

20 une carte

pour « The Blue »

circuit imprimé pour le potentiomètre motorisé d'Alps

Jens Nickel (Elektor)

L'équipement audio de haute qualité se distingue encore plus lorsqu'il offre la possibilité d'une commande à distance. Le potentiomètre stéréo RK27112MC d'Alps, surnommé « The Blue One » par les connaisseurs, est un potentiomètre motorisé de haute qualité, ayant fait ses preuves depuis plusieurs décennies. Dans cet article, nous présentons un petit circuit imprimé simple pour ce potentiomètre. Il est particulièrement idéal pour un amplificateur mono ou tout autre appareil nécessitant un contrôle de volume à distance. Le second canal stéréo est utilisé pour déterminer la position du potentiomètre à l'aide d'un ADC et fournir ainsi un retour précis au contrôleur.

Mon ami Marco et moi partageons une passion pour le DJing et la création de vidéos de DJ, que ce soit en studio ou en extérieur. L'installation et le démontage de l'équipement demandent toujours beaucoup d'efforts, et les câbles représentent toujours un risque. Nous avons rapidement exploré l'utilisation des ondes radio pour transmettre le son de la console DJ aux enceintes. La latence était si faible que nous pouvions capter séparément les canaux gauche et droit sur les enceintes correspondantes, sans perdre l'effet stéréo. Ainsi est née l'idée de créer des enceintes mono indépendantes, alimentées par batterie et sans fil [1]. Imaginez le confort de pouvoir simplement prendre un ensemble enceinte-amplificateur-batterie et le positionner là où vous le souhaitez, sans vous préoccuper des câbles.

Amplificateurs mono

Initialement, nous avons utilisé des batteries de 12 V, de petits onduleurs et des haut-parleurs actifs alimentés en 230 V, mais convertir du 12 V DC en 230 V AC puis de nouveau en DC pour alimenter l'amplificateur interne aux enceintes semblait peu judicieux. J'ai rapidement trouvé sur internet de petits amplificateurs mono de classe D, fonctionnant entre 24 V à 48 V DC, et des enceintes passives plutôt que des enceintes actives. Pour obtenir la puissance et le volume nécessaires, la puce d'amplification TPA3255 de Texas Instruments [2], relativement récente, change la donne. De nombreux modules et appareils basés sur cette puce sont disponibles sur le marché. Nous avons opté pour les amplificateurs mono Nobsound G2 Pro [3] vendus à environ 80 euros. Le G2 Pro est également équipé d'un filtre passe-bas intégré et configurable, ce qui permet d'utiliser l'appa-

reil comme caisson de basse - dans notre configuration, nous utilisons donc trois de ces amplificateurs.

Télécommande

Cependant, il n'est pas pratique de devoir se déplacer vers chaque haut-parleur et subwoofer pour régler manuellement le volume de chaque station. C'est pourquoi Marco et moi avons envisagé de développer une télécommande pour ajuster le volume de nos « stations de haut-parleurs ». et nous nous sommes donc entrepris de rendre le contrôle du volume de nos mini amplificateurs mono accessible à distance. À l'intérieur de ces amplificateurs, nous avons trouvé un potentiomètre logarithmique de 50 kΩ destiné au réglage du volume. Nous avons décidé de le remplacer par des potentiomètres motorisés d'Alps ; certes coûteux (environ 20 €, si l'on est chanceux), mais ils offrent une fiabilité exceptionnelle et représentent la solution la plus adaptée et la plus précise. Nous utilisons actuellement des potentiomètres stéréo RK27112MC, et comme nous ne devons contrôler que des amplis mono, cela nous permet d'utiliser le second canal pour un retour d'information sur le niveau du volume, qui peut être capté par un ADC.

