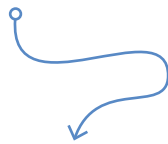




démarrer en électronique

...connexions symétriques



Eric Bogers (Elektor)

Dans cet épisode, nous aborderons quelques montages à amplificateurs opérationnels (ampli-op) importants, notamment l'amplificateur différentiel et l'amplificateur de mesure. Nous aborderons également un thème important, en particulier dans les applications audio : les connexions équilibrées.

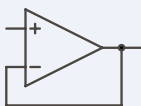


Figure 1. Suiveur de tension.

Suiveur de tension

Une application courante de l'amplificateur non inverseur est le suiveur de tension (**figure 1**). En affectant une valeur « zéro » à R1 et une valeur « infinie » à R2 dans la formule du gain, le résultat est exactement 1. Tout comme l'émetteur suiveur abordé précédemment, le suiveur de tension a une résistance d'entrée élevée et une faible résistance de sortie - surpassant l'émetteur suiveur de plusieurs ordres de grandeur. Le suiveur de tension est également connu sous le nom de « transformateur d'impédance ».

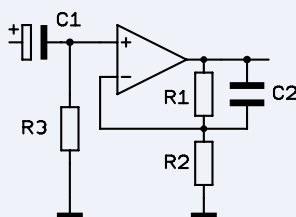


Figure 2. Limitation de la bande passante

Limitation de largeur de bande

Dans l'amplificateur non inverseur, la bande passante doit être limitée, et nous utilisons ici aussi des condensateurs à cette fin (**figure 2**).

Contrairement à l'amplificateur inverseur, il est possible de régler la résistance d'entrée indépendamment du gain, ce qui permet d'utiliser des condensateurs de capacités plus faibles. Par ailleurs, les condensateurs

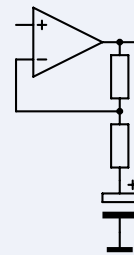


Figure 3. Réduction du gain en continu.

sont dimensionnés de la même manière que dans l'amplificateur inverseur.

Une méthode répandue consiste à ajouter un condensateur en série avec R2 ; dans ce cas, pour les tensions continues, le gain est alors de 1. Le gain en courant alternatif (au-delà de la fréquence de coupure) est défini par R1 et R2 (**figure 3**).

Amplificateur sommateur

Une version de l'amplificateur inverseur est l'amplificateur sommateur (**figure 4**), qui additionne les tensions de plusieurs sources.

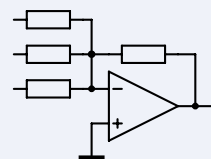


Figure 4. Amplificateur sommateur.

Figure 5. Lignes symétriques et asymétriques et un câble multiconducteur (en bas).

atteindre les fils conducteurs. Dans sa forme la plus simple, un tel câble blindé est composé d'un conducteur enveloppé dans un blindage ; le conducteur intérieur transporte le signal tandis que le blindage est relié à la masse. Pour des câbles courts transportant un signal de niveau élevé, une telle connexion asymétrique est tout à fait suffisante et est souvent utilisée. Tous les câbles équipés de connecteurs RCA ou Cinch ou jack mono utilisent une connexion asymétrique. Les connecteurs jack stéréo peuvent transporter un signal mono symétrique mais peuvent aussi être utilisés différemment.

La **figure 5** montre un exemple typique de câble asymétrique au centre.

Pour les câbles longs et/ou transportant un signal de faible niveau, un câble symétrique est toujours utilisé. Ici, le signal est transmis par un conducteur en phase et par un autre conducteur en phase opposée, les deux étant enveloppés dans un blindage commun. La partie supérieure de la figure 5 présente un exemple d'un tel câble. Quel est alors l'avantage réel de cette transmission « double » de signaux ?

La **figure 6a** montre un exemple de connexion asymétrique entre deux appareils. Si des interférences se produisent, elles sont effectivement dirigées vers la masse par le blindage, bien qu'une petite

En général, nous utilisons résistances d'entrée de valeurs égales, mais le circuit fonctionne également avec des résistances d'entrée différentes – les tensions individuelles à additionner doivent alors être multipliées par le facteur adéquat.

Les montages sommateurs sont couramment utilisés dans les tables de mixage pour combiner les différents canaux - non seulement pour le master ou le sous-groupe, mais aussi dans les pistes de signaux auxiliaires. Comme le nœud (point de sommation) est une masse virtuelle, les canaux individuels peuvent être mixés librement sans risque d'interférence. La faible impédance du point de sommation rend également le signal de sommation relativement insensible aux interférences.

Bien entendu, cette connexion « rail » n'est pas exactement au potentiel zéro et son impédance n'est pas nulle, ce qui limite son insensibilité aux interférences. Pour minimiser davantage les interférences, les lignes de signal individuelles sont idéalement placées entre deux connexions de masse. Il est également possible de rendre le signal symétrique, ce qui nécessite naturellement l'utilisation de deux connexions de bus.

Connexions symétriques

Avant d'aborder l'amplificateur différentiel, nous devons d'abord comprendre la différence entre les connexions symétriques et asymétriques.

