

Les circuits d'émission et de réception RF à courte portée

Dans les diverses bandes ISM jusqu'à 2,4GHz, le facteur économique justifie le fort niveau d'intégration dont bénéficient les circuits d'émission-réception. Le paroxysme est atteint avec les systèmes sur une puce associant dans un même boîtier : la radio, le microcontrôleur et la mémoire.

Dans le cadre d'une transmission de données par voie radio à courte, voire à très courte distance, de nombreux systèmes exploitent avec profit les bandes dites ISM (Industrielle, scientifique, médicale). Encore que ce sigle semble aujourd'hui bien restrictif. En effet, dans le spectre fréquentiel alloué, les applications les plus hétéroclites se côtoient dans les domaines industriel (le contrôle-commande de capteurs ou d'actionneurs, la télérelève de compteurs, la programmation de machines-outils...), de la domotique (les alarmes, la gestion de l'éclairage, du chauffage ou de la climatisation, la fermeture des volets et portails...), de l'automobile (la mesure distante de la pression des pneumatiques, les alarmes, le verrouillage centralisé à distance...), de l'informatique (les manettes de jeux, souris et claviers) et des loisirs (les casques sans fil, les jouets...).

Cet engouement est justifié par les attraits inhérents à une connectivité RF vis-à-vis de sa contrepartie filaire, et ce hors situations où elle se révèle tout simplement indispensable. Les portées ambitionnées s'éche-

lonneront généralement entre quelques mètres et plusieurs centaines de mètres, voire 1 km. Les débits resteront tout aussi modestes, puisqu'ils excéderont rarement quelques centaines de kbits/s, 1 Mbit tout au plus. Quant à l'usage d'une bande libre de droits, sans acquisition d'une quelconque licence auprès des administrations locales, elle se révèle tout bénéfice pour accélérer la mise sur le marché des produits.

Les bandes de fréquences sans licence dévolues à ce panel d'applications sont diverses, et parfois différemment attribuées selon les régions géographiques. Les plus usitées sont celles des 433 et 868 MHz pour l'Europe, des 315 et 915 MHz pour le continent nord-américain. Quant au 2,4 GHz, dont l'adoption est généralisée, il sert de support à de nombreux standards du sans-fil comme Wi-Fi, Bluetooth ou ZigBee.

Précisons d'emblée qu'il ne sera pas ici question ni de Wi-Fi, dont les débits et la couverture sont d'une autre dimension, ni même de Bluetooth, ce dernier ayant fait l'objet d'un dossier particulier (*Electronique* n°139, p.88). A contrario, nous évoquerons le cas de ZigBee, ou encore de techni-



Membre de la famille Astric (Application specific transmit and receive IC), l'AMIS-3000 d'AMI Semiconductor est un transceiver Cmos basse consommation fonctionnant entre 300 et 928 MHz. Il est multicanal et convient aux applications bande étroite.

ques propriétaires telles que le WirelessUSB de Cypress, dont les contraintes de coût et de consommation sont sensiblement identiques.

Jusqu'à 1 GHz, la norme EN 300 220 fait foi

Une énumération des principales normes régissant les transmissions dans les bandes de fréquences sous le gigahertz est donnée dans le tableau ci-contre. En Europe, c'est la norme Etsi EN 300 220 qui fait foi. Celle-ci s'applique aux SRD (Short-range devices) fonctionnant entre 25 MHz et 1 GHz, et pour lesquels la puissance d'émission n'excède pas 500 mW. Sans entrer dans les détails, nous indiquerons que le standard précise notamment une puissance apparente rayonnée (ERP, effective radiated power), éventuellement un espacement

entre canaux, et un rapport cyclique maximal en émission (ratio on/off relativement à une période d'une heure). Cette dernière contrainte se traduit par une occupation sporadique du spectre, ce qui limite la gêne occasionnée pour les autres usagers.

Ajoutons que dans la dernière mouture de la spécification, il a été question de permettre l'usage des techniques d'étalement de spectre en séquence directe (DSSS, Direct sequence spread spectrum) ou par saut de fréquence (FHSS, Frequency hopping spread spectrum) dans plusieurs plages comprises entre 863 et 870 MHz. Outre la réduction des interférences, la volonté sous-jacente est une certaine harmonisation avec ce qui existe déjà aux Etats-Unis. Pour le fabricant, l'intérêt est évident puisqu'il ne sera plus contraint de

réécrire complètement la couche MAC du protocole de communication, dès lors qu'il vise les deux marchés. Seuls quelques ajustements seront nécessaires.

Dans le spectre fréquentiel situé sous le gigahertz, pour des liaisons qui seront unidirectionnelles ou bidirectionnelles, l'offre des constructeurs en matière d'émetteurs, de récepteurs ou de transceivers (émetteurs-récepteurs) est abondante. Ce qui n'étonnera personne vu la variété des applications authentifiées.

Dans la mesure où les transceivers englobent les fonctions de leurs deux comparses, nous leur donnerons ici la prédominance. Au demeurant, certaines sociétés s'abstiennent de commercialiser des produits assurant la seule fonction de réception. La raison en est que la partie Rx, lorsqu'elle inclut des fonctions évoluées (recouvrement d'horloge, gestion des paquets...), est une grosse consommatrice de silicium. Lui accoler un bloc Tx ne grève pas le coût de façon significative, tout en évitant la multiplicité des références. Quant au surcroît de consommation, il ne se pose pas en ce sens que l'émetteur peut être désactivé.

Les modulations mises en œuvre sont également fort diverses en fonction des performances attendues : FSK (Frequency shift keying), ASK (Amplitude shift keying), OOK (On/Off keying, modulation en tout-ou-rien), avec leurs variantes (GFSK, GOOK) dont le préfiltrage gaussien a pour effet de limiter la puissance injectée dans le canal adjacent. Ces différents schémas de modulation sont souvent acceptés par un même circuit qui peut, de surcroît, couvrir l'étendue du spectre fréquentiel indiqué et plus encore. Cette flexibilité leur permet de s'adapter aux différents standards, réglementations et protocoles en vigueur.

Le microcontrôleur s'invite chez la radio

La demande est aujourd'hui forte en circuits cumulant une faible consommation, un fonctionnement sous tension basse, et pour lesquels tout réglage en production est proscrit. Hors ces points névralgiques, on leur demande aussi de se contenter

d'un nombre de composants annexes minimal. Et ce pour de légitimes raisons de coût et d'encombrement, mais aussi de simplification du routage.

Comme de coutume, la réponse est venue de l'intégration d'un nombre croissant de fonctions RF et bande de base. L'essor des architectures à FI nulle ou basse en réception et à conversion directe en émission a, dans une certaine mesure, facilité cette démarche. Cela s'est traduit en quelques années par l'éradication de nombreux éléments externes. Par exemple, chez Micrel, si l'on compare deux générations de circuits issus de la famille RadioWire, le résultat est édifiant. La varicap d'accord du VCO, le commutateur Rx/Tx traditionnellement réalisé avec deux diodes Pin, et de nombreux composants discrets ont disparu.

Même constat chez Atmel avec sa famille de transceivers multicanaux ATA542x où le mélangeur à réjection d'image, cumulé au filtrage étroit d'une antenne boucle, a permis de faire l'impasse sur un filtre à ondes de surface.

De fait, seuls subsistent aujourd'hui chez la plupart des fabricants : le circuit d'accord de l'antenne, le filtre de boucle de la PLL (pour une plus grande souplesse), les inévitables condensateurs de découplage, un quartz avec ses condensateurs de charge, parfois l'inductance du VCO. Une autre tendance, en rapport avec les architectures radio de nouvelle génération, concerne l'inclusion de fonctions d'auto-calibrage et d'accord automatique pour compenser les tolérances en production.

Enfin, les circuits ont également gagné en sophistication au niveau de la gestion des trames de données. Et ce dans le but louable de soulager quelque peu la charge de travail du microcontrôleur, qui sera de ce fait un peu moins performant et, par suite moins coûteux. L'intégration dans un même boîtier du microcontrôleur et du sous-système radio semble une évolution naturelle. Quelques sociétés ont d'ores et déjà franchi le pas.

Ainsi, dans ses rfPIC, Microchip associe un émetteur et un PIC. D'autres, vont encore plus loin

Normes en vigueur dans les bandes de fréquences inférieures à 1 GHz

Région	Normes applicables	Bandes de fréquences
Europe	ERC REC 70-03 EN 300 220 (Sept. '00) EN 300 220 (Fev. '06)	433,05 à 434,79 MHz - 868 à 870 MHz 863 à 870 MHz
Etats-Unis	FCC Title 47 Part 15.231 I Part 15.247 902 à 928	260 à 470 MHz 902 à 928 MHz
Canada	RSS-210	260 à 470 MHz - 902 à 928 MHz
Japon	Arib Std-T67	426,0375 à 426,1125 MHz 429,175 à 429,7375 MHz
Chine	Radio regulations of the people's republic of China	315 à 316 MHz - 430 à 432 MHz
Australie	AS/NZS 4268:2003	433,05 à 434,79 MHz - 915 à 928 MHz

afin de constituer de véritables systèmes sur une puce.

A l'instar de Nordic Semiconductor (ex Nordic VLSI) qui a réuni dans le boîtier de 5 mm du nRF9E5 : le transceiver, un microcontrôleur compatible 8051, des régulateurs, un CAN de résolution 10 bits... La présence d'un préprocesseur de traitement du protocole RF signifie moins de travail pour le microcontrôleur, mais aussi moins d'énergie consommée. Ce circuit bénéficie d'une technologie Cmos 0,18 µm, tout comme le CC1110 de Chipcon. Ce dernier embarque également un microcontrôleur de type 8051 amélioré, des périphériques, mais aussi 32 Ko de flash. Enfin, le transceiver XE1283 de Semtech, hérité de feu Xemics, tire pour sa part profit d'un cœur Risc 8 bits (CoolRisc) à faible consommation, et d'un Uart sans fil baptisé BitJockey.

Une bande des 2,4 GHz bien convoitée

Dans la bande décidément bien encombrée des 2,4 GHz, ZigBee est actuellement l'objet de toutes les attentions. Et suscite également des convoitises, si l'on en juge par le rachat, opéré en décembre 2005, du norvégien Chipcon, l'un des protagonistes les plus avancées dans le domaine, par le géant Texas Instruments. Reposant au niveau des couches PHY et MAC sur la norme IEEE 802.15.4, ZigBee adresse notamment les marchés pour lesquels Bluetooth se révèle surdimensionné, onéreux et trop gourmand en énergie.

