



## (12) FASCICULE DE BREVET

- (11) N° de publication : **MA 34266 B1** (51) Cl. internationale : **G06T 1/00**  
(43) Date de publication : **01.06.2013**

- 
- (21) N° Dépôt : **34306**  
(22) Date de Dépôt : **26.10.2011**  
(71) Demandeur(s) : **MAScIR (Moroccan Foundation for Advanced Science, Innovation & research), 303 Business Center Technopolis RABATSHORE 11000 RABAT-SALE (MA)**  
(72) Inventeur(s) : **Noredine KACHKACHI ; François BOURZEIX ; Andronic BONARIJESY ; Zakaria RUICHEK**  
(74) Mandataire : **MOHAMMED EL AMRANI**

---

(54) Titre : **CONCEPTION D'UN SYSTEME EMBARQUE ELECTRONIQUE MULTIFONCTIONS POUR MULTI-CAMERAS.**

(57) Abrégé : LE SYSTÈME INTITULÉ « CARTE ÉLECTRONIQUE MULTI CAMÉRA ET MULTIFONCTIONS » EST UNE CARTE ÉLECTRONIQUE QUI SERT À L'ACQUISITION PARALLÈLE DE 4 FLUX VIDÉO PROVENANT DE 4 CAMERAS NUMÉRIQUES EXTERNES. LES VIDÉOS REÇUES ONT LA QUALITÉ HD AVEC LA TECHNOLOGIE 3D ET DÉBIT D'IMAGES SUPÉRIEUR À 30FPS. LE SYSTÈME HÉBERGE UNE PUCE DE TYPE ASIC DE LA CATÉGORIE DES APPLICATIONS PROCESSOR « APE » QUI SERT À GÉRER ET À TRAITER LES 4 FLUX VIDÉO QUI PROVIENNENT DES CAMÉRAS. LE TRAITEMENT D'IMAGES EST ASSURÉ PAR LES DSP DE L'APE ET PAR UNE FPGA HAUTE DE GAMME QUI SERT À IMPLÉMENTER LES ALGORITHMES DÉDIÉS À L'AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ D'IMAGES. LE SYSTÈME COMMUNIQUE AVEC LE MONDE EXTÉRIEUR AVEC UNE PANOPLIE D'INTERFACES DE DERNIÈRES GÉNÉRATIONS TELLES QUE LES INTERFACES SÉRIE TRÈS HAUT DÉBIT, PARALLÈLES ET SANS FIL. LES VIDÉOS PEUVENT ÊTRE AFFICHÉES SUR DES ÉCRANS LCD OU ENVOYÉES VERS D'AUTRES PÉRIPHÉRIQUES POUR AFFICHAGE OU ENREGISTREMENT. LE SYSTÈME POSSÈDE UNE AUTONOMIE EN ÉNERGIE ÉLECTRIQUE AINSI QU'UNE GRANDE OPTIMISATION DE LA PUISSANCE.

## **4. ABREGE TECHNIQUE DE L'INVENTION**

Le système intitulé « Carte électronique multi caméra et multifonctions » est une carte électronique qui sert à l'acquisition parallèle de 4 flux vidéo provenant de 4 cameras numériques externes. Les vidéos reçues ont la qualité HD avec la technologie 3D et débit d'images supérieur à 30fps. Le système héberge une puce de type ASIC de la catégorie des applications processor « APE » qui sert à gérer et à traiter les 4 flux vidéo qui proviennent des caméras. Le traitement d'images est assuré par les DSP de l'APE et par une FPGA haute de gamme qui sert à implémenter les algorithmes dédiés à l'amélioration de la qualité d'images. Le système communique avec le monde extérieur avec une panoplie d'interfaces de dernières générations telles que les interfaces série très haut débit, parallèles et sans fil.

Les vidéos peuvent être affichées sur des écrans LCD ou envoyées vers d'autres périphériques pour affichage ou enregistrement.

