



(43) Date de la publication internationale
3 septembre 2015 (03.09.2015)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2015/128246 A1

(51) Classification internationale des brevets :
H03M 1/08 (2006.01) H03M 1/12 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2015/053551

(22) Date de dépôt international :
19 février 2015 (19.02.2015)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1451608 27 février 2014 (27.02.2014) FR

(71) Déposants : CENTRE NATIONAL DE LA RE-
CHERCHE SCIENTIFIQUE [FR/FR]; 3, rue Michel
Ange, F-75794 Paris Cédex 16 (FR). ECOLE NOR-
MALE SUPERIEURE DE PARIS [FR/FR]; 45, rue
d'Ulm, F-75005 Paris 5 (FR).

(72) Inventeur : DARSON, David; 28, rue des Planons, F-
77000 Vaux le Penil (FR).

(74) Mandataire : WINDAL, Gaëlle; Cabinet Vidon, Techno-
pôle Atalante, 16B rue de Jouanet - BP, F-35703 Rennes
Cedex 7 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : METHOD AND DEVICE FOR DIGITAL ACQUISITION OF AN IMAGE SIGNAL, ALLOWING A REDUCTION IN ELECTRONIC NOISE

(54) Titre : PROCÉDÉ ET DISPOSITIF D'ACQUISITION NUMÉRIQUE DE SIGNAL D'IMAGE, PERMETTANT UNE RÉDUCTION DE BRUIT ÉLECTRONIQUE

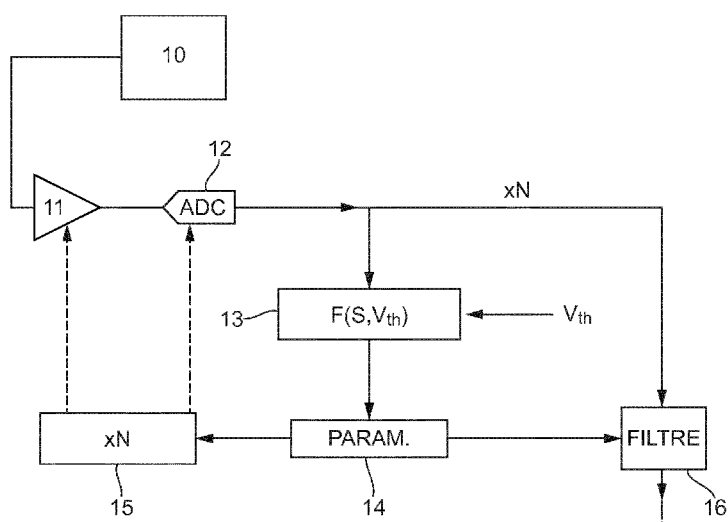


Fig. 1

(57) Abstract : The invention concerns a device for digital acquisition of a signal representative of an image comprising a plurality of pixels, comprising an analogue signal sensor (10), and an analogue-to-digital converter (12) delivering digital samples of said analogue signal. Such a device comprises: - means (13) for estimating a value of said analogue signal from a digital sample of a pixel of said image; - means (14) for determining a factor N of oversampling of said analogue signal from said estimated value and a predefined electronic noise threshold in which N is a whole number greater than or equal to 1; - means (15) for oversampling said analogue signal by said factor N activated if $N > 1$; means (16) for filtering N digital samples of said analogue signal delivered by said analogue-to-digital converter (12) for said pixel activated if $N > 1$.

(57) Abrégé : L'invention concerne un dispositif d'acquisition

[Suite sur la page suivante]



numérique d'un signal représentatif d'une image comprenant une pluralité de pixels, comprenant un capteur (10) de signal analogique, et un convertisseur analogique numérique (12) délivrant des échantillons numériques dudit signal analogique. Un tel dispositif comprend : - des moyens (13) d'estimation d'une valeur dudit signal analogique à partir d'un échantillon numérique d'un pixel de ladite image; - des moyens (14) de détermination d'un facteur N de suréchantillonnage dudit signal analogique à partir de ladite valeur estimée et d'un seuil prédéterminé de bruit électronique où N est un nombre entier supérieur ou égal à 1; - des moyens (15) de suréchantillonnage dudit signal analogique dudit facteur N activés si $N > 1$; des moyens de filtrage (16) de N échantillons numériques dudit signal analogique délivrés par ledit convertisseur analogique numérique (12) pour ledit pixel activés si $N > 1$.

Procédé et dispositif d'acquisition numérique de signal d'image, permettant une réduction de bruit électronique.

1. Domaine de l'invention

Le domaine de l'invention est celui de l'imagerie numérique, et notamment,
5 mais non exclusivement, de l'acquisition numérique d'images au moyen par exemple d'appareils photos ou de caméras, qu'il s'agisse d'appareils scientifiques, professionnels ou grand public. Plus précisément, l'invention concerne la réduction du bruit affectant le signal utile, lors de telles acquisitions numériques.

2. Art antérieur et ses inconvénients

10 Les systèmes d'acquisition numérique d'images comprennent classiquement un capteur photographique, de type CCD (pour l'anglais « Charge-Coupled Device ») ou CMOS (pour l'anglais « Complementary Metal Oxide Semiconductor »), ou encore l'une de ces deux technologies intégrée dans un SOC (pour l'anglais « System On Chip »).

Un tel capteur est un composant électronique photosensible, qui permet de
15 convertir un rayonnement électromagnétique (dans le domaine ultra-violet, visible ou infrarouge), en un signal électrique analogique. Ce signal est ensuite amplifié, puis numérisé par un convertisseur analogique-numérique (CAN ou en anglais ADC pour « Analog to Digital Converter ») et enfin traité (notamment par filtrage), pour obtenir une image numérique.

20 La qualité d'un tel système d'acquisition numérique est notamment caractérisée par l'évaluation du rapport signal à bruit, ou SNR (pour l'anglais « Signal-to-Noise Ratio »). Ce ratio représente le rapport du signal lumineux mesuré par le capteur sur un bruit total, comprenant d'une part des variations naturelles du flux de photon incident sur le capteur, ou bruit photonique, et d'autre part des composantes de signal
25 indésirables, prenant naissance dans la chaîne de traitement électronique, ou bruit électronique.

Lorsque l'amplitude du bruit augmente, l'incertitude sur le signal mesuré augmente également. Il est donc particulièrement important d'obtenir un rapport signal à bruit élevé dans les systèmes d'acquisition numérique de haute qualité, et tout

particulièrement dans les systèmes destinés à des applications scientifiques de précision.

Le bruit photonique, qui correspond à des variations statistiques dans le rythme d'incidence des photons sur le capteur, suit une loi statistique de Poisson. Il peut donc
5 être estimé comme égal à la racine carrée de la valeur moyenne du signal lumineux.

