

station de soudage

2021

Facile à construire !

Luc Lemmens et Mathias Claußen (Elektor)



INFOS SUR LE PROJET

Mots clés

outils, laboratoire, soudage, Weller, Hakko, JBC

Niveau

débutant – **connaissanceur** – expert

Temps

env. 4 h

Outils

outils de soudage, outils mécaniques, imprimante 3D (facultatif)

Cout

70 € environ

Le faible prix de revient de cette réalisation était un critère prépondérant. Rien de superflu, mais robuste et fonctionnel. C'est un peu démodé à l'ère des CMS, mais lorsqu'il s'agit de souder, la plupart des amateurs préfèrent encore les composants traversants. Bien qu'il soit de plus en plus difficile d'en trouver (en particulier pour les circuits intégrés), nous avons voulu présenter une réalisation complète respectant ce principe afin de faciliter l'assemblage. La construction et le câblage de cette station de soudage sont simples. Elle utilise deux cartes à circuit imprimé (principale

+ face avant) qui sont interconnectées par un câble plat. Nous avons retenu un nouveau microcontrôleur *AVR* de *Microchip*. Il permet de concevoir le logiciel avec l'*EDI Arduino*, plateforme qui offre à ceux qui le souhaitent de pouvoir modifier le logiciel.

Nous étions plutôt fiers et satisfaits de la compacité de la précédente station de soudage, avec alimentation externe standard de 12 V DC. À chaque médaille son revers : beaucoup de nos lecteurs se sont plaints de son poids trop faible pour rester sur l'établi

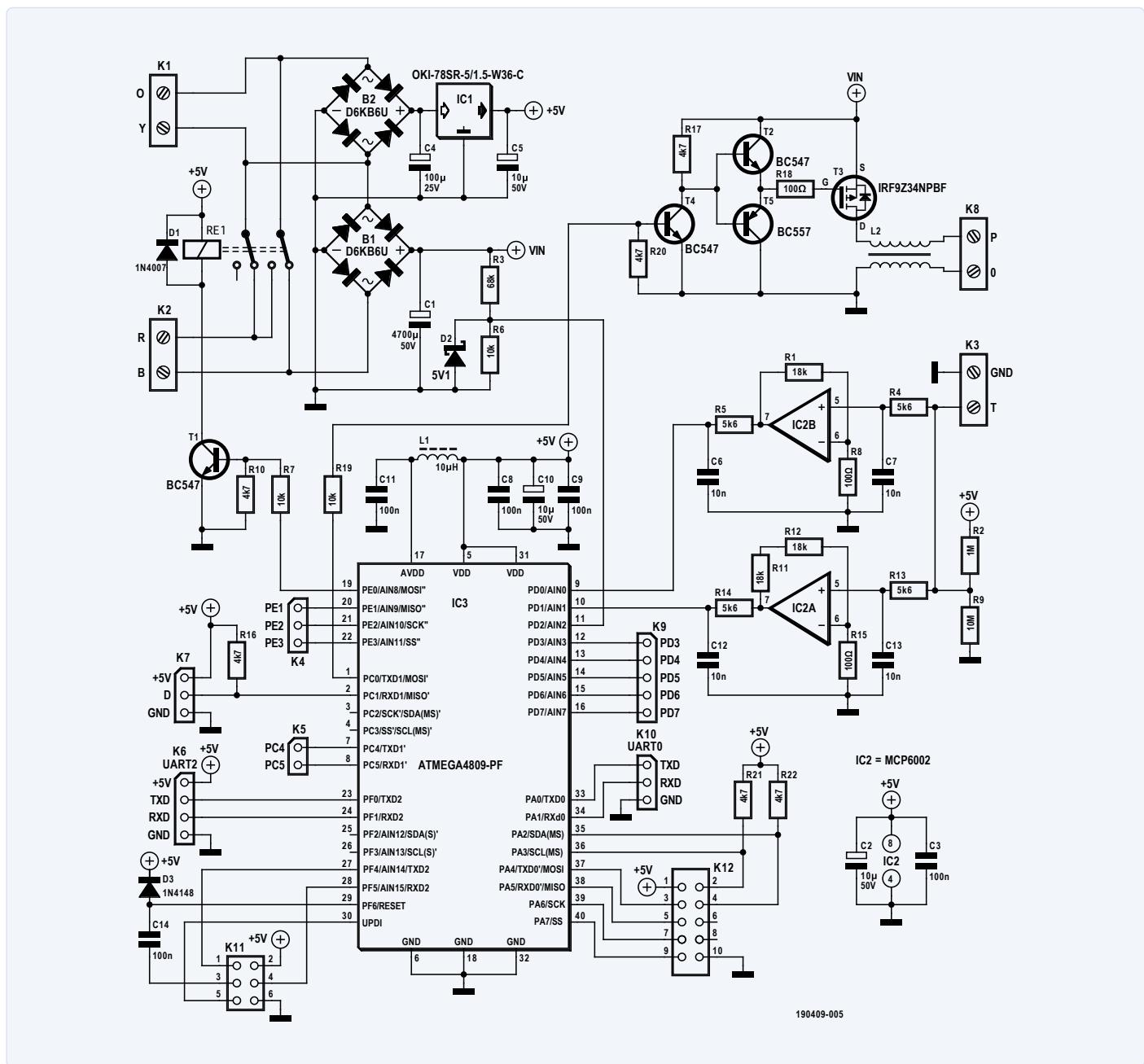


Figure 1. Schéma de la carte principale.