Le système possède une autonomie en énergie électrique ainsi qu'une grande optimisation de la puissance.

34266  
01 JUN 2013

**1. DESCRIPTION DE L'INVENTION**

**1.1. DOMAINE DE LA TECHNIQUE**

L'invention consiste dans l'architecture, la conception hardware et software et la validation d'un système électronique embarqué pour multi cameras numériques hautes résolution et multi usage. Le système contient entre autre une FPGA haut de gamme, un « application processor » appelé APE de dernière génération ainsi que d'autres composants standards. Le rôle du système est d'assurer des acquisitions vidéo parallèles et d'effectuer un ensemble de traitements numériques des images et des vidéos acquises, en implémentant sur l'FPGA ou sur l'application processor intégrés des algorithmes évolués et poussés dans le traitement d'images et données .

Le domaine de l'invention correspond à l'architecture, au design Hardware, au développement software et à la validation d'un système embarqué pour multi-cameras numériques. Le système en question s'agit d'une carte électronique (circuit imprimé PCB) qui contient une FPGA, un microcontrôleur et un ensemble de mémoires.

**1.2. ETAT DE LA TECHNIQUE**

Au cours des dernières années, la communauté microélectronique s'est énormément intéressée à la conception et au développement des systèmes embarqués dédiés à des caméras miniaturisées. L'objectif majeur visé par cette communauté est la réduction du poids, de la consommation électrique des caméras ainsi que la diminution des coûts de production de ces dernières, tout cela grâce à la miniaturisation, à la simplification de ces systèmes et à l'augmentation de leur volume de production. Cette logique de miniaturisation permet de proposer des caméras dites grand "public" contribuant à générer des applications industrielles très prometteuses. Parmi ces applications, on trouve la téléphonie mobile, les ordinateurs portables, l'imagerie médicale, l'industrie automobile, etc. Le système en question a été intégralement conçu, développé et prototypé au Maroc au sein de la fondation MAScIR. Les boards pour micro cameras actuels ne disposent pas d'une plateforme complète de HW et SW

NK

qui permettent d'effectuer des applications vidéo sophistiquées telles que les *processing* 3D en full HD ainsi que des algorithmes de traitement d'images pour valider et améliorer la qualité d'image des module de micro-caméra.

## **1.3. IDENTIFICATION**

### **1.3.1. DEFINITION DE L'INVENTION**

L'invention consiste dans la réalisation d'un système embarqué multifonctions sous forme de carte électronique qui assure la gestion parallèle de multi-caméras numériques à haute résolution et qui permet l'exécution d'algorithmes évolués de traitement numérique des données.

La carte réalisée comporte un microprocesseur haut de gamme qui permet la gestion parallèle de flux vidéo en 3D et full HD. C'est un système complet pour des applications vidéo complexes et d'un haut niveau de qualité telles que les traitements numériques d'images qui tournent sur des DSP dédiés ou sur une FPGA à grandes performances.

La solution proposée est d'intégrer sur un même système embarqué toutes les fonctionnalités nécessaires pour faire du traitement numérique de la vidéo pour les applications mobiles ou fixes telle que la vidéo surveillance, la domotique,...

La solution est réalisée par la combinaison d'un application processor (APE) de dernière génération avec une FPGA de haut de gamme et un certain nombre de fonctionnalités accessoires telles que les mémoires, la batterie,

La partie matérielle ou hardware du système se compose entre autre d'une FPGA haut de gamme, d'un microcontrôleur appelé « Application processor » de dernière génération, en plus d'un certain nombre d'éléments et de composants standards comme les mémoires, les composants passifs,...

La partie logicielle ou software du système se compose d'un ensemble d'IPs VHDL mappées sur FPGA, d'un certain nombre d'algorithmes de traitement numérique de données qui s'exécutent sur FPGA ou sur Microcontrôleur (l'APE) et d'un ensemble de programmes software comme, le firmware du microcontrôleur ainsi que les drivers du système tout entier.

