

démontage d'un compteur de CO₂

Peut-on le détourner pour ses projets ?

Luc Lemmens (Elektor)

La mesure de la qualité de l'air est aujourd'hui un sujet à la mode en électronique et, à en juger par le nombre de projets sur le CO₂ proposés pour publication à Elektor, les compteurs de CO₂ sont l'un des thèmes favoris des amateurs et autres *makers*. Mais il y a aussi dans le commerce des compteurs de CO₂ abordables, dans de jolis boîtiers avec un écran LCD graphique en couleur. Que contiennent-ils et peut-on utiliser ces appareils ou leurs composants pour nos propres projets ? Pour le savoir, il faut en acheter un, l'ouvrir et faire de la rétro-ingénierie !



Un appareil vendu sur Amazon sous le nom de « ETE ETEMATE CO₂ meter » a attiré notre attention. En plus de la concentration de CO₂, il mesure et affiche aussi la température et l'humidité relative. On trouve le même sur AliExpress (sans nom de marque), ainsi que d'autres modèles dans un boîtier légèrement différent, ou avec plus ou moins d'indications sur l'écran. Cela sous-entend qu'il existe une plateforme standard pour toute une série d'appareils de mesure qui dépendent du logiciel sur la carte du processeur et – bien sûr – des capteurs qui y sont connectés. Le compteur est arrivé dans une boîte en carton blanche contenant l'appareil lui-même, un court câble de charge micro-USB et une notice d'utilisation multilingue. Ni l'étiquette de la boîte, ni les instructions ne

rèvelent la moindre information sur la marque ou le fabricant d'origine. L'appareil contient une batterie rechargeable au lithium de 1200 mAh, qui était apparemment complètement déchargée : le compteur ne s'est pas allumé lorsqu'on a appuyé sur le bouton d'alimentation. Après connexion d'un chargeur micro-USB, un symbole de charge est apparu sur l'écran LCD, puis la concentration de CO₂, la température et l'humidité relative se sont affichées. J'ai été un peu surpris de voir qu'il affichait 25 °C pour la température ambiante (et j'étais sûr qu'il faisait plus froid !), mais à ce moment, je n'y ai pas prêté plus d'attention. Après tout, la batterie était complètement vide et la plupart de ces instruments ont besoin d'un certain temps de rodage pour afficher

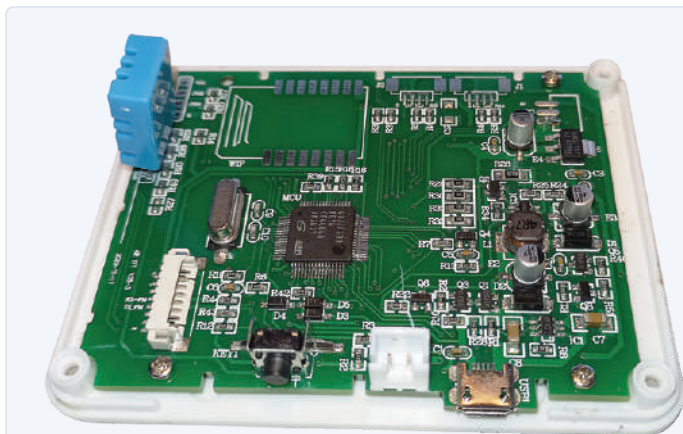


Figure 1. Vue d'ensemble du circuit imprimé principal.

des mesures précises. J'ai décidé de le laisser en charge toute la nuit. Le lendemain, je voyais toujours le joli graphique LCD indiquant une concentration de CO₂ légèrement fluctuante, mais une humidité relative de 60% et (toujours !) 25 °C. Cela s'annonçait mal... J'ai débranché le câble de charge, pensant que la batterie était complètement chargée, mais l'écran est devenu complètement noir. Cette fois-ci, rebrancher le chargeur n'a pas aidé, pas moyen de rallumer cette chose.