pendant le soudage. *Nostra culpa* : excellente en itinérance, elle est loin d'être idéale pour une station de soudage de labo. Nous avons facilement résolu ce problème en intégrant l'alimentation électrique, dans le boîtier, surtout qu'un transformateur toroïdal de 60 VA est un argument de poids ! L'afficheur à LED, plus grand que l'écran OLED de l'ancienne station, améliore la lisibilité du réglage de la température. Il affiche moins d'informations, mais la température (et c'est le plus important) peut maintenant être lue d'un coup d'œil.

Pourquoi changer...

Sur le plan matériel, la réalisation précédente fonctionnait bien, et nous n'y avons pas vraiment touché (voir **fig. 1**). Les circuits de mesure et de contrôle de la température sont d'ailleurs similaires. Cependant, pendant la phase de prototypage, nous avions déjà quelques doutes sur le bien-fondé de la mesure du courant par résistance shunt et amplificateur de détection INA138. Cela compliquait inutilement le matériel et le logiciel de contrôle de température, et nous avons abandonné cette partie du circuit.

Alimentation électrique

La nouvelle station de soudage est alimentée par un gros transformateur toroïdal (2×12 V, 60 VA), dont les deux secondaires sont connectés respectivement à K1 et K2. Le type indiqué dans la liste des composants a également deux primaires, permettant une tension de secteur de 115 VAC (enroulements en parallèle) et de 230 VAC (enroulements en série). Bien sûr, vous pouvez utiliser un transformateur avec un secondaire de mêmes caractéristiques, mais un primaire correspondant uniquement à votre tension de secteur.

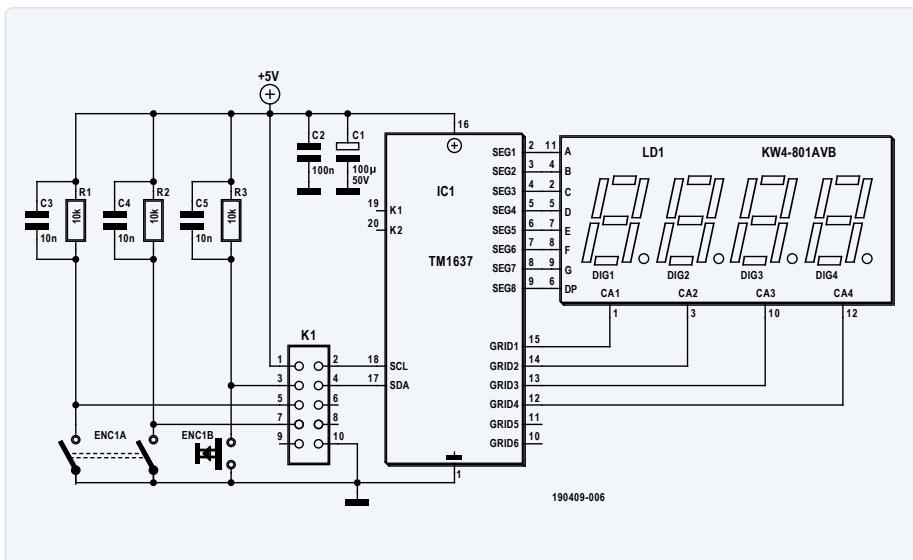


Figure 2. Schéma de la carte affichage.

L'un des deux secondaires est utilisé pour alimenter en +5 V les circuits logiques et de commande via le pont de diodes B2 et le convertisseur DC/DC IC1. Le microcontrôleur commande le relais RE1 par le transistor T1. Cela permet de commuter les secondaires en parallèle ou en série selon le type de fer à souder utilisé. Avec RE1 au repos, la tension la plus basse est sélectionnée. La tension alternative est redressée et lissée (B1 et C1). Le diviseur de tension R3-R6 la réduit pour qu'elle soit dans la plage d'entrée du CA/N interne du microcontrôleur. La diode Zener D2 protège contre les surtensions. La puissance délivrée au fer à souder, c.-à-d. la température de la panne, est contrôlée par MLI, à l'aide des mêmes circuits (T2 à T5) que ceux utilisés dans le « poste de soudage de CMS compact » (180348-03). La self en mode commun L2 supprime les interférences RF sur le câble du fer à souder.

