Une plateforme de capteurs d'images qui accélérera le déploiement des fonctions de sécurité dans les véhicules

Par: Bahman Hadji, ON Semiconductor

Comme l'intérêt pour les véhicules autonomes est en pleine croissance, il devient clair que la route vers la conduite autonome est pavée de points de passage tels que le déploiement accru de systèmes avancés d'assistance au conducteur (*Advanced Driver Assistance Systems*, ADAS). Les capteurs d'image sont fondamentaux pour ces systèmes basés sur une caméra et agissent comme les yeux du véhicule. Ils rendent la conduite plus sûre permettant au conducteur de voir derrière et autour du véhicule avec l'arrivée des caméras de recul et des systèmes de vision à 360 degrés, en plus de fournir une fonctionnalité automatique qui aide à prévenir les collisions avec les systèmes de caméras frontales du véhicule. L'adoption rapide des caméras automobiles a été accentuée par des mesures et des réglementations de sécurité édictées des organisations gouvernementales telles que le *New Car Assessment Program* (NCAP), qui ont incité les constructeurs automobiles à introduire ces systèmes sur leurs plates-formes de véhicules des modèles de luxe jusqu'aux modèles grand public. En conséquence, le nombre de caméras automobiles produites chaque année dans le monde, qui a déjà plus que doublé entre 2013 (47 millions) et 2017 (110 millions), dépassera les 200 millions en 2024, selon l'étude de la société japonaise Techno Systems Research.

En plus des avantages du stationnement et de la manœuvre à faible vitesse pour le conducteur grâce à un système de vision à 360 degrés basé sur quatre caméras montées de chaque côté du véhicule, ces caméras peuvent également être utilisées comme alerte de sortie de voie et de détection des

angles morts, et alertent le conducteur avant de changer de voie quand nécessaire. Les caméras sont même utilisées pour remplacer les rétroviseurs sous la forme de systèmes de surveillance par caméra (*Camera Monitor Systems*, CMS), qui permettent au conducteur de visualiser sur un écran à l'intérieur du véhicule un aperçu similaire à celui fourni pas les rétroviseurs traditionnels mais sans angle mort, tout en éliminant le besoin de rétroviseurs extérieurs (comme les juridictions facilitant la réglementation de rétroviseurs) – ce qui est extrêmement avantageux aussi bien pour faire des économies de carburant que pour le design industriel. Les systèmes de caméra frontale, quant à eux, ne sont pas destinés à une visualisation pour le conducteur, mais sont plutôt utilisés pour détecter ce qui se passe devant le véhicule afin de permettre des fonctionnalités supplémentaires de sécurité et de commodité. Ces systèmes peuvent éviter les collisions grâce au freinage automatique d'urgence qui peut arrêter la voiture si un obstacle soudain est détecté sur le trajet du véhicule, et fournir une assistance aux conducteurs avec un régulateur de vitesse adaptatif, ce qui s'avère utile dans des conditions de conduite sur autoroute, spécialement en cas d'embouteillages particulièrement stressants.

Considérations sur les capteurs

Alors que toutes ces applications utilisent des capteurs d'image comme composants principaux de la caméra, elles peuvent souvent avoir différentes exigences en termes de qualité d'image, de résolution et de taille de capteur, pour ne citer que quelques paramètres. Par exemple, la qualité d'image requise pour une caméra de recul, peut être différente de celle d’une caméra frontale utilisée pour fournir, en conjonction avec des algorithmes, la fonctionnalité de freinage d'urgence automatique de l'ADAS. De même, la résolution requise d'un capteur d'image pour satisfaire un format d'affichage particulier sera différente de celle requise pour une application de vision par ordinateur qui nécessite un nombre minimum précis de pixels sur un objet pour que l'algorithme puisse le détecter et l'identifier ; caractéristique qui se traduit directement par une exigence sur la résolution du capteur.

Dans le cas des systèmes de caméras frontales, les algorithmes de vision par ordinateur qui utilisent la sortie du capteur d'image pour détecter les piétons, les véhicules et les objets et prendre des décisions, doivent être soumis à un apprentissage impliquant des images obtenues au cours de milliers d'essais ; ce qui est un exercice très coûteux. Ces images sont collectées via le même système qui est déployé en production, et la qualité de l'image doit être définie avant la collecte de cet ensemble de données. Ce réglage et ce développement de la qualité d'image nécessitent des efforts d'ingénierie pour travailler avec le capteur et le contrôler avec les techniques appropriées d'exposition et de balance des blancs pour produire automatiquement des images optimales lorsque les conditions de la scène varient. Les algorithmes de vision par ordinateur qui utilisent ensuite ces images capturées pour l'apprentissage ne peuvent plus être exécutés sur une caméra constituée d'un capteur d'image ayant des caractéristiques ou des réglages différents, car ils ont été adaptés pour reconnaître un profil correspondant à un ensemble de données particulier. Une plate-forme évolutive de capteurs d'images offrant les mêmes performances et des caractéristiques similaires avec des résolutions variables réduit considérablement l'effort et le coût requis pour les fabricants travaillant sur plusieurs plates-formes, puisqu'ils peuvent réutiliser le développement d'ingénierie et l'ensemble d'images utilisé pour l'apprentissage.