Normalement, c'est le moment de renvoyer l'article au fournisseur et de demander un remplacement ou un remboursement. Mais là, le délai pour rédiger le récit de ce démontage est court et pour cet objectif, un compteur de CO₂ en état de marche n'est pas vraiment nécessaire. Après tout, nous voulons juste connaître le contenu du boîtier. Et pour être honnête : ne serait-il pas réjouissant de (peut-être) réparer un appareil qui, sinon, serait condamné à atterrir sur l'un des gigantesques tas de déchets électroniques que nous produisons et que nous brûlons au sens propre du terme ? Même si je n'arrive pas à le réparer, il aura au moins servi de support pédagogique pour cet article.

Ouverture

L'arrière du boîtier en plastique est fait d'une seule pièce, l'écran est attaché au couvercle, lui-même fixé au boîtier d'une certaine manière. (Fixé par des vis ou des languettes ? Collé ?) Retirer le couvercle peut s'avérer difficile : les écrans peuvent être très fragiles et se briser facilement si on force trop. J'ai d'abord utilisé mon fidèle couteau suisse pour faire levier entre le côté du couvercle de l'écran et le boîtier ; une fine feuille de plastique recouvrant l'écran et le couvercle était apparemment facile à retirer et surprise : quatre petites vis Phillips sont apparues. La bonne nouvelle est donc que l'appareil peut être ouvert et fermé sans aucun dommage !

L'écran LCD et un circuit imprimé avec la plupart des composants électroniques sont fixés sur le couvercle, seuls la batterie et le capteur de CO₂ sont montés à l'arrière du boîtier.

Capteur de température/humidité

La plupart des composants du circuit imprimé principal (**fig. 1**) sont facilement identifiables, le plus remarquable étant le capteur de température et d'humidité relative DHT-11 en plastique bleu [1]. Ce n'est assurément pas le capteur le plus précis, mais il fait l'affaire pour un appareil grand public relativement simple comme ce compteur de CO₂ ; il est abordable et largement disponible.

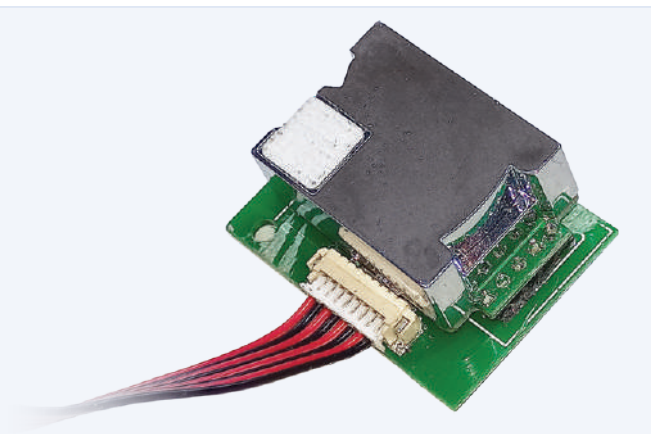


Figure 2. Le capteur de CO₂ - un clone du MH-Z19 ?

Le microcontrôleur

C'est probablement le composant le plus important à étudier. S'il s'avère difficile, voire impossible de développer et programmer un nouveau micrologiciel, on peut tout simplement oublier d'utiliser cet appareil pour de nouveaux projets. Heureusement, ce ne sera pas un problème : dans ce compteur, un microcontrôleur GD32F103-RET6 [2] (une UC ARM Cortex M3 à 32 bits de GigaDevice Semiconductor Inc.) traite les mesures des capteurs et les affiche sur l'écran TFT. Le circuit imprimé comporte une empreinte TH à 4 broches pour l'interface de débogage/programmation SWD marquée SWD1, à côté du capteur de température/humidité. Le GD32F103 est compatible avec les microcontrôleurs STM32 PLCC à 64 broches, donc si vous préférez ces derniers et même si vous n'avez pas de station de soudage pour CMS, vous pouvez remplacer cette UC en utilisant un petit fer à souder ordinaire.

