

Choix du type de sortie d'encodeur pour des performances et une intégrité de signal optimales

Par Jason Kelly, *Motion Control Design and Applications Engineer* chez [CUI](#)

Les applications de contrôle de mouvement nécessitent généralement un ou plusieurs codeurs de position. Plusieurs types étant disponibles, l'ingénieur doit d'abord décider si c'est un encodeur [incrémental](#), [absolu](#) ou de [commutation](#) qui est le plus approprié. Une fois cette décision prise, d'autres critères de sélection incluent la résolution et les aspects mécaniques, tels que le schéma de montage et la taille de l'arbre du moteur.

Il est également important de considérer le type de signal de sortie nécessaire. Cela peut dépendre de facteurs tels que le style de système connecté à la sortie de l'encodeur, la tension de fonctionnement du dispositif connecté, ainsi que la longueur et les caractéristiques de la connexion physique entre les deux. Les sorties d'encodeur les plus courantes sont les drivers de ligne à collecteur ouvert, à push-pull et différentiels. Examinons-les de plus près pour comprendre comment choisir le bon type pour une application donnée.

Choix de conception au niveau de la couche physique

L'encodeur lui-même peut être de type incrémental avec une sortie en quadrature, un encodeur de commutation avec une sortie pôle moteur, ou bien la sortie peut être un protocole série. Cette discussion se concentre sur la [couche physique](#), et nous pouvons voir que le signal numérique de sortie bascule entre les niveaux logiques haut et bas pour chaque type d'encodeur. Si le composant fonctionne avec une alimentation de 5 V, la sortie oscillera entre 0 V (ou la masse) représentant le zéro logique, et 5 V représentant la valeur logique 1 (figure 1). Une sortie d'encodeur incrémental, par exemple, est une onde carrée basique.

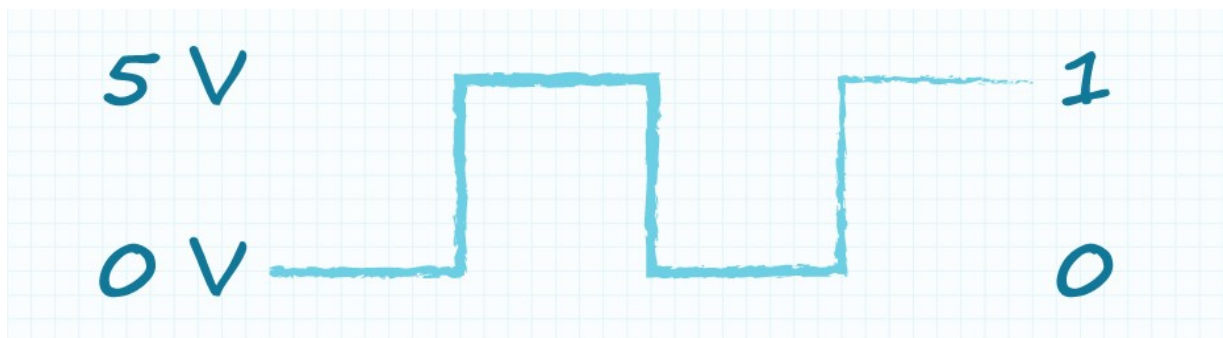


Figure 1. Onde carrée numérique typique de 5 V.

La sortie à collecteur ouvert est extrêmement courante dans le cas des encodeurs rotatifs. Ce type de sortie est ainsi nommée car la broche de collecteur du transistor de sortie est connectée directement à une broche externe (figure 2) et n'est connectée à aucun autre circuit à l'intérieur du composant, tel qu'une résistance de pull-up passive. La sortie peut être mise à la masse pour indiquer la valeur logique 0, ou le transistor peut être simplement laissé ouvert ou déconnecté lorsque le signal de sortie doit indiquer la valeur logique 1 ou haute.