ZigBee est pensé pour les réseaux radio personnels (WPAN),

et les produits de contrôle et de surveillance sans fil en réseau. A cet effet, la norme prend en considération différentes topologies : arbre (Cluster tree), étoile (Star) ou réseau maillé (Mesh). La toile est alors constituée d'un coordinateur, par principe un FFD (Full-function device), chargé de l'établissement et de la définition des principaux paramètres du réseau, et de différents FFD ou RFD (Reduced-function device), selon l'importance attribuée au nœud. Par exemple, associés à un unique FFD, un simple commutateur de lampe ou un capteur infrarouge passif, se contenteront de leur attribut de RFD. Quant aux routeurs, ils font office de relais entre les dispositifs incapables de communiquer entre eux directement. La ZigBee Alliance qui, outre les actuels promoteurs (BM Group, Ember, Freescale, Honeywell, Mitsubishi, Motorola, Philips, Samsung, Siemens, Texas Instruments), regroupe plus de 180 sociétés, se charge de valider les profils.

Au niveau de la couche physique, il est fait usage d'une technique d'étalement de spectre en séquence directe, avec une modulation de type O-QPSK (Offset quadrature phase shift keying) et mise en forme par sinus demi-onde. Les communications s'effectuent à courte portée et à débit modéré (250 kbits/s, pour une vitesse symbole de 62,5 ksymboles/s). Les canaux, espacés de 5 MHz, sont au nombre de 16. Enfin, une déclinaison de ZigBee est envisagée dans les bandes 868/915 MHz avec une modulation BPSK (Binary PSK) et un débit moindre.

ZigBee: l'offre prend forme

L'offre en circuits ZigBee, si elle n'est pas aujourd'hui pléthorique, est concrète. Avec le niveau d'intégration autorisé par une technologie Cmos submicronique, le coût de réalisation d'une liaison ZigBee se révèle déjà attractif.

Ainsi, le CC2430 en Cmos 0,18µm, introduit par Chipcon en fin d'année dernière, constitue un système sur une puce regroupant toutes les briques matérielles et logicielles requises. Soit: un transceiver 2,4GHz conforme IEEE 802.15.4, un microcontrôleur 8 bits de type 8051, de la mémoire flash avec la pile de protocoles. Le tout dans un petit boîtier de 7mm de côté, qui peut trouver sa place dans toutes les configurations de nœuds ZigBee (coordinateurs, routeurs et produits « fin de ligne » ou end devices).

Quant à son successeur, le CC2431 destiné à la mise en réseau de capteurs sans fil, il présente l'originalité d'embarquer un cœur matériel, licencié auprès de Motorola, ajoutant une fonction de localisation rapide et assez précise (de l'ordre de 2m en milieu fermé).

Avec sa famille MC1321x, dont les éléments se distinguent selon la configuration mémoire, Freescale dispose également d'une solution complète. Cette dernière prend la forme de systèmes en boîtier (SiP, system-in-package) réunissant un transceiver compatible IEEE 802.15.4 et un microcontrôleur d'architecture HCS08.

De son côté, le ML7065 d'Okii Semiconductor inclut la radio 2,4GHz et assure la gestion des couches PHY et MAC, ainsi que le chiffrement selon l'algorithme AES (Advanced encryption standard). Ce circuit requiert néanmoins un microcontrôleur externe avec lequel il communique par l'intermédiaire d'un port série SPI.

Parmi les autres acteurs qui lorgnent sur le marché, nous citerons Atmel, Ember qui a tout récemment conclu un accord avec STMicroelectronics pour le développement d'une plateforme ZigBee commune, ou l'américain Integration Associates, par le biais du rachat



de son compatriote CompXs. Dans la même bande sans licence des 2,4GHz, sont également mises en œuvre des technologies propriétaires, telles celles de Nordic Semiconductor ou Cypress. Ainsi, le WirelessUSB de ce dernier a été introduit en 2002. Il n'a depuis cessé d'évo-

luer afin de proposer une connectivité sans fil aux périphériques PC, aux souris, claviers et manettes de jeux, ou autres applications en modes point-à-point ou point-à-multipoint. Affichant initialement un débit de 62,5kbits/s pour une liaison radio n'excédant pas 10m, le

L'ATR2406 d'Atmel vise les applications dans la bande ISM des 2,4GHz, avec des débits jusqu'à 1,152Mbit/s en GFSK. Ce transceiver en technologie BiCmos SiGe offre 95 canaux et supporte l'étalement de spectre. Applications visées: les contrôleurs de jeux, les casques et systèmes audio sans fil, les points de vente électroniques, la télémétrie...

WirelessUSB a par la suite été décliné en deux variantes LR (Long range) et, plus récemment, LP (Low power). Dans le premier cas, la distance de communication est plus proche de 50m, dans le second la consommation a été quasiment divisée par deux à puissance d'émission constante. En outre, les deux modes de fonctionnement implantés, GFSK et DSSS, permettent dorénavant d'atteindre des débits de 1Mbit/s et 250kbits/s respectivement. PHILIPPE CORVISIER

Les critères de choix

Une très basse consommation est souvent impérative

On exige d'un circuit RF qu'il soit performant et qu'il se satisfasse d'un nombre minimal de composants passifs environnants. Par ailleurs, beaucoup de dispositifs tirant leur alimentation d'une simple pile, les contraintes d'autonomie sont fortes.

Dès qu'il s'agit d'élaborer un système de communication par voie radio, se pose naturellement le choix de la fréquence. Celui-ci est conditionné par de multiples facteurs: la portée envisagée, le milieu et les caractéristiques de propagation, la taille de l'antenne... Cependant, il faut bien admettre que l'application et la région géographique imposent souvent la bande de fréquences. Ainsi, les

transmissions véhiculant certains types de données (audio par exemple) sont fortement conseillées dans la bande partitionnée des 868MHz, tandis que les systèmes de surveillance de la pression des pneumatiques (TPMS, Tire pressure monitoring system), le verrouillage centralisé à distance (RKE, Remote keyless entry) et autres télécommandes font un usage sans vergogne de la bande des 433MHz.

Quand aux alarmes et alarmes sociales, elles ont leurs sous-bandes réservées en 868MHz.

En tout état de cause, et ce quelle que soit la bande considérée, un bilan de la liaison doit être établi. Une entreprise délicate dans la mesure où la simulation en espace libre ne tient ni compte des contraintes environnementales ni de la présence d'obstacles physiques et des phénomènes de réflexions multiples.

La complexité de la réalisation orientera dans un premier temps vers un type de circuit: émetteur, récepteur ou transceiver. La solution triviale fait intervenir un émetteur d'un côté et un récepteur de l'autre. Une topologie qui se révèle adaptée à la télécommande d'ouverture de porte

Suite p.80

I.- Les émetteurs

Fabricant	Référence	Bandes de fréquences	Modulations supportées	Débits (kbaud)	Multicanal	Puissance de sortie (dBm)	Tension d'alimentation (V)	Consommation (mA)	Consommation en veille ou à l'arrêt (µA)	Boîtier	Plage de températures	Remarques
Analog Devices	ADF7010	902 à 928 MHz	FSK/GFSK/ASK/OOK	76,8 (FSK/GFSK), 9,6 (ASK)	x	-16 à +12 (pas de 0,3 dB)	2,3 à 3,6	28 (+ 8 dBm)	1 max.	TSSOP-24 (7,8x 6,4 mm)	-40 à +85°C	VCO et PLL fractionnaire sigma-delta. Bus série 3 fils.
	ADF7011	433 à 435 MHz, 868 à 870 MHz	FSK/GFSK/ASK/OOK	76,8 (FSK/GFSK), 9,6 (ASK)	x	-16 à +12 (pas de 0,3 dB)	2,3 à 3,6	29 (+ 10 dBm, 433,92 MHz)	1 max.	TSSOP-24 (7,8x 6,4 mm)	-40 à +85°C	
	ADF7012	75 MHz à 1 GHz	FSK/GFSK/ASK/OOK/GOOK	179,2 (FSK/GFSK), 64 (ASK)	x	-16 à +14 (pas de 0,4 dB)	2,3 à 3,6	21 (+ 10 dBm, 868 MHz), 17 (+10dBm, 433 MHz)	1 max.	TSSOP-24 (7,8x 6,4 mm)	-40 à +85°C	
	ADF7901	369,5 à 395,9 MHz	FSK/OOK	50		+14 max.	3	26 (+12 dBm, 384 MHz)	1 max.	TSSOP-24 (7,8x 6,4 mm)	0 à +50°C	VCO et PLL fractionnaire sigma-delta. 8 canaux (FSK). Puissance ajustable par résistance.
Atmel	T5750	868 à 928 MHz	FSK/ASK	32		+5,5 typ.	2 à 4	8,5	7 max.	TSSOP-8	-40 à +125°C	Fonctionnement jusqu'à +125°C pour les systèmes TPMS.
	T5753	310 à 350 MHz	FSK/ASK	32		+8 typ.	2 à 4	9	7 max.	TSSOP-8	-40 à +125°C	
	T5754	429 à 439 MHz	FSK/ASK	32		+7,5 typ.	2 à 4	9	7 max.	TSSOP-8	-40 à +125°C	
	ATA5756/5757	313 à 317 MHz, 432 à 448 MHz	FSK/ASK	40		+6 typ.	2 à 3,6	8 typ.	7 max.	MSOP-10	-40 à +125°C	
	ATAR862 -3/-4/-8	315/433/868 MHz	FSK/ASK	32		+8 (315 MHz), +7,5 (433 MHz), +5,5 (868 MHz)	2 à 4	9	7 max.	SSO-24	-40 à +125°C	Deux puces dans un même boîtier : émetteur et microcontrôleur 4 bits. 4 Ko de Rom masquée. Version flash disponible.
Austria-microsystems	AS3975	315, 433, 868, 915 MHz	FSK/ASK	100	x	-20 à +10	2 à 3,6	7 (0 dBm, FSK)	0,25	QFN-16 (4x 4 mm)	-40 à +85°C	BiCmos SiGe 0,35 µm. Synthétiseur fractionnaire sigma-delta et VCO. Interface série.
	AS3977	300 MHz à 1 GHz	FSK/ASK	100	x	-20 à +8	2 à 3,6	7 (0 dBm, FSK)	0,25	QFN-16 (4x 4 mm)	-40 à +125°C	BiCmos SiGe 0,35 µm. Synthétiseur fractionnaire sigma-delta et VCO. Interface série. Capteur de température pour applications en bande étroite.
Freescall Semiconductor	MC33493	315 à 434 MHz, 868 à 928 MHz	FSK/OOK	10		+5 (433 MHz), +1 (868 MHz)	1,9 à 3,6	11,8 (868 MHz), 11,6 (433 MHz)	0,005 max.	TSSOP-14	-40 à +125°C	Programmation par 2 broches de sélection.
Infineon Technologies	TDK5100	433 à 435 MHz, 868 à 870 MHz	FSK/ASK			+5 (433 MHz), +2 (868 MHz)	2,1 à 4	7	0,1 max.	TSSOP-16	-40 à +125°C	
	TDK5100F	433 à 435 MHz	FSK/ASK			5	2,1 à 4	7	0,1 max.	TSSOP-10	-40 à +125°C	
	TDK5110	433 à 435 MHz, 868 à 870 MHz	FSK/ASK			10	2,1 à 4	13	0,1 max.	TSSOP-16	-40 à +125°C	Sélection de la bande par broche. Puissance +10 dBm.
	TDK5110F	433 à 435 MHz	FSK/ASK			10	2,1 à 4	14	0,1 max.	TSSOP-10	-40 à +125°C	
	TDK5116F	866 à 870 MHz	FSK/ASK			10	2,1 à 4	-	0,1 max.	TSSOP-10	-40 à +125°C	
Integration Associates	IA4220	315, 433, 868, 915 MHz	FSK/OOK	256 (FSK), 512 (OOK)	x	+3 (433 MHz), +1 (868 MHz), pas de 3 dB	2,2 à 5,4	9 à 13 (0 dBm)	0,3 typ.	TSSOP-16	-40 à +85°C	Accord automatique de l'antenne. Interface SPI. Modes µC ou Eeprom.
	IA4221	315, 433, 868, 915 MHz	FSK/OOK	256 (FSK), 512 (OOK)	x	+8 (433 MHz), +6 (868 MHz), pas de 3 dB	2,2 à 5,4	12 à 15 (0 dBm)	0,3 typ.	TSSOP-16	-40 à +85°C	Par rapport au IA4220 : puissance accrue et bruit de phase amélioré.
Maxim	MAX1472	300 à 450 MHz	ASK/OOK	100		+13 max.	2,1 à 3,6	5,7 (433 MHz)	0,04 à 0,55 typ.	SOT23-8 (3x 3 mm)	-40 à +125°C	Profondeur modulation 90 dB. PLL avec quartz à faible coût.
	MAX1479	300 à 450 MHz	FSK/ASK/OOK	100 (ASK), 20 (FSK)		+10 max.	2,1 à 3,6	6,7 (ASK), 10,5 (FSK)	0,2 nA typ.	QFN-16 (3x 3 mm)	-40 à +125°C	Applications automobiles (RKE, pression des pneus TPMS).