Alimentation et chargeur

Le circuit d'alimentation et de charge des batteries au lithium occupe environ un tiers du circuit imprimé. Certes c'est bien de l'avoir, mais pas d'une réelle importance pour de nouveaux projets personnels. La mauvaise nouvelle concernant cette section est qu'il y a quelques circuits intégrés CMS que je n'ai pas pu identifier. À la suite des premières mesures sur le circuit, il semble qu'il soit mis sous tension lorsqu'on appuie sur le bouton d'alimentation et qu'une sortie de l'UC le maintienne en vie une fois que l'appareil a réussi à démarrer. Cela expliquerait également que le manuel indique qu'il faut appuyer sur le bouton pendant environ trois secondes pour allumer le compteur de CO₂, ce qui suggère qu'il existe une interaction ou une rétroaction entre le microcontrôleur et le circuit d'alimentation. Il se pourrait, par exemple, que la tension de la pile au lithium soit mesurée (protection contre les décharges profondes) ou que la présence et le fonctionnement des capteurs et/ou de l'affichage soient vérifiés avant que le compteur ne reste allumé. Difficile à dire sans savoir ce que fait exactement le micrologiciel, ou sans connaissance exacte du circuit d'alimentation.

Le capteur de CO₂

Un compteur de CO₂ a bien sûr besoin d'un capteur de CO₂. Tout comme pour le compteur lui-même, on ne trouve pas de numéro de type ou de marque sur ce module (**fig. 2**). En regardant les photos d'autres capteurs sur l'internet, c'est au MH-Z19 [3] de Winsen Electronics Technology qu'il ressemble le plus, mais ce n'est certainement

pas la même chose. La face inférieure du capteur inconnu est recouverte d'une carte d'extension qui achemine ses deux connecteurs à broches SIL vers un connecteur pour le câblage du circuit imprimé principal. En retirant ce petit circuit imprimé, on constate que seuls l'alimentation et les signaux Rx/Tx sont acheminés, le brochage est identique à celui du MH-Z19. Il y a également une sortie MLI, il est donc très probable qu'il s'agisse d'un clone du capteur de CO₂ bien connu de Winsen.

LCD

Reste une partie très importante : l'écran. Le circuit imprimé principal est monté sur le couvercle du boîtier à l'aide de quatre vis et l'écran est fixé à ce circuit imprimé avec du ruban adhésif double face. Faites attention lorsque vous le démontez ; l'écran et la carte du processeur sont reliés par un câble flexible qui peut facilement être endommagé et qui est difficile (voire impossible) à remplacer. Heureusement, il n'y aura pratiquement aucune raison de le démonter. Nous l'avons fait pour vous afin de savoir de quel type d'écran il s'agit : le marquage « CL028-04 » sur le câble flexible indique un écran TFT de 2,4 pouces, 240 × 320 pixels, qui est un écran LCD à port parallèle, à 37 broches, compatible ILI9341 [4].

Non montés...

Et puis il y a quelques empreintes vides pour des composants sur le circuit imprimé principal, sans doute pour d'autres applications ou de futurs développements. Tout d'abord, il y a une empreinte marquée WIFI, sûrement réservée à un module ESP12 (à base d'ESP8266) (voir **fig. 3**). Sur cette empreinte, seuls VCC, GND, RxD et TxD sont acheminés, ce qui est suffisant pour ajouter une interface Wi-Fi rudimentaire à la carte.

Enfin, il y a deux empreintes vides marquées J1 et J2, vraisemblablement pour des connecteurs mini-USB, et un connecteur d'alimentation à 3 broches. Ceux-ci peuvent toujours servir pour ajouter du matériel supplémentaire.