En raison de contraintes d'espace, nous n'avons pas pu intégrer le potentiomètre motorisé dans l'amplificateur, nous avons donc dessoudé le potentiomètre manuel et soudé trois fils aux broches correspondantes qui seront reliés au potentiomètre motorisé, qui sera placé à l'extérieur. Pour assurer une solution robuste, nous voulions monter le potentiomètre motorisé sur un circuit imprimé, qui pourrait ensuite être logé dans un boîtier. Je préfère ne pas alourdir cet article avec trop de détails techniques, car l'objectif est

de présenter le circuit imprimé du potentiomètre motorisé, conçu pour être utilisé dans vos propres applications. Ceux qui souhaitent en savoir plus sur l'électronique de notre Station Haut-Parleur trouveront des informations détaillées dans l'encadré **Système de haut-parleurs**, ainsi que sur la page Elektor Labs dédiée à ce projet [1].

Carte pour le potentiomètre motorisé

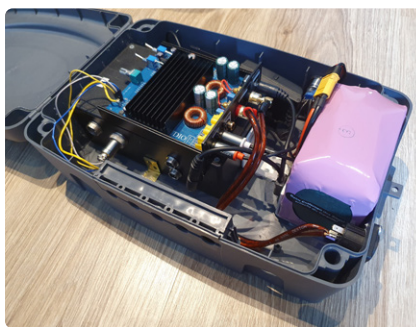
En plus de fixer le potentiomètre en place, le circuit imprimé doit également intégrer :

- Une borne à vis à 4 pôles pour la connexion à l'amplificateur mono. Trois des pôles sont connectés au premier canal du potentiomètre. La quatrième borne à vis doit être connectée à la masse du châssis de l'amplificateur, ce qui réduit considérablement les interférences du signal audio.
- Un connecteur Grove à 4 broches pour les lignes vers l'ADC. Les broches 1 et 2 sont respectivement pour GND et VCC (3,3 V), la broche 3 n'est pas connectée, et la broche 4 transmet le signal analogique correspondant à la position du potentiomètre (retour). Au lieu d'un connecteur Grove, compatible avec le système Grove de Seeed Studio, il est possible de souder d'autres types de connecteurs avec un pas de 2,0 mm.
- Une connexion pour l'alimentation du moteur (3,3 V ou 5 V et environ 150 mA de courant max). J'ai choisi un connecteur PH2,0 à deux broches, couramment utilisé pour les alimentations en

Système de haut-parleurs

Pour commander le potentiomètre motorisé d'Alps, nous utilisons un module *Grove Mini Motor* prêt à l'emploi, qui est en fait un circuit d'expansion pour le pilote de moteur DRV8830 de Texas Instruments [4]. Il fournit sans difficulté les 3,3 V et les 100 à 150 mA nécessaires au moteur et est contrôlé via l'interface I²C. Pour mesurer le niveau du potentiomètre, nous utilisons un ADC ADS1015 de Texas Instruments qui offre une résolution de 12 bits [5] et une interface I²C. Cet ADC est intégré sur un circuit imprimé prêt à l'emploi, lequel est monté sur un autre circuit que nous avons conçu, et équipé de plusieurs connecteurs Grove.

Le module moteur ainsi que le circuit imprimé ADS1015 sont connectés par des câbles Grove à un microcontrôleur XIAO ESP32, contrôlable à distance par Wifi. La robustesse et la compacité sont primordiales pour ce projet. Le circuit imprimé du potentiomètre motorisé d'Alps, le module de commande du moteur, le circuit imprimé de l'ADS1015 et la carte XIAO sont intégrés dans un boîtier «interne». Ce boîtier est ensuite placé dans un boîtier externe robuste, avec l'amplificateur audio et le récepteur pour la transmission audio sans fil, ainsi qu'une batterie de vélo de 36 V (10 Ah, ce qui est suffisant pour au moins 10 à 12 heures d'autonomie). Dans notre projet, l'arbre du potentiomètre motorisé Alps n'est pas accessible de l'extérieur, ce qui rend impossible son ajustement manuel. Pour pallier d'éventuelles perturbations du Wifi (qui est couvert par un autre ESP32 qui sert de télécommande), chaque station est équipée d'un récepteur infrarouge (IR) comme solution de secours. Ainsi, chaque haut-parleur peut être individuellement contrôlé via une télécommande IR standard.