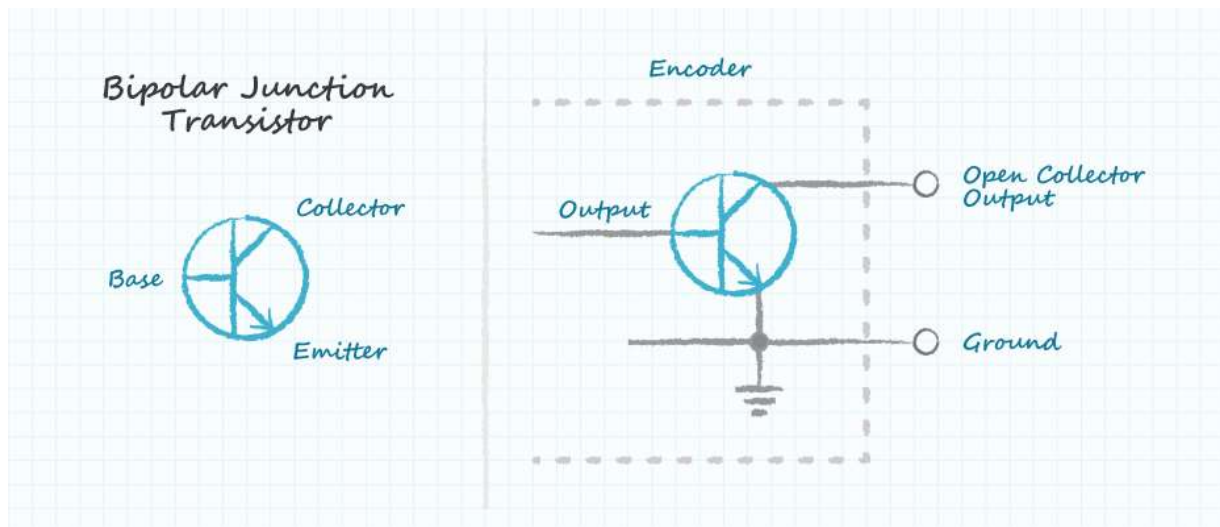


Figure 2. Schéma simplifié de sortie à collecteur ouvert.

Pour que le dispositif connecté puisse détecter l'état de la sortie de manière fiable, qu'il s'agisse d'un état logique 0 ou 1, une résistance pull-up externe est nécessaire (figure 3). Lorsque la sortie doit être basse, le transistor de sortie est activé et le potentiel du collecteur est mis à la masse. Si la sortie doit être élevée, le courant de la base du transistor est coupé et la résistance de pull-up élève le potentiel du collecteur jusqu'au niveau de celui du rail. Le potentiel du collecteur peut être monté jusqu'à un rail de tension inférieure ou supérieure à la tension de fonctionnement de l'encodeur, ce qui permet aux concepteurs de connecter des systèmes fonctionnant à partir de différentes tensions d'alimentation.

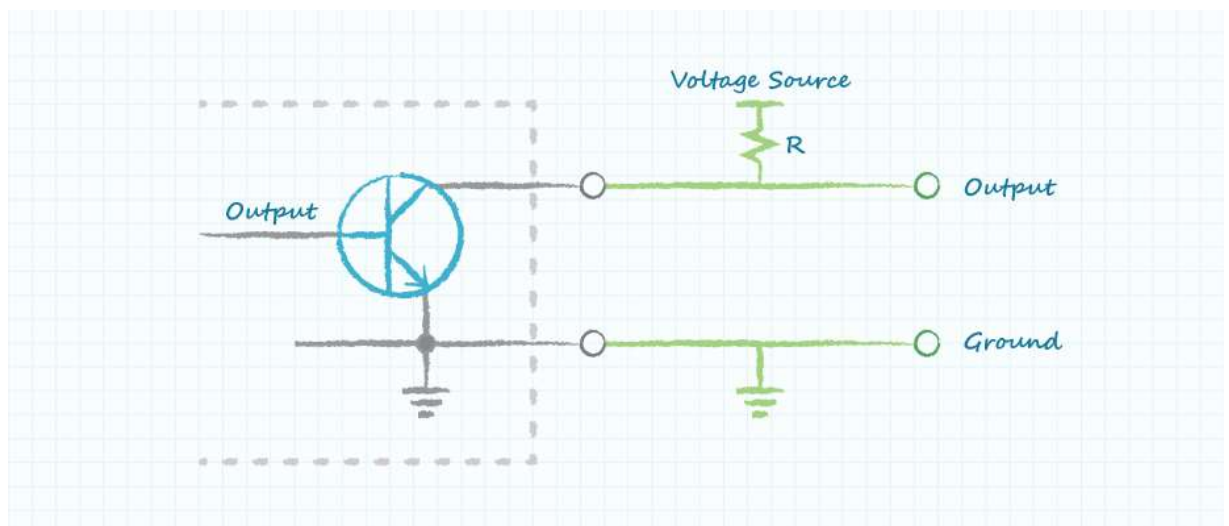


Figure 3. Une résistance de pull-up externe est nécessaire pour assurer une signalisation fiable.

