

module cellulaire

Même pas peur !

Tam Hanna (République slovaque)

Nombreux sont ceux pour qui la conception d'un système de communication à base de module cellulaire sans fil relève de la magie noire. On est pourtant bien loin de la vérité. Tam Hanna a récemment eu le plaisir de superviser divers projets de ce type. Voici une compilation de ses notes de laboratoire pour vous aider à réaliser vos propres modules.

Pourquoi concevoir votre propre module cellulaire ?

Si les modules de communication 3G et 4G prêts à l'emploi et les adaptateurs USB sont faciles à se procurer sur l'internet, le diable, qui les rend impropre à votre application au point de devoir reconcevoir le système, se cache généralement dans les détails. Certains opérateurs et applications utilisent par exemple des bandes bizarres incompatibles avec le module (la bande 13 américaine étant particulièrement problématique), tandis que pour d'autres systèmes, l'ajout d'un adaptateur USB ordinaire est impossible. Et puis il y a les applications qui nécessitent des antennes peu communes (pensez au SMA) ou qui ont aussi besoin d'une fonction GPS.

Pour commencer

Tout commence par la recherche d'un module de communication adapté à la ou aux bandes de communication souhaitées et qui répond aux critères de taille et de coût. La qualité de l'équipe d'assistance technique du fabricant, du vendeur ou du distributeur est également importante, car vous pourrez avoir besoin d'aide à un moment donné. L'auteur a trouvé celle de Quectel particulièrement accueillante et serviable. Le distributeur YAWiD de Gemalto en Allemagne et le distributeur polonais de Telit étaient bien aussi. En revanche, l'auteur a placé le fameux fabricant suisse U-blox à l'autre bout de l'échelle, car il n'a pas réussi à obtenir de réponse de leur part à cause de leur système de courrier électronique. Mais il s'agit bien sûr d'une expérience personnelle. Tout dépend du pays où vous vous trouvez, et vous pouvez avoir d'autres expériences.

L'étape suivante consiste à acheter un kit de développement ou d'évaluation pour le module de communication. Une fois que vous l'avez, forcez vos ingénieurs en logiciel à faire fonctionner le logiciel de gestion du module à 100%, en mettant l'accent sur 100%. Ne laissez aucun problème en suspens qui pourrait - et va probablement, selon M. Murphy - invalider votre projet par la suite. En outre, la logique veut que l'équipe d'assistance technique du fabricant soit votre premier contact pour les problèmes logiciels que vous pourriez rencontrer. La qualité du support montré ici sera un test décisif en prévision du support pour le matériel.

Une fois traité le logiciel, il est temps d'obtenir la documentation du module, qui se cache généralement derrière un formulaire de connexion à un compte sur le site web du fabricant. Deux documents sont particulièrement intéressants : le schéma de la carte d'évaluation et le document de conception du matériel décrivant le système réel. Ce que vous recherchez, c'est l'empreinte ou le schéma d'implantation

du circuit imprimé du module et un tableau énumérant les broches et leurs fonctions.

Allo l'interface !

La plupart des modules de communication ne connaissent que deux moyens de dialoguer avec l'hôte : un port série et un port USB. Les autres interfaces comme I2C et SPI sont en général réservées à la connexion de périphériques et n'ont pas d'intérêt pour nous ici. Il nous reste donc l'USB et le port série. Commençons par l'USB, l'interface favorite des systèmes hôtes basés sur Linux grâce à la facilité d'intégration des pilotes. Le module se présente souvent sous la forme d'un ou plusieurs périphériques TTY. Bien qu'on ait vu fonctionner l'USB 2.0 avec une paire de fils à connecteurs Dupont, ne faites pas n'importe quoi : essayez de respecter les règles de base de conception des circuits imprimés, et placez le connecteur aussi près que possible du module. Mais ne vous préoccupez pas de l'impédance exacte des pistes USB.

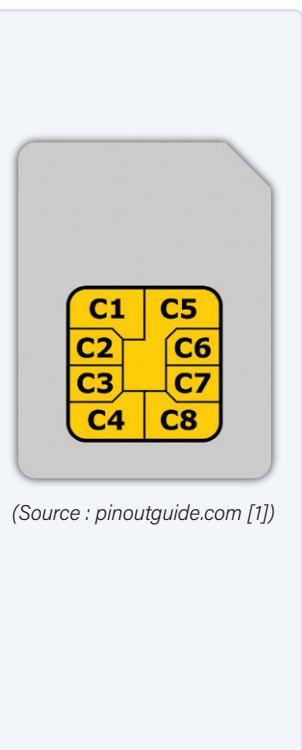
Pour le port série, c'est différent. Bien que l'auteur n'ait pas encore vu de système basé sur Linux utiliser le port série pour communiquer avec un module de communication, ils sont fréquemment exposés sur ses cartes. Les fabricants de modules réservent généralement un de leurs UART à l'interface de débogage et s'il n'est pas exposé, la carte ne peut pas être analysée lorsqu'elle est envoyée au laboratoire du



Figure 1. Les deux pastilles non connectées sur le côté gauche sont reliées au module de débogage UART. Le connecteur est monté sur demande uniquement.