Prototype du Système de haut-parleurs, avec une batterie de vélo de 36 V, l'amplificateur (boîtier ouvert), le boîtier électronique noir placé sous l'amplificateur et le petit récepteur audio sans fil derrière l'amplificateur. Vous pouvez observer les modifications apportées à l'amplificateur (le potentiomètre manuel a été remplacé par des fils qui se connectent au boîtier électronique, où se trouve le potentiomètre motorisé.).

modélisme et pour les petits drones.

- Une LED bicolore indique le courant du moteur et son sens.

Le schéma de base est présenté à la **figure 1**.

Projet datant de 2008

Initialement, je n'avais pas l'intention de concevoir moi-même un circuit imprimé (afin d'économiser du temps de développement) mais plutôt d'acquiescer une solution prête à l'emploi.

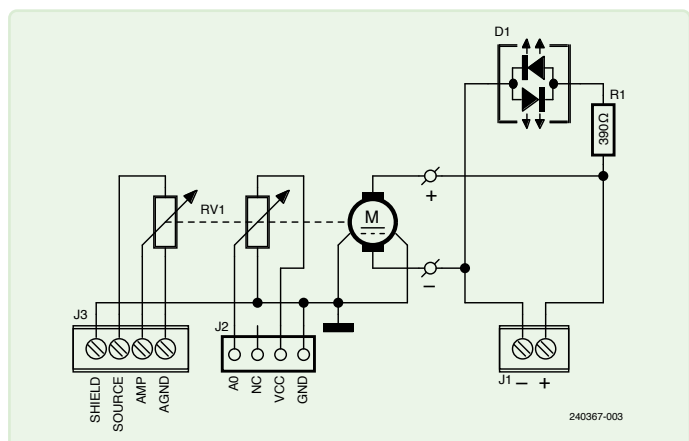


Figure 1. Schéma du circuit. Le canal gauche règle le volume, le canal droit assure la rétroaction (à A0 avec une tension entre GND et VCC).

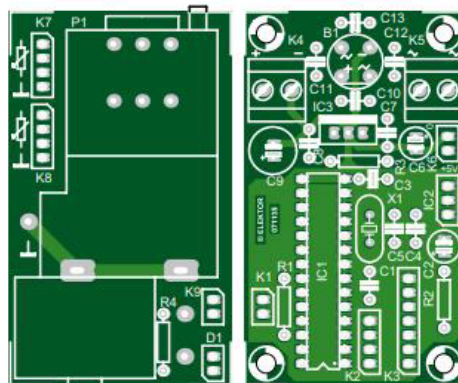


Figure 2. Circuit imprimé présenté dans l'article d'Elektor de 2008

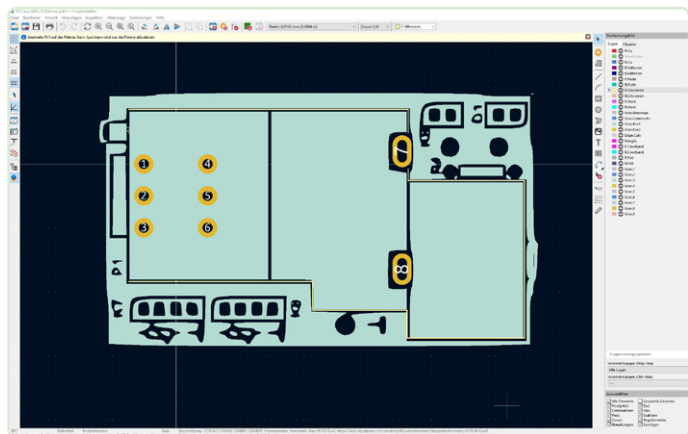


Figure 3. Dans l'éditeur d'empreintes de KiCad, j'ai utilisé l'image du circuit imprimé de 2008 comme référence pour mon nouveau circuit imprimé.

