

Les capteurs à obturateur roulant (Rolling Shutter)

Une alternative économique



Un capteur d'images se définit selon de nombreuses caractéristiques. Depuis l'introduction des capteurs CMOS, le système d'obturateur est certainement l'une des plus connues. Ses avantages et inconvénients ont été rapportés dans d'innombrables articles. Alors pourquoi un nouvel article sur ce sujet ? Certaines facettes n'ont été que très peu mises en lumière jusqu'à ce jour, cependant elles n'ont jamais été aussi actuelles qu'aujourd'hui.

Pour quelle raison faisons-nous principalement la différence entre les deux modes d'exploitation de la prise de vue ? À savoir, obturateur roulant (Rolling Shutter) et obturateur global.

1 Capteurs actuels

Le trait distinctif majeur entre un obturateur global (Global Shutter) et un obturateur roulant est le temps de réponse pendant la phase d'exposition.

Avec un obturateur global (Global Shutter), toutes les informations existantes sont d'abord supprimées des pixels, puis cet état est mesuré.

Les pixels sont ensuite ouverts tous ensemble de manière électronique à la lumière, c'est le début de la phase d'exposition active. À la fin du temps d'exposition, les informations de chargement sont enregistrées simultanément dans une zone insensible à la lumière. Ces informations sont ensuite converties ligne par ligne en niveaux de gris par des capteurs CMOS et transférées.

Les capteurs CMOS actuels sont devenus si rapides que les informations des pixels sont transférées simultanément en série sur 24 câbles maximum, ce qui constitue un défi extrême pour les circuits suivants. Et ce, aussi bien pour un circuit logique programmable FPGA, un circuit ASIC ou un jeu de puces USB ou Ethernet.

Les images prises avec un pixel à obturateur global sont exemptes de tout artéfact généré par le mouvement, car il s'agit d'instantanés, de clichés.

2 Prise de vue et lecture

La tendance actuelle qui vise à obtenir toujours plus de pixels sur une surface en constante réduction aboutit à un compromis extrême, car un pixel doit loger beaucoup de composants. Pour parvenir à des pixels encore plus petits ou pour permettre à un smartphone d'afficher une résolution en mégapixels à deux chiffres, le pixel doit tenir dans la plage du 1 μm . Cela oblige à abandonner des composants, tels que la mémoire tampon dans le pixel. Une prise de vue globale à un moment précis n'est alors plus possible.

La solution : la détermination de la fin de l'exposition par la lecture directe des informations. Dans la mesure où les lignes sont transmises les unes après les autres, il s'agit d'un enregistrement roulant, d'où la désignation d'obturateur roulant (Rolling Shutter).

Si un capteur atteint les 60 images par seconde, la lecture, et donc la fin du temps d'exposition, dure 16 ms de la première à la dernière ligne. L'exposition des parties supérieures de l'image est également arrêtée plus tôt par comparaison à la moitié inférieure. Afin que toutes les lignes soient soumises au même temps d'exposition, le début de l'exposition doit aussi être décalé en conséquence. Les lignes sont ouvertes à la lumière les unes après les autres.

Si un objet se déplace, comme c'est généralement le cas pour les applications de surveillance de la circulation (STI) par exemple, la reproduction des images n'est pas précise.

3 Transfert des images

Les capteurs CMOS de premières générations disposaient d'une interface parallèle pour éditer les données

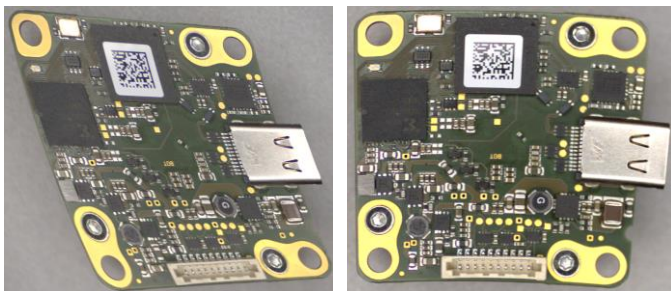
graphiques. Des quantités de 100 mégapixels de données par seconde étaient déjà exceptionnelles. Cela signifie pour un capteur de 5 mégapixels environ 20 images par seconde ou un temps de lecture de 50 ms par image. L'effet obturateur roulant (Rolling Shutter) est également clairement visible, car une voiture en mouvement sur cette période parcourt un bon bout de chemin.