Tableau 1. Le brochage de l'interface de la carte SIM (carte à puce) est normalisé.

Broche	Nom	Description
C1	VCC	Entrée d'alimentation VCC, +5 V CC (utilisation facultative par la carte)
C2	reset	Signal de réinitialisation, utilisé pour réinitialiser les communications de la carte. Utilisé seul (signal de réinitialisation fourni par le dispositif d'interface) ou en combinaison avec un circuit de contrôle de réinitialisation interne (utilisation facultative par la carte). Si la réinitialisation interne est mise en œuvre, l'alimentation en tension par VCC est obligatoire.
C3	horloge	Fournit à la carte un signal d'horloge à partir duquel est dérivé le cadencement de communication des données.
C4	réservé	AUX1, utilisé en option pour les interfaces USB et autres applications
C5	GND	Masse (tension de référence)
C6	Vpp	Entrée de tension de programmation (en option). Ce contact peut être utilisé pour fournir la tension nécessaire à la programmation ou pour effacer la mémoire non volatile interne. La norme ISO/CEI 7816-3:1997 a désigné ce contact comme tension de programmation : une entrée pour une tension plus élevée pour programmer la mémoire persistante (par ex. EEPROM). La norme ISO/CEI 7816-3:2006 le désigne comme SPU, pour un usage standard ou propriétaire, en entrée et/ou en sortie.
C7	E/S	Entrée ou sortie pour les données série (<i>half-duplex</i>) vers le circuit intégré à l'intérieur de la carte.
C8	réservé	AUX2, utilisé en option pour les interfaces USB et autres applications



fabriquant. Il s'ensuit que le port série doit être accessible d'une manière ou d'une autre. L'auteur prévoit souvent un connecteur positionné sans grand effort, puis ne le monte pas sur la production en série (**fig. 1**).

Composants divers

Presque tous les modules de communication font partie d'une famille. Même si on peut concevoir des cartes compatibles avec plusieurs types de modules, ce n'est pas toujours rentable. En particulier pour les unités à faible consommation (pensez au LTE M1, etc.), renoncer à la compatibilité croisée permet d'utiliser une alimentation plus petite, et donc de faire des économies. En outre, dans certains cas, les circuits de réinitialisation et autres ne sont pas nécessaires pour tous les membres de la famille, ce qui permet de réaliser une petite économie supplémentaire.

Si une impulsion de réinitialisation bien définie est nécessaire, utilisez un circuit superviseur de réinitialisation de microcontrôleur tel que le STM1001 de STMicroelectronics. Ces composants SOT23 ne coûtent presque rien et sont plus fiables qu'un bricolage avec des composants RC.

Il n'y a pas grand-chose à dire concernant l'alimentation électrique – le choix entre un régulateur à découpage ou un régulateur linéaire ne dépend que de vous. Mais ne lésinez pas sur les condensateurs de découplage. Les modules 4G par exemple sont notoirement « impulsifs » en termes de consommation d'énergie.

Il faut également tenir compte des « broches magiques ». Lisez attentivement la description matérielle de chaque broche pour être sûr de bien comprendre quoi faire. Certaines doivent être reliées à un niveau de tension spécifique, tandis que d'autres, comme la broche de sélection du mode de démarrage, doivent être exposées au moyen d'un pad ou au moins d'un via. En cas de doute, vous pouvez généralement utiliser une disposition telle que celle de la **figure 2** qui vous laissera le choix après réception du prototype.

Carte SIM

La connexion de la carte SIM au module de communication est toujours un défi intéressant. Les connecteurs de cartes SIM ont généralement des contacts numérotés alors que le module utilise des libellés (par ex. « Vcc », « Rst », « Data » et « Clk »). Heureusement, les contacts de la carte SIM sont standardisés (voir **tableau 1**). Selon le circuit, une résistance de rappel vers le haut entre Data et Vcc peut être nécessaire. Parfois, des condensateurs de découplage sont utilisés sur Rst, Clk et Data. L'auteur omet généralement les diodes de protection ESD, car sur ses cartes, l'utilisateur n'aura jamais accès au connecteur de carte SIM. Sur certains modules de communication, il y a ici un piège supplémentaire. On peut détecter la présence d'une carte SIM par un niveau de tension sur une broche particulière. Si vous n'utilisez pas cette fonction, assurez-vous de relier la broche au niveau de tension qui correspond à « carte SIM présente ». Si vous prévoyez de l'utiliser, faites attention à la façon dont elle est mise en œuvre sur votre connecteur de carte SIM. Tenez également compte de l'espace nécessaire pour la mécanique. Certains porte-cartes SIM s'ouvrent par basculement, tandis que d'autres exigent que vous fassiez glisser la carte SIM (rigide) dans une direction précise.