Malgré cette flexibilité supplémentaire, la sortie à collecteur ouvert présente certains inconvénients. La résistance de pull-up introduit des [pertes I²R](#) (puissance consommée par la résistance) et contribue à

une constante de temps RC en combinaison avec des valeurs de capacités telles que la capacité parasite du transistor, ralentissant significativement les transitions entre les états logiques. Au lieu de produire une transition instantanée, les états logiques mettent un temps non négligeable pour changer (figure 4). La pente de cette transition, encore appelée *slew rate*, limite la vitesse de fonctionnement du l'encodeur; un *slew rate* faible réduit la vitesse de fonctionnement, ou réduit la résolution dans le cas d'un encodeur incrémental. La valeur du *slew rate* peut être augmentée avec un pull-up plus fort, en utilisant une valeur de résistance plus faible, mais cela entraîne un courant plus élevé lorsque la sortie est basse, augmentant ainsi la consommation d'énergie.

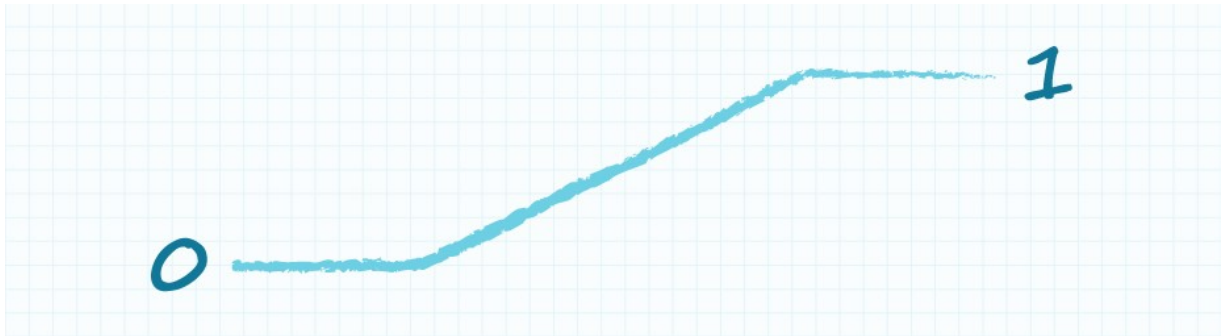


Figure 4. Temps de transition de signal logique limité par le slew rate.

La sortie push-pull

Un circuit de sortie push-pull comprenant deux transistors peut pallier les inconvénients de l'interface à collecteur ouvert. Un transistor est connecté entre la sortie et la masse, comme dans un circuit à collecteur ouvert, tandis qu'un second transistor est connecté entre la sortie et le rail d'alimentation afin de fonctionner comme un pull up actif (figure 5). Cette configuration permet d'obtenir des valeurs de *slew rate* plus élevées qu'avec l'utilisation de résistances et le pull-up actif dissipe moins de puissance. Par conséquent, la sortie push-pull est mieux adaptée aux applications économes en énergie telles que les équipements alimentés par batterie.

