

un concentrateur pour les appareils RS-422 et RS-485

câbler votre bus comme une star

Sébastien Guerreiro de Brito (France)

Les bus RS-485 ou RS-422 sont encore largement utilisés dans l'industrie pour le contrôle d'accès, la vidéosurveillance et de nombreuses autres applications. Toutefois, la norme exige un câblage en guirlande, ce qui peut s'avérer contraignant. Voici comment s'adapter au câblage en étoile.

Le bus RS-422 [1] est défini par la norme EIA-422-B-1994 comme un bus *simplex* (c'est-à-dire qu'il n'y a qu'un seul émetteur à la fois) qui peut piloter jusqu'à 10 unités de charge (UL). L'acheminement des signaux est différentiel pour assurer une transmission robuste des données sur de longues distances, même dans des environnements bruyants. La norme spécifie notamment les caractéristiques électriques de la ligne de transmission différentielle, en utilisant une paire torsadée.

La ligne de transmission étant unidirectionnelle, si l'on souhaite seulement commander des récepteurs distants sans recevoir de retour d'information de leur part, une seule paire de fils suffit. Cependant, le cas le plus courant est celui où les appareils connectés communiquent dans les deux sens, par exemple lorsqu'un contrôleur central s'adresse à un capteur distant pour lui demander une mesure, à la suite de quoi le capteur transmet sa mesure. Dans ce cas, deux paires de fils sont nécessaires : la première (TX+/TX-) pour les transmissions de l'appareil maître vers les appareils esclaves, et la seconde (RX+/RX-) pour les transmissions des appareils esclaves vers l'appareil maître. Comme plusieurs esclaves doivent transmettre sur la même paire de fils, ils doivent activer et désactiver leurs émetteurs de manière à ce qu'un seul émetteur soit actif à la fois.

Débit en bauds face à la portée

L'émetteur est capable de transmettre des données sur une distance d'environ 1200 m, mais la portée augmente au détriment du débit de données. La norme spécifie des débits allant jusqu'à 10 Mbps, mais uniquement sur de courtes distances, comme le montre la **figure 1**. En raison de la différence

d'impédance entre le câble et le récepteur, une réflexion de l'onde transmise peut se produire sur les lignes lors de la transmission sur de longues distances ou à des débits de données élevés. Pour pallier ce phénomène, une résistance de terminaison est nécessaire pour adapter la charge à la résistance caractéristique du câble (typiquement 120 Ω). D'autres méthodes de terminaison existent, mais comme elles sont moins courantes, je ne les présenterai pas ici.

De RS-422 à RS-485

Le bus RS-485 [2] est basé sur le bus RS-422, avec quelques caractéristiques supplémentaires :

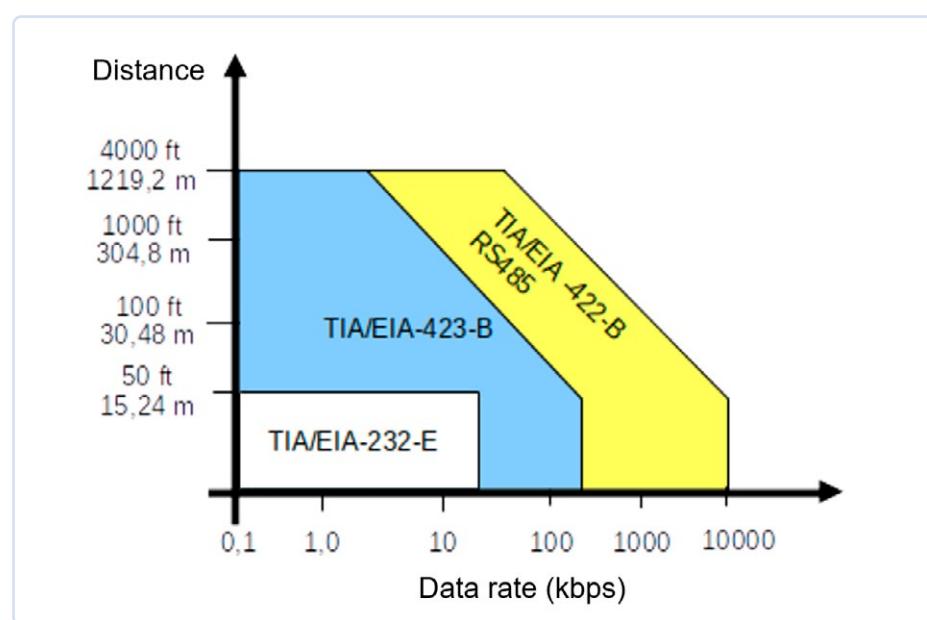


Figure 1. Débit de données en fonction de la longueur du conducteur.