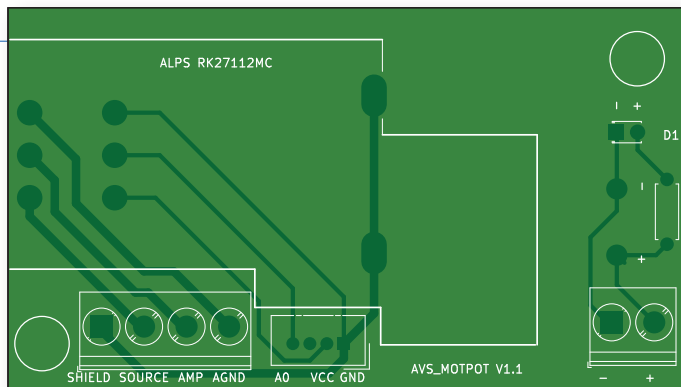


Figure 4. Le nouveau circuit imprimé.

Lors de mes recherches, j'ai trouvé - ta-dah ! - un article d'Elektor datant de 2008 [6]. Je me souvenais vaguement d'un « article sur les Alps » paru précédemment dans le magazine À l'époque, avait développé non seulement un support pour le potentiomètre motorisé mais aussi une carte de microcontrôleur pour ce dernier (figure 2). Dans son circuit, les deux canaux du potentiomètre stéréo étaient utilisés pour ajuster le signal musical. J'ai notamment repris de Frank l'idée de la LED bicolore. Ma première version du circuit imprimé ne comprenait pas la borne à vis pour la masse du châssis de l'amplificateur. J'ai pensé que je pourrais omettre cette connexion. Cette négligence a été sanctionnée par un bruit de grincement dans le haut-parleur. J'aurais dû prêter attention aux conseils de l'expérimenté auteur d'Elektor!

Lors de la conception de notre circuit imprimé, j'ai pu utiliser l'empreinte du potentiomètre de l'ancien article d'Elektor. Dans l'éditeur d'empreintes de KiCad, j'ai importé l'ancienne carte Elektor sous forme de fichier image, puis je l'ai convertie en noir et blanc et j'ai tracé tous les trous, les pastilles et les contours (figure 3). La version 1.1 de notre circuit imprimé est illustrée à la figure 4. Vous pouvez télécharger les

fichiers KiCad depuis [1], ce qui vous offre la possibilité de personnaliser le projet selon vos besoins et idées.

Test réussi

La figure 5 illustre le circuit imprimé une fois assemblé. Pour le prototypage de notre projet, je l'ai fixé sur une plaque de verre acrylique de 2 mm d'épaisseur. Cette plaque, mesurant 10,7 cm de long, peut être insérée dans les boîtiers que nous utilisons [7], qui sont équipés de rainures latérales à cet effet. Certes, j'aurais pu concevoir un circuit imprimé de la même longueur, mais cela aurait augmenté sa taille, réduisant ainsi sa flexibilité et augmentant le coût.

Il y a quelques jours, nous avons testé avec succès notre configuration complète (deux enceintes satellites et un caisson de basse JBL)

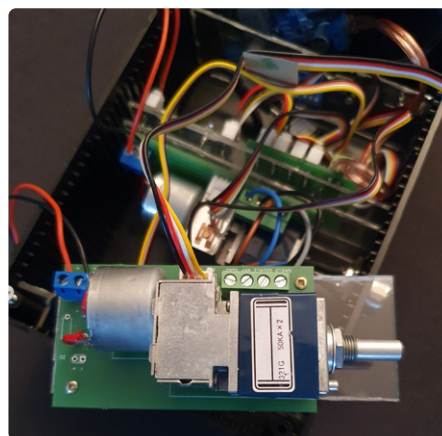


Figure 5. Carte assemblée, sur le dessus du boîtier qui l'accueille. Notre boîtier électronique a suffisamment d'espace pour accueillir deux cartes de potentiomètre, mais nous n'utilisons pas cette option dans la configuration actuelle.