Mesure de la température

Les amplificateurs opérationnels (AOP) IC2A et IC2B amplifient la tension de sortie du capteur de température, respectivement 361 fois (type C pour Hakko) et 181 fois (type K pour Weller et JBC). Pour adapter l'amplification, nous avons préféré deux AOP fixes à la commutation des résistances. Le type de fer à souder est réglé par le logiciel et le microcontrôleur sélectionne la tension d'alimentation et l'entrée CA/N adéquates pour mesurer la température de la panne. Une sonde de température à un fil DS18B20 peut être connectée à K7 pour mesurer la

température ambiante afin de compenser la soudure froide du thermocouple interne du fer à souder.

Programmation et débogage

Les fabricants de microcontrôleurs comme *Microchip/Atmel* savent que les composants classiques sont toujours demandés. Ainsi, même le récent *ATmega4809* avec la « nouvelle » interface de programmation *UPDI (Unified Program and Debug Interface)* de Microchip est disponible en version DIP à 40 broches, idéale pour le prototypage et le bricolage. K11 fournit une UPDI au microcontrôleur. Cette interface, comme son nom l'indique, est utilisée tant pour la programmation que le débogage. Pour en savoir plus sur ce successeur de l'*AVRISP* (qui nous a servi pendant tant d'années !), voir le site d'*Elector Labs* [2]. Cette page montre également comment exploiter une carte *Arduino Uno* comme interface de programmation viable pour ce projet. Notez qu'à ce jour, l'interface de programmation/débogage bon marché de Microchip *Snap UPDI*, n'est pas prise en charge dans l'*EDI Arduino*.

Le connecteur K12 est la connexion à la carte d'affichage (afficheur et codeur rotatif), que nous verrons plus loin. La broche marquée « spare » n'est utilisée ni par le matériel ni par le logiciel, mais le sera (développement ultérieur) pour une entrée ou sortie supplémentaire sur la face avant.

Presque toutes les broches inutilisées du microcontrôleur sont acheminées vers des connecteurs SIL sur le circuit imprimé. On

trouve deux *UART* (K6 et K10 respectivement) et d'autres E/S (analogiques et numériques) sur K4, K5 et K9, mais aucun d'entre eux n'a de fonction définie ni n'est pris en charge dans la version actuelle du microprogramme.

Carte d'affichage PCB 190409-2

De nombreux afficheurs à quatre chiffres, pilotés par *I2C* et prêts à l'emploi, sont abordables. Ils sont souvent commandés par un pilote d'afficheur à LED *TM1637* produit par *Titan Microelectronics*. Ces afficheurs sont largement utilisés par les fabricants et conviennent pour notre station de soudage. Trois chiffres auraient suffi pour afficher la température, mais les quatre chiffres se sont avérés être l'option la plus abordable. La face avant accueille aussi le codeur rotatif avec bouton-poussoir. Nous voulions que le câblage entre les cartes soit aussi simple et ordonné que possible. Nous avons donc décidé d'inclure tous ces composants sur la carte d'affichage et de la relier à la principale par un seul câble plat. À cet effet, nous avons réalisé notre propre circuit en utilisant le *TM1637* et un quadruple afficheur à LED à 7 segments, voir **fig. 2**. Le *TM1637* est disponible en boîtiers DIP et SOIC et bien que nous voulions une station de soudage avec uniquement des composants traversants, nous avons fait une exception pour ce CI en fournissant des empreintes pour les deux versions de boîtier sur la carte. En effet, l'expédition des CI DIP que nous avions commandés en Asie fut retardée à cause de la COVID-19, mais nous avions des modules tout faits équipés en SOIC au labo. Le dessoudage d'un SOIC sur l'un d'eux était le moyen le plus rapide de reprendre le développement de notre prototype.

Logiciels

Le code lui-même comprend plusieurs parties qui s'imbriquent. Elles définissent des classes et des objets créés à partir de celles-ci. Quiconque travaille avec l'*EDI Arduino* utilise des objets et des classes, souvent sans le savoir. En bref, une classe est un plan de construction servant à créer l'objet adéquat dans le code, comme un bâtiment est érigé selon le plan de l'architecte. Une introduction à l'orientation objet du C++ dépasse largement le cadre de cet article, c'est pourquoi nous aborderons ici les objets et les classes de manière très abstraite.

Prenons par exemple l'affichage, appelé *frontend* (frontal) dans le logiciel. Il sert à visualiser les valeurs (par ex., température,

menu et codes d'erreur) transférées du cœur de la station vers le frontal. Il ne serait pas très judicieux d'effectuer dans le code les adaptations nécessaires à chaque type d'écran (OLED, LCD alphanumérique ou afficheur à 7 segments).

