



kit MultiCalculator d'Elektor

Un kit de calculatrice basé sur Arduino pour l'électronique

Ruud van der Meer (Pays-Bas)

Le MultiCalculeur d'Elektor est plus qu'une simple calculatrice. Il permet non seulement de calculer des valeurs en formats binaire, hexadécimal et décimal, mais il est également équipé pour mesurer la lumière, la température et la différence de température. Il décode aussi les signaux des télécommandes IR de type NEC, analyse les couleurs des bandes de résistances, et mesure la réactance capacitive et inductive. Plus qu'un appareil multifonction, ce kit inclut des composants électroniques et mécaniques variés, des vis, des capuchons de touches, ainsi qu'un boîtier.



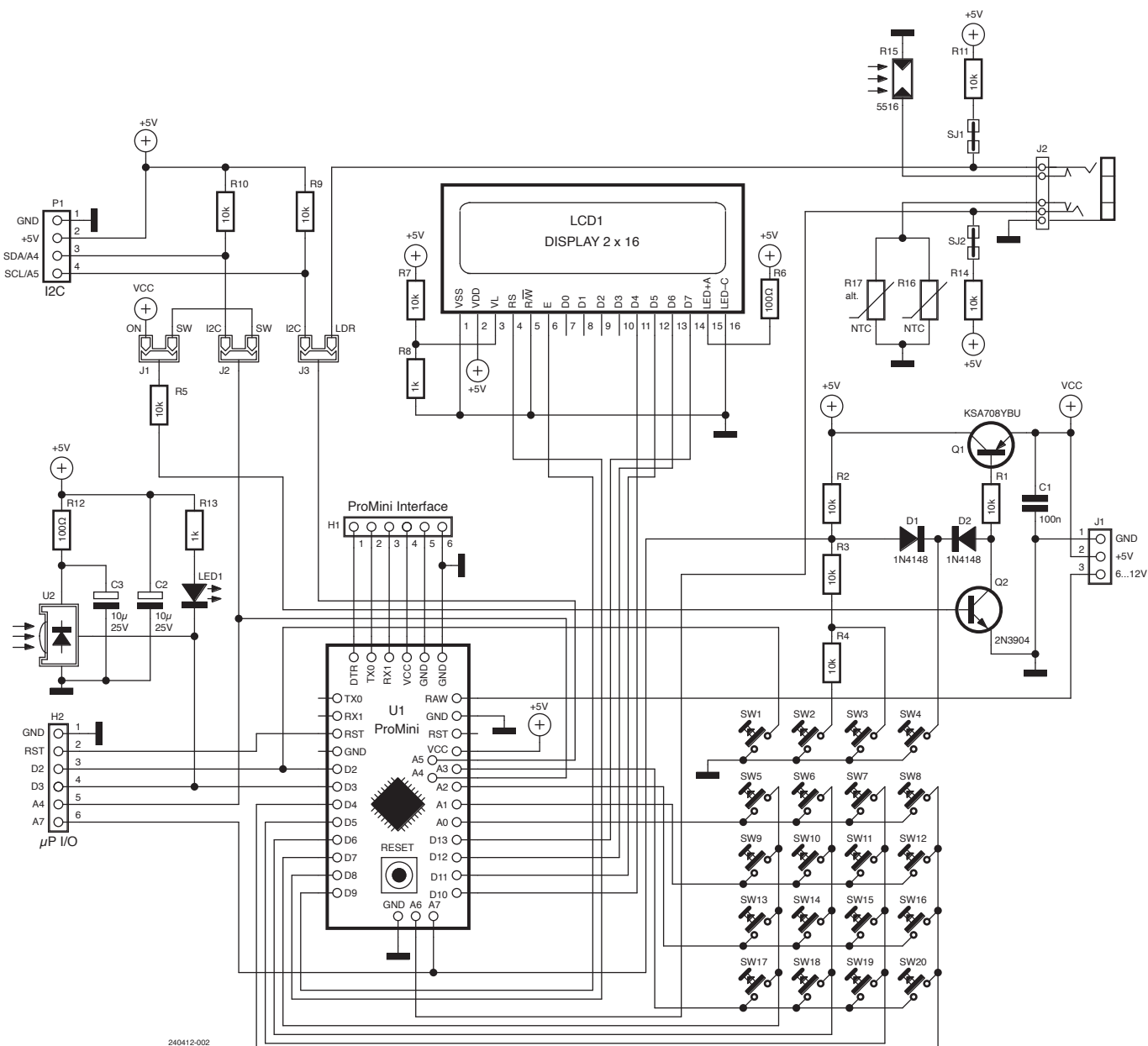
La photo ci-dessus prouve que le kit assemblé est loin de ressembler à un simple bricolage. Il est équipé de touches colorées spécialement conçues et d'un écran LCD à deux lignes. Le tableau des **caractéristiques** détaille les nombreuses fonctionnalités offertes par ce kit. Pour des informations plus approfondies, veuillez consulter le tableau des **spécifications**.

