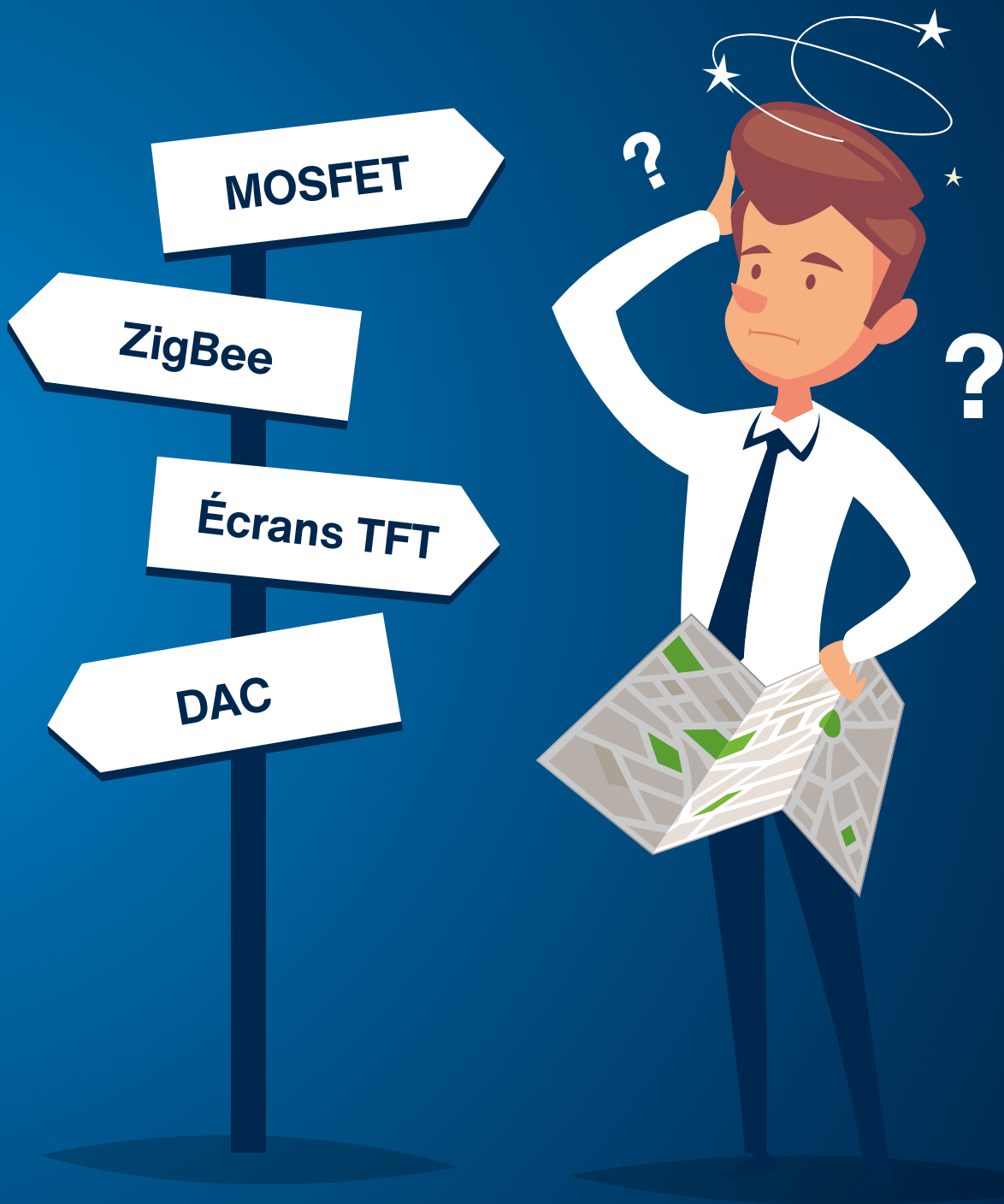
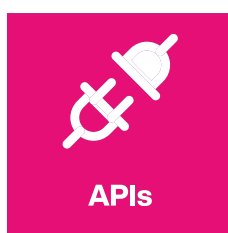


Comprendre les bases : guide technologique pour les acheteurs de composants



**MOUSER
ELECTRONICS**

Distributeur autorisé



Passez commande en toute simplicité

Des outils pour chercher des produits, consulter les
stocks et faire vos achats

mouser.fr/servicesandtools

© 2024 Mark Patrick/Mouser Electronics Inc.

Première édition

Conception : Colin Nightingale, Lunatrix Design avec la participation de Publitek Ltd

Éditeur et imprimeur : MMG Publishing Ltd

Autres contributeurs : Andrea Burzler, Kathrin Horstmann, Marcel Consee/Mouser Electronics Inc.

Lexi Hatzi, Mike Green, Robert Huntley/Publitek Ltd

ISBN 978-3-00-064914-1

Avant-propos

L'approvisionnement en composants électroniques est un processus compliqué. Les conceptions modernes deviennent de plus en plus complexes à mesure que la technologie qu'elles utilisent progresse. Dès lors, pour un ingénieur, la sélection des produits implique parfois un important travail de recherche : vérification des spécifications de la fiche technique, étude des options de deuxième source, détermination de la compatibilité avec l'espace disponible sur la carte, etc. Ce ne sont pas les seuls critères dont il faut tenir compte, car une fois arrivé au processus d'approvisionnement des composants, on a vite fait d'oublier que l'équipe des achats doit elle aussi faire face à une série tout aussi impressionnante de défis logistiques et commerciaux.

En dotant les professionnels de l'approvisionnement et des achats de connaissances techniques de base, ils peuvent pleinement comprendre le contexte des décisions de sélection et utiliser ces informations pour soutenir un dialogue significatif et productif avec leurs collègues ingénieurs.

C'est dans ce but que **Mouser Electronics**, dans une démarche continue visant à renforcer la collaboration entre les équipes d'achats et les ingénieurs, a tenu à créer le présent guide «Comprendre les bases».

Ce guide est destiné à fournir aux personnes responsables des achats une ressource complète qu'ils pourront consulter lorsqu'ils auront besoin de plus d'informations sur un domaine technologique particulier ou sur les alternatives pertinentes existantes. Il offre également de précieux conseils sur les outils de productivité tels que les ressources de CAO, la gestion des nomenclatures (BOM) et le traitement automatisé des commandes. Vous ne voyez pas bien de quoi il s'agit? Pas d'inquiétude: tout vous sera expliqué dans le guide.

Enfin, vos contributions sont toujours les bienvenues et **Mouser Electronics** est curieux de connaître vos suggestions concernant les prochains sujets à traiter. N'hésitez pas à nous en faire part à l'adresse suivante : buyersguide@mouser.com.

Contenu

07 Les technologies sans fil

11 Connecteurs et câblage

14 Les principaux types de connecteurs

18 Les technologies d'affichage

20 Les technologies d'écrans tactiles et autres périphériques d'affichage

22 Les semi-conducteurs de puissance

26 La gestion thermique

29 Les microcontrôleurs

32 Les convertisseurs de données

37 Les amplificateurs opérationnels

40 Intelligence artificielle et Machine Learning

44 Les outils de productivité

Les technologies sans fil

La communication sans fil est aujourd'hui omniprésente. Son principe est de connecter des appareils les uns aux autres pour leur permettre d'interagir et de transférer des données. Plusieurs méthodes de communication sans fil – ce que l'on appelle également des protocoles – ont actuellement cours. Chacune de ces méthodes présente des caractéristiques légèrement différentes sur le plan de la vitesse de transfert des données, de la portée physique de communication et de la quantité d'énergie requise. En règle générale, chacune convient plus particulièrement à des applications et des cas d'utilisation spécifiques.

Dans ce chapitre, nous aborderons quelques-uns des protocoles sans fil les plus couramment utilisés, mais nous examinerons aussi plusieurs protocoles qui gagnent en popularité parmi les derniers arrivés sur le marché.

Les réseaux sans fil

Si vous demandez autour de vous de citer un exemple de technologie sans fil, il y a fort à parier que la plupart des personnes interrogées penseront en premier lieu au Wi-Fi. Tout aussi répandue, la téléphonie mobile (ou cellulaire) figure aussi parmi les réponses fréquentes. Le Wi-Fi est disponible un peu partout et nous avons désormais l'habitude de le trouver dans les lieux publics tels que les centres commerciaux, les aéroports et certaines chaînes de restauration rapide. En peu de temps, l'accès au Wi-Fi est devenu aussi demandé que l'accès à une prise de courant. Le Wi-Fi continue d'étendre sa portée et trouve de nouvelles applications dans nos voitures, les transports en commun, les lieux de transit et les salles de concert.

Le Wi-Fi permet d'établir un réseau local sans fil (WLAN) composé de divers appareils nécessitant une connexion à Internet : ordinateurs personnels, imprimantes, consoles de jeux, smartphones, téléviseurs intelligents et autres appareils électroménagers connectés. Tous ces appareils sont connectés individuellement à un point d'accès, généralement un routeur dans le cas d'un réseau local domestique. Le routeur permet ainsi de connecter les appareils entre eux, pour, par exemple, diffuser de la musique depuis un disque dur connecté au réseau sur vos enceintes intelligentes. Le routeur relie généralement le réseau à Internet (comme illustré à la figure 1). Le Wi-Fi peut également être utilisé pour créer un réseau ad hoc, c'est-à-dire un réseau où les appareils communiquent directement entre eux sans passer par un point d'accès.

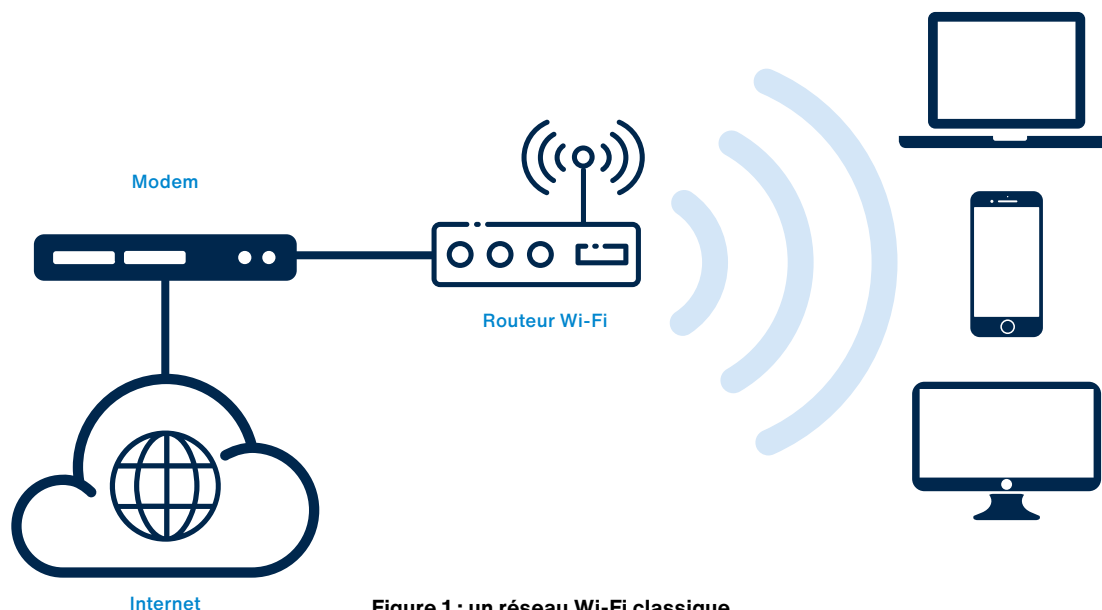


Figure 1 : un réseau Wi-Fi classique

Beaucoup d'améliorations ont été apportées à la spécification du Wi-Fi depuis sa création au début des années 90, ce qui a permis d'en améliorer les débits de données, d'étendre sa portée et d'en renforcer la sécurité. La norme IEEE 802.11 définit le matériel et les protocoles de communication utilisés par le Wi-Fi. C'est la Wi-Fi Alliance, une association professionnelle, qui se charge de définir les procédures de certification et les tests d'interopérabilité. Le logo Wi-Fi ne peut figurer que sur des produits validés par les tests de la Wi-Fi Alliance et conformes aux spécifications de ceux-ci.

Le Wi-Fi utilise deux bandes de fréquences différentes (2,4 GHz et 5 GHz) et a une portée maximale de 10 à 30 m environ en intérieur. Cependant, certains éléments de construction comme d'épais murs de pierre ou des sols en béton absorbent une grande partie du signal Wi-Fi, ce qui en limite considérablement la portée. De plus, des appareils comme les babyphones et les appareils compatibles Bluetooth utilisent la même bande de fréquences de 2,4 GHz et sont une possible source d'interférences.

Chaque révision de la norme Wi-Fi est indiquée par une lettre suffixe. L'amendement 802.11b est ainsi le premier amendement Wi-Fi largement répandu. La norme est rétrocompatible, de sorte que tout nouvel appareil compatible avec la dernière version de la norme l'est aussi avec les versions précédentes.

Les normes actuelles sont :

- 802.11b : la norme de base sur la bande des 2,4 GHz.
- 802.11a : la première norme sur la bande des 5 GHz. Elle offre un meilleur débit, mais une portée plus faible.
- 802.11g : cet amendement permet un débit trois fois plus élevé que prévu par la norme 802.11b grâce à la technique de codage des données.
- 802.11n : cet amendement introduit l'utilisation de plusieurs antennes à 2,4 GHz et 5 GHz afin de former un faisceau (beamforming) qui dirige le signal vers un appareil cible avec un plus fort débit et une portée étendue (jusqu'à 70 m en intérieur).
- 802.11ac : celui-ci permet d'utiliser plus d'antennes avec de nouveaux schémas de codage afin de fournir des débits de données beaucoup plus élevés dans la bande des 5 GHz.
- 802.11ax - Mise à niveau de 802.11ac avec prise en charge de la bande 6 GHz. Apporte des améliorations dans les lieux très fréquentés.

Les concepteurs d'appareils grand public et de systèmes embarqués devant prendre la communication Wi-Fi en charge peuvent acheter des modules Wi-Fi prêts à l'emploi intégrant toutes les fonctions sans fil nécessaires – y compris des antennes et un microcontrôleur – fournis avec un logiciel de gestion de la communication. Ces modules sont certifiés par les fabricants, de sorte qu'il est assez facile et rapide de doter un produit existant du Wi-Fi.

Le sans-fil pour les réseaux personnels

Autre protocole de communication sans fil répandu, le Bluetooth a été conçu pour remplacer les connexions filaires entre des appareils à proximité l'un de l'autre. Le Bluetooth permet d'établir un réseau personnel sans fil (WPAN). Ce protocole utilise la même bande de fréquences des 2,4 GHz que le Wi-Fi, mais fonctionne sur des distances beaucoup plus courtes et à des débits de données inférieurs pour réduire la consommation d'énergie. Il présente néanmoins quelques failles de sécurité, de sorte qu'il est recommandé de n'activer le Bluetooth que lorsque cela est nécessaire.

Quelques applications typiques du Bluetooth :

- Connecter un téléphone et un casque sans fil : l'une des premières applications du Bluetooth. C'est cette application qui a lancé les ventes de Bluetooth.
- Connecter un téléphone et un système audio de voiture pour passer des appels mains libres et diffuser de la musique.
- Diffuser de la musique avec des enceintes sans fil.
- Appairer un tracker d'activités physiques ou une montre avec un smartphone ou un ordinateur.
- Utiliser un clavier ou une souris sans fil avec un ordinateur.
- Transférer des fichiers entre appareils.

De nouvelles applications, telles que la technologie portable, l'e-médecine et l'Internet des objets (IoT), devront prochainement encore faire augmenter la demande. Alors qu'en 2016, plus de 1,6 milliard de circuits intégrés Bluetooth s'étaient écoulés, ce nombre a dépassé les 3 milliards l'an dernier. La société d'analyse de marché ABI Research prévoit que ce chiffre pourrait atteindre 5 milliards d'ici 2021. La norme Bluetooth est contrôlée par le Bluetooth Special Interest Group (SIG). Cet organisme supervise l'élaboration de la norme et de son programme de qualification. Le Bluetooth SIG est également propriétaire des marques déposées Bluetooth, de sorte que l'utilisation du nom et du logo Bluetooth est soumise à une licence et à des règles de conformité. Le saviez-vous ? Le nom Bluetooth est inspiré du surnom d'un roi danois du Xe siècle, Harald à la dent bleue (en anglais Harald Bluetooth), connu pour avoir unifié les tribus danoises au sein d'un même royaume. Le logo s'inspire quant à lui des initiales de ce roi en alphabet runique.

Réseaux de contrôle basse consommation

ZigBee et Z-Wave sont deux protocoles de communication sans fil à très faible puissance qui sont principalement destinés à des applications telles que la domotique, où les capteurs et les dispositifs de contrôle sont généralement alimentés à l'aide d'une petite pile bouton et doivent avoir une durée de vie de plusieurs années.

Ces deux protocoles sans fil sont conçus pour être peu coûteux et nécessitent un budget énergétique minimal. C'est pourquoi ces protocoles ne peuvent établir que des connexions avec une bande passante relativement faible et une courte portée (une dizaine de mètres sans obstacle). Ils conviennent aux applications à faible débit avec transmission de données intermittente telles que les détecteurs d'intrusion ou de fumée, les commandes industrielles, les interrupteurs d'éclairage, les thermostats et autres capteurs et commandes similaires.

