

Conception d'un interphone vidéo sans fils : Convergence système numérique et réseau

F. Nouvel, Etudiants 4ESC0708 : Florian BARBIER, Mathieu BRAU, Sylvain GUIVARCH', Jean PAGNY, Nicolas PLANTIS, Maxime ROUSSEL, Nicolas VETEL.

<Fabienne.nouvel@insa-rennes.fr>

IETR- INSA de Rennes, 20 Avenue des Buttes de Coesmes, 35043 Rennes

Résumé : Cet article traite de la réalisation d'un interphone vidéo sans fils dans la bande 2.4 GHz. Le système réalisé est composé de deux ensembles :

- Une première partie **Emetteur** constituée d'une caméra et d'un micro connectés au modulateur et placés en extérieur. Elle permet à l'utilisateur d'appeler la personne résidant dans la maison.
- La deuxième partie **Récepteur** située in indoor, constituée du démodulateur 2.4 GHz et du traitement vidéo effectué sur une carte DE2 en numériqu2. Celle-ci est connectée à un afficheur TFT.

L'objectif de ce projet est d'évaluer les possibilités offertes par le module d'émission/réception à 2,4 GHz ainsi que la carte DE2 en terme de prototypage d'applications de traitement de signal. Des perspectives d'utilisation du système sont données, notamment dans le cadre d'une application de caméras de recul pour l'aide au stationnement dans les véhicules.

Mots clé : architecture FPGA, modulation 2.4 GHz, vidéo

I. Introduction – Organisation du projet

Dans le cadre de la formation des étudiants ESC de l'INSA de Rennes, les projets électroniques de 4^{ème} année sont l'occasion de réaliser des applications concrètes mettant en oeuvre l'ensemble des notions abordées au cours de la formation INSA : traitement numérique, conception VHDL sur FPGA, télécommunications, traitement du signal, antennes, lignes de transmission, électronique haute et basse fréquence, Par ailleurs, il leur est nécessaire d'acquérir des compétences non abordées dans leur cursus. Le sujet élaboré par les étudiants répartis en groupe de 6 à 8 en lien avec les enseignants leur permet aussi d'aborder les notions de gestion de projet, planification et budget.

Le projet se déroule en deux phases :

- phase I : étude et spécification du système à réaliser. D'une durée de 20 heures, cette phase à pour objectif de définir les différentes parties du système, les solutions, l'organisation, le déroulement de projet, les risques et les points durs.
- Phase II : conception et test du système. Cette phase d'une durée de 50 heures peut être décomposée comme indiqué dans le Tableau I :

Travail	Résultats attendus	Durée
Répartition des tâches- définition des interfaces	Liste des tâches et interfaces entre les sous modules	4
Test unitaire des différents sous modules analogiques (caméra, modulateur)	Connaissance du fonctionnement du module tant en émission qu'en réception	10

Test carte ALTERA DE2 + afficheur. Codage et implémentation	Connaissance des possibilités de la carte ALTERA DE2. IP identifiée, Gestion écran LCD TRDB_LCM,	20
Emetteur avec caméra. Récepteur. Antennes	Transmission entre les 2 modules émission/réception. Décodage vidéo et affichage	10
Réalisation des cartes finales	Conception sous Pads. Cartes analogiques	4
Présentation du projet. rapport	Présentation	2

Tableau I : Phasage du projet

Dans la première partie de l'article, nous allons décrire le projet interphone dans son ensemble. Nous précisons notamment les différents choix, les composants. Nous détaillerons ensuite chaque sous partie. Les résultats illustreront le fonctionnement du système.

II. Choix et Principe général de l'interphone vidéo sans-fil

Les systèmes vidéo sans fils ne sont pas en soit novateurs. On observe de nombreux modèles existants dans le commerce qui utilisent un écran, pour l'extérieur une caméra associée à un digicode et pour le module intérieur un combiné associé à un écran. L'image est en couleur mais des modèles noir & blanc existent. Ils utilisent pour la plus part deux fréquences différentes pour la vidéo et l'audio (2.4Ghz pour la vidéo et 433Mhz pour l'audio). Cependant, on remarque que la technologie filaire sur 2 fils reste très ancrée sur ce marché. Elle engendre en effet un moindre coût à l'achat même si plus d'aménagements sont nécessaires [SOLUTION]. Les choix se sont alors orientés vers une solution utilisant une caméra analogique, avec le signal audio et vidéo découplés.