Le bruit électronique, quant à lui, correspond à la combinaison des composantes de bruit générées par les différents étages du système électronique, lors de la conversion des différentes charges mesurées par le capteur en un signal de tension analogique, puis lors de son traitement ultérieur et notamment de son amplification, et
10 enfin lors de sa conversion en un signal numérique. Un tel bruit électronique, également appelé bruit de lecture, ou bruit d'acquisition, s'ajoute de façon uniforme sur chacun des pixels de l'image et peut être considéré comme indépendant de la valeur du signal lumineux incident.

Lorsque l'intensité du signal lumineux mesuré par le capteur est élevée, le bruit
15 photonique, ou bruit de signal, est également important, et le bruit électronique généré par le système d'acquisition contribue peu à l'incertitude sur le signal mesuré. En revanche, lorsque l'intensité du signal lumineux mesuré par le capteur est faible, le bruit photonique peut s'avérer négligeable devant le bruit électronique, qui devient la source principale de bruit affectant le signal.

20 Afin de réduire l'influence du bruit électronique, les systèmes d'acquisition connus utilisent un ensemble de filtres analogiques et/ou numériques, insérés dans la chaîne de traitement du signal. Les paramètres de ces filtres sont fixes, au moins pendant une salve d'acquisition, c'est-à-dire typiquement au moins pour l'intégralité d'une image dans le cas d'un système d'acquisition de type imageur. Plus précisément,
25 les paramètres de ces filtres sont choisis, pour une ou plusieurs images, en réalisant un compromis entre le niveau de bruit électronique affectant le signal utile et la vitesse d'acquisition de ce dernier.

Ainsi, certains systèmes d'acquisition privilégient une vitesse d'acquisition élevée du signal, au détriment d'un niveau de bruit électronique également élevé, qui
30 peut s'avérer pénalisant dans le cas des faibles signaux.

A l'inverse, certains systèmes d'acquisition, et notamment les appareils scientifiques de précision, privilégient le filtrage du signal, et donc le temps de traitement associé, pour réduire au maximum le bruit électronique affectant le signal mesuré. Ce filtrage impacte alors la vitesse d'acquisition du signal et ce, même lorsque
5 l'intensité du signal mesuré est élevée et que le bruit électronique est pourtant négligeable devant le bruit photonique.

Une autre technique connue repose sur la mise en œuvre de traitements logiciels post-acquisition, qui sont appliqués sur une image entière, et visent à réduire l'effet du bruit sur l'image capturée. Cependant, de tels traitements ne sont mis en
10 œuvre qu'après acquisition de l'image, et ne permettent donc pas d'améliorer le rapport signal à bruit intrinsèque de l'image.

Enfin, certains systèmes d'acquisition numérique d'images à base de capteurs CCD, CMOS ou SOC, intègrent des méthodes de lectures permettant de réduire une partie du bruit de lecture. La première d'entre elles est le double échantillonnage
15 corrélé ou CDS (pour l'anglais « Correlated Double Sampling »), qui permet de supprimer le bruit de préchargement de la diode de lecture, ou bruit de reset, et le bruit basse fréquence en $1/f$ du capteur CCD, qui sont les composantes de bruit prédominantes en faible flux lumineux.

Dans de tels systèmes, le signal optique ayant frappé un pixel du capteur CCD
20 est mesuré par calcul d'une différence entre un échantillon représentatif d'un palier de référence, ou palier de reset, correspondant à un niveau de précharge d'une capacité de l'étage de sortie du CCD, et un échantillon représentatif d'un palier final du signal. Le bruit de reset présente une forte corrélation sur le palier de référence et sur le palier final, de sorte qu'une telle soustraction permet d'éliminer ce bruit du signal lumineux.

25 Si cette technique s'avère intéressante pour éliminer le bruit de reset, elle ne permet pas de s'affranchir de toutes les composantes de bruit électronique affectant le signal utile, en particulier toutes les composantes de bruit électronique qui ont des fréquences supérieures au temps caractéristique du CDS.

Il existe donc un besoin d'une technique d'acquisition de signaux numériques permettant de mieux réduire le bruit électronique affectant les signaux utiles, dans le cadre d'acquisition d'images.

Plus précisément, il existe un besoin d'une telle technique qui permette
5 d'atteindre le compromis optimal entre la vitesse d'acquisition du signal et le bruit électronique d'acquisition associé, en tout point du signal, et donc notamment en tout point de l'image.

Il existe également un besoin d'une telle technique qui permette de garantir que le bruit électronique soit toujours inférieur au bruit associé au signal utile, en tout point
10 du signal, et donc notamment en tout point de l'image.

Il existe également un besoin d'une telle technique qui soit aisément intégrable dans les systèmes d'acquisition numériques existants.

Il existe encore un besoin d'une telle technique d'acquisition numérique d'images qui permette de réduire le bruit électronique affectant l'image sans altérer la
15 photométrie de cette dernière.

3. Exposé de l'invention

L'invention répond à ces besoins en proposant un dispositif d'acquisition numérique d'un signal représentatif d'une image comprenant une pluralité de pixels, comprenant un capteur de signal analogique, et un convertisseur analogique numérique
20 délivrant un échantillon numérique du signal analogique.

Selon l'invention, un tel dispositif comprend :

- des moyens d'estimation d'une valeur du signal analogique à partir d'un échantillon numérique d'un pixel de l'image ;
- des moyens de détermination d'un facteur N de suréchantillonnage du signal
25 analogique à partir de la valeur estimée et d'un seuil prédéterminé de bruit électronique ;
- des moyens de suréchantillonnage du signal analogique du facteur N, activés si $N > 1$;
- des moyens de filtrage de N échantillons numériques du signal analogique
30 délivrés par le convertisseur analogique numérique pour le pixel activés si $N > 1$.

Un tel dispositif est notamment conçu au moyen de composants discrets ou bien en SOC (pour « System on Chip »).

Ainsi, l'invention repose sur une approche tout à fait nouvelle et inventive de la réduction du bruit électronique affectant les signaux obtenus au moyen de dispositifs d'acquisition numériques. En effet, alors que les dispositifs d'acquisition numériques existants utilisent des filtres dont les paramètres sont fixes, au moins durant une salve d'acquisition numérique, et choisis en fonction d'un compromis moyen entre la vitesse d'acquisition du signal et le bruit résultant l'affectant en sortie du dispositif, le dispositif de l'invention repose sur la mise en œuvre d'un filtrage adaptatif, qui permet d'atteindre, sur toutes les portions du signal, le compromis optimum entre la vitesse d'acquisition et le bruit résultant.

En effet, le dispositif d'acquisition numérique de l'invention exploite avantageusement la propriété de certains signaux analogiques, tels que les signaux lumineux, selon laquelle la valeur du bruit associé au signal est directement liée à la valeur du signal lui-même. Le dispositif de l'invention évalue donc, sur la base d'un premier échantillon numérique du signal analogique, la valeur du signal, et donc du bruit qui lui est associé. En fonction d'un seuil de bruit électronique affectant le signal que l'on veut atteindre en sortie des moyens de filtrage du dispositif de l'invention, on détermine le suréchantillonnage à appliquer au signal analogique pour que les moyens de filtrage délivrent un échantillon numérique du signal analogique présentant un bruit électronique inférieur au seuil prédéterminé.

