

Chapitre 8

Le GPIO du Raspberry Pi

1. Présentation du GPIO

Le GPIO du Raspberry Pi est identique pour tous les modèles actuels. La compatibilité est assurée entre les différentes versions de la carte.

Les broches GPIO du Raspberry Pi sont reliées à un connecteur 40 points J8, situé sur un bord de la carte. Les broches du connecteur sont réparties sur deux rangées de 20 broches. 26 broches GPIO sont accessibles (GPIO 2 à GPIO 27).



Remarque

Les broches du connecteur sont également appelées pin (= aiguille en anglais). Ces deux termes sont équivalents et utilisés indifféremment dans cet ouvrage.

Ce sont des entrées/sorties numériques capables de fournir et de recevoir des signaux numériques 1 et 0 sous la forme de tensions 0 volt et 3,3 volts.

Certaines broches peuvent être utilisées différemment pour fournir un bus I²C, un bus SPI ou une E/S UART. Dans ce cas, les broches concernées ne peuvent plus être utilisées comme entrées/sorties numériques.

Le brochage du connecteur GPIO est rappelé dans le schéma suivant. Les broches impaires sont à gauche, les paires sont à droite.

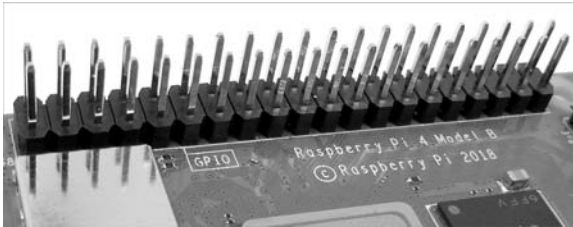
202 Raspberry Pi 4 - Exploitez tout le potentiel de votre nano-ordinateur



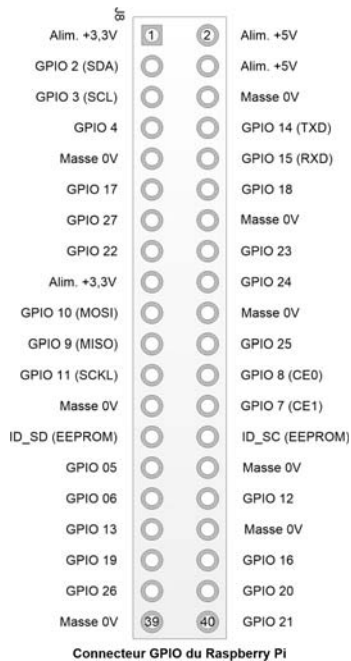
Remarque

Le GPIO est identique sur les BCM2835 (Raspberry Pi Zero), BCM2837 (Raspberry Pi 3 A+ et B+) et BCM2711 (Raspberry Pi 4). Dans la suite de ce chapitre, le SoC sera désigné par BCM2xxx.

2. Connecteur GPIO J8



Sur cette photo du connecteur GPIO J8, la broche 1 est à gauche au premier plan. La pastille de cette broche 1 sous la carte est carrée. Le schéma qui suit présente le connecteur GPIO (J8) vu de dessus.



Douze pins concernent l'alimentation. Les tensions d'alimentation 3,3 V et 5 V ainsi que la masse sont accessibles sur les broches du GPIO pour alimenter des circuits extérieurs. Inversement, il est possible d'alimenter le Raspberry Pi en 5 V à partir des broches du GPIO. Le GPIO fournit deux broches 3,3 V, deux broches 5 V et huit broches de masse.

Le tableau ci-dessous détaille l'utilisation des broches du GPIO.

Broches	Utilisation	Descriptif
6-9-14-20-25-30-34-39	Alimentation	Masse
2-4	Alimentation	+ 5 V
1-17	Alimentation	+ 3,3 V
8-10	UART	Ces deux broches donnent accès à un UART (<i>Universal Asynchronous Receiver Transmitter</i> = émetteur-récepteur asynchrone universel) qui pourra dialoguer avec un terminal ou tout autre appareil possédant un port série. Ces broches sont la 8 : TXD (<i>Transmitted Data</i> = données émises) et la 10 : RXD (<i>Received Data</i> = données reçues).
19-21-23-24-26	Bus SPI	Ces cinq broches fournissent un bus SPI (<i>Serial Peripheral Interface</i> = interface de périphérique série). C'est un bus de transmission de données série synchrone. Il est utilisé pour faire communiquer des circuits intégrés. Les signaux sont SCLK (23) (<i>Serial Clock</i> = horloge série), MOSI (19) (<i>Master Out-Slave In</i> = émission du maître-réception de l'esclave), MISO (21) (<i>Master In-Slave Out</i> = réception du maître-émission de l'esclave) et deux signaux CE0 (24) (<i>Chip Enable</i> = sélection du circuit) et CE1 (26) qui vont permettre de sélectionner l'esclave avec lequel le maître va communiquer. Le Raspberry Pi ne fonctionne qu'en mode maître et peut gérer nativement deux esclaves. Il est possible de gérer plus d'esclaves en utilisant d'autres ports GPIO pour commander les entrées CS des circuits utilisés.

