

Micro FM miniature



Ce petit émetteur autonome pour la bande FM, d'une portée d'une trentaine de mètres en extérieur malgré sa puissance réduite, est destiné à la surveillance du bébé, au micro HF, à l'expérimentation, etc. Afin de privilégier la simplicité et la miniaturisation, tout en restant dans des limites raisonnables, nous avons décidé de réaliser un système autonome, alimenté par une pile bouton de 1,5V, tout en incluant le microphone.

Étude théorique

Le choix d'alimenter notre émetteur sous une tension de 1,5V impliquait, tout d'abord, de vérifier certains, notamment celui du microphone. Nous avons donc fait différents essais avec un modèle Ø10x6,5mm (CZN-15E). À notre grande surprise, ce micro électret fonctionne encore sous 1,5V, et ce, avec une charge de 4,7 kΩ. Cette valeur est à respecter car elle donne le maximum de signal aux bornes du micro (2 à 3mV) avec, comme source sonore d'ambiance, une radio placée à 2m environ, le réglage de volume étant modéré. La tension statique mesurée entre la

4,7 kΩ et la masse étant alors de 0,8V seulement.

Ce premier point acquis, restait à définir le transistor.

Nous avons retenu, après essai, le modèle BF240 de PHILIPS : son bêta de 80 à 1mA et sa fréquence de transition Ft de 400 MHz conviennent parfaitement à notre application.

Polarisation statique

L'emploi d'une alimentation par pile nécessite de prendre quelques précaution quant à la polarisation statique du montage. La pile utilisée, type AG13 (ou SR44) a une capacité de 150mAh environ. Le courant I_E dans l'émetteur du BF240 a été fixé à 3mA ce qui doit assurer une autonomie de :

$$\frac{150\text{mAh} \cdot 20\%}{3\text{mA}} = 40 \text{ heures}$$

Disons une trentaine d'heures, ce qui est déjà pas mal.

Le schéma statique retenu est donné en **figure 1**. Il a été simplifié au maximum : une résistance R_B pour le courant de base et une résistance R_E pour fixer le potentiel V_{CE} et assurer la stabilité thermique du montage. La tension d'alimentation étant faible (1,5V) et souhaitant garder un V_{CE} suf-

fisant pour un bon fonctionnement du transistor, fixons la tension aux bornes de R_E à 0,3V.

La valeur de R_E est alors :

$$R_E = \frac{0,3\text{V}}{3\text{mA}} = 100 \Omega$$

Nous pouvons donc calculer R_B :

$$R_B = \frac{1,5\text{V} - (V_{BE} + 0,3\text{V})}{I_B} = \frac{1,5 - (0,7 + 0,3)}{I_B}$$

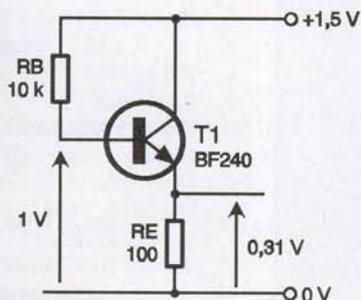
$$\text{Sachant que } I_B = \frac{I_E}{\beta}$$

$$R_B = \frac{0,5 \times 80}{3} = 13 \text{ k}\Omega$$

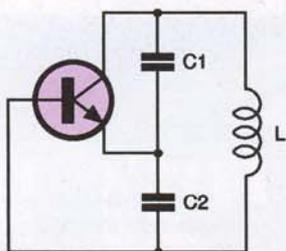
Nous avons choisi R_B = 10 kΩ car nous ne disposons de 12 kΩ en 1/8W, mais cela ne change pratiquement pas le point de fonctionnement du BF240.

Fonctionnement en haute fréquence

Le point de fonctionnement en statique ayant été bien défini, il nous faut maintenant faire le choix du type d'oscillateur. Après réflexion, nous avons retenu le modèle COLPITTS. Celui-ci n'utilise, outre l'élément amplificateur, qu'un diviseur capacitif faisant partie intégrante du circuit accordé. Le circuit théorique de ce montage est donné en **figure 2**. On y reconnaît l'élément amplificateur T₁ et le circuit



1 Polarisation statique



2 Oscillateur Colpitts

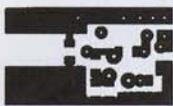
accordé L (C_1 et C_2). Ce choix a été guidé par les avantages suivants :

- Le démarrage des oscillations est facile, même avec un circuit accordé à faible coefficient de qualité (Q),
- Les capacités parasites du transistor sont masquées par les condensateurs du circuit oscillant (LC).