Cet interphone est composé de 2 parties :

- Une première partie constituée d'une caméra et d'un micro, placés à l'extérieur de la maison. Elle communique sans fils et permet l'appel de la personne résidant dans la maison.
- La deuxième partie, située à l'intérieur de la maison, est constituée principalement d'un récepteur radio, d'un afficheur TFT et d'un haut-parleur, permet au résidant de voir son invité et de lui répondre.

Plusieurs paramètres sont à définir :

Bande d'émission et fréquence centrale : la bande de transmission doit respecter les bandes ISM. Des contraintes techniques sont à respecter pour répondre aux normes en vigueur : la puissance isotrope rayonnée équivalente (PIRE) doit être inférieure ou égale à 10mW, l'excursion maximale en fréquence doit être de 50MHz. La consommation doit être faible. Au vue de la bande du signal à transmettre, deux modules, modulateurs et démodulateurs FM à 2,4GHz, "AJV24E" en émission et "AJV24R" en réception ont été retenus [AJV24ER].

Signal vidéo et audio : la caméra doit fournir un signal au standard NTSC/PAL ou SECAM, et faible consommation. Les signaux audio et vidéo sont séparés.

Traitement en réception des signaux vidéo et audio : le signal vidéo et audio en sortie du démodulateur sont traités en numérique. Il est nécessaire d'avoir un convertisseur adapté au signal vidéo. Le choix s'est porté sur la carte DE2 de ALTERA [ALTDE2]. Cette carte dispose d'une entrée

vidéo analogique intégrée à un chipset vidéo l'ADV7181 qui détecte automatiquement les signaux vidéo analogiques standard NTSC/PAL/SECAM. L'ADV7181 est compatible avec une large gamme de dispositifs vidéo, comprenant les lecteurs DVD, magnétoscopes, sources d'émission, et appareils de vidéo surveillance. Le traitement de la vidéo implique qu'elle sera retardée par rapport au son. Afin de synchroniser les deux signaux il sera nécessaire de retarder le son. La FPGA CycloneIIIC53 dispose des ressources nécessaires aux traitements (3316 LE, 4 PLL, 35 multiplieurs et de la mémoire embarquée). Il intégrera le traitement vidéo nécessaire à l'affichage sur l'écran TFT.

La Figure 1 représente le système étudié. Le premier sous module contient la transmission sans fil à 2,4 GHz à base d'AJV24. Le deuxième effectue la démodulation, le traitement de signal sur la plate-forme DE2 de ALTERA.