Suite page 74

I.- Les émetteurs

Fabricant	Référence	Bandes de fréquences	Modulations supportées	Débits (kbaud)	Multicanal	Puissance de sortie (dBm)	Tension d'alimentation (V)	Consommation (mA)	Consommation en veille ou à l'arrêt (µA)	Boîtier	Plage de températures	Remarques
Maxim	MAX2402	800 MHz à 1 GHz	FSK/ GMSK/ BPSK/ASK		x	-19 à +21	4,75 à 5,5	105	2 max.	SSOP-20	-40 à +85°C	Ajustement puissance de 35 dB.
	MAX2900/ 2901/2902	902 à 928 MHz	FM/BPSK/ ASK/OOK	1200		-7 à +23	2,7 à 4,5	110 (+20dBm)	0,7 à 60 typ.	QFN-28 (5x 5 mm)	-40 à +85°C	8 canaux (MAX2900) ou 2 canaux (MAX2901). Synthétiseur externe (MAX2902).
	MAX2903/2904	867 à 870 MHz	FM/BPSK/ ASK/OOK	1200		-7 à +23	2,7 à 4,5	110 (+20dBm)	0,7 à 60 typ.	QFN-28 (5x 5 mm)	-40 à +85°C	2 canaux (MAX2903). Synthétiseur externe (MAX2904).
	MAX7044	300 à 450 MHz	ASK/OOK	100		+13 max.	2,1 à 3,6	8 (433 MHz)	0,04 à 0,55 typ.	SOT23-8 (3x 3 mm)	-40 à +125°C	PLL avec quartz à faible coût.
Melexis	TH72001	290 à 350 MHz	FSK	40		-10 à +11	1,95 à 5,5	10,3	0,2 max.	SOIC-8	-40 à +125°C	Consommation ajustable entre 3,2 et 10,3 mA. Détecteur de tension basse.
	TH72002	290 à 350 MHz	ASK	40		-10 à +11		10,3	0,2 max.	SOIC-8	-40 à +125°C	
	TH72005	290 à 350 MHz	FSK/ASK	40		-10 à +11	1,95 à 5,5	10,3	0,2 max.	QFN-10 (3x 3 mm)	-40 à +125°C	Consommation ajustable entre 3,2 et 10,3 mA. Détecteur de tension basse.
	TH72011	380 à 450 MHz	FSK	40		-12 à +10	1,95 à 5,5	10,6	0,2 max.	SOIC-8	-40 à +125°C	Consommation ajustable entre 3,4 et 10,6 mA. Détecteur de tension basse.
	TH72012	380 à 450 MHz	ASK	40		-12 à +10		10,6	0,2 max.	SOIC-8	-40 à +125°C	
	TH72015	380 à 450 MHz	FSK/ASK	40		-12 à +10		10,6	0,2 max.	QFN-10 (3x 3 mm)	-40 à +125°C	
	TH72016	380 à 450 MHz	FSK/ASK	40		-12 à +10	1,95 à 5,5	12,8	0,2 max.	MLPD-10 (3x 3 mm)	-40 à +125°C	Consommation ajustable entre 4,5 et 12,8 mA. Détecteur de tension basse.
	TH72031	850 à 930 MHz	FSK	40		-12 à +9,5	1,95 à 5,5	13,4	0,2 max.	SOIC-8	-40 à +125°C	Consommation ajustable entre 5,1 et 13,4 mA. Détecteur de tension basse.
	TH72032	850 à 930 MHz	ASK	40		-12 à +9,5		13,4	0,2 max.	SOIC-8	-40 à +125°C	
	TH72035	850 à 930 MHz	FSK/ASK	40		-11 à +9,5		13,4	0,2 max.	QFN-10 (3x 3 mm)	-40 à +125°C	
Micrel	MICRF102	300 à 470 MHz	ASK/OOK	20		-2,5 (433 MHz)	4,75 à 5,5	6,7 (433 MHz)	0,04 typ.	SOIC-8	0 à +85°C	Famille QwikRadio. Accord automatique de l'antenne.
	MICRF103	800 MHz à 1 GHz	ASK/OOK	115		-3		16 (868 MHz)	1 max.	SOIC-8	-40 à +85°C	
	MICRF104	300 à 470 MHz	ASK/OOK	20		-2,5 (433 MHz)	1,8 à 4	25	50 typ.	SOIC-14	0 à +85°C	Famille QwikRadio. Accord automatique de l'antenne. Convertisseur DC/DC intégré.
Microchip	rfPIC12C509AG/ AF	310 à 440 MHz	ASK et FSK/ASK	40 (ASK), 20(FSK)		-12 à +2 (6 pas)	2,5 à 5,5	4,8 à 11,5	0,2 typ.	SSOP-20, SOIC-18	-40 à +85°C	Emetteur UHF et microcontrôleur PIC 8 bits. 1 536 octets pour les programmes, 41 octets de Ram pour les données.
	rfPIC12F675F	380 à 450 MHz	FSK/ASK	40		-12 à +10 (4 pas)	2 à 5,5	10,7	0,1 typ.	SSOP-20	-40 à +85°C, -40 à +125°C	Emetteur UHF et microcontrôleur PIC 8 bits. 1 792 octets pour les programmes, 64 octets de Ram pour les données.
	rfPIC12F675H	850 à 930 MHz	FSK/ASK	40		-12 à +10 (4 pas)	2 à 5,5	14	0,1 typ.	SSOP-20	-40 à +85°C, -40 à +125°C	
Nordic Semiconductor	nRF24E2	2,4 à 2,524 GHz	GFSK	1000	x	0 max.	1,9 à 3,6	13 (0 dBm)	2 typ.	QFN-36 (6x 6 mm)	-40 à +85°C	Cmos 0,18 µm. 125 canaux. Microcontrôleur type 8051. CAN 10 bits 9 entrées (100 kéch./s). Protocole ShockBurst.
	nRF2402	2,4 à 2,527 GHz	GFSK	1000	x	0 max.	1,9 à 3,6	11,5 (0 dBm)	0,2 typ.	QFN-16 (4x 4 mm)	-40 à +85°C	128 canaux. Protocole ShockBurst. Seulement 2 composants externes (avec horloge µC)..
RF Micro Devices	RF2514	100 MHz à 1 GHz	AM/ASK/ OOK			1	2,25 à 3,6	8 typ.	1 max.	QFN-16	-40 à +85°C	Applications visées : RKE ou oscillateur local. BiCmos.

