilisez des cartes PCI Express). Si vous n'utilisez pas l'emplacement PCI Express, la tension d'entrée peut aller jusqu'à 26 V. Un changement bienvenu sur la carte d'E/S est la présence de deux ports HDMI de taille standard qui permettent d'utiliser les câbles HDMI normaux (**fig. 12**). Enfin, vous disposez d'un port LAN et d'un emplacement pour carte micro-SD. Ce qui rend la carte d'E/S intéressante, c'est la publication des fichiers de projet KiCad qui permettent un démarrage rapide si vous utilisez KiCad. Le CM4 est ajouté ici en tant que composant et peut facilement être relié à vos propres cartes et montages sans avoir à créer un composant dans KiCad (**fig. 13**). Il manque juste un modèle 3D.

Caractéristiques

- SoC à 64 bits Broadcom BCM2711 à quatre cœurs Cortex-A72 (ARM v8) @ 1,5 GHz
- LPDDR4 à 1 Go, 2 Go, 4 Go ou 8 Go (selon la variante)
- LAN sans fil en option, IEEE 802.11b/g/n/ac à 2,4 GHz et 5,0 GHz
- Bluetooth 5.0, BLE avec options pour antenne embarquée ou externe
- Gigabit Ethernet intégré prenant en charge IEEE1588
- 1x interface USB 2.0
- Interface PCIe Gen 2 x1
- 28 signaux GPIO
- Interface pour carte SD ou eMMC externe (à utiliser uniquement avec les variantes du CM4 sans eMMC)
- Double interface HDMI (prise en charge jusqu'à 4Kp60)
- Interface d'affichage MIPI DSI à 2 voies
- Interface de caméra MIPI CSI à 2 voies
- Interface d'affichage MIPI DSI à 4 voies
- Interface de caméra MIPI CSI à 4 voies
- Multimédia : H.265 (décodeur 4Kp60) ; H.264 (décodeur 1080p60, codeur 1080p30)
- Graphique OpenGL ES 3.0
- Alimentation : 5 V CC
- Température de fonctionnement : -20 °C à +85 °C
- Durée de vie : le Raspberry Pi Compute Module 4 restera en production au moins jusqu'en janvier 2028.

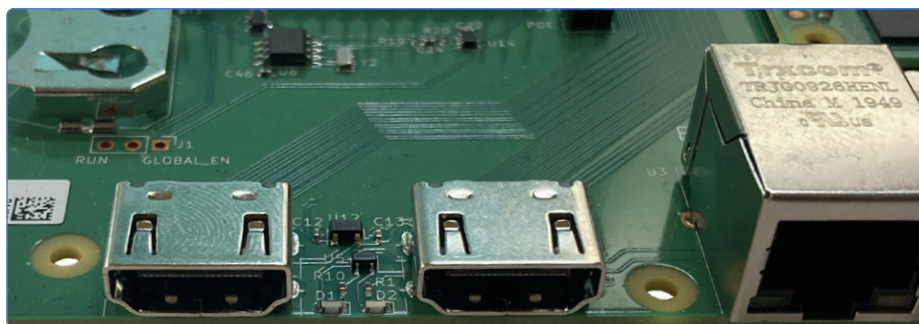


Figure 12. Ports HDMI.

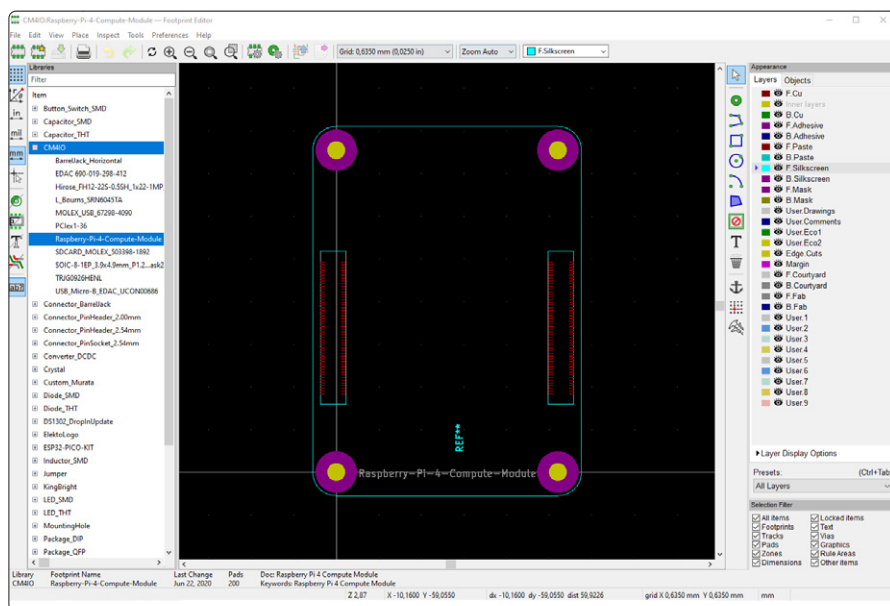


Figure 13. Capture d'écran du composant KiCad.