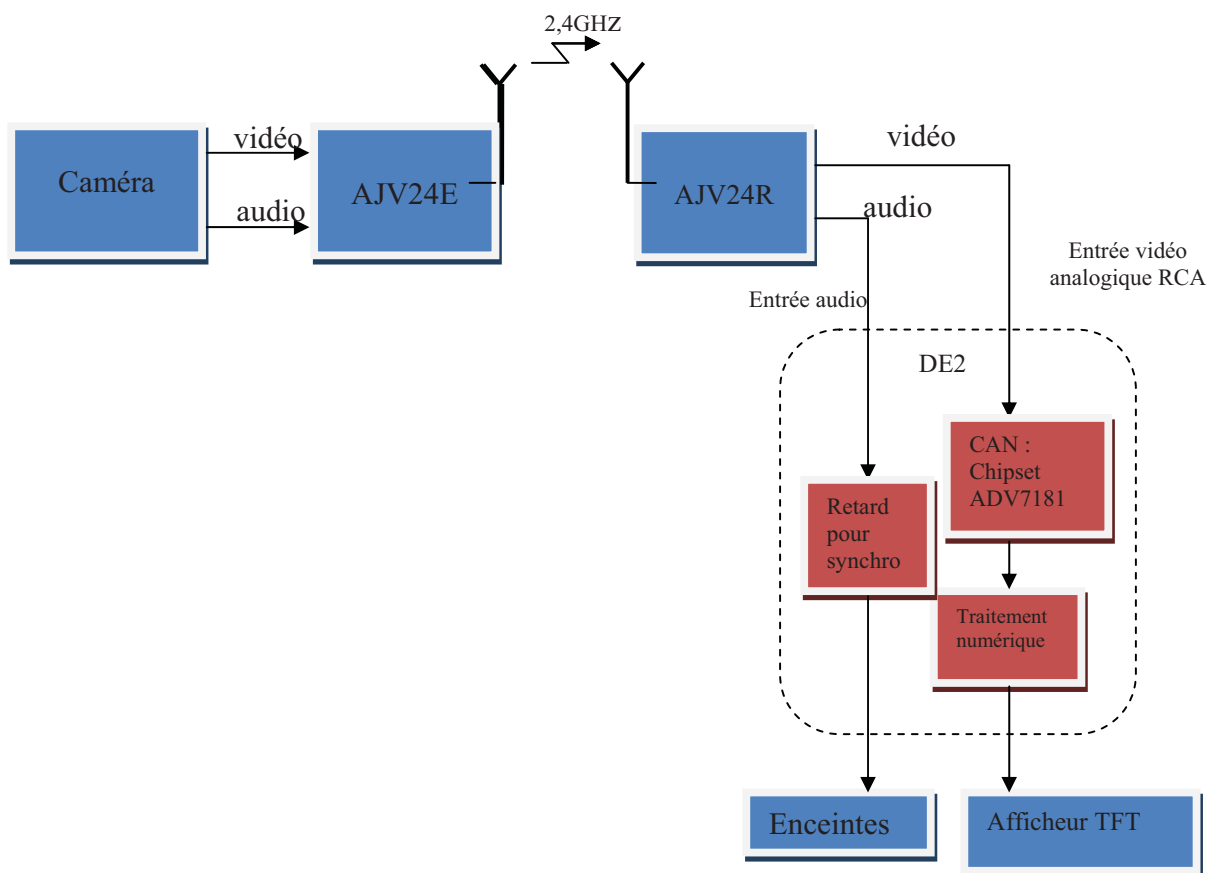


Figure 1 : Système Vidéo sans fil et affichage – Emission et Réception

Les modules Emission et Réception sont décrits dans les paragraphes suivants.

III. Emission- Caméra et Modulateur

III.1 Module caméra

La plus part des caméras miniatures fournissent un signal vidéo en sortie d'une amplitude de 1Vpp. Le critère de décision étant d'avoir une caméra qui possédait également une prise de son séparée pour correspondre avec les signaux attendus par le module d'émission AJV24E.

Le choix s'est porté sur un modèle noir et blanc très bas coût, de référence CAMZWMLAH2, CMOS N/B 1/4"[CAMERA] représentée par la Figure 2. Pour contrôler l'alimentation de la caméra, un interrupteur commandé en tension a été implémenté. Lors de la mise sous tension du système par appuie sur le bouton d'appel, un temporisateur est déclenché pour une durée paramétrable durant laquelle il envoie un signal à l'interrupteur. Ce dernier alimentera alors la camera durant le cycle.



Figure 2 : caméra noir et blanc, CMOS

III.2 Module Emission AJV24E

Le module "AJV24E" [AVJ24ER] est un émetteur vidéo miniature (31 x 29 x 4 mm) capable de transmettre un signal audio (stéréo) et vidéo couleur ou "N&B" avec une portée de 100 m maximum en terrain dégagé. Il émet avec une puissance de +10dbm (10 mW), avec une impédance de sortie de 50 ohms.

Travaillant dans la bande 2400-2483 MHz, il est doté de 4 canaux d'émission différents dans la bande ISM 2,4 GHz, sélectionnables par cavaliers. Dans chaque canal, une modulation en fréquence est utilisée dans une bande de 10 MHz. Les quatre canaux correspondent aux fréquences suivantes : 2414 MHz (canal 1), 2432 MHz (canal 2), 2450 MHz (canal 3), 2468 MHz (canal 4). Seul un canal est actif à un instant donné.

La Figure 3 illustre ce module ainsi que le module AJV24R. La Figure 4 représente le schéma de l'émetteur et la sélection du canal.

En ce qui concerne l'antenne, le choix dans cette bande est vaste. Cependant, celui-ci s'est porté sur une antenne à 2,4 GHz, omnidirectionnelle, sur connecteur "SMA reverse" et de bande 120 MHz. Les caractéristiques de ces antennes suffisent pour l'application courte portée. Une antenne directrice, ne présente pas un intérêt majeur pour la réalisation de notre interphone qui ne sera pas testé dans un milieu hostile.