Les derniers capteurs CMOS sont 5 à 10 fois plus rapides. Le temps de lecture est énorme. 500 mégapixels par seconde ou 120 ou 240 images par seconde sont désormais la norme. Les nouvelles technologies de conversion et les interfaces électriques y ont largement contribué. Le temps d'obturation de 4 ms qui en résulte à 240 images/s améliore nettement la manipulation.



Comparaison de la vitesse d'obturation des capteurs à obturateur roulant précédents (image du haut) avec celle des capteurs actuels (image du bas). Le panneau latéral de la voiture de course (la vitesse mise à l'échelle d'un véhicule routier est d'env. 205 km/h) est lisible et exploitable.

Si le sens de déplacement de l'obturateur concorde avec celui de l'objet, on n'observe quasiment pas de distorsions géométriques parasites. Désormais, l'inspection de bande fait généralement appel à une caméra à obturateur roulant montée à la verticale.



La reconnaissance transversale par rapport à la caméra des codes-barres sur des objets en rotation produit des codes

illisibles (illustration à gauche), une rotation à 90° de la caméra y remédie. Le code-barres est lisible et exploitable.

La tâche classique qui consiste à surveiller la circulation à partir d'un pont ou du poteau d'un feu tricolore aligné directement sur un objet en approche est maintenant possible pour de la ROC ou de la reconnaissance d'objets avec des capteurs plus abordables.

Cela vaut également pour le cas inverse : l'objet est immobile, contrairement à la caméra (bus, trains ou lecteur manuel de codes-barres). Pour ces applications, nul besoin aujourd'hui de recourir à un capteur à obturateur global onéreux.

4 Avantages de l'obturateur roulant (Rolling Shutter)

Un capteur à obturateur roulant présente cependant deux autres avantages par rapport à son homologue à obturateur global.

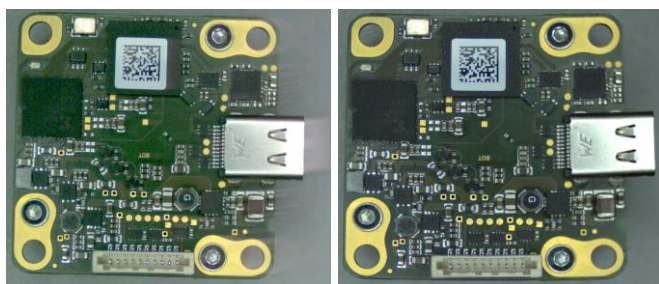
1. Meilleure qualité d'image grâce à l'abandon de la mémoire tampon : à la fin du temps d'exposition, la valeur relative à la luminosité est « sauvée par élimination » dans une cellule mémoire du pixel à obturateur global. Avec les capteurs très modernes, les électrons ou la tension réelle déjà convertie peuvent ainsi être stockés. Sur la durée et avec les variations de température, ces informations peuvent être altérées, car la dernière ligne attend la durée totale d'une trame pour l'extraction finale.

Selon la conception des capteurs, la formation de pixels défectueux est alors renforcée et le niveau de noir ainsi que le bruit numérique sont accrus. En revanche, le capteur à obturateur roulant convertit directement l'information relative à la luminosité, sans cette étape intermédiaire.

2. Pas d'image fantôme : un capteur à obturateur global (Global Shutter) peut produire des images fantômes gênantes lors de prises de vue à la lumière du soleil. En effet, il s'agit d'une situation extrême pour tout capteur : énormément de lumière et un temps d'exposition simultané très court dans des grandeurs comprises entre 10 et 30 μ s.

