

Le codeur optique : le prince du positionnement angulaire

Dans le domaine des automatismes industriels, le positionnement est une information absolument nécessaire. Il ne suffit pas de connaître une position définie par un endroit prédéterminé mais plutôt la position du mobile au moment où cela est nécessaire. Le codeur rotatif est le capteur qui permet d'obtenir une position angulaire dans les machines industrielles. Il offre également la possibilité du réglage de la vitesse.

Le capteur ou codeur optique rotatif, introduit dans les années 1970, est aujourd'hui très répandu et remplace souvent les génératrices tachymétriques, les résolveurs et les capteurs résistifs. De nombreux fabricants sont présents sur le marché, le tableau en cite les principaux.

Le codeur optique, le plus répandu, est lié mécaniquement à un arbre qui l'entraîne. Il est constitué d'un système mécanique qui comporte un disque en verre portant des gravures opaques dont l'écartement est fonction du pas angulaire que l'on veut obtenir. Le faisceau lumineux, traversant le disque, est la plupart du temps généré par une diode électroluminescente et le faisceau modulé est capté par une photodiode ou un phototransistor. Le signal électrique recueilli, proche de la sinusoïde, est ensuite transformé en signal carré plus facile à traiter.

Il existe deux types de capteurs rotatifs : le codeur incrémental et le codeur absolu.

Le générateur d'impulsions...

Le codeur incrémental est un générateur d'impulsions, il est destiné au contrôle de déplacement. Il est généralement constitué de trois pistes : deux pistes externes divisées en intervalles d'angles égaux de telle sorte que les signaux carrés obtenus soient déphasés de 90° , ce qui informe sur le sens de rotation du codeur. La troisième piste ne comporte qu'une seule fenêtre transparente dont la durée électrique est de 90° . Ce signal permet de définir un zéro de comptage et une position de référence. La résolution dépend du comptage des fronts. Elle est multiplié par deux en comptant les fronts montants et descendants d'une piste et par quatre en comptant tous les fronts des deux pistes.

Le codeur incrémental présente des limites, il est sensible aux coupures de l'alimentation, il en suffit d'une pour que le codeur perde sa position réelle. Il est alors nécessaire de le réinitialiser. Il est sensible aux parasites qui peuvent être comptabilisés comme des impulsions lorsque les signaux complémentaires ne sont pas pris en compte. Une erreur de positionnement peut survenir lorsque la fréquence de comptage est élevée. Enfin, si le codeur ne fonctionne que pour une fraction de tour, cas de mouvements oscillants, le recalage par le top zéro n'est pas possible.

...de l'absolu dans le codeur.

Pour pallier ces défauts, le codeur absolu est né. Il est particulièrement complexe. S'il s'apparente mécaniquement au codeur rotatif : disque gravé tournant entre un émetteur et un récepteur photoélectriques, il n'en demeure pas moins difficile de fabrication. En effet, le codeur absolu traduit chaque pas angulaire en un code numérique sur un nombre de bits variant selon le pas choisi. La difficulté de fabrication réside dans le fait qu'il est nécessaire d'avoir autant de pistes que de bits et une lecture optique par piste multipliant ainsi le nombre de couples émetteur – récepteur. Le disque est divisé en secteurs égaux, chacun représentant un nombre binaire associé à la position à repérer. La première piste, en partant du centre du disque, porte le bit de poids le plus fort. Moitié opaque moitié transparente, sa lecture détermine le demi-tour dans lequel le disque se trouve. Chaque piste concentrique allant vers la périphérie comporte un nombre de secteurs deux fois plus important que celui de la piste précédente, et ainsi de suite jusqu'à la dernière piste extérieure.

La résolution du codeur absolu est donnée par le rapport d'un tour complet (360°) au nombre de secteurs. La lecture d'un secteur complet donne un nombre binaire qui est l'image de la position réelle du mobile à contrôler. Par exemple, pour un codeur de résolution 12 bits, le nombre de secteurs est de 4096, ce qui offre une résolution angulaire de $5'16''$. Le choix du code dépend du mode de traitement des systèmes : automates, commandes numériques, ordinateurs, etc. Ce sont généralement le binaire naturel ou binaire pur et le code binaire réfléchi ou le code Gray qui sont utilisés. Le code binaire naturel a l'avantage de pouvoir être directement utilisé par l'unité de traitement. Ce code est pondéré, il permet d'effectuer les quatre opérations arithmétiques sur des nombres exprimés dans le code. Son inconvénient est d'avoir plusieurs bits qui changent d'état entre deux positions. Certains codeurs délivrent un signal d'inhibition qui bloque les sorties à chaque changement d'état pour pallier cet inconvénient.