C'est là que les classes et les objets entrent en jeu : pour le noyau du logiciel, le frontal est toujours un écran, qui fournit toujours les mêmes fonctions. Ainsi, avec les classes adéquates (plans de construction), le logiciel d'une station de soudage peut être conçu pour le matériel décrit ici. Si par ex., vous préférez utiliser un OLED de 0,96" au lieu de l'afficheur à LED, seul le code de ce frontal doit être intégré.

Le programme du « poste de soudage de CMS compact » (180348-03) avait été conçu pour cela. Le noyau de l'actuelle station est presque le même, seules les parties périphériques ont été adaptées au matériel.

Le suivi de la température a aussi subi quelques ajustements. Le schéma du circuit montre deux AOP distincts, l'un pour les thermocouples de type K et l'autre pour ceux de type C, de sorte que les pannes et fers de différents fabricants sont utilisables. En outre, un DS18B20 optionnel permet une compensation de soudure froide ; un capteur adéquat est automatiquement détecté et évalué. En fonction de la panne à souder configurée dans les paramètres de la station, l'entrée A0 ou A1 est automatiquement sélectionnée et la tension convertie à la température correcte. Puis, si disponible, la compensation de soudure froide est appliquée. À ce stade, un capteur *OneWire DS18B20* mesure la température. Nous utilisons quelques astuces pour le lire. Au démarrage du logiciel, le système recherche ce capteur *OneWire*, si aucun n'est détecté, le logiciel le note et aucune tentative ne sera faite pour le rechercher à nouveau. En présence d'un capteur détecté, la lecture de température est divisée en deux étapes. La 1^{ère} étape s'effectue toutes les 2 s et lance la conversion de la température instantanée délivrée par le capteur. Il a besoin d'au moins 750 ms pour la mesurer, ensuite la valeur est prête à être lue et traitée. Comme le MCU ne peut s'arrêter 750 ms, un drapeau signale le début de conversion. Si le début de conversion remonte à plus d'une seconde, 2^e étape, la valeur est extraite du capteur et il est noté que la lecture est terminée. Une seconde plus tard, la séquence de lecture suivante est lancée. De cette façon, le MCU peut effectuer d'autres tâches pendant la conversion de la température.

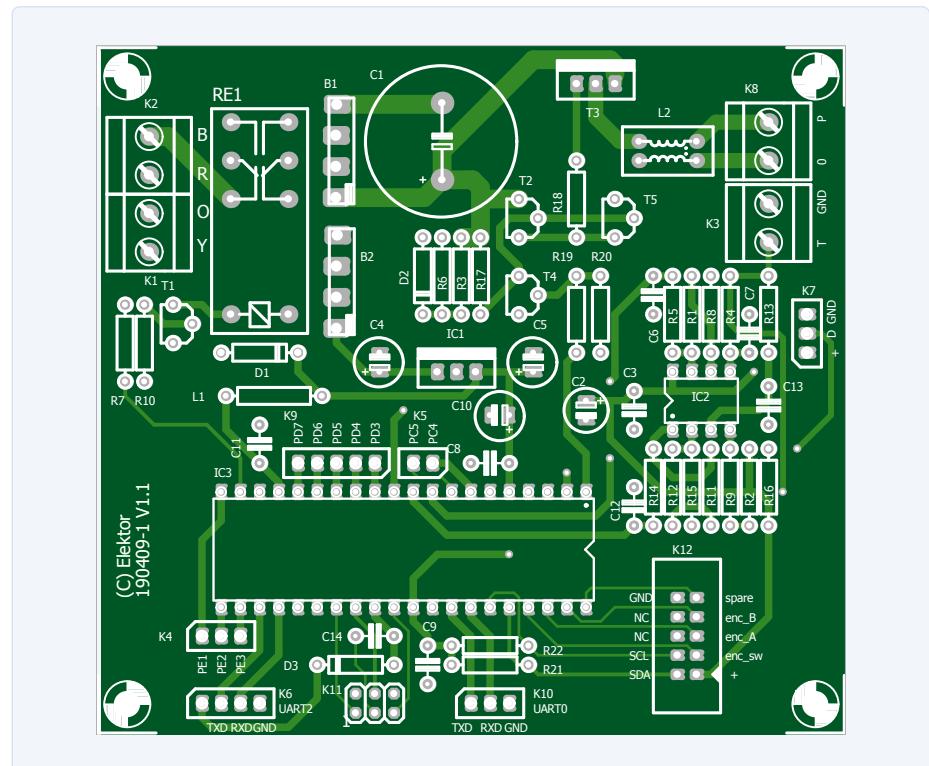


Figure 3a. Circuit imprimé principal.