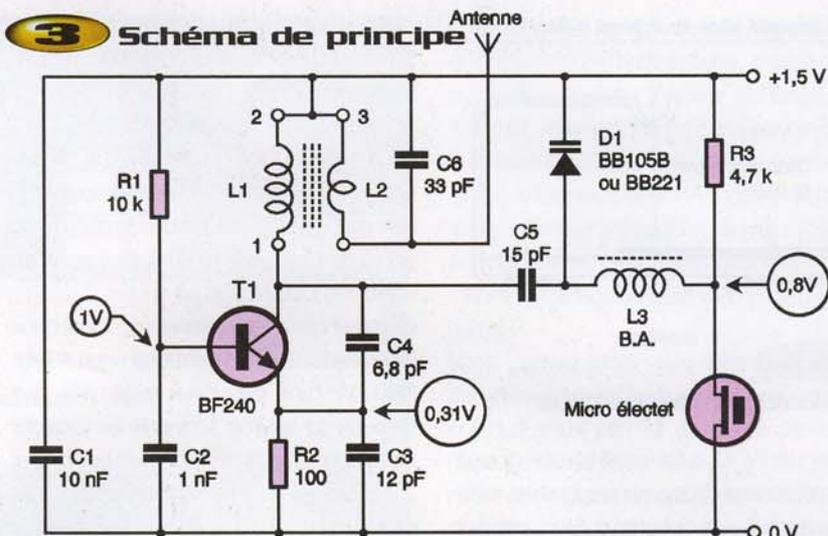
Schéma de principe final

Le schéma final est donné en **figure 3**. On y retrouve l'oscillateur T_1 monté en Colpitts. Le circuit oscillant est constitué de L_1 et de L_2 avec C_6 en parallèle, le tout ramené sur L_1 en alternatif. Se rajoute, sur la partie capacitive du LC, le pont C_3 et C_4 . La modulation de fréquence nécessaire au fonctionnement de notre émetteur est obtenue par la diode Varicap D_1 . Celle-ci est modulée en amplitude par le signal provenant du micro à électret ; faisant ainsi varier sa capacité équivalente. La bobine d'arrêt L_3 permet de transférer la polarisation statique vers la diode Varicap. Cette tension étant inférieure au Volt, la capacité équivalente de D_1 est relativement élevée (typiquement 18 pF d'après la notice technique du fabricant). Pour diminuer cette valeur, nous avons placé en série C_5 de 15 pF qui ramène le tout en parallèle sur le circuit oscillant : Celui-ci est muni d'un noyau ferrite afin de pouvoir ajuster la fréquence de fonctionnement entre deux stations FM.

Enfin, C_1 découple les pôles de la pile pour les hautes fréquences et C_2 met la base du transistor à la masse pour ces mêmes fréquences.