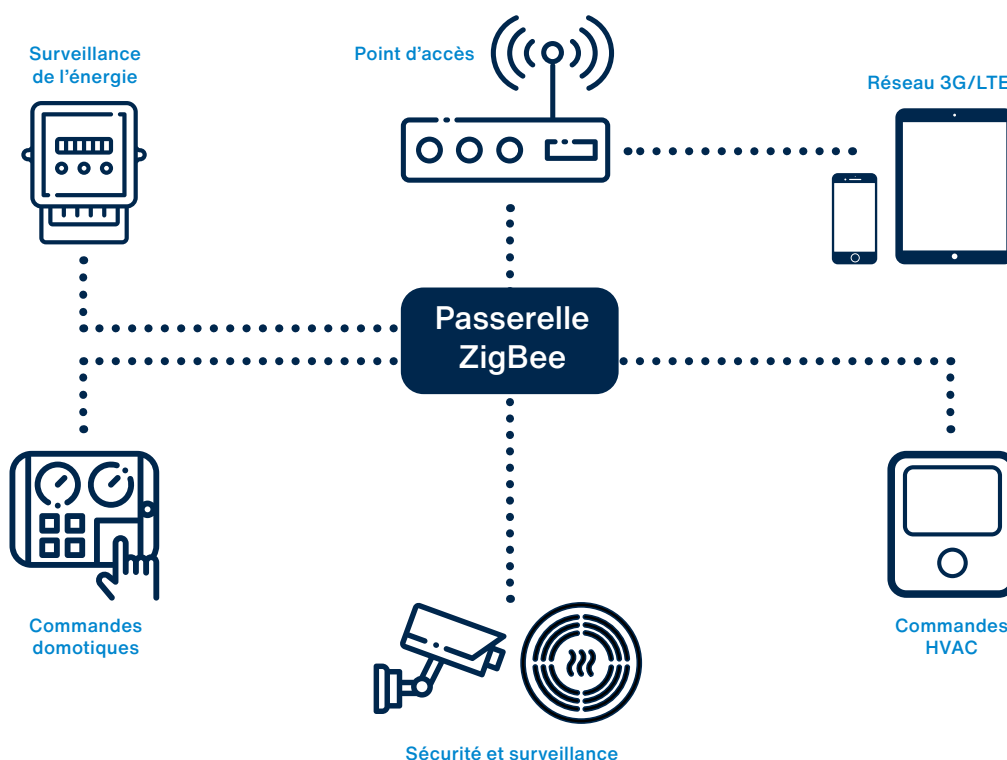


Figure 2 : utilisation de la technologie sans fil dans les systèmes domotiques

Le protocole ZigBee est une norme ouverte définie par un groupe industriel, la ZigBee Alliance. Toutes les conceptions doivent passer ses tests de validation. Le Z-Wave, en revanche, est un protocole de communication propriétaire sur IP breveté par Silicon Labs. Sa bande passante est légèrement inférieure, mais il a une portée plus étendue que le ZigBee. S'il est certes plus facile de concevoir un système utilisant le Z-Wave du fait qu'il est plus simple à mettre en œuvre, il n'est cependant pas aussi flexible que le ZigBee.

Identification sans contact

La radio-identification (RFID) et la communication en champ proche (NFC) sont deux technologies sans fil similaires couramment utilisées pour le suivi de produits, dans les systèmes de contrôle d'accès et autres applications sans contact.

Les étiquettes RFID sont surtout utilisées pour le contrôle des stocks et dans des applications logistiques. Elles permettent de voir où se trouvent des articles et d'en tracer les mouvements dans une ligne de production ou un entrepôt afin d'éviter les vols. C'est ce type d'étiquette que nous devons faire retirer ou désactiver à l'aide d'un scanner lors du passage en caisse. Les cartes de contrôle d'accès, les passeports électroniques et les systèmes de paiement utilisent eux aussi la technologie RFID.

La RFID fonctionne grâce à l'induction magnétique entre le lecteur et les antennes boucles qui se trouvent dans l'étiquette. Les étiquettes sont en fait des supports de données, lesquelles sont accessibles au moyen d'un lecteur. Il existe deux types d'étiquettes :

- Les étiquettes actives : celles-ci sont dotées d'une pile qui génère un signal radio afin d'en étendre la portée. Elles sont toutefois plus coûteuses et ont une durée de vie limitée.
- Les étiquettes passives : elles fonctionnent grâce à l'énergie récupérée dans le signal reçu par l'antenne de l'étiquette. Ce principe ne fonctionne donc qu'à faible portée, mais il réduit considérablement le coût de l'étiquette.

Il existe toute une série de normes RFID créées par des organisations industrielles et des organismes nationaux, ainsi que de nombreux systèmes propriétaires. De plus, les fréquences utilisées peuvent varier d'un pays à l'autre. Ainsi, il se peut qu'une étiquette européenne ne fonctionne pas aux États-Unis, par exemple. Les étiquettes RFID sont des systèmes peu sécurisés et il existe un risque pour le respect de la vie privée dans la mesure où il est possible de tracer les déplacements d'une personne qui porte ou transporte des produits dotés d'une étiquette RFID.

La spécification de la NFC est gérée par l'Organisation internationale de normalisation (ISO). Divers organismes industriels comme le Forum NFC se chargent en outre d'en promouvoir l'usage. Cette technologie se présente comme une extension de la technologie sur laquelle repose la RFID afin d'apporter plus de flexibilité dans la communication entre appareils. Un même appareil peut servir à la fois d'étiquette et de lecteur, ce qui permet une communication bidirectionnelle en peer-to-peer. La technologie NFC offre une meilleure sécurité que la RFID. Elle est par conséquent privilégiée pour les applications de paiement sans contact ou de contrôle d'accès. Presque tous les modèles de smartphones intègrent la fonctionnalité NFC pour le paiement sans contact et l'échange de données entre deux appareils.

Unifier la connectivité avec le protocole Matter

Pour de nombreux utilisateurs, les premières technologies domotiques présentaient un problème majeur : ils devaient faire le choix d'un écosystème, dans le pire des cas auprès d'un seul fournisseur, et il était très difficile, voire impossible, de se connecter à d'autres appareils. En offrant une base commune pour la maison connectée, le protocole Matter permet de réduire considérablement la fragmentation et la complexité qui caractérisent actuellement le marché de la maison connectée. Cela pourrait renforcer l'adoption des technologies de maison connectée, et rendre l'expérience client plus conviviale.

Il est né en décembre 2019, avec le groupe de travail du projet « Connected Home over IP » (CHIP), fondé par Amazon, Apple, Google et la Zigbee Alliance (aujourd'hui Connectivity Standards Alliance CSA). D'autres membres tels qu'IKEA, Huawei et Schneider les ont rejoints par la suite. La version 1.0 de la spécification a été publiée en 2022. Le kit de développement logiciel Matter est open source sous licence Apache.

La communication sans fil à haut débit en remplacement des connexions filaires

Plusieurs nouvelles normes de technologie sans fil ont été développées en vue de remplacer les connexions filaires entre appareils audio et vidéo, par exemple un lecteur DVD et une télévision. Citons parmi celles-ci les normes WiGig et WirelessHD. Ces systèmes utilisent des fréquences beaucoup plus élevées que le Wi-Fi pour fournir des débits de données beaucoup plus importants. Cependant, à 60 GHz, les signaux ne traversent pas les murs, ce qui limite la communication au fonctionnement en visibilité directe entre les appareils, avec une portée d'environ 10 m. La WiGig peut transférer 1 000 photos d'un ordinateur à un autre en 5 secondes seulement. Ainsi, alors qu'il faut environ une minute pour transférer une vidéo en haute définition de deux minutes depuis un caméscope par le Wi-Fi, l'opération ne dure qu'à peine 3 secondes avec le WiGig. Le WiGig est géré par la Wi-Fi Alliance, mais la norme s'est vu attribuer un nom distinct afin de souligner le fait qu'elle n'est pas rétrocompatible. Le WiGig a plus vocation à compléter le Wi-Fi plutôt que de le remplacer. Le WirelessHD est un protocole propriétaire ciblant les mêmes applications et dont les performances et la portée sont assez similaires au WiGig.

De nombreuses autres méthodes de communication sans fil sont couramment utilisées et d'autres sont en cours de développement. Seul l'avenir nous dira laquelle deviendra aussi prédominante que le Wi-Fi et le Bluetooth. L'un des défis auxquels les responsables des achats sont confrontés est l'incertitude quant à savoir quelles nouvelles normes s'imposeront durablement sur le marché et gagneront en popularité. En effet, s'il paraît normal que les ingénieurs cherchent à gagner en performance en optant pour un protocole particulier et des circuits intégrés pour leur conception, leur choix pourrait se révéler mauvais si la technologie retenue n'est pas déployée à grande échelle.

Connecteurs et câblage

L'interconnexion est un élément essentiel de tout système électronique. Généralement utilisés pour assurer la connectivité interne entre les circuits imprimés et les sous-systèmes et comme interface avec le monde extérieur, les connecteurs et les câbles transportent aussi bien du courant que des signaux analogiques ou des données numériques. Il existe de nombreux types de connecteurs en fonction des normes de l'industrie et des exigences spécifiques des applications. Les nouvelles applications et technologies, mais aussi la pression commerciale, ont créé le besoin de nouveaux types de connecteurs. Pour y répondre, les fournisseurs se sont mis à proposer des conceptions et des méthodes d'interconnexion innovantes. Dans ce chapitre de notre guide d'achats, nous allons nous pencher sur quelques types de connecteurs parmi les plus populaires et nous vous fournirons quelques conseils afin de vous guider dans votre choix d'un connecteur spécifique.

Connecteurs pour circuits imprimés

Cette catégorie comprend les composants de connecteurs carte-à-carte et fil-à-carte. Ces connecteurs sont presque exclusivement utilisés à l'intérieur d'un système et offrent plus de flexibilité dans la disposition des éléments internes. Ils permettent en outre de séparer des fonctions de circuit spécifiques, ce qui autorise une approche modulaire dans la conception. Grâce à l'utilisation de connecteurs pour connecter des sous-systèmes et des fonctions discrètes, il est plus simple de travailler sur un système en cours de fabrication en vue de réaliser des tests ou de s'assurer de sa conformité, mais aussi tout au long de son cycle de vie.

Les connecteurs pour circuits imprimés se présentent sous des formes variées, depuis les connecteurs à fiches très bon marché jusqu'aux connecteurs plats à très haute densité et hautement performants utilisés dans des environnements présentant d'importantes contraintes d'espace. Certains connecteurs utilisés dans des applications sensibles aux chocs et aux vibrations incluent la possibilité de fixer mécaniquement le connecteur au circuit imprimé. Certains connecteurs sont dotés d'un dispositif de verrouillage ou de désaccouplement, mais la plupart utilisent un système d'ajustement par compression entre la fiche et la prise pour maintenir la connexion.

Il existe également des connecteurs spécialisés utilisés avec des circuits à radiofréquence, à haute tension et à courant élevé. De nouveaux types de connecteurs sont encore développés, notamment des connecteurs destinés à des applications RF à haute fréquence mmWave, en particulier la 5G. La moindre déformation mécanique du circuit imprimé causée par le connecteur crée des réflexions des ondes RF qui réduisent l'efficacité des communications. De même, avec les connecteurs utilisés pour transporter l'énergie, il convient de porter une attention particulière à la taille des conducteurs. Un conducteur trop petit entraîne un risque de surchauffe du connecteur qui peut alors atteindre des températures inacceptables, voire dangereuses.

Il est donc essentiel de sélectionner avec rigueur les matériaux utilisés pour la fabrication des connecteurs. En plus de fournir une isolation électrique suffisante pour tous les signaux haute tension passant par un connecteur en cours d'utilisation, l'isolant en plastique doit être compatible avec tous les procédés de soudage et les liquides de nettoyage utilisés lors de la fabrication du connecteur. Les broches des connecteurs sont généralement plaquées avec de l'étain afin de satisfaire aux exigences RoHS. Le placage à l'étain suffit amplement dans la plupart des usages où les connecteurs sont rarement déconnectés. Cependant, l'ajout d'un placage est recommandé si le connecteur est voué à être fréquemment réutilisé.

Les connecteurs fil-à-carte sont similaires aux connecteurs carte-à-carte, à la différence que la partie servant à l'accouplement (généralement femelle) permet de fixer des câbles afin d'établir une connexion avec d'autres parties du système, par exemple des panneaux en façade ou une autre carte. Notons toutefois un possible coût caché : celui de l'outillage nécessaire pour sertir les fils dans le boîtier du connecteur.

Connecteurs de fibre optique

L'utilisation de connecteurs de fibre optique s'est très largement répandue en réponse à la demande de haut débit, mais aussi d'une meilleure sécurité des données renforcée. Différents types de connecteurs sont disponibles pour la fibre optique : monomode, multimode, à faible facteur de forme (SFF), ainsi que plusieurs types dédiés à des applications particulières comme les connecteurs utilisés dans les équipements audio et vidéo.

L'utilisation de connecteurs de fibre optique requiert d'être attentif à l'atténuation ou à la perte de signal (que ce soit la perte d'insertion ou toute perte de retour causée par les réflexions). De nombreux connecteurs de fibre optique sont dotés d'un mécanisme à ressort pour s'assurer que les faces d'accouplement (verre-verre ou plastique-plastique) sont correctement pressées l'une contre l'autre et ainsi garantir l'intégrité du signal.

Les connecteurs de fibre optique sont souvent utilisés à l'extérieur, soit enfouis, soit exposés aux conditions climatiques. Si des connecteurs étanches ne sont pas directement disponibles, il faut au minimum prévoir des boîtiers de protection appropriés. Bien entendu, cela a un prix et rend l'assemblage plus complexe.

Connecteurs militaires

Sans l'ombre d'un doute, la fiabilité de la connexion est la première des préoccupations dans de nombreuses applications militaires. En général, la taille et la forme des connecteurs militaires, ainsi que les exigences d'étanchéité, leur fiabilité et leurs performances, sont fixées par une série de normes internationalement reconnues. La fiabilité étant une condition essentielle pour assurer l'efficacité opérationnelle globale, de nombreux systèmes d'automatisation industrielle utilisent les équivalents commerciaux des connecteurs militaires.

Les normes relatives aux connecteurs définissent la conception du boîtier extérieur, le fonctionnement du mécanisme de verrouillage et les méthodes d'étanchéité. Respecter la conformité à ses spécifications permet de garantir la fiabilité de la connexion. Il convient également de tenir compte de la taille et du poids de la connexion, car ces paramètres peuvent avoir une incidence dans certaines applications requérant un degré élevé de fiabilité, en particulier pour des équipements portables ou dans le domaine de l'avionique.

Si la conception des aspects mécaniques des connecteurs est souvent dictée par les facteurs environnementaux, le choix du type et de la nature des contacts à l'intérieur du boîtier offre plus de flexibilité. Les fournisseurs de connecteurs militaires spécialisés ont à leur disposition une large gamme de contacts différents qu'ils peuvent tous installer dans un boîtier standard selon les exigences de l'application. Les types de contact les plus courants sont, entre autres, le signal, le courant d'alimentation, la fibre optique, l'USB et le RJ45.

Câblage

Il existe de nombreux types de câbles. Tous ont une chose en commun : ils sont conçus pour transporter aussi bien du courant que des signaux électriques. Certains câbles sont à un seul conducteur, mais la plupart en ont plusieurs. Un conducteur peut se présenter sous la forme d'un fil de cuivre unique comme il peut être composé de plusieurs brins de fil étamé, ces derniers offrant beaucoup plus de flexibilité. Tous les conducteurs présents dans un câble n'ont pas forcément la même taille, le même blindage ou ne gèrent pas le courant de la même manière. Beaucoup sont prévus pour les signaux analogiques, numériques ou de courant.

Les applications réclamant des vitesses de transfert toujours plus élevées, il a fallu concevoir des câbles de plus en plus sophistiqués. Les câbles RF sont généralement coaxiaux, ce qui signifie que le conducteur est entouré d'une feuille de blindage tressée qui protège le signal des interférences et maintient l'impédance de la charge. Dans le câblage de données, deux fils sont souvent enroulés l'un autour de l'autre pour former ce que l'on appelle une paire torsadée afin de limiter les interférences et d'éviter la diaphonie causée par les autres paires du câble. Un câble Ethernet contient par exemple quatre paires torsadées.

La taille de chaque conducteur dépend du signal qu'il transporte et de la longueur totale du câble. Ainsi, dans les câbles d'alimentation, les conducteurs doivent à tout prix pouvoir transporter du courant sans grande perte de tension et sans générer de surchauffe. En revanche, dans les câbles de données, le principal élément dont il faut tenir compte pour définir les dimensions et la longueur maximale du conducteur est le niveau acceptable d'atténuation du signal.

Les propriétés physiques du câble constituent un autre facteur important. Une gaine extérieure est indispensable pour offrir une protection physique lorsque le câble est exposé à des températures extrême, un fort taux d'humidité, voire à certains produits chimiques. Certains câbles sont attachés à des pièces mobiles, notamment en robotique. En pareil cas, la résistance à la flexion est un facteur décisif.

Choix du fournisseur

L'achat de pièces électromécaniques comme des connecteurs n'a rien de différent par rapport à l'achat d'autres composants électroniques. Il est donc recommandé aux acheteurs de suivre les bonnes pratiques de l'industrie. Relevons toutefois quelques points qui pourraient s'avérer utiles dans le processus d'achat de produits d'interconnexion.

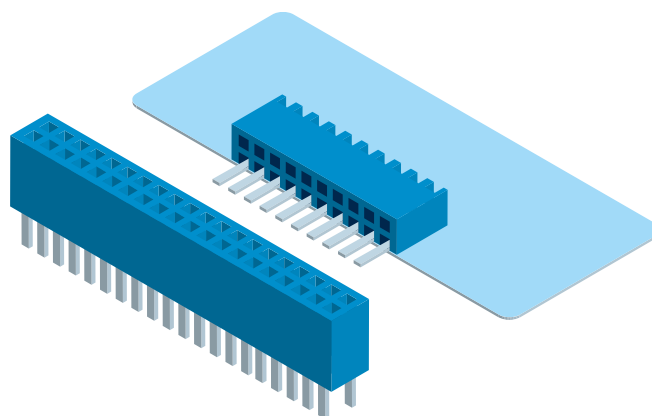
Les connecteurs et les câbles se composent de nombreux matériaux différents. Outre les métaux qui en constituent la base, il y a aussi les matériaux de placage, les finitions de surface, les isolants, les gaines, etc. Un fournisseur qui met directement à disposition des acheteurs les informations relatives à tous ces éléments facilite grandement la tâche à celui qui souhaite vérifier la conformité à la directive européenne RoHS, au règlement REACH et à la législation de l'UE relative aux minerais provenant de zones de conflit

La fiabilité est évidemment un aspect essentiel, car de nombreux connecteurs sont mis à rude épreuve, que ce soit par leur environnement ou par les utilisateurs. C'est pourquoi il est particulièrement intéressant de disposer des données de test détaillées du fabricant lorsqu'il s'agit de connecteurs destinés à être fréquemment accouplés et désaccouplés afin de s'assurer que le connecteur choisi ne compromet pas la fiabilité du système. Les ingénieurs sont mis au défi d'installer des connecteurs dans des espaces restreints tout en tenant compte de la circulation de l'air et en prévoyant l'accès nécessaire pour l'assemblage et les éventuelles réparations. Dans cette optique, le fait de disposer de modèles 3D pour le connecteur peut non seulement faire gagner du temps lors de la conception, mais réduit aussi le risque d'erreurs coûteuses.