L'estimation de la valeur du signal analogique peut être effectuée aussi souvent que souhaité, pour adapter en permanence le suréchantillonnage à effectuer, en fonction de la valeur du signal. Ainsi, lorsque l'intensité du signal est élevée, on peut choisir de ne pas suréchantillonner, ou de suréchantillonner faiblement le signal, ce qui permet de conserver une vitesse d'acquisition du signal importante. Inversement, lorsque l'intensité du signal est plus faible, et que le bruit électronique introduit donc une forte incertitude sur le signal, on peut choisir de suréchantillonner davantage le signal, pour améliorer le rapport signal à bruit du dispositif, au détriment de la vitesse

d'acquisition du signal. L'adaptation peut ainsi se faire en continu, au fur et à mesure de l'acquisition du signal par le dispositif de l'invention.

Plus précisément, à partir d'un premier échantillon numérique d'un pixel, on détermine le suréchantillonnage à appliquer sur le pixel, pour réduire suffisamment
5 l'influence du bruit électronique sur ce pixel en sortie des moyens de filtrage. On procède ainsi pour chaque pixel de l'image, ou, en variante, pour le premier pixel de chaque ligne de l'image. De cette façon, pour les pixels présentant une forte intensité lumineuse, on n'applique pas ou peu de suréchantillonnage, ce qui permet de maintenir une vitesse d'acquisition élevée du signal. Inversement, pour ceux des pixels qui ont été
10 frappés par un signal de faible intensité lumineuse, on suréchantillonne et filtre davantage, pour réduire l'influence du bruit électronique.

Le dispositif d'acquisition numérique de l'invention permet donc une adaptation du traitement au niveau du pixel, ce qui est donc bien plus précis et modulable que les techniques de l'art antérieur, pour lesquelles les paramètres de filtrage étaient
15 généralement fixés pour toute une image.

On notera que, dans le cas où il n'est pas nécessaire de procéder à un suréchantillonnage (cas où $N=1$), on procède à une simple numérisation du signal analogique, par le convertisseur analogique-numérique.

Selon un aspect particulier de l'invention, le seuil prédéterminé de bruit
20 électronique est un seuil d'un rapport, en sortie des moyens de filtrage, du bruit électronique sur un bruit associé audit signal.

En effet, ce qui importe pour la qualité du signal obtenu en sortie du dispositif d'acquisition numérique de l'invention n'est pas tant la valeur absolue du bruit électronique affectant le signal, mais sa valeur relative par rapport au bruit associé au
25 signal, à savoir au bruit photonique dans le cas d'un signal lumineux d'image. Dès lors que le bruit électronique est suffisamment faible par rapport au bruit associé au signal, son influence est négligeable. On choisit donc avantageusement de fixer le seuil de bruit électronique sous la forme d'un rapport bruit électronique sur bruit associé au signal.

Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, les moyens de filtrage
30 comprennent un filtre moyennneur des N échantillons numériques du signal analogique.

Un tel filtre moyennneur, ou filtre passe-bas, opère donc une moyenne sur les N échantillons du signal délivrés par le convertisseur ADC, et délivre un unique échantillon numérique, dans lequel le bruit électronique résultant, s'il est considéré comme un bruit blanc, sera divisé par $\sqrt{N}$.

- 5 Tout autre type de filtrage peut également être mis en œuvre dans le dispositif d'acquisition numérique de l'invention, notamment un filtrage adapté à la réduction du bruit basse fréquence en $1/f$.

Ainsi, un tel filtre moyennneur peut également mettre en œuvre des techniques de moyennneurs pondérés avec des coefficients de pondération qui sont modulés en
10 fonction du taux de corrélation des échantillons entre eux lors d'un CDS (pour « Correlated Double Sampling ») sur-échantillonné, conformément à la technique décrite par J.L Gach & al dans « A New Digital CCD Readout Technique for Ultra-Low-Noise CCDs », The Publications of the Astronomical Society of the Pacific, Volume 115, Issue 811, pp. 1068-1071.

- 15 En outre, en dehors de moyennes classiques sur les N échantillons du sur-échantillonnage, on peut envisager tous les autres types de traitements linéaires ou non linéaires, dont un exemple simple et robuste est un filtre déterminant la médiane des N échantillons. Un tel filtre a pour particularité d'être moins influencé que le filtre moyennneur par les valeurs extrêmes et donc d'être plus robuste au bruit basses
20 fréquences en $1/f$.

Plus généralement, les moyens de filtrage de l'invention peuvent consister en tout filtre numérique passe-bas, qu'il soit linéaire ou non.

Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, les moyens de suréchantillonnage pilotent une vitesse dudit convertisseur analogique numérique.

- 25 Ainsi, pour suréchantillonner le signal d'un facteur N, on augmente la vitesse de conversion du convertisseur ADC, pour que celui-ci délivre davantage d'échantillons du signal analogique (par exemple d'un pixel), avant qu'un nouveau signal analogique (i.e. un nouveau pixel) n'arrive en entrée du convertisseur.

On notera que ce mode de réalisation particulier nécessite de faire travailler par
30 défaut le convertisseur à basse vitesse pour pouvoir l'accélérer en cas de besoin de

suréchantillonnage. Les performances du convertisseur sont alors bridées, en fonctionnement normal.

Selon un autre mode de réalisation particulier de l'invention, les moyens de suréchantillonnage pilotent une fréquence de sortie dudit signal analogique dudit capteur. En d'autres termes, ces moyens de suréchantillonnage pilotent les horloges qui
5 rythment la ou les sorties des pixels et de leur valeur analogique associée.

Ainsi, pour suréchantillonner le signal d'un facteur N, on ralentit l'horloge de sortie du capteur, afin que le convertisseur ADC puisse fournir N échantillons du signal (par exemple du pixel), avant qu'un nouveau signal analogique (i.e. un nouveau pixel)
10 n'arrive en entrée du convertisseur.

Il est bien sûr également possible, en variante, que les moyens de suréchantillonnage agissent simultanément sur la vitesse de conversion du convertisseur ADC et sur l'horloge de sortie du capteur.

Selon un autre aspect de l'invention, ledit signal analogique prenant, pendant la
15 lecture d'un pixel, une première valeur correspondant à un palier de référence, et au moins une deuxième valeur correspondant à un palier de signal, lesdits moyens d'estimation et de détermination sont activés pour un échantillon numérique de ladite deuxième valeur correspondant à un palier de signal.

En effet, dans le cadre d'un mode de lecture CDS à double échantillonnage
20 corrélé (pour « Correlated Double Sampling »), pendant la lecture d'un pixel, la première valeur disponible est celle du palier dit de référence, et ensuite celle du palier dit de signal. La première valeur, correspondant au palier de référence, ne renseigne donc pas sur la valeur du signal lumineux incident et un échantillonnage précoce à ce moment ne permet pas de déterminer s'il faut ou non (et de combien le cas échéant)
25 suréchantillonner le signal. Il convient donc d'estimer la valeur du signal, et de déterminer le facteur de suréchantillonnage à appliquer, sur la valeur du signal correspondant au palier de signal.

