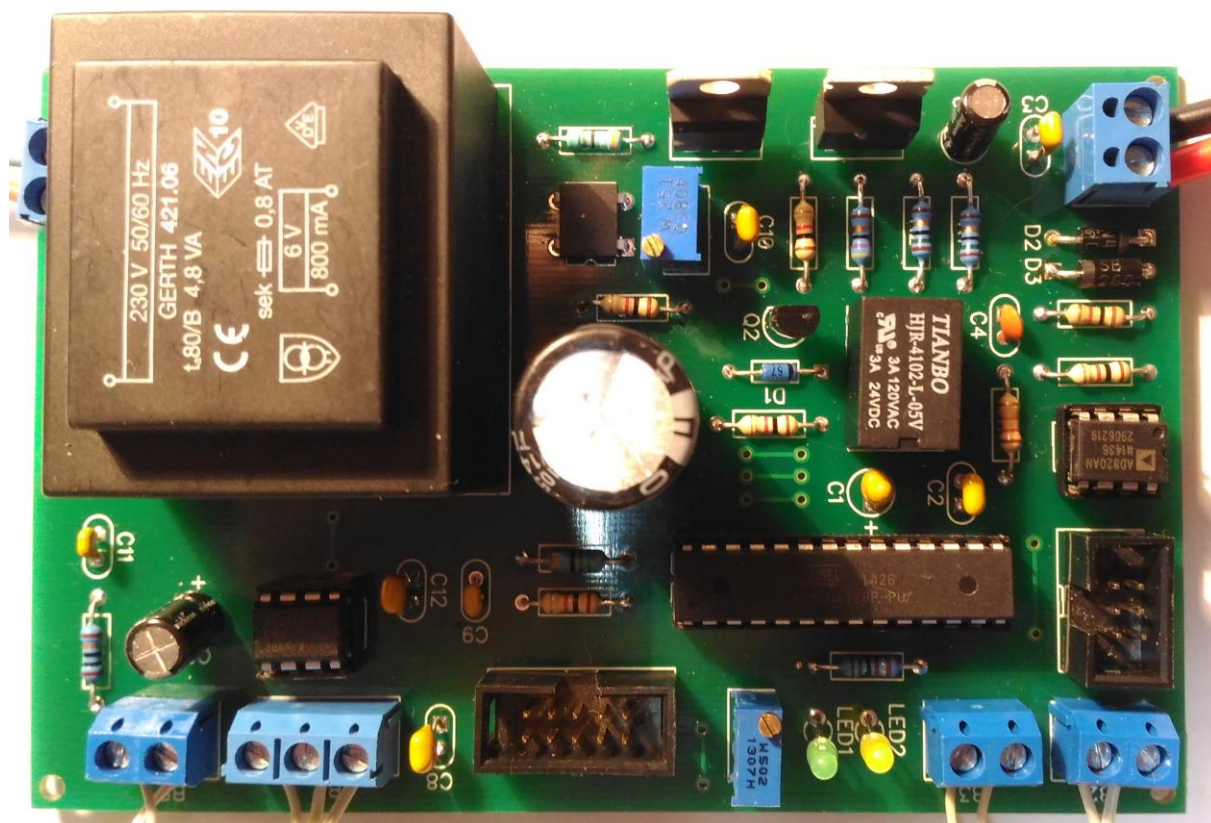


# MILLI-OHMMETRE & TRAQUEUR DE COURT-CIRCUIT



## Objet de l'article

Cet outil vous facilitera la recherche d'un court-circuit, par exemple sur une carte de circuit imprimé lors d'un dépannage, grâce à un signal sonore de fréquence d'autant plus élevée que le chemin sera court entre les pointes de touches de l'appareil, et le court-circuit responsable de la panne. De plus, il affiche la faible résistance ohmique qui sépare les pointes de touche du court-circuit recherché. La description qui suit concerne la version en composants "à piquer". Les documents concernant la version CMS sont regroupés dans le fichier zip accessible depuis la page du site.