Il vaut mieux adopter le code Gray dont seul un bit change par déplacement, mais avec la nécessité d'un transcodage binaire réfléchi / binaire naturel. Transcodage nécessaire car le code Gray n'est pas pondéré.

Les fabricants, à la demande des utilisateurs, fournissent également des codeurs rotatifs qui, non seulement sont capables de fournir une position absolue par tour, offrent également un codage du nombre de tours associés. Ce n'est pas un artifice électronique mais bien plutôt l'addition d'un disque supplémentaire qui, s'il comporte N pistes, est capable de coder 2^N tours.

Le choix : inconvénients et avantages suivant l'utilisation

Souvent il n'est pas nécessaire de coder une position de manière absolue, par exemple dans les asservissements. Dans ce cas, le codeur incrémental s'impose par sa conception simple à un seul disque, ce qui le rend plus fiable et moins cher qu'un codeur absolu.

Le choix du nombre de points, sans tenir compte des jeux et des imprécisions mécaniques, détermine celui du codeur. Pour un mouvement circulaire, ce nombre de points se calcule sur un tour en tenant compte des rapports des divers engrenages. Pour un mouvement de translation, il faut tenir compte de la transformation du mouvement de translation en mouvement de rotation. La résolution en déplacement doit être traduite en nombre de points. Ensuite, il faudra se déterminer entre l'utilisation du codeur incrémental ou de celle du codeur absolu. Ce qui dépend fortement des qualités et des défauts de chacun par rapport à l'utilisation envisagée.

Le codeur absolu comporte beaucoup d'avantages pour le codage précis et sans erreur de la position angulaire, puisque l'information de position est disponible dès la mise sous tension. Lorsqu'une information est parasitée, la position du codeur n'est pas perdue puisque les suivantes sont parfaitement repérées. Ce codeur est insensible aux coupures d'alimentation. Les inconvénients sont inhérents à sa complexité. Son information de sortie s'effectue sur un nombre de fils aussi important que le nombre de bits, à moins que l'électronique de traitement soit intégrée dans le codeur.

Des sorties souvent multiples

Les sorties des codeurs incrémentaux s'effectuent généralement sur une interface série simple, du type push-pull ou collecteur ouvert, avec des signaux dont les amplitudes sont celles de la logique TTL. L'utilisateur a toute latitude pour adapter la carte de traitement des signaux. Le bus série RS 422 est également très répandu. Il possède l'avantage d'être un bus à transmission différentielle avec une tension de mode commun de ± 7 V. En outre les spécifications de ce bus entrent dans le cadre normatif du réseau numérique ouvert Profibus. Le protocole DP, apparu en 1993, est plus simple à configurer et plus rapide que son prédécesseur Profibus FMS (Fieldbus Message Specification).

Le bus SSI (Synchronous Serial Interface Bus) est toujours représenté. Développé à l'origine pour assurer la transmission du code Gray généré par les codeurs rotatifs, il tend cependant à être supplanté par les autres types de bus s'adaptant aux protocoles des réseaux de terrain. Il demeure néanmoins un standard simple, ne nécessitant qu'une alimentation de 5 V et une horloge issue du processeur de contrôle de l'interface électronique, ce qui permet de piloter facilement la vitesse de transmission des données. Utilisant la transmission sur paires torsadées, les longueurs de câble peuvent être de 200 m pour des fréquences de transmission jusqu'à 200 kHz.

Jean-Pierre Feste

Des concurrents qui n'en sont pas !

Les capteurs angulaires ne sont pas seulement optiques bien que ces derniers soient très représentés. Il existe d'autres codeurs, sans contact, comme le dispositif à effet Hall et le résolveur sinus. Le premier est basé sur un disque supportant des aimants tournant en regard d'un ou de deux capteurs à effet Hall. Le signal de sortie est une tension proportionnelle à l'angle de rotation sur un intervalle du quart de la circonférence.