4 Tracé du circuit imprimé

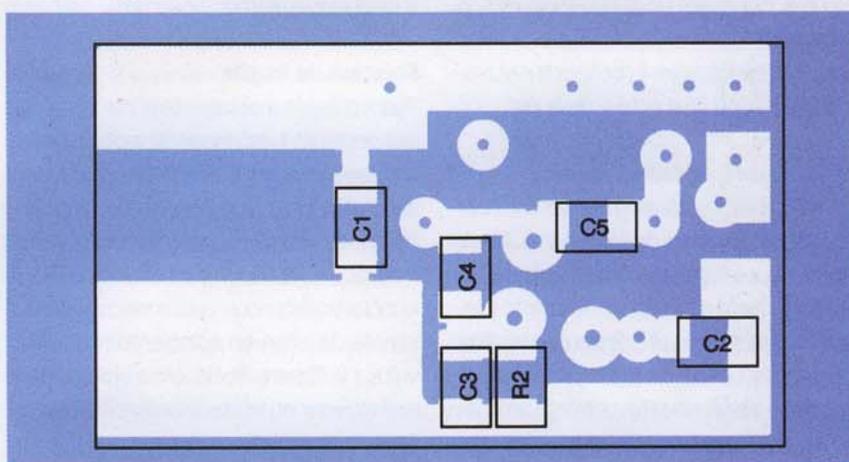


Réalisation pratique

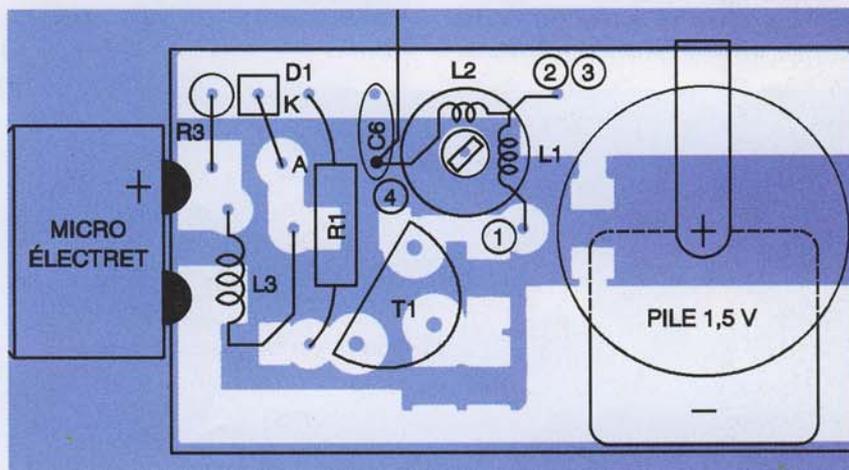
Le dessin de la **figure 4** représente le circuit imprimé vu côté cuivre et à l'échelle 1/1. Malgré la miniaturisation de notre montage, ce circuit ne pose pas de problème particulier. D'ailleurs, notre maquette de mise au

point a été réalisée sur un circuit tracé au feutre permanent. Tous les perçages seront réalisés au forets de 0,8mm sauf le trou de L_1, L_2 ($\varnothing 4,6\text{mm}$) et le point commun de ces inductances ($\varnothing 1\text{mm}$).

Commencer par câbler les composants CMS, côté cuivre, c'est à dire C_1 à C_5 . Ter-

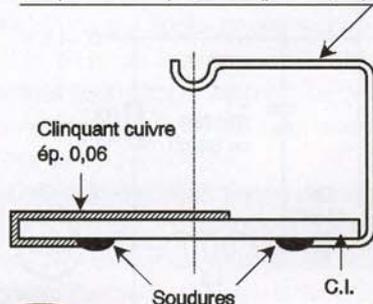


5b Implantation des composants discrets - échelle 4



5b Implantation des composants discrets - échelle 4

Clinquant laiton ép. 0,3 mm (pôle +1,5 V)



6

Fixation de la pile

miner par R_2 . C_6 a été laissé en composant discret car une de ses connexions est reliée directement au point chaud de L_2 , servant également pour la connexion de l'antenne. R_1 a également été choisie en discret ($10\text{ k}\Omega$ 1/8W) ceci afin d'éviter un strap. Finir le câblage des composants discrets. Aucune difficulté particulière pour ce câblage si ce n'est la polarité de D_1 (cathode au +1,5V). Le micro sera soudé directement sur la tranche du circuit imprimé par deux plots de soudure ; le décaler de 0,5mm du circuit afin d'éviter tout court-circuit entre le boîtier de celui-ci, relié à la masse et le pôle + de la pile.

Réalisation des inductances

L_3 , self d'arrêt, est réalisée sur un bâtonnet ferrite de \varnothing 3mm et de longueur 9. Nous avons récupéré cette ferrite à l'intérieur d'un ancien tuner UHF. Enrouler 10 spires jointives de fil émaillé de \varnothing 0,2mm puis les fixer à la colle cyanoacrylate rapide. Après montage sur le circuit, nous l'avons collé avec un point d'araldite rapide que nous avons teint en rouge pour vous en préciser l'endroit. La réalisation de L_1/L_2 est un peu plus délicate. Nous avons recherché un mandrin de dimensions réduites. N'en ayant pas trouvé

dans le commerce, nous l'avons prélevé sur une platine de récupération de magnétoscope (voir photographie).

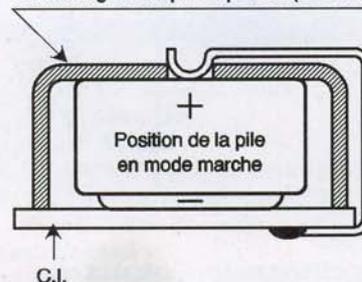
Après l'avoir débarrassé de son embase, il nous reste un tube de \varnothing 4,6mm et de longueur 9,5. Un doute demeurait au niveau du noyau mais la plupart des ferrites de ce genre de composants sont, de nos jours, utilisables jusqu'à 150 MHz.