taires, telles que la possibilité d'augmenter le nombre d'UL jusqu'à un maximum de 32. Le bus RS-485 peut prendre en charge une configuration multipoint sur une seule paire de fils (souvent appelée Data+/Data- ou A/B), pour la communication entre un émetteur et plusieurs récepteurs (**figure 2**). Cette configuration, dite half-duplex, est de loin la plus répandue. Contrairement à une idée reçue, le bus RS-485 nécessite également un fil de terre pour la communication, soit un total de trois fils. Plus rarement, les connexions RS-485 full-duplex sont réalisées sur deux paires torsadées, comme pour le RS-422. Je n'entrerai pas dans les détails ici. Pour plus d'informations, deux documents de Texas Instruments, le *RS-485 Design Guide* [3] et le *RS-422 and RS-485 Standards Overview and System Configurations* [4], ainsi que le *RS-485/RS-422 Circuit Implementation Guide d'Analog Devices* [5] sont très utiles.

En mode semi-duplex, chaque appareil transmet et reçoit des données sur la même paire de fils, ce qui signifie que chaque appareil doit activer son émetteur uniquement lorsqu'il doit transmettre. Cela implique que les récepteurs doivent être en mesure de reconnaître que la trame transmise leur est destinée. Un système d'adressage est donc nécessaire. Les commandes de *Broadcast* peuvent également être envoyées en envoyant une trame à un récepteur virtuel avec une adresse réservée (par exemple, 255). De cette manière, tous les récepteurs prennent en compte la trame reçue.

En pratique, dans ce type de communication, le maître émet et les esclaves (récepteurs) écoutent. Lorsque le maître a demandé une information spécifique à l'un des récepteurs, ce dispositif spécifique répond. Si le maître a envoyé des informations *Broadcast* à tous les récepteurs, ces derniers ne doivent pas répondre.

Les pilotes RS485 ou RS422 fonctionnent tous sur des principes similaires. À titre d'exemple, le schéma du circuit intégré MAX489, utilisé dans ce projet, est présenté dans la **figure 3**. Sa fiche technique est disponible sur le site [6]. Les données à transmettre sur le bus sont connectées à la broche *Driver Input* (DI). Les données reçues du bus sont alors disponibles sur la broche de sortie du récepteur (RO). Les broches *Receiver Enable* et *Driver Enable* (/RE et DE, respectivement) sont utilisées pour contrôler le sens de la communica-

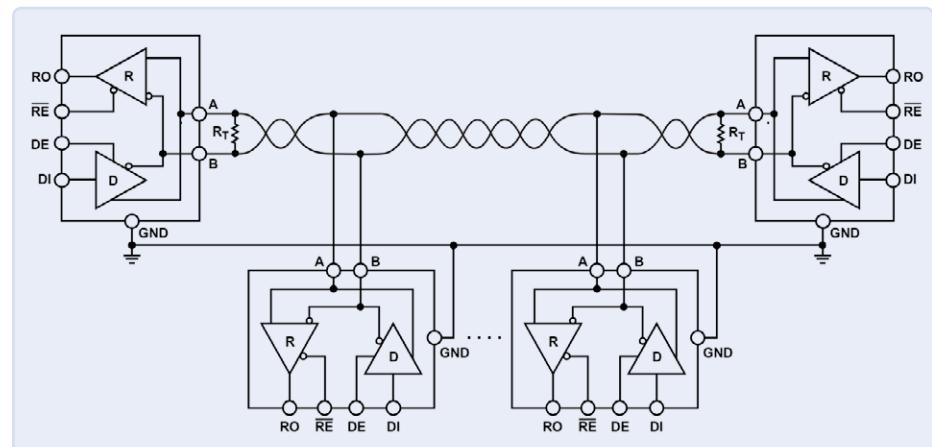


Figure 2. Configuration typique d'une liaison RS-485 semi-duplex. Source : Analog Devices