Enfin, oubliez l'idée selon laquelle il faut des circuits imprimés à quatre

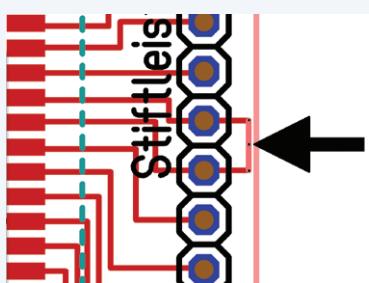


Figure 2. La piste sur laquelle pointe la flèche peut être coupée facilement et reconnectée si nécessaire.

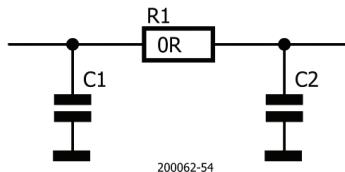


Figure 3. Un réseau en Pi est nécessaire si on prévoit une adaptation d'antenne. On peut le neutraliser en production en réglant R1 sur $0\ \Omega$ et en omettant C1 et C2.

couches pour les modules de communication. Tous les outils modernes de conception de circuits imprimés permettent de placer des plans cuivrés. Des plans de masse des deux côtés de la carte, reliés par de nombreux via, permettent généralement de remplir la fonction.

Au sujet de l'antenne

Reste l'antenne. Jusqu'à présent, l'auteur a réussi à éviter d'avoir à concevoir et évaluer une antenne sur circuit imprimé. (L'analyseur de réseau vectoriel HP 8753C qu'il avait acheté à la demande d'un client s'est depuis avéré être une « reine de hangar » de première classe, nécessitant à la fois une maintenance et des kits d'étalonnage coûteux, etc.). S'il n'y a pas d'antenne sur le circuit, il faut un connecteur sur la carte pour en raccorder une. Qu'il soit de type SMA ou U.FL, veillez toujours à consulter le concepteur de votre boîtier.

Efforcez-vous de maintenir la liaison avec le connecteur de l'antenne aussi courte que possible. De plus, utilisez un calculateur de ligne de transmission (disponible en ligne) et essayez de respecter à peu près la géométrie recommandée (c.-à-d. une bonne terre des deux côtés et pas de vias dans le trajet du signal). Bien qu'en général, il n'y ait pas de sérieux problèmes tant que les pistes sont courtes.

La plupart des montages de référence des fabricants recommandent de placer un circuit en Pi similaire à celui de la **figure 3**, au cas où. En production, il est souvent neutralisé avec une résistance de $0\ \Omega$ et les deux condensateurs ne sont pas montés. Si vous ne prévoyez pas de faire une adaptation d'antenne avancée, dans de nombreux cas vous obtiendrez de meilleurs résultats en réduisant la distance entre le module de communication et le connecteur d'antenne et en omettant le réseau en Pi.

Notez qu'il existe deux types d'antennes GPS : active et passive. Les antennes actives ont besoin d'un circuit d'alimentation fantôme composé de quelques composants passifs, que l'on trouve généralement dans le schéma de référence du fabricant du module.

Un coup d'essai

Maintenant que nous avons passé en revue les différents écueils, passons à la réalisation. Selon la relation entre vous et les ingénieurs de l'assistance technique du fabricant évoquée précédemment, vous pouvez envoyer pour examen le schéma et le dessin du circuit imprimé. L'auteur a été particulièrement impressionné par les services de révision fournis par Quectel.

Le principal problème lors de l'assemblage manuel d'un prototype est le soudage des composants. Bien que l'auteur ait réussi à souder certains modules dans son four à refusion, la précision du placement des pochoirs et des composants ainsi que le manque d'équipement d'inspection aux rayons X font qu'il vaut mieux confier ce travail à une entreprise spécialisée dans la réalisation de prototypes (en lui rappelant d'effectuer une inspection aux rayons X).

Lorsque le prototype assemblé est du type adaptateur USB, utilisez un hub USB auto-alimenté pour les premiers tests – cela protège votre coûteux poste de travail des dommages causés à sa carte mère.

Finir le travail

Comme pour tant d'autres tâches, le plus dur, c'est de se lancer. Presque tous les montages réalisés par l'auteur ont fonctionné au premier ou deuxième coup. Cependant, faire fonctionner le projet ne représente qu'une petite partie du travail – les problèmes logiciels par exemple peuvent compliquer l'intégration du système. Néanmoins, n'ayez pas peur ! Grâce à l'expérience durement acquise par l'auteur et présentée ici, vous pouvez vous aussi y arriver.

(200062-04)

CERTIFICATION DES OPÉRATEURS ET DU GOUVERNEMENT !

Pour respecter totalement la loi, la version finale de votre projet peut être soumise à une certification. Mais ceci est une tout autre histoire.

Des questions, des commentaires ?

Si vous avez des questions ou des commentaires sur cet article, contactez Elektor (redaction@elektor.fr).

Contributeurs

Idée et texte : **Tam Hanna**

Rédaction : **Clemens Valens**

Mise en page : **Giel Dols**

Traduction :

Denis Lafourcade

LIEN

[1] Brochage de la carte SIM :

https://pinoutguide.com/Memory/SmartCardIso_pinout.shtml



PRODUIT

► **Analyseur de spectre portatif RF Explorer 3G Combo de SeeedStudio**
www.elektor.fr/19099