Généralités

Le MultiCalculator est basé sur un module Arduino Pro Mini et il est possible de le reprogrammer même après assemblage, grâce à un connecteur femelle à six broches accessible à l'arrière. Le MultiCalculator prend en charge des menus en néerlandais et en anglais. Il est alimenté en 5 V via l'USB-C et ne consomme que 30 mA environ. Sa polyvalence est accrue par la possibilité d'ajouter d'autres fonctionnalités via un logiciel personnalisé, utilisant l'environnement de développement intégré (EDI) Arduino standard.

Caractéristiques

- Calcul de la virgule flottante décimale.
- Calcul binaire, hexadécimal et décimal.
- Visualisation de caractères ASCII
- Mesure de la température et du delta-T.
- Chronomètre avec temps au tour
- Décodeur de valeur de résistance
- Calcul de la réactance capacitive (X_c) et inductive (X_L)
- Calcul de la résistance équivalente : parallèle, série et supplémentaire
- Mesure de la lumière en mV et Lux
- Compteur d'objets
- Décodeur IR pour les codes NEC
- AWG avec calcul du courant maximum
- Dés avec simulation de lancer
- Personnalisation de la calculatrice
- Calibrage de la mesure de température (correction du point zéro)
- Écran LCD à deux lignes (affichage bleu avec texte blanc)



Spécifications

- Tension d'alimentation : 5 V (USB-C)
- Courant d'alimentation : 28...32 mA
- Arduino Pro Mini (ATmega328P @16MHz)
- Programmable avec l'E DId'Arduino
- LCD alphanumérique 2x16 (LCD 1602, affichage bleu avec texte blanc)
- 20 boutons poussoirs étiquetés
- Prise jack 3,5 mm pour capteurs externes
- Plage de mesure des capteurs étanches -40 à +85 °C
- Dimensions : 92x138x40 mm 92x138x40 mm

La **figure 1** montre ce circuit remarquable, à la fois simple et efficace. Les ports série de l'Arduino restent disponibles pour la surveillance ou pour d'autres fonctions. Sur le circuit imprimé, on trouve également des connexions pour GND, Reset, D2, D3, A4, A7 (connecteur H2, non utilisé/monté ici). Une connexion I²C est également disponible (connecteur P1, non utilisé/monté ici). Pour utiliser I²C, il faut souder les ponts de soudure nécessaires (voir **figure 2**). L'activation de l'I²C se fait via le double