Le résolveur sinus, déjà très ancien, n'a pas cessé d'être utilisé d'autant qu'il a retrouvé une nouvelle jeunesse grâce à l'électronique d'aujourd'hui, ses qualités de tenue en température et sa robustesse. Le principe tient dans le mouvement d'une bobine dont la tension à ses bornes est induite par une bobine fixe alimentée en courant alternatif. L'amplitude de la tension obtenue est directement liée à la variation du couplage des deux bobines et donc à l'angle entre les deux axes magnétiques. Le codage de la tension par un convertisseur analogique numérique de 12 bits permet au résolveur de figurer parmi les codeurs absolus de résolution 12 bits.

Unités de traitement		Codeur			
		incrémental			absolu
		Fréquence du signal (kHz)			Liaison parallèle
		< 200 Hz	< 40 kHz	> 40 kHz	
Automates programmables	Entrées TOR	●			
	Cartes de comptage rapide ou cartes d'axes	●	●		Sortie pnp ● Code Gray
Commandes numériques		●	●	●	
Micro-ordinateurs Entrées parallèles					●
Cartes spécifiques		●	●	●	●

Principaux types d'unités de traitement utilisées dans l'industrie et les codeurs qui leur sont généralement associés.

Distributeurs Fabricants Site Internet	Référence et type des codeurs	Tension courant	Résolution	Nombre de points par tour ou pas	Sortie	Résistance à la charge ou couple	Poids Dimensions : axe, corps	Commentaires
BAUMER www.baumerivo.com	Codeurs incrémentaux optiques inretivo	4,75...30 VDC	Max. 2048 impulsions	5...2048	Câble 1 m	≤ 6000 t/min	Ø 58 mm, axe Ø 10-15 mm traversant / non traversant	Boîtier polyamide renforcé de fibres de carbone
BAUMER www.baumerivo.com	Codeurs incrémentaux magnétiques EcoMag	10...30 VDC	Max. 2048 impulsions	64...2048	Embase mâle ou sortie directe par câble	≤ 12000 t/min	Ø 58 mm, axe Ø 12 mm traversant / non traversant	Haute tenue aux chocs et vibrations
BEI IDEACOD www.bei-ideacod.com	Codeurs optiques De 30mm à 200mm Axe sortant et traversant de 4 à 44mm	5 à 30 Vdc	Absolu mono-tour : jusqu'à 16 bits/tour Absolu multi-tour : jusqu'à 30 bits	Incrémental: de 1 à 80 000 points par tour	.RS422, HTL, 1Vpp, analogique, Wireless SSI, RS232, Profibus, CANopen, DeviceNet, Parallèle, PI68, IP69K			Très grande fiabilité et adaptabilité aux environnements très sévères, services et conseils supérieurs pour satisfaire les exigences industrielles petites et moyennes séries
BEI IDEACOD www.bei-ideacod.com	Codeurs magnétiques (effet Hall) De 30 mm à 58 mm Axe sortant et traversant de 4 à 20mm	5 à 30 Vdc	Absolu mono-tour : jusqu'à 12 bits / tour Absolu multi-tour : jusqu'à 25 bits	Incrémental: de 2 à 1024 points par tour	RS422, HTL, Wireless SSI, CANopen, analogique, PWM, IP68, IP69K			Très grande fiabilité et adaptabilité aux environnements très sévères, services et conseils supérieurs pour satisfaire les exigences industrielles petites et moyennes séries
COMPAUT www.compaut.com	TGR61	5V	90000	90000	RS422		Diametre : 80 mm Axe : 10mm	Codeur très haute résolution
EUCHNER www.euchner.fr	PA Incrémental	5 à 30 VDC 70 mA	0,1°	6000 max.	A,B,0 et compléments Câbles et connecteurs M23	Axial 30 N Radial 120 N	Ø 30 mm, Ø 58 mm Axe plein : 6 et 10 mm Axe creux : 6,8,10,12,mm 250 g	
EUCHNER www.euchner.fr	PW Absolu / programmable	15 à 30 VDC 30 mA	0,044°	8192 max.	Codage BCD, GRAY, Binaire, customisable Câbles et connecteurs	Axial 25 N Radial 40 N	Ø 58 mm, Ø 70 mm Axe plein : 6 et 10 mm	
FOGEX LIKA www.fogex.com	Codeurs absolus optiques à arbre saillant	10 à 30 Vcc	2 à 18 bits	4 à 65536	SSI et BUS	IP66 100N	Axe 6 à 12 mm Corps 58 mm	Codeurs absolus optiques, codeurs spécifiques