WZ

Le système interagit avec le monde extérieur avec une panoplie d'interfaces standards de transfert de vidéo et de données numériques filaires ou sans fil, tels que le HDMI, le USB 3.0, Wifi, Bluetooth, RFID,...

La partie matérielle ou hardware du système se compose de :

- **Une carte électronique** : C'est un PCB double face SMT multicouches à haute définition d'intégration (HDI PCB).
- **Une FPGA** : C'est un composant électronique programmable qui sert à implémenter les algorithmes de traitements d'images et de flux vidéo reçues par les micro-caméras branchées sur la carte. L'FPGA intègre toutes les fonctionnalités vidéo qui y sont codée sous forme de bloc RTL (VHDL).L'architecture de l'FPGA est composée d'un ensemble d'IPS (Blocs) numériques pour le
- **Un microcontrôleur (APE)** : C'est un composant électronique programmable qui sert à implémenter les algorithmes de traitements d'images et de vidéos .L'APE permet de gérer jusqu'à 4 flux vidéo en parallèle. Les différents traitements effectués sur les vidéos et les images sont :
  - o Capture vidéo et image avec une très haute qualité (en dessus de 12 Megapixels en 3D)
  - o Traitements numérique 1080p en 3D
  - o Applications graphique 3D pour jeux et GUI
  - o Capture vidéo parallèle de 4 caméras avec des interfaces parallèle ou série (MIPI)
  - o Dispose de toutes les nouvelles interfaces haute vitesse : HDMI 1.4a, USB 3.0, MIPI® LLI, CSI-2, CPI, WIFI, G4, HD Wireless ...
  - o Un large éventail d'interfaces avec périphériques : UART, HSIC, SPI, LLI, MIPI, HSI,...
  - o Un ensemble de mémoires : Flash, DDR3, DDR2, SDRAM,...
  - o Autonomie d'alimentation grâce à une batterie
  - o Applications temps réel
  - o Support complet de Linux (Androïde)
- **Les mémoires** : Le système comporte un certain nombre de mémoires intégrées et amovibles telles que :
  - o Mémoires DDR3 pour les applications de l'APE

- Mémoire SDRAM/DDR2 pour les applications qui tournent sur FPGA
  - Compatibilité avec des mémoires externes telles que les SD, SSD, eMMC,....
  - Mémoires Flash et EEPROM pour sauvegarder les binaires de l’FPGA et de l’APE
- **Interfaces et périphériques:** Le système comporte un certain nombre d’interfaces standards qui lui permettent de communiquer avec tous les types de périphérique du monde extérieur :
- Equipements dotés d’une interface USB3.0 ou USB2.0, tels que PC, caméscopes, ....
  - Périphériques qui disposent des interfaces série conventionnelles telles qu’UART, SPI, I2C, McBSP, SDIO...
  - Les modules vidéo numérique requérant une large bande passante et qui disposent des interfaces appropriées telles que : MIPI, CSI-2, CPI, HDMI,...
  - Modules de saisie et d’interface avec l’utilisateur : Clavier, IrdA, Ecran Tactile, GPIO,...

La partie logicielle ou software du système se compose de :

- Un ensemble d’IPs ou blocs VHDL numériques qui peuvent être synthétisés sur l’FPGA du PCB. Les IPS majeures concernées sont :
  - ISP : Sert à effectuer un certain nombre de conversions et traitements sophistiqués de la vidéo reçue du capteur CMOS ou CCD. Les conversions effectuées sont : la conversion programmable des formats des couleurs (RGB, YCrCb,...), la conversion des formats vidéo (MIPI, parallèle,...) Ces traitements sont : La correction et l’interpolation de la couleur, la correction des défauts de la lentille, l’amélioration des contours, la correction gamma, la réduction du bruit, l’auto exposition(AE), l’auto white balance (AWB), la correction automatique du flicker, et la correction automatique des défauts (Deblurring,...)
  - SCALER : Le scaler sert à modifier la résolution d’entrée et de l’adapter à la destination.