## Utilité de ce montage

La problématique est assez banale : un court-circuit existe entre deux pistes d'un circuit imprimé complexe, et peut être provoqué par la défaillance de n'importe lequel des composants implantés sur ses pistes de cuivre. Il faut alors dessouder ces composants un par un pour en identifier le coupable, en espérant que ce ne soit pas le dernier.

Il peut s'agir aussi du fin « cheveu » de cuivre pervers qui relie deux pistes du dernier circuit imprimé que vous venez de graver, et qui a échappé à votre vigilance.

Un ohmmètre, même sur son calibre le plus faible, ne permet pas de localiser précisément l'endroit où se trouve ce court-circuit.

Notre outil s'utilise de la même manière qu'un ohmmètre, avec cette différence qu'il prend en compte la faible résistance des pistes cuivrées.

Plus est faible la longueur des pistes entre le court-circuit recherché et l'endroit où est faite la mesure, et plus la valeur ohmique l'est aussi. Un signal sonore est émis durant la mesure, ce qui permet de ne pas avoir à détourner les yeux de l'objet du délit.

Plus les pointes de touches de l'appareil sont proches du court-circuit, et plus le signal sonore est aigu.

De plus, la valeur ohmique mesurée à l'endroit des pointes de touche peut être consultée sur un afficheur LCD.

## Schéma de principe

Le schéma de principe est visible en cliquant sur le bouton correspondant en début d'article.

Le montage comporte sa propre alimentation.

La tension alternative en sortie du transformateur 230V/6V est redressée par le pont de diodes nommé D4, puis lissée par le condensateur électrolytique C7.

Le régulateur linéaire ajustable, U3, à faible tension de déchet (LDO), de type LD1085V, fournit les 5V nécessaires au montage.

Le principe de fonctionnement est évidemment une application de la loi d'Ohm. Le transistor Q1, de type PMOS, agit comme un interrupteur. Lorsque cet interrupteur est fermé, un courant s'établit dans le circuit mesuré, connecté au bornier B1, en passant soit par les résistances en parallèle R1-R2, soit par la résistance R3, selon la position du relais

Rel1. Ce relais permet de sélectionner l'une ou l'autre des deux gammes de mesure disponibles.

Le microcontrôleur U1 commande le transistor Q1 par son port PB6, configuré en sortie. Cette sortie se trouve au niveau +5V pendant 100 millisecondes, durant lesquelles le transistor Q1 est bloqué. Au terme de ce délai, le port PB6 du microcontrôleur passe au niveau 0 V pour une durée d'environ 10 millisecondes. Q1 devient alors conducteur, sa grille étant négative de 5 V par rapport à sa source.

Lors des phases de conduction, le microcontrôleur commence par mesurer la tension présente sur le drain de Q1, prenant ainsi en compte les faibles chutes de tension dues au transistor Q1, au relais, et aux différentes pistes du circuit imprimé.

Le microcontrôleur mesure ensuite la tension en sortie de l'amplificateur U2, un amplificateur opérationnel de type AD820, du fabricant Analog Devices.

Cet AOP de précision, à faible tension d'offset, est spécifié « rail to rail », et se contente d'une seule alimentation positive. Le gain de tension de cet AOP est fixé à 13 par les résistances R10 et R11. Connaissant le facteur d'amplification de U2, le microcontrôleur en déduit la tension présente sur son entrée, et donc la différence de potentiel existant aux bornes de la résistance de limitation constituée par R1 en parallèle avec R2, ou par R3, selon la gamme de mesure sélectionnée. Il lui reste à calculer l'intensité qui traverse le circuit mesuré, et donc la valeur de la résistance aux bornes des pointes de touche de l'appareil.

Enfin, il présente la valeur ohmique mesurée sur un afficheur LCD.

Cette mesure par impulsions permet de différencier un authentique court-circuit, d'une forte inductance comme, par exemple, celle d'un enroulement de transformateur.