Distributeurs Fabricants Site Internet	Référence et type des codeurs	Tension courant	Résolution	Nombre de points par tour ou pas	Sortie	Résistance à la charge ou couple	Poids Dimensions : axe, corps	Commentaires
FOGEX LIKA www.fogex.com	Codeurs absolus magnétiques à arbre saillant ou creux	10 à 30 Vcc	2 à 12 bits	4 à 32768	SSI	IP67 100N	Axe 6 à 12 mm Corps 36 ou 58 mm	Codeurs absolus magnétiques ,Codeurs sur demandes spécifiques
FOGEX LIKA www.fogex.com	Codeurs incrémentaux optiques à arbre saillant ou creux	5 à 30 Vcc	2 à 10000 points par tour		Universel, RS422, Push-Pull, PNP, NPN	IP66 Axial et radial 100 N	Axe 4 à 12 mm Corps 28 à 65 mm Alésage 6 à 44 mm Corps 46 à 80 mm	Codeur incrémentaux optiques Codeurs sur demandes spécifiques
FOGEX SIKO www.fogex.com	Codeurs incrémentaux magnétiques à arbre creux ou saillant	5 à 28 Vcc	2 à 2560		TTL Push-Pull	IP65 Axial 1400N Radial 5600N	Axe de 5 à 10 Alésage 20 Corps de 28 à 58	faibles dimensions Forte charges
FOGEX SIKO www.fogex.com	Codeurs absolus magnétiques à arbre creux traversant	5 à 30 Vcc	4096 et 8192	4096	SSI Interbus Profibus	IP65 Axial 400N Radial 1200N	Alésage de 6 à 20	Axe creux Forte charge
GEFRAN www.gefran.com	EG01	VH= 2 V VL = 0,8 V		60 imp./tour à 250 imp./tour	Impulsions	50g/ cm ² ; 0,5Ncm ²	300 g Axe long 62 mm Corps : 80x80x65 mm	Codeur monocanal avec hystérésis de position, sorties x1, x2, x4
GEFRAN www.gefran.com	EG02	VH= 2 V VL = 0,8 V		60 imp./tour à 250 imp./tour	Impulsions	50g/ cm ² ; 0,5Ncm ²	300 g Axe long 62 mm Corps : 80x80x65 mm	Codeur monocanal , bicanal ou bicanal avec top zéro
HEIDENHAIN www.heidenhain.fr	ROD 426, ROD 436, ROD 486, ROD 466 et incrémental	5 V ±10% 120 mA et 10 à 30 V 100 mA et 150 mA		Jusque 10 000 Jusque 5 000 Jusque 5 000 Jusque 10 000	TTL HTL Sinus 1Vcc TTL	Axiale 10N Radiale 20N	300 g Ø 6 mm long.10 mm Ø58 mm long.42 mm	Bride synchro IP67
HEIDENHAIN www.heidenhain.fr	Incrémental Gamme ERN 120 à ERN 1080	5V ±10% 120 mA et 150 mA et 10 à 30 V 100 mA, 120 mA, 150 mA et 200 mA		De 3600 à 5 000 Suivant modèle	TTL HTL sinus 1Vcc suivant modèle		De 100 g à 900 g max, axe creux de Ø 6mm à Ø50 mm, corps : de Ø35-long. 42mm à Ø 87-long.55mm	accouplement statorique IP 67 Existe en axe creux traversant
HENGSTLER www.hengstler.com/fr	Série RI 58	5-30 Vcc	Jusqu'à 10 000 points par tour		RS 422 ou push pull	180 N	Diamètre 58 mm	Codeur standard Axe sortant