Comme nous l'avons évoqué au début de cette série d'articles, nous avons besoin d'un chemin de sortie et d'un chemin de retour pour permettre à un courant électrique de circuler. En courant continu, on parle d'une ligne positive et d'une ligne négative, et en courant alternatif, on parle d'une phase et d'une masse (ou zéro).

Pour connecter des haut-parleurs, on utilise souvent un câble bifilaire (non blindé) à noyau torsadé, avec l'un des fils servant de phase et l'autre de masse. En pratique, le choix du fil n'affecte pas la connexion ; la connexion du câble au connecteur est standardisée et l'un des fils est marqué.

Les câbles de haut-parleurs sont peu sensibles aux signaux parasites : ils transmettent généralement un niveau de

signal élevé et possèdent une très faible impédance.

Cependant, les câbles transportant des signaux de niveau nettement inférieur se terminent par une impédance beaucoup plus élevée, ce qui nécessite l'utilisation d'un câble blindé (**figure 5**). Le blindage peut être constitué d'une bande conductrice ou d'une gaine tressée et agit comme une cage de Faraday - les signaux d'interférence ne peuvent alors (du moins en théorie) pas

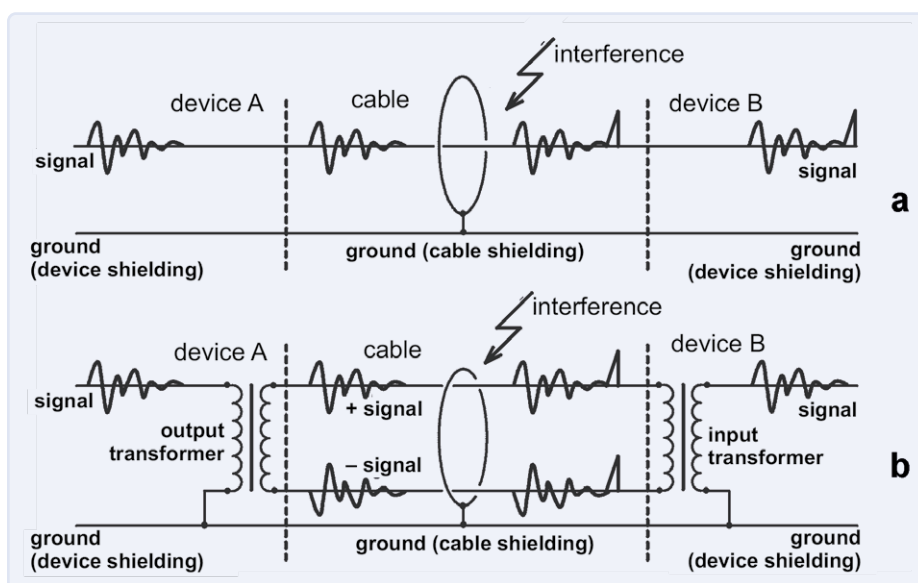


Figure 6. Transmission de signaux asymétrique (a) et symétrique (b)

partie puisse atteindre le conducteur du signal. Pour la suite de l'article, il n'est pas important de déterminer si cela résulte d'un blindage imparfait ou de la pénétration des interférences à travers la résistance ohmique du blindage. Nous supposons ici que le blindage n'est pas parfaitement efficace, pour simplifier la démonstration. Dans une connexion équilibrée (**figure 6b**), un conducteur transporte le signal dans la bonne phase, tandis que l'autre transporte le même signal en phase opposée. Les interférences affectent les deux conducteurs, mais ce signal d'interférence (contrairement au signal « utile ») a la même phase sur les deux conducteurs. Dans l'appareil récepteur, les signaux sur les deux conducteurs sont soustraits l'un de l'autre (formant ainsi un signal différentiel) annulant ainsi le signal d'interférence.

Vous vous demandez peut-être sur la nécessité du blindage si dans une connexion symétrique les signaux d'interférence sont complètement supprimés. Premièrement, les deux conducteurs porteurs de signaux ne captent jamais le signal d'interférence de la même manière, même lorsque les conducteurs sont torsadés. Deuxièmement, la formation du signal différentiel n'est jamais parfaite.

Les étages d'entrée différentiels utilisant des résistances de 1% atteignent une réjection en mode commun d'environ 40 dB ; les transformateurs de signaux professionnels (selon la fréquence) atteignent environ 60 dB. Dans la pratique, cela n'est souvent pas suffisant. Cependant, lorsque nous combinons une transmission de signal équilibrée avec un blindage adéquat, nous obtenons un excellent rapport signal/bruit.

Amplificateur différentiel

L'amplificateur différentiel donne la différence de deux signaux d'entrée (**figure 7**). Le gain se détermine de la même manière que pour l'amplificateur inverseur ; la tension de sortie est donc :

$$U_{\text{out}} = (U_{\text{in}+} - U_{\text{in}-}) \cdot \frac{R_2}{R_1}$$

L'un des problèmes de l'amplificateur différentiel est l'impédance d'entrée extrêmement déséquilibrée. Ce problème peut être

contourné non pas en utilisant des résistances de valeurs égales mais en maintenant leur rapport égal. Dans la pratique, cela a un effet préjudiciable sur la suppression en mode commun (suppression ou atténuation des signaux en phase) : si nous utilisons des valeurs de résistance égales, dans de nombreux cas, elles proviendront de la même série de production - ce qui signifie que, bien qu'elles diffèrent légèrement de la valeur indiquée sur l'étiquette, elles présentent donc des caractéristiques similaires.