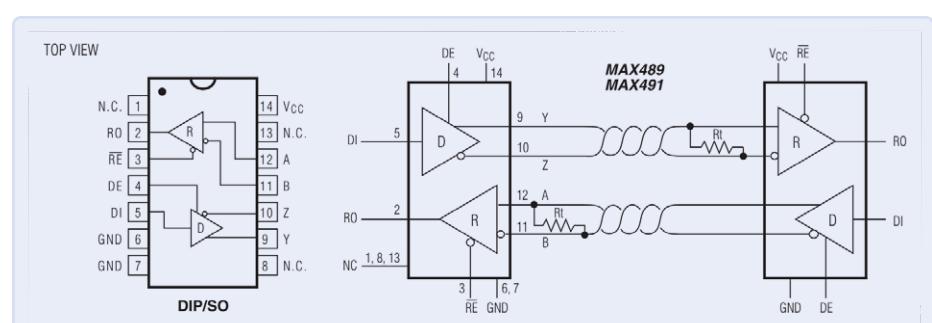


Figure 3. Configuration des broches du MAX489 et circuit de fonctionnement typique. Source : Analog Devices [6]

tion (réception ou transmission). Dans le cas d'une communication semi-duplex, ces deux broches peuvent être contrôlées par le même signal. Dans le cas d'une communication full-duplex, elles peuvent être commandées séparément. Les signaux de sortie Y (TX+), Z (TX-), B (RX-), A (RX+) sont connectés au bus de communication. Dans le cas de connexions semi-duplex, typiquement dans les installations RS-485, il est habituel de connecter Z à B (Data-) et A à Y (Data+).

Charges unitaires

La norme pour le RS-485 spécifie que pour un émetteur donné, un maximum de 32 émetteurs/récepteurs peuvent être connectés, chacun représentant une charge unitaire. Cette notion est liée à la résistance d'entrée des récepteurs (considérée comme $12\text{ k}\Omega$ par la norme). Comme certains dispositifs RS-485 sont maintenant disponibles avec des résistances d'entrée huit fois supérieures, ne représentant donc que $1/8$ UL, il est théoriquement possible de connecter 8×32 , soit 256 récepteurs, sur le même bus.

Acheminement des câbles

Les configurations possibles et interdites sont présentées dans la **figure 4**. Les réseaux en étoile (a, c) sont interdits, de même que les connexions tronquées ou les configurations en anneau (b). Les réseaux en chaîne avec

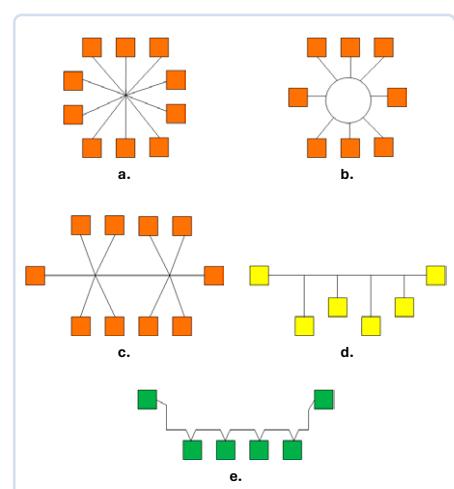


Figure 4. Configurations du réseau, dont certaines sont interdites.

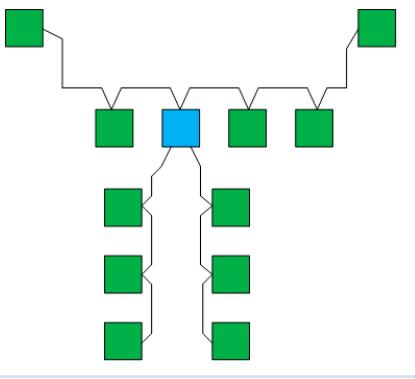


Figure 5. Exemple de réseau avec notre concentrateur RS-485/RS-422.