Distributeurs Fabricants Site Internet	Référence et type des codeurs	Tension courant	Résolution	Nombre de points par tour ou pas	Sortie	Résistance à la charge ou couple	Poids Dimensions : axe, corps	Commentaires
HENGSTLER www.hengstler.com/fr	Série RI 80	5 -30 Vcc	Jusqu'à 5000 points		RS422 ou push pull		Diamètre 90 mm Axe creux	Codeur industriel 90 mm Axe creux traversant
KUBLER www.kuebler.com	SENDIX 365x/367x Codeur absolu monotour	5-30 VDC	0,1° de répétabilité	12 bit / 14 bit	SSI 4-20mA – 0- 10VDC CANopen	40N	Diam 36mm Arbre sortant de 6mm Arbre creux jusqu'à 10mm	LED d'Etat IP69k , -40°C...+85°C Protocole spécifique
KUBLER www.kuebler.com	SENDIX 586x/588x Codeur absolu multitour	5 VDC, 10-30 VDC	+/- 0,015°	10 à 17 bits ST (16bit pour les bus de terrain) et 12 bits MT	SSI et CANopen + sorties incrémentales possibles ProfibusDP EtherCAT	80 N	Diam 58 mm Arbre sortant de 6 à 10 mm Arbre creux jusqu'à 15 mm	IP67, -40°C...+90°C, Entrée RAZ LEDs d'état Programmable (bus) Connectique M12
KUBLER www.kuebler.com	SENDIX F36 Codeur absolu monotour /multitour	5 VDC, 10-30 VDC	+/- 0,015°	10 à 17 bits ST (16bit pour les bus de terrain) et 24 bits MT	SSI et CANopen + sorties incrémentales possibles	40 N	Diam 36 mm Arbre sortant de 6 à 10 mm Arbre creux jusqu'à 10 mm	IP67, -40°C...+80°C, LEDs d'état / Programmable (bus) Connectique M12
KUBLER www.kuebler.com	SENDIX 5000 / 5020 Codeur incremental	5 VDC, 10-30 VDC	+/- 0,015°	5000	RS422, Totem pole	80 N	Diam 50 / 58 mm Arbre sortant de 6 à 10 mm Arbre creux jusqu'à 15 mm	IP67, -40°C...+85°C Connectique M12, Versions Ex2/22, option résistance brouillard salin
MEGATRON www.megatron.fr	MAB28SER magnétique Infinitem	5 V	10 bits 12 bits		SSI SPI SER	6000 t/min	Ø28mm	IP65
MEGATRON www.megatron.fr	MAB28A magnétique Infinitem	5 V 15-30 V 8-30 V	12 bits		0-5V 0-10V 4-20mA	6000 t/min	Ø28mm	IP65
MEGATRON www.megatron.fr	MIB28 magnétique Infinitem	5 / 24 V		256	TTL OC	6000 t/min	Ø28mm	IP65
MEGATRON www.megatron.fr	MAB40AP magnétique Infinitem	24 V 9-30V	12 bits		0-5V 0-10V 4-20 mA	6000 t/min	Ø40mm	IP67 Programmable Jusqu'à 200 tours
OMRON http://omron.fr	E6C2 incrémental	5-24 Vcc		10 - 3600	PNP Driver ligne	600 imp/tr	Ø 50 mm Axe 6 mm	
OMRON http://omron.fr	E6C3 absolu	5 / 12 / 12- V4 Vcc		Gray : 1024 Binaire : 256	PNP		Ø 50 mm Axe 8 mm	