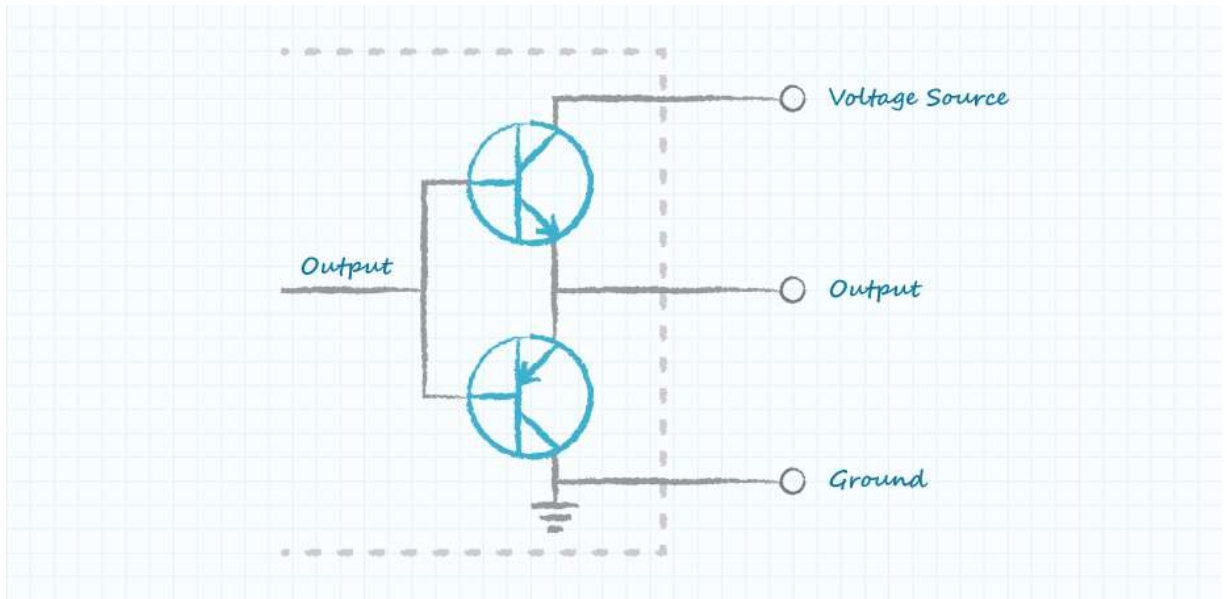


Figure 5. Schéma de sortie push-pull.

Des sorties push-pull sont présentes sur tous les [encodeurs AMT asymétriques de CUI](#). D'autres appareils peuvent être connectés facilement à leurs sorties sans nécessiter de pull-up externes, ce qui simplifie les tests et le prototypage. Les fiches techniques des encodeurs AMT font référence à une sortie CMOS, ce qui indique comment les dispositifs connectés doivent interpréter les signaux présentés. Les niveaux de tension réels peuvent varier d'un dispositif à l'autre. Il est donc recommandé de toujours consulter la fiche technique lors de la spécification des composants.

Sortie différentielle pour les environnements bruyants

Bien qu'un encodeur push-pull offre une vitesse supérieure et une consommation d'énergie inférieure à celle d'un composant à collecteur ouvert par ailleurs comparable, une sortie asymétrique n'est pas toujours le meilleur choix pour certaines applications. Si les signaux de sortie doivent être transmis sur de grandes longueurs de câble ou si l'environnement d'exploitation est fortement perturbé par des parasites électriques ou des interférences, une sortie différentielle peut offrir de meilleures performances.

Lorsque les signaux proviennent d'une sortie asymétrique, le récepteur référence le signal par rapport à une masse commune. Des erreurs peuvent survenir lorsque le signal est transmis sur de longs câbles, car d'importantes chutes de tension peuvent se produire et la valeur capacitive du câble peut contribuer à diminuer le slew rate.

La signalisation différentielle permet d'éviter ce problème. Pour créer une sortie différentielle, deux transistors sont configurés comme pour un circuit push-pull, mais la sortie comprend deux signaux au lieu d'un signal et d'une masse. L'un de ces signaux (signal A de la figure 6) correspond à la sortie d'origine de l'encodeur, tandis que l'autre ($\bar{A}$) en est l'exact opposé. De fait, ce signal opposé est souvent appelé *signal complémentaire*. L'ensemble des deux se nomme paire différentielle.

Lorsque cette paire de signaux est transmise par le câble, le récepteur référence chaque signal par rapport à l'autre au lieu de référencer un signal par rapport à la masse. Ainsi, au lieu de considérer des

niveaux de tension spécifiques comme étant élevés ou faibles par rapport à la masse, le récepteur se focalise sur la différence de tension entre les deux signaux. L'amplitude de cette différence est le double de celle du signal d'origine par rapport à la masse, ce qui rend le signal différentiel moins vulnérable à des erreurs en présence de bruit ou d'interférences. À partir de cette paire de signaux, le récepteur différentiel reconstruit un signal asymétrique aux niveaux de tension requis par le système hôte. L'utilisation de transceivers différentiels permet également à des appareils alimentés par différents rails de tension de fonctionner ensemble sans subir les problèmes de dégradation du signal rencontrés lors de l'utilisation de composants asymétriques dans une application impliquant de longues distances de câble.