Liste des composants

Résistances (0805, 0,1 W)

R1, R2, R7...R9, R31, R37...R40 = 4,7 kΩ, 1%
 R3, R41...R45 = 1 kΩ, 1%
 R4, R10 = 22 kΩ, 1%
 R5, R6, R13, R20, R25, R30, R32 = 120 Ω, 1%
 R11, R12, R14...R19, R21...R24, R26...R29,
 R33...R36 = 47 Ω, 1%
 R46...R55 = 560 Ω, 1%

Condensateurs

C1 = 47 µF 35V
 C2 = 220 µF 10V
 C3...C5, C8, C12...C14, C24, C30 = 100 nF,
 0805
 C6, C7 = 1 nF, 0805
 C20 = 10 nF, 0805

Inducteurs

L1 = 100 µH

Semi-conducteurs

D1, D2, D4...D6, D28 = PML4148
 D3 = 1N4004
 D7 = MBRS130LT3
 D8...D27 = PESD5V2S2UT
 IC1, IC2 = 74HC14D
 IC3, IC6...IC9 = MAX489CSD
 LED1, LED3...LED8 = 5 mm LED vert
 LED2 = 5 mm LED orange
 U1 = LM2674-5

Divers

JP1...JP5 = En-tête mâle à 2 broches, pas de 2,54 mm
 X1, X7 = connecteur à 2 broches, pas de 5,08 mm, MSTBVA 2,5/2-G-5,08
 X2...X6 = connecteur à 5 broches, pas de 3,81 mm

des stubs (d) sont déconseillés. En résumé, les réseaux doivent être câblés en guirlande (e). Le bus doit passer par chaque appareil aussi près que possible de son point de connexion, puis se connecter au suivant et ainsi de suite jusqu'à une résistance de terminaison.

Principe de fonctionnement

Pour permettre le câblage en étoile, j'ai développé une carte qui divise le réseau en plusieurs bus. Le principe de fonctionnement de ce circuit est illustré par la figure 5. La boîte bleue représente notre carte qui permet d'avoir un réseau en étoile à l'entrée (en haut de la figure) et plusieurs réseaux en étoile à la sortie (en bas). La carte est relativement simple et ne nécessite pas de microcontrôleur ou de FPGA pour fonctionner. Son fonctionnement est illustré dans la figure 6, selon le principe suivant.

Le bloc à gauche de la figure représente le côté entrée, tandis que les quatre blocs à droite sont les sorties 1, 2, 3, 4, chacune sur son pilote RS-485 dédié. Comme le montre le schéma fonctionnel, l'émetteur (TX), en violet) du côté de l'entrée est connecté à tous les récepteurs (RX) sur les sorties 1 à 4, afin de transmettre des informations à tous les

récepteurs, comme on peut s'y attendre. De même, toutes les sorties des émetteurs sur les bus 1 à 4 (en vert) sont reliées au récepteur d'entrée (RX). Pour éviter les collisions, des blocs logiques sont ajoutés. Lorsqu'une activité est détectée du côté du TX d'entrée, tous les TX de sortie sont désactivés, et vice versa.

Schémas détaillés

Le schéma détaillé est présenté dans la figure 7. Comme mentionné dans le paragraphe précédent, le principe général est de transmettre le signal reçu ; ainsi, tous les signaux entrants (RX) en provenance des drivers sont assemblés par les diodes D4, D5, D6, D28 et envoyés au driver émetteur. En ce qui concerne les données sortantes (TX), le signal provenant du pilote d'entrée est simplement remodelé par les portes de déclenchement de Schmitt IC1A et IC1B, puis envoyé aux pilotes de sortie.

Les diodes D8...D27 sont des diodes de protection doubles unidirectionnelles qui protègent les pilotes contre les décharges électrostatiques (ESD) sur la ligne de bus. Même si les entrées et sorties du MAX489 sont assez robustes, une résistance en série