Assemblage du puzzle

Si vous avez l'intention de développer avec le CM4, l'associer à la carte d'E/S est souhaitable car elle expose toutes les interfaces d'une manière agréable à utiliser et donne également accès à la ligne PCI Express. La mise en route est aussi simple qu'avec un RPi 4 ordinaire : écrivez une image sur une carte SD et démarrez-le. Si une souris et un clavier sont connectés aux ports USB, ils n'apparaîtront pas et ne fonctionneront pas comme sur le RPi 4. Si vous voulez utiliser les ports USB avec des périphériques, ajoutez une ligne dans le fichier `config.txt`, qui se trouve dans la partition `BOOT` de la carte SD. Ajoutez `dtoverlay=dwc2,dr_mode=host` à la fin de `config.txt`, pour que les ports USB soient activés au démarrage suivant. Avec l'emplacement PCI Express 1x (une ligne) monté, l'ajout de cartes compatibles n'est pas un problème, mais vous devez garder à l'esprit que ces cartes sont alimentées en 12 V, donc assurez-vous que la puissance fournie soit suffisante. Une partie intéressante de la spécification de PCI Express permet aux cartes qui sont conçues pour des emplacements avec une configuration 4x, 8x ou 16x de fonctionner également avec moins de lignes – ce qui signifie qu'elles devraient fonctionner dans des emplacements 1x. Mais pour des raisons mécaniques, une telle carte ne peut pas être branchée directement sur la carte d'E/S. Heureusement, avec l'augmentation du minage de cryptomonnaies à l'aide de cartes graphiques, ce problème est également apparu sur

les systèmes PC modernes et des solutions ont été développées. Pour moins de 10 €, vous pouvez trouver une carte d'adaptation appropriée avec sa propre alimentation (**fig. 14**) et la monter sur la carte d'E/S. Après le démarrage du CM4 et l'exécution de `lspci` permet d'avoir un aperçu des cartes PCI Express détectées. Comme vous pouvez le voir sur la **figure 15**, une carte réseau Intel à double port est connectée. Celle-ci est connue pour avoir un pilote Linux qui en général fonctionne et devrait ajouter des ports réseau supplémentaires au CM4. La sortie de `lspci` semble prometteuse, la carte est reconnue, mais il n'y a pas de pilote chargé. La raison en est simple : le noyau de base livré avec le système d'exploitation Raspberry Pi ne contient que les

Produits

➤ Raspberry Pi Compute Module 4 (CM4)

www.elektor.fr/raspberry-pi-compute-module-4-cm4

➤ Carte d'E/S pour Raspberry Pi Compute Module 4

www.elektor.fr/raspberry-pi-compute-module-4-io-board

➤ Kit d'antennes pour Raspberry Pi Compute Module 4

www.elektor.fr/raspberry-pi-compute-module-4-antenna-kit



Figure 14. Carte d'adaptation PCI Express.




Figure 15. Cartes réunies : CM4 + carte d'E/S + autres composants.

pilotes nécessaires à l'utilisation quotidienne. Est-ce aussi simple de connecter une carte graphique PCIe ? La connexion est possible, mais elle ne fonctionnera pas comme vous pouvez le voir dans cette vidéo [1]. Pour un contrôleur Ethernet et d'autres périphériques PCI Express comme les cartes SATA, vous devez recompiler le noyau du RPi 4 [2] pour les faire fonctionner. Comme il s'agit d'un problème logiciel, il peut être résolu, mais ce n'est pas le moment de construire un nouveau noyau pour le pilote de base. Le logiciel, la construction du noyau et du pilote constituent un sujet distinct qui sera abordé plus tard. En outre, certains périphériques PCI Express ne fonctionnent pas du tout avec le CM4 car le pilote s'attend à quelque chose qui ne peut être trouvé que dans le monde X86/AMD64, comme c'est actuellement le cas avec le pilote de cartes graphiques.

Lancez-vous !

Le Compute Module se présente désormais sous un nouveau facteur de forme et facilite la conception d'une première carte. En outre la carte d'E/S est fournie avec des symboles et des schémas KiCad, ce qui simplifie la conception de montage. Pourquoi ne pas intégrer un CM4 à un décodeur TV ou un ordinateur de poche de fabrication artisanale ? Avec la ligne PCI Express exposée, nous pouvons ajouter des cartes Ethernet à quatre ports pour avoir en tout cinq ports gigabit. Cela ressemble aux ingrédients d'un routeur basé sur le Raspberry Pi Compute Module 4.

Compte tenu du prix du CM4 et de celui de la carte d'E/S, le démarrage ne coûte pas trop cher, avec des accessoires abordables. Cette nouvelle version du Compute Module est idéale pour vos projets à base de Raspberry Pi. 

(200590-04)

LIENS

- [1] **GPU sur un Raspberry Pi** : www.youtube.com/watch?v=ikpgZu6kLKE
- [2] **Interface réseau à quatre ports sur un Raspberry Pi 4** : www.youtube.com/watch?v=KL0d68j3aJM

Contributeurs

Auteur : **Mathias Claußen**
 Rédaction : **Jens Nickel**
 Mise en page : **Harmen Heida**
 Traduction : **Denis Lafourcade**

Des questions, des commentaires ?

Envoyez un courriel à l'auteur
 (mathias.claussen@elektor.com).