Les principaux types de connecteurs

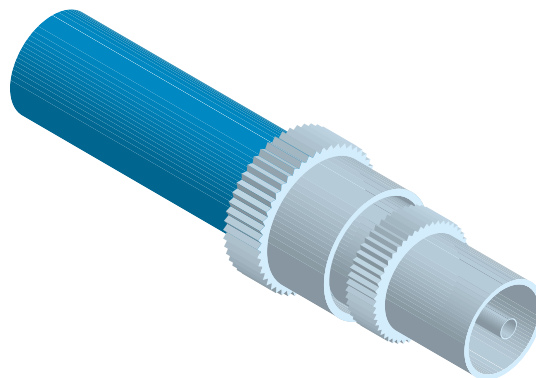
Connecteurs carte-à-carte

Les connecteurs carte-à-carte – appelés aussi connecteurs PCB ou bornes PCB – sont utilisés pour connecter des circuits imprimés à des sous-systèmes ou en terminaison de câbles reliant le circuit imprimé à des connecteurs externes ou aux commandes situées sur un panneau en façade. Les options de montage comme les caractéristiques de connexion sont légion : systèmes à broches multiples, dispositifs de verrouillage, etc. Il existe également des connecteurs à visser, à sertir et à souder. Une autre caractéristique dont il faut tenir compte est le pas des broches, l'espacement le plus couramment utilisé étant de 0,1 pouce. Ensuite, opter pour des matières plastiques ou un placage bon marché peut avoir une incidence sur la fiabilité du matériel. Certains connecteurs peuvent nécessiter des supports mécaniques. Or, les outils de sertissage peuvent représenter un coût supplémentaire.



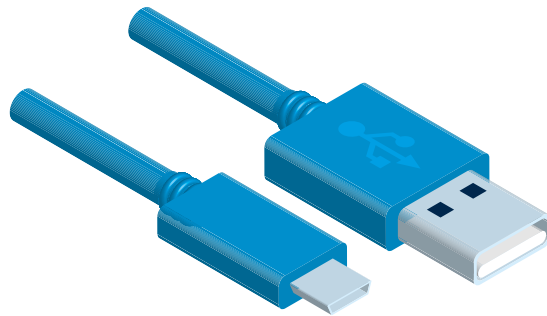
Connecteurs coaxiaux

Les connecteurs coaxiaux sont utilisés dans des applications de radiofréquence (RF), par exemple dans les téléviseurs et les appareils cellulaires et dans le domaine de l'instrumentation. Le conducteur est entouré d'un blindage pour éviter que le bruit n'affecte le signal. La plupart des connecteurs de ce type sont également dotés d'un mécanisme de verrouillage. L'impédance du câble et la fréquence de fonctionnement sont des critères de sélection essentiels. Leur taille varie en fonction de la plage de fréquences de fonctionnement, ainsi que de la puissance/tension nominale si le connecteur est utilisé pour la distribution électrique à RF élevées. Les connecteurs coaxiaux les plus couramment utilisés sont les types BNC, SMA, SMB et « N ».



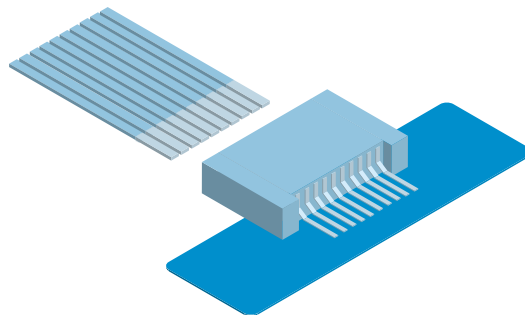
Connecteurs USB

Comme leur nom l'indique, ces connecteurs répondent à la norme USB (Universal Serial Bus). Ils sont monnaie courante dans les équipements électroniques portables et les périphériques informatiques pour le transport de courant comme de données. Les premières versions de la norme prévoient une fiche et une prise différentes pour l'appareil hôte et pour le périphérique, disponibles en différentes tailles (standard, mini et micro). La norme USB Type-C standardise le connecteur afin de permettre l'accouplement, quel que soit l'appareil. Les connecteurs USB-A et USB Micro-B sont encore largement utilisés. Ce format continue d'innover afin de réaliser de nouveaux progrès en matière de transfert de données et d'alimentation électrique par USB.



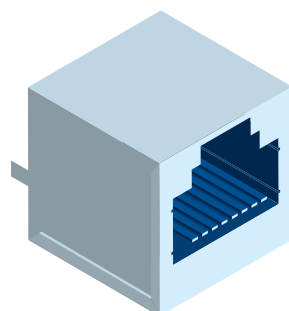
FFC/FPC

Il s'agit des câbles plats flexibles (FFC) et des circuits imprimés flexibles (FPC). Ce système de connecteurs à verrouillage haute densité se compose de connecteurs séparés et de câbles plats destinés à connecter des circuits imprimés. Des versions à pas fin (0,2 mm) sont disponibles pour les espaces restreints. Les connecteurs peuvent avoir jusqu'à 260 contacts. Il existe une large gamme d'options : placage, orientation des contacts, terminaison et longueur de câble.



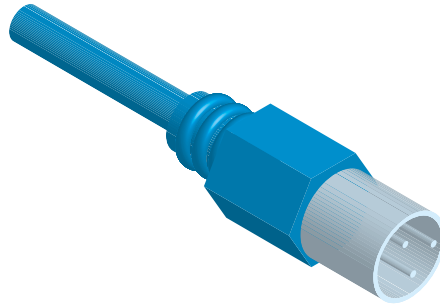
Connecteurs modulaires RJ

Conçus principalement pour les connexions téléphoniques et de données telles qu'Ethernet, ces connecteurs se déclinent en fonction du nombre de points et de contacts installés. Toutes les fiches ont un mécanisme de verrouillage et certaines prises sont dotées de voyants LED indiquant d'une part l'activité du port de données et d'autre part le débit de données de connexion. Les formats les plus répandus sont RJ11, RJ14, RJ25 et RJ45.



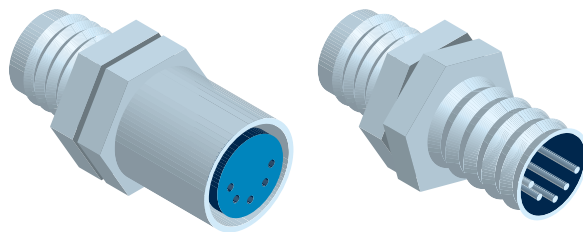
Connecteurs en audio

Cette catégorie regroupe une grande variété de connecteurs, généralement circulaires, répondant à des normes spécifiques comme RCA phono, jack (2,5 mm, 3,5 mm, 6,35 mm), XLR ou DIN. Du fait de sa disponibilité, ce format de connecteur n'est pas seulement utilisé dans des applications audio, mais aussi dans d'autres applications propriétaires. Ces connecteurs sont soumis à des manipulations fréquentes et parfois brutales, c'est pourquoi il convient d'opter pour des connecteurs de qualité afin de garantir la fiabilité de la connexion.



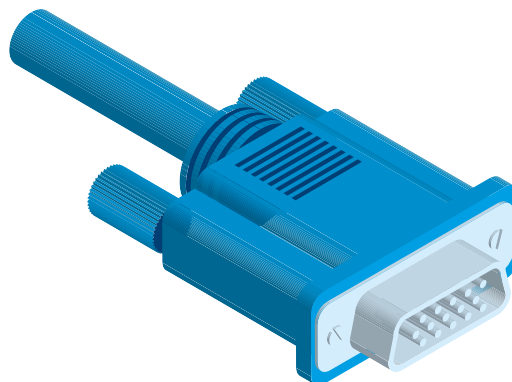
Connecteurs circulaires

Ce type de connecteur est généralement utilisé dans diverses applications industrielles et commerciales qui nécessitent une interconnexion hautement fiable et une protection contre la poussière et les fluides. Le connecteur M8/M12 s'est imposé comme un standard pour les applications d'automatisation industrielle telles que l'Ethernet industriel et les commandes motorisées ainsi que pour connecter des capteurs et des actionneurs.



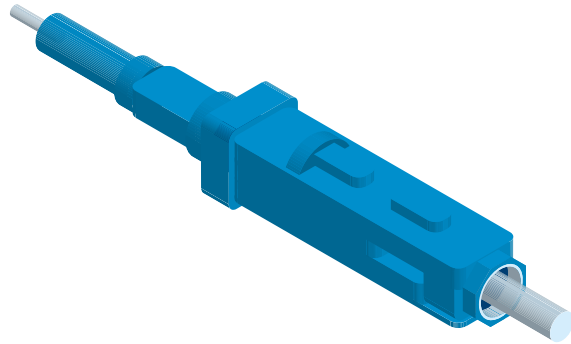
Connecteurs Sub-D

Ce type de connecteur à verrouillage existe depuis de très nombreuses années. Un Sub-D peut compter de deux à plus de 100 contacts répartis sur deux à quatre rangées. Les Sub-D peuvent être montés sur châssis ou directement sur circuit imprimé et sont disponibles en version standard ou compacte (Micro-D) pour les applications à espace restreint. Les fils peuvent être sertis, soudés ou à déplacement d'isolation (IDC). Une vaste gamme d'accessoires est disponible pour personnaliser les solutions. Le connecteur DB-9 est très répandu pour les interfaces de communication RS-232/RS-422.



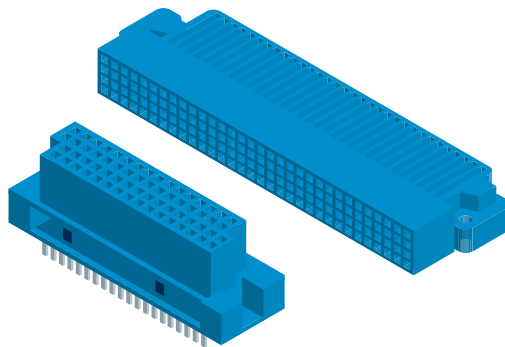
Connecteurs de fibre optique

Ces connecteurs sont utilisés pour les applications à haut débit et à bande passante élevée, où l'intégrité du signal et la sécurité des données sont cruciales. Le connecteur fixe est généralement femelle et le câble est généralement mâle. Des mécanismes à ressort intégrés garantissent l'accouplement correct des conducteurs en verre ou en plastique. Pour un usage en extérieur, il convient d'opter pour un type de connecteur étanche ou d'utiliser un boîtier étanche.



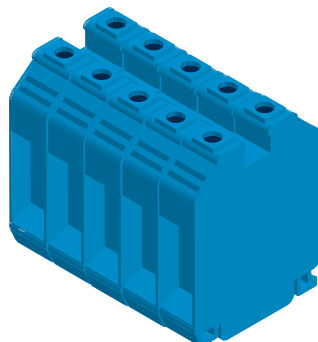
Connecteurs de fond de panier/bord de carte

Il s'agit de connecteurs dotés d'un grand nombre de broches, destinés à connecter des circuits imprimés à un fond de panier commun. Ils sont généralement montés à angle droit sur la carte. DIN41612 est la norme la plus courante, avec des types mâles utilisés pour le circuit imprimé et des types femelles pour le fond de panier. Parmi les options, il y a des contacts spécifiques pour l'alimentation et des broches longues ou courtes pour séquencer l'alimentation et les signaux pendant l'accouplement.



Borniers

Les borniers sont généralement utilisés par les installateurs ou les utilisateurs pour connecter des fils discrets à l'aide d'une borne à vis ou d'un dispositif de serrage. Ils peuvent être soudés directement sur un circuit imprimé ou fixés sur un rail DIN. Ils peuvent s'accompagner d'accessoires comme des blocs enfichables pour les connexions multifilaires. En cas d'utilisation avec des tensions dangereuses, il convient de vérifier que le type choisi est adapté à cet effet.



Les technologies d'affichage

De nos jours, l'intégration d'un écran est une condition préalable à presque toutes les conceptions électroniques modernes. Un écran permet non seulement d'afficher les informations sur le fonctionnement de l'appareil, mais, accompagné d'un contrôleur à écran tactile, il fournit également une interface utilisateur depuis laquelle il est possible de contrôler l'appareil. Dans ce chapitre, nous allons examiner et comparer différentes technologies d'affichage et leur fonctionnement.

Affichage à cristaux liquides

Comme leur nom l'indique, les écrans utilisant la technologie d'affichage à cristaux liquides (LCD) contiennent une couche de matériau à cristaux liquides transparents placée entre deux filtres polarisants. En appliquant une tension à travers la couche de cristal liquide, la polarisation change, et par conséquent la quantité de lumière qui traverse cette couche. La polarisation s'observe en regardant à travers l'écran LCD, ce qui nécessite une source de lumière. Dans la pratique, on place donc un réflecteur ou une source de lumière derrière l'écran LCD. C'est ce que l'on appelle communément le rétroéclairage.

La première génération d'écrans à cristaux liquides ne pouvait afficher qu'une plage fixe de symboles, par exemple les chiffres sur un écran de calculatrice. Depuis, la technologie d'affichage à transistors à couches minces (TFT) a fait son apparition. En intégrant une grille de transistors à la surface d'affichage, elle permet d'activer et de désactiver les pixels individuellement. Cette approche confère aux écrans LCD un rendu d'image beaucoup plus détaillé. La combinaison de chaque pixel à des filtres colorés pour créer des sous-pixels RVB permet aux écrans LCD d'afficher des images en couleur. Les écrans TFT équipent la plupart des téléviseurs à écran plat, des téléphones portables et des ordinateurs et sont plus récemment utilisés pour les interfaces utilisateur des équipements industriels et de l'instrumentation médicale.

Le rétroéclairage peut être assuré par des lampes fluorescentes à cathode froide, mais les émetteurs à diodes électroluminescentes (LED) sont de plus en plus utilisés. Les LED consomment beaucoup moins d'énergie que les autres technologies employées et procurent une plage de contraste plus étendue en ajustant le niveau de lumière en fonction du contenu de l'image affichée. À ce propos, il convient de mentionner le fait que la terminologie couramment utilisée par les fabricants de téléviseurs pour désigner divers types d'écrans LCD peut parfois prêter à confusion. Par exemple, les téléviseurs dits à écran LED qui sont présents depuis plusieurs années sur le marché sont en réalité des écrans LCD qui utilisent des LED uniquement pour le rétroéclairage.

Les écrans LCD ont pour principaux avantages d'être à la fois légers et compacts. Ils sont également très économes en énergie, ce qui en fait une solution toute désignée pour les appareils électroniques portables. De plus, ils sont incroyablement polyvalents et peuvent être fabriqués dans presque toutes les tailles ou formes. Inversement, leurs principaux défauts sont leur angle de vision limité et l'absence d'une couleur complètement noire. Étant donné que les cristaux liquides ne deviennent pas totalement opaques, ils peuvent encore laisser passer un peu de rétroéclairage et affichent alors une couleur « noir pâle ». Les LCD sont également sensibles à la température et perdent en luminosité ou en contraste lorsqu'ils sont trop chauds ou trop froids.

Affichage à LED

La technologie d'affichage à LED consistait initialement en un petit nombre de diodes placées sur un substrat permettant l'affichage d'une série limitée de symboles. Au départ, la gamme des couleurs disponibles pour l'affichage d'une image se limitait au vert, au jaune et au rouge. L'invention de la LED bleue dans les années 1990 a permis l'émergence d'écrans LED capables d'afficher toutes les couleurs grâce aux LED rouges, vertes et bleues (affichage RVB).

Plus tard, avec le développement de la LED organique (OLED), il est devenu possible de créer des pixels à partir de réseaux de minuscules LED, permettant ainsi l'affichage d'images détaillées tout en couleur. La technologie AMOLED (OLED à matrice active) résulte de la combinaison de LED organiques avec une matrice de TFT pour contrôler chaque LED. Cette technologie permet de construire des écrans plus grands, plus économiques en énergie et avec un affichage plus rapide.

Les écrans OLED présentent plusieurs avantages significatifs par rapport aux écrans LED, notamment le fait de pouvoir utiliser un substrat en plastique flexible plutôt que du verre, lourd et rigide. L'utilisation de LED pour créer des pixels individuels permet d'obtenir une image de bien meilleure qualité avec une meilleure luminosité, un contraste plus profond et un angle de vision plus large. Les écrans OLED consomment en moyenne beaucoup moins d'énergie et devraient bientôt être moins chers que les écrans LCD de taille équivalente grâce aux améliorations apportées au procédé de fabrication. À l'heure actuelle, le principal inconvénient des OLED est leur tendance à se dégrader au fil du temps. Le bleu se dégrade plus rapidement que les autres couleurs, ce qui provoque un déséquilibre des couleurs et dégrade également la luminosité générale.

Papier électronique

Le papier électronique (e-paper) ou encre électronique (e-ink) est une technique d'affichage cherchant à imiter l'apparence de l'encre sur le papier. La première mise en œuvre pratique de la technologie e-ink utilisait une couche de billes sphériques, noires d'un côté et blanches de l'autre. Chaque côté a une charge électrique correspondante. Il suffit dès lors d'appliquer une tension pour faire tourner les billes de sorte qu'elles montrent soit leur côté sombre, soit leur côté clair. Une matrice de connexions permet de modifier la charge de chaque pixel afin de les faire passer au noir ou au blanc. Lorsque la tension est supprimée, les billes restent en place. Ainsi, l'encre ou le papier électronique est une technologie d'affichage permanente qui ne nécessite pas d'énergie pour laisser une image affichée, au contraire des technologies LCD et OLED qui doivent rester alimentées en énergie pour laisser une image affichée. L'encre électronique est un mode d'affichage particulièrement économique en énergie et qui convient parfaitement aux applications qui ne nécessitent pas une mise à jour constante de l'image.

Les principaux avantages de l'encre ou du papier électronique sont la facilité de lecture, un grand angle de vision et une très faible consommation de fonctionnement. De plus, la plupart des types de papier électronique peuvent être mis en œuvre sur un substrat flexible. Enfin, la clarté ambiante suffit généralement à la lecture et ils ne nécessitent donc pas de rétroéclairage intégré. C'est par conséquent la technologie privilégiée pour les liseuses, les étiquettes de supermarché électroniques et autres dispositifs d'affichage relativement statiques. Il y a aussi des inconvénients : l'affichage est relativement lent, de sorte que cette technologie ne convient pas pour des images en mouvement ou des interfaces utilisateur interactives. Un autre problème est l'effet « ghosting », c'est-à-dire l'apparition d'une image fantôme qui persiste sur le fond blanc lorsque les pixels noirs s'effacent. Ce phénomène est temporaire et peut être supprimé en effaçant complètement puis en affichant à nouveau la page. Il en résulte toutefois un scintillement perceptible au moment de rafraîchir les pages. Il existe désormais des papiers électroniques en couleur, mais ceux-ci sont pour le moment encore extrêmement chers.

Problèmes de qualité d'affichage

Lors de la fabrication d'une dalle d'affichage, il arrive que des pixels défectueux restent en permanence allumés ou éteints – ce que l'on appelle communément des pixels bloqués et des pixels morts. Une dalle comportant un petit nombre de pixels défectueux peut toujours être considérée comme utilisable, cela dépend de la politique du fabricant en la matière. Or, cela peut être une source de mésentente entre fournisseur et client. En effet, pour certains produits, il est indispensable de disposer d'un écran sans aucun défaut, tandis que pour d'autres, un certain nombre de pixels défectueux est tolérable, par exemple s'ils ne sont pas trop rapprochés les uns des autres ou s'ils ne se trouvent pas au milieu de l'écran.