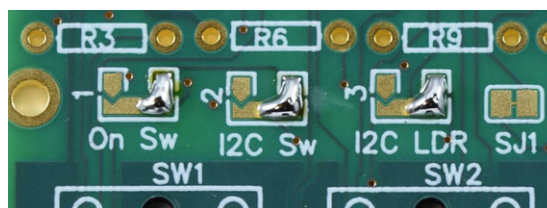
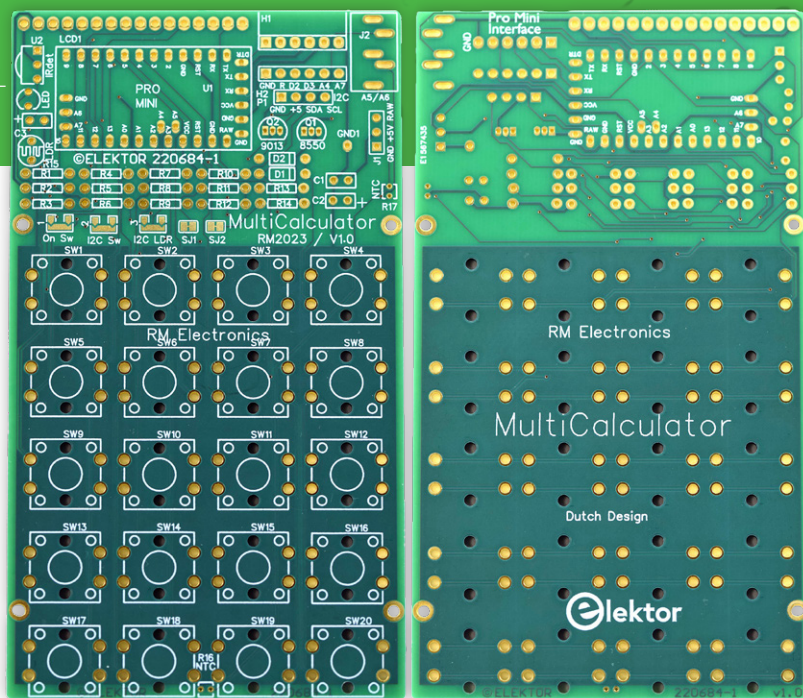


Figure 1. Le circuit du MultiCalculator est simple mais efficace. La complexité réside dans le logiciel.

Figure 2. Les ponts de soudure sur la face supérieure du circuit imprimé.



▲
Figure 3. Face supérieure (gauche) et face inférieure (droite) du circuit imprimé.

pont de soudure J2 (I2C/Sw) à côté de R6 sur le circuit imprimé pour SDA (A4) et le double pont de soudure J3 (I2C/LDR) à côté de R9 sur le circuit imprimé pour SCL (A5). Sur chaque pont de soudure double, un seul pont de soudure doit être soudé sur le circuit imprimé ! Le module Arduino Pro Mini offre de nombreux ports d'entrée/sortie. Les ports d'E/S A5 et A6 sont accessibles via le connecteur jack 3,5 mm J2, reliés aux résistances pull-up R11 et R14 de 10 kΩ par les pistes des ponts de soudure SJ1 et SJ2 respectivement. Il est possible d'utiliser ces ports d'entrée/sortie pour des mesures de température ou d'autres applications (selon le logiciel). Pour couper les connexions à ces résistances pull-up, il suffit de couper la petite piste entre les pastilles de SJ1 et SJ2. Pour rétablir la connexion, créez un pont de soudure entre les pastilles adjacentes. Les capteurs LDR et NTC sont toujours connectés à la masse, respectivement en A5 (LDR/NTC) et A6 (NTC). Lorsqu'un LDR/NTC externe est connecté via J2, les composants internes LDR (R15) et NTC (R16 ou R17) sont automatiquement déconnectés. Sur le circuit imprimé (**figure 3**), vous pouvez placer des CTN aux emplacements R16 ou R17. Ils utilisent tous deux

▼
Figure 4. Les capteurs de température étanches tels que fournis dans le kit (à gauche) et connectés à un jack de 3,5 mm (à droite).



les mêmes connexions. Il est essentiel de monter seulement une CTN à la fois. Utilisez plutôt R16, car son emplacement est le plus éloigné du module Arduino Pro Mini, ce qui empêche la CTN de se réchauffer. L'utilisation du jack J2 pour connecter un LDR/NTC externe déconnecte R15 et R16/R17.