- DEI : Le DEI (De-interlaceur et interlaceur) sert à changer le type de la vidéo du progressif à l'entrelacé (Fonction Inter laceur) ou de l'entrelacé au progressif (Fonction De-Interlaceur).
- FRC : Le « Frame Rate Converter » est un bloc VHDL conçu pour recevoir un flux vidéo provenant d'une source vidéo avec une résolution donnée (VGA, XGA, HD UHD, ...) et un débit d'images donnée (images par seconde).les trames reçues sont ensuite envoyés à une SDRAM externe et lue afin d'être envoyé à la destination avec une cadence donnée. La résolution de l'image reste inchangée
- Un firmware qui sert pour faire la configuration et la programmation du système hardware tels que les programmes de boot, de configuration des registres, des descripteurs, des cameras,...
- Un ensemble de softwares et de drivers de la carte et des composants .

## **1.4. DESCRIPTION DES DESSINS ET MODES DE REALISATION**

### **1.4.1. DESCRIPTION DES DESSINS (FIG 1)**

Le dessin de la FIG 1 (Architecture du système) décrit le système qui fait l'objet de l'invention, ses sous-blocs ainsi que son environnement. Les différentes parties mentionnées sur le dessin sont :

- Application processor (APE) : Bloc (1). Il sert pour implémenter l'ensemble des algorithmes temps réels pour traitement numérique parallèles des données.
- FPGA: Bloc (2). Elle sert pour implémenter l'ensemble des IPs VHDL qui réalisent les fonctions et algorithmes de traitement numérique d'images et de données.
- Module Wireless : Bloc (3). Il assure les communications sans fil entre le système et l'extérieur.
- Configuration device : Bloc (4). Mémoire flash pour stocker le binaire de l'FPGA.
- Main Battery : Bloc (5). Il sert pour assurer l'autonomie du système.
- LCD Display : Bloc (6). Ecran LCD pour affichage numériques des données.
- SDRAM : Bloc (7). Une mémoire SDRAM externe.

N/K

- DDR3 : Bloc (8). Une mémoire de type DDR3.
- Flash : Bloc (9). Une mémoire flash.
- Daughter-boards : blocs (10), (11), (15) : Ensemble de carte filles compatibles avec le système. Elles contiennent les senseurs.
- Senseurs : Blocs (12), (13), (14). Ensemble des senseurs vidéo numériques.

## 1.4.2. MODES DE REALISATION

Les différents lots de travaux pour la réalisation de ce système sont résumés ci-dessous :

- Conception et fabrication de la carte de circuits imprimés (PCB pour Printed Circuit Board).
- Développement, Synthèse et implémentation sur FPGA du traitement des données fournies par la micro-caméra.
- Développement du firmware et software pour le microprocesseur.
- Développement d'un logiciel constitué de deux éléments : programmes informatiques et Interface graphique utilisateur.
- Validation du fonctionnement du système développé.

L'invention consiste en un système embarqué (carte électronique) qui sert à exploiter le flux vidéo d'un ensemble de micro-caméras qui peuvent débiter en parallèle et qui peuvent atteindre des niveaux de résolution élevée avec des débits consistants (plus de 30 Images par seconde).

Les fonctionnalités permises sont :

- Capture vidéo et image avec une très haute qualité (en dessus de 12 Megapixels en 3D)
- Traitements numérique 1080p en 3D
- Applications graphique 3D pour jeux et GUI
- Capture vidéo parallèle de 4 caméras avec des interfaces parallèle ou série (MIPI)
- Dispose de toutes les nouvelles interfaces haute vitesse : HDMI 1.4a, USB 3.0, MIPI® LLI, CSI-2, CPI, WIFI, G4, HD Wireless ...
- Un large éventail d'interfaces avec périphériques : UART, HSIC, SPI, LLI, MIPI, HSI,...
- Un ensemble de mémoires : Flash, DDR3, DDR2, SDRAM,...
- Autonomie d'alimentation grâce à une batterie



- Applications temps réel
- Support complet de Linux (Android)

## **2. APPLICATIONS INDUSTRIELLES**

Le système permet de récupérer des flux vidéos parallèles provenant de plusieurs cameras externes. Le système est compatible avec un grand nombre de types de cameras qui peuvent être branchées via des interfaces vidéo série ou parallèle (CS-3, CPI, MIPI,...). Les vidéos parallèles peuvent être visualisées sur PC ou sur écrans LCD amovibles.

