



Un micro-espion UHF professionnel et son récepteur

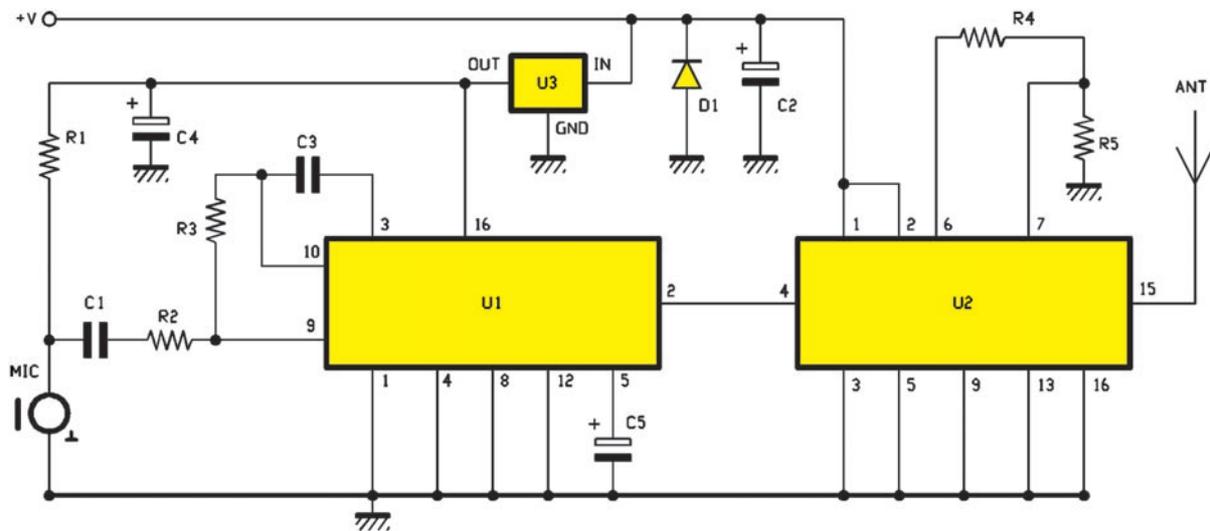


Figure 1: Schéma électrique de l'émetteur.

Doté d'un petit émetteur à quartz FM 433,75 MHz très fidèle, cet appareil est étudié pour fonctionner en micro-espion pour écoute discrète. Sa portée est tout de même d'une centaine de mètres et son micro très sensible est suivi d'un compresseur de dynamique permettant un son parfait, ni trop faible, ni saturé, quelle que soit la source sonore. Le récepteur est, bien sûr, de la même veine.

Ne vous y trompez pas : cet ensemble TX/RX micro-espion, quoiqu'assez bon marché, n'est pas un de ces montages passe-partout dont les revues d'électronique sont friandes, mais un appareil véritablement professionnel !

D'abord l'émetteur est à quartz, donc très stable et ensuite le microphone très sensible est suivi d'un étonnant compresseur de dynamique permettant d'avoir en réception dans les écouteurs un son d'ampli-

tude constante (ni sous ni surmodulé) quelle que soit la position ou l'éloignement du micro par rapport à la source à espionner.

L'émetteur

Il émet en UHF sur 433,75 MHz et en FM, d'où la haute fidélité du son. Il est de petites dimensions grâce à l'utilisation d'un module hybride AUREL et à ses composants externes CMS pour l'étage BF. Le module TX-FM à brochage SIL contient un oscillateur à quartz SAW de 10 mW sur antenne de 50 ohms et comporte une préaccentuation afin de rehausser les aiguës (ainsi la bande passante va de 20 Hz à 30 kHz). Il accepte en entrée des signaux d'amplitude typique 100 mV. Pour nous, ici la source modulante est constituée par un micro électret préamplifié à deux fils. Afin d'éviter la saturation, même en présence de voix fortes ou proches, nous avons inséré, entre le micro et le module, un compresseur de dynamique : c'est un circuit intégré Motorola CMS MC33111 permettant d'amplifier les signaux reçus de manière inversement proportionnelle à leur amplitude.