Broches	Utilisation	Descriptif
3-5	Bus I ² C	Ces deux contacts fournissent un bus I ² C. Il s'agit de SDA (3) (<i>Serial Data Line</i> = ligne de données série) et SCL (5) (<i>Serial Data Clock</i> = horloge de données série). Le bus I ² C permet de piloter les nombreux circuits intégrés compatibles avec ce type de bus.
27-28	I ² C EEPROM	Ces deux broches ne doivent absolument pas être utilisées. Elles sont réservées au dialogue avec l'EEPROM présente sur les cartes d'extension répondant aux spécifications HAT (<i>Hardware Attached on Top</i> = matériel venant au-dessus du Raspberry Pi).
7-11-12-13-15-16-18-22-29-31-32-33-35-36-37-38-40	GPIO	Ces dix-sept broches sont des entrées/sorties numériques.

Bien entendu, toutes les broches du GPIO peuvent être reconfigurées à volonté. Seules les broches TXD et RXD (GPIO 14 et GPIO 15) sont configurées lors du démarrage pour fournir les signaux de l'UART. Elles pourront au besoin être transformées en broches GPIO standards (comme les broches SPI et I²C), pour fournir jusqu'à 26 entrées/sorties GPIO.

Par contre, les broches 27 et 28 (ID_SD et ID_SC) sont uniquement réservées à la lecture des EEPROM présentes sur les cartes d'extension. Au moment du démarrage, le Raspberry Pi interroge cette interface I²C pour trouver une EEPROM qui lui permette d'identifier la carte connectée au GPIO. Le contenu de cette EEPROM définit également la configuration des ports d'entrée/sortie du GPIO (et éventuellement, les pilotes Linux à charger). Il ne faut pas utiliser ces broches pour autre chose que la liaison à une EEPROM I²C. Laissez ces broches non connectées si aucune EEPROM n'est présente.

Différents types de connexions peuvent être utilisés pour se raccorder au GPIO :

- Des fils soudés directement sur les broches du GPIO
- Des fils "Dupont" femelles, qui viendront se connecter sur les broches
- Un raccord à installer entre les broches du GPIO et une carte de prototypage ou breadboard (planche à pain)

Il est possible de modifier l'état des broches du GPIO en ligne de commande, en utilisant des bibliothèques comme WiringPi, RPi.GPIO ou encore gpiozero. Les chapitres suivants reviendront sur ces bibliothèques.

Le GPIO est dépourvu d'entrée analogique. Le SoC d'un téléphone portable n'en a pas vraiment besoin... Pour accéder à des mesures de valeurs analogiques, il faudra donc utiliser un convertisseur analogique numérique ou un microcontrôleur Arduino, puis renvoyer ces informations sur le Raspberry Pi.

Remarque

Les broches du GPIO sont prévues pour fonctionner en 3,3 V et ne supportent absolument pas une tension de 5 V ! Aucune protection n'est prévue contre les surtensions. Il appartient à l'utilisateur de mettre en place sur la carte extérieure les amplificateurs ou convertisseurs de niveau de tension nécessaires à la protection de la carte Raspberry Pi.

3. Caractéristiques techniques des E/S

Ce sont des entrées/sorties (E/S) numériques capables de fournir et de recevoir des signaux numériques 1 et 0 sous la forme de tensions 0 volt et 3,3 volts. Il n'y a pas d'entrée/sortie analogique.

Comme tout circuit électronique, les ports du GPIO ont des limitations en tension (V) et en courant (I) qu'il faut connaître et intégrer pour utiliser le Raspberry Pi en toute sécurité.

3.1 Numérotation des E/S

Les E/S sont numérotées de plusieurs façons. Il faudra être attentif au mode de numérotation utilisé. Les différents modes sont les suivants :

- **BCM** - numérotation utilisée par le fabricant du SoC Broadcom. Elle est également notée "GPIO".
- **Physique** - numérotation correspondant à la position physique des broches sur le connecteur GPIO.
- **Bibliothèque** - numérotation interne à une bibliothèque. Utilisée par exemple quand on utilise la librairie Wiring Pi.