Selon encore un autre aspect de l'invention, pour un pixel de rang $p+1$, lesdits moyens de suréchantillonnage sont aptes à suréchantillonner ledit signal analogique
30 correspondant audit palier de référence d'un facteur N' déterminé en fonction d'une

variation dudit signal analogique sur au moins deux pixels précédents de rangs p et inférieur.

En effet, le palier de référence est lui aussi affecté du bruit électronique d'acquisition du système lors de sa lecture. Comme indiqué ci-dessus, il faut attendre le
5 palier de signal pour pouvoir évaluer la valeur du signal lumineux incident et son bruit associé. Ces informations, obtenues pour le palier de signal d'un pixel de rang p+1, ne peuvent donc pas être utilisées pour procéder au suréchantillonnage du palier de référence de ce pixel de rang p+1, et le bruit électronique de sa lecture s'ajoute donc quadratiquement lors de la soustraction liée au CDS.

10 Pour pallier cette problématique, la technique de l'invention consiste à effectuer une modulation du suréchantillonnage du palier de signal du pixel de rang p, qui aura vu son niveau varier, et de considérer la variation du signal moyen entre le pixel p-1 et le pixel p et d'appliquer cette tendance au pixel p+1 pour moduler aussi le
15 variation du suréchantillonnage, qui tient compte de la variation de signal sur les pixels précédents pour anticiper le suréchantillonnage nécessaire du palier de référence du pixel de rang p+1, dans le cadre d'une lecture par double échantillonnage corrélé CDS.

L'invention concerne également un procédé d'acquisition numérique d'un signal représentatif d'une image comprenant une pluralité de pixels, comprenant :

- 20
- une étape d'acquisition d'un signal analogique ;
 - une étape de conversion analogique numérique délivrant des échantillons numériques du signal analogique.

Selon l'invention, un tel procédé comprend, pour un pixel de l'image :

- 25
- une étape d'estimation d'une valeur du signal analogique à partir d'un échantillon numérique associé audit pixel ;
 - une étape de détermination d'un facteur N de suréchantillonnage du signal analogique à partir de la valeur estimée et d'un seuil prédéterminé de bruit électronique, où N est un nombre entier supérieur ou égal à 1 ;
 - si $N > 1$, une étape de suréchantillonnage du signal analogique du facteur N ;

- si $N > 1$, une étape de filtrage de N échantillons numériques du signal analogique associés au pixel.

Ces étapes peuvent être mises en œuvre pour chaque pixel de l'image. En variante, on peut choisir de ne mettre en œuvre ces étapes que pour certains des pixels de l'image, par exemple pour le premier pixel de chaque ligne de l'image.

L'invention concerne également un produit programme d'ordinateur comprenant des instructions de code de programme pour la mise en œuvre des étapes du procédé décrit précédemment lorsque ce programme est exécuté par un processeur.

Par processeur, on entend ici et dans l'ensemble de ce document tout composant et/ou système programmable, et notamment, les composants de type FPGA, DSP, micro-contrôleur, etc.

L'invention concerne plus généralement un procédé d'acquisition numérique et un programme d'ordinateur présentant en combinaison tout ou partie des caractéristiques exposées dans l'ensemble de ce document, et notamment les caractéristiques décrites en relation avec le dispositif d'acquisition numérique de l'invention décrit ci-avant.

4. Liste des figures

D'autres buts, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante, donnée à titre de simple exemple illustratif, et non limitatif, en relation avec les figures, parmi lesquelles :

- la figure 1 illustre le schéma de fonctionnement d'un dispositif d'acquisition numérique conforme à un mode de réalisation de l'invention;
- la figure 2 présente sous forme d'organigramme schématique les différentes étapes mises en œuvre par le procédé d'acquisition numérique de signal de l'invention.

5. Description détaillée de modes de réalisation de l'invention

Le principe général de l'invention repose sur la mise en œuvre, dans un système d'acquisition numérique d'un signal représentatif d'une image, d'un filtrage adaptatif, dont les paramètres peuvent être modifiés en temps réel, pour s'adapter au niveau du

signal utile, afin de respecter un niveau prédéterminé d'un rapport du bruit électronique affectant le signal après filtrage au bruit associé au signal.

Dans le cas d'un système d'acquisition numérique d'image comprenant un détecteur CCD, CMOS ou SOC, un tel filtrage adaptatif permet, d'une part de garantir de
5 toujours obtenir l'optimum entre la vitesse de lecture ou d'acquisition du signal et le bruit électronique associé, et d'autre part de faire en sorte que le bruit électronique soit toujours (i.e. quelle que soit la zone de l'image) en deçà du bruit associé au signal utile (i.e. le bruit photonique).

Ainsi, le bruit électronique inhérent au système d'acquisition numérique peut
10 être sensiblement réduit, y compris jusqu'à un niveau auquel il devient négligeable par rapport au bruit associé au signal.

Le principe de l'invention s'applique au domaine de l'acquisition numérique d'images (systèmes d'imagerie, caméra scientifique, caméscopes, appareils photos professionnels ou amateurs, ...).

15 On présente désormais, en relation avec les figures, un exemple de réalisation de l'invention dans le cadre d'un système d'acquisition numérique d'image.

On rappelle tout d'abord brièvement le principe de fonctionnement d'un système d'acquisition numérique d'image mettant en œuvre un détecteur CCD. On notera bien sûr que l'invention n'est pas limitée à l'utilisation de capteurs CCD, mais
20 s'applique également, comme déjà indiqué, dans le cas de l'utilisation de capteurs CMOS ou SOC, et plus généralement, à tout type de système d'acquisition numérique de signal.

Un détecteur CCD se présente sous la forme d'un substrat de silicium, sur lequel est inscrite une matrice géométrique régulière de plusieurs milliers ou millions de zones
25 sensibles à la lumière, appelées photosites, qui capturent et stockent des informations d'image, sous la forme de charges électriques localisées, dont la valeur varie en fonction de l'intensité lumineuse incidente.

Plus précisément, les photosites formés sur le substrat de silicium convertissent l'énergie des photons incidents en charges électriques (électrons ou trous selon le
30 dopage du semiconducteur), ce qui entraîne la formation correspondante de paires

« électrons-trous » dans le réseau cristallin de silicium. Au rendement quantique prêt
une paire électron-trou est générée pour chaque photon absorbé, et la charge
résultante accumulée dans chaque pixel est donc proportionnelle au nombre de
photons incidents. Des tensions externes, appliquées sur les électrodes associées à
5 chaque pixel, forment des puits de potentiel dans lesquels sont stockées les charges
issues des photons incidents pendant un temps correspondant au temps d'exposition.