Pourquoi cette modularité ?

Les utilisateurs de ce circuit imprimé doivent gérer de nombreux aspects eux-mêmes, du pilote de moteur à l'ADC, en passant par le contrôleur et le logiciel. Une alternative serait d'intégrer un pilote de moteur I²C et un ADC I²C directement sur la carte pour une gestion numérique via l'interface I²C. Toutefois, les utilisateurs devraient encore programmer leur propre firmware. Pour une intégration plus poussée, vous pouvez installer un petit contrôleur bon marché sur la carte, qui exécute un micrologiciel de régulation simple et communique avec un contrôleur hôte via UART (le contrôleur hôte définit simplement la valeur que le potentiomètre motorisé doit atteindre).

L'inconvénient de cette approche est que le circuit imprimé devient plus grand et, une fois assemblé, plus coûteux. Vous perdez aussi en flexibilité. Par exemple, dans notre projet, la puce du pilote de moteur peut contrôler deux potentiomètres motorisés Alps simultanément, une fonctionnalité possible dans notre configuration. Si nous choisissons d'utiliser l'option du double potentiomètre, installer un pilote de moteur sur chaque carte serait un gaspillage de composants. Il en va de même pour l'ADC, qui dispose de quatre canaux ; dans notre système, cet ADC est également utilisé pour d'autres tâches.

Mais cela n'est peut-être pas la solution définitive. Nous travaillons constamment à l'amélioration du projet, et il est probable que de meilleures versions dérivées voient le jour prochainement.



Liste des composants

R1 = 390 Ω

RV1 = Alps RK27112MC Potentiomètre motorisé double

D1 = LED bicolore « Duo » à 2 broches

J1 = 1x2 serre-joint à vis, pas de 5 mm

J2 = Connecteur Grove (4 broches au pas de 2 mm)

J3 = 1x4 serre-joint à vis, pas de 5 mm

dans un pré. Les invités et nous, avons été pleinement satisfaits du niveau et de la qualité sonore ; l'électronique a démontré sa robustesse et sa fiabilité. Je n'ai pas mesuré précisément la portée du Wifi, mais une distance d'environ 20 m pour la télécommande n'a posé aucun problème. Forts de cette réussite, nous sommes maintenant en train de développer un quatrième boîtier électronique et le budget pour un caisson de basse d'une autre marque est déjà alloué ! ◀

240367-04



À propos de l'auteur

Jens Nickel a étudié la physique à Stuttgart. Dès son plus jeune âge, il s'est passionné pour la rédaction d'articles techniques. Amateur reconnu de revues techniques et scientifiques, il a su convertir sa passion en carrière professionnelle en complétant sa formation en rédaction journalistique. Il a exercé en tant que rédacteur pour divers magazines techniques avant de rejoindre Elektor en 2004. Outre la programmation, il nourrit également une passion pour la création de vidéos de DJ.

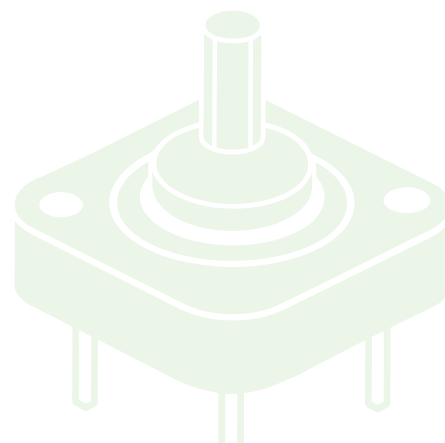
Questions ou commentaires ?

Contactez Elektor (redaction@elektor.fr).