Suite page 76

I.- Les émetteurs

Fabricant	Référence	Bandes de fréquences	Modulations supportées	Débits (kbaud)	Multicanal	Puissance de sortie (dBm)	Tension d'alimentation (V)	Consommation (mA)	Consommation en veille ou à l'arrêt (µA)	Boîtier	Plage de températures	Remarques
RF Micro Devices	RF2516	100 à 500 MHz	AM/ASK/OOK			10	2,25 à 3,6	10,5 typ.	1 max.	SSOP-16	-40 à +85°C	Applications visées : RKE ou oscillateur local. BiCmos.
RF Monolithics	TXC100	300 à 450 MHz	FSK/ASK/OOK	100 (ASK), 20 (FSK)		-10 à +10	2,1 à 3,6	10 typ. (433MHz,FSK)	1 nA max.	TQFN-16 (3x 3 mm)	-40 à +125°C	Réglage de puissance par résistance.
	TXC101	300 MHz à 1 GHz	FSK/OOK	512 (ASK), 256 (FSK)	x	-20 à +1 (868 MHz, pas de 3 dB)	2,2 à 5,4	12 (-4 dBm, 868 MHz)	0,2 typ.	TSSOP-16	-40 à +85°C	Interface SPI. Détecteur de tension de batterie basse. Divers modes basse consommation. Deux modes : microcontrôleur et EEprom.
	TXC102	400 MHz à 1 GHz	FSK/OOK	512 (ASK), 256 (FSK)	x	-15 à +6 (868 MHz, pas de 3 dB)	2,2 à 5,4	14 (Pmax, 868MHz)	0,2typ.	TSSOP-16	-40 à +85°C	
Texas Instruments (gamme Chipcon)	TRF4400	420 à 450 MHz	FSK/FM			7	2,2 à 3,6	22 à 57	0,5 typ.	TSSOP-24	-20 à +60°C	FM bande étroite. DDS 24 bits avec CNA 11 bits.
	TRF4900	850 à 950 MHz	FSK/FM			7	2,2 à 3,6	22 à 58	0,5 typ.	TSSOP-24	-20 à +60°C	
	TRF4903	304 à 928 MHz	FSK/OOK			8	2,2 à 3,6	28 à 36 (433MHz), 27 à 35 (868 MHz)	0,6 typ.	TSSOP-24	-40 à +85°C	Interface série 3 fils.
	CC1050	300 MHz à 1 GHz	FSK/ASK	76,8	x	-20 à +12 (433 MHz), -20 à +8 (868 MHz)	2,1 à 3,6	9,1 (433 MHz, 0dBm), 14,2 (868MHz, 0dBm)	1 max.	TSSOP-24	-40 à +85°C	Cmos 0,35 µm. Fréquence programmable par pas de 250 Hz.
	CC1070	402 à 470 MHz, 804 à 940 MHz	FSK/GFSK/OOK	153,6	x	-20 à +10 (433MHz), -20 à +8 (868 MHz)	2,3 à 3,6	17,5 (433 MHz, 0 dBm),	1 max.	QFN-20	-40 à +105°C	Cmos 0,35 µm. Bande étroite (canaux à 25 ou 12,5 kHz).
	CC1150	300 à 348 MHz, 400 à 464 MHz, 800 à 928 MHz	FSK/GFSK/MSK/OOK	500	x	-30 à +10	1,8 à 3,6	14,9 (433 MHz, 0 dBm), 15,9mA (868MHz)	0,2µA typ.	QLP-16 (4x 4 mm)	-40 à +85°C	Cmos 0,18 µm. Interface SPI. Capteur de température. Correction d'erreurs (FEC) et entrelacement optionnels.
	CC2550	2,4 à 2,483 GHz	FSK/GFSK/MSK/OOK	500	x	-20 à +1	1,8 à 3,6	22,8 (0 dBm)	0,2 typ.	QLP-16 (4 x 4 mm)	-40 à +85°C	Cmos 0,18 µm. Correction d'erreurs (FEC) avec entrelacement optionnel. Interface SPI. Capteur de température.

II.- Les récepteurs

Fabricant	Référence	Bandes de fréquences	Modulations supportées	Débits (kbaud)	Sensibilité (dBm)	Tension d'alimentation (V)	Consommation (mA)	Consommation en veille ou à l'arrêt (µA)	Boîtier	Plage de températures	Remarques
Atmel	ATA5743	300 à 450 MHz	FSK/ASK	10	-104 (FSK, 1kbaud)	4,5 à 5,5	7 typ.		SO-20, SS0-20	-40 à +105°C	Mode polling implanté.
	T5744	315/433 MHz	ASK	10	-110 (ASK, 1kbaud)	4,5 à 5,5	7 typ.		SO-20, SS0-20	-40 à +105°C	
	T5760/T5761	868 à 870 MHz/ 902 à 928 MHz	FSK/ASK	10	-106 (FSK, 1kbaud)	4,5 à 5,5	7,5 typ.		SO-20	-40 à +105°C	Mode polling implanté.
	ATA5745/5746	315/433 MHz	FSK/ASK	10	-107,5 (FSK, 2,4kbaud)	2,7 à 3,3 ou 4,5 à 5,5	6,7 typ.		QFN-24		

Suite page 78

II.- Les récepteurs

Fabricant	Référence	Bandes de fréquences	Modulations supportées	Débits (kbaud)	Sensibilité (dBm)	Tension d'alimentation (V)	Consommation (mA)	Consommation en veille ou à l'arrêt (µA)	Boîtier	Plage de températures	Remarques
Austria-microsystems	AS3961	315 ou 433 MHz	FSK	40	-104	2,3 à 5,25	13	0,3	QFN-40 (6x6 mm)	-40 à +85°C	2 versions. Cmos 0,35 µm. Synthétiseur fractionnaire. Interface série. Sortie RSSI.
Freescale Semiconductor	MC33591	315/434 MHz	FSK/OOK	11	-105 (4,8kbaud)	4,5 à 5,5	5,7	200 max.	LQFP-24	-40 à +85°C	Interface SPI.
	MC33592	315/434 MHz	OOK	11	-105 (4,8kbaud)	4,5 à 5,5	5,7	200 max.	LQFP-24	-40 à +85°C	Interface SPI.
	MC33593	868MHz, 902 à 928 MHz	FSK/OOK	11	-105 (4,8kbaud)	4,5 à 5,5	7,7	200 max.	LQFP-24	-40 à +85°C	Interface SPI.
	MC33594	315/434 MHz	FSK/OOK	11	-105 (4,8kbaud)	4,5 à 5,5	5,7	200 max.	LQFP-24	-40 à +85°C	Interface SPI. Pas de gestion des données en mode OOK.
Infineon Technologies	TDA5200	433 à 435 MHz, 868 à 870 MHz	ASK	120	-107	4,5 à 5,5	4,6 (434 MHz), 4,8 (868 MHz)	0,07 max.	TSSOP-28	-40 à +85°C	Sélection de la bande par broche.
	TDA5210	400 à 440 MHz, 810 à 870 MHz	FSK/ASK	100	-107 (ASK), -100 (FSK)	4,5 à 5,5	5,9 (868 MHz, FSK)	0,1 max.	TSSOP-28	-40 à +105°C	Sélection de la bande par broche.
	TDA5211	310 à 350 MHz	FSK/ASK	100	-110 (ASK), -102 (FSK)	4,5 à 5,5	5,7 (FSK), 5 (ASK)	0,1 max.	TSSOP-28	-40 à +105°C	Sélection de la bande par broche (310-330 et 330-350 MHz).
	TDA5212	910 à 920 MHz	FSK/ASK	120	-109 (ASK), -102 (FSK)	4,5 à 5,5	5,4 (FSK), 4,8 (ASK)	0,12 max.	TSSOP-28	-40 à +85°C	
	TDA5220	400 à 440 MHz, 810 à 870 MHz	FSK/ASK	100	-106 (ASK), -100 (FSK)	4,5 à 5,5	5,9 (868 MHz, FSK), 5,2 (868MHz ASK)	0,1 max.	TSSOP-28	-40 à +105°C	Sélection de la bande par broche.
	TDA5221	300 à 340 MHz	FSK/ASK	100	-110 (ASK), -102 (FSK)	4,5 à 5,5	6,4 (FSK), 5,6 (ASK)	0,1 max.	TSSOP-28	-40 à +105°C	Sélection de la bande par broche (300-320 et 320-340 MHz).
Integration Associates	IA4320	315, 433, 868, 915 MHz	FSK/OOK	256 (FSK), 1 (OOK)	-109 (1,2kbits/s)	2,2 à 5,4	9 à 12	0,3 typ.	TSSOP-16	-40 à +85°C	Synthétiseur PLL multibande. Détecteur de tension batterie basse. Interface SPI.
Maxim	MAX1471	300 à 450 MHz	FSK/ASK	66	-114 (ASK), -108 (FSK)	2,4 à 3,6 ou 4,5 à 5,5	7	1,1 typ.	QFN-32 (5x5 mm)	-40 à +125°C	Forte plage dynamique. Régulateur 3 V intégré. Interface série.
	MAX1473	300 à 450 MHz	ASK	100	-114	3 à 3,6 ou 4,5 à 5,5	5,8 (433 MHz)	2,5 à 2,8 typ.	TSSOP-28, QFN-32 (5x5 mm)	-40 à +85°C	Forte plage dynamique avec CAG interne.
	MAX2440/2441/2442	800 MHz à 1 GHz	FSK/BPSK/QPSK			2,7 à 4,8	23	0,5 typ.	SSOP-28	-40 à +85°C	Réjection image 35 dB. LNA à gain ajustable. Les circuits se différencient selon la fréquence FI (10,7, 46 ou 70 MHz) en supradyn.
	MAX7042	308, 315, 418, 433, 92 MHz	FSK	66	-110 (315 MHz), -109 (433, 92MHz)	2,4 à 3,6 ou 4,5 à 5,5	6,2 à 7,2	0,02 à 0,6 typ.	QFN-32 (5x5 mm)	-40 à +125°C	PLL, VCO, filtre de boucle intégrés. Réjection image 45 dB. Sélection de la fréquence par broches.
Melexis	TH71101	300 à 450 MHz	FSK/FM/ASK	260 (ASK), 180 (FSK)	-113 (ASK, 4kbits/s), -107 (FSK, 4 kbits/s)	2,3 à 5,5	6,5 ou 8,2	0,1 max.	LQFP-32	-40 à +85°C	Gain du LNA commutable. RSSI (dynamique 70 dB).
	TH71102	260 à 510 MHz	FSK/FM/ASK	260 (ASK), 180 (FSK)	-113 (ASK, 4kbits/s), -107 (FSK, 4 kbits/s)	2,3 à 5,5	6,5 ou 8,2	0,1 max.	LQFP-32	-40 à +85°C	Gain du LNA commutable. RSSI (dynamique 70 dB).
	TH71111	800 à 930 MHz	FSK/FM/ASK	260 (ASK), 180 (FSK)	-112 (ASK, 4kbits/s), -106 (FSK, 4 kbits/s)	2,3 à 5,5	7,5 ou 9,2	0,1 max.	LQFP-32	-40 à +85°C	Gain du LNA commutable. RSSI (dynamique 70 dB).
	TH71112	750 à 990 MHz	FSK/FM/ASK	260 (ASK), 180 (FSK)	-112 (ASK, 4kbits/s), -106 (FSK, 4 kbits/s)	2,3 à 5,5	7,5 ou 9,2	0,1 max.	LQFP-32	-40 à +85°C	Gain du LNA commutable. RSSI (dynamique 70 dB).