L'acquisition d'image s'articule donc autour de quatre étapes principales :

- il y a tout d'abord génération de charges électriques (électrons
et trous), par interaction des photons incidents avec les zones
10 photosensibles du détecteur ;
- les charges générées par la libération des électrons sont ensuite
collectées et stockées dans les puits de potentiels associés à
chaque pixel ;
- par application, sur le réseau d'électrodes du détecteur CCD, de
15 tensions appropriées (variation cyclique des tensions appliquées
qui forment les puits de potentiel), associées à un système
d'horloges, ces charges sont ensuite transférées, par
combinaison adaptée de décalages en parallèle et en série. Plus
précisément, les charges accumulées dans les pixels sont
20 décalées parallèlement ligne par ligne vers un registre de
transfert série qui permet de faire sortir en série chaque pixel de
la ligne présente dans ce registre. L'opération est ré-itérée
autant de fois que nécessaire pour faire sortir tous les pixels ;
- en sortie du registre de transfert série, les charges associées à
25 chaque pixel sont ensuite transférées une à une vers une chaîne
de traitement analogique, où elles sont tout d'abord converties
en tension (proportionnelle au nombre de charges dans la
capacité d'une diode « flottante ») puis amplifiées. La tension
obtenue en sortie de l'étage d'amplification alimente ensuite un
30 convertisseur analogique numérique (ADC), qui la convertit en

échantillon numérique. Chaque pixel se voit donc assigner une valeur numérique, correspondant à l'amplitude du signal lumineux incident, qui est mémorisée. Après filtrage, et lorsque tous les pixels ont été traités, l'image peut être affichée sur un écran du système d'acquisition.

On présente désormais, en relation avec la figure 1, un mode de réalisation d'un dispositif d'acquisition numérique selon l'invention. Un tel dispositif comprend, de façon classique, un capteur de type CCD ou CMOS référencé 10, une chaîne de traitement analogique référencée 11, réalisant notamment l'amplification des signaux, un convertisseur analogique numérique ADC référencé 12, et un filtre référencé 16, délivrant pour chaque pixel de l'image un échantillon numérique filtré associé. Dans le cas d'un capteur dit SOC, tout ou partie de la chaîne analogique et du convertisseur peut être intégrée au sein du même composant que le détecteur. Il s'agit là juste d'un niveau d'intégration supplémentaire.

Les échantillons numériques, obtenus en sortie du convertisseur ADC 12, sont affectés d'un facteur de bruit électronique, généré le long de la chaîne de traitement analogique référencée 11 et par le convertisseur ADC 12 lui-même.

On rappelle en outre qu'un signal lumineux de valeur moyenne S est également affecté d'un bruit associé, également appelé bruit photonique : $B_{S-rms} = \sqrt{S}$, avec $B_{S-rms} \approx 6 * B_{S-pp}$, où *rms* est l'acronyme de « root mean square » et *pp* est l'acronyme de « peak to peak ».

Il en résulte que, si l'on note $B_{acq-rms}$ le bruit électronique généré par le système d'acquisition, la valeur du bruit total affectant les échantillons numériques de signaux lumineux s'exprime sous la forme : $B_{tot-rms} = \sqrt{B_{acq-rms}^2 + B_{S-rms}^2}$.

Dans l'exemple de la figure 1, un premier échantillon numérique associé à un pixel du capteur 10 est délivré en sortie du convertisseur ADC 12. Cet échantillon numérique alimente un module référencé 13, qui estime, à partir de cet échantillon, la valeur moyenne du signal lumineux entrant, correspondant à la valeur moyenne S du signal lumineux, affecté de son bruit de signal associé et du bruit électronique, sommés quadratiquement.

A partir de cette valeur moyenne estimée, et d'une valeur seuil V_{th} de bruit électronique visée pour les échantillons numériques en sortie du filtre 16, le module référencé 13 détermine les paramètres PARAM référencés 14 à appliquer pour le filtre référencé 16. Ces paramètres PARAM 14 sont transmis au filtre 16. Ils conditionnent également un facteur de suréchantillonnage N à appliquer au signal.

En effet, à partir de la valeur moyenne estimée, il est possible de déterminer, en fonction de la valeur seuil V_{th} choisie, le suréchantillonnage approprié pour diminuer suffisamment, par filtrage 16, le bruit électronique, et ainsi passer sous les conditions de seuil.

Un module de suréchantillonnage xN référencé 15 pilote, d'une part, les horloges de la chaîne de traitement analogique 11 et du capteur 10, et d'autre part, la vitesse du convertisseur ADC 12, pour obtenir le suréchantillonnage souhaité de la tension analogique associé au pixel considéré.

Ainsi, le module de suréchantillonnage référencé 15 peut agir en augmentant la vitesse du convertisseur ADC 12 (dans la mesure où la vitesse par défaut du convertisseur est suffisamment lente pour pouvoir l'augmenter à la demande le cas échéant), pour obtenir davantage d'échantillons numériques du pixel en sortie du convertisseur, avant que la tension analogique associée au pixel suivant ne soit fournie en sortie de la chaîne analogique 11. Le facteur de suréchantillonnage que l'on peut obtenir de cette façon est bien sûr limité par la vitesse maximale du convertisseur ADC 12. En outre, l'augmentation de la vitesse du convertisseur ADC 12 peut également entraîner une augmentation du bruit électronique généré par ce composant.

A titre alternatif, ou en complément, le module de suréchantillonnage 15 peut également agir sur les horloges du capteur 10 et de la chaîne de traitement analogique 11, de façon à retarder suffisamment la mise à disposition de la tension analogique associée au pixel suivant, pour laisser le temps au convertisseur ADC 12 de délivrer N échantillons numériques du pixel courant. Dans ce cas de figure, le convertisseur peut être maintenu à vitesse d'échantillonnage constante, la variation du nombre d'échantillons N ne se faisant que sur la modulation des horloges qui pilotent le détecteur 10.

Les N échantillons numériques délivrés en sortie du convertisseur ADC 12 pour le pixel courant sont alors filtrés par le filtre référencé 16, qui, dans l'exemple de la figure 1, est un filtre moyennneur.

En considérant le bruit électronique comme blanc, un tel filtrage adaptatif
 5 moyennneur permet de réduire efficacement le bruit électronique affectant le signal. En effet, si l'on considère un pixel qui est suréchantillonné quatre fois (i.e. le convertisseur ADC 12 délivre quatre échantillons numériques pour ce pixel au lieu d'un unique échantillon), et dont les quatre échantillons numériques sont moyennés par le filtre moyennneur 16, alors le bruit électronique (i.e. l'incertitude) affectant l'échantillon
 10 numérique délivré en sortie du filtre 16, correspondant au résultat de la moyenne des quatre échantillons, sera $\sqrt{4} = 2$ fois moindre que le bruit électronique (i.e. l'incertitude) affectant l'un des échantillons numériques obtenus en sortie du convertisseur ADC 12, i.e. avant la moyenne opérée par le filtre 16.