Défis pour l'imagerie

La performance du capteur d'image et sa capacité à capturer une large gamme de contenu scénique, ou sa plage dynamique, est un paramètre critique lorsqu'on considère un système destiné à de l'imagerie automobile. La plage dynamique est une mesure de la quantité de contraste que le capteur peut capter dans une scène ou, plus simplement, de la façon dont il peut gérer la présence dans la même scène à la fois de zones très lumineuses et de zones sombres ainsi que d'ombres. C'est un problème bien connu que les caméras automobiles rencontrent lorsque vous considérez en fin d'après-midi un soleil

bas sur l'horizon, alors que la voiture est sur le point de passer dans un passage souterrain. Si la plage dynamique du capteur est trop faible, des détails cruciaux dans la scène peuvent être manqués, ce qui peut conduire le conducteur ou l'algorithme de vision par ordinateur à ne pas remarquer un objet dans la scène, résultant en une situation dangereuse.

L'utilisation croissante des diodes électroluminescentes (*Light-Emitting Diodes*, LED) utilisées dans les panneaux de signalisation ainsi que dans les phares et les feux arrières des véhicules constitue un autre aspect auquel les constructeurs doivent désormais faire face, ce qui s'ajoute aux défis de l'imagerie automobile. L'éclairage LED est généralement contrôlé par modulation de largeur d'impulsion (*Pulse-Width Modulation*, PWM): les LED sont allumées et éteintes à des fréquences variables pour contrôler l'intensité de la lumière et économiser de l'énergie, à un rythme trop rapide pour que l'œil humain ne le perçoive. Mais bien que nous ne puissions pas percevoir le scintillement de ces lumières avec nos yeux, les capteurs d'image captent souvent un moment où les LED sont éteintes et parfois un moment où elles sont allumées. Cela signifie que la sortie du capteur d'image affichera cet effet de scintillement lorsqu'il est en mode vidéo. Ceci n'est pas souhaitable et pourrait présenter des problèmes de sécurité – et pour rendre les choses encore plus complexes, il n'y a pas de norme pour la fréquence de ces LED pulsées utilisées dans les véhicules ou les panneaux de signalisation. Pour les caméras frontales munies d'algorithmes de vision par ordinateur, l'effet de scintillement signifie que les panneaux de signalisation peuvent être mal lus ou non vus, tandis que pour le visionnage d'applications telles que les caméras de CMS ou de recul, le rendu peut être déroutant pour le conducteur.

Pour placer ceci dans le contexte, imaginez une scène qui inclut une source de haute luminosité, comme le soleil bas sur l'horizon, avec des détails qui semblent plus sombres, comme un piéton sur le bord de la route à l'ombre d'un arbre. Pour capturer cette scène à plage dynamique élevée, un capteur d'image typique

compensera les parties lumineuses de la scène en utilisant un temps d'exposition court afin d'éviter la saturation et l'aveuglement causé par ces parties de la scène. Dans le cas d'une source de lumière pulsée telle que les phares à LED d'une voiture apparaissant dans cette même scène, le court temps d'exposition utilisé pour capturer les détails brillants de la scène peut amener le capteur à saisir une image alors que les phares sont éteints. Alors qu'il combinera plusieurs expositions pour produire une image à plage dynamique élevée, dans une scène en pleine lumière du jour, certaines ou toutes les expositions auront manqué la LED de la manière décrite ci-dessus et entraîneront un clignotement des phares. Si le temps d'exposition est prolongé pour essayer de capter la scène pendant que la LED est allumée, les parties de la scène éclairées par le soleil seront surexposées, réduisant drastiquement la gamme dynamique avec perte de détails, et finalement une qualité d'image inacceptable.