U2 est un décodeur IR. Les signaux sont acquis par l'entrée D3 du Pro Mini. Une LED supplémentaire connectée à sa sortie s'illumine lors de la réception de signaux IR. Un port d'entrée analogique est utilisé pour la lecture des états des interrupteurs SW2, SW3 et SW4. Ils modifient la valeur des résistances R2 (via D1), R3 et R4 connectées en série. Les interrupteurs SW5 à SW20 sont organisés en matrice. SW1 est utilisé pour changer le mode du MultiCalculator et est connecté à un port E/S supplémentaire (D2). Une pression courte permet de passer au mode suivant, tandis qu'une pression plus longue rétablit le mode précédent.

SW4 est utilisé pour allumer ou éteindre le MultiCalculator par logiciel, en fonction du pont de soudure double 1 à côté de R3 sur le circuit imprimé (On/Sw). Si le pont de soudure est sur ON, le MultiCalculator est alimenté dès que 5 V sont fournis. Si le pont de soudure est sur Sw, le fait d'appuyer sur SW4 met le transistor PNP Q1 sous tension, tirant R1 à la masse via D2. Ensuite, l'alimentation est connectée au circuit et le module démarre. Il est nécessaire de maintenir SW4 enfoncé assez longtemps pour que le port E/S A4 passe à l'état haut, activant Q1 via R5 et le transistor NPN Q2.

Il est également possible d'alimenter la calculatrice avec une tension comprise entre 6 et 12 V via la connexion RAW sur le circuit imprimé (J1). Un petit régulateur de 5 V fait partie du circuit d'alimentation du module Pro Mini. Pour mettre l'appareil sous tension, il suffit d'appuyer sur le bouton ON/AC (SW4) jusqu'à ce que du texte s'affiche à l'écran. Pour éteindre la calculatrice, maintenez la touche ON enfoncée pendant plus de quatre secondes. Une fois la touche relâchée, le MultiCalculator s'éteint automatiquement.

À l'origine, l'auteur a utilisé un SS8550 pour le transistor PNP Q1 et un 2SC9013 pour le transistor NPN Q2, comme indiqué sur le circuit imprimé. En raison de leur indisponibilité, Elektor Labs a opté pour les remplaçants KSA708YBU et 2N3904. Bien que le type exact de transistor ne soit pas crucial, il est important de prêter attention à l'ordre des broches lors du remplacement, car des modèles fréquemment utilisés comme le BC547 ou le BC337 qui ont une disposition de broches différente. Vous pouvez programmer l'Arduino Pro Mini avec un convertisseur USB-C-to-TTL (inclus dans le kit) via H1. Assurez-vous que le cavalier sur l'adaptateur de programmation est positionné sur 5 V.

Le boîtier personnalisé est constitué de 11 panneaux acryliques transparents distincts. Les panneaux supérieurs sont en acrylique transparent de couleur marron foncé,



Figure 5. Contenu du kit MultiCalculator d'Elektor (sans le boîtier et les vis).

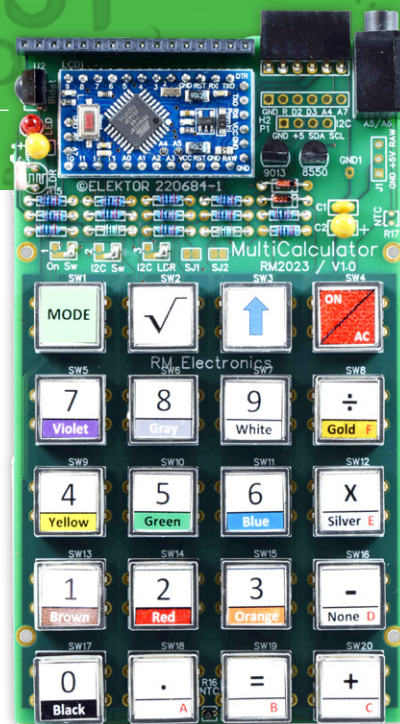


Figure 6. La carte entièrement peuplée sans l'afficheur LCD.