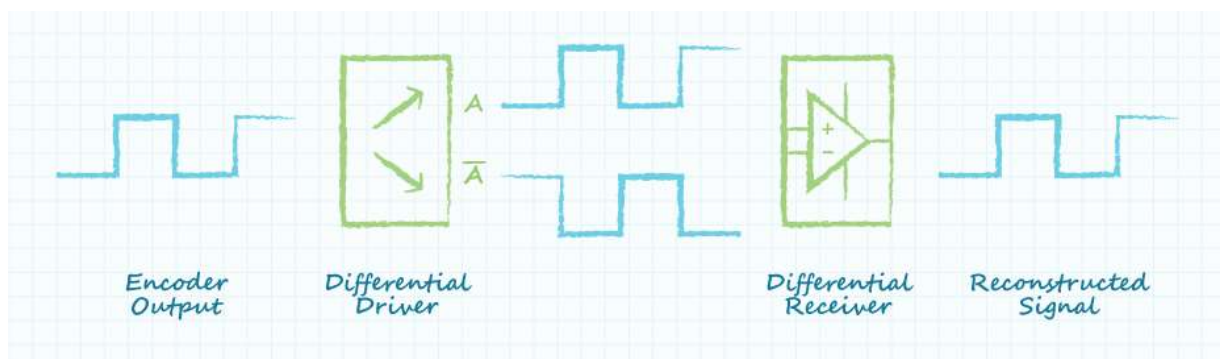


Figure 6. Le driver différentiel génère des signaux complémentaires qui sont reconstruits par le récepteur.

En plus de conduire à une dégradation du signal dans le cas de longues distances, du bruit peut être généré par couplage dans les câbles, puis pénétrer dans le système électrique. Le bruit sur les câbles est vu comme des tensions d'amplitudes variables, ce qui peut entraîner une lecture incorrecte des signaux logiques haut et bas du côté du récepteur d'un système et ainsi introduire des erreurs dans les données de l'encodeur. Les interfaces de drivers de ligne différentiels peuvent éviter de telles erreurs et sont recommandées pour des longueurs de câble supérieures à un mètre.

Un câblage à paires torsadées est requis pour une utilisation avec des drivers de ligne différentiels. Les deux conducteurs porteurs des signaux A et $\bar{A}$ sont entrelacés et contiennent un nombre spécifique de spires sur une distance donnée. Cela garantit que tout bruit entrant par couplage sur un fil est immédiatement appliqué sur l'autre. Comme le récepteur différentiel soustrait les signaux reçus l'un de l'autre, tout bruit présent simultanément sur les fils A et $\bar{A}$ est annulé (figure 7). Cette fonctionnalité est appelée rejet en mode commun et fait des interfaces de drivers de ligne différentiels un choix courant dans les applications industrielles et automobiles.

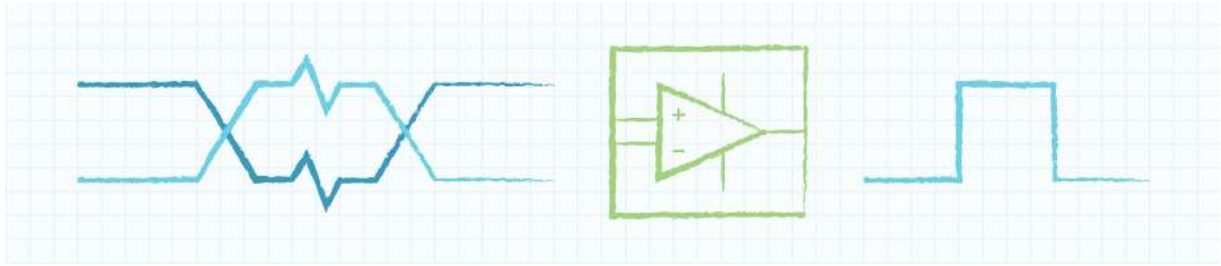


Figure 7. Le récepteur différentiel annule le bruit présent sur les deux signaux.

Les ingénieurs peuvent choisir le bon encodeur pour une application donnée en analysant les composants disponibles sur le marché et en comprenant les forces et faiblesses relatives des différents types. Les [encodeurs AMT de CUI](#) avec des sorties push-pull simplifient l'installation dans une grande variété d'applications et aident les ingénieurs à réduire la consommation électrique de l'application. CUI propose également une sélection de composants avec sorties de type driver de ligne différentiel pour une utilisation dans des environnements électriquement bruyants ou sur de longues distances de transmission.

Ressources utiles

[Voir la gamme complète des encodeurs modulaires AMT de CUI](#)

[Intéressé par plus d'informations liées aux encodeurs? Cliquez ici pour des posts supplémentaires](#)