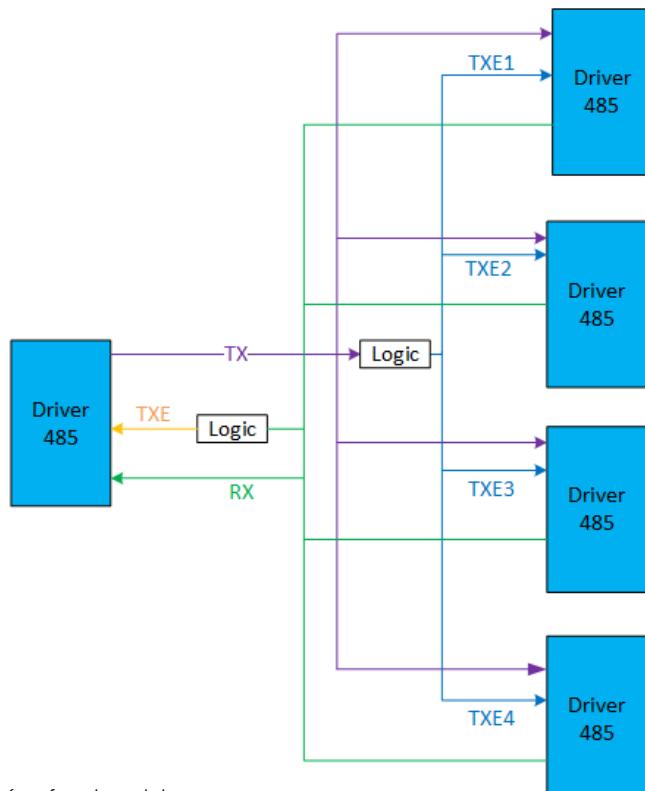


Figure 6. Schéma fonctionnel du concentrateur.