Afin de clarifier la question, l'Organisation internationale de normalisation (ISO) a défini plusieurs classes de qualité en fonction du nombre de chaque type de défaut autorisé par million de pixels. Tout ceci est régi par la norme ISO 13406-2:2001 et quelques normes plus récentes, à savoir les normes ISO 9241-302, 303, 305 et 307:2008. La norme ISO 13406 s'appliquait à l'origine aux écrans LCD, mais elle est désormais également pertinente pour les technologies plus récentes telles que l'OLED et l'e-paper.

Malheureusement, tous les fabricants ne suivent pas scrupuleusement ces normes. Certains les considèrent plus comme des directives que comme des obligations tandis que d'autres les interprètent à leur manière.

Les technologies d'écran tactile et autres périphériques d'affichage

L'intégration d'une technologie d'affichage à un écran tactile forme une interface homme-machine (IHM) flexible, configurable et interactive. En plus d'améliorer l'expérience utilisateur, cela présente également des avantages pour l'OEM, notamment une plus grande flexibilité et un meilleur confort que des boutons et des interrupteurs, mais aussi la possibilité de réaliser des concepts plus attrayants. Il existe quatre grands types de technologie d'écran tactile, chacun étant adapté à différents scénarios d'application et critères budgétaires.

Écrans tactiles résistifs

Ces dalles se composent de plusieurs couches, dont deux conductrices maintenues séparées l'une de l'autre. Chacune de ces deux couches est parcourue de fils fins formant une matrice X/Y lue par un microcontrôleur. Chaque pression exercée sur l'écran fait entrer les deux couches conductrices en contact. Le point de contact est alors détecté. Les écrans résistifs sont fréquemment utilisés dans le secteur industriel pour les équipements d'automatisation ainsi que dans le secteur du commerce de détail, car ils sont à la fois peu coûteux et étanches. L'utilisateur peut porter des gants ou utiliser un stylet ou tout autre objet similaire. Malgré leur robustesse, les écrans tactiles résistifs peuvent tout de même être endommagés si l'on utilise par exemple un objet pointu comme stylet. Le fait que la dalle se compose de multiples couches réduit la visibilité de l'affichage situé tout en dessous. Leur sensibilité est également limitée. Ce sont là plusieurs points dont il faut tenir compte avant d'opter pour cette technologie.

Écrans tactiles à infrarouge

Autrefois populaire – de la fin des années 1960 au début des années 1970 –, la technologie à infrarouge (IR) est nettement moins courante de nos jours. Cette technologie économiquement viable et raisonnablement précise a permis en son temps de mettre en œuvre des IHM simples. Les écrans tactiles à infrarouge sont réactifs et multipoints (multi-touch). Leur principe de fonctionnement consiste à projeter des faisceaux de lumière infrarouge sur la surface de l'écran. Au point de contact, les faisceaux sont interrompus. Le point est alors repéré grâce à ses coordonnées X/Y. L'un des principaux inconvénients de l'IR est la présence d'une lunette renfermant les LED IR et les photodiodes utilisées pour créer ou détecter les faisceaux IR. Cela joue naturellement sur l'esthétique générale du système et ces écrans sont plus difficiles à nettoyer. Enfin, les écrans tactiles à technologie infrarouge ne sont pas adaptés à un usage en extérieur, car leurs performances peuvent être affectées par des variations extrêmes de la luminosité.

Écrans tactiles capacitifs de surface

Un écran capacitif de surface est constitué d'un vitrage revêtu d'une couche conductrice transparente. Lorsqu'il est touché, la conductivité de la peau de l'utilisateur modifie les propriétés électriques de la couche conductrice. Le point de contact est alors déterminé en mesurant les changements de capacité à travers l'écran à l'aide d'une matrice de fils X/Y. Contrairement à la technologie résistive, ces écrans sont sensibles au toucher, de sorte qu'il n'est pas utile d'exercer une pression dessus. Cela signifie aussi qu'ils ne peuvent pas être utilisés lorsque l'on porte des gants, mais uniquement avec un stylet conçu à cet effet. La couche capacitive est directement intégrée dans la dalle LCD ou LED, ce qui réduit le nombre de couches nécessaires. Les écrans tactiles capacitifs offrent par conséquent une meilleure visibilité et une plus grande précision que les écrans tactiles résistifs.

Écrans tactiles capacitifs projetés

Les écrans tactiles capacitifs de surface et résistifs présentent un inconvénient commun, à savoir que le dispositif de détection se situe à l'extérieur du produit, ce qui le rend moins robuste. C'est la volonté d'obtenir un produit plus robuste en plaçant les capteurs tactiles derrière une couche de protection relativement épaisse qui a conduit au développement de la technologie capacitive projetée (PCAP). Les écrans tactiles à technologie capacitive projetée conviennent aux systèmes plus exigeants sur le plan environnemental, par exemple dans le domaine de l'automatisation industrielle où les écrans peuvent être exposés à de l'huile, de l'eau ou de la graisse ou sont susceptibles de subir des chocs ou des vibrations. Ils sont aussi utilisés dans les cas où les surfaces doivent être régulièrement nettoyées, par exemple dans une chaîne de transformation des aliments ou dans le secteur des soins de santé. Les écrans tactiles à technologie capacitive projetée fonctionnent même si l'utilisateur porte des gants épais, ce qui représente un autre atout pour une utilisation dans des environnements médicaux et industriels. Une autre propriété intéressante est la prise en charge du multipoint et de la reconnaissance gestuelle.

Un simple écran capacitif projeté se compose d'une couche d'oxyde d'indium-étain (ITO) déposée sur la face inférieure du vitrage. Ce type d'écran équipe principalement les smartphones et autres terminaux portables dotés de petits écrans. Bien que très efficace en termes de coûts, cette technologie n'est pas très évolutive, car les niveaux de bruit augmentent avec la taille de l'écran tactile. Les écrans capacitifs projetés de plus grand format utilisent une matrice d'électrodes X/Y disposées de façon à former des grilles. La densité de ces grilles définissant la résolution de l'écran tactile. Ces écrans utilisent alors soit le principe de la capacité mutuelle, soit, au contraire, l'autocapacité. Cette dernière solution propose des écrans plus sensibles tandis que la première offre une plus grande précision.

Autres aspects

D'autres propriétés méritent d'être prises en compte lors du choix de la technologie tactile : la présence de filtres de confidentialité, d'un film antireflet ou d'un collage optique.

Un filtre de confidentialité est indispensable sur un écran destiné à afficher des informations confidentielles, par exemple des informations bancaires sur l'écran d'un distributeur automatique de billets ou le dossier médical de patients sur des écrans d'ordinateur dans les hôpitaux. Le fait d'ajouter un filtre composé de volets sur l'empilement des couches qui compose l'écran restreint le champ de vision de l'affichage. Ainsi, seul l'utilisateur placé droit devant l'écran peut lire les informations affichées. Pour les dispositifs en extérieurs comme les panneaux d'informations et les équipements de signalisation numériques où les écrans peuvent être directement exposés au soleil, un dispositif antireflet peut s'avérer utile pour assurer un confort d'utilisation optimal de l'écran tactile. Un revêtement anti-vandalisme peut également s'avérer nécessaire dans le cas d'un appareil destiné à une utilisation sans surveillance. Le collage optique est l'application d'une couche adhésive entre la vitre de protection et la surface d'affichage de façon à éliminer la présence d'air entre les deux couches. Cette démarche renforce l'assemblage de l'écran tactile et en améliore les performances afin d'en rallonger la durée de vie. Cela élimine également le risque de formation de condensation sur la surface inférieure de la vitre de protection.

Les semi-conducteurs de puissance

Dans ce chapitre, nous allons examiner plusieurs dispositifs à semi-conducteurs discrets ou en circuits intégrés utilisés dans les équipements électroniques modernes pour la conversion de puissance et la gestion de l'alimentation. Leur complexité est variable : il peut s'agir de simples diodes à deux bornes, de transistors de puissance à trois bornes ou encore de circuits intégrés multibroches utilisés pour la gestion de l'alimentation.

Les diodes

Une diode est un dispositif semi-conducteur servant à conduire un courant électrique dans un seul sens. Les diodes sont utilisées pour le redressement, c'est-à-dire la conversion de courant alternatif (CA) en courant continu (CC). Les diodes sont également utilisées pour diverses fonctions de commutation. Les principales caractéristiques à prendre en compte lors de la spécification de diodes sont leur capacité de gestion du courant, le seuil de tension directe pendant la conduction et la tension inverse qu'elles peuvent supporter. De ces trois caractéristiques, le seuil de tension directe est sans doute la plus décisive. Le seuil de tension directe est la différence entre la tension d'entrée et la tension de sortie. Cette chute de tension entraîne en effet des pertes de puissance dans la diode. Le choix d'une diode adaptée à une application particulière relève parfois du compromis entre le seuil de tension directe et la tension inverse maximale que la diode peut supporter. Un autre type de diode est la diode Schottky, qui est généralement utilisée pour des tâches de commutation à grande vitesse. Les diodes Schottky ont un seuil de tension inférieur à celui de leurs homologues en silicium, mais ne peuvent pas résister à une tension inverse aussi élevée. La vitesse de commutation (le rythme de l'alternance entre conduction et blocage) est un autre paramètre important à prendre en compte lors de la sélection d'une diode. Les diodes Schottky sont toujours rapides, tandis que les diodes en silicium sont disponibles dans des variantes lentes ou rapides.

Grâce à des recherches récentes sur les semi-conducteurs, de nouveaux matériaux tels que le carbure de silicium (SiC) et le nitrure de gallium (GaN) permettent de produire des diodes aux caractéristiques améliorées en ce qui concerne la vitesse de commutation, la température de fonctionnement, la tension inverse et le seuil de tension directe. Bien sûr, ce gain de performances se traduit aussi par un coût unitaire plus élevé.

La diode Zener est un autre type de diode fréquent dans les applications d'alimentation. Elle est souvent utilisée comme référence de tension ou comme supprimeur de transitoires. Les diodes Zener bloquent le courant inverse jusqu'à un niveau de tension spécifique ; au-delà, ils permettent au courant de circuler. Lors de l'établissement des spécifications d'une telle diode, la tension de claquage inverse peut être le facteur décisif.

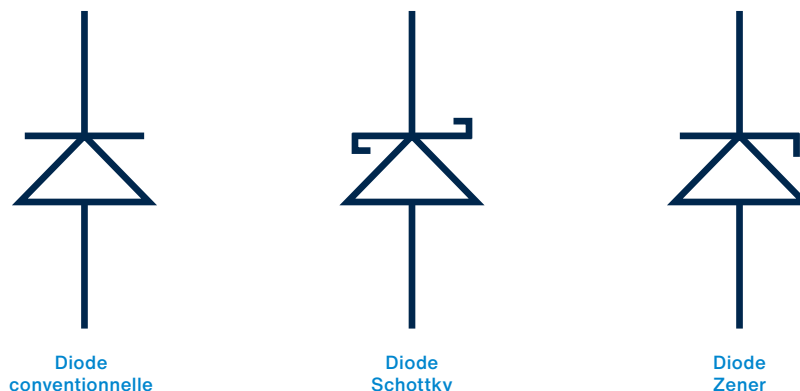


Figure 1 : principaux types de diodes

Les transistors de puissance

Dans les applications d'alimentation, les transistors agissent généralement comme des interrupteurs contrôlés. Ils possèdent trois bornes. Un petit signal est utilisé sur une broche afin de contrôler un courant de sortie plus élevé entre les deux autres broches. Le courant de sortie varie en fonction du réglage du signal de commande d'entrée. Un transistor de puissance peut aussi agir comme un interrupteur. Dans ce cas, une sortie à commutation dure se rapporte à un signal d'entrée de niveau faible ou élevé sur la broche de commande.

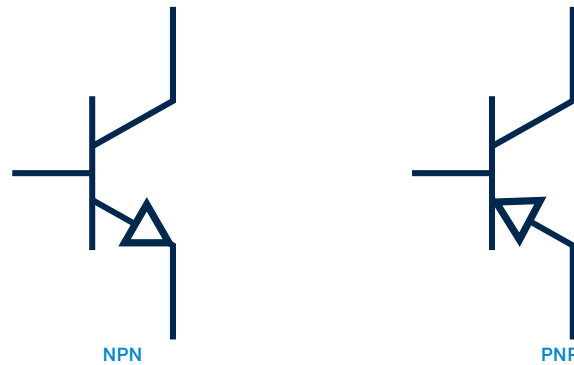


Figure 2 : types de transistors bipolaires

Les transistors bipolaires (BJT) conviennent aux applications de faible puissance jusqu'à quelques watts. Leur broche de commande est appelée « base » et les broches dites « collecteur » et « émetteur » font passer le courant contrôlé. Les principales spécifications sont le courant ou la puissance nominale, la tension de fonctionnement maximale (également appelée tension de claquage), la vitesse de fonctionnement et le gain de courant. Le gain de courant est le rapport entre le signal d'entrée de commande et le courant de sortie commandé. À des niveaux de courant élevés, la perte de puissance lors du passage du courant dans la base peut être importante. Les deux principaux types de transistors sont les NPN et les PNP, en référence à la polarité des tensions commutées et de commande.

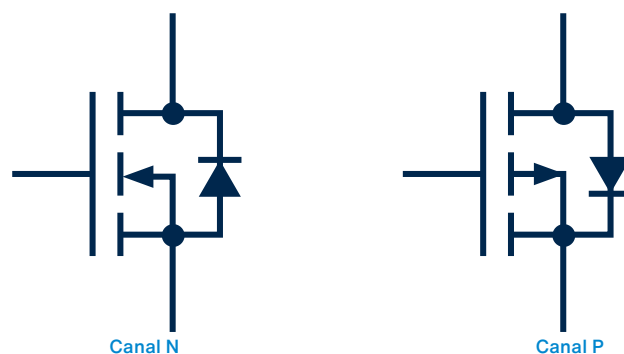


Figure 3 : types de MOSFET

Les transistors à effet de champ à grille métal-oxyde, plus couramment nommés MOSFET, sont également des dispositifs à trois bornes. La tension sur la broche de contrôle (la « grille »), contrôle le courant passant par les bornes dites « drain » et « source ». Les spécifications de base sont la gestion du courant, la tension de claquage et la capacité de gestion de la puissance. Une caractéristique essentielle, souvent prioritaire au moment de choisir des MOSFET, est la résistance entre le drain et la source lors de la conduction de courant. Notée $R_{DS(on)}$, elle indique la perte de puissance qui se produit dans l'appareil. Un autre paramètre à prendre en compte est la charge de grille totale ou $Q_g(\text{total})$, car elle quantifie les pertes du circuit d'attaque de grille lors de commutations à haute fréquence. Les MOSFET sont la solution de prédilection avec des niveaux de puissance élevés, car leurs pertes sont très faibles par rapport aux transistors bipolaires équivalents. En outre, ils peuvent généralement fonctionner à des fréquences plus élevées.

Il existe deux catégories de MOSFET : à enrichissement et à appauvrissement. Les MOSFET de chacune de ces catégories peuvent être de type P ou de type N. Le type définit la polarité des tensions utilisées et indique si le transistor est activé ou désactivé comme un interrupteur. Contrairement aux transistors bipolaires (BJT), les MOSFET peuvent conduire le courant dans les deux sens entre la source et le drain lorsqu'ils sont allumés.

Les transistors bipolaires à grille isolée (IGBT) sont une combinaison de BJT et de MOSFET où la broche de grille contrôle le courant à travers les broches d'émetteur et de collecteur de façon similaire aux BJT. Relevant d'une technologie relativement ancienne, les IGBT ne sont utilisés que comme interrupteurs et non comme dispositifs « linéaires ». Leur fonctionnement est en outre relativement lent, ce qui limite leur déploiement à des fréquences de commutation d'environ 50 kHz. Leur capacité de gestion de puissance est cependant excellente, puisqu'ils supportent des courants de plus de 400 A et des tensions de plus de 5 kV. Les IGBT sont notamment utilisés pour le contrôle de la traction, dans des onduleurs raccordés au réseau et pour la commande de moteurs haute puissance.

Les thyristors, parfois dénommés SCR (soit « redresseurs silicium commandés ») ou TRIAC (soit « triodes pour courant alternatif »), sont également présents dans les conceptions de circuits haute puissance. Il s'agit de commutateurs semi-conducteurs à verrouillage contrôlés par une broche de grille. Les SCR ne conduisent que dans un sens, tandis que les TRIAC peuvent conduire dans les deux sens.

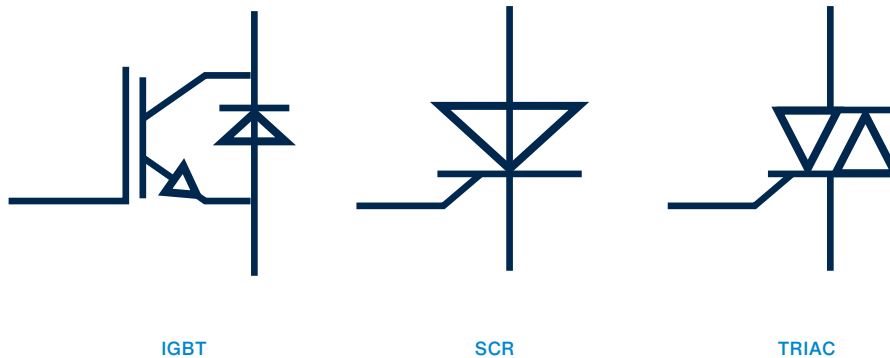


Figure 4 : IGBT, TRIAC et SCR

Technologies à large bande interdite

Le carbure de silicium (SiC) et le nitrure de gallium (GaN) sont des alliages relativement nouveaux dont l'usage en tant que semi-conducteurs à large bande interdite se popularise. Ces semi-conducteurs à large bande interdite autorisent des commutations plus rapides, présentent une température de fonctionnement plus élevée et souffrent de pertes de puissance considérablement plus faibles par rapport aux dispositifs traditionnels à base de silicium. Ils sont également plus économes en énergie, ce qui améliore les performances du produit final. En revanche, ils sont comparativement plus coûteux à fabriquer, ce qui implique un prix unitaire élevé. Cependant, les prix devraient baisser à mesure que leur usage se répand, ce qui devrait entraîner leur adoption dans une plus large gamme d'applications.

Circuits intégrés de gestion de l'alimentation

Dans l'électronique de puissance, les circuits intégrés à usage général sont utilisés pour de nombreuses fonctions différentes, mais principalement pour le contrôle du processus de conversion de puissance : CA-CC, CC-CA, CA-CA ou CC-CA. Plusieurs méthodes de conversion (ce qu'on appelle des topologies) sont couramment utilisées de nos jours. Les plus répandues sont les topologies linéaires et de dévoltage-survoltage. Chaque topologie requiert une méthode de contrôle légèrement différente avec des circuits intégrés spécifiques, mais disponibles auprès de nombreux fournisseurs.