De même, pour un pixel suréchantillonné d'un facteur seize, le bruit
 15 électronique résultant en sortie du filtre moyennneur 16 sera divisé par $\sqrt{16} = 4$.

Plus généralement, le bruit électronique blanc affectant un échantillon numérique représentatif d'un pixel sera divisé par $\sqrt{N}$, si l'on délivre N échantillons numériques pour ce pixel, et que le filtre 16 moyenne ensuite ces N échantillons.

Si l'on fixe le seuil V_{th} pour que le bruit électronique d'acquisition résultant après
 20 filtrage soit de deux fois inférieur au bruit associé au signal soit $B_{acqfiltré-rms} = \frac{B_{S-rms}}{2}$, alors la part du bruit électronique filtré dans le bruit total du système est d'environ 12 %.

$$\text{En effet : } B_{filt-rms} = \sqrt{B_{acqfiltré-rms}^2 + B_{S-rms}^2} = \sqrt{\left(\frac{B_{S-rms}}{2}\right)^2 + B_{S-rms}^2}$$

$$\sqrt{\frac{5}{4}} * B_{S-rms} \approx 1,12 * B_{S-rms}$$

Si, en revanche, l'on fixe le seuil V_{th} pour que le bruit électronique d'acquisition
 25 après filtrage soit quatre fois inférieur au bruit associé au signal, alors la part du bruit électronique filtré est inférieure à 3% du bruit total.

$$\text{En effet : } B_{filt-rms} = \sqrt{B_{acqfiltré-rms}^2 + B_{S-rms}^2} = \sqrt{\left(\frac{B_{S-rms}}{4}\right)^2 + B_{S-rms}^2}$$

$$\sqrt{\frac{17}{16}} * B_{S-rms} \approx 1,03 * B_{S-rms}$$

On notera que, dans un mode de réalisation de l'invention, le module référencé 13 estime la valeur du signal entrant à partir du premier échantillon délivré par le convertisseur ADC 12 pour chaque pixel du capteur 10.

La valeur de cet échantillon est proportionnelle au nombre de charges issues du signal lumineux collectées dans le pixel pendant la pose, augmentée de l'incertitude liée au bruit photonique et à celle liée au bruit électronique de la chaîne d'acquisition. Dans le cas de bruits blancs, ce dernier bruit (électronique) est à valeur moyenne nulle. En première approximation, on réduit l'estimation de la valeur moyenne du signal lumineux à la valeur de ce seul échantillon (affecté de ses incertitudes) qui permettra de déterminer le suréchantillonnage nécessaire pour atteindre le seuil V_{th} fixé. Par ailleurs il est nécessaire de connaître le bruit électronique d'acquisition dans le mode de lecture (CDS ou autres) non suréchantillonné du détecteur. Ce bruit électronique du système ($B_{acq-rms}$) est une mesure classique effectuée pour chaque système d'imagerie lors de sa conception. On note $\overline{B_{acq-rms}}^N$ (équivalent à $B_{acqfiltré-rms}$) la moyenne, issue du filtre moyenneur avec N échantillons, du bruit électronique de la chaîne d'acquisition. Si l'on veut un seuil de bruit d'acquisition à 3 % (comme dans l'exemple précédent) du bruit total, on doit donc avoir $\overline{B_{acq-rms}}^N = \frac{B_{S-rms}}{4}$. Or, on sait que pour un filtre moyenneur pur et en présence de bruit blanc : $\overline{B_{acq-rms}}^N = \frac{B_{acq-rms}}{\sqrt{N}}$ ce qui permet de déduire N : $N = 16 * \left(\frac{B_{acq-rms}}{B_{S-rms}} \right)^2 = 16 * \left(\frac{B_{acq-rms}}{\sqrt{S}} \right)^2 = 16 * \left(\frac{B_{acq-rms}^2}{S} \right)$.

Évidemment il convient de fixer une limite au rapport $\frac{B_{acq-rms}}{\sqrt{S}}$ pour les valeurs basses de S : par exemple (toujours dans le cas du seuil à 3%) lorsque le signal est suffisamment faible pour que $B_{acq-rms}$ soit 2 fois supérieur à B_{S-rms} alors $N=64$. Enfin N ne peut être inférieur à 1 et peut prendre toutes les valeurs entières entre 1 et le nombre max N_{max} défini par la limite max de $\frac{B_{acq-rms}}{\sqrt{S}}$.

Dans le cadre d'une méthode CDS, et comme mentionné précédemment dans ce document, la valeur de N peut tenir compte de l'évolution sur les pixels précédents (pour un détecteur avec un transfert série des pixels) de la ligne, sachant que les deux premiers pixels de la ligne ne pourront en prendre pleinement parti. De cette façon, on

peut suréchantillonner aussi le palier de référence et diminuer utilement (selon le seuil défini) sa contribution au bruit électronique par sa lecture. Les bruits de lecture résultant du CDS n'étant pas corrélés (ceux qui le sont seront éliminés lors de la soustraction), ils s'ajoutent quadratiquement ; étant égaux en amplitude, on a donc un

5 rapport $\sqrt{2}$ dans les calculs de l'exemple précédent.

La valeur de N étant déterminée, on procède à un suréchantillonnage et à un filtrage correspondant, pixel par pixel, de sorte que le traitement de l'invention est un traitement que l'on pourrait qualifier d'intra-pixel (au contraire par exemple de la méthode connue sous le nom de « pixel binning », qui consiste à combiner plusieurs

10 pixels entre eux pour en faire un super pixel, qui présente la charge de signal cumulée des pixels associés et un bruit de lecture correspondant seulement à un pixel. Selon cette technique de « pixel binning », on augmente donc d'autant le rapport SNR, au détriment de la résolution et de la dynamique). Le filtrage adaptatif de l'invention permet avantageusement d'augmenter le SNR sans réduire la dynamique et sans réduire

15 la résolution de l'image.

A titre de variante, on peut également envisager, non pas de travailler au niveau du pixel, mais d'un groupe de pixels, et de calculer un facteur de suréchantillonnage à appliquer pour l'ensemble des pixels de ce groupe.

On notera également qu'à vitesse du convertisseur ADC 12 constante, la

20 modification du facteur de suréchantillonnage de la tension analogique associée à un pixel influence directement la vitesse globale d'acquisition de l'image. En modifiant en temps réel le paramètre du nombre d'échantillons à traiter par pixel en fonction de la valeur seuil du rapport bruit électronique résultant sur bruit associé au signal, on garantit, à chaque instant, l'optimum entre la vitesse de lecture (i.e. d'acquisition du

25 signal) et le niveau de bruit électronique de lecture désiré.

La figure 2 illustre sous forme de schéma synoptique les différentes étapes du procédé d'acquisition numérique de signal mis en œuvre dans le dispositif décrit ci-avant en relation avec la figure 1.

Au cours d'une première étape ACQ référencée 20, on acquière un signal analogique, représentatif par exemple d'une image. Une telle étape d'acquisition peut être mise en œuvre au moyen d'un capteur CCD ou CMOS.