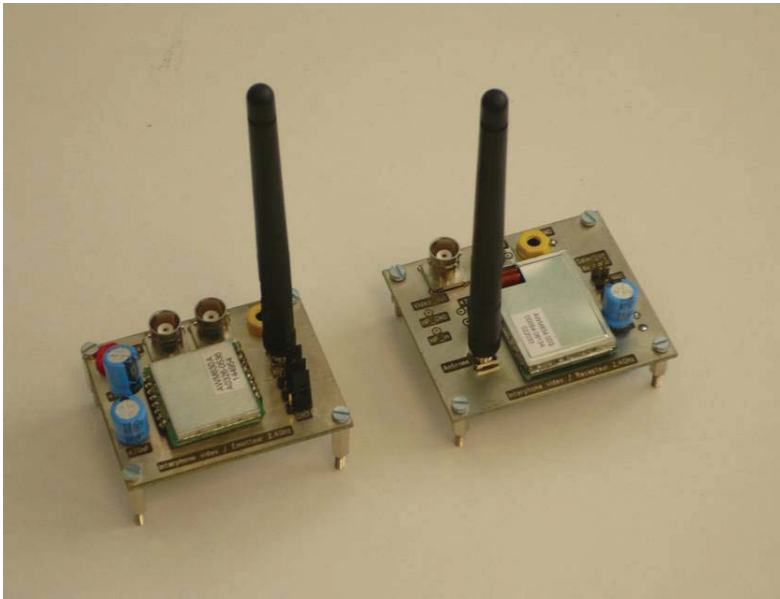


Figure 3. Modules AJV24E et Module AJV24R

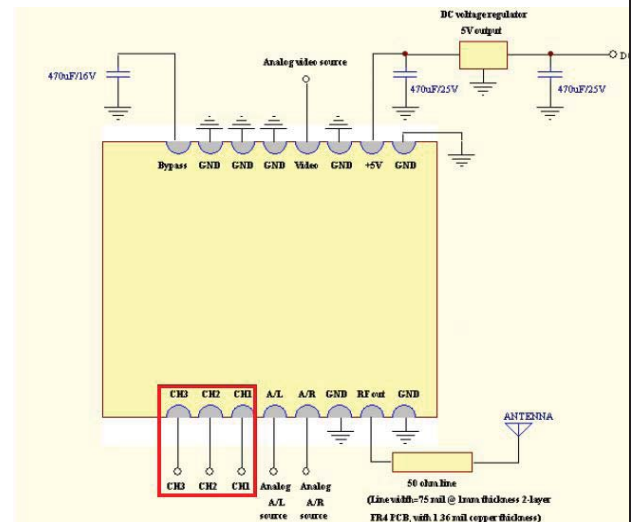


Figure 4 : Montage de l'émetteur

IV. Réception- Démodulateur – Traitement vidéo.

IV.1 Démodulateur

Celui-ci fait un traitement symétrique à l'émetteur, c'est-à-dire la démodulation FM sélective selon le canal. La sensibilité du système peut varier de -80 à -10 dBm. Doté d'une même antenne qu'à l'émission, il fournit les signaux audio et vidéo séparément. L'amplitude crête à crête du signal vidéo est de 1 Vpp, pour un rapport signal à bruit de 40 dB minimum. En ce qui concerne l'audio, l'amplitude crête à crête du signal est de 3 Vpp pour un rapport signal à bruit de 50 dB minimum. Ces niveaux sont compatibles avec le convertisseur de la carte DE2.

IV.2 Traitement de la vidéo

La partie de la numérisation de la vidéo sera effectuée sur la carte ALTERA DE2. Cette carte dispose d'une entrée vidéo analogique intégrée à un chipset vidéo l'ADV7181 qui détecte les signaux vidéo analogiques au standard NTSC/PAL/SECAM. L'ADV7181 fonctionne avec un flux entrant à 50 MHz. Le signal est numérisé sur 16 bits, et fournit aussi les signaux de synchronisation horizontale et verticale. L'ADV7181 est configuré par le FPGA à travers l'interface I2C. L'IP [IPVIDEO] de traitement du signal vidéo est implantée dans le FPGA en langage Verilog. Elle permet également d'afficher l'image sur l'écran TFT. Par ailleurs, le flux audio est directement synchronisé avec le flux vidéo. La Figure 5 illustre la carte DE2 connectée au module d'affichage.