Les circuits intégrés linéaires peuvent servir simplement à la fonction de commande, mais ils peuvent aussi embarquer un transistor commandé ou de commutation comme un MOSFET. Dans la conversion de puissance en mode commuté, des circuits intégrés de commande sont utilisés pour piloter des transistors de puissance qui, pour les conceptions de puissance faible à moyenne, sont intégrés au circuit intégré. Il est également possible de contrôler plusieurs canaux de sortie simultanément. Il existe en outre de nombreux circuits intégrés capables d'exécuter des fonctions supplémentaires spécifiques à la conversion et à la gestion de l'alimentation. Ils peuvent ainsi permettre à un microcontrôleur de gérer les paramètres de fonctionnement de l'alimentation et d'alerter l'utilisateur en cas d'erreur.

Les circuits intégrés de contrôle de puissance sont catégorisés en fonction de l'application à laquelle ils sont destinés et de leurs caractéristiques électriques. Il existe par exemple des CI pour gérer le processus de conversion de puissance et des CI d'interface numérique pour établir et maintenir la communication avec un microcontrôleur hôte. Les fabricants proposent généralement des modèles équivalents, mais en l'absence d'une licence de fabrication partagée, les différences observées peuvent être assez importantes pour entraîner une incompatibilité. Il vaut donc s'assurer de la compatibilité avant d'envisager un équivalent d'un autre fabricant comme deuxième source.

Options du boîtier de composants de puissance

Bien que les boîtiers à montage en surface soient courants, les composants d'alimentation utilisent fréquemment des terminaisons traversantes pour permettre le montage sur des dissipateurs thermiques par opposition aux circuits imprimés. À mesure que la technologie évolue et que l'efficacité augmente, de plus en plus de dispositifs d'alimentation sont disponibles en aile de mouette, boîtier à billes (BGA), boîtier à matrice de plots (LGA) et autres boîtiers propriétaires. Les dispositifs à faible puissance respectent les tailles standard des dispositifs pour montage en surface et les boîtiers sont souvent fournis avec des accessoires comme des pastilles de cuivre pour dissiper l'excès de chaleur.



La gestion thermique

La conception de produits évolue vers des solutions toujours plus compactes. Il devient dès lors important de s'intéresser aux sources de chaleur dans les circuits. Des résistances aux circuits intégrés, de nombreux composants génèrent chacun un peu de chaleur. Les composants qui dégagent le plus de chaleur sont généralement les composants liés à la conversion de puissance. Des éléments tels que les transistors de puissance et les MOSFET utilisés dans les alimentations et les contrôleurs de moteurs requièrent à ce titre une attention particulière. Dans les serveurs et les ordinateurs haut de gamme, les circuits intégrés du processeur génèrent également des quantités importantes de chaleur. Afin de réduire au mieux la génération de chaleur, on peut avoir recours à des composants écoénergétiques et des topologies de conversion de puissance particulières, mais une certaine forme de gestion thermique reste indispensable. Avec la tendance du marché à réduire la taille, le poids et la puissance des produits, choisir la méthode de dissipation de chaleur la mieux adaptée peut être la clé du succès d'un produit.

Les méthodes de gestion thermique se divisent en deux catégories principales. D'une part, la gestion passive, où la chaleur est conduite ou rayonnée sans pièces mobiles et d'autre part, la gestion active qui utilise un ventilateur ou une soufflante pour créer un flux d'air. Certaines applications ont recours aux deux méthodes à la fois.

Dans le présent chapitre, nous passerons en revue les types de refroidissement les plus courants. Suivront ensuite quelques conseils sur les éléments à prendre en compte pour l'approvisionnement de solutions de gestion thermique.

Dissipateurs thermiques

Comme chaque application est différente, il n'est pas surprenant que les dissipateurs thermiques standard soient disponibles dans une variété presque illimitée de tailles et de formes. Pour des applications plus spécialisées, il est aussi possible de concevoir une solution de gestion thermique personnalisée. Comparable aux ailettes de refroidissement que l'on trouve sur les moteurs à refroidissement par air, un dissipateur thermique est une pièce de métal dotée d'ailettes de rayonnement de chaleur qui est fixée au dispositif générant la chaleur, par exemple un circuit intégré de processeur. La chaleur est absorbée à travers la base du dissipateur thermique, puis dissipée dans l'air environnant grâce à l'action des ailettes.

Pour les types de boîtiers de semi-conducteurs standard, y compris les boîtiers TO-xxx couramment utilisés par les dispositifs discrets montés sur goujons tels que les IGBT, de nombreux dissipateurs thermiques sont commercialement disponibles. Les microprocesseurs et autres processeurs à forte intensité de calcul utilisent généralement des boîtiers au format de types BGA ou LGA, pour lesquels une large gamme de dissipateurs thermiques est également disponible. Les fabricants de semi-conducteurs et leurs distributeurs fournissent parfois des dissipateurs thermiques spécifiques à leurs dispositifs.

La spécification d'un dissipateur thermique doit prendre en compte certains paramètres. Sa principale caractéristique est sa résistance thermique exprimée en °C/W. Cette valeur indique de combien de degrés la température du dissipateur thermique augmentera pour chaque watt de chaleur qu'il doit dissiper. Les dimensions d'un dissipateur thermique ont presque toutes une incidence sur cette valeur, mais comme souvent, il s'agit de trouver un compromis entre résistance thermique et espace disponible.

La plupart des dissipateurs thermiques sont en aluminium, bien qu'il en existe en alliages d'aluminium, en cuivre et même en céramique. De manière générale, le prix des dissipateurs augmente à mesure qu'ils offrent de meilleures performances thermiques. C'est pourquoi il paraît judicieux de spécifier le matériau offrant le niveau de performances minimal requis pour répondre sans effort aux besoins de l'application à laquelle le dissipateur est destiné.

La quantité de chaleur dissipée est proportionnelle à la surface du dissipateur. C'est pourquoi les dissipateurs thermiques ont souvent des formes élaborées. L'ajout d'ailettes, d'aubes et d'arêtes permet d'augmenter la surface pour un volume donné. Du moment que le dissipateur de chaleur s'adapte à l'espace disponible et qu'il offre une résistance thermique suffisante pour l'application, la forme et le nombre des ailettes importent peu.

Les dissipateurs thermiques peuvent être montés de différentes manières, notamment par vis ou à l'aide d'adhésifs thermoconducteurs. Bien que le coût des vis ou de la colle soit dérisoire, la méthode de montage ajoute une étape dans le processus de production, dont le coût peut être important. C'est un élément dont il faut donc tenir compte dans le choix du dissipateur thermique. La sécurité ne doit pas non plus être négligée. Les surfaces susceptibles de devenir chaudes doivent être signalées à l'aide d'étiquettes d'avertissement appropriées, ce qui représente un coût supplémentaire.

Lors du montage d'un dissipateur thermique, il faut veiller à ce qu'aucun espace ne subsiste entre le dispositif à refroidir et la surface de montage du dissipateur thermique. Le moindre écart affecte l'efficacité du dissipateur. Plus la surface est grande, plus cela posera des problèmes en raison des tolérances de fabrication. Une gamme de pâtes thermiques et de patins thermoconducteurs (que l'on appelle aussi des interfaces thermiques) aident à maintenir une excellente liaison mécanique et thermique entre l'appareil et le dissipateur thermique.

Ventilateurs et soufflantes

Dans les applications où la chaleur générée est supérieure à la quantité de chaleur qui peut être traitée par des techniques de dissipation passive, ou lorsque l'espace disponible est insuffisant pour y monter un dissipateur thermique, il faut alors recourir à des dispositifs actifs tels que des ventilateurs ou des soufflantes. Les ventilateurs et les soufflantes sont des dispositifs très similaires. Une soufflante n'est rien de plus qu'un ventilateur doté d'une sorte de carénage permettant de créer un flux d'air mieux contrôlé.

Les ventilateurs soufflent de l'air sur les surfaces de refroidissement d'un dissipateur thermique afin d'en augmenter la capacité de dissipation. On obtient ainsi un mécanisme de refroidissement plus efficace, mais qui a un coût.

Le paramètre principal d'un ventilateur ou d'une soufflante est la quantité d'air brassée par le dispositif. Le débit d'air est le plus souvent exprimé en pieds cubes par minute (CFM), mais d'autres unités de mesure comme le pied linéaire par minute (LFM) et des équivalents métriques sont couramment utilisées aussi. La quantité d'air qu'un ventilateur ou une soufflante peut déplacer dépend de plusieurs paramètres tels que la taille et la vitesse de rotation du dispositif.

Les ventilateurs sont des dispositifs actifs qui nécessitent donc une alimentation pour fonctionner. Celle-ci peut aller de quelques volts CC à la tension CA du secteur. En règle générale, il est préférable d'opter pour un ventilateur dont l'alimentation peut être fournie par une tension facilement disponible dans le système. Le fait de devoir générer une tension de sortie distincte pour le ventilateur implique un besoin de puissance supplémentaire. En plus d'ajouter un coût, cela peut aussi nécessiter plus d'espace. La consommation d'énergie des ventilateurs a une incidence sur l'efficacité globale du système et peut par conséquent affecter l'efficacité énergétique du produit. Si l'intégration d'un ventilateur est indispensable, il est recommandé d'opter pour un ventilateur doté d'un moteur à courant continu sans balais. Ces types de moteurs plus modernes affichent en effet une plus grande efficacité énergétique que les moteurs à balais.

La présence de plusieurs pièces mécaniques mobiles expose les ventilateurs et les soufflantes à des problèmes de fiabilité. Ils risquent dès lors de défaillir avant même l'électronique présente dans la conception. C'est pourquoi les ventilateurs doivent pouvoir être remplacés sur site, ce qui implique que l'utilisateur doit supporter les coûts de maintenance supplémentaires tout au long de la durée de vie de l'équipement.

Dans de nombreuses applications, la vitesse des ventilateurs est contrôlée afin de n'assurer le refroidissement que lorsque la température de fonctionnement du système dépasse un seuil prédéfini. Certains ventilateurs disposent d'un contrôle de vitesse intégré. Si cette solution permet d'économiser de l'espace sur le circuit imprimé principal, elle augmente aussi le coût du ventilateur. Dans les cas où il est prévisible que le ventilateur doive être remplacé pendant la durée de vie de l'équipement, un moyen simple de réduire les coûts de maintenance est d'intégrer l'électronique de commande au circuit imprimé principal et de sélectionner le type de ventilateur le plus simple.

Les ventilateurs génèrent du bruit lorsqu'ils fonctionnent. Quasiment imperceptible pour certains modèles, ce bruit peut devenir une véritable nuisance sonore dans certains environnements comme les bureaux ou les hôpitaux. En revanche, le bruit ne constitue pas un facteur décisif lorsque le ventilateur est destiné à fonctionner dans un environnement extérieur ou industriel. Au besoin, il est donc possible de spécifier des ventilateurs plus silencieux en se basant sur leur niveau de bruit, exprimé en dBA. Bien entendu, un ventilateur plus silencieux sera souvent aussi un peu plus cher.

L'inconvénient des ventilateurs est le fait qu'ils aspirent aussi de la poussière, voire des débris, provenant de l'environnement extérieur à l'intérieur de l'équipement, ce qui est susceptible de provoquer des pannes du système. Il existe bien des filtres à poussière, mais en plus d'augmenter les coûts, ils nécessitent une inspection d'entretien régulière. La sécurité est également un facteur à prendre en compte à cause des ailettes mobiles. Un protège-doigts est un accessoire standard, mais le simple fait de perforer des fentes dans le boîtier du produit permet d'économiser le coût d'une protection.

Les microcontrôleurs

Le microcontrôleur est le composant principal de tout système embarqué. À l'instar d'un microprocesseur dans un ordinateur portable, un microcontrôleur exécute un logiciel qui fournit au système ses fonctionnalités – qu'il s'agisse d'un smartphone, d'une machine à laver ou d'un système de gestion de moteur.

La principale différence entre un microcontrôleur et un microprocesseur est la quantité des fonctionnalités qu'il embarque. Le microprocesseur de votre ordinateur portable s'appuie sur des circuits intégrés externes pour fournir des fonctionnalités comme la mémoire vive, les interfaces réseau et les pilotes d'affichage. Ces circuits intégrés sont généralement montés sur la même carte que le microprocesseur. Le microcontrôleur (MCU) intègre au contraire la plupart de ses fonctionnalités dans le même silicium : le cœur du processeur, la mémoire, les interfaces, la gestion de l'alimentation et une variété d'autres fonctions selon les spécifications. Lorsqu'il est combiné avec d'autres fonctionnalités essentielles telles que la communication sans fil et les pilotes LCD, un microcontrôleur est appelé un système sur puce (SoC).

La figure 1 montre le schéma de principe d'un microcontrôleur typique. Il comprend un cœur de processeur avec différentes interfaces, une mémoire Flash pour stocker le logiciel d'application et de la SRAM pour le stockage de données.

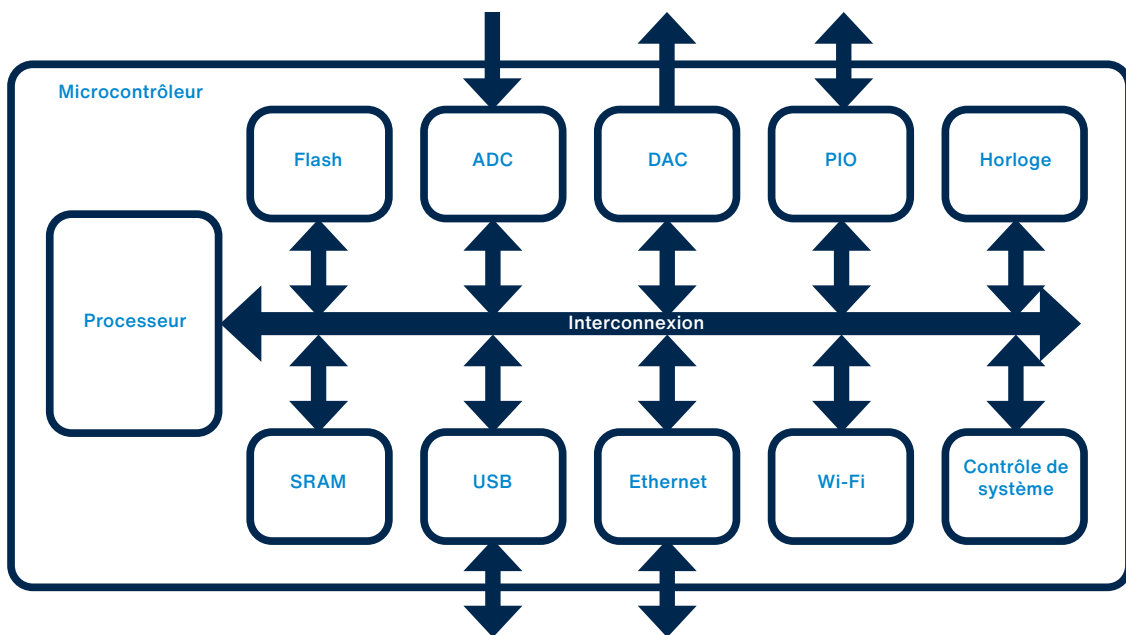


Figure 1 : schéma montrant les blocs fonctionnels de base dans un microcontrôleur

Les périphériques d'un microcontrôleur comprennent généralement toute une série d'options d'interface. Il peut s'agir d'une connectivité réseau filaire (par exemple Ethernet) ou de la prise en charge de protocoles de réseau sans fil tels que le Wi-Fi ou le Bluetooth. Un convertisseur analogique-numérique (ADC) permet de lire les signaux d'un capteur analogique ou de traiter les données d'une entrée micro. Les convertisseurs numérique-analogique (DAC) permettent quant à eux d'émettre des signaux audio ou de générer un signal analogique pour une variété d'applications. Les connecteurs d'entrée et de sortie (E/S) ou ports GPIO sont utilisés pour connecter des commutateurs et des LED. Les interfaces série telles que l'USB sont utilisées pour se connecter et communiquer avec d'autres sous-systèmes. L'intégration de multiples fonctionnalités dans un seul microcontrôleur présente un certain nombre d'avantages. Premièrement, cela permet de réduire la consommation d'énergie, car le traitement de données en interne est moins énergivore que l'envoi de données pour traitement en externe. L'accès à la mémoire est aussi bien plus rapide lorsqu'il s'agit d'une mémoire « sur puce ». L'avantage se mesure ici en termes de performances. En outre, une approche plus intégrée de la conception réduit considérablement le coût total du système, puisqu'elle nécessite moins de composants supplémentaires.

Il existe plusieurs façons de catégoriser les microcontrôleurs. La première est en fonction de la taille du registre du processeur (CPU). Les processeurs les plus anciens et les plus largement utilisés avaient une architecture 8 bits. Les données étaient donc inscrites dans des registres de 8 bits binaires individuels, soit un octet. Plus tard vinrent les processeurs 16 bits, puis 32 bits et 64 bits. Les processeurs 8 bits sont plus petits, mais peuvent aussi se montrer moins puissants et plus rapides dans certaines applications. Pour les applications plus complexes où de gros volumes de données sont traités, les processeurs 32 bits ou 64 bits se montrent plus efficaces. À mesure que la technologie progressait, les processeurs sont devenus plus compacts et plus économes en énergie. Les microcontrôleurs sont passés progressivement de 8 bits à 16 bits, puis 32 bits. Ces derniers représentent désormais plus des deux tiers du marché mondial des microcontrôleurs. Les processeurs 8 bits sont toujours utilisés, car ils conviennent pour des applications de contrôle simples. Les processeurs hétérogènes combinent les systèmes 8 bits et 32 bits pour répondre à des exigences spécifiques.

Les microcontrôleurs peuvent également être catégorisés en fonction de l'architecture du processeur. Bien qu'il existe de nombreuses architectures différentes pour les systèmes embarqués, Intel (x86) et ARM dominent nettement le marché. Ces fabricants suivent chacun un modèle économique bien différent de l'autre. Intel fabrique ses propres dispositifs pour applications embarquées et la plupart d'entre eux utilisent le peu puissant processeur Atom. De son côté, ARM autorise l'utilisation de ses conceptions de processeurs sous licence de propriété intellectuelle (IP) de sorte que d'autres entreprises peuvent les utiliser dans leurs conceptions de microcontrôleurs. Parmi les entreprises qui fabriquent des microcontrôleurs ARM, les plus connues sont Microchip, NXP, STMicroelectronics et Texas Instruments.

Le fait que de nombreux fabricants de semi-conducteurs utilisent l'architecture ARM représente un avantage pour les équipes d'ingénierie et d'approvisionnement. En effet, puisque de nombreux développeurs utilisent la même architecture, l'offre d'outils logiciels, d'applications, de documentation et de support disponibles est assez étoffée. Cette utilisation généralisée est également avantageuse pour les acheteurs. En effet, puisqu'il est difficile pour les fournisseurs de semi-conducteurs de démarquer leurs produits par rapport à l'offre standard sous licence IP, les prix restent compétitifs.