5 Au cours d'une étape ADC référencée 21, le signal analogique acquis fait l'objet d'une conversion analogique numérique. A partir de l'échantillon numérique obtenu à l'issue de l'étape ADC 21, on estime la valeur du signal analogique entrant, au cours d'une étape ESTIM. S référencée 22. Connaissant cette valeur estimée S, et une valeur seuil de bruit électronique V_{th} à ne pas dépasser, on détermine au cours d'une étape référencée 23 un facteur de suréchantillonnage N du signal analogique obtenu à l'issue
10 de l'étape d'acquisition 20.

L'étape de conversion ADC 21 est alors répétée N fois, de façon à obtenir N échantillons numériques du signal, qui font ensuite l'objet d'une étape de filtrage FILTRE 24.

15 A l'issue de cette étape de filtrage 24, on obtient un échantillon numérique filtré du signal analogique d'entrée, dans lequel l'influence du bruit électronique a été réduite.

L'invention décrite dans le présent document permet, en plus d'assurer à tout moment l'optimum entre rapport signal sur bruit et vitesse d'acquisition, une économie sensible en moyens (le plus souvent en composants) de filtrage et en traitements
20 appliqués sur le parcours du signal lors de son acquisition. En effet, grâce à l'invention, la réduction du bruit peut n'être prise en compte que quand cela est nécessaire.

REVENDICATIONS

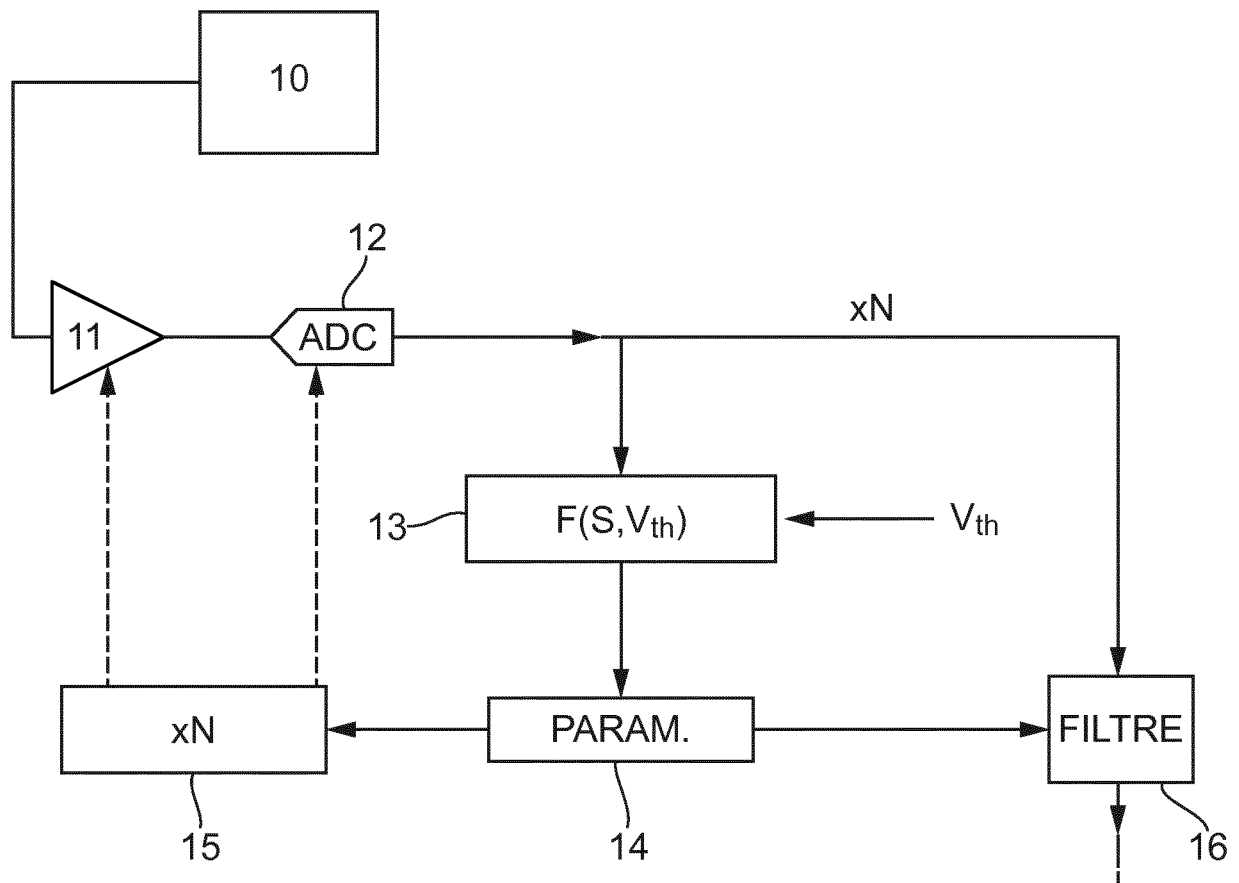
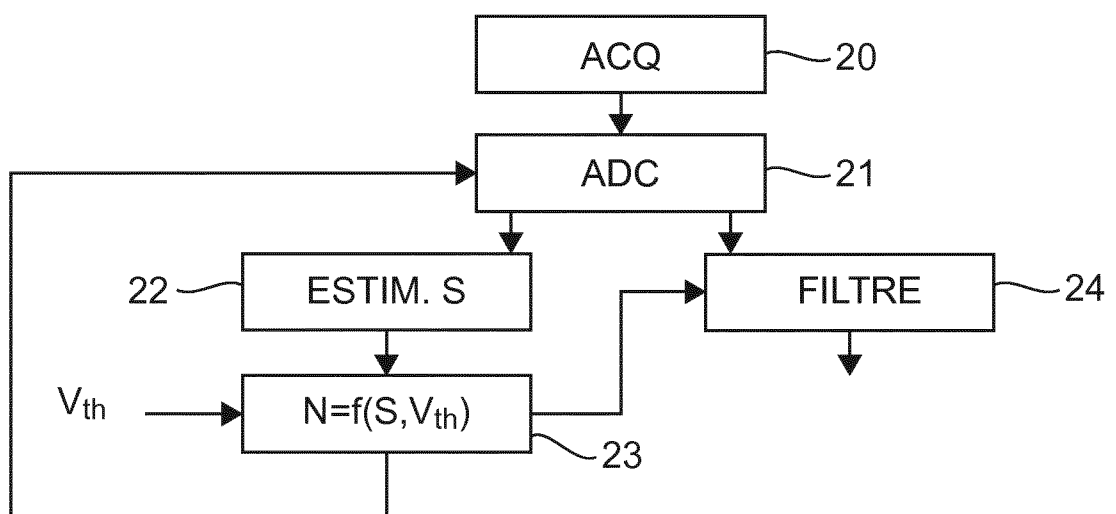
1. Dispositif d'acquisition numérique d'un signal représentatif d'une image comprenant une pluralité de pixels, comprenant un capteur (10) de signal analogique, et un convertisseur analogique numérique (12) délivrant des échantillons numériques dudit signal analogique,
5 caractérisé en ce qu'il comprend :
 - des moyens (13) d'estimation d'une valeur dudit signal analogique à partir d'un échantillon numérique d'un pixel de ladite image ;
 - des moyens (14) de détermination d'un facteur N de suréchantillonnage dudit
10 signal analogique à partir de ladite valeur estimée et d'un seuil prédéterminé de bruit électronique où N est un nombre entier supérieur ou égal à 1 ;
 - des moyens (15) de suréchantillonnage dudit signal analogique dudit facteur N activés si $N > 1$;
 - des moyens de filtrage (16) de N échantillons numériques dudit signal
15 analogique délivrés par ledit convertisseur analogique numérique (12) pour ledit pixel activés si $N > 1$.
2. Dispositif d'acquisition numérique selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit seuil prédéterminé de bruit électronique est un seuil d'un rapport, en sortie desdits moyens de filtrage, dudit bruit électronique sur un bruit associé audit signal.
- 20 3. Dispositif d'acquisition numérique selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que lesdits moyens de filtrage comprennent un filtre moyennneur desdits N échantillons numériques dudit signal analogique.
4. Dispositif d'acquisition numérique selon la revendication 3, caractérisé en ce que ledit filtre moyennneur est pondéré avec des coefficients de pondération modulés en
25 fonction d'un taux de corrélation desdits échantillons entre eux.
5. Dispositif d'acquisition numérique selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que lesdits moyens de filtrage déterminent une médiane desdits N échantillons.