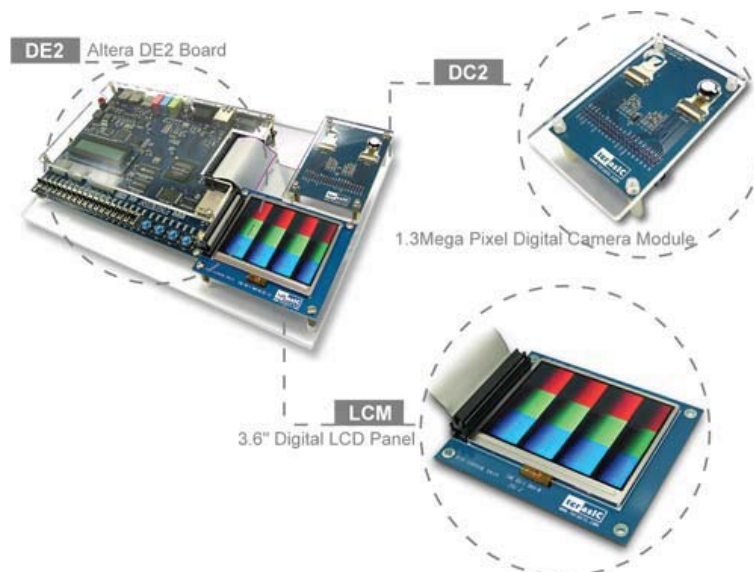


Figure 5 : Carte DE2 et le module LCD

V. Résultats et mesures.

Différents tests ont été effectués, en milieu indoor essentiellement.

V.I Test de transmission

La Figure 6 montre la transmission le spectre du signal émis. Le signal en sortie du modulateur est transmis avec une puissance de 23,4 dBm. En espacement les modules de plus de 12 mètres, on obtient un niveau en réception de -11,8dBm soit une perte de 35dBm, le système continue à fonctionner correctement.



Figure 6 : Spectre du signal transmis



Figure 7 : Affichage TFT depuis la carte DE2

V.I Test affichage

La Figure 7 illustre le fonctionnement de la caméra et du traitement vidéo sur la carte DE2.

V. Optimisations et Perspectives d'utilisation.

Plusieurs optimisations du système sont envisagés : retour d'un signal sonore depuis le récepteur, augmentation de la portée du système, antennes,...

Par ailleurs, plusieurs applications sont envisageables, telles que :

- système d'aide au stationnement d'un véhicule. Il est envisagé de disposer ce système dans une voiture, avec 3 caméras disposées à l'arrière et un afficheur au niveau tableau de bord. La sélection de la caméra est corrélée avec la sélection du canal. Des premiers essais sont relativement prometteurs. Un bureau d'études étudiant a repris cette étude en septembre 2008 pour réaliser ce système.
- Système de détection d'obstacles et prévention de danger. Ce système pourrait être utilisé pour assister le conducteur de bus, voitures lorsque la visibilité est réduite.

VI. Conclusion

Tout au long de ce projet, les étudiants ont pu mettre en pratique les compétences acquises lors de leur cursus de formation : électronique basse fréquence pour la partie interface caméra, électronique haute fréquence pour le modulateur/démodulateur et les antennes, électronique numérique avec le traitement vidéo. Un autre aspect, moins technique, est l'organisation du groupe. Répartis en 3 sous-groupes autonomes, chacun a su cependant s'interfacer avec les autres pour aboutir à la solution finale. C'est un point non négligeable pour leur futur métier d'ingénieur. De plus, ce projet se poursuit par une extension à plusieurs caméras en milieu embarqué.

VII. Références

- [SOLUTION] Site web en ligne <http://www.interphone-video.com/>, 2008
- [CAMERA] Site web en ligne <http://www.lextronic.fr/R304-nb+audio-pour-interieur.html>, 2008
- [ALTDE2] Site web en ligne <http://university.altera.com/materials/boards/unv-de2-board.html>, 2007
- [AJV24ER] Site web en ligne http://www.lextronic.fr/~lextronic_doc/ajv24.pdf, 2008
- [IPVIDEO] Site web en ligne <http://www.terasic.com.tw>, kit TRDB_LCM, application DE2_LCM_TV, 2007