Produits

> **Seeed Studio XIAO ESP32C3**
www.elektor.fr/20265



Logiciel

Ce projet est dédié à un petit circuit imprimé conçu pour un potentiomètre motorisé d'Alps, que vous pouvez utiliser pour de nombreuses applications. Le logiciel nécessaire pour contrôler le potentiomètre avec la boucle de rétroaction varie selon le microcontrôleur, du pilote du moteur et de l'ADC que vous utilisez. Pour vous inspirer, référez-vous à notre projet « AudioVideoStation », qui intègre un ESP32, un pilote de moteur DRV8830, et un ADC ADS1015 externe. Mon ami et moi avons développé le code en utilisant l'EDI Arduino 2.0 et les bibliothèques spécifiques au DRV8830 et à l'ADS1015. Vous pouvez télécharger une première version du logiciel à l'adresse [1].

Voici quelques principes de base. Le contrôleur de moteur DRV8830 peut être configuré via les registres I²C pour tourner dans les deux sens et ajuster la vitesse avec une plage de tension de 6 à 63 V, bien que dans notre application nous utilisions uniquement la pleine vitesse et environ la demi-vitesse. Il existe aussi une commande pour arrêter le moteur. Quant à l'ADC ADS1015, il peut être réglé via I²C pour différents niveaux de gain. Nous utilisons une gamme complète de ± 4096 mV (la tension du potentiomètre que nous mesurons varie de 0 à 3,3 V).

Dans la fonction `setup`, nous définissons l'adresse I²C du DRV8830 et vérifions la communication I²C avec les deux puces. Ensuite, nous arrêtons le moteur et réglons le gain de l'ADC. Dans la fonction `loop()`, nous lisons la valeur de l'ADC environ 150 fois par seconde. À chaque lecture, nous comparons la valeur actuelle à la valeur cible. Nous avons également introduit une valeur d'hystérésis de 5 unités ADC : dans une bande d'hystérésis de 10 unités ADC, nous sommes satisfaits de la position du potentiomètre. Si la valeur du courant est inférieure à la valeur réglée moins la valeur d'hystérésis, le moteur tourne à demi-vitesse. Si la valeur ADC actuelle est même inférieure à la valeur de commande moins deux fois la valeur d'hystérésis, le moteur entraîne le potentiomètre à pleine vitesse, pendant environ 50 ms. Une comparaison similaire est effectuée dans l'autre sens. Si la valeur du courant se situe dans la bande d'hystérésis, le moteur s'arrête. Pour éviter un arrêt systématique du moteur à chaque cycle de la boucle, un flag passe à `true` dès que le moteur commence à tourner. Le moteur ne s'arrête que lorsqu'il atteint la bonne position.

Nous avons obtenu des valeurs de précision suffisantes pour nos besoins de réglage du volume audio, mais des améliorations sont encore possibles. Pour votre application, vous devez expérimenter avec la valeur de l'hystérésis, la vitesse du moteur, la durée du mouvement et les taux d'échantillonnage de l'ADC.

LIENS

- [1] Projet AudioVideoStations sur Elektor Labs : <https://elektormagazine.fr/labs/audiovideostations-remote-controlled-wireless-av-devices>
- [2] Amplificateur audio de classe D TPA3255 : <https://ti.com/product/de-de/TPA3255>
- [3] Mono Amplifier Nobsound G2 Pro : <https://doukaudio.com/products/nobsound-g2-pro-hifi-subwoofer-full-frequency-mono-digital-power-amplifier-300w>
- [4] DC Motor Driver DRV8830 : <https://ti.com/product/de-de/DRV8830>
- [5] 12-bit ADC ADS1015 : <https://ti.com/product/ADS1015>
- [6] Frank Link, «De haut niveau», Elektor 11/2008 : <https://www.elektormagazine.fr/magazine/elektor-200811/11153>
- [7] Housing by Pollin Electronic : <https://pollin.de/p/kunststoffgehaeuse-0021-002-043-460200>