Suite page 80

II.- Les récepteurs

Fabricant	Référence	Bandes de fréquences	Modulations supportées	Débits (kbaud)	Sensibilité (dBm)	Tension d'alimentation (V)	Consommation (mA)	Consommation en veille ou à l'arrêt (µA)	Boîtier	Plage de températures	Remarques
Micrel	MICRF005	800 MHz à 1 GHz	OOK	115	-84	4,75 à 5,5	10	11 typ.	SOIC-14	-40 à +85°C	Famille QwikRadio.
	MICRF009	300 à 440 MHz	ASK/OOK	2	-104 (433,92MHz)	4,75à 5,5	2,9	0,5 max.	SOIC-16	-40 à +85°C	Famille QwikRadio. 2 modes de fonctionnement (fixe, balayage). Applications typiques : RKE, RFID...
	MICRF010	300 à 440 MHz	ASK/OOK	2	-103 (433,92MHz)	4,75à 5,5	2,9	0,5 max.	SOIC-8	-40 à +85°C	Famille QwikRadio. Mode fixe. Applications typiques : RKE, RFID...
Microchip	rRXD0420	300 à 450 MHz	FSK/FM/ASK	80 (ASK), 40(FSK)	-111 (FSK)	2,5 à 5,5	6,5 à 8,2	0,1 max.	LQFP-32	-40 à +85°C	Gain du LNA ajustable.
	rRXD0920	800 à 930 MHz	FSK/FM/ASK	80 (ASK), 40(FSK)	-109 (FSK)	2,5 à 5,5	7,5 à 9,2	0,1 max.	LQFP-32	-40 à +85°C	Gain du LNA ajustable.
RF Monolithics	RXC101	300 MHz à 1 GHz	FSK/OOK	256	-113 (433 MHz), -110 (868 MHz)	2,2 à 5,4	9 (868 MHz)	0,15 max.	TSSOP-16	-40 à +85°C	Récepteur multicanal à conversion directe. Interface SPI. Détecteur de tension de batterie basse. Divers modes basse consommation. RSSI analogique et numérique.
Zarlink Semiconductor	KESRX04	260 à 470 MHz	ASK	50	-103	3 à 6	3,7	50 max.	QSOP-24	-40 à +85°C	

➤ de garage, de commande de ventilateur ou d'air conditionné, etc.

Mais, une situation envisagée sous des angles divers peut se traduire par des choix différents. A cet égard, nous prendrons l'exemple d'une application classique de collecte de données par voie RF. Soit l'unité distante envoie ses données à intervalles réguliers à une base, qui se charge d'emmagasiner les informations. Soit un dialogue s'installe entre les entités (avec procédures d'acquiescement et de confirmation), ce qui demande une liaison bidirectionnelle, avec de part et d'autre un émetteur-récepteur. Dans un tel cas, l'unité distante est en veille, tant qu'elle n'a pas reçu un signal de réveil, ce qui optimise la gestion de la communication.

Large bande ou bande étroite?

Une fois les caractéristiques essentielles de la liaison définies, parmi lesquelles la fréquence, le débit, le type de modulation, le mode de fonctionnement (duplex, semi-duplex), la plage de

température, le codage des données (NRZ, Manchester...), il reste à faire son choix parmi un catalogue de produits déjà bien délimité. Une multitude de sociétés citées dans le tableau (Micrel, RF Monolithics, Semtech...) ou non proposent des modules prêts à l'emploi, dont il ne sera pas ici question.

Côté réception, la sensibilité est un critère de première importance puisqu'elle est directement

corrélée à la portée et à la qualité de la communication. La sensibilité doit être précisée en indiquant la nature de la modulation, le débit et la largeur de la bande de filtrage.

Lorsqu'on opère en bande étroite, avec des canaux peu espacés (25kHz, voire 12,5kHz) et un filtrage serré, l'immunité au bruit et la sensibilité n'en sont que meilleures. La contrepartie est que toute dérive de fréquence

doit être compensée. Cette relation entre la largeur de bande et la stabilité en fréquence explique le choix « historique » de la fréquence 433,92 MHz pour de nombreux systèmes existants. Les fréquences RF et de l'oscillateur local sont en effet ici souvent dérivées d'un résonateur SAW générique, bon marché mais aussi peu précis. Le choix de cette porteuse, située en milieu de bande, associé à une bande FI large donnent l'assurance de rester dans la plage de fonctionnement en dépit des variations de température et de process.

Aujourd'hui, avec un circuit à PLL et son quartz, scruter deux fréquences différentes avec un récepteur ne pose plus guère de problème. Une résolution fine de

Suite p.83



Le CC2431 de Texas Instruments (gamme Chipcon) constitue un système sur une puce ZigBee. Il embarque en effet un transceiver 2,4GHz, un microcontrôleur de type 8051, de la mémoire flash avec la pile de protocoles. Il dispose de surcroît d'une fonction de localisation originale.

III.- Les émetteurs-récepteurs

Fabricant	Référence	Bandes de fréquences	Modulations supportées	Débits (kbaud)	Multicanal	Puissance de sortie Tx (dBm)	Sensibilité Rx (dBm)	Tension d'alimentation (V)	Consommation			
									Tx (mA)	Rx (mA)	Veille ou arrêt (µA)	Microcontrôleur
AMI Semiconductor	AMIS-52000	260 à 700 MHz	ASK/OOK	19,2		- 26 à + 6	- 103 (1,2 kbit/s)	2,4 à 3,3	25	7,5	0,5 typ.	
	AMIS-52100	350 à 448 MHz	ASK/OOK	16		- 3 à + 12	- 117 (1 kbit/s)	2,3 à 3,6	20	7,5	0,5 typ.	
	AMIS-53000	300 à 928 MHz	FSK/GFSK/OOK	128 (FSK/GFSK), 19,2(OOK)	x	0 ou + 15	- 105 (FSK, 20 kbits/s), - 115 (OOK, 1 kbit/s)	2,2 à 3,3	50 (+ 15 dBm)	12	2 max.	
Analog Devices	ADF7020-1	135 à 650 MHz	FSK/GFSK/ASK/OOK/GOOK	200 (FSK), 64(ASK)	x	- 20 à + 13 (63 pas)	-114(315 MHz, 9,6kbits/s, FSK)	2,3 à 3,6	21 (+ 10 dBm)	17,6	1 max.	
	ADF7025	431 à 464 MHz, 862 à 870 MHz, 902 à 928 MHz	FSK/GFSK	384	x	- 16 à + 13 (63 pas)	-104,2 (915 MHz, 38,4kbits/s, FSK)	2,3 à 3,6	28 (+ 10 dBm)	19	1 max.	
AnSem	ANS1502	300 MHz à 1 GHz	FSK	115,2	x	- 12 à + 12	- 113 (9,6 kbaud)	2,1 à 3,6	15			
Atmel	ATA5423	312,5 à 317,5 MHz	FSK/ASK	40	x	+ 10 typ.	- 110,5 (FSK), - 117,5 (ASK)	2,4 à 3,6 ou 4,4 à 6,6	15,7	10,5	0,01 typ.	
	ATA5425	342,5 à 347,5 MHz	FSK/ASK	40	x	+ 10 typ.	- 110,3 (FSK), - 117,3 (ASK)	2,4 à 3,6 ou 4,4 à 6,6	15,8	10,5	0,01 typ.	
	ATA5428	431,5 à 436,5 MHz, 862 à 872 MHz	FSK/ASK	40	x	+ 10 typ.	- 106,8 (FSK, 868 MHz), - 113,8 (ASK, 868 MHz)	2,4 à 3,6 ou 4,4 à 6,6	15,8 ou 17,3	10,5 ou 10,3	0,01 typ.	
	ATA5429	912,5 à 917,5 MHz	FSK/ASK	40	x	+ 10 typ.	- 106,2 (FSK), - 113,2 (ASK)	2,4 à 3,6 ou 4,4 à 6,6	19,3	10,3	0,01 typ.	
	ATA5811	433 à 435 MHz, 867 à 870 MHz	FSK/ASK	40		+ 10 typ.	- 109,5/- 116,5 (FSK/ASK, 433 MHz, 2,4 kbaud)	2,4 à 3,6	17,3 (868 MHz), 15,8 (433 MHz)	10,3 (868 MHz), 10,5 (433 MHz)	0,01 typ.	
	ATA5812	313 à 316 MHz	FSK/ASK	40		+ 10 typ.	- 110,5 (FSK, 2,4 kbaud)	2,4 à 3,6	15,7	10,5	0,001 typ.	
	ATA5823	314 à 316 MHz	FSK/ASK	40	x	+ 10 typ.	- 110 (FSK), - 116,5 (ASK)	2,15 à 3,6 ou 4,4 à 5,25	15,7	10,5	0,01 typ.	
	ATA5824	433 à 435 MHz, 867 à 870 MHz	FSK/ASK	40	x	+ 10 typ.	- 109/- 106,3 (FSK), - 115,5/- 112,8 (ASK)	2,15 à 3,6 ou 4,4 à 5,25	15,8 / 17,3	10,5 / 10,3	0,01 typ.	
	AT86RF211S	400 à 950 MHz	FSK	115	x	+ 14 à + 16 (8 pas)	- 100	2,4 à 3,6	40	23	0,5 typ.	
	ATR2406	2,4 à 2,483 GHz	GFSK	1152	x	+ 4	- 93 (1152 kbits/s)	2,9 à 3,6 / 3,2 à 4,6	42	57	1	
Austria-microsystems	AS3981	315 ou 433 MHz	FSK	40	x	- 11,5 à + 9	- 104	2,3 à 5,25	14 (+ 6 dBm)	13	0,3	
Cypress	CYWUSB6934	2,4 à 2,483 GHz	GFSK	62,5	x	0 max.	- 90	2,7 à 3,6	69	58	10 max.	
	CYWUSB6935	2,4 à 2,483 GHz	GFSK	62,5	x	0 max.	- 95	2,7 à 3,6	69	58	15 max.	
	CYWUSB6953	2,4 à 2,483 GHz	GFSK	62,5	x	0 max.	- 95	2,7 à 3,6	74	61	20 max.	x
	CYRF6936	2,4 à 2,483 GHz	GFSK	1000 (GFSK), 250 (DSSS)	x	+ 4 max.	- 95	1,8 à 3,6	25 (0 dBm)	23	10 max.	
Ember	EM250	2,4 à 2,5 GHz	O-QPSK	250	x	- 32 à + 5	- 98	2,1 à 3,6	33 (+ 5 dBm)	35,5	1 max.	x