C'est aussi la raison pour laquelle certaines entreprises, dont beaucoup sont titulaires de licence ARM, ont conservé leurs architectures propriétaires. Quelques exemples populaires sont :

- AVR, initialement développé par Atmel, fait maintenant partie de Microchip. Les cartes de développement Arduino utilisent le processeur AVR 8 bits d'origine. Le processeur AVR 32 bits est réputé avoir une puissance particulièrement faible.
- La gamme de processeurs PIC de Microchip, initialement conçue en 1976. Depuis lors, un grand nombre de périphériques avec des processeurs 8, 16 ou 32 bits et une large gamme d'options de mémoire et d'interface ont été mis sur le marché.
- La gamme SuperH de Renesas, très prisée au Japon.
- Les microcontrôleurs TriCore d'Infineon, qui ont des fonctionnalités spécialement conçues pour les applications critiques pour la sécurité et qui sont par conséquent très répandus dans les applications du secteur automobile et industriel.
- L'architecture MIPS d'Imagination Technologies, qui, comme ARM, est sous licence IP.
- ARC, qui est une autre conception de processeur sous licence IP disponible chez Synopsys.

Mais avec autant de microcontrôleurs disponibles, quels critères retenir pour choisir la meilleure solution pour un projet ?

Tout d'abord, l'appareil doit répondre aux exigences de base de l'application en termes de performances, de taille de mémoire, de consommation d'énergie et de périphériques intégrés. Même après cette première sélection, il reste encore un large choix de fournisseurs proposant des produits adaptés. Il faut alors considérer d'autres facteurs. Par exemple, la disponibilité et le coût des outils logiciels. Afin de pouvoir offrir un avantage concurrentiel, certains fournisseurs de semi-conducteurs ont investi dans le développement d'environnements de développement intégrés (IDE) qu'ils proposent gratuitement à leurs clients. Il existe toutefois une large gamme d'EDI tiers disponibles sur le marché. Dans certains cas, les impératifs de compatibilité logicielle limiteront le choix du microcontrôleur. Par exemple, si l'appareil doit exécuter des applications écrites pour les processeurs ARM ou pour la famille Intel x86, le choix se limite alors aux processeurs compatibles.

En fin de compte, le choix du microcontrôleur peut entièrement dépendre d'une donnée aussi simple que le matériel et les logiciels les plus utilisés par l'équipe d'ingénierie. Le fait d'opter pour un microcontrôleur avec lequel on a déjà eu de l'expérience par le passé peut aider à réduire le temps de développement et le risque de problèmes techniques.

La nature du produit peut également influencer sur le choix. Par exemple, un produit fabriqué en petite série peut être doté d'un ordinateur à carte unique (SBC) standard contenant le microcontrôleur et tout le matériel de support tel que l'alimentation, les connecteurs d'interface et un écran LCD. Bien que cette approche entraîne un coût unitaire plus élevé, l'utilisation d'un SBC réduit à zéro le coût de conception et de fabrication d'une carte personnalisée et raccourcit considérablement le cycle de développement. D'autre part, pour un produit fabriqué en grande série, les facteurs décisifs seront les tarifs au volume et la disponibilité.

En résumé, le microcontrôleur fournit la fonctionnalité de base d'un système embarqué et intègre l'ensemble de la mémoire et des interfaces requises. Avec une si large gamme de produits disponibles, le processus de sélection peut sembler compliqué, mais le choix final sera aiguillé par l'expertise de l'équipe matérielle et les exigences logicielles du projet.

Les convertisseurs de données

Les microcontrôleurs sont au cœur de la plupart des systèmes de contrôle numériques ou embarqués. Ils traitent les informations numériquement à l'aide des valeurs 0 et 1. Une faible tension continue, généralement comprise entre 1,8 V et 5 V, est utilisée pour représenter la valeur numérique 1 et une tension inférieure (généralement $< 0,8$ V) pour représenter la valeur numérique 0. Les connexions à d'autres parties du système, telles qu'une interface USB ou un clavier, sont également réalisées à l'aide de registres qui consistent en des séquences de 1 et de 0.

Les interactions entre le microcontrôleur et l'environnement réel se font par signaux analogiques. Un signal analogique est composé de niveaux de tension variables sur une large plage dynamique et la fréquence avec laquelle ils varient peut être tout aussi complexe. Pour que le microcontrôleur puisse traiter les signaux analogiques, ceux-ci doivent tout d'abord être convertis dans le domaine numérique. Nous pouvons illustrer cela par un exemple qui nous est tous familier : notre parole (un signal analogique) est convertie en un signal numérique par le téléphone mobile qui transmet ensuite ce signal sur le réseau téléphonique, puis le téléphone récepteur convertit le flux de signaux numériques reçu en un signal analogique. Les convertisseurs de données sont des dispositifs à semi-conducteurs qui transforment un signal numérique en signal analogique et vice versa.

Les convertisseurs numérique-analogique

Un convertisseur numérique-analogique (DAC) traduit une valeur numérique en une tension de sortie correspondante (ou, dans certains cas, en courant). Étant donné que l'entrée du convertisseur est numérique, la sortie se compose d'une série de niveaux discrets plutôt que d'une tension à variation régulière. Au besoin, le signal peut être filtré afin de lisser les pas, comme le montre le schéma ci-dessous.

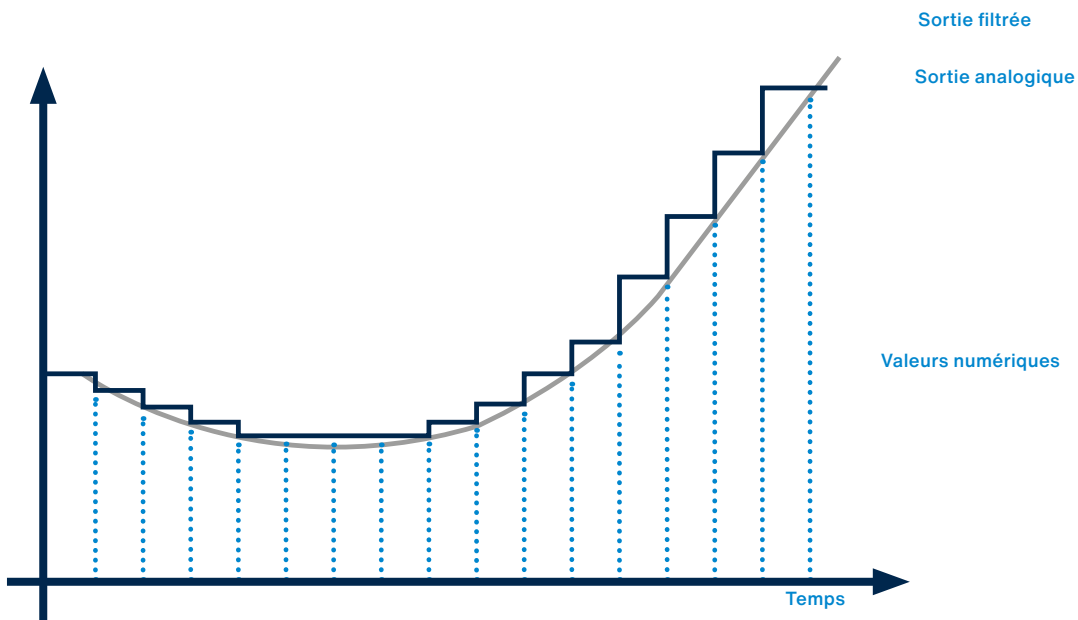


Figure 1 : Exemple de signal échelonné lissé par filtrage

Les DAC sont utilisés dans une large gamme d'applications, parmi lesquelles la génération d'une sortie audio pour les lecteurs de musique numériques, les téléphones mobiles et d'autres produits de grande consommation. Dans ces produits, le DAC fonctionne à une vitesse relativement faible, mais la conversion se doit d'être très précise. Un autre exemple d'utilisation d'un DAC dans notre quotidien est la génération de signaux vidéo à l'intérieur d'un téléviseur. Il existe de nombreuses autres applications telles que le contrôle du matériel électrique. Par exemple, le réglage de la tension d'alimentation d'un simple moteur à courant continu utilisé pour un ventilateur de refroidissement dans un ordinateur portable modifie sa vitesse.

L'un des types les plus simples de circuits DAC génère une tension pondérée binaire pour chaque bit de l'entrée. Ces tensions sont ensuite additionnées pour constituer la tension de sortie. Prenons par exemple un DAC 4 bits capable de produire 16 niveaux de tension différents compris entre 0 V et 1,5 V. La figure 2 montre comment la valeur de 0101 crée une tension correspondante.

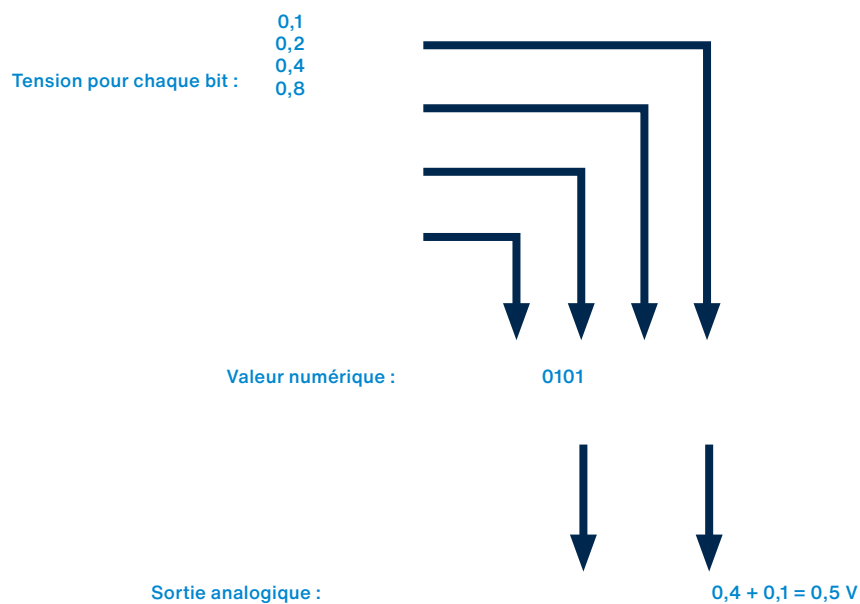


Figure 2 : processus de conversion sur un périphérique DAC 4 bits

Une autre façon de créer un signal pseudo-analogique consiste à utiliser une technique appelée modulation de largeur d'impulsion (PWM). Dans ce cas, la sortie est toujours un signal numérique, mais qui comprend un flux d'impulsions de valeur 1 et 0. Le rapport entre le moment où la sortie est un 1 (tension élevée) et un 0 (tension basse) est varié de sorte que la moyenne corresponde à la tension de sortie requise. Si nécessaire, la sortie peut être filtrée pour générer cette tension moyenne. Cependant, dans de nombreux cas, par exemple pour commander un haut-parleur ou un moteur, le dispositif lui-même peut agir comme un filtre en lissant les impulsions. Puisqu'un signal PWM existe dans le domaine numérique, il s'agit d'un moyen simple et peu coûteux de réaliser une conversion numérique-analogique.

Les convertisseurs analogique-numérique

Un convertisseur analogique-numérique (ADC) transforme un signal d'entrée de tension ou de courant en un chiffre numérique qui représente sa valeur. Le processus implique de convertir le signal d'entrée variable en une série d'échantillons discrets prélevés à des intervalles de temps fixes. Cette approche introduit inévitablement des erreurs dans le signal, car l'entrée à variation continue est convertie en une série de pas qui sont l'approximation numérique la plus proche de la tension d'entrée.

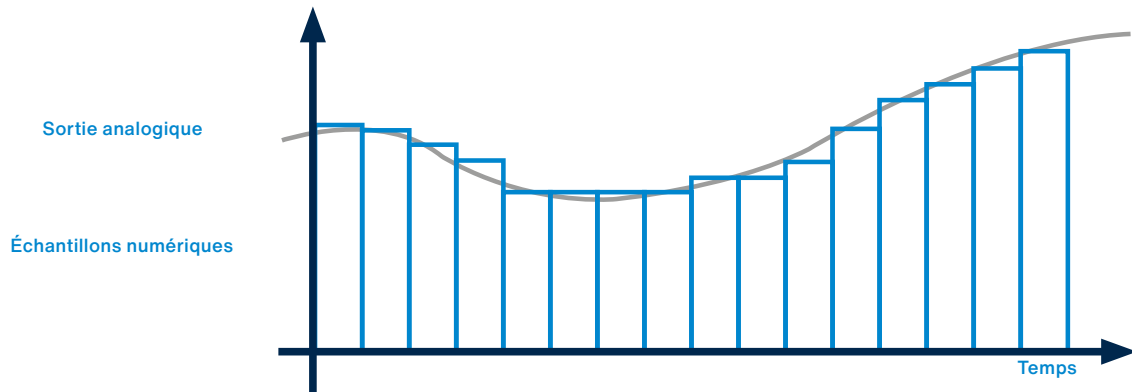


Figure 3 : exemple de signal analogique transformé en signal numérique

Les ADC sont fréquemment utilisés pour numériser des signaux audio, par exemple pour réaliser un enregistrement audio numérique. Une telle application nécessite une conversion précise du signal d'entrée audio analogique afin de réduire à un minimum le bruit et la distorsion qui pourraient autrement être audibles. Dans ce contexte, il est essentiel de s'assurer que le signal analogique est échantillonné au moins deux fois plus vite que la fréquence la plus élevée du signal d'entrée afin d'éviter un problème appelé aliasing. L'aliasing fait apparaître les fréquences supérieures à la moitié de la fréquence d'échantillonnage sous la forme de bruit basse fréquence. Les ADC peuvent également prendre en charge des entrées de capteurs, par exemple pour mesurer la température, l'humidité, l'intensité lumineuse ou d'autres propriétés physiques.

La conversion d'un signal analogique en une valeur numérique est une opération légèrement plus compliquée que l'inverse. Il existe par conséquent de nombreux types de convertisseurs présentant chacun des caractéristiques différentes. L'une des méthodes les plus simples d'un point de vue de la conception est appelée la « conversion directe ». Il s'agit d'utiliser un réseau de circuits pour comparer l'entrée à chaque plage de tension dans la représentation numérique. La figure 4 montre comment cela fonctionne pour un ADC 2 bits.

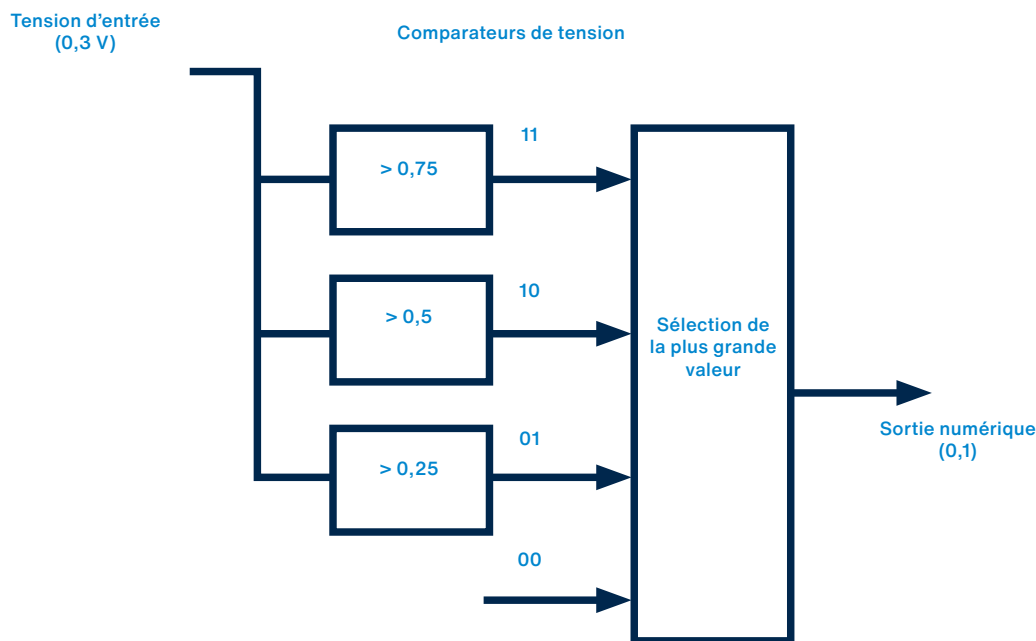


Figure 4 : schéma montrant la conversion directe sur un ADC 2 bits

Bien que la conversion directe permette un fonctionnement à grande vitesse, cette méthode devient rapidement coûteuse et impraticable, car elle nécessite un nombre plus important de bits numériques. Or, le nombre de circuits de comparaison double à chaque ajout d'un bit supplémentaire. Ainsi, alors que 2 bits de données nécessitent trois comparateurs, 8 bits en nécessitent 255. Concevoir un circuit ADC selon cette approche résulterait en un surcoût considérable dans le BOM.

D'autres méthodes de conversion analogique-numérique utilisent des processus itératifs ou basés sur le temps pour trouver la valeur numérique qui correspond à la tension d'entrée. Une de ces méthodes par exemple mesure le temps nécessaire à une tension de référence croissante pour atteindre le même niveau que le signal d'entrée. Toutes ces techniques ont leurs avantages et leurs inconvénients propres, le tout étant de choisir celle qui présente le meilleur compromis entre précision, rapidité et coût.

Qualité et performances

La résolution et la vitesse de conversion sont les principaux facteurs utilisés pour définir la qualité d'un ADC ou DAC.

La résolution est le nombre de niveaux discrets que le signal numérique peut représenter (ce qui revient au nombre de bits dans la valeur numérique). Par exemple, un ADC 8 bits peut représenter 256 niveaux d'entrée différents (de 0 à 255 ou de -128 à +127), tandis qu'un DAC 12 bits peut générer 4 096 tensions de sortie différentes. La résolution peut aussi être considérée comme le pas minimum de tension qui peut être détecté ou généré. La résolution maximale est déterminée par la précision des composants utilisés dans le convertisseur et le niveau de bruit présenté, qui limitent tous la sensibilité de mesure de la différence de tension. D'autres aspects importants sont la vitesse de conversion et le taux d'échantillonnage – en d'autres termes, la fréquence à laquelle les échantillons sont prélevés et convertis.

Spécification d'un convertisseur de données

Certains microcontrôleurs ont des ADC ou DAC embarqués, mais pour obtenir une conversion plus rapide et précise, il est préférable d'avoir recours à des circuits intégrés externes.