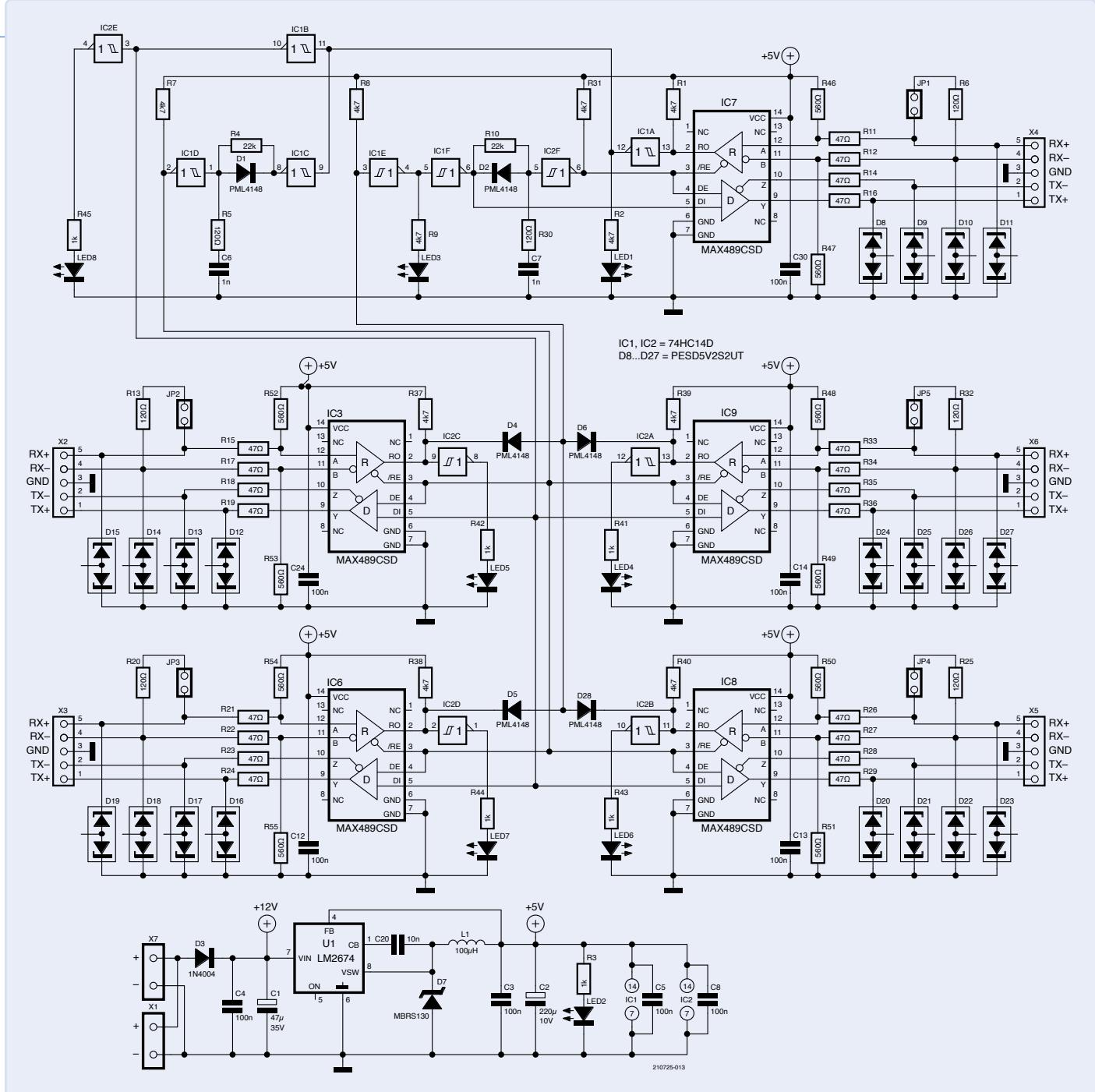


Figure 7. Schémas complets.

de 47Ω est ajoutée à chaque ligne, pour une protection supplémentaire contre les transistors venant de l'extérieur. Elles sont au nombre de quatre par circuit intégré, pour un total de vingt : R11, R12, R14...R19, R21...R24, R26...R29, R33...R36. Les cavaliers JP2, JP3, JP4 et JP5 sont utilisés pour connecter les résistances de terminaison embarquées (R6, R13, R20, R25, R32) au bus, si nécessaire. La carte dispose également de plusieurs LED : La LED2 indique que la carte est sous tension. Les autres LED indiquent l'activité des pilotes, soit en transmission, soit en réception

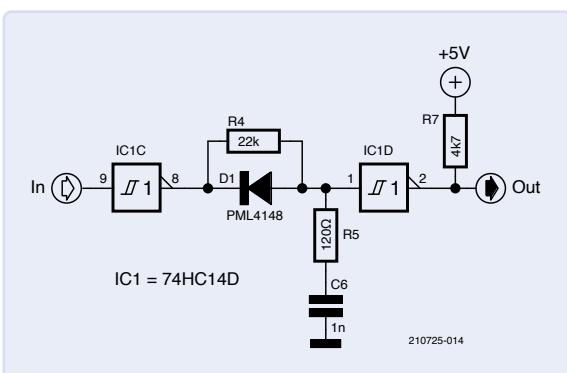


Figure 8. Circuit de détection/transmission.

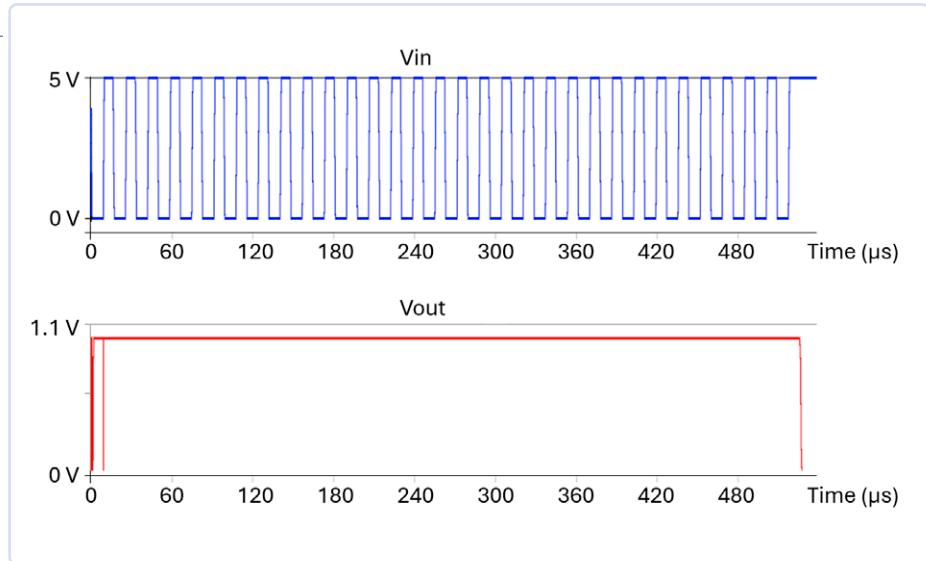


Figure 9. Simulation du circuit de détection.