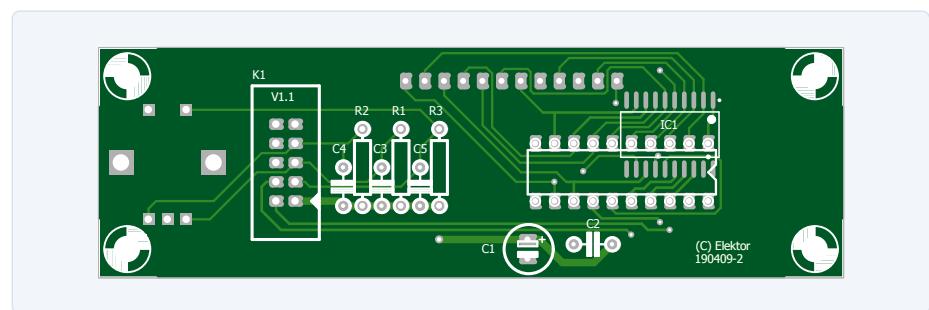


Figure 3b. Circuit imprimé pour l'affichage.

MLI avec le temporisateur A

Les temporiseurs (*timer*) de l'ATmega4809 sont différents de ceux de ses prédecesseurs. Dans ce nouveau MCU, le timer A peut fournir six sorties MLI, ce qui est très pratique pour piloter des servos, des LED et d'autres composants. C'est aussi la configuration standard de *MegaCoreX*, le matériel qui doit être installé dans l'EDI Arduino pour l'ATmega4809. Le timer A est un timer à 16 bits avec trois sorties MLI, mais il est configuré par défaut comme un timer à 8 bits avec six sorties. C'est assez pour des servos, mais insuffisant pour commander la puissance de la station de soudage à 10 kHz. C'est pourquoi, le timer A

doit être reconfiguré en mode 16 bits pour la MLI de notre station de soudage.

Codeur rotatif et bouton-poussoir

Le codeur est lu par une routine sur interruption du timer. Toutes les 250 µs, les broches du codeur sont lues, et le sens de rotation est déterminé à partir des quatre derniers états des broches. Comme les contacts du codeur sont mécaniques, la rotation ne produit pas de transitions nettes et sans filtrage il y aurait toujours du bruit sur les signaux des broches d'entrée de l'ATmega. Trois filtres passe-bas RC et un filtrage logiciel permettent de supprimer ce bruit.



LISTE DES COMPOSANTS

de la carte mère

Résistances

R1,R11,R12 = 18 kΩ
 R2 = 1 MΩ
 R3 = 68 kΩ
 R4,R5,R13,R14 = 5,6 kΩ
 R6,R7,R19 = 10 kΩ
 R8,R15,R18 = 100 Ω
 R9 = 10 MΩ
 R10,R16,R17,R20,R21,R22 = 4,7 kΩ

Inductances

L1 = self d'arrêt 10 µH, 130 mA
 L2 = self d'arrêt en mode commun 10 A, Laird CM2545x171B-10

Condensateurs

C1 = 4700 µF, 50 V, pas de 10 mm, 22×41 mm
 C2,C5,C10 = 10 µF, 50 V, pas de 2 mm, 5×11 mm
 C3,C8,C9,C11,C14 = 100 nF, 50 V, X7R, pas de 5,08 mm
 C4 = 100 µF, 50 V, pas de 3,5 mm, 8×11 mm
 C6,C7,C12,C13 = 10 nF, 50 V, pas de 5 mm, X7R

Semi-conducteurs

D1 = 1N4007, 1000 V, 1 A
 D2 = diode Zener simple, 5,1 V, 500 mW
 D3 = 1N4148, 100 V, 200 mA, 4 ns
 B1,B2 = pont redresseur D6KB6U, 600 V, 6 A
 T1,T2,T4 = BC547C, 45 V, 100 mA, 500 mW, hfe=400

T3 = IRF9Z34NPBF, MOSFET-P, 55 V, 17 A, 100 mΩ

T5 = BC557C, -45 V, -100 mA, 500 mW, hfe=400

IC1 = convertisseur DC/DC

OKI-78SR-5/15-W36-C, 5 V, 1,5 A

IC2 = AOP double MCP6002-E/P

IC3 = MCU 8 bits ATmega4809-PF

série 42R (connecteurs secteur, Conrad 736709)

Connecteur IDC à 10 voies (2×)

Câble plat à 10 voies, 20 cm env.