Le circuit analogique-numérique étant relativement complexe, les dispositifs ADC multicanaux partagent généralement un seul convertisseur entre plusieurs entrées analogiques. En commutant tour à tour chaque canal d'entrée vers le circuit convertisseur, une valeur numérique correspondante est générée. La résolution requise dépend de la précision exigée par l'application. Les bruits ou les distorsions créés par les erreurs inhérentes à la conversion doivent être suffisamment faibles pour ne pas être significatifs pour l'application. Pour une simple mesure de température, 8 bits avec une fréquence d'échantillonnage de seulement une ou deux fois par seconde s'avèrent suffisants. Les convertisseurs 16 ou 24 bits conviennent parfaitement pour une conversion audio de haute qualité. Comme indiqué ci-dessus, la fréquence d'échantillonnage de conversion doit être au moins deux fois plus rapide que le changement en entrée le plus rapide. Pour un son de qualité professionnelle, cela peut atteindre les 96 kHz. Le traitement de signaux vidéo ou radio peut nécessiter des taux d'échantillonnage encore plus élevés. Sans surprise, un convertisseur 16 bits haute vitesse qui se caractérise par sa haute précision et son faible bruit sera bien entendu plus cher qu'un appareil plus lent à basse résolution.

Les amplificateurs opérationnels

Les amplificateurs opérationnels (souvent abrégés op-amps en anglais) sont des composants analogiques incroyablement polyvalents et populaires. Accompagnés de quelques composants externes, ils forment la base d'une large gamme de conceptions de circuits.

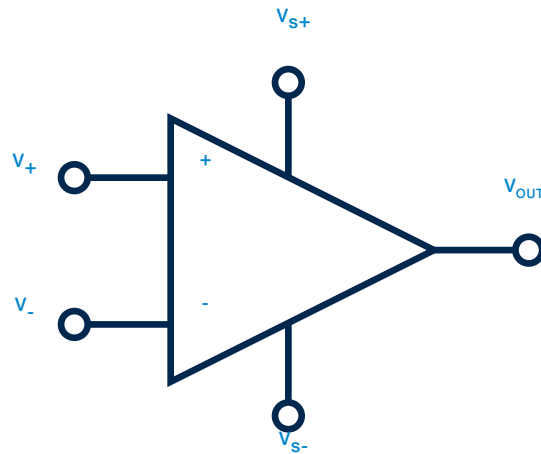


Figure 1 : un amplificateur opérationnel audio

Présentation de l'amplificateur opérationnel

L'ampli opérationnel de base est un amplificateur à gain élevé avec deux entrées et une seule sortie, comme le montre la figure 1.

Le gain d'un amplificateur est le rapport entre le signal de sortie et un signal d'entrée donné, exprimé en V/mV (volts par millivolt). Le gain de l'amplificateur opérationnel, c'est-à-dire l'écart mesuré en sortie entre la tension d'entrée et la tension de sortie, peut être de l'ordre de 100 000. Un gain aussi important signifie que même un faible signal d'entrée, par exemple de 0,01 mV, peut amener le signal de sortie à atteindre une valeur de tension relativement élevée. Dans notre exemple, elle est de 10 V, ce qui est généralement proche de la tension d'alimentation positive ou négative. Le gain obtenu de cette manière est appelé gain en boucle ouverte. Cela ne paraît certes pas très utile en soi, mais grâce à une technique appelée rétroaction, il est possible de contrôler le gain ou de modifier le comportement de l'amplificateur opérationnel pour en faire plus qu'un simple amplificateur.

L'ampli opérationnel a deux entrées : une entrée inverseuse et une non inverseuse. Elles sont généralement représentées par les symboles V_- et V_+ . L'application d'une tension à l'entrée inverseuse entraîne une diminution de la tension de sortie. Par ailleurs, un signal appliqué à l'entrée non inverseuse augmente la tension de sortie. Si la tension sur les deux entrées change de la même manière, il n'y a pas de changement dans la sortie. La différence entre les deux entrées détermine alors la tension de sortie, d'où le terme parfois utilisé d'amplificateur différentiel. Cette caractéristique est utile, car elle permet au concepteur d'utiliser une rétroaction positive ou négative pour contrôler le comportement du circuit.

Dans la plupart des circuits utilisant un amplificateur opérationnel, une partie de la tension de sortie est reliée à l'entrée inverseuse (comme illustré à la figure 2). Cette rétroaction négative a tendance à contrebalancer les changements de tension de sortie. Par conséquent, le gain en « boucle fermée » de l'amplificateur opérationnel avec rétroaction négative est beaucoup plus petit qu'en configuration « boucle ouverte » et dépend de la quantité de rétroaction. Par exemple, si nous utilisons une résistance pour renvoyer un dixième de la tension de sortie, le gain de l'amplificateur opérationnel est alors de 10.

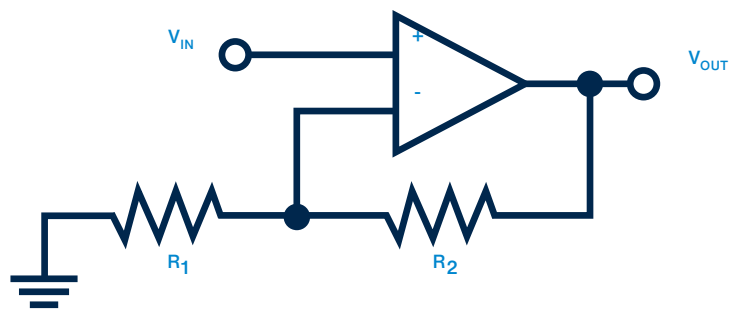


Figure 2 : utilisation de la rétroaction négative pour contrôler le gain

Dans toute mise en œuvre pratique de circuit, les composants externes connectés à un ampli opérationnel déterminent le comportement du circuit. Les variations de fabrication du dispositif même n'ont généralement pas d'effets sur les performances du circuit. Il est donc possible de se baser sur les détails spécifiques d'un ampli opérationnel qui conviendrait à l'application pour modéliser le comportement probable de la conception initiale. Cela se fait généralement à l'aide du logiciel SPICE. L'analyse du circuit peut conduire, par exemple, à ajouter des composants externes supplémentaires en vue d'assurer un fonctionnement optimal sur la gamme de fréquences prévue.

Applications possibles

La plupart des amplificateurs opérationnels sont utilisés dans des circuits d'amplification simples, comme illustré ci-dessus. Des variantes d'un même circuit peuvent être utilisées, par exemple, pour amplifier les signaux d'un microphone, pour inverser un signal (V_-), pour mesurer la différence entre les signaux (V_+ et V_-) ou pour additionner les signaux en les connectant tous à V_+ , et ce, à l'aide de résistances en série.

Des signaux identiques appliqués aux entrées ne provoquent pas de modification de la sortie, c'est ce qui s'appelle le rejet de mode commun. La possibilité de rejeter des signaux spécifiques est essentielle, car dans de nombreuses applications le composant de mode commun d'un signal d'entrée est un bruit électrique parasite. Une telle interférence est alors considérablement réduite par rapport au signal différentiel requis. Ce phénomène est exploité par une variante de l'amplificateur opérationnel de base appelée amplificateur d'instrumentation. Dans cette configuration, deux amplificateurs opérationnels sont ajoutés aux entrées pour produire un rejet de mode commun élevé, ce qui permet des mesures précises à faible bruit.

Les amplificateurs opérationnels sont aussi couramment utilisés pour constituer des filtres, par exemple pour laisser passer ou supprimer des fréquences ou des gammes de fréquences particulières. Dans cette utilisation, le réseau de rétroaction comprend d'autres composants passifs comme des condensateurs, dont le comportement dépend de la fréquence. En renvoyant plus des composants haute fréquence d'un signal à l'entrée inverseuse, le gain à ces fréquences, et par conséquent leur niveau relatif dans la sortie, peut être diminué, ce qui produit un filtre passe-bas. Des résistances et des condensateurs peuvent également être connectés pour fournir une source de rétroaction positive en fonction du temps pour créer une fonction d'oscillateur. Les comparateurs, les convertisseurs numérique-analogique (DAC) et les convertisseurs analogique-numérique (ADC) intègrent eux aussi des amplificateurs opérationnels dans le but de fournir une fonction particulière.

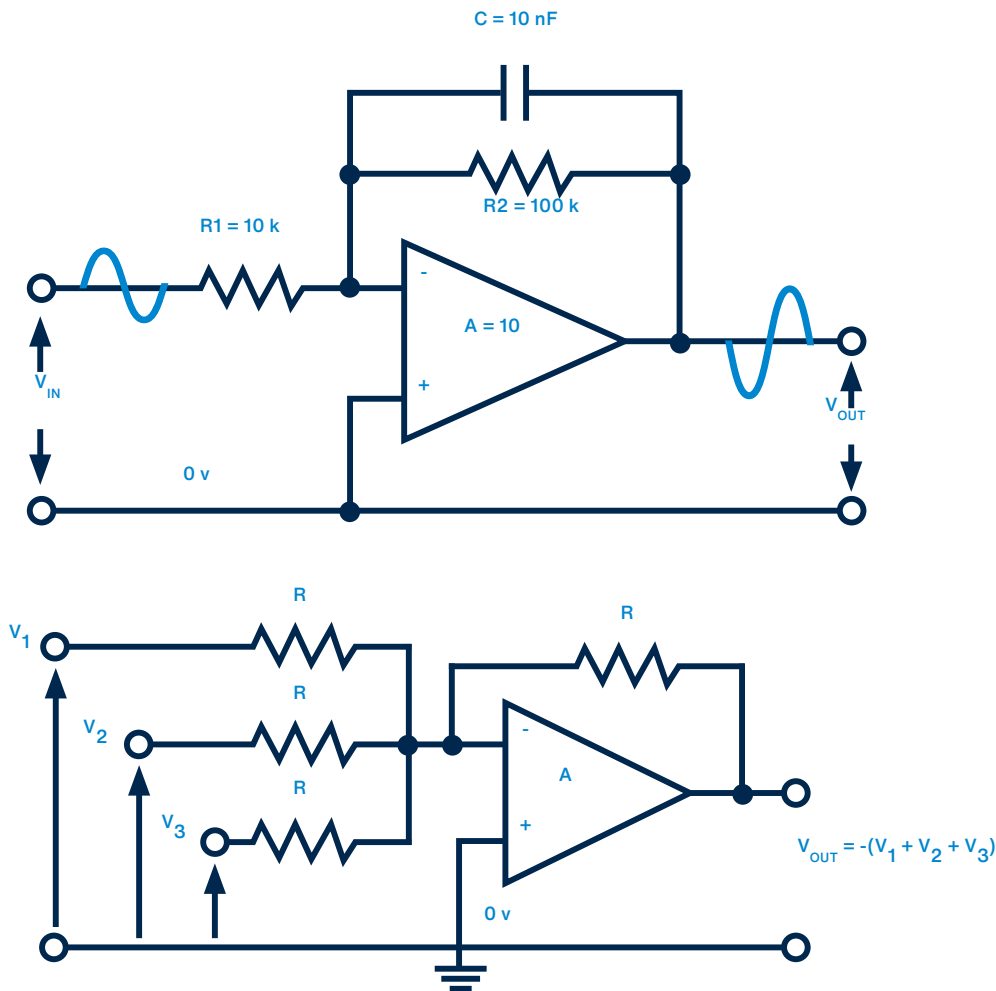


Figure 3 : Filtre passe-bas et amplificateur de sommation

Sélection d'un amplificateur opérationnel

Les circuits intégrés à amplificateurs opérationnels peuvent contenir un ou plusieurs amplificateurs opérationnels dans un même boîtier. Le plus connu des CI à ampli opérationnel est certainement le « 741 ». Initialement conçu par la société de semi-conducteurs Fairchild en 1968, différents fournisseurs en ont produit leur propre version depuis lors. Le 741 est très répandu. Il fait partie des composants de base dans l'étude de l'électronique et il est même devenu un nom générique pour les amplis opérationnels. Les spécifications des amplificateurs opérationnels ont évolué au fil du temps. Ainsi, la plupart des fabricants proposent de nombreux types d'amplis opérationnels différents. Certains types sont axés sur la maîtrise des coûts, d'autres offrent une vitesse élevée ou un faible bruit, tandis que certains proposent un compromis entre ces facteurs. Les amplificateurs opérationnels à usage général sont très bon marché avec un tarif au volume d'une dizaine de centimes d'euro. À l'inverse, les amplis destinés à des applications plus spécialisées, comme les versions à très faible bruit ou les amplis homologués pour l'industrie automobile peuvent coûter plusieurs euros.

La production d'amplificateurs opérationnels repose sur diverses technologies de transformation de semi-conducteurs (bipolaire, JFET, CMOS ou BiCMOS). Ces technologies possèdent toutes leurs propres compromis, ce qui rend chacune d'elle la mieux adaptée à telle ou telle application particulière. Par exemple, les dispositifs CMOS sont généralement moins puissants, en particulier à basse vitesse, mais consomment moins de courant aux entrées. Toutes les équipes de développement de matériel passent du temps à examiner les spécifications des périphériques candidats pour voir lequel correspond le mieux à une conception spécifique avant de l'intégrer au BOM. Généralement, plusieurs fournisseurs proposent des dispositifs très similaires, ce qui facilite la recherche d'une deuxième source d'approvisionnement.

Intelligence artificielle et Machine Learning

Intelligence artificielle

L'intelligence artificielle (IA) est la simulation de l'intelligence humaine dans des machines conçues pour penser et agir comme des humains. Les systèmes d'IA peuvent effectuer des tâches qui nécessitent généralement une intelligence humaine, telles que la compréhension du langage naturel, l'identification de modèles, la résolution de problèmes et la prise de décisions. L'objectif de l'IA est de créer des systèmes capables de fonctionner de manière autonome, d'apprendre de l'expérience et de s'adapter à de nouvelles informations.

Concepts clés de l'intelligence artificielle

1. **Apprentissage automatique** (ML, machine learning) : sous-ensemble de l'IA qui se concentre sur le développement d'algorithmes permettant aux ordinateurs d'apprendre et de faire des prédictions sur la base de données. Cela implique d'entraîner des modèles sur des ensembles de données et d'ajuster leurs paramètres afin d'améliorer les performances au fil du temps.
2. **Réseaux neuronaux** : modèles informatiques inspirés du cerveau humain utilisés dans l'apprentissage automatique. Ces réseaux sont constitués de couches de nœuds interconnectés (neurones) qui traitent les données et apprennent à identifier des modèles.
3. **Traitement du langage naturel** (TLN) : partie de l'IA qui traite de l'interaction entre les ordinateurs et les humains à l'aide du langage naturel. Elle implique des tâches telles que la reconnaissance vocale, la traduction linguistique et l'analyse des sentiments.
4. **Vision par ordinateur** : domaine de l'IA qui permet aux machines d'interpréter et de comprendre des informations visuelles du monde. Cela inclut des tâches telles que la reconnaissance d'images, la détection d'objets et la reconnaissance faciale.
5. **Robotique** : intégration de l'IA dans des machines physiques (robots) pour leur permettre d'effectuer des tâches de manière autonome ou semi-autonome. Cela inclut les robots industriels, les robots de service et les véhicules autonomes.
6. **Systèmes experts** : programmes d'IA qui simulent la capacité de prise de décision d'un expert humain. Ces systèmes utilisent une base de connaissances sur l'expertise humaine et un moteur d'inférence pour résoudre des problèmes spécifiques dans un domaine.

Types d'intelligence artificielle

1. **IA étroite** (IA faible) : systèmes d'IA conçus et formés pour une tâche spécifique, tels que les assistants vocaux (par exemple, Siri, Alexa), les systèmes de recommandation (par exemple, Netflix, Amazon) ou les voitures autonomes. Ces systèmes fonctionnent dans un contexte limité, et ne peuvent pas effectuer de tâches en dehors de leur fonction désignée.
2. **IA générale** (IA forte) : systèmes d'IA dotés de la capacité de comprendre, d'apprendre et d'appliquer des connaissances sur un large éventail de tâches, à l'instar des capacités cognitives humaines. L'IA générale n'existe pas encore, mais c'est le but ultime de la recherche en IA.
3. **IA superintelligente** : une IA hypothétique qui dépasse l'intelligence humaine dans tous les domaines, y compris la créativité, la résolution de problèmes et l'intelligence émotionnelle. Ce niveau d'IA est purement spéculatif, et fait l'objet de nombreux débats quant à son impact potentiel sur la société.

Applications de l'intelligence artificielle

- **Santé** : l'IA permet de diagnostiquer des maladies, de personnaliser les programmes de traitement et d'analyser des images médicales.
- **Finance** : l'IA renforce la détection des fraudes, le trading algorithmique, la notation de crédit et la gestion des risques.
- **Service client** : des chatbots et des assistants virtuels basés sur l'IA sont utilisés pour l'assistance à la clientèle et pour améliorer l'expérience utilisateur.
- **Fabrication** : l'IA optimise les processus de production, la maintenance prédictive et le contrôle qualité.
- **Transports** : l'IA est utilisée pour les véhicules autonomes, la gestion du trafic et l'optimisation de la logistique.
- **Divertissement** : l'IA améliore les recommandations de contenu, les expériences de jeu et la création de contenu.

Considérations éthiques et sociétales

Le développement et le déploiement de l'IA soulèvent d'importantes questions éthiques et sociétales, telles que :

- **Biais et équité** : veiller à ce que les systèmes d'IA ne reproduisent et n'amplifient les biais présents dans les données d'apprentissage.
- **Confidentialité** : protéger les données personnelles, et veiller à ce que les systèmes d'IA respectent les réglementations en matière de confidentialité.
- **Déplacement d'emplois** : aborder l'impact potentiel de l'IA sur l'emploi et la dynamique de la main-d'œuvre.
- **Responsabilité** : établir des responsabilités claires pour les actions et les décisions prises par des systèmes d'IA.
- **Sécurité** : veiller à ce que les systèmes d'IA soient fiables et ne présentent pas de risques pour les humains.

L'intelligence artificielle est un domaine qui évolue rapidement, et qui est susceptible de transformer de nombreux aspects de nos vies. Son développement implique une approche multidisciplinaire, intégrant des connaissances issues de l'informatique, des mathématiques, de la psychologie, des neurosciences et d'autres domaines.

Machine Learning

L'apprentissage automatique (ML, machine learning) est un sous-domaine de l'intelligence artificielle (IA) axé sur le développement d'algorithmes et de modèles statistiques qui permettent aux ordinateurs d'effectuer des tâches sans être explicitement programmés pour le faire. Les algorithmes d'apprentissage automatique créent un modèle mathématique sur la base d'un échantillon de données, appelées « données d'apprentissage », afin de faire des prédictions ou de prendre des décisions sans être spécifiquement programmés pour cette tâche.