Distributeurs Fabricants Site Internet	Référence et type des codeurs	Tension courant	Résolution	Nombre de points par tour ou pas	Sortie	Résistance à la charge ou couple	Poids Dimensions : axe, corps	Commentaires
RENISHAW www.renishaw.com RLS www.rls.si	RM22, RM36, RM44,	5 V, 24 V 35 mA	9 à 13 bits	Binaire: 512 à 8192 pts/tr Décimal : 300 à 2000 pts/tr	TTL, RS422, //, SSI, Tension, Sin/cos,	500 m/s ²	Ø 22 mm, Ø 32 mm, Ø 44 mm	Couplage sans contact, vitesse jusqu'à 30.000 tr/mn, IP64, IP68, Précision ±0,5°, Température d'utilisation: -25° à +85°
SCHNEIDER ELECTRIC www.schneider-electric.fr	OsiSense XCC1 Incrémental	De 4,75 à 30 V suivant type	De 100 à 80000 points	idem	RS422 5V, Push pull 11...30 V, Push pull 5...30 V	Axial de 10 à 100 N, Radial de 20 à 200 N, Couple de 2.10 ⁻³ à 10.10 ⁻³	Ø de 40 à 90 mm	Axe sortant et arbre creux Gamme complète d'accessoires Nouveautés : Version inox IP69K
SCHNEIDER ELECTRIC www.schneider-electric.fr	OsiSense XCC2 Absolu monotour	11...30 V	8192 points / tours	idem	Push pull 11...30 V binaire ou Gray SSI 13 bits 11...30 V binaire ou gray	Axial de 20 à 100 N, Radial de 50 à 200 N, Couple de 4.10 ⁻³ à 10.10 ⁻³	Ø de 58 et 90 mm	Arbre sortant et arbre creux Gamme complète d'accessoires Nouveautés : Version inox IP69K
SICK www.sick.fr	DFS60	4.5...32 V programmable	+/- 0.03°	65536 pas max.	HTL ou TTL programmable		0,3 kg, diamètre 60 mm	Codeur incrémental programmable disque en métal
SICK www.sick.fr	AFM60/ AFS60	4.5...32 V programmable	+/-0.0014°	262144 pas x 4096 tours	SSI		0,26 kg, diamètre 60mm	Codeur absolu programmable disque en métal
TR-ELECTRONIC www.tr-electronic.fr	CE_58 et CO_58 Mono tour & Multi tour	11-27V	Jusqu'à 32 bits	Maxi 131072	Câble ou connecteurs	≤ 50 N axial, ≤ 90 N radial	58 mm	Programmables, arbre sortant et traversant, interfaces : SSI, ASI, Parallèle, Profibus, CAN, Ethernet IP, Ethercat, Powerlink, Profinet, Ethernet IP
TR-ELECTRONIC www.tr-electronic.fr	CE_65 et CO_65 Mono tour & Multi tour	11-27V	Jusqu'à 32 bits	Maxi 131072	Câble ou connecteurs	≤ 50 N axial, ≤ 90 N radial	65 mm	Programmables, arbre sortant et creux, interfaces : SSI, ASI, Parallèle, Profibus, CAN, Ethernet IP, Ethercat, Powerlink, Profinet, Ethernet IP
TR-ELECTRONIC www.tr-electronic.fr	CD_75M	11-27V	Jusqu'à 28 bits	Maxi 8192	Connecteurs M12	≤ 50 N axial, ≤ 90 N radial	75mm	Certifié SIL3 DIN EN 61508; VDE 0803 et PLe DIN EN ISO 13849, interfaces : SSI, PROFIBUS/PROFIsafe, Sin/Cos
TR-ELECTRONIC www.tr-electronic.fr	CMV22M	7-26V	Jusqu'à 22 bits	Maxi 1024	Câble ou connecteurs	≤ 10 N axial, ≤ 5 N radial	22mm	Programmables, arbre sortant, interfaces : SSI, ASI, Analogique
TR-ELECTRONIC www.tr-electronic.fr	IE_58 et IO_58 Incrémentaux programmables	5V et 11-27V	Jusqu'à 36000 imp./tr	Maxi 36000	Câble ou connecteurs		58 mm	Programmables, arbre sortant, creux et traversant, interface incrémentale
TURCK BANNER Lenord+ Bauer http://www.lenord.de/en/	GEL 260	Ub=10...30VDC UB=5 VDC		De 10... à 40960 impulsions par tour	Analogique ou TTL,HTL	200 N Axial 200 N radial	De 0,7 kg à 5,1 kg	

Distributeurs	Référence et type	Tension	Résolution	Nombre de	Sortie	Résistance à la charge ou	Poids	Commentaires
---------------	-------------------	---------	------------	-----------	--------	---------------------------	-------	--------------

Fabricants Site Internet	des codeurs	courant		points par tour ou pas		couple	Dimensions : axe, corps	
TURCK BANNER Lenord+ Bauer http://www.lenord.de/en/	GEL 208	Ub=10...3 0VDC UB=5 VDC		De 10... à 2000 impulsions par tour	TTL, HTL	200 N à 500 N radial	De 0,5 kg à 0,7 kg	