les autres sont transparents. Un **manuel de construction et d'utilisation** est disponible en téléchargement gratuit – pour y accéder, veuillez visiter le lien mentionné dans l'encadré **Produits**. Vous pouvez télécharger le logiciel et les bibliothèques nécessaires depuis la page web de cet article [1]. Les mises à jour futures seront publiées sur la page du projet sur Elektor Labs [2].

Ton Giesberts d'Elektor a apporté les dernières modifications à ce projet en corrigeant les fichiers de Ruud sur Altium Designer. Il a également procédé au remplacement de certains composants par des versions disponibles sur le marché et a apporté des corrections à de petites subtilités linguistiques dans le code de l'interface utilisateur. En outre, il a contribué au développement du boîtier. Cependant, les fonctions de base n'ont pas été modifiées.

Mesure de la température différentielle

Le mode de mesure de la température différentielle n'est pas entièrement expliqué dans le manuel d'utilisation. Pour utiliser ce mode, vous devez souder les câbles des deux capteurs étanches inclus dans le kit (**figure 4**) à une fiche de 3,5 mm (également fournie dans le kit). Vous pouvez insérer la fiche dans le connecteur jack de 3,5 mm à l'arrière du MultiCalculator.

Commencez par couper les connecteurs des câbles des capteurs étanches. Chaque capteur doit être soudé à la borne GND de la fiche de 3,5 mm. Le fil restant de chaque capteur doit être connecté à l'un des autres contacts de la fiche. Il est conseillé de raccourcir légèrement les fils de masse afin que les fils restants soient un peu plus longs, facilitant leur soudure à chacun des deux autres contacts de la fiche de 3,5 mm sans avoir besoin de plier les fils. La prise du kit peut différer de celle illustrée sur la photo. Les mesures effectuées avec ces capteurs nécessitent du temps, car les CTN se trouvent à l'intérieur d'un tube métallique rond de 5×25 mm rempli d'époxy.



Figure 7. Vue latérale du MultiCalculator assemblé.

Montage et impressions

La **figure 5** montre le contenu du kit Multicalculator. Les pièces du boîtier et les vis, bien qu'inclus, ne sont pas montrés sur cette image. Une fois le circuit imprimé complété (sans l'écran d'affichage), son apparence devrait correspondre à celle présentée dans la **figure 6**. Les **figures 7** et **8** dévoilent respectivement les vues latérale et arrière du MultiCalculator.

Dans la **figure 9**, tous les écrans de base correspondant aux 22 modes du logiciel dans la version 1.1 sont représentés.

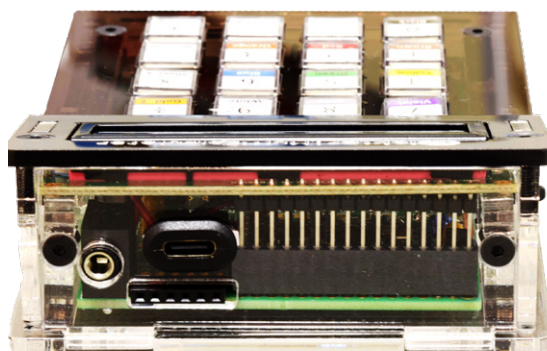


Figure 8. Vue arrière du MultiCalculator assemblé.