Le port PC3 du microcontrôleur génère un signal intermittent de fréquence d'autant plus élevée que la valeur ohmique mesurée est faible. Cette fréquence peut aller de 45 Hz pour les valeurs de résistance les plus élevées, à 3600 Hz pour les plus faibles. Le signal audio traverse le pont diviseur constitué par R7 et R8. Ce signal à basse impédance est ensuite amplifié par U4, un classique LM386, pour être acheminé vers un petit haut-parleur de 8 ohms connecté sur le bornier B5. Un potentiomètre externe doit être connecté sur le bornier B4 pour permettre de régler le volume du son, ou de le réduire à zéro si l'on n'utilise l'appareil que pour la mesure de résistances. La valeur de ce potentiomètre n'est pas critique et peut aller de 1K à 10K.

Si la valeur mesurée est trop élevée pour la gamme sélectionnée, ou si le circuit est ouvert, le signal sonore se coupe, et le message « Hors gamme » s'affiche sur l'écran LCD.

C'est l'équivalent du message « OL » (OverLoad) d'un ohmmètre standard.

Le bornier nommé B2 est destiné à recevoir un bouton-poussoir, externe à la carte et nommé BP2 sur le schéma, permettant de choisir la gamme de mesure, selon les valeurs de résistances suivantes :

-Gamme 1 : ~ 5 milliohms à 0,6 ohm

-Gamme 2 : 0,6 ohm à 3 ohms

Chaque appui sur le bouton-poussoir sélectionne alternativement l'une ou l'autre gamme.

La gamme en cours d'utilisation est indiquée sur l'afficheur LCD, et est signalée par l'allumage de la diode LED1 ou LED2.

Sur la gamme 1, comme indiqué précédemment, l'intensité dans le circuit de mesure est limitée par les résistances R1 et R2, de 15 ohms chacune, câblées en parallèle. Théoriquement, si on néglige les pertes dues au transistor Q1, au câblage, et au relais de commutation de gamme, la puissance maximum dissipée par ces résistances pourrait être de  $5^2/7,5=3,3$  W, soit plus de 1,6 W par résistance, alors que les modèles choisis sont spécifiés pour une dissipation maximum de 0,6 W.

En réalité, comme le courant ne circule que moins de 10% de la durée de mesure, ces résistances n'ont pas le temps de tiédir. Pour la même raison, le transistor Q1 est largement surdimensionné dans cette application, mais ce choix évite l'emploi d'un composant CMS.

Il n'est d'ailleurs nullement nécessaire de prévoir un dissipateur sur ce transistor. Le régulateur U3 pourra chauffer légèrement en utilisation sur la gamme 1, mais pas au point, lui non plus, de nécessiter la pose d'un dissipateur.

La diode D2 limite la tension développée aux bornes du circuit en cours de mesure. Cette précaution évite l'éventualité de détériorer un composant sensible de la carte à tester, ce qui serait un comble pour un appareil censé apporter une aide au dépannage !

Afin de rester très en-dessous de la zone du coude où le courant dans cette diode cesse d'être nul, le maximum de chaque gamme correspond à un potentiel de 360 millivolts aux bornes de B1.

La diode D3, quant à elle, protège le montage d'éventuelles surtensions dans le cas où de fortes inductances se trouveraient dans le circuit mesuré.

Un bouton-poussoir, externe à la carte et appelé BP1 sur le schéma de principe, doit être connecté sur le bornier nommé B3. Il permettra de faire le tarage de l'appareil de manière à prendre en compte la résistance des cordons de mesure.

Les deux boutons-poussoir utilisés dans cette application sont des modèles à contact travail (NO), souvent désignés « Off/(On)» chez les distributeurs. Attention de bien vérifier cette caractéristique lors de l'approvisionnement de ces composants, car la fonction inverse rendrait le montage évidemment inutilisable.

Le connecteur J2 sert à la programmation ISP du microcontrôleur. Il respecte bien sûr le brochage standard des programmeurs Atmel.

## **Câblage de l'afficheur LCD**

Commencer par la préparation de l'afficheur LCD. Celui-ci sera relié au connecteur J1 de la carte par une nappe à 10 conducteurs au pas de 1,27 mm, d'une quinzaine de centimètres de longueur, sur laquelle sera serti un connecteur femelle HE10. A défaut d'un outil spécialisé, cette opération de sertissage peut se réaliser très facilement au moyen d'un petit étau.