La carte sert à visualiser des flux vidéo en technologie 3D et permet tout les processing de 3D tels que la détection de mouvement, jeux 3D...

Le système sert à faire des traitements numériques d'image d'un haut niveau de qualités grâce aux algorithmes de traitement numérique d'images implémentés sur le FPGA et sur le microcontrôleur.

Les domaines d'application industrielle sont très vastes : la vidéo mobile, transfert de vidéo sans fil, vidéo grand publique, vidéosurveillance, robotique et machine industrielles,....

### 3. REVENDEICATIONS

Les revendications relatives au brevet sont :

Système embarqué multifonctions sous forme de carte électronique qui assure la gestion parallèle de multi-caméras numériques à haute résolution et qui permet l'exécution d'algorithmes évolués de traitement numérique des données.

Le système se compose de :

- Une partie matérielle ou hardware qui se compose entre autre d'une FPGA, d'un microcontrôleur appelé « Application processor », en plus d'un certain nombre d'éléments et de composants standards comme les mémoires, les composants passifs,...
- Une partie logicielle ou software qui se compose d'un ensemble d'IPs VHDL mappées sur FPGA, d'un certain nombre d'algorithmes de traitement numérique de données qui s'exécutent sur FPGA ou sur Microcontrôleur (l'APE) et d'un ensemble de programmes software comme, le firmware du microcontrôleur ainsi que les drivers du système tout entier
- Firmware UVC pour le contrôleur USB 2.0.
- Une interface GUI pour contrôler le setting des registres « on the fly » du senseur
- Le système interagit avec le monde extérieur avec une panoplie d'interfaces standards de transfert de vidéo et de données numériques filaires ou sans fil, tels que le HDMI, le USB 3.0, Wifi, Bluetooth, RFID.

1) Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que la partie matérielle se compose de :

- **Une carte électronique** : C'est un PCB double face SMT multicouches (HDI PCB).
- **Une FPGA** : C'est un composant électronique programmable qui sert à implémenter les algorithmes de traitements d'images et de flux vidéo reçues par les micro-caméras branchées sur la carte. L'FPGA intègre toutes les fonctionnalités vidéo qui y sont codée sous forme de bloc RTL (VHDL).L'architecture de l'FPGA est composée d'un ensemble d'IPS (Blocs) numériques pour le
- **Un microcontrôleur (APE)** : C'est un composant électronique programmable qui sert à implémenter les algorithmes de traitements d'images et de vidéos .L'APE

permet de gérer jusqu'à 4 flux vidéo en parallèle. Les différents traitements effectués sur les vidéos et les images sont :