Le schéma électrique de l'émetteur

On le trouve figure 1. Comme cela est attendu pour un micro-espion, les voix à épier sont captées par un microphone dont le niveau est déjà assez élevé (environ 10 mV, ce qui nous autorise un rapport S/B très favorable). Pour une dissimulation en milieu perturbé (comme un boîtier de prise électrique), cela est fort utile. Ce signal est appliqué à travers C1 (découplage) à l'entrée du compresseur U1 : son étage d'entrée différentielle U1 : son étage d'entrée différentielle produit une première amplification, les étages à gain variable (compresseur et expasseur) fonctionnant avec une amplitude de 100 mV environ.

La section d'entrée fonctionne en mode inverseur (la broche non inverseuse est polarisée intérieurement avec la moitié de la tension d'alimentation du circuit intégré) et son gain en tension dépend du rapport entre R3 et R2 ($G_v = R3/R2$).

En somme, l'amplificateur opérationnel d'entrée amplifie le signal microphonique environ dix fois. La broche 10 de U1 est la sortie de l'amplificateur opérationnel et à partir d'elle le

Liste des composants de l'émetteur

R1..... 3,3 k Ω 1/4 W CMS
 R2..... 2,2 k Ω 1/4 W CMS
 R3..... 100 k Ω 1/4 W CMS
 R4..... 22 k Ω 1/4 W CMS
 R5..... 2,2 k Ω 1/4 W CMS
 C1..... 220 nF multicouche CMS
 C2..... 6,8 μ F 10 V tantale CMS
 C3..... 220 nF multicouche CMS
 C4..... 10 μ F 6,3 V tantale CMS
 C5..... 1 μ F 25 V tantale CMS
 D1..... 1N4007
 U1..... MC33111P
 U2..... module Aurel TX-FM AUDIO
 U3..... régulateur 78L05
 ANT ... antenne accordée (fil 17 cm)
 MIC .. capsule micro préamplifiée

Divers:

1prise pour pile 6F22 9 V

signal amplifié est appliqué à l'entrée de l'étage compresseur, correspondant à la broche 3. C3 transfère le signal et bloque la composante continue due à la polarisation de l'amplificateur opérationnel d'entrée (sa sortie est normalement à un potentiel égal à la moitié de l'alimentation).

Le compresseur est un circuit intégré à gain variable pouvant fonctionner comme amplificateur ou atténuateur en fonction du niveau du signal reçu entre la broche 3 et la 1 de masse: la référence est à 100 mVeff et, quand le signal descend au-dessous de ce niveau, l'étage l'amplifie jusqu'à atteindre justement 100 mV. Inversement, si le niveau du signal microphonique dépasse cette valeur, l'étage à gain variable devient atténuateur et le limite, tout en cherchant à le maintenir à 100 mV. En fait l'étage à gain variable opère dans une fourchette de 30 dB, atténuant les signaux reçus jusqu'à 40 dB (cent fois) ou les amplifiant de 20 dB (dix fois) respectivement si leur amplitude est supérieure ou inférieure aux 100 mVeff de référence. Cela sert à comprimer la dynamique jusqu'à 30 dB: si le signal de référence à 0 dB est de 100 mV, le plus ample ne dépassera pas +10 dB et le plus faible ne descendra pas au-dessous de -20 dB.

En ce qui concerne notre circuit, les sons faibles (inférieurs à 10 mVeff) atteignent la broche 3 avec un niveau inférieur à 100 mV et l'étage de