Circuit imprimé 190409-1 V1.1

Autres

RE1 = relais de puissance, 5 VDC, DPDT, 8 A, Schrack RT424005

K1,K2,K3,K8 = bornier 5,08 mm, 2 voies, 630 V

K4,K7,K10 = connecteur, barrette sécable, 1 rangée, 3 voies, vertical

K5 = barrette sécable, 1 rangée, 2 voies, verticale

K6 = barrette sécable, 1 rangée, 4 voies, verticale

K9 = barrette sécable, 1 rangée, 5 voies, verticale

K11 = barrette sécable, 2 rangées, 6 voies, verticale

K12 = connecteur à 10 voies, pas de 2,54 mm

Divers

Transformateur secteur toroïdal 60 VA, 2×115 V, 2×12 V, MCTA060/12

Fusible primaire 20 mm, 630 mA @240 VAC

Fusible primaire 20 mm, 1,25 A @115 VAC

Connecteur K & B 59JR101-1FR-LR, CEI

de la carte d'affichage

Résistances

R1,R2,R3 = 10 kΩ

Condensateurs

C1 = 100 µF, 50 V, pas de 3,5 mm, 8×11 mm

C2 = 100 nF, 50 V, X7R, pas de 5,08 mm

C3,C4,C5 = 10 nF, 50 V, pas de 5 mm, X7R

Semi-conducteurs

LD1 = affichage LED à 7 segments à quatre chiffres KW4-801AVB (Luckylight)

IC1 = circuit spécial de pilotage de LED, I²C, TM1637

Autres

ENC1 = codeur avec bouton-poussoir, Bourns PEC11R-4225F-N0024

K1 = connecteur à 10 voies, pas de 2,54 mm

Circuit imprimé 190409-2 V1.1

mer le bruit. Le bouton-poussoir du codeur est traité par la même fonction et donc également contrôlé toutes les 250 µs.

Défauts...

Toutes les 50 ms, la température réelle du fer à souder est comparée à la consigne. Si la station détecte une température supérieure à 650 °C, c'est interprété comme un défaut du capteur et le chauffage est coupé pour éviter

la surchauffe. Si la station ne détecte pas d'augmentation de température de la panne après 6 s de chauffage, c'est aussi considéré comme un défaut et le chauffage est coupé. Pour un défaut du capteur de température, la station affiche *E-01*, pour un défaut du chauffage *E-03*. Une brève pression sur le bouton du codeur rotatif, permet de quitter le défaut, et la station tentera de reprendre son fonctionnement normal.

Fabriquer le matériel

Les fichiers Gerber des deux cartes (**fig. 3**) sont téléchargeables ici [3], vous pouvez les utiliser pour commander ces cartes. Souder des composants traversants sur ces cartes est aisé. Notez que la carte d'affichage comporte la plupart des composants sur la face supérieure, avec une double empreinte pour IC1 pour utiliser soit la version SOIC, soit la version DIL. L'afficheur à LED et le

WEB LINKS

- [1] « poste de soudage de CMS compact », Elektor, 01/2019 » : www.elektormagazine.fr/180348-03
- [2] Programmeur UPDI pour ATmega4809 et ATtiny816/817 : www.elektormagazine.fr/labs/arduino-for-updi-programming-for-atmega4809-and-tiny816817-with-jtag2updi
- [3] Téléchargements de ce projet : www.elektormagazine.fr/190409-04
- [4] Fichiers STEP du boîtier : github.com/DK1CMB/Elektor-SolderironCase
- [5] Fichiers STEP du bouton : www.thingiverse.com/tracert/designs

codeur rotatif doivent être soudés sur la face inférieure de la carte.

Notre petite station précédente était fournie avec un circuit imprimé fonctionnel, mais sans boîtier. Certains de nos lecteurs ont eu du mal à trouver ou réaliser un boîtier adéquat. Cette fois-ci, le kit DIY va jusqu'au boîtier imprimable en 3D qui a été aimablement construit en externe par Caroline Claußen. Tous les fichiers STEP peuvent être téléchargés ici [4] et imprimés sur les imprimantes 3D les plus courantes, comme l'Anycubic I3 Mega-S (voir « Produits »). Un avertissement cependant : certaines pièces sont longues à imprimer, mais ne laissez jamais une imprimante 3D en marche sans surveillance, elles fonctionnent avec des courants élevés et peuvent prendre feu.

Savez-vous pourquoi les outils de CAO comme KiCad et Altium intègrent des modèles 3D pour les composants ? Parce que ça facilite la conception d'un boîtier. Ces outils de CAO de circuits imprimés peuvent exporter votre création en fichier STEP 3D et les outils qui gèrent ce format peuvent les utiliser. Presque tous les logiciels de création 3D permettent de concevoir un joli boîtier autour du modèle 3D du circuit imprimé. Ici, il a fallu imprimer neuf pièces. Au total, il faut compter jusqu'à 24 h d'impression, ce délai peut varier en fonction de l'imprimante. Si toutes les pièces ont été imprimées, il reste à les assembler. Il y a quelques pièces non imprimables en 3D : une entrée secteur CEI avec interrupteur intégré et porte-fusible, avec les vis et écrous pour la fixer sur le panneau arrière. Comme le montre la **figure 4**, des fils et connecteurs sont nécessaires pour relier l'interrupteur et le fusible aux primaires du transformateur. Lors du raccordement du transformateur, notez que les bornes de K1 et K2 sont repérées par l'initiale des couleurs des isolants des fils des secondaires : noir (B), rouge (R), orange (O) et jaune (Y). Avec un transformateur de marque ou type différent, assurez-vous que les repères de « début d'enroulement » des fils, d'habitude représentés par des points dans la fiche technique, correspondent au transformateur Multicomp que nous avons utilisé. Et bien sûr : n'oubliez pas d'installer le fusible sur le primaire (secteur) du transformateur.