Les informations en mémoire tampon ne sont également pas exposées directement à la lumière après la prise de vue et avant la lecture. Les électrons traversent la photodiode et génèrent une post-exposition. Les images fantômes en sont la conséquence, cela signifie que le déplacement de l'objet peut aussi être constaté une fois le temps d'exposition terminé sous la forme d'une superposition sur l'image. Un capteur à obturateur

roulant (Rolling Shutter) ne présente pas cette particularité.



La photo à gauche présente un capteur à obturateur global (Global Shutter) avec un temps d'exposition extrêmement court et un gain élevé. La trace de zones claires dans l'image est nettement visible ; à droite, avec un capteur à obturateur roulant (Rolling Shutter), l'image ne présente aucune trace.

5 Capteurs STARVIS de Sony

L'entreprise Sony propose une nouvelle gamme de capteurs à obturateur roulant avec la série STARVIS. Cette gamme est optimisée pour la qualité de l'image. Le bruit des capteurs STARVIS est extrêmement faible : 2 électrons/s seulement. Étant donné que le pixel possède lui-même peu de composants, il est capable de stocker plus de charges avec la photodiode plus volumineuse. Cette grande capacité de charge associée au faible bruit de fond du capteur aboutit à la très haute dynamique souhaitée. Pour un grand nombre d'applications, ce point constitue l'un des paramètres les plus importants.

Un autre avantage des capteurs à obturateur roulant (Rolling Shutter) STARVIS est la possibilité d'une pose B. Dans l'implémentation IDS, les capteurs parviennent à un temps d'exposition de 120 secondes. Cela permet une mise en œuvre dans de nouveaux domaines d'application, tels que la microscopie et l'analyse, où la présence de lumière est souvent faible et nécessite par conséquent un long temps d'exposition. La vitesse du déplacement de l'objet ne joue ici en général aucun rôle, ce qui rend obsolète l'utilisation d'un capteur à obturateur global onéreux.

Les caméras IDS avec capteurs à obturateur roulant sont souvent utilisées dans le vaste domaine de l'assurance qualité, par exemple. Peu importe que les échantillons soient positionnés ou que les machines soient configurées visuellement, la quantité et la qualité des denrées alimentaires sont soigneusement vérifiées, les denrées sont ensuite triées ou les surfaces analysées et contrôlées lors des processus d'impression et d'enrobage. Autres domaines d'application dans lesquels les capteurs ont fait leurs preuves : médecine, biologie, science, trafic, kiosque, lecture et détection.

6 Résumé

Les capteurs IMX178 et IMX290 Sony de la série STARVIS mis en œuvre par IDS dans diverses caméras-industrielles avec interfaces USB 3.0, USB 3.1 Gen.1 et GigE permettent d'élaborer des solutions de très grande valeur, idéales pour des projets sensibles en termes de prix, avec des volumes moyens à importants. En particulier lorsqu'elles sont combinées à nos caméras sur carte USB 3.1 Gen 1 uEye LE, elles offrent de nombreuses options de personnalisation, telles que la possibilité de choisir entre une monture M12, C/CS ou une variante sur carte pure.

Modèles de caméra (USB)	UI-3860CP UI-3860LE	UI-3880CP UI-3880LE
Capteur	Sony IMX290 (2,12 MP)	Sony IMX178 (6,41 MP)
SNR	40,5 dB/6,7 bits	41,2 dB/6,8 bits
QE @ 533 nm	78 %	72 %
Erreur de linéarité	0,04 %	0,18 %
Dynamique	70,5 dB/11,7 bits	71,3 dB/11,8 bits
Bruit électronique	2,7e ⁻	2,9e ⁻

Les mesures EMVA 1288 prouvent les propriétés extraordinaires des caméras IDS avec les capteurs STARVIS de Sony.

Vous trouverez un complément d'informations sur les modèles de caméra dotés de capteurs à obturateur roulant (Rolling Shutter) à l'adresse www.ids-imaging.fr ou auprès de notre équipe commerciale.

Auteur :

Dana Diezemann, Expert-conseil en vision

IDS Imaging Development Systems GmbH
Dimbacher Str. 6-8
74182 Obersulm
Allemagne

T : +49 7134 96196-0

F : +49 7134 96196-99

E : sales@ids-imaging.com

W : www.ids-imaging.fr