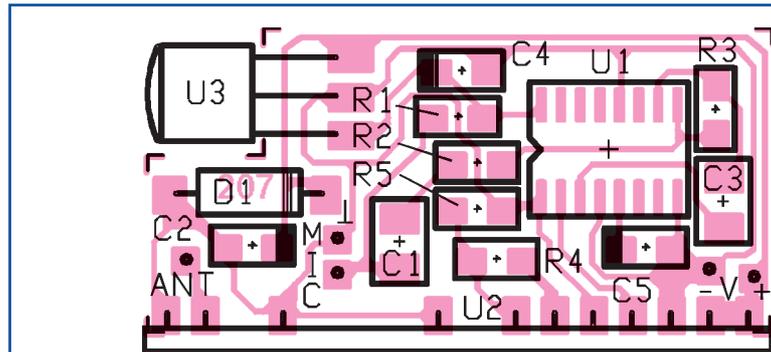


Figure 2a: Schéma d'implantation des composants de l'émetteur, à l'échelle 2.

compression à gain variable n'intervient pas tant que le niveau n'est pas inférieur de 20 dB. Quand il l'est, il le relève au moins à la valeur de seuil de -20 dB (10 mV).

Si l'amplitude du signal microphonique amplifié par l'amplificateur opérationnel d'entrée est entre 1 mVeff et 10 mVeff, l'étage à gain variable se trouve au maximum entre 10 et 100 mV et il n'amplifie rien puisque le signal le plus faible est à -20 dB (limite inférieure) et le plus fort à 0 dB. Avec des signaux en dessous de 1 mV (0,1 mV à la sortie du micro) le circuit intégré ne peut même plus maintenir le niveau de sortie minimum -20 dB, mais cela, dans la pratique, ne constitue pas un problème,

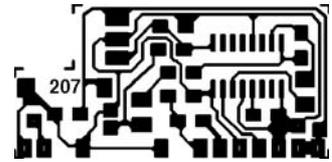


Figure 2b: Dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé de l'émetteur. Les composants sont montés côté cuivre.

surtout pour les applications les plus courantes (maison, bureau, labo...).

Voyons le cas inverse: si le signal du micro est trop fort (c'est le cas le plus fréquent, imaginez la personne

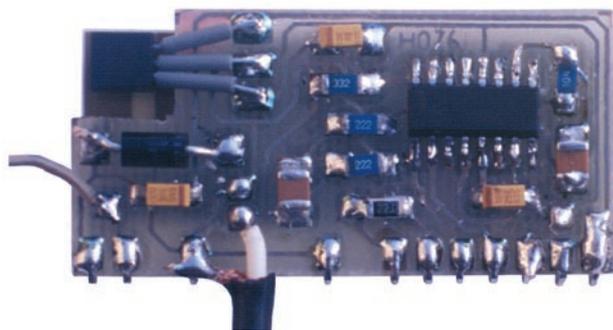


Figure 2c: Photos d'un des prototypes de la platine côté composants CMS.

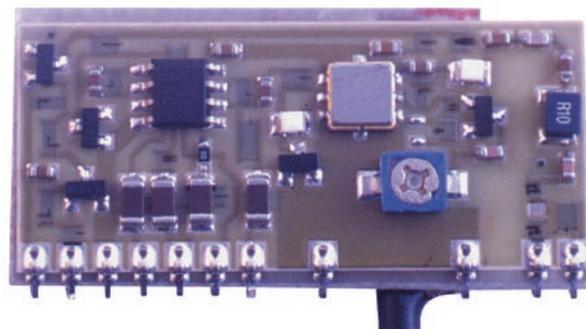


Figure 2d: Photo du montage terminé avec le module hybride replié côté vierge de la platine micro-émetteur.

surveillée s'approchant, sans le savoir, du micro et parlant d'une voix forte), U1 le limite autant qu'il le peut. La partie compression a une atténuation moins efficace que ne l'est l'amplification.

Quand le micro produit plus de 10 mVeff, à l'entrée (broche 3) de l'étage de compression on a plus de 100 mV, U1 intervenant en le limitant à +10 dB, soit un maximum de 316 mVeff. L'intervention est possible jusqu'à un signal microphonique de 100 mVeff (soit 1 Veff sur la broche 3). Au-delà de ce niveau le compresseur atténue de 20 dB mais ne peut plus maintenir les 100 mV à sa sortie. Cela non plus n'est d'ailleurs pas un problème car la voix humaine aura du mal à produire plus de 100 mV à la sortie de l'électret, lequel, à un certain point, sature !