Pour assembler l'avant, le dos et le capot, utilisez des vis M2,5. Pour le circuit imprimé, il a quatre pattes qui doivent être placées dans la base, puis il faut mettre le circuit imprimé au-dessus et insérer les vis, car cela compensera l'imprécision que peut avoir votre imprimante 3D. Avec un peu de patience, vous obtiendrez un résultat proche de la **fig. 5**.

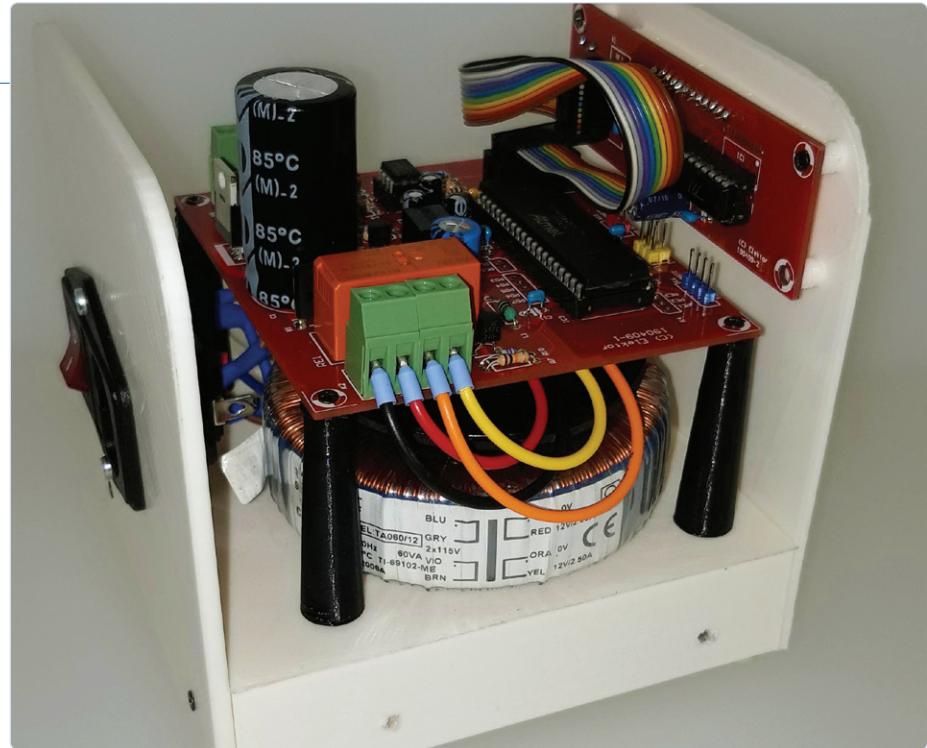


Figure 4. Entrée secteur avec porte-fusible et interrupteur.

Note : cette station de soudage a été testée de manière approfondie avec une panne Weller RT. Malheureusement, nous n'avions ni fer à souder Hakko FX-8801 ni JBC T245 disponibles pour les tests, mais la station devrait fonctionner correctement avec ces derniers.

Le raccordement du fer à souder (**fig. 6**) peut se faire de différentes manières. Il n'y a pas de trou prévu à cet effet dans le boîtier. Pour notre prototype pour fer à souder Weller RT, nous avons monté un connecteur jack audio de 3,5 mm. Ce n'est pas la meilleure solution possible, mais elle fonctionne. N'utilisez pas