Comme l'afficheur est contrôlé en mode 4 bits, sa connectique ne nécessite que 10 conducteurs. Ceci implique que les bits B0 à B3, qui ne sont pas utilisés, doivent être, de préférence, reliés à la masse. Pour ce faire, il est tout indiqué de réaliser ces connexions directement sur le circuit imprimé de l'afficheur. Une illustration de ce câblage est visible en cliquant sur le bouton correspondant sur la page du site en début d'article.

Souder les fils de la nappe en respectant scrupuleusement la numérotation des bornes de l'afficheur. Le fil numéro 1 est repéré sur le connecteur HE10 femelle par un petit triangle.

Si votre modèle d'afficheur possède un dispositif de rétro éclairage, il vous appartiendra de lui fournir l'alimentation adéquate à partir du +5 V en borne 2 de l'afficheur. Certains modèles intègrent la résistance de limitation qu'il suffit de mettre en service par un pont de soudure entre deux plages de cuivre prévues à cet effet. Référez-vous à la notice du modèle de votre afficheur LCD.

## Montage de la carte et mise en service

Après avoir soudé les composants par ordre de taille croissante, en commençant par les 8 straps (attention de ne pas oublier le strap sous le  $\mu\text{C}$ ) et en terminant par le transformateur, vérifier à l'ohmmètre l'absence de court-circuit entre la masse et le +5 V sur la sortie du régulateur U3.

Dans un premier temps, mettre en place les circuits intégrés U2 et U4 sur leurs supports, ceci afin de présenter une charge minimum au régulateur U3 lors du réglage de tension d'alimentation. Par contre, le microcontrôleur ne sera mis en place qu'après cette étape.

**Attention**, il faut toujours garder présent à l'esprit que le secteur 230 V sera connecté en permanence sur ce montage durant son utilisation. Il est fortement conseillé de coller un ruban adhésif isolant épais sur les pistes menant le 230 V du bornier B6 au primaire du transformateur. Lorsque le montage est réglé et vérifié, il doit être installé dans un boîtier en plastique.

Brancher un cordon secteur sur le bornier B6 et mettre le montage sous tension. Régler le potentiomètre P2 pour obtenir exactement 5,00 V en sortie du régulateur U3. La précision de ce réglage est importante parce que la tension d'alimentation sert aussi de référence au convertisseur analogique-numérique du microcontrôleur. Les valeurs de P2, R12, et R13 permettent un réglage fin de la tension d'alimentation. Attention de ne pas régler cette tension, par erreur, au-delà de 5,5 V, maximum tolérable par le microcontrôleur. Toutefois, les valeurs des composants ne permettent pas, en principe, d'atteindre cette limite.

Mettre hors tension le montage, attendre un temps suffisant de façon à ce que le condensateur C7 soit sensiblement déchargé, et insérer le microcontrôleur U1 sur son support.

Connecter ensuite les deux boutons-poussoirs, le potentiomètre de volume, et le haut-parleur, sur les borniers correspondants, puis l'afficheur LCD sur son connecteur J1.

Une illustration des branchements en situation est visible en cliquant sur le bouton correspondant en début d'article sur la page du site.

Enfin, connecter des cordons de mesure équipés de pointes de touche sur le bornier B1. La qualité de ces cordons a son importance, et il faut éviter l'utilisation de fil de câblage à trop faible section et de trop grande longueur, dont la valeur ohmique trop élevée réduirait la plage des résistances mesurables sur la gamme 1. Les vis du bornier B1 doivent être serrées fermement pour minimiser toute résistance de contact.

Connecter un programmeur pour microcontrôleur AVR sur le connecteur J2, et le configurer pour le modèle ATmega328P.

Mettre la carte sous tension et programmer le microcontrôleur avec le fichier « milliohmme.hex », accessible en cliquant sur le bouton correspondant en début d'article sur la page du site.

Les fusibles de programmation doivent être configurés en oscillateur RC interne 8 MHz, et sans diviseur par 8.