- Capture vidéo et image avec une très haute qualité (en dessus de 12 Megapixels en 3D)
  - Traitements numérique 1080p en 3D
  - Applications graphique 3D pour jeux et GUI
  - Capture vidéo parallèle de 4 caméras avec des interfaces parallèle ou série (MIPI)
  - Dispose de toutes les nouvelles interfaces haute vitesse : HDMI 1.4a, USB 3.0, MIPI® LLI, CSI-2, CPI, WIFI, G4, HD Wireless , bluetooth.
  - Un large éventail d'interfaces avec périphériques : UART, HSIC, SPI, LLI, MIPI, HSI,...
  - Un ensemble de mémoires : Flash, DDR3, DDR2, SDRAM,...
  - Autonomie d'alimentation grâce à une batterie
  - Applications temps réel
  - Support complet de Linux (Androïde)
- **Les mémoires :** Le système comporte un certain nombre de mémoires intégrées et amovibles telles que :
- Mémoires DDR3 pour les applications de l'APE
  - Mémoire SDRAM/DDR2 pour les applications qui tournent sur FPGA
  - Compatibilité avec des mémoires externes telles que les SD, SSD, eMMC,....
  - Mémoires Flash et EEPROM pour sauvegarder les binaires de l'FPGA et de l'APE
- **Interfaces et périphériques:** Le système comporte un certain nombre d'interfaces standards qui lui permettent de communiquer avec tous les types de périphérique du monde extérieur :
- Equipements dotés d'une interface USB3.0 ou USB2.0, tels que PC, caméscopes, ....
  - Périphériques qui disposent des interfaces série conventionnelles telles qu'UART, SPI, I2C, McBSP, SDIO...

- Les modules vidéo numérique requérant une large bande passante et qui disposent des interfaces appropriées telles que : MIPI, CSI-2, CPI, HDMI,...
  - Modules de saisie et d'interface avec l'utilisateur : Clavier, IrDA, Ecran Tactile, GPIO,...
- 2) Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que le logiciel ou le logiciel du système se compose de :
- Un ensemble d'IPs ou blocs VHDL numériques qui peuvent être synthétisés sur l'FPGA du PCB. Les IPS majeures concernées sont :
    - ISP : Sert à effectuer un certain nombre de conversions et traitements sophistiqués de la vidéo reçue du capteur CMOS ou CCD. Les conversions effectuées sont : la conversion programmable des formats des couleurs (RGB, YCrCb,...), la conversion des formats vidéo (MIPI, parallèle,...) Ces traitements sont : La correction et l'interpolation de la couleur, la correction des défauts de la lentille, l'amélioration des contours, la correction gamma, la réduction du bruit, l'auto exposition(AE), l'auto white balance (AWB), la correction automatique du flicker, et la correction automatique des défauts (Deblurring,...)
    - SCALER : Le scaler sert à modifier la résolution d'entrée et de l'adapter à la destination.
    - DEI : Le DEI (De-interlaceur et interlaceur) sert à changer le type de la vidéo du progressif à l'entrelacé (Fonction Inter lacement) ou de l'entrelacé au progressif (Fonction De-Interlaceur).
    - FRC : Le « Frame Rate Converter » est un bloc VHDL conçu pour recevoir un flux vidéo provenant d'une source vidéo avec une résolution donnée (VGA, XGA, HD UHD, ...) et un débit d'images donnée (images par seconde). Les trames reçues sont ensuite envoyées à une SDRAM externe et lue afin d'être envoyée à la destination avec une cadence donnée. La résolution de l'image reste inchangée
  - Un firmware qui sert pour faire la configuration et la programmation du système hardware tels que les programmes de boot, de configuration des registres, des descripteurs, des cameras,...

*nk*

- Un ensemble de softwares et de drivers de la carte et des composants.
- 3) Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que, l'architecture du système et de la carte imprimée et le choix technique des différents composants garantissent une grande performance et une généricité et une évolutivité optimales.
- 4) Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que, la conception PCB de la carte est faite selon les standards et normes IPC à haute définition d'intégration. C'est une carte SMT, double face, miniaturisée.
- 5) Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que, le système support des applications multi caméras HD, 3D et multifonctionnelles, avec des unités de processing et des interfaces de dernières générations.
- 6) Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que, il contient un firmware UVC USB 2.0 pour le contrôleur USB.
- 7) Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que, il contient une interface GUI pour contrôler à la volée les settings des registres internes du senseur.
- 8) Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que, le système intègre tout les développements HW associé qui s'agit du code VHDL implémenté dans l'FPGA des différentes IPs et qui servent à assurer la fonctionnalité du système
- 9) Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que, le système intègre tout les algorithmes de traitement d'images qui sont implémentés sur les DSP du système ou sur FPGA