Commencer la réalisation en coupant deux fils émaillés de \varnothing 0,4mm sur environ 10cm. Dénuder l'une des deux extrémités des deux fils sur environ 1cm puis les torsader ensemble. Nous obtenons les points 2 et 3. Après avoir positionné cette partie torsadée sur la moitié du mandrin, commencer à bobiner, dans le sens horaire, 1 spire 3/4 (dans notre réalisation, nous avons utilisé du fil de couleur verte pour bien différencier L_2 et L_1). Coller à la cyano rapide et attendre la complète fixation. Nous avons là l'extrémité 4 de L_2 . Retourner ensuite le mandrin pour bobiner les 3 spires 3/4 de L_1 (point 1). Dénuder les deux extrémités restantes à longueur et étamer l'ensemble.

Fixation de la pile

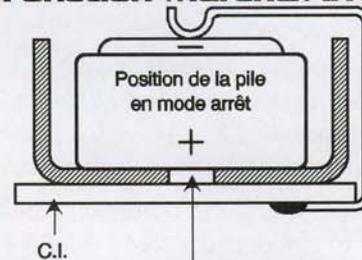
Ayant prévu le montage de la pile sur le circuit imprimé, il est nécessaire de ramener la masse côté composants discrets. Nous avons résolu ce problème par un clinquant de cuivre collé à l'araldite côté composants puis rabattu et soudé sur l'autre face. Pour le pôle positif, nous avons découpé une lamelle de laiton en épingle que l'on peut voir sur la **figure 6**. Sa forme en bout permet de venir en contact avec la pile au travers du trou pratiqué dans une partie du blister d'emballage de celle-ci. Cette astuce permet de réaliser la fonction marche/arrêt de l'émetteur par simple inversion de la pile (**figure 7**).

Pièce plastique récupérée sur le blister d'emballage de la pile et percée (\varnothing 5 mm)



7

Fonction Marche/Arrêt



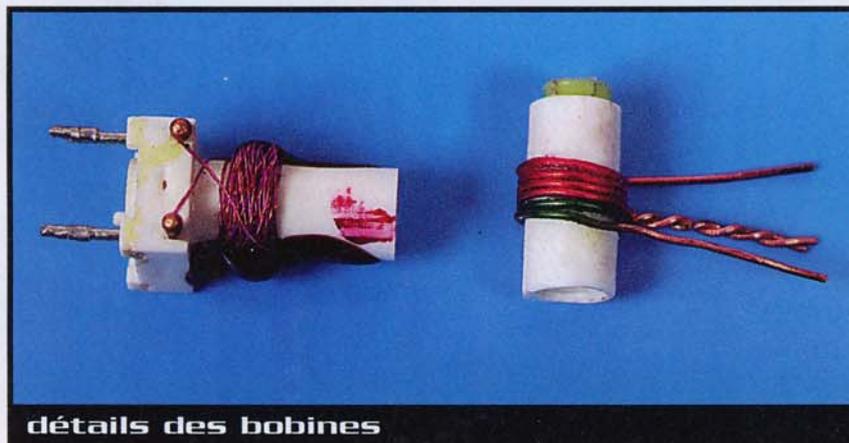
Conclusion

Il ne reste plus qu'à souder l'antenne sur la liaison C_6 et le côté chaud de L_2 . Pour cela, utiliser 80cm de fil multibrins sous gaine \varnothing 1mm. Connecter la pile dans la position adéquate. Régler un récepteur FM entre deux stations, puis tourner lentement le noyau de L_1 à l'aide d'un tournevis isolant. L'effet Larsen vous indiquera alors le bon fonctionnement de votre émetteur ainsi que sa fréquence de travail.

P. DURCO

Nomenclature

- C_1 : 10 nF/50V (CMS taille 805)
- C_2 : 1 nF/50V (CMS taille 805)
- C_3 : 12 pF/50V (CMS taille 805)
- C_4 : 6,8 pF/50V (CMS taille 805)
- C_5 : 15 pF/50V (CMS taille 805)
- C_6 : 33 pF/50V céramique
- R_1 : 10 k Ω 1/8W 5%
- R_2 : 100 Ω 5% (CMS taille 805)
- R_3 : 4,7 k Ω 1/8W 5%
- T_1 : transistor BF240
- D_1 : diode Varicap BB105B ou BB221
- L_1 à L_3 : voir texte
- 1 micro électret CZN-15E (MEDELOR)



détails des bobines