Quelques secondes après la programmation du microcontrôleur, si le potentiomètre de volume n'est pas au minimum, une courte mélodie se fait entendre, suivie d'une sirène signalant que le tarage n'a pas encore été effectué.

Régler ensuite le potentiomètre P1 pour obtenir un contraste satisfaisant sur l'afficheur.

Les caractères doivent être bien visibles, sans que des « pavés » sombres apparaissent.

A ce stade, la ligne supérieure doit afficher « \*\* Gamme 2 \*\* », et la ligne inférieure « Hors gamme ».

Vérifier que chaque appui sur le bouton poussoir BP2, branché sur le bornier B2, se traduit par le changement de la gamme de mesure, signalé par l'allumage de la diode correspondante, en accord avec le texte sur l'afficheur.

Presser ensuite le bouton poussoir BP1, branché sur le bornier B3. Cette action fait passer le montage en mode tarage, de manière à mémoriser la résistance, entre autres, des cordons de mesure. Dans ce mode, la gamme 1 est automatiquement sélectionnée. Si la gamme 2 était sélectionnée avant de passer en mode tarage, elle le sera de nouveau en sortant de ce mode.

Le passage en mode tarage est signalé sur l'écran LCD. Dès lors, un message vous invite à court-circuiter les cordons de mesure.

Si l'on a appuyé par erreur sur le bouton de tarage BP1, on peut sortir de ce mode sans faire de changement, en appuyant sur le bouton de changement de gamme BP2.

Pour valider le tarage et sortir de ce mode, appuyer à nouveau sur le bouton de tarage BP1, tout en gardant les pointes de touche en court-circuit. Noter qu'il faut maintenir fermement les pointes de touche en contact avant de valider, et que celles-ci soient bien propres.

Si la mesure des cordons est supérieure à 60 milliohms, une courte sirène se fait entendre, et un message d'échec du tarage le signale sur

l'afficheur LCD. Dans cette situation, l'appareil conservera l'ancienne valeur de résistance des cordons. Si la mesure est correcte, elle est mémorisée dans l'EEPROM du microcontrôleur, en écrasant la valeur précédente.

A la première utilisation de ce montage, la valeur ohmique des cordons est considérée comme nulle, puisque l'EEPROM du microcontrôleur est vierge, d'où l'avertissement sonore entendu après la programmation et le démarrage de l'application. Un bref message sur l'écran LCD prévient que le tarage de l'appareil n'est pas valide. Il faut donc commencer par effectuer ce tarage avant toute mesure. Cette opération devra évidemment être effectuée à nouveau en cas de changement des cordons de mesure.

Pour tester l'appareil et s'habituer à son fonctionnement, on peut poser une pointe de touche sur l'extrémité d'une piste d'un circuit imprimé quelconque, et l'autre pointe de touche sur l'autre extrémité de cette piste. En déplaçant cette pointe de touche en divers endroits de la piste, on doit constater que le signal sonore est d'autant plus aigu qu'elle se rapproche de l'autre pointe de touche.

## Pour conclure

La principale utilité de cet outil concerne la localisation d'un court-circuit, à l'aide du signal sonore, ou par l'observation comparative des mesures de résistances en fonction de la position des pointes de touche. En ce qui concerne la mesure de résistances proprement dite, comme par exemple des shunts de mesure d'intensité, il ne faut évidemment pas attendre de ce montage une précision de mesure équivalente aux milliohmètres industriels qui mettent en œuvre la méthode Kelvin, dite « à 4 fils », ne serait-ce que de par la résolution 10 bits du convertisseur analogique-digital du microcontrôleur, et du principe de mesure retenu.

Pour s'en approcher, il conviendra de choisir des résistances à faible tolérance. Si on en a la possibilité, on peut aussi les sélectionner dans un lot de résistances à l'aide d'un ohmmètre de référence. Cette remarque concerne bien sûr les résistances de limitation de courant R1, R2, et R3, mais aussi R10 et R11, qui déterminent le gain de l'AOP.

Fin de texte