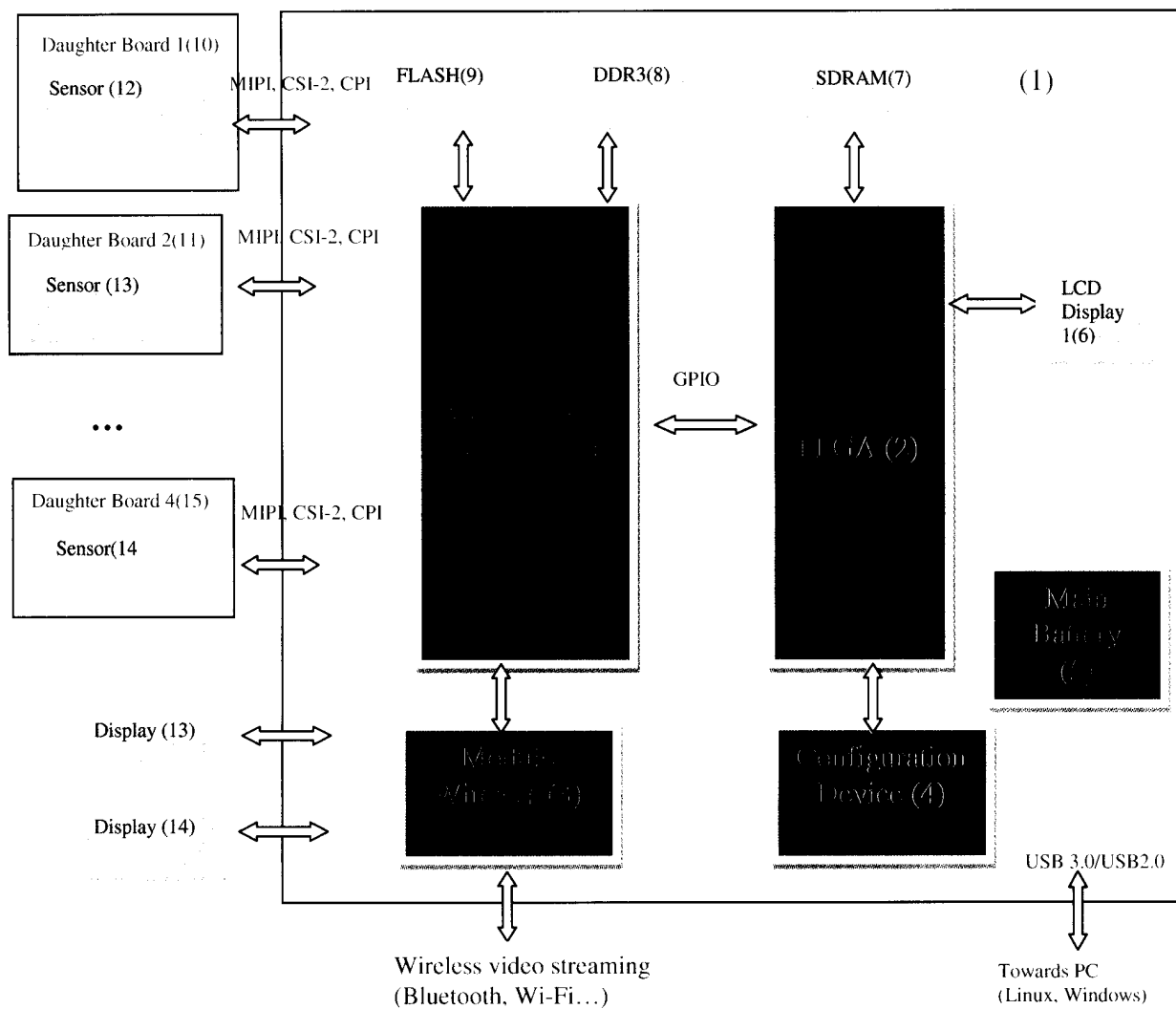


Figure 1

Nik