Boîtier	Plage de températures	Remarques
SSOP-20	0 à + 50°C	Applications en bande étroite. 2 voies de réception pour diversité d'antennes. Interface I ² C.
SSOP-20	0 à + 70°C	Applications en bande étroite. 2 voies de réception pour diversité d'antennes. Interface I ² C. Recouvrement de l'horloge et des données.
LQFP-32 (9 x 9 mm)	- 40 à + 85°C	Cmos. Interface I ² C/SPI. VCO et PLL fractionnaire. CAN 8 bits. Utilisation d'un ou deux étages d'amplification (0 ou + 15 dBm).
CSP-48 (7 x 7 mm)	- 40 à + 85°C	VCO et PLL fractionnaire sigma- delta. CAF. Diviseur de fréquence par 2. Bus série. CAN 7 bits. Commutateur Rx/Tx. Capteur de température.
CSP-48 (7 x 7 mm)	- 40 à + 85°C	VCO et PLL fractionnaire sigma- delta. Diviseur de fréquence par 2. Bus série. CAN 7 bits. Commutateur Rx/Tx. Capteur de température.
SSOP-24		RSSI numérique. Applications large bande (200 kHz) ou bande étroite (25kHz). Autocalibrage du VCO possible.
QFN-48 (7 x 7 mm)	- 40 à + 85°C	
QFN-48 (7 x 7 mm)	- 40 à + 85°C	
QFN-48 (7 x 7 mm)	- 40 à + 85°C	
QFN-48 (7 x 7 mm)	- 40 à + 85°C	
QFN-48 (7x7 mm)	- 40 à + 105°C	Commutateur Rx/Tx. RSSI. Interface SPI.
QFN-48 (7 x 7 mm)	- 40 à + 105°C	Commutateur Rx/Tx. RSSI Interface SPI.
QFN-48 (7 x 7 mm)	- 40 à + 105°C	Commutateur Rx/Tx. RSSI. Interface SPI.
QFN-48 (7 x 7 mm)	- 40 à + 105°C	Commutateur Rx/Tx. RSSI. Interface SPI.
TQFP-48 (9 x 9 mm)	- 40 à + 85°C	RSSI rapide. Résolution de fréquence 200 Hz.
QFN-32 (5 x 5 mm)	- 10 à + 60°C	95 canaux. La consommation peut être réduite en utilisant le mode burst.
QFN-40 (6x6 mm)	- 40 à + 85°C	2 versions. Cmos 0,35 µm. Synthétiseur fractionnaire. Interface série. Sortie RSSI. Commutateur Rx/Tx.
QFN-48 (7 x 7 mm)	0 à + 70°C	WirelessUSB. Mode DSSS. Interface SPI. Dynamique de réglage du niveau d'émission : 30 dB par pas de 4,3 dB. Identifiant sur 30 bits.
QFN-48 (7 x 7 mm)	- 40 à + 85°C	WirelessUSB. Mode DSSS. Interface SPI. Mode DSSS. Dynamique de réglage du niveau d'émission : 28,6 dB par pas de 4,1 dB. Identifiant sur 30 bits.
QFN-48 (7 x 7 mm)	0 à + 70°C	WirelessUSB. PRoC (Programmable radio on chip). Mode DSSS. µC cadencé jusqu'à 12 MHz. 8 Ko de flash, 512 octets de Sram. 2 CAN 8 bits 28 canaux. 2 comparateurs.
QFN-40 (6 x 6 mm)	0 à + 70°C	WirelessUSB. Interface SPI. Interopérable avec les CYWUSB69xx de génération précédente. Mode GFSK ou GFSK + DSSS.
QFN-48 (7 x 7 mm)	- 40 à + 85°C	SoC avec transceiver IEEE 802.15.4 et microprocesseur 16 bits. 128 Ko de flash et 5 Ko de Sram. Régulateur de tension 1,8 V. CAN 12 bits. Moteur de cryptage AES.

Suite page 84



Les émetteurs de la série TH720x5 de Melexis sont encapsulés dans un boîtier dont les dimensions sont de 3x3mm seulement. Les différents éléments se distinguent par leur couverture de fréquence : 290-350MHz, 380-450MHz et 850-930MHz.

➤ fréquence permettra par ailleurs de compenser l'imprécision de l'élément résonnant. Un capteur de température est parfois inclus pour réaliser le même objectif.

Les autres paramètres en réception sont en rapport avec la sélectivité, la réjection des canaux adjacents et de cocanal, ainsi que le comportement en présence d'un bloqueur à fort niveau. La réjection de cocanal qualifie la robustesse du récepteur vis-à-vis d'un système voisin émettant sur la fréquence utile. Quant aux performances de blocage, elles donnent une idée sur les performances du récepteur en présence de signaux forts (TV, radiotéléphone cellulaire...) situés hors bande.

Pour ce qui est de la partie émission, on exige généralement que la puissance de sortie soit ajustable selon une plage assez large. Par exemple, la dynamique de réglage des ADF701x d'Analog Devices est de 30 dB, par pas de 0,3dB seulement. La programmation des registres 24 bits s'effectue ici par l'intermédiaire d'une interface série. Pour éviter la génération de signaux indésirables, susceptibles de polluer le spectre, l'amplificateur de puissance doit impérativement être coupé, dès lors que la PLL interne

n'est pas verrouillée ou si la tension d'alimentation chute sous un certain seuil.

Dans un environnement encombré où les problèmes de coexistence sont à l'ordre du jour, une solution à canaux multiples se révèle attractive. Elle devient une nécessité pour les systèmes pratiquant l'agilité de fréquence ou ceux basés sur le protocole LBT (Listen before talk). Et ce pour éviter au mieux les interférences avec les autres entités exploitant la même bande de fréquences. Dans un tel cas, la recherche et la sélection automatique de canal se feront de façon logicielle, à l'aide d'un algorithme dédié.

La sélection du canal reposera essentiellement sur des critères de pureté spectrale, afin de se conformer aux normes en vigueur. La très basse résolution en fréquence obtenue avec une PLL fractionnaire permet de choisir tout canal dans la bande considérée, tout en facilitant la réalisation de systèmes à saut de fréquence.

Privilégier l'autonomie

Beaucoup de dispositifs, notamment de contrôle et de surveillance, fonctionnent essentiellement sur piles. Si la base est alimentée sur le secteur, tel n'est

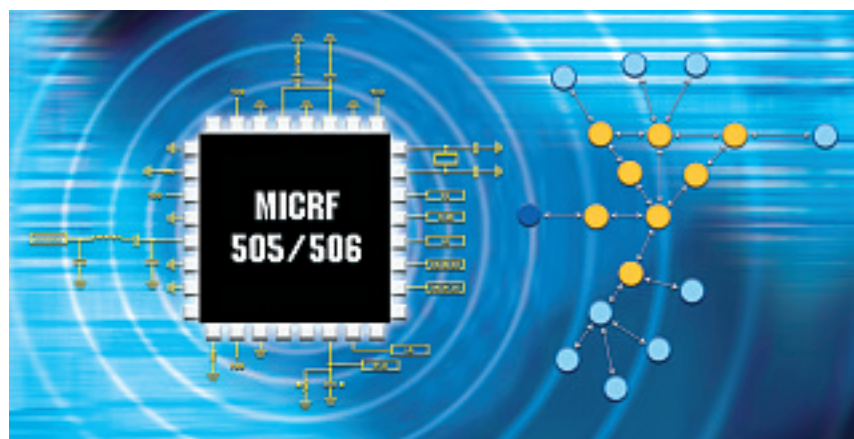
Suite p.85

III.- Les émetteurs-récepteurs

Fabricant	Référence	Bandes de fréquences	Modulations supportées	Débits (kbaud)	Multicanal	Puissance de sortie Tx (dBm)	Sensibilité Rx (dBm)	Tension d'alimentation (V)	Consommation			
									Tx (mA)	Rx (mA)	Veille ou arrêt (µA)	Microcontrôleur
Ember	EM260	2,4 à 2,485 GHz	O-QPSK	250	x	-32 à +4	-94	2,1 à 3,6	27	26	1 max.	x
	EM2420	2,4 à 2,4835 GHz	O-QPSK	250	x	-24 à 0 (8 pas)	-94	2,1 à 3,6	17,4 (0 dBm)	19,7	1 max.	
Freescale Semiconductor	MC13211/13212 /13213/13214	2,405 à 2,480 GHz	O-QPSK	250	x	-27 à +4	-94	2 à 3,4	30 (0 dBm)	37	0,2 typ.	x
	MC13192/13193	2,405 à 2,480 GHz	O-QPSK	250	x	-27 à +4	-92	2 à 3,4	30 (0 dBm)	37	2,5 max.	
	MC13201	2,405 à 2,480 GHz	O-QPSK	250	x	-27 à +4	-91	2 à 3,4	30 (0 dBm)	37	2,5 max.	
	MC13202/13203	2,405 à 2,480 GHz	O-QPSK	250	x	-27 à +4	-92	2 à 3,4	30 (0 dBm)	37	2,5 max.	
Infineon Technologies	TDA5250	868 à 870 MHz	FSK/ASK	64		+13	-109 (ASK/FSK, 4 kbits/s)	2,1 à 5,5	9 (FSK)	12 (FSK)	0,005 typ.	
	TDA5251	312 à 325 MHz	FSK/ASK	64		+13	-109 (ASK/FSK, 4 kbits/s)	2,1 à 5,5	9 (FSK)	13 (FSK)	0,005 typ.	
	TDA5252	910 à 920 MHz	FSK/ASK	64		+13	-109 (ASK/FSK, 4 kbits/s)	2,1 à 5,5	9 (FSK)	13 (FSK)	0,005 typ.	
	TDA5255	433 à 435 MHz	FSK/ASK	100		+13	-109 (ASK/FSK, 4 kbits/s)	2,1 à 5,5	9 (FSK)	13 (FSK)	0,005 typ.	
Integration Associates	IA4420	315, 433, 868, 915 MHz	FSK/OOK	256 (FSK), 1 (OOK)	x	+8 (433 MHz), +4 (868 MHz), pas de 3 dB	-109 (1,2 kbits/s)	2,2 à 5,4	21 à 24	13 à 17	0,3 typ.	
Maxim	MAX2420/2421/2422	800 MHz à 1 GHz	FSK/BPSK/QPSK		x	+2 max.		2,7 à 4,8	26	23	0,5 typ.	
	MAX2460/2463	800 MHz à 1 GHz	FSK/BPSK/QPSK		x	+2 max.		2,7 à 4,8	26	23	0,5 typ.	
	MAX7030	315, 345, 433, 92 MHz	ASK/OOK	66		+10 max.	-114	2,1 à 3,6 ou 4,5 à 5,5	12,5	6,7	0,8 à 2,4 max.	
Melexis	TH7122	27 à 930 MHz	FSK/FM/ASK	40 (ASK), 115 (FSK)	x	-20 à +10	-107 (ASK), -105 (FSK)	2,2 à 5,5	14 à 24	7 à 11	0,1 max.	
	TH71221	27 à 930 MHz	FSK/FM/ASK	40 (ASK), 115 (FSK)	x	-20 à +10	-107 (ASK), -105 (FSK)	2,2 à 5,5	14 à 24	7 à 11	0,1 max.	
Micrel	MICRF505	850 à 950 MHz	FSK	200	x	-8 à +10 (pas de 3 dB)	-111 (2,4 kbits/s)	2 à 2,5	28 (+10 dBm)	13,5	3 max.	
	MICRF506	410 à 450 MHz	FSK	200	x	-7 à +11 (pas de 3 dB)	-113 (2,4 kbits/s)	2 à 2,5	21,5 (+11 dBm)	12	3 max.	
Nordic Semiconductor	nRF9E5	430 à 928 MHz	GFSK	100	x	+10 max.	-100	1,9 à 3,6	30 (0 dBm)	12,5	2,5 typ.	x
	nRF905	430 à 928 MHz	GFSK	100	x	+10 max.	-100	1,9 à 3,6	30 (0 dBm)	12,5	2,5 typ.	
	nRF24E1	2,4 à 2,524 GHz	GFSK	1000	x	0 max.	-90	1,9 à 3,6	13 mA (0 dBm)	18 (250 kbits/s)	2 typ.	x
	nRF2401A	2,4 à 2,524 GHz	GFSK	1000	x	0 max.	-93	1,9 à 3,6	13 (0 dBm)	18 (250 kbits/s)	0,4 typ.	
	nRF24AP1	2,4 à 2,524 GHz	GFSK	1000	x	0 max.	-80	1,9 à 3,6	16	22	2 typ.	