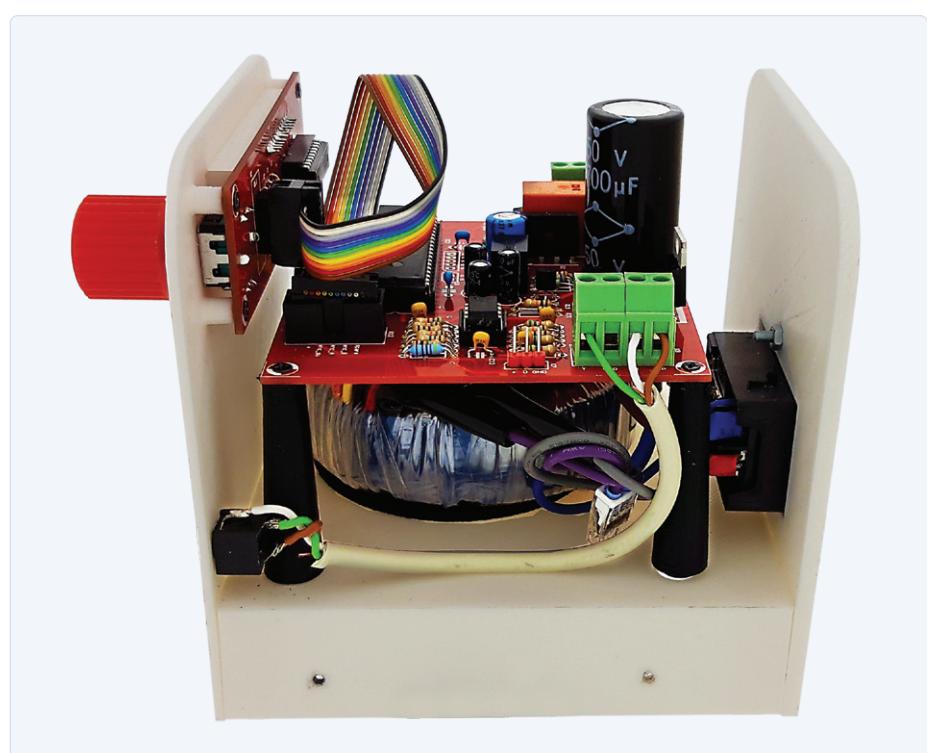


Figure 5. Intérieur du boîtier imprimé en 3D.

de rallonge audio flexible, la section du fil de cuivre est trop petite pour supporter le courant de l'élément chauffant. Nous avons essayé et au lieu de chauffer la panne, en une minute le câble est devenu brûlant à la main. Nous y avons remédié en utilisant un câble de plus forte section. Dernier point, mais non des moindres : le bouton. Chacun ayant ses préférences de taille et de forme en matière de boutons, il suffit de chercher « rotary knob » sur *Thingiverse* et de choisir le plus séduisant. Nous avons utilisé ici par ex. le modèle de *Domain Mittu* [5]. Nous l'avons imprimé en TPU, plus doux, ce qui donne une bonne prise en main. Pour le capot rouge, nous avons choisi le PTEG, plus résistant que le PLA, mais moins facile à manipuler. Il est parfaitement possible d'imprimer le capot en PLA.

Utilisation

À la première mise sous tension, avant de brancher un fer à souder, il faut maintenir le bouton-poussoir du codeur rotatif enfoncé jusqu'à l'ouverture du menu de sélection du type de fer à souder afin de choisir entre C0, C1 et C2 qui correspondent respectivement à Hakko FX-8801, JBC T245 et Weller RT. Appuyez sur le codeur rotatif pendant dix secondes pour mémoriser ce choix et la station redémarrera avec la tension correcte (12 V/24 V) et l'entrée analogique adaptée à la mesure de la température. Bien entendu, cette sélection est mémorisée et conservée après l'arrêt. En mode normal, le codeur rotatif est utilisé pour régler la température du fer à souder. L'afficheur passe en luminosité maximale lorsque ce réglage est modifié. Le nouveau réglage de la température est appliqué 5 s après le relâchement du bouton rotatif. L'afficheur repasse alors à la luminosité normale et affiche la température réelle de la panne. Lorsque le fer à souder chauffe, le point décimal le plus à gauche de l'afficheur clignote.

Nous pensons que cette nouvelle station de soudage dissipe la plupart des objections faites à la station précédente, mais des améliorations restent toujours possibles. Afin de garantir ces possibilités d'amélioration, nous avons acheminé presque toutes les broches inutilisées du MCU vers des connecteurs d'extension de la carte mère. Si vous faites vous-même des modifications ou extensions susceptibles d'intéresser d'autres lecteurs, merci de nous en faire part !

(190409-04)



Figure 6. Connexions de la RT Weller.

Des questions ou des commentaires ?

Si vous avez des questions ou des commentaires sur cet article, envoyez un courriel aux auteurs (mathias.claussen@elektor.com et luc.lemmens@elektor.com) ou contactez Elektor (redaction@elektor.fr).

Contributeurs

Idée, conception et texte :

Mathias Claussen, Luc Lemmens

Illustrations : **Patrick Wielders**

Rédaction : **Luc Lemmens**

Mise en page : **Giel Dols**

Traduction : **Yves Georges**



PRODUITS

➤ **Station de soudage numérique Weller WE 1010 (kit pédagogique)**
www.elektor.fr/weller-we-1010-digital-soldering-station-education-kit

➤ **Extracteur de fumée avec éclairage à LED**
www.elektor.fr/fumetractor-with-led-light

➤ **Imprimante 3D i3 Mega-S de Anycubic (kit)**
www.elektor.fr/anycubic-i3-mega-s-3d-printer-kit