En utilisant des valeurs de résistance différentes, les deux rapports R_2/R_1 ne seront jamais parfaitement égaux, ce qui entraîne une amplification simultanée d'un signal décalé.

Avec des résistances à film métallique de 1% , la suppression maximale du mode commun atteint généralement 40 dB.

Amplificateur d'instrumentation

Plus le gain délivré par un amplificateur différentiel est élevé, plus les problèmes d'impédances d'entrée inégales deviennent significatifs. Pour des amplifications de 20 dB ou plus – c'est-à-dire 10 fois ou plus – l'utilisation des amplificateurs d'instrumentation est recommandée (**figure 8**). Le premier avantage de cette configuration est que les deux entrées ont une impédance d'entrée égale, qui est généralement réglée à une valeur utilisable (inférieure) via une résistance à la masse.

Veillez noter la connexion particulière des résistances à l'amplificateur d'entrée : lors de l'application de signaux symétriques, un point de masse virtuel se forme au milieu de R_4 , de sorte que la moitié de la valeur de R_4 doit être introduite dans la formule du gain. En revanche, pour les signaux de mode commun, on peut considérer que R_4 est absent, ce qui fait que le gain des composantes du signal de mode commun est égal à un.

L'augmentation de l'atténuation asymétrique est de l'ordre de grandeur du gain de l'étage d'entrée. Comme notre principale préoccupation est de maximiser l'atténuation asymétrique, dans la plupart des cas, nous attribuerons à R_1 et R_2 la même valeur – disons 10 k Ω – et laisserons l'étage d'entrée fournir le gain. Si nous le réglons à

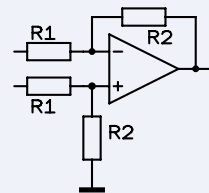


Figure 7. Amplificateur différentiel.

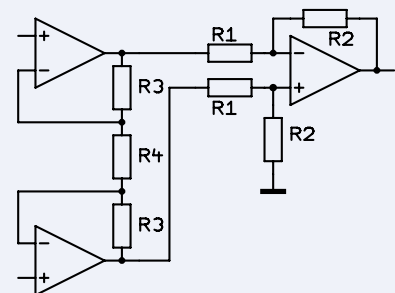


Figure 8. Amplificateur d'instrumentation.

20 dB, une atténuation de mode commun de 60 dB est réalisable pour le circuit dans son ensemble.

Nous en resterons là pour l'instant ; le prochain article couvrira de nombreux montages à ampli-op pratiques et intéressants. ◀

240237-04

Note de la rédaction : la série d'articles « démarrer en électronique » est basée sur le livre « Basiskurs Elektronik » de Michael Ebner, publié par Elektor.

Questions ou commentaires ?

Contactez Elektor (redaction@elektor.fr).



Produits

➤ Livre «*Basic Electronics for Beginners*», B. Kainka (Elektor, 2020)

Version papier :

www.elektor.fr/19212

Version numérique :

www.elektor.fr/19213

Ils nous font confiance, n'est-ce pas ?

"Livraison rapide et complète de tous les articles commandés, à l'adresse précisée, parfait, merci à l'équipe d'Elektor."

★★★★★ by Marc Maggioni

Rated 4.6 / 5 | 398 reviews



"Produit livré rapidement, bien emballé et conforme à la commande"

★★★★★ by Albert Joret

Rated 4.6 / 5 | 398 reviews



"Excellente Transaction – RAS ! Sur une dernière commande, d'un montant de 50 euros, tout s'est bien déroulé et plus rapidement que prévu. L'objet est en excellent état et conforme à l'annonce."

★★★★★ by Aldo Aldo

Rated 4.6 / 5 | 400 reviews



**NOUVELLE
E-CHOPPE**

Nous aimons l'électronique et les projets, et nous faisons tout notre possible pour répondre aux besoins de nos clients.

Le magasin Elektor : **Jamais cher, toujours surprenant**

"Très satisfait – Envoi très rapide, bien emballé. Je recommande vivement !"

★★★★★ by FORTIN GUILLAUME

Rated 4.6 / 5 | 544 reviews



Consultez d'autres avis sur notre page Trustpilot : www.elektor.com/TP/fr

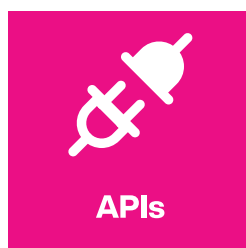
Vous pouvez également vous faire votre propre opinion en visitant notre Elektor Store, www.elektor.fr



Recherche



Gestion
de stock



APIs



Demander
un devis



Partage de
paniers/projets



Convertisseurs

Passez commande en toute simplicité

Passez commande en toute simplicité

mouser.fr/servicesandtools