Le signal sortant du compresseur est prélevé sur la broche 2 de U1 pour atteindre directement l'entrée de modulation de U2, le module hybride. Celui-ci fonctionne en configuration classique, sauf qu'ici nous n'utilisons pas le réseau de préatténuation afin de ne pas produire de souffle supplémentaire (qui va de pair avec l'exaltation des aiguës): le pont résistif monté à la place atténue légèrement le signal de sortie du premier étage avant de l'envoyer au modulateur FM. Ce module émetteur est alimenté par la tension principale de 9 V fournie par la pile 6F22 et le régulateur U3 LM78L05 fournit le 5 V à U1.

Le courant consommé est faible: U1 consomme 2 mA et le module 15 mA, le tout se tenant en dessous de 20 mA, ce qui permet une autonomie de 40 heures d'émission.

L'antenne émettrice est un fouet quart d'onde constitué par un fil (même flexible et de petit diamètre) de 17 cm à relier à la broche de sortie 15.

La réalisation pratique de l'émetteur

La figure 2 fournit tout ce dont vous avez besoin pour construire de minuscule émetteur micro-espion: le dessin du circuit imprimé est bien à l'échelle 1, le schéma d'implantation des composants et la photo du prototype étant à l'échelle 2!

Seule difficulté: pour obtenir des dimensions si réduites, il fallait opter pour des composants CMS (utilisez un petit fer de 25 W au maximum à panne très fine et du tinol de 0,5 mm).

Une particularité: le module est soudé le long d'un des "grands" côtés de la platine, puis replié pour venir s'appuyer sous le circuit imprimé, là où il n'y a pas de composants.

Attention de ne pas trop chauffer U1 en le soudant: ménagez des pauses en cours de soudure. Deux composants échappent à la règle des CMS: D1 1N4007 et le régulateur U3 78L05.

Vous allez devoir couper les pattes de D1 très court avant de les souder (comme un CMS), attention donc à la surchauffe destructrice! U3 se monte couché, partie arrondie correspondant à la découpe du circuit imprimé: pour éviter les courts-circuits, ses pattes seront d'abord gainées avec de la gaine thermorétractable (voir figure 2c). Le micro peut, selon l'application envisagée, être monté directement sur le platine ou bien relié par un câble blindé de 15 à 20 cm maximum. Enfin pour monter le module, procédez ainsi: posez sur la table le circuit imprimé CMS et le module, tous deux composants vers le haut, rapprochez-les par les grands côtés, coupez l'excédant des broches (laissez un demi-centimètre entre les platines), soudez-les puis repliez les platines en les fermant sur leurs faces vierges, les broches du module faisant office de "charnières". Soyez très précautionneux pour ce faire.

Le récepteur

Le récepteur n'est guère plus gros que l'émetteur (le dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé, figure 4b, en donne un aperçu).

Le schéma électrique du récepteur

Il se trouve à la figure 3. Là encore l'élément récepteur est le module hybride CMS AUREL RX-FM contenant un récepteur superhétérodyne avec circuit