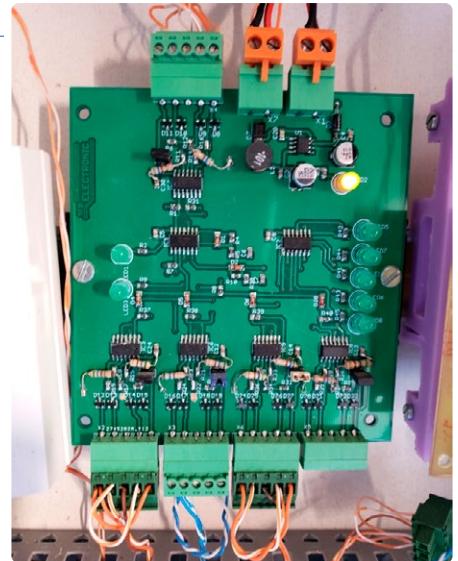


Figure 10. Photo de mon prototype.

de données (voir le schéma de câblage à la fin de cet article).

Le bloc logique utilisé pour éviter les collisions et gérer automatiquement la direction du signal (TXE) est basé sur la mise en œuvre d'un délai, au moyen d'un simple circuit RC et de deux inverseurs à déclenchement de Schmitt. Ce sous-circuit est visible sur la **figure 8**; deux de ces sous-circuits sont utilisés.

sés. Le premier utilise le signal provenant de la sortie de IC7 et le second est lié à la sortie du groupe IC3/IC6/IC8/IC9. Une simulation du comportement est présentée dans la **figure 9**. Pendant tout le temps où une transmission est active (en bleu), la sortie (en rouge) reste haute.

Cependant, pour que le système fonctionne correctement, quelques règles doivent être

respectées : premièrement, il ne doit y avoir qu'un seul appareil qui envoie des données sur le bus à un moment donné, et deuxièmement, le débit de données doit rester suffisamment élevé pour que le filtre RC puisse jouer son rôle. L'alimentation de la carte repose sur un convertisseur CC/CC abaisseur conventionnel basé sur un Texas Instruments LM2674-5, fournissant 5 V.