Boîtier	Plage de températures	Remarques
QFN-40 (6 x 6 mm)	- 40 à + 85°C	Transceiver IEEE 802.15.4 et processeur réseau avec implantation de ZigBee jusqu'à la couche réseau. Interface SPI ou Uart. Moteur de cryptage AES. Régulateur de tension
QLP-48 (7 x 7 mm)	- 40 à + 85°C	Compatible IEEE 802.15.4. Surveillance de batterie. Régulateur de tension. Accélérateur de cryptage AES 128.
LGA-71 (9 x 9 mm)	- 40 à + 85°C	SiP réunissant un microcontrôleur HCS08 et un transceiver 2,4 GHz compatible IEEE 802.15.4. Différentes configurations mémoire et pile ZigBee éventuelle.
QFN-32 (5 x 5 mm)	- 40 à + 85°C	PHY/MAC 802.15.4 pour les µC HCS08 et pile ZigBee pour le MC13193. 16 canaux. Interface SPI. 3 modes basse consommation. 7 E/S d'usage général.
QFN-32 (5 x 5 mm)	- 40 à + 85°C	PHY IEEE 802.15.4. 16 canaux. Protocole propriétaire. Interface SPI. 3 modes basse consommation. 7 E/S d'usage général. Commutateur Rx/Tx.
QFN-32 (5 x 5 mm)	- 40 à + 85°C	PHY/MAC 802.15.4 pour les µC HCS08 et pile ZigBee pour le MC13203. 16 canaux. Interface SPI. 3 modes basse consommation. 7 E/S d'usage général. Commutateur Rx/Tx.
TSSOP-38	- 40 à + 85°C	Interface I ² C.
TSSOP-38	- 40 à + 85°C	Interface I ² C.
TSSOP-38	- 40 à + 85°C	Interface I ² C.
TSSOP-38	- 40 à + 85°C	Interface I ² C.
TSSOP-16	- 40 à + 85°C	Détecteur de tension batterie basse. Interface SPI.
SSOP-28	- 40 à + 85°C	Réjection image 35 dB. LNA à gain ajustable. Les circuits se différencient selon la fréquence FI (10,7, 46 ou 70 MHz) en supradyn.
SSOP-28	- 40 à + 85°C	Réjection image 35 dB. LNA à gain ajustable. Les circuits se différencient selon la fréquence FI (10,7 ou 110 MHz) en infradyne.
QFN-32	- 40 à + 125°C	PLL fractionnaire. Commutateur Rx/Tx. Fréquence ajustée en usine.
LQFP-32	- 40 à + 85°C	Gain du LNA commutable. Bus série 3 fils.
QFN-32 (5 x 5 mm)	- 40 à + 85°C	Gain du LNA commutable. Bus série 3 fils.
MLF-32 (5 x 5 mm)	- 40 à + 85°C	Famille RadioWire. Récepteur à FI nulle. Interface série 3 fils. RSSI. Commutateur Rx/Tx.
MLF-32 (5 x 5 mm)	- 40 à + 85°C	Famille RadioWire. Récepteur à FI nulle. Interface série 3 fils. RSSI. Commutateur Rx/Tx.
QFN-32 (5 x 5 mm)	- 40 à + 85°C	Microcontrôleur type 8051. CAN 10 bits 4 entrées (80 kéch/s). Protocole ShockBurst.
QFN-32 (5 x 5 mm)	- 40 à + 85°C	Protocole ShockBurst. Interface SPI.
QFN-36 (6 x 6 mm)	- 40 à + 85°C	Cmos 0,18 µm. 125 canaux. Microcontrôleur type 8051. CAN 10 bits 9 entrées (100 kéch/s). Protocoles ShockBurst et DuoCeiver.
QFN-24 (5 x 5 mm)	- 40 à + 85°C	125 canaux. Protocoles ShockBurst et DuoCeiver. Seulement 2 composants externes (avec horloge µC).
QFN-24 (5 x 5 mm)	- 40 à + 85°C	125 canaux. Protocole embarqué pour réseau PAN. Jusqu'à 4 connexions bidirectionnelles indépendantes simultanées. Interface SPI.

Suite page 86



Avec le protocole MicreNet et les transceivers MICRF505/506, Micrel offre une solution configurable permettant de réaliser à moindre frais un réseau sans fil. Et ce, selon des topologies plus ou moins complexes, allant d'une configuration en étoile à une structure à niveaux multiples avec fonction répéteur.

► généralement pas le cas des éléments déportés. Ceux-ci doivent souvent se satisfaire d'une cellule Li-ion, qui constitue une source d'alimentation légère et peu encombrante. De ce fait, un fonctionnement basse tension et une faible consommation sont de première importance. Cette question de l'autonomie est même cruciale dans certaines applications où une intervention humaine se révèle délicate. A titre d'exemple, nous citerons les compteurs d'eau ou d'électricité, situés dans les locaux privés voire, pour certains compteurs d'eau, enterrés.

Dans les systèmes pour lesquels une autonomie de batterie d'une dizaine d'années est demandée, la consommation en mode actif, mais également en veille, ne constitue plus un paramètre secondaire.

De plus, le temps de transition entre les différents modes doit s'effectuer dans les plus brefs délais. Les feuilles de caractéristiques des constructeurs indiquent une consommation en mode actif, en veille ou à l'arrêt. Il convient de déterminer quels blocs sont effectivement alimentés pendant ces modes. Enfin, pour un système fonctionnant par intermittence, la consommation réelle tient compte du rapport cyclique, soit du temps pendant lequel le système est actif sur une période donnée.

Beaucoup de paramètres influent sur la consommation et, entre autres, la modulation. Si cette dernière est à enveloppe constante, il sera en effet possi-

ble de profiter du bon rendement affiché par un PA œuvrant en mode non linéaire. Parmi ces schémas de modulation: 2FSK, ou encore la modulation O-QPSK avec mise en forme par sinus demi-onde retenue pour ZigBee.

Le fonctionnement en bande étroite, semi-étroite ou large a également des répercussions indirectes sur la consommation. En effet, les systèmes large bande sont sujets à ce que l'on appelle l'interception de faux réveil. Concrètement, plus la bande est large, plus la probabilité d'accrocher un signal non destiné est forte. La conséquence est le réveil inopportun du récepteur, qui induit un surcroît de consommation. De toute évidence, l'architecture intervient dans les performances constatées, mais aussi dans le nombre des composants externes. La structure du transceiver peut être à super-réaction, superhétérodyne, à FI basse ou à conversion directe. La première est simple mais jugée peu performantes selon certains critères, dont la réjection des canaux adjacents fait partie. L'architecture superhétérodyne est classique, et si un double changement de fréquence se traduit par une excellente sélectivité, cela est obtenu au prix d'une structure assez lourde. Quant aux architectures à FI nulle ou proche de zéro, elles sont actuellement très en vogue, étant donné que le filtrage de canal peut être aisément réalisé sur la puce. Si la conversion directe fait l'im-