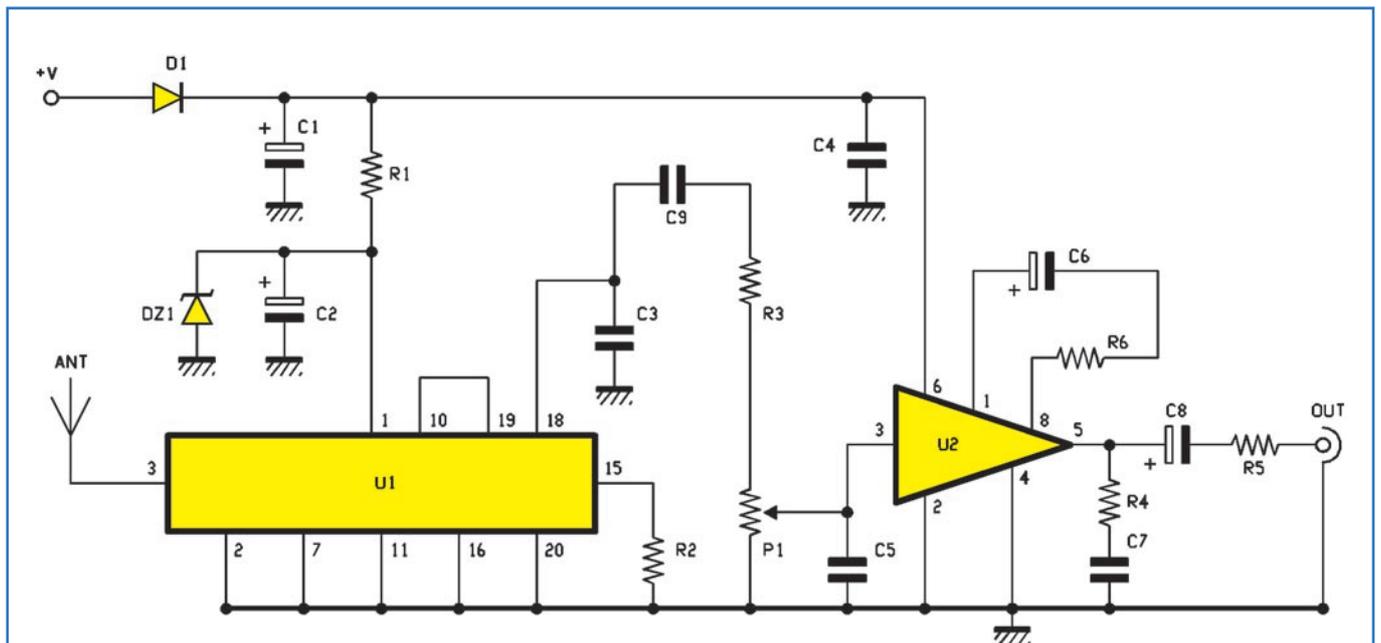


Figure 3: Schéma électrique du récepteur.

d'accord à quartz sur 433,75 MHz, démodulateur FM en quadrature et broches d'entrée/sortie pour insérer la désaccentuation (nous ne l'utilisons bien sûr pas puisque nous n'avons pas préaccentué la modulation de l'émetteur, toutefois le filtre étant interne, on ne peut pas l'enlever). De ce fait, le signal sortant de la broche 18 est, dans une certaine mesure, filtré sous la limite pratique de la bande audio, soit au-delà de 17 à 18 kHz. C3, monté à la sortie, complète le filtre passe-bas et garantit un signal exempt de parasites. Le "squelch" est à niveau fixe, déterminé par R2: ici il est pratiquement coupé et le récepteur fonctionne tout le temps, c'est pourquoi nous n'utilisons pas l'interrupteur CMOS interne. Le module fonctionne sous 3,3 V obtenu grâce à la zener DZ1 et à sa résistance de chute R1.

Le signal audio démodulé et filtré par le module est envoyé, à travers C9 et R3, au potentiomètre P1 et, du curseur de ce dernier, à l'entrée d'un second circuit intégré U2 LM386 servant à l'écoute sur haut-parleur avec un niveau sonore choisi grâce au potentiomètre. U2 est un petit amplificateur National Semiconductor fournissant une puissance de 1 W à un haut-parleur de 8 ohms, ce qui permet une écoute forte et claire, surtout si l'on préfère un casque au haut-parleur. Dans le premier cas, court-circuitez R5 et laissez-la en place pour une écoute sur casque standard de 8 à 32 ohms car il le protège d'un excès de volume... mais attention tout de même à vos oreilles en cas de manipulation maladroite du bouton du potentiomètre! Le récepteur est alimenté lui aussi en 9 V par une pile 6F22, ce qui le rend portable et mobile et, vu ses dimensions, de poche (bien pratique pour épier au plus près!).

La réalisation pratique du récepteur

Cette fois c'est un circuit imprimé pour composants classiques que vous utiliserez. La figure 4b vous en donne le dessin à l'échelle 1, alors que la photo du prototype est à échelle agrandie.