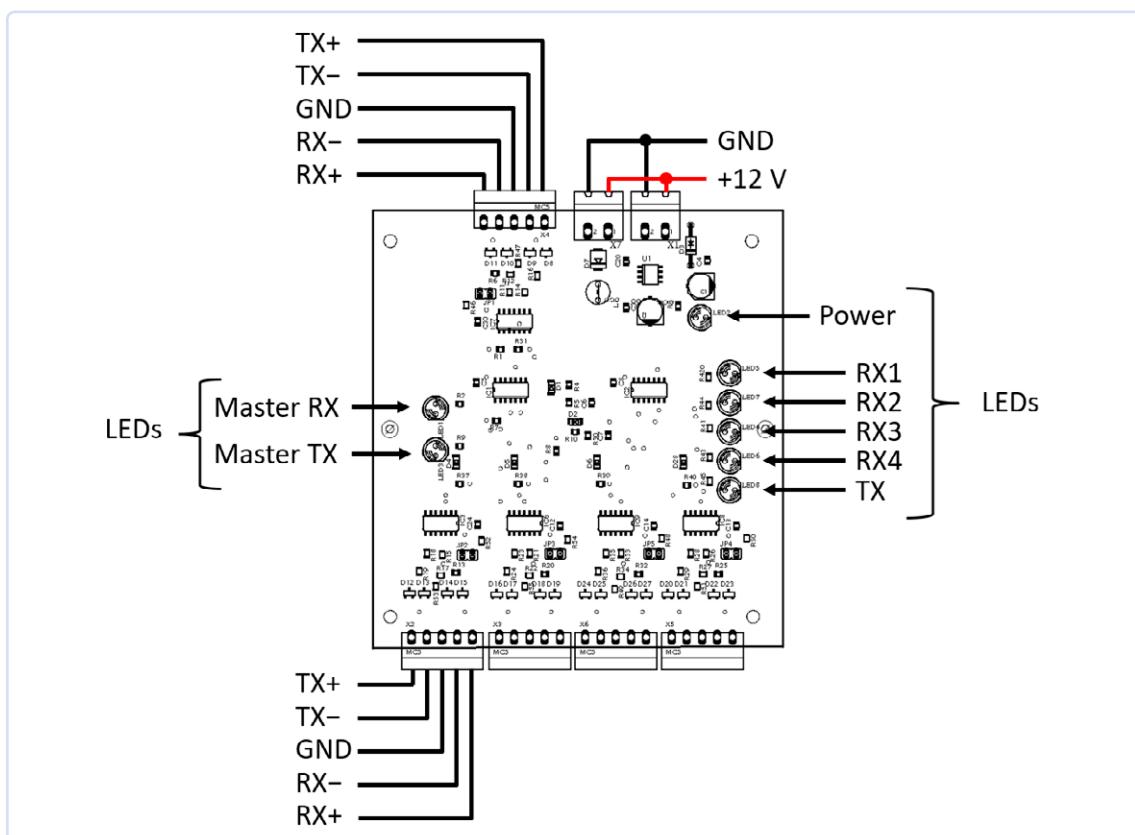


Figure 11.
Schéma de câblage.

Mise en œuvre pratique

La carte a été réalisée sur un circuit imprimé double face (**figure 10**) ; ce prototype fonctionne sans problème chez moi depuis sept ans pour permettre à mon serveur domotique (qui est fait maison et compatible avec Home Assistant) de communiquer avec plusieurs cartes situées dans plusieurs bâtiments différents. D'autres vues du circuit imprimé sont disponibles sur la page du projet Elektor Labs [7]. Le schéma de câblage des connecteurs de la carte est présenté dans la **figure 11**. Le câblage des trois sorties restantes en bas est le même que celui de la sortie la plus à gauche. ↵

VF : Maxime Valens — 210725-04



À propos de l'auteur

Sébastien Guerreiro de Brito a découvert l'électronique à l'adolescence en achetant le numéro double d'Elektor de juillet/août. Après avoir obtenu un diplôme d'ingénieur en électronique et informatique industrielle à Polytech Nantes, il a développé diverses cartes pour son usage personnel. Pour partager sa passion, il publie fréquemment certaines de ces cartes dans Elektor.

Produit

► **Module de relais industriel 6 canaux Waveshare pour Raspberry Pi Zero**
www.elektor.fr/20085



Questions ou commentaires ?

Contactez Elektor (redaction@elektor.fr).

LIENS

- [1] RS-422 sur Wikipedia : <https://fr.wikipedia.org/wiki/EIA-422>
- [2] RS-485 sur Wikipedia : <https://fr.wikipedia.org/wiki/EIA-485>
- [3] Texas Instruments, Guide de conception RS-485 : <https://ti.com/lit/an/slla272d/slra272d.pdf>
- [4] Texas Instruments, Aperçu des normes RS-422 et RS-485 et configurations du système (Aperçu des normes RS-422 et RS-485 et configurations du système) : <https://ti.com/lit/an/slra070d/slra070d.pdf>
- [5] Analog Devices, Guide de mise en œuvre du circuit RS-485/RS-422 : <https://analog.com/en/resources/app-notes/an-960.html>
- [6] Fiche technique du MAX489 : <https://analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/MAX1487-MAX491.pdf>
- [7] Page du projet sur Elektor Labs : <https://www.elektormagazine.fr/labs/rs422485-hub>

YOUR KEY TO CELLULAR TECHNOLOGY



**WÜRTH
ELEKTRONIK**
MORE THAN
YOU EXPECT

WE meet @ electronica
Hall A6-502

Adrastea-I is a Cellular Module with High Performance, Ultra-Low Power Consumption, Multi-Band LTE-M and NB-IoT Module.

Despite its compact size, the module has integrated GNSS, integrated ARM Cortex M4 and 1MB Flash reserved for user application development. The module is based on the high-performance Sony Altair ALT1250 chipset. The Adrastea-I module, certified by Deutsche Telekom, enables rapid integration into end products without additional industry-specific certification (GCF) or operator approval. Provided that a Deutsche Telekom IoT connectivity (SIM card) is used. For all other operators the module offers the industry-specific certification (GCF) already.

www.we-online.com/gocellular

- Small form factor
- Security and encryption
- Long range / worldwide coverage
- Multi-band support

#GOCELLULAR