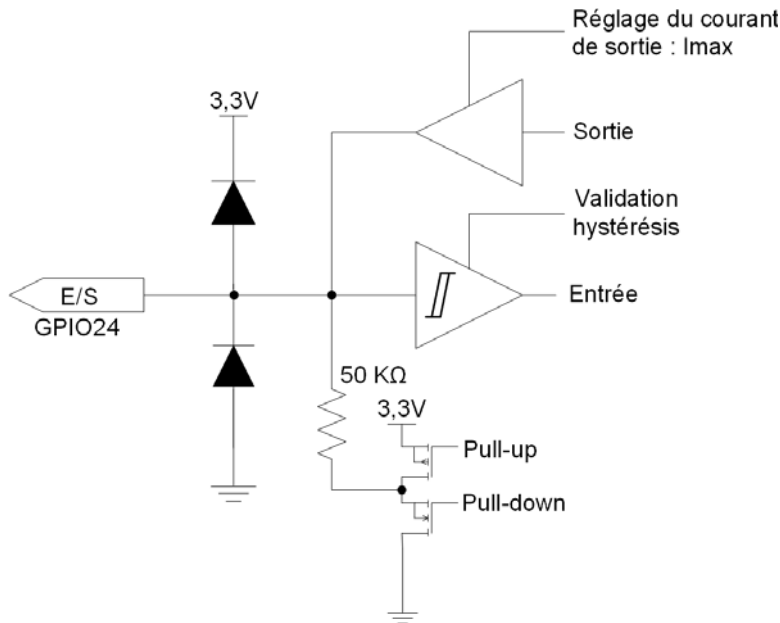
Par exemple, la broche physique 12 correspond à BCM 18 et à Wiring Pi pin 1.

Remarque

Avant de démarrer un projet ou une réalisation, il faudra bien vérifier le mode utilisé et s'assurer de la concordance des broches.

3.2 Schéma de l'interface GPIO

Le schéma suivant est une représentation simplifiée de l'étage de sortie d'une broche GPIO du SoC Broadcom BCM2xxx.



La broche d'entrée/sortie (E/S GPIO24) se trouve à gauche du schéma. À droite de ce point d'accès physique, les composants représentés sont dans le SoC. Toutes les E/S GPIO sont basées sur le même circuit.

Il est possible de régler le courant de sortie de 2 mA à 16 mA par pas de 2 mA, de choisir la pente (*slew rate* = vitesse de balayage) du signal et de mettre en service l'hystérésis sur l'entrée. Ces choix sont valables pour l'ensemble des broches du GPIO. Il est impossible de modifier séparément chaque broche.

Remarque

L'hystérésis permet de mettre en forme un signal en utilisant des seuils différents sur le front montant et sur le front descendant. Il est utilisé pour éliminer le bruit d'un signal par exemple.

3.3 Hystérésis

Lorsque l'hystérésis est activée, la porte d'entrée prend alors le nom de trigger de Schmitt. Les seuils sont alors différents pour le front montant et pour le front descendant du signal. Ceci permet de s'affranchir d'éventuelles perturbations présentes sur les signaux. Les valeurs des seuils pour le BCM2xxx ne sont pas publiées par Broadcom. L'hystérésis est utilisée pour éliminer le bruit d'un signal, par exemple.

3.4 Seuil du signal d'entrée

La porte placée en entrée accepte des tensions comprises entre 0 et 3,3 volts. Elle décide que le signal d'entrée est bas ou haut en le comparant à un seuil de tension. Par défaut, le seuil vaut environ 1,8 volt, mais il n'est pas garanti. Le seuil peut se situer n'importe où entre la tension maximum donnant un 0 et la tension minimum donnant un 1, c'est-à-dire entre 0,8 volt et 2,0 volts.

3.5 Limitation du courant de sortie

La porte qui joue le rôle de sortie peut fournir un niveau bas (0 volt) ou haut (3,3 volts). Une seule porte de sortie est représentée sur le schéma simplifié. Dans la réalité, ce sont plusieurs portes qui sont placées en parallèle et peuvent être activées par logiciel. En fonction du nombre de portes en service, le courant de sortie peut varier de 2 mA à 16 mA par pas de 2 mA. Ce courant est disponible aussi bien quand la porte fournit du courant (niveau haut) que quand elle en absorbe (niveau bas).

Remarque

La limitation de courant ne correspond pas à la mise en service d'un quelconque dispositif protégeant la sortie du SoC BCM2xxx. Si le courant de sortie est limité à 16 mA, cela signifie qu'au-delà de cette valeur de courant, le niveau n'est plus garanti. Par exemple, si la porte sort un niveau haut avec une limitation de courant à 16 mA et que le courant atteint 20 mA, la tension de sortie va chuter et passer sous le seuil, assurant que le signal est vu comme un niveau haut par les circuits suivants. Si le courant de sortie de la porte dépasse la limite autorisée par le constructeur, elle risque d'être définitivement détériorée.