-RM- MultiCalc. ELEKTOR V1.1	-RM- MultiCalc. ELEKTOR V1.1	→2•4R Resistance
→3•5R Resistance	→4•Dec → HexCha	→5•Hex → DecCha
→6•Dec → BinCha	→7•Bin → DecHex	→8•Hz,nF Xc Calc 0
→9•Hz,uH Xl Calc 0	10•R1R2=Rv Paral 0	11•R1R2=Rv Serie 0
12•RvR1=R2 Spec. 0	13•Temperature:± 19.1 °C.	14•T1&T2 ± 0.1 19.0-19.0 °C. ±
15•Light measurt 443 mV 154 Lux	16•Stop/Lapwatch	17•Item Counter 9999999
18•IRremote NEC	19•AWGconversion	19•AWG=22 < 1.6A 0.64mm 0.33mm2
20•Dice..(= +)	21•Personalize ■■■■■■■■	22•Temp.Correct. C=10 20.1 °C.

▲
Figure 9. Les 22 modes de fonctionnement.

Ils correspondent à ceux listés dans le tableau des **modes de fonctionnement**. Les modes peuvent être modifiés ou étendus dans les versions futures du logiciel. Le manuel de construction de [1] est nettement plus détaillé que cet article, bénéficiant de l'avantage de ne pas être limité en nombre de pages.

Mise à jour : une nouvelle version du logiciel vient d'être publiée. Il y a deux modifications : La fonction 18 a été rendue plus efficace, au lieu d'utiliser un tableau, elle repose désormais sur un calcul. Une nouvelle fonction (nouvelle fonction 4) a été ajoutée, qui permet de décoder les résistances SMD EIA96 (avec un tableau). Le nouveau micrologiciel, version 1.2, nécessite une nouvelle disposition de clavier (**figure 10**). Cette dernière est fournie sous forme d'image imprimable dans l'archive, disponible également en téléchargement [2].

240412-04

MODE	✓	↑	ON AC
7	8	9	÷
Violet	Gray	White	Gold F
4	5	6	X
Yellow-Z	Green	Blue	Silver E
1	2	3	-
Brown-YR	Red	Orange	None D
0	.	=	+
Black -XS	A	BH	C

►
Figure 10. Les nouveaux symboles des touches pour le micrologiciel v1.2.

À propos de l'auteur

Ruud van der Meer (RM electronics) est ingénieur en électronique, concepteur de logiciels et de matériel et enseignant. Il a travaillé pendant plus de 40 ans dans une grande entreprise multinationale d'électronique. Ayant constaté que l'accès aux nouvelles technologies nécessitait souvent des études supplémentaires, Ruud van der Meer a entrepris d'enseigner au sein de son entreprise et dans un établissement d'enseignement technique. Ses cours couvrent l'électricité, l'électronique, les techniques numériques, les techniques de communication et la mécatronique. En parallèle, il exploite ses compétences en informatique pour mettre en place des systèmes de domotique à titre personnel.

Questions ou commentaires ?

Envoyez un courriel à l'auteur (meergjm@gmail.com), ou contactez Elektor (redaction@elektor.fr).

Modes de fonctionnement (logiciel v1.1)

1. Calculatrice
2. Code de résistance à 4 anneaux
3. Code de résistance à 5 anneaux
4. Conversion décimal-hexadécimal et caractères (ASCII)
5. Conversion hexadécimal-décimal et caractères (ASCII)
6. Conversion décimal-binaire et -caractère (ASCII)
7. Conversion binaire-décimal et hexadécimal
8. Calcul de Hz, nF et Xc (réactance capacitive)
9. Calcul du Hz, du μ H et du Xl (réactance)
10. Calcul de la résistance équivalente de deux résistances en parallèle
11. Calcul de la résistance équivalente de deux résistances en série
12. Calcul d'une résistance parallèle inconnue
13. Mesure de la température
14. Mesure de la température différentielle T1, T2 et Delta (δ)
15. Mesure de l'intensité lumineuse
16. Chronomètre avec fonction lap timer
17. Compteur d'objets
18. Affichage du code NEC infrarouge d'une télécommande
19. AWG (American Wire Gauge) et courant maximum
20. Lancer les dés
21. Personnalisation du message de démarrage
22. Calibration de la température