Pas de difficulté particulière. Insérez le module RX-FM dans ses trous assez profondément mais pas à fond afin de pouvoir ensuite le coucher et appuyer sa face vierge contre la platine principale (voir photo figure 4c).

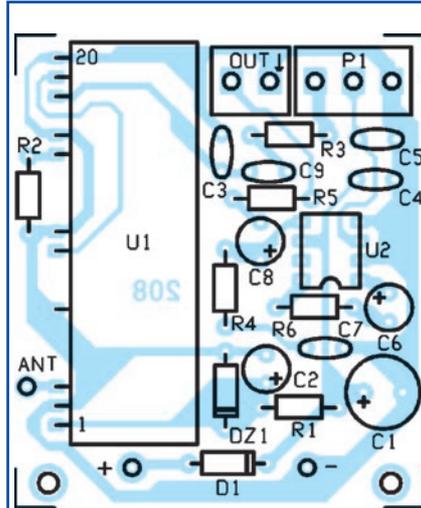


Figure 4a: Schéma d'implantation des composants du récepteur.

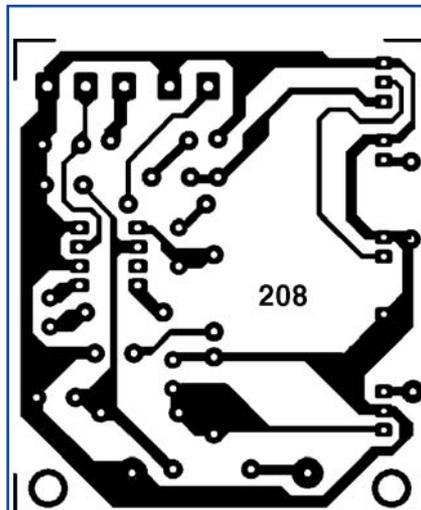


Figure 4b: Dessin, à l'échelle 1, du circuit imprimé du récepteur.



Figure 4c: Photo d'un des prototypes de la platine récepteur avec son module hybride en place.

Liste des composants du récepteur

- R1 220 Ω 1/4 W
- R2 22 kΩ 1/4 W
- R3 270 Ω 1/4 W
- R4 10 Ω 1/4 W
- R5 4,7 Ω 1/4 W
- R6 100 Ω 1/4 W
- C1 470 µF 16 V électrolytique
- C2 100 µF 16 V électrolytique
- C3 2,2 nF céramique
- C4 100 nF multicouche
- C5 1 nF céramique
- C6 10 µF 25 V électrolytique
- C7 100 nF multicouche
- C8 100 µF 16 V électrolytique
- C9 220 nF multicouche
- D1 1N4007
- DZ1 ... zener 3,3 V 1/2 W
- P1 4,7 k pot. avec inter.
- U1 module RX-FM AUDIO
- U2 LM386N
- ANT ... antenne accordée (fil 17 cm)

Divers:

- 1 bornier 3 pôles
- 1 bornier 2 pôles
- 1 support 2 x 4
- 1 prise socle jack
- 1 bouton
- 1 microcasque
- 1 prise pour pile 6F22 9 V

Une fois couché convenablement, soudez ses pattes et coupez les longueurs excédentaires. Insérez la platine terminée dans un petit boîtier plastique avec logement pour la pile et ajoutez un interrupteur M/A en face avant, à moins que vous ne préfériez choisir un potentiomètre P1 avec interrupteur en début de course. Rien d'autre à régler que le volume du casque ou du haut-parleur! (module oblige). Faites tout de même des essais de liaison HF entre émetteur et récepteur: pour cela, utilisez plutôt le casque, vous éviterez ainsi les pénibles "larsen".

Comment construire ce montage ?

Tout le matériel nécessaire pour construire ce micro-espion TX (ET207) et RX (ET208) est disponible chez certains de nos annonceurs. Voir les publicités dans la revue.

Les typons des circuits imprimés sont sur www.electronique-magazine.com/ci.asp.