Plage dynamique élevée et atténuation du scintillement des LED

La solution à ce problème est un capteur d'image capable d'atteindre une plus grande plage dynamique en une seule trame, afin de permettre la capture de zones lumineuses avec une exposition suffisamment longue pour capter les sources lumineuses pulsées pendant leur durée «active», sans surexposer la scène. La plate-forme de capteurs d'image automobile Hayabusa™ d'ON Semiconductor met en œuvre avec succès une technologie de pixel innovante qui permet une super-exposition, dénommée *Super-Exposure*. Cette technologie utilise une conception et un processus innovants qui permettent le stockage de beaucoup plus d’électrons au sein du capteur, permettant des temps d'exposition cinq fois plus longs avant d'atteindre la saturation des capteurs d'image conventionnels de même taille utilisés par les applications automobiles actuelles. Grâce à cette technologie de pixels, les capteurs d'image Hayabusa™ délivrent une imagerie à plage dynamique élevée de plus de 120 dB tout en fournissant simultanément une atténuation du scintillement des LED.

Une partie de la solution Hayabusa™ réside dans la construction d'un pixel de type *Super-Exposure*. Grâce à un processus de conception et de fabrication inédit, chaque pixel de 3,0 microns rétroéclairé stocke plus de 100 000 électrons générés par la lumière entrante, bien plus que les 20 000 électrons offerts par les capteurs d'image CMOS traditionnels de même taille. Il en résulte une seule super-exposition capturant 95 dB de gamme dynamique, couvrant pratiquement l'intégralité de la scène, de plus les capteurs Hayabusa offrent la possibilité d'ajouter une seconde exposition très courte pour étendre la gamme dynamique à plus de 120 dB en capturant les parties les plus brillantes de la scène.

Pour obtenir l'effet d'atténuation du scintillement des LED tout en conservant une sortie à plage dynamique élevée, la super-exposition peut être contrainte de capter toute la période de la LED pulsée la plus basse prévue dans une scène: si nous considérons une fréquence de 90 Hz, cela se traduit par un temps d'exposition d'environ 11 millisecondes (durée pendant lequel la LED peut n'être allumée que pendant 1/10ème de ce temps ou moins). Avec la capacité de charge de 100 000 électrons, le capteur peut être exposé pendant longtemps sans perdre de détails dans les zones lumineuses de la scène, tout en capturant les impulsions «on» du signal de cette LED. Le second temps d'exposition plus court est ensuite ajouté avec un algorithme propriétaire, embarqué sur la puce, qui garantit que la plage dynamique est prolongée tandis que les zones dans la scène qui contenait une LED pulsée capturée par le système *Super-Exposure* sont conservées, au cas où elles manqueraient dans la deuxième exposition. Par conséquent, le capteur est capable d’assurer plus de 120 dB de plage dynamique dans la scène tout en conservant les zones composées de LED pulsées qui autrement sembleraient scintiller avec un capteur normal. Cette performance dans le monde réel fait de la plate-forme Hayabusa la solution optimale pour le développement de caméras automobiles exigeant une plage dynamique élevée avec atténuation du scintillement, et comme tous les produits de la plateforme offrent les mêmes performances, les fabricants peuvent changer

de composant tout en réutilisant pratiquement tout l'effort d'ingénierie ainsi que les données utilisées pour l'apprentissage des algorithmes d'un de leurs capteurs.

Conclusion

La plate-forme Hayabusa de capteurs d'image de qualité automobile a une résolution allant de 1 mégapixel à 5 mégapixels pour permettre l'évolutivité et offrir aux fabricants de multiples options pour répondre à une variété d'applications. Le premier composant de la plate-forme, l'AR0233AT, est un capteur de 2,6 mégapixels offrant simultanément une gamme dynamique élevée et une capacité de réduction du scintillement des LED, tout en produisant une vidéo 1080p à 60 images par seconde.



Figure 1: Le AR0233 de ON Semiconductor

Une plate-forme de capteurs d'images répondant avec succès aux deux principaux défis techniques de l'imagerie automobile résout simultanément les problèmes concrets des fabricants. En produisant une plate-forme qui offre une performance et un comportement homogènes pour toute une gamme de composants, les développeurs peuvent tirer parti de milliers d'heures de données

enregistrées pour déployer des fonctions ADAS similaires sur différents véhicules, tout en utilisant le capteur d'image qui correspond le mieux à cette application. Cela leur permet de déployer des systèmes de haute résolution, haut de gamme et des systèmes à faible résolution rentables sur différentes plates-formes de véhicules avec un minimum d'effort. La disponibilité de la plate-forme de capteurs d'images Hayabusa aidera considérablement les constructeurs à faire évoluer leurs offres ADAS, ce qui se traduira par un plus grand choix pour les consommateurs, mais surtout équipera plus de conducteurs avec des systèmes améliorant la sécurité routière des conducteurs et des piétons.