Sans garantie

Ainsi que mentionné précédemment, cet appareil est vendu partout sur le web, sous différentes marques, dans différents boîtiers et pour des prix allant d'environ 20 à 80 €. Dans le bas de cette fourchette de prix, vous en aurez certainement pour votre argent, avec une MCU ARM Cortex M3 à 32 bits, un LCD graphique couleur, deux capteurs et une batterie au lithium avec circuit de charge alimenté par micro-USB. Le boîtier peut être réutilisé, et il reste suffisamment d'espace à l'intérieur pour du matériel supplémentaire. Il y a quelques pattes (E/S) sur des empreintes vides, donc même si les capteurs restent connectés, il y a quelques E/S de rechange accessibles. Mais bien sûr cela demande plus de rétro-ingénierie. Il faudrait un schéma complet pour faire vos propres applications avec ce matériel.

Et recevrez-vous exactement le même matériel si vous achetez un compteur de CO₂ qui ressemble à celui dont j'ai parlé ici ? Très probablement, mais malheureusement, je ne peux pas le garantir ! ❗

210180-04

Contributeurs

Texte et illustrations : **Luc Lemmens**

Rédaction : **Jens Nickel, C.J. Abate**

Mise en page : **Giel Dols**

Traduction : **Denis Lafourcade**

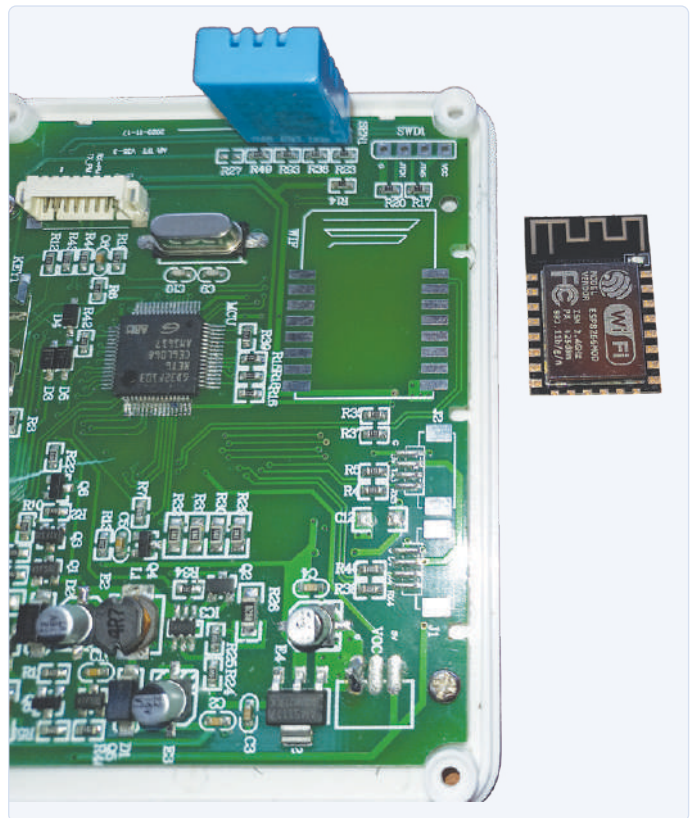


Figure 3. Un module ESP12F est un candidat très probable pour WIFI.

Des questions, des commentaires ?

Envoyez un courriel à l'auteur (luc.lemmens@elektor.com) ou contactez Elektor (redaction@elektor.fr).



PRODUITS

- Livre en anglais « The Ultimate Compendium of Sensor Projects », D. Ibrahim, Elektor 2019
www.elektor.fr/19103
- Livre en anglais « Advanced Programming with STM32 Microcontrollers », M. Pakdel, Elektor 2020
www.elektor.fr/19520

LIENS

- [1] Capteur de température et d'humidité relative DHT-11 : <https://bit.ly/3jLfUPp>
- [2] Fiche technique du GD32F103-RET6 : <https://bit.ly/3hiMF4M>
- [3] Capteur de CO₂ MH-Z19 : <https://bit.ly/3wf1B8g>
- [4] Pilote de LCD ILI9341 : <https://bit.ly/3dNbOm0>