Liste des composants

Résistances

R1...R5, R7, R9...R11, R14 = 10 k Ω , 1
R6, R12 = 100 Ω , 1%
R8, R13 = 1 k Ω , 1 % R15 = LDR GL5516, 5,5
R15 = LDR GL5516, 5,4x4,4 mm, pas de 3,4 mm
R16 = NTC 10 k Ω , type 3950, 5 % R17 = NC, 100 k Ω , 1 % R17 =
NC, 100 k Ω , 1
R17 = NC

Condensateurs

C1 = 100 n / 50 V, 10 %, X7R, 1/10" C2, C3 = 10 μ / 25 V, 10 %, X7R, 1/10",
X7R, 1/10".
C2, C3 = 10 μ / 25 V, 10%, tantale, 1/10".

Semi-conducteurs

D1, D2 = 1N4148, DO-35
LED = LED rouge, 3 mm
Q1 = KSA708YBU, TO-92*
Q2 = 2N3904, TO-92*
U1 = Arduino Pro Mini (ATmega328P, 5 V, 16 MHz)
U2 = Détecteur IR TSOP14438
LCD1 = Module LCD 1602, alphanumérique, 36x80 mm

Divers

J1 = Prise USB-C, (alimentation 5 V uniquement), 9x16 mm
J2 = Prise pour casque d'écoute de 3,5 mm, pour circuit imprimé,
PJ-325M (connexions à 5 broches, 2 contacts commutés)
H1 = Connecteur femelle à 6 broches, angle droit, 1/10".
H2 = NC*
P1 = NC
SW1...SW20 = interrupteurs tactiles, 12x12x7,3 mm
20 keytops + capuchons transparents pour les interrupteurs (capuchon
de 11,8x11,8 mm)

Connecteur mâle à 16 broches, hauteur 18,54 mm, 1/10", vertical, pour
LCD

Connecteur à 16 broches, 1/10", verticale, pour LCD

FT232 Pro Mini USB-C adaptateur TTL (avec sélection 3,3 V/5 V)

U1 = Connecteur à 12 broches, vertical, 1/10", pour Arduino Pro Mini
2x NTC, 10 k Ω , capteur de température étanche, type 3950 10K avec
1 m de câble

Prise de 3,5 mm

Câble USB-A vers USB-C, 1 m

Circuit imprimé 220684-1 v1.0

Boîtier

4x vis, M2x12, acier

4x entretoise, cylindrique, longueur 3 mm, \varnothing out : 5 mm, polyamide

4x écrou, M2, acier

8x rondelle, M2, \varnothing 5 mm, hauteur 0,3 mm, polyamide

4x vis, M3x6, acier

4x rondelle, M3, \varnothing 7 mm, hauteur 0,5 mm, polyamide

4x entretoise, M3, femelle-femelle, \varnothing out : 6 mm, longueur 8 mm,
polyamide

4x vis, M3x10, tête fraisée, clé hexagonale (Allen) 2 mm, acier

Vis 4x, M3x12, tête fraisée, clé hexagonale (Allen) 2 mm, acier

4x écrou, M3, revêtement noir, hauteur 2,4 mm, acier

4x support autocollant ; hauteur 3,8 mm, transparent, polyuréthane

6 panneaux en acrylique extrudé de 3 mm, transparent/clair :

arrière, avant, bas, 2x côté, et panneau de support du clavier en forme de U
2 panneaux de support d'afficheur en acrylique extrudé transparent/clair
de 5 mm

3 panneaux en acrylique umbra transparent de 3 mm (marron foncé)
: cadre de l'afficheur, petit support pour le cadre de l'afficheur et
panneau du clavier.

* voir texte



Produit

> Elektor MultiCalculator Kit
www.elektor.fr/20848

LIENS

[1] Page web de cet article : <https://elektormagazine.fr/240412-04>

[2] Le Multicalculator sur Elektor Labs : <https://tinyurl.com/multicalclabs>