Suite p.87

III.- Les émetteurs-récepteurs

Fabricant	Référence	Bandes de fréquences	Modulations supportées	Débits (kbaud)	Multicanal	Puissance de sortie Tx (dBm)	Sensibilité Rx (dBm)	Tension d'alimentation (V)	Consommation			
									Tx (mA)	Rx (mA)	Veille ou arrêt (µA)	Microcontrôleur
Nordic Semiconductor	nRF24L01	2,4 à 2,525 GHz	GFSK	2000	x	0 max.	- 85 (1 Mbit/s)	1,9 à 3,6	11,3	12,3	0,9 typ.	
	nRF24Z1	2,4 à 2,521 GHz	GFSK	4000	x	0 max.	-80	2 à 3,6	15 (-5 dBm)	32	5 typ.	
Oki Semiconductor	ML7065	2,405 à 2,480 GHz	O-QPSK	250	x	0	-90	2,5	-	-	2	
RF Monolithics	TRC101	300 MHz à 1 GHz	FSK	256	x	- 16 à + 5 (868 MHz, pas de 3 dB)	-103(433 MHz), - 100 (868 MHz)	2,2 à 5,4	22 (Pmax, 868 MHz)	9,5 (868 MHz)	0,25 max.	
Semtech	XE1201A	300 à 500 MHz	CPFSK	64		-15 à + 5 (4 pas)	- 109 (8 kbits/s)	2,4 à 5,5	13,5 (+ 5 dBm)	6	1 max.	
	XE1202A	433 à 435 MHz, 868 à 870 MHz, 902 à 928 MHz	CPFSK	76,8	x	0 à + 15 (4 pas)	- 116 (869/915 MHz)	2,4 à 3,6	62 (+ 15 dBm)	14	1 max.	
	XE1203F		CPFSK	152,3	x	0 à + 15(4 pas)	- 114 (4,8 kbits/s)	2,4 à 3,6	62 (+ 15 dBm)	14	1 max.	
	XE1205		CPFSK	152,3	x	0 à + 15 (4 pas)	- 116 (4,8 kbits/s)	2,4 à 3,6	62 (+ 15 dBm)	14	1 max.	
	XE1283		CPFSK	152,3	x	0 à + 15 (4 pas)	- 113 (4,8 kbits/s)	2,4 à 3,6	72 (+ 15 dBm)	14	1 max.	x
Texas Instruments (gamme Chipcon)	TRF5901	902 à 928 MHz	FSK/FM			+ 5		3 à 3,6	21 à 37	28	0,5 typ.	
	TRF6900A	850 à 950 MHz	FSK/FM			+ 5		2,2 à 3,6	21 à 37	26	0,5 typ.	
	TRF6903	304 à 928 MHz	FSK/OOK			+ 8		2,2 à 3,6	28 à 37	18 à 20	0,5 typ.	
	CC1000	300 MHz à 1 GHz	FSK/ASK	76,8	x	- 20 à + 10 (433 MHz), -20 à + 5 (868 MHz)	- 110 (433 MHz), - 107 (868 MHz) à 2,4 kBaud	2,1 à 3,6	10,4(433 MHz, 0dBm),16,5 (868MHz,0dBm)	7,4 (433 MHz), 9,6 (868 MHz)	1 max.	
	CC1010	300 MHz à 1 GHz	FSK/ASK	76,8	x	- 20 à + 10 (433 MHz), - 20 à + 4 (868 MHz)	- 107 (433 MHz), - 106 (868 MHz) à 2,4 kBaud	2,7 à 3,6	10,4(433 MHz, 0dBm),17 (868MHz,0dBm)	9,1 (433 MHz), 11,9 (868 MHz)	1 max.	x
	CC1020	402 à 470 MHz, 804 à 940 MHz	FSK/GFSK/OOK	153,6	x	- 20 à + 10 (433 MHz), - 20 à + 5 (868 MHz)	-118(433 MHz), - 116 (868 MHz), FSK, canaux à 12,5 kHz	2,3 à 3,6	16,2(433 MHz, 0dBm),20,5 (868MHz,0dBm)	19,9	1,8 max.	
	CC1021	402 à 470 MHz, 804 à 940 MHz	FSK/GFSK/OOK	153,6	x		-109(433 MHz), - 108 (868 MHz), FSK, filtre 38,4 kHz	2,1 à 3,6		19,9	1,8 max.	
	CC1100	300 à 348 MHz, 400 à 464 MHz, 800 à 928 MHz	FSK/GFSK/MSK/OOK	500	x	- 30 à + 10	- 110 (FSK, 1,2 kbits/s)	1,8 à 3,6	16,1 (433 MHz, 0 dBm), 16,6 mA (868 MHz)	14,5 (433 MHz), 14,2 (868 MHz), 2,4 kbits/s	0,9 typ.	
	CC1110		FSK/GFSK/MSK/OOK	500	x	- 30 à + 10	- 109 (FSK, 1,2 kbits/s)	2 à 3,6	31	22	0,6 µA typ.	x
	CC2400	2,4 à 2,483 GHz	FSK/GFSK	1000	x	- 25 à 0 (8 pas)	- 101 (10 kbits/s), - 85 (1 Mbit/s)	1,6 à 2	19 (0 dBm)	24	5 max.	
	CC2420	2,4 à 2,483 GHz	O-QPSK	250	x	- 24 à 0	- 95	2,1 à 3,6	17,4 (0 dBm)	18,8	20 typ.	
	CC2430	2,4 à 2,483 GHz	O-QPSK	250	x	- 24 à 0	- 94	2 à 3,6	25	27	0,6 typ.	x
	CC2431	2,4 à 2,483 GHz	O-QPSK	250	x	- 24 à 0	- 94	2 à 3,6	25	27	0,6 typ.	x
	CC2500	2,4 à 2,483 GHz	FSK/GFSK/MSK/OOK	500	x	- 20 à + 1	- 88 (250 kbits/s), - 98 (10 kbits/s)	1,8 à 3,6	21,2 (0 dBm)	13,3	0,4 typ.	
	CC2510	2,4 à 2,483 GHz		500	x	- 30 à + 1		2 à 3,6	24	23	0,6 typ.	x

Boîtier	Plage de températures	Remarques
QFN-20 (4 x 4 mm)	- 40 à + 85°C	125 canaux. Protocole ShockBurst. Interface SPI.
QFN-36 (6 x 6 mm)	- 40 à + 80°C	Cmos 0,18 µm. Applications de streaming audio. Interfaces S/PDIF, SPI et I2S. Régulateurs intégrés.
VQFN-48 (7 x 7 mm)	- 25 à + 70°C	Compatible PHY/MAC 802.15.4 et ZigBee. 16 canaux. Interface hôte HCI.
TSSOP-16	- 40 à + 85°C	Interface SPI. Détecteur de tension de batterie basse. Divers modes basse consommation. RSSI analogique et numérique.
TQFP-32	- 40 à + 70°C	Interface série 3 fils.
LQFP-44	- 40 à + 85°C	RSSI et indicateur d'erreur de fréquence. Interface série.
VQFN-48	- 40 à + 85°C	RSSI et indicateur d'erreur de fréquence. Interface série.
VQFN-48	- 40 à + 85°C	Fonctionnement en bande étroite (canaux à 25 kHz). RSSI et indicateur d'erreur de fréquence. Interface série compatible SPI.
LFBGA-72 (10 x 10 mm)	- 40 à + 85°C	Cœur Risc 8 bits CoolRisc (6 Mips max.) avec 512 octets de Ram. 22KoMTP. RSSI et indicateur d'erreur de fréquence.
LQFP-48	- 40 à + 85°C	FM bande étroite. DDS 24 bits avec CNA 11 bits.
LQFP-48	- 40 à + 85°C	FM bande étroite. DDS 24 bits avec CNA 11 bits.
LQFP-48	- 40 à + 85°C	Interface série 3 fils.
TSSOP-28	- 40 à + 85°C	Cmos 0,35 µm. Fréquence programmable par pas de 250 Hz. Pas de commutateur RF ou de filtre FI requis. Sortie RSSI.
TQFP-64	- 40 à + 85°C	Système sur puce avec µC de type 8051. Cmos 0,35 µm. 32Ko de flash. CAN 10 bits 3 canaux. Moteur DES.
QFN-32	- 40 à + 85°C	Cmos 0,35 µm. Bande étroite (canaux à 25 ou 12,5 kHz).
QFN-32	- 40 à + 85°C	Cmos 0,35 µm. Bande étroite (canaux à 50 kHz).
QLP-20 (4 x 4 mm)	- 40 à + 85°C	Cmos 0,18 µm. Interface SPI. Capteur de température. Correction d'erreurs (FEC) et entrelacement optionnels.
QLP-36 (6 x 6 mm)	- 40 à + 85°C	Système sur puce avec µC de type 8051. Cmos 0,18 µm. 32 Ko de flash. CAN 8-14 bits. Capteur de température. Moteur DES.
QFN-48 (7 x 7 mm)	- 40 à + 85°C	Cmos 0,18 µm. Pas de commutateur RF ou de filtre FI requis. Sortie RSSI.
QFN-48 (7 x 7 mm)	- 40 à + 85°C	Compatible IEEE 802.15.4/ZigBee avec MAC câblé pour AES-128. Surveillance de tension batterie. Pas de commutateur ou filtre requis.
QFN-48 (7 x 7 mm)	- 40 à + 85°C	Compatible IEEE 802.15.4/ZigBee. Système sur puce avec microcontrôleur 8051. 3 versions avec flash de capacités différentes.
QFN-48 (7 x 7 mm)	- 40 à + 85°C	Compatible IEEE 802.15.4/ZigBee. Système sur puce avec microcontrôleur 8051. Fonction de localisation. 128 Ko de flash.
QLP-20 (4 x 4 mm)	- 40 à + 85°C	Cmos 0,18 µm. Correction d'erreurs (FEC) avec entrelacement optionnel. Interface SPI. Capteur de température.
QLP-36 (6 x 6 mm)	- 40 à + 85°C	Cmos 0,18 µm. Système sur puce avec microcontrôleur 8051. 32Ko de flash.



Premier élément de la famille WirelessUSB LP de Cypress, le CYRF6936 offre une faible consommation et un débit de 250kbits/s, voire 1 Mbit/s, avec la technique d'étalement de spectre (DSSS+GFSK) ou en mode GFSK respectivement.

➤ passe sur la réjection d'image, une FI basse mais non nulle évite pour sa part les problèmes liés aux décalages DC et au bruit en 1/f inhérents à la conversion directe.

Grâce à l'intégration des composants critiques, les fortes contraintes de coût et d'encombrement peuvent ainsi être satisfaites. Ceci ajouté aux progrès réalisés en matière d'encapsulation, qui fait que la taille des boîtiers a fondu au fil des ans. Le transceiver multibande CC1100 de Texas Instruments affiche ainsi des dimensions de 4x4mm seulement. Les éléments de la série TH720x5 de Melexis sont pour leur part présentés dans des boîtiers de 3mm de côté, alors que la société ne proposait jusque-là que des transmetteurs au format SOIC à 8 broches.

Soulager le travail du microcontrôleur

Un autre critère de choix concerne l'éventail des fonctions embarquées, notamment celles concernant la gestion du protocole. Dans de nombreux systèmes, celui-ci est orienté paquets avec un préambule, un en-tête avec une adresse ou un identifiant, des informations de contrôle, les données utiles et une fin de message pour la détection et la correction des erreurs. De nombreuses opérations (synchronisation, correction des erreurs, chiffrement des données...) gagnent à être prises en

charge par des blocs matériels et non par le logiciel. Et ce afin de ne pas mettre excessivement à contribution le microcontrôleur hôte qui devrait, dans le cas contraire, disposer de ressources plus conséquentes.

Dans le cas particulier de ZigBee, les plates-formes (Texas Instruments, Freescale, Renesas, Ember, Silicon Laboratories...) commencent à fleurir. Leur but commun est de diminuer le temps de mise sur le marché des produits, ainsi que le coût induit par les procédures de certification. Ces plates-formes se composent d'une conception de référence – une carte dont l'ingénieur peut intégralement s'inspirer, ou un module englobant un transceiver compatible IEEE 802.15.4, un microcontrôleur, les composants annexes (réseau d'adaptation de l'antenne, le quartz et ses condensateurs de charge), ainsi que des briques logicielles indispensables (fonctions MAC, pile protocolaire ZigBee).

Mais d'autres sociétés mettent à disposition un protocole propriétaire pour la mise en place d'une connectivité réseau sans fil. Tel est le cas de Micrel avec MicrelNet, une solution entièrement gratuite configurable pour fonctionner selon différents schémas de plus ou moins grande complexité: du simple réseau en étoile à une topologie à niveaux multiples avec fonction répéteur. PHILIPPE CORVISIER