Voici les principaux composants et concepts de l'apprentissage automatique :

1. **Données** : la base du machine learning. De grands volumes de données, annotées (lorsque la bonne réponse est donnée) et non annotées, sont utilisés pour former des modèles.
2. **Modèle** : une représentation mathématique qui identifie des modèles dans les données. Différents types de modèles sont utilisés en fonction du problème, tels que les modèles de régression linéaire, les arbres décisionnels, les réseaux neuronaux, etc.
3. **Entraînement** : le processus qui consiste à alimenter un algorithme d'apprentissage automatique en données afin de l'aider à apprendre des modèles. Au cours de l'entraînement, le modèle ajuste ses paramètres pour réduire les erreurs dans ses prédictions.
4. **Caractéristiques** : propriétés individuelles mesurables ou caractéristiques des données utilisées pour l'analyse. La sélection des caractéristiques est essentielle car elle a un impact sur les performances du modèle.
5. **Algorithmes** : procédures ou formules permettant de résoudre des problèmes. Dans le cadre de l'apprentissage automatique, les algorithmes traitent les données et en tirent des enseignements. Les algorithmes courants incluent :
 - Apprentissage supervisé (par exemple régression, classification)
 - Apprentissage non supervisé (par exemple agrégation, réduction dimensionnelle)
 - Apprentissage par renforcement (apprentissage par essais et erreurs)
6. **Prédiction** : une fois formé (entraîné), le modèle peut être utilisé pour faire des prédictions ou pour prendre des décisions en fonction de données nouvelles, encore jamais rencontrées.
7. **Évaluation** : évaluer les performances du modèle à l'aide de mesures telles que l'exactitude, la précision, le rappel et le score F1 afin de garantir qu'il se généralise bien aux nouvelles données.

Types de Machine Learning

1. **Apprentissage supervisé** : le modèle est formé à partir d'un ensemble de données annoté, ce qui signifie que chaque exemple de formation est associé à une annotation de sortie. Les exemples incluent la classification (par exemple, la détection de spam) et la régression (par exemple, la prévision du prix de l'immobilier).
2. **Apprentissage non supervisé** : le modèle est formé à partir de données sans réponses annotées. L'objectif est de trouver des modèles cachés ou des structures intrinsèques dans les données d'entrée. Cela concerne par exemple l'agrégation (par exemple, la segmentation de la clientèle) et l'association (par exemple, l'analyse des paniers de consommation).
3. **Apprentissage par renforcement** : le modèle apprend à prendre des décisions en agissant dans un environnement afin de maximiser une certaine forme de récompense cumulative. Cette approche est souvent utilisée en robotique, pour les jeux vidéo et pour la navigation.

Applications du Machine Learning

- **Reconnaissance d'images et vocale** : identification d'objets dans des images ou conversion de la parole en texte.
- **Traitement du langage naturel** (TLN) : traduction linguistique, analyse des sentiments et chatbots.
- **Analytique prédictive** : prévision des tendances futures sur la base de données historiques.
- **Systèmes de recommandation** : suggestion de produits ou de contenu en fonction du comportement de l'utilisateur.
- **Véhicules autonomes** : permettre aux voitures de conduire en analysant l'environnement et en s'y adaptant.

L'apprentissage automatique peut améliorer considérablement l'expérience client grâce à des suggestions pertinentes et à des informations sur la disponibilité à long terme, même pour des produits dont la production dépend d'autres facteurs. À titre d'exemple, l'outil de nomenclature de votre distributeur constate que vous commandez un module RF, et suggère les composants passifs nécessaires à l'intégration du système, avec des informations sur le cycle de vie de toutes les pièces concernées, ainsi que des composants alternatifs. Il peut même prendre en compte vos achats récents afin de fournir des informations complètes.

Pour les équipes d'ingénierie et de conception, l'IA arrive progressivement dans les outils de CAO utilisés pour la conception de circuits, ce qui permet d'accélérer la création du schéma de circuit initial. Cela facilite également la sélection des composants et le développement des logiciels, réduisant ainsi les délais d'ingénierie pour un projet donné. Attendez-vous à ce que l'IA ait un impact positif croissant dans tous ces domaines dans un avenir proche.

Les outils de productivité

La prospérité d'une entreprise de fabrication dépend entre autres de sa capacité à maintenir de hauts niveaux de productivité et d'efficacité. Assurer le meilleur rendement possible avec les ressources qui sont à votre disposition, et en particulier le facteur temps, est essentiel pour conserver votre avantage concurrentiel.

Heureusement pour vous, le secteur de l'électronique ne manque pas d'outils pour vous assister dans vos processus de conception, d'approvisionnement et de fabrication. Dans cette section, nous passerons en revue quelques-uns des outils de productivité disponibles chez Mouser pour vous assister dans :

- la conception assistée par ordinateur (CAO) ;
- la gestion des nomenclatures avec Forte, l'outil BOM intelligent ;
- l'automatisation des commandes grâce aux API et à l'EDI.

Ces outils permettent de gagner du temps, de simplifier les flux de travail, de réduire les risques et même de raccourcir les délais de mise sur le marché : autant d'avantages qui ont une influence directe sur le succès commercial d'une entreprise.

La conception assistée par ordinateur (CAO)

Toute conception électronique commence par la réalisation d'un schéma de circuit, c'est-à-dire une sorte de plan sur lequel sont indiqués tous les composants et leurs connexions.

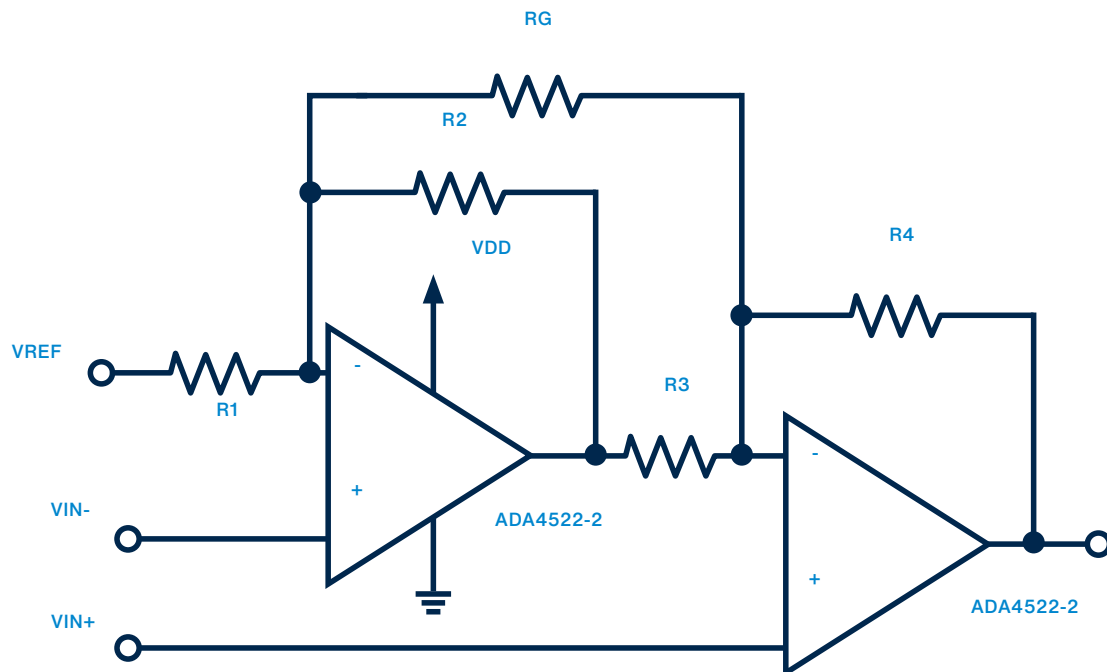


Figure 1 : un exemple de schéma

De nos jours, la conception électronique se fait à l'aide d'un logiciel de CAO. Ce type de logiciel gère toutes les étapes de la conception d'un circuit, notamment :

- le dessin du schéma ;
- la disposition de la carte de circuit imprimé (PCB) ;
- l'établissement de la liste des composants ou « nomenclature » (BOM) ;
- la création de tous les fichiers nécessaires à la fabrication et à l'assemblage.

Chaque conception est différente et le nombre et le type de composants varient. Chaque composant doit être représenté avec précision sur le schéma par le symbole correspondant. Le symbole fournit des indications sur le type de composant dont il s'agit, sur le boîtier du composant et sur son mode de connexion avec les autres composants. Pour un ingénieur, avoir accès à une bibliothèque de symboles précis simplifie et raccourcit considérablement le processus de conception.

Une fois le diagramme de circuit terminé, la prochaine étape de la conception est la disposition physique sur la PCB. La PCB maintient les composants en place et assure leur interconnexion. De la même manière que le schéma utilise des symboles, la disposition de la PCB utilise des empreintes indiquant l'espace physique occupé par les composants et l'emplacement des connexions. Là encore, avoir accès à une bibliothèque d'empreintes prédessinées fait gagner du temps et simplifie la tâche.

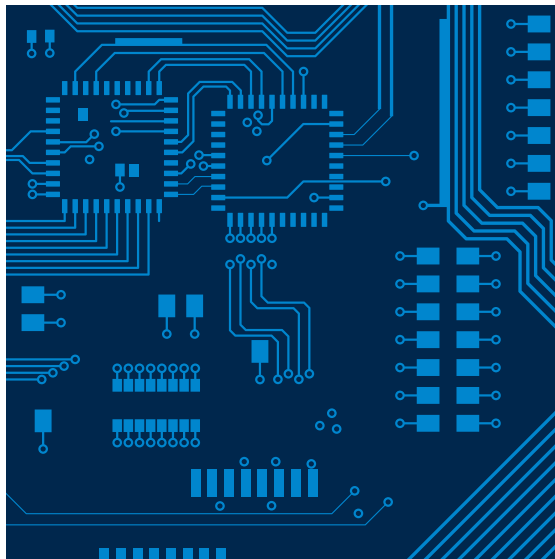
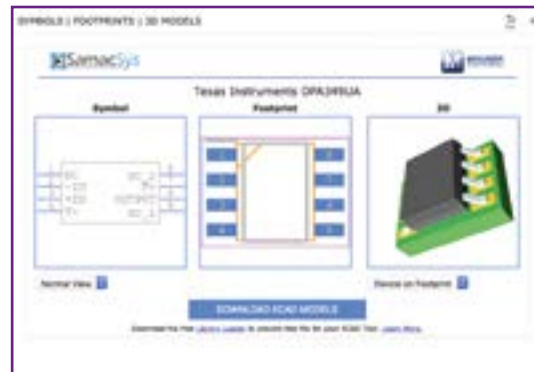


Figure 2 : un exemple de PCB

Ces dernières années, la conception électronique et la conception mécanique ont convergé, ce qui a entraîné un besoin accru de modèles de CAO 3D pour les composants. Ces modèles permettent aux concepteurs de produits de comprendre l'influence des composants sur les dimensions d'un produit fini. Cela s'avère d'autant plus pertinent que le marché évolue vers des produits finis de plus en plus compacts et minces.

En collaboration avec Samacsys, le leader du secteur, Mouser fournit un accès immédiat aux symboles, aux empreintes et aux modèles de CAO 3D pour les composants de centaines de fabricants.

Ces ressources sont compatibles avec tous les principaux outils de CAO comme Altium, Pads, Mentor Graphics, Eagle et OrCAD. L'ingénieur de conception peut prévisualiser gratuitement les modèles disponibles avant de les télécharger dans sa bibliothèque de conception et de composants.



Certaines conceptions contiennent toutefois des composants pour lesquels il n'y a pas de modèles. En pareil cas, plutôt que de créer eux-mêmes leur symbole ou empreinte ou modèle CAO 3D, les concepteurs peuvent nous demander de le faire pour eux.

Ce service est d'une aide précieuse pour les ingénieurs. Selon les retours d'expériences, ce service peut faire gagner jusqu'à deux semaines sur le temps de conception tout en offrant la garantie d'un modèle vérifié.



Pour en savoir plus sur comment gagner du temps, simplifier votre flux de travail et réduire les délais de mise sur le marché, visitez notre site mouser.com/ecad.

Gestion des BOM

Dans la rubrique précédente, nous avons vu quelle était l'utilité d'un logiciel de CAO pour la conception électronique et qu'un tel logiciel permettait, entre autres choses, de dresser une nomenclature ou BOM. Nous allons à présent voir à quel point un BOM est essentiel dans le processus de fabrication et quels avantages procure l'utilisation d'un outil de gestion des BOM.

Un BOM est une liste complète de tous les composants d'une carte avec mention, pour chaque composant, de son numéro de pièce, du fabricant et de la quantité requise. Cette liste est souvent complétée par des informations commerciales telles que le prix, les alternatives potentielles et des informations sur le cycle de vie du composant.

Lorsqu'il s'agit d'un projet simple, avec un petit nombre de composants, il est encore possible de gérer le BOM manuellement. Seulement, dans le cas de projets plus complexes pouvant inclure des centaines de composants, la gestion manuelle devient tout bonnement impossible et en tous les cas peu efficace.

Forte, l'outil de gestion des BOM développé par Mouser, intègre des fonctionnalités pour améliorer la précision des commandes, gagner du temps, mais aussi gagner en confiance lors de la spécification et de l'achat de composants. Quel que soit le logiciel de CAO utilisé pour leur création, tous les BOM peuvent être facilement importés dans Forte et associés à la gamme de produits Mouser de façon à disposer des informations suivantes :

- prix, conditionnements et sauts de colonne pour commander des quantités plus importantes ;
- disponibilité des stocks et délais de livraison ;
- niveau de confiance par rapport à la correspondance de la pièce afin de s'assurer qu'il s'agit du bon composant ;
- les alternatives si une deuxième source d'approvisionnement est indiquée ;
- indication du risque associé à la conception si une pièce devait devenir obsolète.

Forte offre à l'utilisateur la possibilité de modifier les quantités et de revoir les prix avant de demander un devis ou de passer une commande.



Pour découvrir comment Forte, l'outil BOM intelligent, peut améliorer la précision des commandes, vous faire gagner du temps et réduire les risques, visitez mouser.com/bomtool.

Automatisation des commandes

Une fois la conception terminée, le BOM compilé et les données essentielles (prix, disponibilité des stocks, cycle de vie, etc.) complétées, l'étape suivante consiste à passer la commande pour la production.

Quelle que soit l'entreprise, la gestion d'un approvisionnement continu en composants pour un processus de fabrication est une tâche qui s'avère souvent compliquée et longue. Pour vous assister dans ce processus, Mouser a élaboré pour vos plusieurs méthodes permettant une intégration directe à ses systèmes. Celles-ci ont été rassemblées sous la forme d'un service appelé « automatisation des commandes » et qui propose aux clients différents niveaux d'intégration en fonction de ses besoins et des capacités de son système.

Les principales méthodes sont :

- l'interface de programmation d'application (API) ;
- l'échange de données informatisé (EDI) ;
- le catalogue PunchOut.

Interface de programmation d'application (API)

Les API sont mis à la disposition de tous les clients qui le souhaitent afin de leur fournir une connexion flexible et adaptable pour le partage de données entre des applications ou des systèmes. Chez Mouser, nous avons créé une série d'API grâce auxquels vous pourrez rechercher, sélectionner et commander des produits depuis vos propres applications. Votre processus d'achat s'en voit ainsi globalement raccourci et simplifié.

Les API prennent en charge trois fonctions distinctes :

- l'API Recherche de produits permet d'accéder facilement aux données de produit et de consulter la disponibilité et les prix des produits ;
- avec l'API Panier, vous créez et mettez à jour votre panier d'achats ;
- l'API Commande vous permet de revoir et de confirmer votre commande.

Les règles relatives aux tarifs et aux commandes sont définies en fonction de l'adresse de facturation associée à votre compte et de l'adresse de livraison par défaut ou de l'adresse de livraison indiquée avec la demande API.

Pour découvrir comment les API peuvent vous aider à simplifier votre processus global de recherche, de sélection et de commande, rendez-vous sur mouser.com/api-hub/.

Échange de données informatisé (EDI)

Destiné aux clients qui traitent un grand nombre de transactions, l'EDI constitue le plus haut niveau d'automatisation des commandes. Ce protocole d'échange de données normalisé permet de réaliser des transactions entièrement automatisées entre entreprises. Il présente d'importants avantages :

- une vitesse de traitement accrue ;
- une réduction du nombre d'erreurs ;
- un coût réduit.

Pour déployer une solution EDI, les entreprises doivent d'abord convenir du protocole d'échange de données utilisé, puis engager des ressources bilatérales pour la durée du projet. Les protocoles les plus courants sont :

- EDIFACT ;
- ANSI X12.

Si la mise en œuvre de cette solution s'avère parfois ardue, les avantages de l'EDI se font vite ressentir lorsqu'une entreprise doit réaliser un grand nombre de transactions sur plusieurs sites. En l'absence d'une expertise interne, des fournisseurs tiers proposent leurs services d'assistance. L'intégration s'en voit facilitée lorsque l'on dispose déjà d'un système pour la planification des besoins en matériel (MRP) capable d'effectuer des transactions EDI B2B.

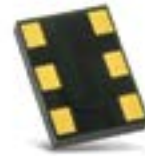
Pour plus d'informations sur les avantages et la mise en œuvre de l'EDI, rendez-vous sur notre site mouser.co.uk/order-automation/.

Le catalogue PunchOut

Également destiné aux clients devant effectuer un grand nombre de transactions, le catalogue PunchOut permet de passer directement des commandes sur le site Web de Mouser depuis son système d'approvisionnement. Grâce au protocole cXML, le catalogue PunchOut :

- recherche des articles directement sur mouser.com et les ajoute au panier ;
- crée des bons de commande en attente ;
- élimine la saisie manuelle des données de produit ;
- améliore la précision des commandes.

Combiné avec l'EDI, le processus de recherche et d'achat devient entièrement électronique et bénéficie ainsi du gain de productivité et des avantages en termes de coûts associés à l'EDI. Pour en savoir plus sur les avantages du catalogue PunchOut, visitez notre site mouser.com/order-automation/.



Une source unique pour toute votre nomenclature

La plus vaste sélection des tout derniers composants électroniques en stock





Téléchargez GRATUITEMENT

- Symboles schématiques
- Empreintes de PCB
- Modèles 3D



mouser.fr/ecad



Distributeur agréé de semi-conducteurs et composants électroniques. Plus de **6,8 millions** de produits en ligne. Plus de **1 200** marques de fabricants leaders. Aucun seuil minimal de commande. Expédition le **jour même***

*Pour les commandes reçues avant 20h00 CST

Succursales EMEA et informations de contact

Allemagne (succursale principale)
+49 (0) 89 520462-110
munich@mouser.com

Royaume-Uni
+44 (0) 1494 4275-00
uk@mouser.com

France
+33 55585799-6
france@mouser.com

Israël
+972 97-783020
israelsales@mouser.com

Italie
+39 02 575-06571
italy@mouser.com

Espagne
+34 93 645526-3
spain@mouser.com

Pays-Bas
+31 8813007-00
netherlands@mouser.com

Pologne
+48 7174974-00
poland@mouser.com

Suède
+46 8590887-15
sweden@mouser.com

République tchèque
+420 51707088-0
czech@mouser.com

Lituanie
+370 64003780
lithuania@mouser.com



[mouser.com](https://www.mouser.com)