6. Dispositif d'acquisition numérique selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que lesdits moyens de suréchantillonnage (15) pilotent une vitesse dudit convertisseur analogique numérique (12).
7. Dispositif d'acquisition numérique selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 6, caractérisé en ce que lesdits moyens de suréchantillonnage pilotent une fréquence de sortie dudit signal analogique dudit capteur.
8. Dispositif d'acquisition numérique selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que, pendant la lecture d'un pixel, ledit signal analogique prenant une première valeur correspondant à un palier de référence, et au moins une deuxième 10 valeur correspondant à un palier de signal, lesdits moyens d'estimation et de détermination sont activés pour un échantillon numérique de ladite deuxième valeur correspondant à un palier de signal.
9. Dispositif d'acquisition numérique selon la revendication 8, caractérisé en ce que, pour un pixel de rang $p+1$, lesdits moyens de suréchantillonnage sont aptes à 15 suréchantillonner ledit signal analogique correspondant audit palier de référence d'un facteur N' déterminé en fonction d'une variation dudit signal analogique sur au moins deux pixels précédents de rangs p et inférieur.
10. Procédé d'acquisition numérique d'un signal représentatif d'une image comprenant une pluralité de pixels, comprenant :
- 20 - une étape (20) d'acquisition d'un signal analogique ;
- une étape (21) de conversion analogique numérique délivrant des échantillons numériques dudit signal analogique ;
- caractérisé en ce qu'il comprend, pour un pixel de ladite image :**
- 25 - une étape (22) d'estimation d'une valeur dudit signal analogique à partir d'un échantillon numérique associé audit pixel ;
- une étape (23) de détermination d'un facteur N de suréchantillonnage dudit signal analogique à partir de ladite valeur estimée et d'un seuil prédéterminé de bruit électronique, où N est un nombre entier supérieur ou égal à 1 ;
- si $N > 1$, une étape de suréchantillonnage dudit signal analogique dudit facteur N ;

- si $N > 1$, une étape (24) de filtrage de N échantillons numériques dudit signal analogique associés audit pixel.

11. Produit programme d'ordinateur comprenant des instructions de code de programme pour la mise en œuvre des étapes du procédé selon la revendication 10
5 lorsque ledit programme est exécuté par un processeur.

1/1

Fig. 1Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/053551

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H03M1/08

ADD. H03M1/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H03M H04N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, COMPENDEX, INSPEC, IBM-TDB

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 7 345 607 B1 (FRIGAARD MARK A [US] ET AL) 18 March 2008 (2008-03-18) figures 1,2 column 1, lines 53-59 column 3, line 59 - column 4, line 12 column 4, lines 14-25 column 4, lines 61-64	1-11
A	US 2012/211662 A1 (SHIMIZUKAWA SHOU [JP] ET AL) 23 August 2012 (2012-08-23) paragraphs [0014], [0015]; figure 3	1,10
A	US 2009/289824 A1 (CHEN KUO-HSIN [TW]) 26 November 2009 (2009-11-26) the whole document	1-11
	----- -/-	



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

3 June 2015

Date of mailing of the international search report

10/06/2015

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Galardi, Leonardo

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/053551

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	"IMPROVING ADC RESOLUTION BY OVERSAMPLING AND AVERAGING", 31 July 2013 (2013-07-31), pages 1-22, XP055151579, Retrieved from the Internet: URL:https://www.silabs.com/Support Documents/TechnicalDocs/an118.pdf [retrieved on 2014-11-07] the whole document -----	1-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2015/053551

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 7345607	B1	18-03-2008	NONE	

US 2012211662	A1	23-08-2012	JP 2012175396 A	10-09-2012
			US 2012211662 A1	23-08-2012

US 2009289824	A1	26-11-2009	TW 200950352 A	01-12-2009
			US 2009289824 A1	26-11-2009

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2015/053551

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H03M1/08 ADD. H03M1/12		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) H03M H04N		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data, COMPENDEX, INSPEC, IBM-TDB		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 7 345 607 B1 (FRIGAARD MARK A [US] ET AL) 18 mars 2008 (2008-03-18) figures 1,2 colonne 1, ligne 53-59 colonne 3, ligne 59 - colonne 4, ligne 12 colonne 4, ligne 14-25 colonne 4, ligne 61-64 -----	1-11
A	US 2012/211662 A1 (SHIMIZUKAWA SHOU [JP] ET AL) 23 août 2012 (2012-08-23) alinéas [0014], [0015]; figure 3 -----	1,10
A	US 2009/289824 A1 (CHEN KUO-HSIN [TW]) 26 novembre 2009 (2009-11-26) le document en entier ----- -/-	1-11
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 3 juin 2015		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 10/06/2015
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Galardi, Leonardo

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	"IMPROVING ADC RESOLUTION BY OVERSAMPLING AND AVERAGING", 31 juillet 2013 (2013-07-31), pages 1-22, XP055151579, Extrait de l'Internet: URL:https://www.silabs.com/Support Documents/TechnicalDocs/an118.pdf [extrait le 2014-11-07] le document en entier -----	1-11

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2015/053551

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 7345607	B1	18-03-2008	AUCUN	

US 2012211662	A1	23-08-2012	JP 2012175396 A	10-09-2012
			US 2012211662 A1	23-08-2012

US 2009289824	A1	26-11-2009	TW 200950352 A	01-12-2009
			US 2009289824 A1	26-11-2009
